

Ævar Hardarson

DRISTIGE DETALJER

Studie av designforårsakede byggskader i innovativ
modernistisk arkitektur

Avhandling for graden philosophiae doctor

Trondheim, november 2012

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for arkitektur og billedkunst
Institutt for byggekunst, prosjektering og forvaltning



VEILEDERE:

Professor Dr. ing Tore Haugen
Institutt for byggekunst, prosjektering og forvaltning
Fakultet for arkitektur og billedkunst, NTNU, Trondheim, Norge
Professor Dr. Ragnar Sigbjörnsson
Avdeling for bygg- og miljøteknikk
Islands universitet, Reykjavik, Island
Professor Dr. ing. Jan Vincent Thue
Institutt for bygg, anlegg og transport
Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi, NTNU, Trondheim, Norge
Førsteamanuensis Helge Solberg
Institutt for byggekunst, prosjektering og forvaltning
Fakultet for arkitektur og billedkunst, NTNU, Trondheim, Norge

BEDØMMELSESKOMITEEN:

Professor Dr.ing Eir Ragna Grytli
Institutt for byggekunst, historie og teknologi
Fakultet for arkitektur og billedkunst, NTNU, Trondheim, Norge
Forskningsleder Torer F. Berg
Energi og arkitektur
SINTEF Byggforsk, Oslo, Norge
Lektor PhD Kasper Sánchez Vibæk
Center for Industriel Arkitektur, CINARK
Det Kongelige Danske Kunstakademi, Arkitektskolen, København, Danmark

NTNU

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Doktoravhandling for graden philosophiae doctor

Fakultet for arkitektur og billedkunst
Institutt for byggekunst, prosjektering og forvaltning

© Ævar Hardarson

ISBN 978-82-471-3917-2 (trykt utg.)
ISBN 978-82-471-3918-9 (elektr. utg.)
ISSN 1503-8181

Doktoravhandling ved NTNU, 2012:300

Trykket av NTNU-trykk

TIL GERÐAR AF ÁST

”Skjønn jomfru, skjønn jomfru, vær dristig, men vær ikke altfor dristig!”¹

1. Asbjørnsen og Moe (1845) Norske folkeeventyr; Kjæresten i skogen

Forord og takk

Framme ved målet går tanken tilbake til opphavet. Hva har en opplevd og lært og, ikke minst, om bruk av tid og ressurser har vært fornuftig i forhold til resultatet. I dette forordet ønsker forfatteren å reflektere over dette, samtidig som det takkes for all hjelpen underveis.

Det overordnede målet med dette forskningsprosjektet har vært å produsere ny kunnskap om byggskader i innovativ modernistisk arkitektur. Med utgangspunkt i bakgrunn som prosjekterende arkitekt, ble det tidlig bestemt at fokus skulle rettes mot designforårsakede byggskader. Kildegranskning viste at dette temaet hadde fått liten oppmerksomhet i arkitektfaget. Ut over dette er de viktigste argumentene for fokuset at hus med designforårsakede byggskader har redusert funksjonalitet, har medført helse- og sikkerhetsrisiko for brukere, er en økonomisk belastning for huseiere og, ikke minst, hus med byggskader blir stygge å se på over tid.

Resultatet av dette forskningsprosjektet er ny kunnskap om årsakene til designforårsakede byggskader i eksemplene på innovativ modernistisk arkitektur som inngår i avhandlingen. Denne kunnskapen kan brukes til å forebygge byggskader. Utforskningen av problemstillingen viser at kunnskapen om byggskader tidligere var en viktig del av arkitektens kunnskapsfelt. Om det vitner tekster av Vitruvius, Alberti og Viollet-le-Duc. Dette endret seg ved modernismens tilkomst med en viss kunnskapsoppspalting i arkitektfaget, og byggskader ble ikke lenger sett på som et arkitektonisk problem. Forfatterens håp er derfor at materialet i denne avhandlingen kan bidra til å forebygge byggskader ved å bygge bro mellom ny og gammel kunnskap, og mellom kunst og teknologi. Treffende er Vitruvius' kloke ord som forfatteren vil gjøre til sine: "Vi må med kunsten forbedre det som naturen selv vil nedbryte". Med dette ønsker forfatteren å presisere sitt standpunkt om at arkitekter i fremtiden bør påta seg et større teknisk, økonomisk og ikke minst moralsk ansvar for å forebygge designforårsakede byggskader i ny innovativ arkitektur.

I refleksjonen over bruk av tid og ressurser i forhold til resultatet ønsker forfatteren å trekke frem viktige milepeler og ikke minst takke dem som har hjulpet til.

Opphavet til dette forskningsprosjekt kan settes ved slutten av år 2000 da familien bestemte seg for å flytte til Norge. Begynnelsen på doktorstudien kan plasseres til et opphold i Trondheim mai 2001 etter forslag fra mentor, professor Ragnar Sigbjörnsson, der forfatteren traff den andre viktige mentor, professor Tore Haugen. Viktig i starten var også hjelp fra professor Øyvind Aschehoug.

Den formelle oppstarten på stipendtiden ved NTNU var i begynnelsen av 2003,

Dristige detaljer

med en planlagt avslutning i begynnelsen av 2006. Det første stipendåret gikk til opplæringsdelen. En viktig milepel i forskningsprosessen var feltstudier i Island høsten 2004 og en CIB-konferanse i Helsinki sommeren 2005. Ellers gikk tiden til litteraturstudier, datainnsamling og skriving av tekster til avhandlingen. Men det lyktes forfatteren dessverre ikke å avslutte skrivingen før stipendet tok slutt. I etterpåklokskapens navn kan man si at den viktigste årsaken til dette var en blanding av lite forskningserfaring, et forskningstema som trengte mer enn tre års modningstid, og ikke minst, det at forfatteren alt for sent fant et hensiktsmessig konsept til å beskrive eksempelstudier av modernistiske byggverk med byggskader. En vesentlig medvirkende faktor var å oppleve at det manglet brukbare forbilder og metodiske retningslinjer innen arkitekturforskningen. Derfor et råd til andre: Bruk tid og krefter tidlig i prosessen til å utvikle forskningskonseptet, men også presentasjonskonseptet, fordi gjennom det kan man gjøre hele studiet mye mer målrettet. Skriv gjerne flere korte artikler.

Da stipendperioden var over våren 2006, flyttet familien til Reykjavik der det var store oppgangstider. På denne tiden trodde forfatteren at det ikke var mer enn ett års arbeid igjen til å ferdigstille avhandlingen. Men arbeidet gikk tregt og motivasjonen var liten. En viktig milepel ble tilbud om spennende prosjekteringsjobber hos et stort og ambisiøst arkitektkontor, og undervise i bygningsteknologi for arkitektstudenter ved Kunstakademiet i Island. Spennende, men også frustrerende tider uten fremgang i avhandlingsarbeidet, som varte frem til det store krakket i Islands økonomi i september 2008. Selv om denne tiden var frustrerende, så er det en erfaring forfatteren på ingen måte ville ha unnnvært. Av det lærte han meget, og ikke minst endret det hans faglige holdninger preget av de modernistiske idealene fra arkitektstudiene og ensidig fokus på byggskader i de siste årene. Derfor takk til alle som har gitt forfatteren muligheter til å utvide horisonten. Her vil forfatteren trekke fram byggesakskontoret i Reykjavik og VA arkitekter AS i Reykjavik. Mange takk til arkitekt Johannes Thordarson, dekan ved arkitektavdelingen på Kunstakademiet i Island, som var interessert i å bruke forfatterens krefter til undervisning av kunnskapshungrige arkitektstudenter.

Men igjen tilbake det store krakket, som paradoksalt nok ble forfatterens redning, fordi plutselig ble en hel del tid ledig som kunne brukes til den halvferdige avhandlingen. Men det tok tid å starte på nytt. Etter å ha fått hjelp fra en motivasjonsrådgiver og psykolog Odda Einarsson, og faglig støtte fra trofaste veiledere Tore Haugen og Ragnar Sigbjörnsson, startet arbeidet på nytt med full kraft i begynnelsen av 2009. Så igjen et råd til andre: Vær i god kontakt med dine veiledere og søk råd hos en ekspert når kriser oppstår.

Fra januar 2009 og til mai 2011 arbeidet forfatteren hver dag med avhandlingen

etter et enkelt motivasjonsskjema og en arbeidsplan. Viktig hjelp og støtte kom fra kjemiingeniør Hörður Jonsson, forfatterens far, som var villig til å sette seg inn i stoffet og delta i diskusjoner. Store fremskritt ble gjort i komponeringen av eksempelstudiene i forbindelse med ukentlige veiledermøter med professor Ragnar Sigbjörnsson. I tillegg fikk forfatteren lånt Ragnars kontor på Universitetet i Island. Det virket ekstra stimulerende å få lov til å arbeide daglig på en forsknings- og undervisningsinstitusjon i full drift. Tusen takk til Islands Universitet for dette. I denne fasen ble tekster skrevet, illustrasjoner tegnet og ikke minst detaljer tegnet til eksempelstudiene. Til denne oppgaven fikk forfatteren uvurderlig hjelp fra gode kollega og samarbeidspartner, arkitekt Albina Thordarson. Tusen takk til dere alle.

Fra mai 2011 har tiden blitt bruk til evaluering, redigering og språkvask. Denne delen har tatt tid og krefter ved siden av krevende prosjekteringsoppgaver på eget arkitektkontor i Reykjavik. Igjen et råd til kommende ph.d. studenter: Ikke undervurder tiden og kreftene som går til den viktige redigeringen og språkvasken.

Språkvasken som ble satt i gang våren 2011 ble tatt hånd om av Randi Vikan Strøm. Den tok tid og krefter fordi teksten var lang og kronglete, skrevet i en blanding av dansk, norsk og islandsk. Viktig bidragsyter har også vært tilbakemelding fra professor emeritus Svein Erik Svendsen, som har kommet med mange gode råd og oppmuntrende kommentarer til avhandlingen. I redigeringsfasen som fulgte etter, har hovedveileder Tore Haugen kommet med sentrale innlegg og forslag om endringer. Viktig var også kommentarene fra biveileder førsteamanuens Helge Solberg, som i tillegg har fremskaffet viktig fotomateriale av verdenskjente modernistiske byggverk. Også stor takk til den andre biveileder professor Jan Vincent Thue, som gjennom sentrale referanser og konkret veiledning har bidratt til forfatterens solide faglige fundament i studier av designforårsakede byggskader. Under den avsluttende fasen har språkstudent Jan Erik Måløy rettet på deler av teksten. Rettelser er blitt utført av Inger Leraand, førstekonsulent ved AB fakultetsadministrasjon, Anita Moum, seniorrådgiver ved AB fakultetsadministrasjon, og instituttleder Geir K. Hansen ved Institutt for byggekunst, prosjektering og forvaltning. Den endelige språkvasken er blitt utført av Jan-Henrik Ingebrigtsen språkkonsulent. Hjertelig takk til dere alle.

Viktig hjelp har kommet fra medarbeidere på Arkitektur- og byggbiblioteket på NTNU, Erlendur Már Antonsson, bibliotekar ved Nasjonalbiblioteket i Island med referanselister og rådgiver Ole Tolstad med illustrasjoner. Også takk til professor Trausti Valsson for innspill underveis, og ikke minst tusen takk til Kolbrun Ragnarsdóttir og Eigill Hallset for gjestfriheten under arbeidsøkter i Trondheim.

Hjertelig takk går til de mange som har bidratt med informasjon og datamateriale. Forfatteren vil spesielt nevne følgende (i alfabetisk rekkefølge): byggmester Markús M. Árnason, arkitekt Sigurður Einarsson, arkitekt Per Knutsen, arkitekt Kjell

Dristige detaljer

Kristiansen, arkitekt Knud Larsen, arkitekt Jón Ólafur Ólafsson, driftsleder Knut Ivar Paulsen, professor Olafur J. Proppe og direktør Óskar Valdimarsson. Uten bidrag fra disse ville det ikke blitt denne avhandlingen.

Det viktigste finansielle bidraget til avhandlingsarbeidet kom fra et tre års stipend fra Norges forskningsråd ved satsingsprogrammet Metamorfose 2005. Dette stipendet gjorde det mulig for forfatteren å bli ansatt som doktorkandidat ved NTNU. Et tre års forskningsstipend kom også fra Rannis, det islandske forskningssentret, som kom godt med i begynnelsen, og spesielt under oppholdet og feltstudiene på Island. Det bør også nevnes at det Boligfinansieringsfonden (på islandsk; Íbúðalánasjóðs), ga en støtte til forberedelser i begynnelsen. Utover dette har avhandlingsarbeidet blitt finansiert med ekstra midler fra Fakultet for arkitektur og billedkunst ved NTNU, egen finansiering og bidrag fra forfatterens omtenksomme foreldre. Tusen takk for støtten.

Spesiell takk rettes til forfatterens familie og barn som har vist tålmodighet i en lang og til tider slitsom prosess. Men den største takken sendes til forfatterens ektemake Gerdur Tomasdottir, som med styrke, overbevisning og kjærlighet har deltatt fra begynnelse til slutt.

Ævar Hardarson, Reykjavik/Trondheim, oktober 2012.

Sammendrag

Formålet med dette forskningsprosjektet har vært å studere relasjonen mellom arkitektonisk formgivning og designforårsakede byggskader i valgte eksempler av innovativ modernistisk arkitektur. I undersøkelsen har det vært fokusert på fem potensielle drivkrefter bak utviklingen av designforårsakede byggskader; a) de lokale klimapåkjenningene, b) prosjektdrivkrefter, c) aktørdrivkrefter, d) designideologien, som legger føringer for den arkitektoniske formgivingen og e) den konkrete designen av klimaskjermen.

Målgruppen for forskningsresultatene er forskere, praktiserende arkitekter og ingeniører, arkitektstudenter, ingeniørstudenter og andre som har interesse og nytte av kunnskap om byggskader. Det påpekes at det først og fremst fokuseres på arkitekter.

En inspirasjonskilde og ledetråd i arbeidet har vært setningen ”all god arkitektur lekker”, som forfatteren hørte under arkitektstudiene på 1980-tallet. Denne setningen, som er et paradoks, brukes til å drøfte verdinormer i arkitektfaget i sammenheng med den gitte problemstillingen.

Det teoretiske rammeverket som brukes i forskningsprosjektet er kunnskap fra flere ulike fagfelt; arkitektur- og designteorier, teorier om drivkrefter i prosesser, bygningsfysikk, byggskadeteorier og teorier om konservering og reparering av modernistisk arkitektur. Sentralt i den teoretiske drøftelsen står to teoretiske rivaler; på den ene siden kunnskap om den tradisjonelle arkitekturen og på den andre siden modernistiske designteorier.

Forskningsstrategien som ble anvendt til å utforske problemstillingen er bruk av kvalitative eksempelstudier. En viktig del av arbeidet har vært å bygge opp en databank med eksempler på innovativ, modernistisk arkitektur med byggskader. I dag inneholder denne eksempeldatabanken 72 eksempler på modernistiske byggprosjekter fra hele verden. For å studere problemene i dybden, ble det valgt ut fire eksempler på innovative, modernistiske arkitekturverk fra denne eksempeldatabanken.

Konklusjonen på eksempelstudiene er at hovedårsaken til de designforårsakede byggskadene er svake punkter i klimaskjermen som ikke tåler den lokale klimapåkjenningen, hovedsakelig i form av nedbør, vind og temperaturendringer. Disse svake punktene stammer fra en blanding av dristig formgivning, materialvalg og konkret detaljering, der retningsgivende forutsetninger for estetisk, funksjonell og teknisk utforming hentes i den modernistiske designideologien. En viktig brikke i dette er faglige prioriteringer hos arkitektene, som blant annet påvirkes

av designideologien og uvitenhet om bygningsfysiske påkjenninger. Viktige medvirkende drivkrefter er to verdinormer som stammer fra den modernistiske designideologien; (1) idéen at arkitektarbeidet er kunst som er underordnet estetiske vurderinger og (2) det normgivende ærlighetsprinsippet. Ærlighetsprinsippet, (Concept of honesty) er et sentralt ideal innen modernistisk designideologi, som bygger på det å eksponere en bygning funksjon og de komponenter og materialer den er laget av og unngå bruk av ornament. Når disse verdinormene blir rådende i formgivning og utførelse av en klimaskjerm som siden må motstå normale lokale klimapåkjenninger, er det en overhengende fare for at byggskader utvikles. Basert på dette konkluderes det at disse drivkreftene er et gjennomgående mønster som resulterer i designforårsakede byggskader i de eksemplene på innovativ modernistisk arkitektur som er blitt studert i dette arbeid.

Årsaken til at disse drivkreftene eksisterer, tilsynelatende uavhengig av tid og sted, ligger i hvordan den innflytelsesrike, modernistiske designideologien er konstruert med innebygde forsvarsmekanismer i form av en selvsentrert designstrategi. Denne forsvarsmekanismen gjør at erfaring om byggskader ikke innarbeides i det teoretiske grunnlaget arkitektfaget bygger på. Den viktigste grunnen er at toneangivende representanter for den selvsentrerte designideologien ignorerer byggskader som et arkitektonisk problem. Et eksempel på dette er utsagnet ”all god arkitektur lekker”, der lekkasjen bagatelliseres og den gode arkitekturen som følger den modernistiske designideologien hedres. Men disse drivkreftene påvirker også adferden til andre aktører i byggeprosjekter. Byggherren og byggtekniske eksperter er heller ikke i stand til å forhindre klimarelaterte byggskader, fordi de tror at det er arkitektens rolle å designe et byggverk som tåler en gitt klimapåkjenning. En sterk medvirkende drivkraft til disse tilstandene er generelt manglende kunnskap om bygningers fysiske egenskaper, men også mangel på et system som motiverer aktøren til å lære av utført arbeid gjennom epistemologiske tilbakemeldinger fra byggeprosesser og ferdigstilte byggeprosjekter.

Med utgangspunktet i dette funnet foreslås økt forskning og undervisning innen arkitektfaget om drivkreftene bak designforårsakede byggskader. Videre foreslås at fremtidig undervisning for arkitekter fokuserer på prosjektering av klimarobuste bygninger, og dessuten utvikler systemer som motiverer sentrale aktører i byggeindustrien til å ta ansvaret for det forestående arbeidet med å minske byggskader i nybygg.

Summary

The purpose of this research has been to study the relationship between architectural design and design-induced building defects in selected examples of innovative modern architecture. The investigation has been focused on five potential driving forces of the development of design-induced building defects: a) local climate impacts, b) project-driven forces, c) actor-driven forces, d) design ideology, which forms the mental framework for architectural design and e) the specific design of the building envelope.

The target audience for the research results is researchers, practicing architects and engineers, architecture students, engineering students, and others who have an interest in and use for knowledge about building defects. The primary audience is, however, architects.

A source of inspiration for the work has been the phrase “all good architecture leaks”, which the author heard during his architectural studies in the 1980s. This sentence, which is a paradox, is used to discuss values in the architecture discipline with regard to the given problem.

The theoretical framework used in this research is knowledge from several different disciplines, architecture and design theories, theories on the driving forces in the process, building physics, building defects theories and theories of conservation of Modern Architecture. Central to the theoretical discussion are two theoretical rivals, one being knowledge of traditional architecture and the other being modernist design theories.

The research strategy that was used to explore these issues is the use of qualitative case studies. An important part of the work has been to build up a case database with examples of innovative modernist architecture with building defects. Today, this case database includes 72 examples of modernist building projects from all over the world. To study the issues in depth, four examples of innovative modernist architecture works from this sample database were selected.

The conclusion from the case studies is that the main reason for design-induced building defects is the weaknesses of the building envelope that cannot withstand local climate design-impacts, mainly in the form of precipitation, wind and temperature changes. These weak points stem from a combination of daring design, the type of material used and concrete detailing, where normative assumptions of aesthetic, functional and technical design have come from the modernist design ideology. An important element of this is the priorities of architects, which among

other things affect design ideology and disregard for knowledge of building physics. Important contributing forces are two values that stem from the modernist design ideology: (1) the idea that architectural work is art which has subordinate aesthetic value and (2) the concept of honesty. The concept of honesty is an important ideal within modern design ideology which is founded on featuring both the function of a building and the components and materials of which it has been built and also avoiding the use of ornaments. When these values are prevailing in the design and execution of the building envelope which, later, must withstand normal local climatic stresses, there is an imminent danger of the development of building defects. Based on this, it is concluded that in the examples of innovative modernist architecture that have been examined, the recurring pattern of these driving forces is what causes design-induced building defects.

The reason that these forces exist, seemingly independent of time and place, lies in the influential modernist design ideology which has been formed with built-in defense mechanisms by way of a self-centered design strategy. This defense mechanism results in the experience of building defects not being incorporated into the theoretical foundations that the architectural discipline is based on. The main reason is that the attitudes of advocates of the self-centered design ideology do not view building defects as an architectural problem. An example of this is the statement “all good architecture leaks” where the leak is trivialized and the architectural work that favors the modernist design ideology is honored. However, these driving forces also affect the behavior of other participants of building projects. The builder and technical experts are also unable to prevent climate-related building defects because they believe that it is the architect’s role is to design a structure that can withstand a given climate impact. A strong contributing factor to these conditions is a general lack of knowledge about the building’s physical characteristics, but also the lack of any kind of system that encourages learning from the work that has already been done through epistemological feedback from construction processes and completed construction projects.

On the basis of this finding, it is proposed that there should be an increase in research and teaching in the architectural discipline of the driving forces behind the construction of design-induced building defects. It is further proposed that future education of architects should focus on the management of robust climate buildings and the development of systems that motivate key players in the construction industry to take responsibility for future architectural work which minimizes building defects.

Innholdsliste

Forord og takk	5
Sammendrag	9
Summary	11
Innholdsliste	13
DEL I. PROBLEMSTILLING OG METODE	16
1. Innledning	17
1.1. Bakgrunn for forskningsprosjektet	18
1.2. Sentrale begreper	24
1.3. Kunnskap om designforårsakede byggskader	27
1.4. Forskningsspørsmålet	46
1.5. Avsluttende kommentarer	50
2. Forskningsmetode	53
2.1. Innledning	53
2.2. Utviklingen av kvalitative eksempelstudier	54
2.3. Eksempeldatabank	59
2.4. Valg av eksempler	60
2.5. Gjennomføringen av forskningen - snublesteiner	61
2.6. Metodiske begrensninger	64
2.7. Avsluttende kommentarer	65
DEL II. TEORETISK RAMMEVERK	66
3. Innovativ modernistisk arkitektur	67
3.1. Innledning	68
3.2. Den innovative modernistiske arkitekturen	73
3.3. Eksempler på innovativ modernistisk arkitektur	93
3.4. Avsluttende kommentarer	98
4. Klimapåkjenning og design	101
4.1. Innledning	101
4.2. Klimasoner og klimapåkjenning	104
4.3. Klimaskjermen	109
4.4. Klimatilpasset design	112
4.5. Avsluttende kommentarer	115
5. Drivkrefter i byggeprosessen	117
5.1. Innledning	117
5.2. Byggeprosessen og de ytre drivkreftene	119
5.3. Prosjekt drivkrefter	130
5.4. Aktør drivkrefter	137
5.5. Den gode arkitekturen og byggskadene.	152
5.6. Avsluttende kommentarer	159

Dristige detaljer

6. Byggskader	163
6.1. Innledning	164
6.2. State of the art – viktige begreper	165
6.3. Byggskader og fysiske fenomener	169
6.4. Designforårsakede byggskader og drivkreftene	181
6.5. Byggskader i historisk sammenheng	190
6.6. Byggskader og økonomiske tap	203
6.7. Avsluttende kommentarer	205
DEL III. EKSEMPELSTUDIER	208
7. Eksempelstudier	209
7.1. Innledning	209
7.2. Fallingwater	215
7.3. Universitetssenteret på Dragvoll	257
7.4. Moholt krematorium	289
7.5. Hamar - Islands universitet	329
7.6. Avsluttende kommentarer	376
DEL IV. RESULTAT OG ANBEFALINGER	378
8. Resultat og anbefalinger	379
8.1. Oversikt	379
8.2. De viktigste resultatene	380
8.3. Diskusjon av resultatene	393
8.4. Anbefalinger	405
8.5. Forslag til videre forskning	409
DEL V. KILDER	412
Litteraturliste	413
Illustrasjoner	429
Liste over illustrasjoner	433

Innhold

Dristige detaljer

DEL I.

PROBLEMSTILLING OG METODE

1. Innledning

Denne avhandlingen handler om forholdet mellom arkitektonisk formgivning og byggskader i innovativ modernistisk arkitektur, og er tenkt som innlegg i forskningen og debatten om bedre byggkvalitet og færre byggskader i nybygg.

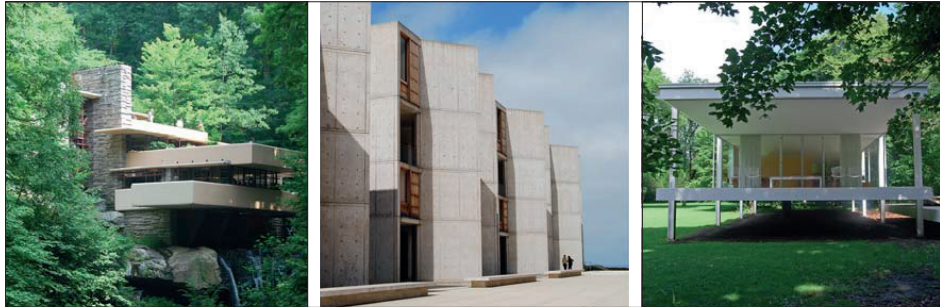


Fig. 1.1.

Eksempler på kjente innovative moderne arkitekturverker fra det 20. århundre plaget av byggskader.

a) Fallingwater, USA, fra 1938, av Frank Lloyd Wright, b) Salk Institute USA, fra 1960, av Louis Kahn, c) Farnsworthhuset i USA, fra 1951, av Ludwig Mies van der Rohe

Foto: Helge Solberg - Privat fotoarkiv.

I dette første kapitlet drøftes de viktigste forutsetningene for forskningsarbeidet og definisjonen av nøkkelbegreper. En vesentlig del av kapitlet er presentasjonen av det teoretiske rammeverket for forskningen og introduksjon av forskningsproblemet, som er avgrenset og identifisert i følgende hovedspørsmål:

- Hva er hovedårsaken til de designforårsakede byggskadene i eksemplene på innovativ modernistisk arkitektur som er studert i forskningsprosjektet?

Forskningsspørsmålet diskuteres i kapittel 1.5., der flere delspørsmål presenteres i tilknytning til introduksjonen av drivkreftene som påvirker arkitektonisk formgivning og starten på byggskader. Utdypende drøftelse av forskningsstrategien og det teoretiske rammeverket gjøres i kapitlene 2 til 6. Resultatet av forskningen presenteres så i kapittel 7, og konklusjonen diskuteres til slutt i kapittel 8.

Målgruppen for forskningsresultatet er forskere, praktiserende arkitekter, ingeniører, arkitektstudenter og ingeniørstudenter, samt andre som har interesse og nytte av kunnskap om relasjonen mellom arkitektonisk formgivning og designforårsakede byggskader.

1.1. Bakgrunn for forskningsprosjektet

1.1.1. Hvorfor startet dette arbeidet?

Opphavet til dette forskningsprosjektet kan føres tilbake til 1980-tallet, til uttalelsen ”All god arkitektur lekker”, som forfatteren hørte for første gang på Arkitektthøgskolen i Oslo.¹ Dette utsagnet virket merkelig. I utgangspunktet var det en vits fortalt med latter, men ble samtidig oppfattet som visdomsord og en slags inkarnasjon av kampen mellom det gode og det onde. På den ene siden den gode modernistiske arkitekturen, som ble presentert av de høyt aktede lærerne på arkitektskolen, og på den andre siden de skumle byggskadene som arkitektstudentene visste lite eller ingenting om. I den sammenhengen bemerkes det at forfatteren ikke husker å ha hørt foredrag eller lest om byggskader under studietiden på arkitektskolen. I ettertid kan man si at byggetekniske problemer, inklusivt byggskader, ikke ble vektlagt i arkitekturundervisningen. Holdningen var at for mye kunnskap om tekniske problemer ville hindre kunstnerisk kreativitet, den viktigste forutsetningen for det å skape god arkitektur. Det ble sagt at man fikk lære om all den brysomme byggeteknikken etterpå og ute i praksis.

En viktig inspirasjonskilde i forkant av arbeidet med avhandlingen var et kulturelt sammenstøt, da opplæringen fra arkitektskolen møtte virkeligheten i praksis. Sentralt står en ubehagelig opplevelse, der en av forfatterens første selvstendige designoppgaver, en barnehage, ble rammet av omfattende lekkasjer like etter ferdigstillelsen. I en lengre periode kranglet de involverte aktørene om årsak til og ansvar for at huset lakk hver gang det regnet. Bemerkningen om dårlig design stakk. En ønsket å ta til motmæle, men manglet håndfaste argumenter og verifisert kunnskap. Det å høre om andre kollegaer i tilsvarende situasjoner hjalp lite, det økte bare den faglige frustrasjonen.

Det store veiskillet og det som satte tankene virkelig i sving kom noe senere fra kilder om forholdet mellom design og byggskader. En slik kilde er Haugestad (1997), som hevder at den arkitektoniske kvaliteten og byggkvaliteten generelt kan forbedres, og byggskader forebygges ved å bruke større økonomiske midler til planlegging og utforming.² Haugestads påstand var illustrert med en matematisk kurve kalt kvalitetskurven, illustrert i fig. 1.2, som viser sammenhengen mellom kostnader brukt til design og kostnader brukt til utbedring av byggskader. Ifølge Haugestad ville en byggherre som investerte i god prosjektering oppleve færre byggskader på det ferdige byggverket enn en byggherre som forsøkte å spare under prosjekteringen. Disse

1. Forfatteren hørte denne ytringen under studietiden (1980-1986) på Arkitektthøgskolen i Oslo. Analyse av denne inspirasjonskilden er å finne i Hardarson, Ævar (2005). All Good Architecture Leaks – Witticism or Word of Wisdom? CIB 2005 Helsinki Joint Symposium: Combining forces: executive summaries / edited by Kalle Kähkönen. Helsinki: VTT
2. Haugestad, E. M. (1997). Det økonomiske rom for arkitektonisk form. Arkitektnytt nr. 16-97.

argumentene opplevdes som spennende innlegg i fagdebatten. Det virket som en kunne slå ”to fluer i en smekk”; større honorar til arkitekten samtidig som en fikk muligheter til å arbeide med spennende arkitektonisk formgivning. Men var dette virkelig så enkelt?

En referanse som også ble en viktig inspirasjonskilde i tidlig fase er Ingvaldsen (1994), som hevder at 60 % av alle byggsaker i nybygg har sitt opphav i forberedelses- og designfasen, og at tiltak rettet mot kvalitetsheving i disse fasene ville føre til omfattende reduksjon av byggsaker generelt.³ Ingvaldsen påpekte også at 10 % av den årlige omsetningen i byggebransjen stammer fra byggsaker, og at reduksjonen av feil og mangler i byggeindustrien ville føre til betydelig økonomisk gevinst, både for de enkelte byggherrene og samfunnet i sin helhet.⁴

1.1.2. Fra idé til pilotprosjekt

Funnet av de omtalte referansene og behovet for å gjøre noe med egne faglige frustrasjoner, førte til slutt til at forfatteren kontaktet Fakultet for arkitektur og billedkunst på NTNU i Trondheim, med forespørsel om å skrive en dr. ing.-avhandling om temaet.⁵ En betydningsfull kontaktperson og mentor ble professor Tore Haugen, som oppfordret til videre litteraturstudier og utviklingen av en forskningsstrategi gjennom et pilotprosjekt.

3. Ingvaldsen, T. (1994). Byggskadeomfanget i Norge: utbedringskostnader i norsk bygge-/eiendomsbransje - og erfaringer fra andre land (Vol. 163). Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.
4. Ingvaldsen (1994).
5. Idéen om å skrive en PhD-avhandling om design og byggsaker kom fra professor Ragnar Sigbjörnsson ved Islands universitet, som foreslo at Fakultet for arkitektur og billedkunst ved NTNU i Trondheim ble kontaktet. Sigurbjörnsson ble medveileder og sentral rådgiver gjennom hele forskningsprosessen.

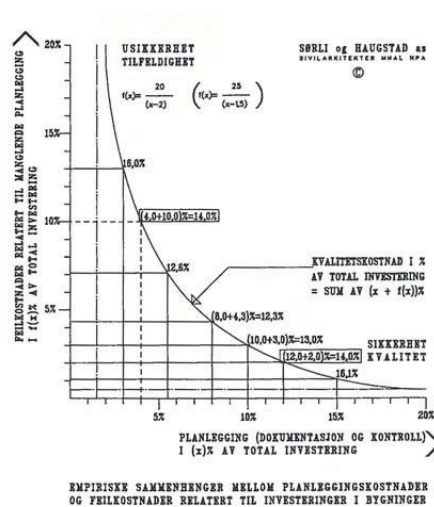


Fig. 1.2. Haugestads kvalitetskurve som beskriver forholdet mellom kvalitetskostnader og designhonorar. Kilde: Haugestad (1997), side 16.

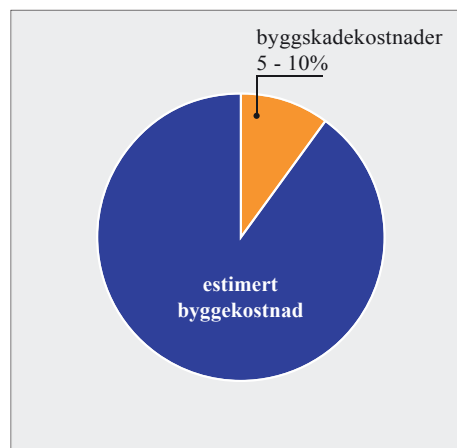


Fig. 1.3. Diagrammet viser prosentvis kostnadsandel av årlig omsetning som følger av byggsaker. Kilde: Ingvaldsen (1994).

I pilotprosjektet ble det tidlig bestemt å fokusere på arkitektur fra det 20. århundre, eller det man kaller modernistisk arkitektur. Begrunnelsen for dette fokuset var forfatterens spesielle interesse for denne byggestilen. I tillegg fantes det indikasjoner på byggskadeproblemer i modernistisk arkitektur, som blant annet viste seg i setningen ”all god arkitektur lekker”. Først litt om litteraturstudiene.

Det ble funnet store mengder litteratur som beundret den modernistiske arkitekturen, men også enkelte kritiske referanser som påpekte at utgaver av denne byggestilen var ufunksjonelle og plaget av tekniske problemer; de lakk når det regnet, ble for varme i solskinn og kalde ved lav temperatur, i tillegg til å tåle aldri dårlig. Referanser av denne art er Blake (1977) i boken *Form Follows Fiasco*. Tittelen er en parafraze over funksjonalismens sentrale slagord ”Form Follows Function”.⁶ En annen kritisk referanse er Wolfs (1993), *From Bauhaus to Our House*, som kritiserer de innflytelsesrike Bauhaus-lærerne som prekte innovasjon blant annet gjennom læresetningen ”Starting from zero”.⁷ Stuart Brand (1994) kom også med tankevekkende synspunkter og eksempler på hvordan hus ble endret over tid, blant annet på grunn av tekniske feil og mangler, i boken *How Buildings Learn*.⁸

Interessante fenomener ble registrert i forstudiene av nye byggeprosjekter rammet av byggskader.⁹ Et slikt fenomen var dårlig samarbeid og høyt konfliktnivå. Det var tankevekkende å oppdage hvordan de ulike faggruppene omtalte byggskader. Visse ytterpunkter viste seg i hvordan ingeniører på den ene siden omtalte byggskader som en slags ”sykdom”, mens arkitekten på den andre siden omtalte byggskaden som uunngåelig ”restavfall” etter den kreative formgivningsprosessen. Det virket som de ulike holdningene til byggskader var opplærte og kulturbetinget. Et funn som fikk større betydning enn andre var oppdagelsen av at visse byggskader i klimaskjermen forekommer hyppigere sammen med bestemte estetiske uttrykk. Her er dette uttrykket avgrenset til dristige utformede detaljer som manglet værbeskyttende elementer, noe som karakteriserer mange byggeprosjekter som tilhører den modernistiske stilarten. Med andre ord så det ut som det var en viss sammenheng mellom det arkitektoniske uttrykket og byggskader i klimaskjermen på et nybygg som var designet etter den modernistiske byggestilen.

1.1.3. Utvikling av forskningsstrategien

En viktig del av pilotprosjektet ble drøftelsen av forskningsmetode og forskningsspørsmål. I begynnelsen ble det diskutert om en skulle bruke kvantitative

6. Blake, P. (1977). *Form Follows Fiasco: why modern architecture hasn't worked*. Boston: Little, Brown.

7. Wolfe, T. (1983). *From Bauhaus to Our House*. London: Abacus.

8. Brand, S. (1994). *How Buildings Learn: What happens after they're built*. New York: Viking.

9. Pilotstudiene ble avsluttet sommeren 2003. Data ble innhentet fra fire eksempler i Trondheim og et eksempel i Danmark, som alle var eksempler på modernistisk arkitektur plaget av byggskader.

eller kvalitative metoder. I pilotstudiet ble kvalitative eksempelstudier brukt med gode resultater. Det virket som kvalitative eksempelstudier passet bra til utforskningen av et lite utforsket og komplekst forskningstema, som designforårsakede byggskader i nybygg er. I tillegg så det ut som eksemplifisering av byggskadeproblemet overfor hovedmålgrupper – dvs. arkitektstudenter og praktiserende arkitekter – hadde en viss pedagogisk hensikt. Med andre ord ville det bli lettere å vekke målgruppens interesse for problemet gjennom konkrete eksempler enn med anonyme kvantitative data. En varm talsmann for bruk av kvalitative eksempelstudier er Flyvbjerg (1991), som har studert store utbyggingsprosjekter.¹⁰ Argumenter for valg av metode ble også hentet hos Josephson (1999), som har studert byggskader i svensk byggeindustri.¹¹

Etiske og tekniske hindringer som dukket opp underveis i forskningsarbeidet ble retningsgivende for utviklingen av prosjektet. En hindring som tidlig kom fram i prosessen var vanskeligheter med å få aktørene i konfliktfulle byggeprosjekter til å gi fra seg informasjon om feil og mangler, fordi de var redde for at dette kunne skade deres interesser. En problematisk hindring var kravet fra informanter om å anonymisere eksempelstudiene. Dette problemet drøftes i kapittel 2.

Resultatet av pilotprosjektet ble en rapport kalt Stjernetåkemodellen. Navnet stammer fra en idé om at bak et hvert innovativt byggeprosjekt ligger en kreativ designprosess med et kraftsentrum satt sammen av drivkrefter som setter prosessen i sving, tilsvarende en stjernetåke ute i universet. Idéen som ble utviklet i piloten var at årsakene til de designforårsakede byggskadene var å finne i drivkreftene som beveget den kreative prosessen. En viktig brikke i denne idéen var at løsningen på gåten om opphavet og utviklingen av skadene lå i å identifisere og beskrive disse drivkreftene.

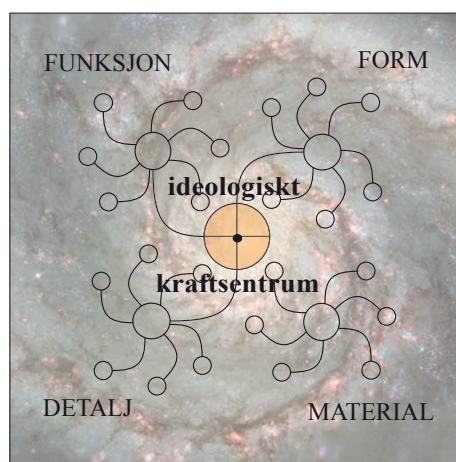


Fig. 1.4.
En kreativ prosess. I sentrum er et ideologisk kraftsentrum ikke ulikt stjernetåken med sin sentrale drivkraft.

10. Flyvbjerg, B. (1991). Rationalitet og magt. København: Akademisk Forlag.

11. Gluch, P., Josephson, P-E. (1999). Evaluation of methods for studying environmental errors in building and civil engineering projects. Proceedings of the Nordic Seminar on Construction Economics and Organization 12-13 April 1999. Side 137 - 144.

1.1.4. Argumenter for forskningsarbeidet

Det er flere argumenter som taler for at økt kunnskap om designforårsakede byggskader er nyttig. Nybygg som produseres med byggskader er uønskelige av flere grunner. Det koster mye å utbedre byggskader. Hus med byggskader er også helsefarlige, og de kan innebære en viss sikkerhetsrisiko for brukerne. I det lange løp kan byggskader forårsake unødvendige ekstraavgifter for huseier, men også sykdommer i form av allergi og astma i hus med for høy fuktighet i innemiljøet.¹²

Det er blitt estimert at 5 % av den årlige omsetningen i byggeindustrien går til utbedringer av byggskader som oppdages i byggeprosessen, og at 5 % i tillegg blir brukt til å utbedre byggskader som oppdages innenfor en tidsramme på 5 år etter ferdigstillelse.¹³ Det økonomiske omfanget av byggskader framgår av følgende sitat:

Med en årlig byggproduksjon på 130 milliarder kroner [2003] kan det således antas at kostnader til utbedring av prosessforårsakede byggskader ligger på rundt 13 milliarder kroner.¹⁴

Det påpekes at det koster lite å utbedre feil og mangler som oppdages tidlig i byggeprosessen, men at kostnadene øker i takt med hvor langt arbeidet er kommet. Det er både vanskelig og kostbart å utbedre byggskadene som oppdages etter at huset er ferdigbygget. Men kostnadene er også underordnet det tekniske innovasjonsnivået. Derfor kan det bli mange ganger dyrere å utbedre fysiske byggskader på et innovativt byggeprosjekt enn byggskader i et hus med standardiserte løsninger. Et godt eksempel på dette er Fallingwater, et kostbart innovativt byggverk som nylig har gjennomgått total utbedring på grunn av designforårsakede byggskader. Fallingwater vil bli analysert senere i avhandlingen, i kapittel 7.2. Tatt i betraktning hvor viktig det er å fortsette med utviklingen av innovative bygninger tilpasset fremtidige behov, ser det ut til å være en økonomisk og faglig nødvendighet å heve kompetansen i designfagene når det gjelder tiltak for å redusere designforårsakede byggskader.

Byggkvalitet og byggskader er to begreper som kan brukes til å beskrive det samme fenomenet, dvs. begreper som definerer egenskaper eller mangler ved et produkt.¹⁵ Til tross for dette er begrepene av ulik karakter og fremkaller ulike assosiasjoner. I denne avhandling tolkes begrepet ”byggskader” som negativt, ettersom det henviser til svikt og mangler, mens begrepet ”byggkvalitet” brukes om positivt egenskaper.

En referanse som diskuterer begreper av samme karakter som ”byggkvalitet” og

12. Se kapittel 6.3. Fysiske byggskader

13. Kvande, T., & Lisø, K. R. (2006). Byggskader. Oversikt Byggforskserien, Byggforvaltning 700.110 (Vol. Language: Norsk). Oslo: Norges byggforskingsinstitutt.

14. Kvande og Lisø (2006), se side 2, punkt 211.

15. Se kapittel 1.2. Sentrale begrep.

”byggskader” er Alexander (1964) i begrepsparet ”fit” og ”misfit”, her oversatt til tilpasset og mistilpasset.¹⁶ Alexander studerer arkitektonisk formgivning der utformingen som skårer høyest er den som er funksjonelt best tilpasset eller ”fit”. I den motsatte enden er den utformingen som skårer lavest og er mest mistilpasset eller ”misfit”. I følge Alexander er eksempler på slik mistilpasset design; et kjøkken som er vanskelig å gjøre rent, en ubrukelig parkeringsplass eller hus som lekket, eller det som i denne avhandling kalles byggskader.¹⁷

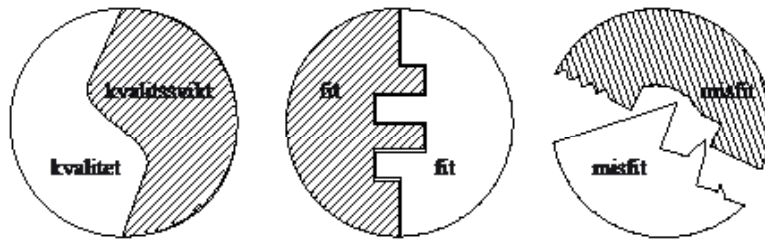


Fig. 1.5.

Byggkvalitet og byggskader definerer egenskaper et produkt har eller mangler. Av samme karakter er begrepene tilpasset og mistilpasset, sunnhet og sinnssykdom som også definerer fenomener med motstående egenskaper

Et vitenskapsteoretisk innspill i drøftelsen av fenomener med motstående egenskaper kommer fra den franske filosofen Michel Foucault, som for en del år siden introduserte en metode for å studere fenomener med innebygde betydningsmotsetninger. Om denne metoden sier Foucault:

For example, to find out what society means by sanity, perhaps we should investigate what is happening in the field of insanity. And what we mean by legality in field of illegality.¹⁸

Foucaults kloke bemerkning retter oppmerksomheten mot at studier av den andre siden – dvs. antonymer eller betydningsmotsetninger – er viktige for produksjon av ny vitenskapelig kunnskap. Men dette har mennesket i grunnen visst lenge. I den sammenhengen påpekes et gammelt norsk ordspråk som sier ”Av skade blir man klok”. Et ordtak på latin av liknende karakter er ”Felix, quem faciunt aliena pericula cautum”; i norsk oversettelse: ”Lykkelig [er] den som blir forsiktig av andres skader”.¹⁹ Dette ordspråket setter fingeren på at man ikke nødvendigvis selv bør ha opplevd en skade for å kunne dra lærdom av hendelsen. Muligens er det en

16. Alexander, Christopher (1964). Notes on the synthesis of form. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

17. Alexander (1964) se side 23.

18. Dreyfus, H. L., & Rabinow, P. (1982). Michel Foucault: beyond structuralism and hermeneutics. Chicago, Ill.: University of Chicago Press. Se side 211.

19. Av skade blir man klok. (2012) I Store norske leksikon. Hentet 17. mai 2012, fra: [http://snl.no/Av skade blir man klok](http://snl.no/Av_skade_bli_r_man_klok)

fordel å ha en viss distanse til den negative opplevelsen, fordi det gjør den kognitive bearbeidelsen lettere. Men mennesker kan også dra lærdom av egne feil og mangler gjennom åpenhet, refleksjon og søking etter sannhet.

1.2. Sentrale begreper

Som introduksjon til videre drøftelse av emnet presenteres noen sentrale begreper. Begrepene er delvis utviklet og definert av forfatteren, men bygger forøvrig på eksisterende kunnskap om arkitektur og design, bygningsfysikk, byggeprosesser og byggskader. Begrepene utdypes i enkelte kapitler i avhandlingen der flere av dem inngår som en del av kapitteloverskrifter. Hvis definisjonene er lånt fra andre kilder, er de markerte med kursiv og kildehenvisningene er vist i fotnote. Begrepene er ordnet slik at beslektete begreper er ordnet sammen. Formålet med dette er å gjøre det lettere for leseren å sette seg inn i emnet.

Dristige detaljer: Begrep som brukes som tittel på avhandlingen og som påpeker at årsaken til flere av de byggskadene som studeres i avhandlingen utgjør teknisk risikable detaljer i klimaskjerm og konstruksjon.

Bygningspatologi: Systematisk studium av byggskader generelt, inklusiv studium av feil og mangler og eventuelle konsekvenser av byggskader, samt design og utførelse av reparasjoner. Dette involverer en helhetlig tilnærming for å forstå de ulike mekanismer, materialer og miljøsituasjoner en bygning kan bli påvirket av.²⁰

Byggkvalitet: Et samlebegrep for ulike kvalitative egenskaper ved et bygg, som kan omfatte funksjonalitet, teknisk kvalitet og arkitektonisk kvalitet etc. I denne avhandlingen brukes begrepet til å beskrive ”positive” egenskaper en bygning, konstruksjon, bygningsdel og/eller detaljløsning har til å oppfylle krav. Begrepet brukes primært til å beskrive ønskelige egenskaper i motsetning til byggskader som er ”negative” og uønskede egenskaper.

Byggskade: *Negativt avvik som framkommer gjennom redusert funksjonalitet/yteevne og nedgradering, nyinvestering og/eller økning av forutsatte vedlikeholdskostnader som følge.*²¹ Begrepet brukes som et samlebegrep for alle skader på bygg, men det er skader som skyldes mangelfull bygging, mangelfullt vedlikehold og overbelastning eller feil bruk. I denne avhandlingen fokuseres det på byggskader som oppstår i en byggeprosess (prosessforårsakede byggskader) og er blitt forårsaket av mangelfull design, her kalt designforårsakede byggskader. Byggefeil er et nært beslektet begrep. De fleste byggefeil rettes opp før overlevering men skjulte byggefeil kan føre til byggskader hvis et byggverk blir utsatt for spesielle påkjenninger. Byggskader og

20. Definisjonen er oversettelse av Douglas, James (2007). *Understanding Building Failures*. London : Taylor & Francis. Se side 282

21. Kvande, T., & Lisø, K. R. (2006), se side 1, punkt 03

beslektede begreper drøftes i kapittel 6.

Prosessforårsaket byggskada: *Skade på bygg som skyldes at det under utredning, prosjektering, produksjon eller materialtilvirkning ikke har lyktes en aktør å følge en normert, standardisert og anerkjent metode eller konkrete spesifikasjoner.*²² Prosessforårsaket byggskada er en underkategori av byggskada definert foran.

Designforårsaket byggskada: En underkategori av prosessforårsaket byggskada. Dette er en byggskada som er forårsaket av et arbeid som en beslutningstaker og/eller en designer har utført eller unnlatt å utføre, som stammer fra uvitenhet, likegyldighet eller uaktsomhet overfor de forhold som kan forårsake en byggskada.

Klimapåkjennning: *Klimapåkjennning på bygningens ytterflater består av vind, regn, snø, temperaturvariasjoner, luftfuktighet og solstråling inklusiv UV-stråling.*²³ Denne klimapåkjennningen varierer over tid og virker på de ulike delene av det som her kalles klimaskjerm (se definisjon nedenfor). Klimapåkjennning og beslektede begreper drøftes i kapittel 4.

Klimaskjerm: Klimaskjerm (engelsk: building envelope) er en bygnings ytre avslutning i form av vegger, tak og gulv og/eller andre elementer som avgrenser innvendige bruksrom fra uteklimaet. En klimaskjerm er bygget opp av ulike deler, komponenter og materialer knyttet sammen i detaljløsninger. Detaljløsningene er viktige for funksjon, teknisk yteevne og utseende av en klimaskjerm. Det bør presiseres at de fleste byggskader i moderne bygninger stammer fra teknisk svake detaljer i en klimaskjerm. Klimaskjermen drøftes i kapittel 4.2.

Drivkrefter i byggeprosessen: Fenomener som påvirker en byggeprosess og det ferdige byggverket. Drivkreftene deles i tre grupper; ytre drivkrefter, prosjektdrivkrefter og aktørdrivkrefter. Ytre drivkrefter er rammeverk og spilleregler satt av myndigheter for å regulere byggeaktivitetene i en byggeprosess. Prosjektdrivkrefter er forutsetninger og rammer i et bestemt byggeprosjekt, for det meste kravspesifikasjoner, og tids- og kostnadsrammer. Aktørdrivkrefter er faglige holdninger, idéer, personlig motiv, psykologiske forhold og arbeidsvaner som påvirker aktører og hendelser i en byggeprosess.²⁴ Utdypende drøftelser av drivkrefter er å finne i kapittel 5.

Innovativ modernistisk arkitektur: Et byggverk som bryter med den tradisjonelle arkitekturen enten i form, metode eller materialvalg. Også byggverk der kjente

22. Kvande og Lisø (2006), se side 1, punkt 03

23. Thue, J. V. (2008). Trefasader, Bygningsfysiske hensyn. In K. E. Larsen & F. Hakonsen (Eds.), *Kledd i tre: tre som fasademateriale* (pp. 71 - 84). Oslo: Gaidaros forl. Se side 76.

24. De ytre drivkreftene er eksplisitte, dvs. uttrykt skriftlig, mens prosjektdrivkreftene er både eksplisitte og implisitte (underforståtte), dvs. noe som ikke sies, men som man skal vite. Aktørdrivkreftene er derimot stort sett implisitte.

former, metoder eller materialer brukes på en ny måte. Det som karakteriserer den innovative modernistiske arkitekturen som undersøkes i avhandlingen er rene overflater, strømlinjeformet utseende, store glassflater, flate tak og minimalistiske detaljer. Begrepet innovativ brukes for å rette fokuset mot et sentralt element i den modernistiske designideologien; kravet om kontinuerlig fornying av den modernistiske arkitekturen, som øker risikoen for designforårsakede byggskader. Begrepet innovativ modernistisk arkitektur knyttes til konkrete eksempelstudier, og gjennom eksempler avgrenses og identifiseres forskningsfeltet. Begrepet utdypes i kapittel 3.

Modernistisk designideologi: I denne avhandlingen brukes begrepet til å beskrive det ideologiske grunnlaget som brukes i design av modernistiske arkitektur. Dette er forbilder, mønstre og/eller eksempler, men også utsagn og uskrevne verdinormer og holdninger til design som brukes til å definere hva som etterstrebes og er akseptabelt formgivning, materialvalg og detaljering. Sentralt i den modernistiske designideologien er kravet om kontinuerlig fornying av arkitekturen og ærlighetsprinsippet som utdypes nedenfor. Det påpekes at begrepene modernistisk designideologi og aktørdrivkrefter må ses i sammenheng i konkrete situasjoner.

Ærlighetsprinsippet: Ærlighetsprinsippet (engelsk: concept of honesty), er et sentralt ideal innen modernistisk designideologi, som bygger på det å eksponere en bygnings funksjon og de komponenter og materialer den er laget av og unngå bruk av ornamenter. Eksempel på anvendelse av prinsippet i praksis er å vise frem bærende bygningsdeler i armert betong uten å skjule dem bak andre materialer eller detaljer. Dette idealet oppsto som motpol til den overdekorerte og ”falske” tradisjonelle arkitekturen som de modernistiske arkitektene forsøkte å distansere seg fra med annerledes formgivning, detaljering og materialvalg. Begrepet utdypes i kapittel 3.

Tradisjonell arkitektur: En bygning formet og bygget etter tradisjonelle bygningsprinsipper. Den tradisjonelle arkitekturen deles inn i mange stilarter og underkategorier; gresk, romersk og gotisk arkitektur, men også folkelig (vernacular) arkitektur.²⁵ I denne avhandlingen brukes begrepet for å beskrive en bygningstradisjon som er det motsatte av det den innovative modernistiske arkitekturen står for, beskrevet foran. Begrepet brukes også til avgrensning av forskningstemaet og inngår som teoretisk rival til den modernistiske arkitekturen. Begrepet utdypes i kapittel 3.

Utbedring av byggskader: Fysiske tiltak for å reparere prosessforårsakede byggskader som stammer fra formgivning og/eller produksjon og som medfører redusert funksjonalitet/ytteevne og utseende i forhold til det et byggverk var tiltenkt. Utdypende drøftelser finnes både i kapittel 6 og 7.

25. Oliver, P. (1997). *Encyclopedia of vernacular architecture of the world*. Cambridge: Cambridge University Press.

1.3. Kunnskap om designforårsakede byggskader

1.3.1. Det teoretiske rammeverket

I dette kapitlet presenteres kunnskap om designforårsakede byggskader i modernistisk arkitektur. Hensikten med denne presentasjonen er å gi leseren et overblikk og den første innføringen i det teoretiske rammeverket som avhandlingen bygger på.

Det bør bemerkes at i begynnelsen av forskningsprosessen ble det ikke funnet mange referanser som spesifikt omhandlet sammenhengen mellom byggskader og design i modernistisk arkitektur. En viss indikasjon på situasjonen kommer fra Josephson (1999) som sier:

There are a large number of studies of defects occurring in the production and maintenance phases. However, there are only a limited number of studies about the briefing and design phases.²⁶

Til tross for det negative resultatet i begynnelsen av studiet, har litteraturstudier senere fått fram interessante og aktuelle teorier både fra designfagene og andre fagfelt. Dette har blitt brukt som byggestener i et teoretisk rammeverk, spesielt utviklet for dette forskningsprosjektet. De aktuelle kunnskapsfeltene er:

- Arkitektur- og designteorier
- Bygningsfysikk (klimapåkjenning)
- Teorier om drivkrefter i prosesser
- Byggskadeteorier
- Teorier om konservering og reparering av ny arkitektur

En grafisk fremstilling av de fagfelt som danner det teoretiske rammeverket illustreres i fig. 1.6. En integrert del av drøftelsen av eksisterende teorier er to rivaliserende teorier. På den ene siden har vi teorier om tradisjonell arkitektur og på den andre siden modernistiske designteorier.

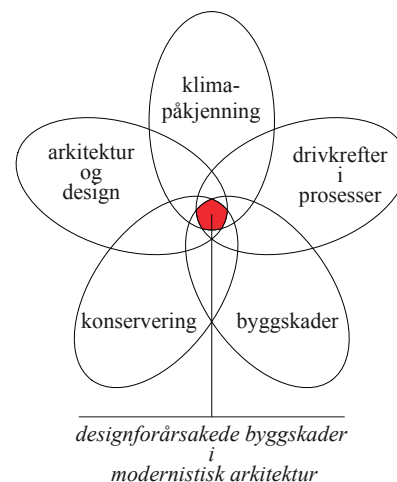


Fig. 1.6.

Illustrasjon som viser de fagfeltene som det teoretiske rammeverket bygger på. Fagfeltet avgrenses med runde former og forskningsfokuset markeres i grensesnittet mellom de ulike delene.

26. Josephson, P. E. & Hammarlund, Y. (1999). The causes and costs of defects in construction: A study of seven building projects. *Automation in Construction*, 8(6), 681-687. DOI: 10.1016/s0926-5805(98)00114-9. Se side 681.

Rivalene representerer ulike designstrategier og verdinormer, men også ulike synspunkt på byggskader. Den teoretiske drøftelsen er lagt opp i en kronologisk rekkefølge der de eldste referansene presenteres først, men på en slik måte at fremstillingen skal bidra til å dra frem forskjellen mellom de rivaliserende teoretiske synsvinklene. Fig.1.7. viser eksisterende kunnskap satt i et tidsperspektiv.

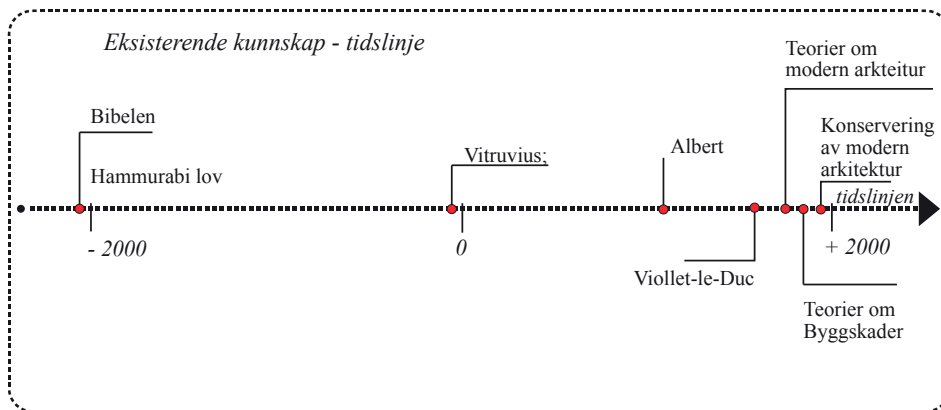


Fig. 1.7.

Tidslinje som viser den eksisterende kunnskapen om forholdet mellom byggskader og design. Ifølge litteraturstudier finnes det både eldgamle kilder og nye vitenskapelige referanser om byggskader.

1.3.2. Tradisjonell arkitektur og kunnskap om byggskader

Tidligere er den tradisjonelle arkitekturen blitt definert som alle bygninger før modernismen i begynnelsen av det 20. århundret. Den tradisjonelle arkitekturen kan imidlertid deles inn i mange stilarter og underkategorier. Her trekkes det frem to kategorier; den formelle tradisjonelle arkitekturen og den folkelige tradisjonelle arkitekturen. Karaktertrekk ved den formelle tradisjonelle arkitekturen er at den blir designet og bygget etter formelle regler om former og proporsjoner. Viktig er at bak utformingen står en utdannet arkitekt og/eller byggmester. Eksempler på slik arkitektur er den greske og romerske arkitekturen, men også bygninger i gotisk og neoklassisk stil, for å nevne noen kjente stilarter fra den europeiske arkitekturtradisjonen. Den folkelige tradisjonelle arkitekturen (engelsk: vernacular architecture) er derimot utviklet på grunnlag av lokale behov og ut fra de materialer som er tilgjengelige i lokalsamfunnet, med kunnskap som lokalbefolkningen sitter inne med. Til tross for dette er det visse fellestrekk mellom de ulike kategoriene av den tradisjonelle arkitekturen. Her trekkes det frem designstrategier som er utviklet over lang tid, med bakgrunn i erfaringer om hva som er tilpasset det lokale klimaet. Erfaringer fra byggskader er da en viktig kilde i arbeidet med å lage bedre bygninger. Denne designstrategien er blitt forklart i Alexander (1964), som utdypes senere i kapitlet.

1.3.3. De første kjente byggskadene i historien

På leting etter historiske referanser som omtaler byggskader blir det første stoppestedet Det gamle testamentet og en eldgammel babylonsk lovbok.

I følge Levy og Salvadore (2002) er den første kjente byggskaden i historien kollapsen av Babels tårn.²⁷ Her er hovedkilden Bibelen; 1. Mosebok, i fortellingen om Babels tårn.²⁸ Fortellingen beskriver byggingen av et høyt tårn. Men fordi Gud mislikte menneskenes hovmodige planer, forvirret han byggearbeidernes språk, som førte til at byggearbeidet stoppet opp, og til slutt raste tårnbygget sammen.²⁹ Selv om sagaen om Babels tårn av mange blir oppfattet som en myte med et moralsk budskap, rører den ikke mindre ved aktuelle og tilbakevendende tekniske og administrative problemer, som gjerne følger med grensesprengende byggeprosjekter rammet av byggskader. I følge arkeologiske utgravinger er sagaen om byggingen av Babels tårn mer enn en myte. Rester av et høyt tårn er blitt funnet i det historiske Babylonia som stammer fra rundt 2100 f.Kr.³⁰ Levy og Salvadore (2002) påpeker en sannsynlig årsak til kollapset av Babels tårn; mangelfullt bindemiddel mellom steinmaterialet i konstruksjonen, som ikke tålte vekten av tårnet, og vibrasjoner forårsaket av vind og/eller jordskjelv.

En annen interessant historisk referanse finner man i 3. Mosebok i et avsnitt som heter "Sykdom på hus".³¹ I denne kilden drøftes for første gang muggsoppangrep i bygninger. Denne kilden er aktuell fordi den gir ganske detaljert beskrivelse av hvordan muggsoppskade bør diagnostiseres og utbedres. Muggsoppangrep på grunn av for høy fuktighet i en bygning er med andre ord et eldgammelt problem, like helsefarlig i dag som det var på Moses' tid. Referansen tjener på denne måten som en påminnelse om at man har mye å lære av å studere historien.

Den tredje kilden fra oldtiden er en eldgammel babylonsk lovbok oppkalt etter kong Hammurabi, hugget i stein ca. 1800 f.Kr.³² Dette lovverket er en merkelig kilde som beskriver en samfunnsstruktur styrt gjennom eksplisitte spilleregler. I flere lovparagrafer beskrives straffetiltak rettet mot en byggmester/arkitekt som forårsaket byggskader.³³ Det kommer tidlig frem i referansen at det mest aktuelle byggskadeproblemet på denne tiden var sammenrasing av mangelfulle tak og vegger,

27. Levy, M., & Salvadori, M. (2002). *Why buildings fall down: how structures fail*. New York: Norton. Se side 17 – 18.

28. Reftel, K., Reftel, M., & Siuerin-Lönnqvist, F. (2009). *Bibelen*. [Oslo]: Bibelselskapet.

29. Mangelfull kommunikasjon er et aktuelt problem i dagens byggeindustri og forårsaker flere byggskader, se blant annet; Emmitt, S., & Gorse, C. A. (2003). *Construction communication*. Malden, Mass.: Blackwell.

30. Gunnarsjaa, A. (1999). *Arkitekturleksikon*. Oslo: Abstrakt forlag.

31. Se 3. Mosebok, 14, 33–57. Sykdom på hus

32. Kapelrud, A. S. (1943). *Hammurabis lov*. Oslo: Tanum.

33. Kapelrud (1943), se side 71-72, lovparagraf 228 – 233.

noe som kunne skade eller drepe en bruker eller eier av en bygning. Straffeutmålingen var i samsvar med konsekvensen av skaden. Det vil si at hvis en bruker døde på grunn av en byggskaide, så skulle byggmesteren/arkitekten drepes som gjengjeldelse, et tiltak som skulle ha forebyggende effekt.

1.3.4. Vitruvius - den varige, nyttige og vakre arkitekturen

Sentral arkitekturteoretisk referanse er Marcus Vitruvius Pollio; Ti bøker om arkitektur, skrevet rundt 30 år før Kristi fødsel.³⁴ Vitruvius drøfter mange problemstillinger i sitt berømte og ofte siterte verk. Meget aktuell og stadig gjeldende er defineringen av de egenskapene god arkitektur skal ha: den skal være varig (Firmitatis), formålstjenlig (Utilitatis) og vakker (Venustatis). Hos Vitruvius danner former og detaljer en sammenflettet og helhetlig konstruksjon som skal være vakker, funksjonell og motstandsdyktig mot påkjenninger fra de altomfattende naturkreftene.

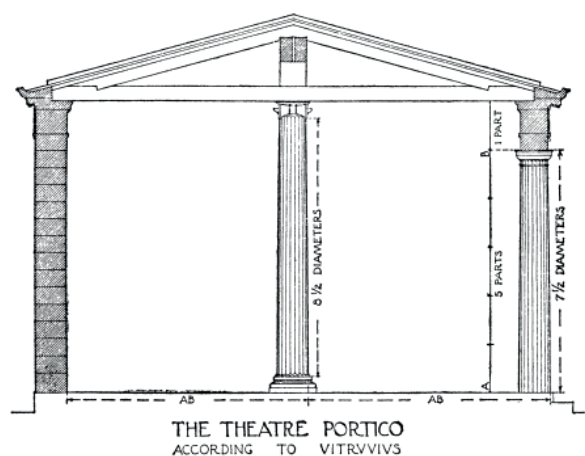


Fig. 1.8.

Tegning av et teater slik Vitruvius beskriver bygget. Viktig del av hans arkitektur var den klassiske søyleordenen, men også praktisk byggeteknikk. Kilde: Vitruvius (1960), side 152.

Vitruvius beskriver også hva en arkitekt bør kunne for å være i stand til å skape gode og holdbare bygninger. Arkitekten må ha kunnskap om mange ting; plassering av hus i et terreng, orientering i forhold til lokal klimapåkjenning, teknisk prosjektering, former og materialer. Alt dette er nødvendig for å oppnå best mulig byggkvalitet og minimalisere byggskader. Vitruvius forteller oss at hus med flate tak passer for varme

34. Vitruvius Pollio, M., Rowland, I. D., Howe, T. N., & Dewar, M. J. (1999). *De architectura*. Cambridge: Cambridge University Press.

strøk med lite nedbør, mens oppe i det fuktige nord bør husene ha tak som beskytter konstruksjonen mot den lokale nedbøren. Det er verdt å bemerke seg at Vitruvius omtaler byggskader direkte og indirekte flere steder. I følge Hearn (2003) er en tredjedel av Vitruvius' arkitekturteorier fremdeles aktuelle.³⁵

1.3.5. Teorier om byggskader under renessansen

Leon Battista Alberti var renessansens store arkitekturteoretiker. Hans viktigste teoretiske bidrag er *Ti bøker om arkitektur*, skrevet rundt 1450.³⁶ Dette verket bygger blant annet på studier av Vitruvius og er en videreutvikling av arkitekturket som akademisk fag. Alberti var i stor grad opptatt av skjønnheten, men han var også en praktisk mann med erfaring fra husbygging. Han omtaler tekniske problemstillinger flere steder, deriblant det å forebygge feil og mangler som kan skade en bygningskonstruksjon.³⁷ Ifølge Alberti var det to hovedtyper byggskader; de som ble forårsaket av naturkreftene, og de som stammet fra menneskene. Skader som stammer fra naturkreftene er vanskelig å sikre seg mot, mens de som stammer fra menneskene kan man unngå ved bruk av kunnskap og fornuft. Alberti drar frem de viktigste årsakene til menneskeskapt byggskader, som er uvitenhet, uaktsomhet, menneskelig hærverk og uforutsette ulykker.³⁸ De fleste byggskadene på Albertis tid var av konstruktiv art; mangelfulle fundamenter, riss og brudd i for tynne og svake vegger og søyler. Fuktskader omtales i liten grad av Alberti.

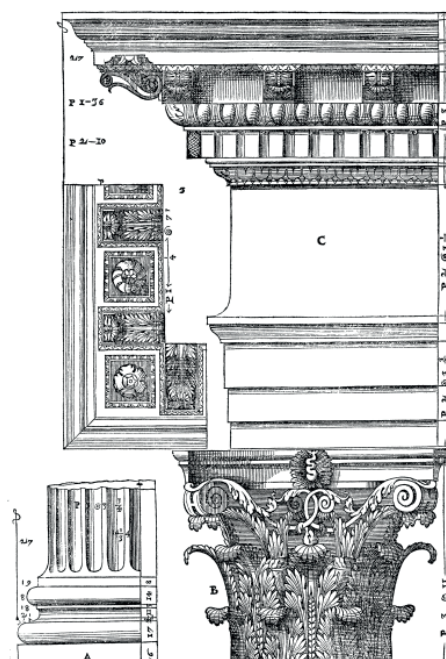


Fig. 1.9. Tegning fra Palladio som viser hans utforming av tak-kant, søyle og base i korintisk søyleorden.
Kilde: Palladio (1997), side 309.

En annen viktig renessansearkitekt var Andrea Palladio (1508-1580), som også skrev teoretiske verker om hvordan bygninger burde utformes både estetisk og

35. Hearn, M. F. (2003). *Ideas that shaped buildings*. Cambridge, Mass.: MIT Press.

36. Alberti, L. B. (1986). *De re aedificatoria*. New York: Dover Publications.

37. Alberti (1986) Bok 10: "Of the Defects in Buildings, whence they proceed, and their different Sort; which of them can be corrected by the Architect, and which cannot; and the various Causes of bad Air". Side 209.

38. Alberti (1986). Bok 10, kapittel 16, side 237 - 238.

teknisk. Palladio bygget sine teorier på Vitruvius og Alberti, men også på andre kjente arkitekturteoretikere. Han var selvsagt opptatt av den klassiske søyleordenen, men også av praktiske ting som bruk av byggematerialer og av å utforme huset og detaljene slik at fukten ikke ødelegger konstruksjonen.³⁹ Fig. 1.9. viser detalj av kant på tak, søyle og base, men denne utformingen hadde både utseendemessige og tekniske begrunnelser.

1.3.6. Kunnskap om byggskader i Norden på 1900-tallet

De arkitekturteoriene som ble brukt frem til modernismen var i stor grad kunnskap basert på erfarings; såkalte ”tommelfingerregler” som arkitekter og byggmestere brukte ved design og bygging av hus. Arven fra Vitruvius og Alberti var en viktig del av disse teoriene. Et eksempel på slike teorier fra Norden er Theodor Broch (1848); Lærebog i Bygningskunst, som ble brukt i undervisning av arkitekter og ingeniører opp mot vår tid.⁴⁰ Arven fra Vitruvius skinner sterkt gjennom i følgende sitat:

Den Videnskap, som lærer at bygge alle Slags Bygninger, varigt, hensigtsmæssigt og skønt heder Bygningskunst.⁴¹

I Norge ble tyske håndbøker om arkitektur og byggeteknikk brukt i stor utstrekning. En slik referanse er *Handbuch der Architektur* fra 1881.⁴² Noach (1992) mener at arkitekt Bredo Greve, som tegnet NTHs hovedbygg på Gløshaugen i Trondheim, søkte råd i dette verket.⁴³ Følgende sitat fra arkitekt Greve (1905) vitner om en bevisst holdning til arkitektonisk utforming som forsøkte å forebygge klimarelaterte byggskader:

På grund af hovedbygningens sterkt udsatte beliggenhed, idet storm og regn i Trondhjem som regel driver ind fra nord og vest, er bygningens nord-, øst- og vestfacade beklædt med råkop. Bagfacaden derimod, der er mindre udsat for veirligets ødelæggende indvirkning, er tænkt behandlet med skvætpuds udført af cementblandet kalkmørtel.⁴⁴

At økonomiske og estetiske overveielser påvirket designet av denne fasaden er ikke usannsynlig. Men fremfor alt var arkitekten bevisst i sin utforming der målet var å skape et klimarobust hus med lang holdbarhet. Det er også det dette byggverket representerer. I dag, 100 år etter ferdigstillelsen, står dette bygget like vakkert og verdig. Bygget har ikke registrerte prosessforårsakede byggskader i klimaskjermen,

39. Palladio, A. (1997). *The four books on architecture*. Cambridge, Mass.: MIT Press. S side 73.

40. Broch, T. (1848). *Lærebog i Bygningskunsten: nærmest bestemt for Den Militaire Høiskoles Elever*. Christiania: Werne.

41. Broch (1848), se side II, Bind I, Bygnings-Technologien.

42. Schmitt, E., Durm, J., & Ende, H. (1881). *Handbuch der Architektur*. Stuttgart/Leipzig.

43. Noach, K. G. (1992). Om arkitektur i Norden: noen forelesninger, NTH 1989/92. [Trondheim]: [s.n.].

44. Greve, B. (1950). Den tekniske høiskole. *Teknisk ugeblad* nr. 45, s. 449 - 454.



Fig. 1.10.

NTHs hovedbygg fra 1909, tegnet av arkitekt Bredo Greve. Fotoet viser den nordvestvendte fasaden som er utformet med robuste materialer og detaljer for å tåle bedre den lokale klimapåkjenningen i Trondheim.

Kilde: Mentz Indergaard/NTNU Info.

og har tålt påkjenningen og tidens tann meget bra. Dette har derimot ikke vært tilfellet med en god del yngre universitetsbygg plaget av byggskader fra ferdigstillingen. Slike byggverk drøftes senere i avhandlingen og da spesifikt i det 7. kapitlet.

En interessant referanse om byggeteknikk fra tiden før modernismen er Andreas Bugges (1918) *Husbygningsslære*.⁴⁵ I følge Noach (1992) var forfatteren Bugge en praktisk mann med erfaringer fra byggeaktiviteter, blant annet tilsyn med NTHs hovedbygg, omtalt foran. I samsvar med tradisjonen var Bugge opptatt av Vitruvius og hans ideer om *Firmitatis* og *Utilitatis* og påpekte sterkt at arkitekten måtte studere de hjemlige forhold, det lokale klimaet, ha kjennskap til byggematerialer og kunne prosjektere klimarobuste bygninger.

1.3.7. Fra tradisjonell arkitektur til modernismen

I overgangen mellom tradisjonell arkitektur og modernismen står teoriene til Eugene-Emmanuel Viollet-le-Duc (1814 -1879) ganske sentralt.⁴⁶ Fra Viollet-le-Duc stammer flere viktige modernistiske designprinsipper. Her trekkes prinsippene om den rasjonelle (funksjonelle) arkitekturen og ærlighetsprinsippet frem.

Viollet-le-Duc kom frem til disse prinsippene etter studier av antikken og den

45. Bugge, A. (1918). *Husbygningsslære: murmaterialer, murkonstruksjoner, trømateriale, trækonstruksjoner, jernkonstruksjoner m. v., statik, byggeledelse, heise- og transportindretninger*. Kristiania: Aschehoug.

46. Viollet-le-Duc, E.-E., & Hearn, M. F. (1990). *The architectural theory of Viollet-le-Duc: readings and commentary*. Cambridge, Mass.: MIT Press.

Dristige detaljer

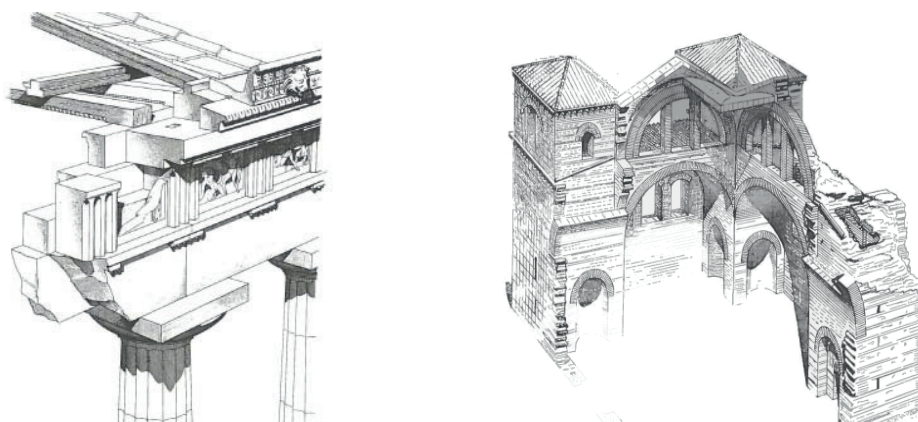


Fig. 1.11.

Analytisk diagram av den doriske orden som viser hvordan Viollet-le-Duc registrerte den ærlige og logiske arkitektoniske oppbyggingen som den doriske søyleorden representerte for ham. Det motsatte ble tilfellet for den romerske arkitekturen som hadde påklistrede søyler og dekorasjon, noe som fremstår som uærlig for Viollet-le-Duc. Men den romerske arkitekturen inspirerte ham også til å utforme teorien om den rasjonelle arkitekturen, som senere ble utviklet til funksjonalismen.

Kilde: Viollet-le-Duc & Hearn (1990), side 58 og 70.

gotiske arkitekturen.⁴⁷ Fig. 1.11. viser analytiske diagram tegnet av Viollet-le-Duc, som viser den ærlige doriske arkitekturen på den ene siden og den uærlige romerske arkitekturen med påklistrede søyler på den andre siden.

Men Viollet-le-Duc var også en praktisk mann, lik Vitruvius og Alberti opptatt av tekniske spørsmål og hva som skulle gjøres for å forebygge byggskader, blant annet på grunn av lekkasjer fra renner og nedløp. Roes (2005) forteller oss at Viollet-le-Duc er en av de få arkitekter som har skrevet om viktigheten av å designe robuste takrenner og nedløp for å unngå fuktskader.⁴⁸ I boken *How to Build a House*, som ble Viollet-le-Ducs siste teoretiske bidrag, beskrives praktisk husbygging i tekst og tegninger, blant annet hva som er nødvendige tiltak for å beskytte utsatte bygningsdeler mot fuktskader.⁴⁹

1.3.8. Modernistiske arkitekturteorier og byggskadeproblemer

Tidligere er den innovative modernistiske arkitekturen definert som byggverk som bryter med den tradisjonelle arkitekturen enten i form, metode eller materialvalg, men også byggverk der kjente former, metoder eller materialer brukes på en ny måte. Sentralt i de modernistiske designidealene er det å eksperimentere med former og materialer, og dessuten kravet om innovativ design, som bryter med den tradisjonelle arkitekturen.

47. Hearn (2003), se side 63.

48. Rose, W. B. (2005). *Water in buildings: an architect's guide to moisture and mold*. Hoboken, N.J.: Wiley.

49. Viollet-le-Duc, E. E. (1874). *How to build a house: an architectural novelette*. London.

For å få frem forskjellen mellom den tradisjonelle arkitekturen og modernismen benyttes Christopher Alexanders (1964) skarpsindige analyse i boken; *Notes on the Synthesis of Form*. Alexander introduserer fire begreper som er godt egnet i analysen av byggskader og drivkreftene bak. Først er det begrepsparet tilpasset (fit) og mistilpasset (misfit). Hos Alexander står tilpasset for formgivning som er funksjonell design i en vid forstand, mens mistilpasset står for feil og mangler, det som vi her kaller byggskader. De to andre begrepene som inngår i analysen av prosessen bak er ”The Unselfconscious Process”, her oversatt som uselvisk prosess, og ”The Selfconscious Process”, her kalt ”jeg-bevisst” prosess. Begrepene kan brukes til å analysere og beskrive de ulike designprosessene eller strategiene som den tradisjonelle og modernistiske arkitekturen bygger på. Ifølge Alexander har den godt utviklede og varige tradisjonelle arkitekturen blitt til i ”uselviske” prosesser, mens den modernistiske arkitekturen er blitt til gjennom kunstige og ”jeg-bevisste” prosesser.

I den uselviske prosessen (”The Unselfconscious Process”) skapes husformer og bruksting ut fra lokale tradisjoner, tabuer og ritualer, som bygger på erfaring om hva som virker i det lokale miljøet. Dette systemet gjør at endringer og individuelt uttrykk blir møtt med skepsis. En del av dette systemet er det at ofte er det de samme aktørene som utformer, bygger og er brukere. Viktig i slike prosesser er at kunnskap fra mistilpasninger – dvs. byggskader – brukes til å lage bedre tilpasset arkitektur. Eksempler på slike prosesser finner man i den folkelige byggekunsten utviklet over lang tid, som i indianerteltene, igloene og i de nordiske torvdekkede langhusene på Island.

I de ”jeg-bevisste” prosessene (”the self-conscious processes”) skapes husformer og nyttegenstander ut fra et krav om et individuelt uttrykk der innovasjon som bryter med den tradisjonelle arkitekturen fremheves. Det er ulike aktører som utfører design og bygging, og brukeren har liten kontakt med byggeprosessen. Et karaktertrekk er at erfaringer fra mistilpasninger – dvs. feil og mangler som oppstår i prosessen – i liten grad brukes til forbedre designene. Eksempel på slike prosesser beskrives i kapittel 3 og kapittel 7.

Alexander (1964) er meget kritisk til de ”jeg-bevisste” prosessene, som for ham er synonyme med den modernistiske designideologien. Han påstår at slike prosesser ikke er i stand til å håndtere de komplekse forholdene som moderne mennesker står ovenfor. I stedet blir resultatet økende ubalanse og kaos, som manifesteres i tilbakevendende mønstre av mistilpasning, det som her beskrives som designforårsakede byggskader.

En representant for en slik ”jeg-bevisst” innstilling i modernistisk arkitektur er Frank Lloyd Wright. Wright var en stor individualist, lik rollefiguren og arkitekten Howard

Roark i Ayn Rands berømte roman *The Fountainhead*, eller *Kildens utspring* som den heter på norsk.⁵⁰ I denne romanen blir man presentert for en ”jag-bevisst” arkitekt som kjemper for sine individuelle kunstneriske idéer. Roarks verdinormer gir uttrykk for Rands filosofi, kalt objektivisme, eller det som også kalles rasjonell egoisme, og går ut på at alt stort som gjøres i verden er et resultat av at et geni klarer å presentere noe ut fra sine individuelle evner og ønsker. Innenfor denne filosofien ser man på rasjonell egoisme som en dyd og altruisme eller uselviske holdninger som et onde.⁵¹ I denne sammenheng representerer Alexanders (1964) designfilosofi en teoretisk rival til den selvopptatte individualismen i modernistisk arkitektur.

Den modernistiske designfilosofien ble utviklet på grunnlag av flere ting. Viktige byggesteiner kommer selvsagt fra Viollet-le-Ducs teori om den rasjonelle



Fig 1.12.
Arkitekten og forfatteren Adolf Loos
Kilde: Almaas, I.H. (2005), side 10.



Fig 1.13.
Le Corbusier, kunstner og arkitekt,
Kilde: butdoesitfloat.com.

(funksjonelle) arkitekturen og gjennom ærlighetsprinsippet, omtalt foran.⁵² Men flere forhold påvirket utvikling. En sentral pådriver ble Adolf Loos (1908) tekst ”Ornament und Verbrechen”, oversatt som ”Ornament og forbrytelse”.⁵³ I denne teksten argumenterer Loos for at ornamenter og dekorasjoner ikke lenger skal brukes av arkitekter, fordi det er synonymt med lavkultur og noe som bør avskaffes i en moderne tidsalder. I tillegg koster ornamenter masse penger og gjør lite annet enn å dekke over håndverksmessige feil og mangler, det som tidligere er blitt kalt mistilpasninger og byggskader. Ifølge Loos oppnår man flere ting ved å fjerne ornamentene. Økonomiske midler og arbeidskraft blir frigitt, som i stedet kan brukes til å skape høykulturell arkitektur som uttrykker ærlighet og sann byggkvalitet. Loos tekst fikk stor betydning for utviklingen av den nye funksjonalismen, ikke minst gjennom avantgarde arkitekter som Walter Gropius og Le Corbusier. Men det var ikke bare innspill fra arkitekter som påvirket utviklingen.

En slik referanse tilhører maskiningeniøren Frederick Winslow Taylor som i 1911 skrev boken; *The Principles of Scientific*

50. Rand, Ayn (1943). *The Fountainhead*. Indianapolis: Bobbs-Merrill.

51. Utdypninger av disse begreper finnes blant annet i den Store norske leksikon.

52. Ærlighetsprinsippet drøftes i kapittel 3.3.

53. Loos, A., & Opel, A. (1998). *Ornament and crime: selected essays*. Riverside, Calif.: Ariadne Press.

Management.⁵⁴ Taylor, som av mange oppfattes som opphavsmannen til moderne samlebåndsteknikker og kvalitetssikringssystemer, skrev om hvordan arbeidet i industrien kunne gjøres mer effektivt, og hvordan feil og mangler kunne minimaliseres ved bruk av vitenskapelig underbygd arbeidsledelse og rutiner. Det viktigste prinsippet hos Taylor var å lage et klart skille mellom design, ledelse og utførelse i en produksjonsprosess.⁵⁵



Fig 1.14.
Frederick Winslow Taylor
Kilde: www.12manage.com

Taylors idéer fikk stor betydning for utviklingen av den moderne industrien, men også for arkitekturen.

I bilindustrien bygget Henry Ford opp samlebåndsproduksjon, og i byggeindustrien ble det eksperimentert med masseproduksjon av boliger.⁵⁶ I dag merkes arven fra Taylor i de moderne kvalitetskontrollsystemene som ISO 9000.⁵⁷

En sentral referansen, hvis man vil forstå utviklingen av den modernistiske arkitekturen og den designfilosofien den bygger på, er Le Corbusiers (1922) bok *Vers une architecture*.⁵⁸ Boken er en debattbok og et manifest for en ny innovativ arkitektur, der utgangspunktet er industriell produksjon, samlebåndsteknikk og geometriske former uten ornamenter og unødvendig pynt.

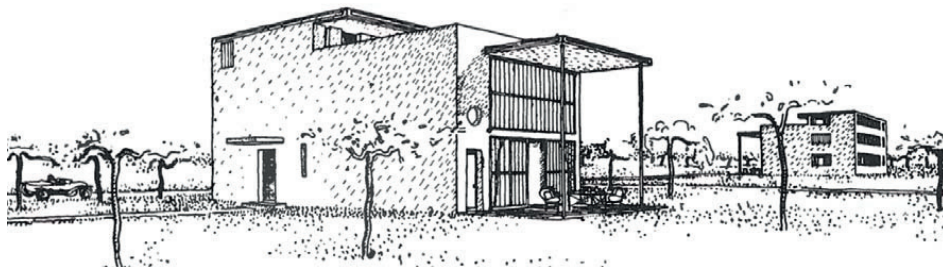


Fig. 1.15.
Le Corbusiers idé om en masseprodusert villa der det skulle brukes industrielle metoder à la dem som Taylor hadde beskrevet. Målet var å bygge billige, funksjonelle og vakre hus for folket. Huset er av betong, med flatt tak og takterrasse, uten dekorasjon og med minimalistiske detaljer, slik Loos hadde foreslått.

Kilde: *Le Corbusier (1922), se side 240.*

54. Taylor, F. W. (1911). *The principles of scientific management*. New York: Harper & Brothers.

55. Viktige bidrag i utviklingen av de kunstige og selvstendte prosessene stammer fra Taylor (1911), som argumenter for oppspaltning og grundig planlagt arbeid.

56. Caldenby, C. (1980). Bostedet som fabrikk. *Byggekunst*, nr.1 (XX - ill). s. 48 - 49.

57. Taylor, F. W., & Sangolt, L. (2006). *Prinsippene for vitenskapelig arbeidsledelse*. Kristiansand: Høyskoleforl.

58. Le Corbusier (1922). *Vers une architecture*. Paris: Les éditions G. Crès et Cie.

En viktig forutsetning hos Le Corbusier er å lage et brudd med den tradisjonelle arkitekturen. For ham skulle det nye være ”en ren, nett, klar, ryddig og sunn arkitektur” som skulle bli den rake motsetningen til den overdekorerte, uryddige og usunne tradisjonelle arkitekturen som var rådende på Le Corbusiers tid.⁵⁹ Viktige elementer i den nye arkitekturen var hvite overflater, flate tak og takterrasser, store glassvegger og vindusbånd og overganger, rensset for gammeldags og unødvendig dekorasjon.

Le Corbusier så på arkitektens arbeid som kunst, på lik linje med annen skjønn kunst der målet var å fremkalle sansefølelser, dvs. appellere til det visuelle og opplevelsemessige. I følge Blake (1960) var Le Corbusiers arkitektur plaget av masse byggskader og mistilpasninger, som kom frem kort tid etter at byggverkene ble tatt i bruk.⁶⁰ Slike bemerkninger om den tekniske tilstanden på den modernistiske arkitekturen ser ut til å være et tilbakevendende mønster, fra tidlig på 1930-tallet og til dags dato.⁶¹

1.3.9. Bygningsteknologi for arkitekter

Med fremveksten av den modernistiske arkitekturen, oppspalting av kunnskap og økt spesialisering forsvinner byggetekniske spørsmål i stor grad fra den vanlige arkitekturlitteraturen. Nye fagdisipliner opprettes for å ta hånd om tekniske spørsmål. En slik fagdisiplin er bygningsfysikk, i Tyskland kalt Bauphysik, som ble opprettet på 1930-tallet. I Canada og USA ble denne nye fagdisiplinen opprettet noe senere og kalt building science.⁶² En viktig pådriver i utviklingen av denne fagdisiplinen var problemer knyttet til isolasjon og fukttransport i modernistiske konstruksjoner. Tyske forskere gikk foran i utviklingen av de nye teoriene. De ga ut håndbøker som beskrev problemer i den nye arkitekturen. En slik referanse er Siedler (1932), som handler om kjente tekniske problemer, blant annet byggskader, i det moderne byggeriet.⁶³

En norsk referanse av denne art er J. Holmgrens *Husbygging* fra 1945, et omfattende verk om byggetekniske problemer. I bokverket omtales tekniske feil og mangler flere steder.⁶⁴ En annen aktuell norsk referanse er *Trehus*, en bokserie gitt ut av Norges byggforskningsinstitutt (i dag SINTEF Byggforsk), som inneholder tekniske veiledninger om design og bygging av trehus. Den første Trehus-boken kom ut i 1958, forfattet av Hans Granum og Sven Erik Lundby.⁶⁵ Den siste utgaven stammer fra

59. Le Corbusier & McQuillan, T. (2004). *Mot en arkitektur*. Oslo: Spartacus.

60. Blake, P. (1960). *The master builders*. London: Gollancz.

61. Se kapittel 6 og 7.

62. Roes (2005), se side 16.

63. Siedler, E. J. (1932). *Die Lehre vom neuen Bauen: ein Handbuch der Baustoffe und Bauweisen*. Berlin: Bauwelt-Verlag.

64. Holmgren, J., Vesterlid, A., & Landmark, O. (1945). *Husbygging*. Oslo: Aschehoug.

65. Granum, H., & Lundby, S. E. (1958). *Trehus* (Vol. 8). Oslo: I kommisjon hos Tanum.

2010.⁶⁶ I disse bøkene drøftes byggetekniske spørsmål i trehus. Flere steder drøftes tekniske feil og mangler. I de siste utgavene avsluttes hvert kapittel med råd til leseren om hva man bør gjøre for å unngå byggskader.

1.3.10. Ny forskning om byggskader

Det fagfeltet som er blitt utviklet for å studere byggskader heter i dag bygningspatologi og er ikke særlig gammelt. Fagterminologien har sitt opphav på 1970-tallet ifølge Harris (2001).⁶⁷ Grunnleggende referanse og et utgangspunkt er *CIBs (1993) Building Pathology: A state-of-the-art Report*.⁶⁸ Av nyere dato er Watt (1999) med senere oppdateringer.⁶⁹

I Skandinavia er det blitt samlet informasjon om byggskader i over femti år. Systematisk datainnsamling i Norge startet i 1964 med opprettelsen av NBIs byggskadearkiv.⁷⁰ Nyere analyser av dette skadearkivet drar frem to hovedkategorier av fysiske årsaker til byggskader i nye hus; fuktrelaterte skader som utgjør 76 % av det totale skadeomfanget, og ikke-fuktrelaterte byggskader som står for 24 % av skadene.⁷¹

Ny engelsk forskning (Douglas 2007) drar frem fukt som den dominerende fysiske årsaken til skader i engelske bygninger.⁷² Flertallet av de fuktrelaterte byggskadene kan knyttes til husets ytre. Ifølge Lisø (2006) kan bortimot 66 % av de prosessforårsakede byggskadene heftes ved klimaskjermen. Når man vet ut i fra eksisterende kunnskap (Ingvaldsen 2001) at bortimot 60 % av disse prosessforårsakede byggskadene har sitt opphav i forberedelser og i prosjektering, begynner man å ane hvor viktig det er å øke arkitektens bevissthet om byggskader.⁷³

Josephson og Hammarlund (1998) har studert kostnader ved byggskader, og kom frem til at de mest kostbare byggskadene har sitt opphav i mangelfull design og administrering av produksjonen. Ifølge Josephson står arkitekten for bortimot halvparten av skadekostnadene.⁷⁴

66. Edvardsen, K. I., Ramstad, T. Ø., & Haug, T. (2010). *Trehus* (Vol. 53). Oslo: Sintef byggforsk.

67. Harris, S. Y. (2001). *Building pathology: deterioration, diagnostics, and intervention*. New York: Wiley.

68. *Building pathology: A state-of-the-art Report*. (1993). (Vol. 155). Rotterdam: The Council.

69. Watt, D. S. (1999). *Building pathology: principles and practice*. Oxford: Blackwell Science.

70. Kvande, T., & Lisø, K. R. (2006).

71. Ibid

72. Douglas, J., & Ransom, B. (2007).

73. Ingvaldsen, T. (2001a). *Skader på bygg: grunnlag for systematisk måling* (Vol. 308-2001). Oslo: Norges byggforskingsinstitutt.

74. Josephson & Hammarlund (1999).

1.3.11. Drivkrefter og designforårsakede byggskader

Drivkrefter ble tidligere definert som fenomener som påvirker hendelsesforløpet i en byggeprosess. Drivkrefter er ytre drivkrefter, prosjektdrivkrefter og aktørdrivkrefter. Designforårsakede byggskader ble definert som en underkategori av prosessforårsakede byggskader, men det er byggskade som er forårsaket av et arbeid som en beslutningstaker og/eller en designer har utført eller unnlatt å utføre. Men hvilke drivkrefter er det som forårsaker at et designarbeid fører til byggskader? Ingvaldsen (2001) har påpekt at det mangler studier av sammenhengen mellom psykologiske drivkrefter og byggskader.⁷⁵ Men hvilke psykologiske drivkrefter kan påvirke adferd hos folk som igjen fører til at byggskader oppstår?

Ved siden av trangen til å dekke de primære behov, er det ifølge Lem (1996) tre drivkrefter som påvirker den menneskelige adferden; egoisme, altruisme (godhet) og ansvarsfølelse.⁷⁶ Den rådende drivkraften er egoismen, og den er underlagt tre typer begrensninger; lovmessige begrensninger, ressursmessige begrensninger og moralske begrensninger. Alle disse begrensningene er til stede i et byggprosjekt. De lovmessige begrensningene er en del av det som her kalles ytre drivkrefter. De ressursmessige begrensningene er en del av prosjektdrivkreftene og de moralske begrensningene inngår i aktørdrivkreftene. Ifølge Lem (1996) bør man spesielt være på utkikk etter drivkrefter som kan kobles til egoisme.

Tidligere i denne teksten har Alberti (1986) påpekt at årsaken til menneskeskapt byggskader er uvitenhet, uaktsomhet og menneskelig hærverk.⁷⁷ Kaminetzky (1991) er inne på samme årsaksforklaring og sier:

There are three basic types of human error:

1. Errors of knowledge (ignorance).
2. Errors of performance (carelessness and negligence).
3. Errors of intent (greed).⁷⁸

I følge Kaminetzky (1991) er det lite som kan gjøres for å forhindre likegyldighet, uaktsomhet og grådighet. Det er noe en må regne med kan oppstå i svært mange byggeprosjekter i alle kulturer. De best kjente midler mot slike fenomener er godt utviklede regelverk og tilsynsordninger. Derimot kan det gjøres en hel del for å forhindre uvitenhet, blant annet å øke bevisstheten om tekniske problemer gjennom målrettet utdanning og trening som fokuserer på byggskadeproblemer.

75. Ingvaldsen, T. (2001a).

76. Lem, J. (1996). Verden hvorhen? Oslo: Aquarius forl.

77. Årsaken til de menneskeskapt byggskadene var ifølge Alberti; uvitenhet, uaktsomhet og menneskelig hærverk men også uforutsette ulykker. Se Alberti, Leon Battista (1986). Bok 10, kapittel 16, side 237 - 238.

78. Kaminetzky, D. (1991). Design and construction failures: lessons from forensic investigations. New York: McGraw-Hill.

Hvorfor skårer uvitenhet så høyt som årsak til byggskader og hva er det egentlig? Bak uvitenhet kan det ligge enten bevisste eller ubevisste handlinger, men også egeninteresser.

En som har analysert drivkreftene i arkitektfaget er Niels Prak (1984) i boken; *Architects: the Noted and Ignored*.⁷⁹ I følge Praks analyse kan arkitekter grupperes rundt en akse som består av få berømte ”avantgarde” arkitekter på den ene siden og mange ukjente ”jordnære” og praktiske arkitekter – ingeniører – på den andre siden. Flesteparten arkitekter befinner seg midt i mellom disse ytterpunktene. Den viktigste drivkraften i arkitektfaget er ønsket om å bli lagt merke til og da som kreativ kunstner. Grunnen til dette er at det å bli oppfattet som kunstner gir høy status blant kolleger og i samfunnet forøvrig. Denne mekanismen holdes gående av seg selv og gjennom arkitektskolene, kultureliten og media. Det ser ut til å spille liten rolle om bygningene som er designet av arkitekter som er blitt lagt merke til er plaget av tekniske feil og mangler. I den motsatte enden er de mange praktiske designere, der belønningen for egen innsats først og fremst er økonomisk utbytte. Det ser ut som det å designe funksjonelle bygg uten byggskader ikke gir spesiell status i arkitektfaget. Disse fenomenene undersøkes nærmere i kapittel 5.4., under overskriften ”All god arkitektur lekker”.

Flyvbjerg, Bruzelius og Rothengatter (2003), som har studert risiko i store bygg- og anleggsprosjekter, har en del synspunkter på psykologiske drivkrefter.⁸⁰ I mange byggeprosjekter preges forholdene av maktkamp og personlige ambisjoner. En annen som har studert psykologiske drivkrefter er den amerikanske psykologen Daniel Kahneman, som påstår at en viktig drivkraft er tendensen til å overvurdere gevinst og undervurdere risiko. Dette fenomenet kaller han ”overdreven optimisme”.⁸¹ Flyvbjerg (2003b)⁸² påpeker i tillegg mørkere drivkrefter, der det bevisst bløffes med lave kostnadstall i tidlige faser for å få store og komplekse prosjekter godkjent.⁸³

Nært tilknyttet det å overvurdere gevinst, som Kahneman kaller overdreven optimisme, er det å ha høye tanker om seg selv eller sine idéer, ofte kalt profesjonell arroganse. Eksempler på slik arroganse kjenner man fra litteraturen hos rollefigurer som Howard Roark (Rand 1943), omtalt foran. Det er allment kjent i arkitektfaget at forbildet for arkitekthelten Roark skal ha vært den egosentriske Frank Lloyd

79. Prak, N. L. (1984). *Architects: the noted and the ignored*. Chichester: Wiley.

80. Flyvbjerg, B., Bruzelius, N., & Rothengatter, W. (2003). *Megaprojects and risk: an anatomy of ambition*. Cambridge: Cambridge University Press.

81. Kahneman, D., & Lovallo, D. (2003). Response to Bent Flyvbjerg. *Harvard Business Review*, s. 122.

82. Flyvbjerg, B. (2003b). Delusions of success: comment on Dan Lovallo and Daniel Kahneman. *Harvard Business Review*, s. 121-122.

83. Flyvbjerg, B. (2005). Design by deception: The politics of megaproject approval. *Harvard Design Magazine*(22), s. 50-59.

Wright.⁸⁴ I analysen av Fallingwater i kapittel 7.2. stiger det i hvert fall frem en egosentrisk, arrogant og risikosøkende arkitekt, som i stor utstrekning er opptatt av å lage visuelt fengende objekter som kan havne i media og pryde forsiden på arkitekttidsskriftene. En konsekvens av dette er en arkitekt som er likegyldig overfor byggetekniske problemer. For sin arkitektur ble Wright verdensberømt, blant annet gjennom Fallingwater. Men Wright var også rammet av det Huxtable (2004) kaller ”divine retribution for artistic hubris”.⁸⁵

La oss stoppe litt ved begrepet hybris, som i følge leksikonet er når et menneske på en eller annen måte hever seg over menneskelige mål med hovmod. Slik oppførsel er i følge klassisk gresk tankegang hybris og rammes av gudenes hevn, nemesis. Nemesis er i følge gresk mytologi guddommelig strengt overfor mennesker som forsøker å handle utover menneskelige mål. I gresk mytologi er dette fenomenet personliggjort som en straffende gudinne.

I litteratur om organisasjonsledelse er hybris-begrepet i økende grad blitt brukt til å analysere adferd, der stor risiko tas med usikker gevinst. Ifølge Hayward m.fl. (2006) er årsaken til hybris, hovmod i troen på egen kunnskap, hovmod i troen på egne evner til å forutse og hovmod i troen på egne ferdigheter.⁸⁶ Aktører med stor selvillit har en tendens til å undervurdere vanskeligheter og overvurdere egne evner til å løse problemer. Slik adferd finnes også i arkitektfaget.

Det motsatte av denne arrogante adferden hybris-begrepet omfatter er aktsomhet og en forsiktig innstilling. Ved design av brokonstruksjoner verdsettes slike egenskaper, der sikkerhet er sentralt i arbeidet for å oppnå suksess. Petroski (1994) beskriver slike faglige holdninger der verdensberømte broer utformes. En viktig drivkraft i slikt arbeid, i følge Petroski, er redselen for feil og mangler som brukes bevisst som et kvalitetssikringsverktøy.⁸⁷ Følgende sitat beskriver den faglige innstillingen:

I look at everything and try to imagine disaster. I am always scared. Imagination and fear are among the best engineering tools for preventing tragedy.⁸⁸

I følge Petroski (1994) er det uunngåelig at designfeil oppstår. Ofte kan designfeilen ligge i kompliserte og implisitte forhold som er vanskelig å oppdage. De alvorligste feilene, og de som koster mest penger, er idéer som er dårlige fra starten. De kan bare

84. Sully, N. (2009). Modern Architecture and Complaints about the Weather, or, ‘Dear Monsieur Le Corbusier, It is still raining in our garage...’. *M/C Journal*, 12(4).

85. Huxtable, A. L. (2004). Frank Lloyd Wright. New York: Lipper/Viking. Se side 60.

86. Hayward, M. L. A., Shepherd, A., & Griffin, D. (2006). A hubris theory of entrepreneurship. *Management Science*, 52(2), s. 160 – 172.

87. Petroski, H. (1994). *Design paradigms: case histories of error and judgment in engineering*. Cambridge: Cambridge University Press.

88. Petroski (1994), se side 3.

forebygges med faglig selvkritikk fra en godt utdannet og intelligent designer.

En referanse som direkte rører ved sammenhengen mellom design og byggskader er Houghton-Evans (2005), som påpeker viktigheten av å se formgivning i sin helhet og i sammenheng med detaljløsninger.⁸⁹ Houghton-Evans påpeker at en liten og tilsynelatende uskyldig detalj kan bli til et stort og farlig problem. I arbeidet med detaljene er det viktig å ta høyde for den potensielle påkjenningen fra naturkreftene som former, materialer og detaljer kan bli utsatt for. Noe av årsaken til byggskader er ifølge Houghton-Evans (2005) arbeidsvaner på arkitektkontorene; formgivning blir tatt hånd om av mesteren, mens noviser blir satt til å designe kompliserte detaljer i en klimaskjerm som han eller hun ikke har kunnskap til å utføre.⁹⁰ Arbeidsvaner på et arkitektkontor faller under aktørdrivkreftene.⁹¹ Da kan Mies van der Rohes berømte læresetning ”God is in the detail” bli det motsatte når djevelen sniker seg inn i detaljen og blir til en ødeleggende byggskade.

Innovativ design er problematisk i følge Douglas (2007), som påpeker at 58 % av alle byggefeil stammer fra mangelfull design.⁹² Risikoen og kostnadene ved byggskadene øker i takt med innovasjonsnivået. Et fenomen som aktiveres i slike prosesser er at praktisk og teknisk kunnskap om byggskader tilsidesettes, til fordel for andre hensyn med større gjennomslagskraft, slik sitatet indikerer:

Too often within the innovatory decision-making process the views of those with a mature knowledge of building performance have carried less weight than those pursuing technical change.⁹³

Ut fra referansen over påstås det at innovativ design øker risikoen for byggskader. Årsaken ligger i at pådrivere for det innovative designet, som ofte sitter inne med kunstnerisk og/eller teknisk overbevisning, har en tendens til å overkjøre de krefter som stiller seg kritiske til hans eller hennes kreative idéer.⁹⁴

1.3.12. Designforårsakede byggskader

En som spesifikt har tatt opp designforårsakede byggskader i modernistisk arkitektur er Ochshorn (2006), som påpeker at problemet delvis ligger i at arkitekten ikke lenger sitter inne med det fulle ansvaret for designet av klimaskjermen, inklusiv full

89. Houghton-Evans, R. W. (2005). *Well built?: a forensic approach to the prevention, diagnosis and cure of building defects*. London: Riba Enterprises.

90. Houghton-Evans (2005), se side 46.

91. Se definisjon i kapittel 1.2. foran.

92. I samsvar med Ingvaldsen (2001a) som opererer med 60 %.

93. Douglas (2007), se side 268.

94. Dette har forfatteren erfart flere ganger. Her dras frem designarbeid i 2007 der arkitekten (kunstneren) på kontoret og den som sto ansvarlig for den kreative formgivningen ikke hørte på praktiske innvendinger som var ment til å forebygge byggskader, begrunnet med at det ville bli stygt og ødelegge formen.

kontroll av detaljeringen.⁹⁵ I tillegg er designet av klimaskjermen blitt så komplisert at det trengs bistand fra andre eksperter. Dette er en utvikling som har foregått over tid. En bekreftelse på at arkitekten har mistet denne delen av kontrollen over de viktige detaljene stammer fra Burke og Yverås (2009), som påpeker at i Sverige har arkitekter ikke lenger ansvaret for design av detaljer i klimaskjermen, noe som er blitt overtatt av byggeteknikere.⁹⁶ Til tross for dette forekommer byggskader i like stor grad i svensk byggeindustri som i de øvrige nordiske landene, der arkitekten fortsatt har større kontroll over detaljeringen av klimaskjermen.

I følge Ochshorn (2006) er problemets opphav at arkitekten ga fra seg det tekniske ansvaret i byggesaken til fordel for estetisk fridom. Dette var en slags byttehandel som den modernistiske arkitekten gjorde ganske tidlig, og er delvis blitt drøftet i dette kapitlet i samband med Le Corbusiers påstander om at arkitektur først og fremst var kunst som burde vurderes og bedømmes ut fra kunstneriske verdier. En viktig konsekvens av dette er at arkitekten har mistet muligheten og motivasjonen til å lære av utført byggeteknikk, inklusive byggskader.

Et annet problem Ochshorn (2006) påpeker er det at designet av klimaskjermen har blitt ganske komplisert, blant annet på grunn av funksjons- og kunnskapsoppspalting. Medvirkende drivkraft er også økende krav til energieffektivitet, men det kan igjen øke faren for byggskader i følge Burke (2009).⁹⁷ Denne utviklingen som Ochshorn beskriver har foregått over tid, og er en del av det modernistiske kunnskapsparadigmet, der tendensen til oppspalting og funksjonsoppdeling fører til mangel på helhetssyn. Ochshorn (2006) foreslår som en løsning på dette problemet at det blir opprettet godkjennings- og utdanningsordninger for formgivere som ønsker å spesialisere seg i prosjektering av klimaskjerner,

1.3.13. Byggskader og konservering av modernistisk arkitektur

I det siste har det blitt samlet inn en del kunnskap om byggetekniske problemer i modernistisk arkitektur. En god del data er samlet hos den internasjonale foreningen DOCOMOMO, som arbeider med dokumentering, og konservering av modernistisk arkitektur.⁹⁸

Et gjennomgående problem i den modernistiske arkitekturen, som er blitt bedre de

95. Ochshorn, J. (2008). Designing Building Failures. Proceedings of the 2006 Building Technology Educators' Symposium: August 3-5, 2006, University of Maryland, School of Architecture Planning and Preservation: The Building Technology Educator's Society.

96. Burke, S., & Yverås, V. (2009). A Swedish perspective on the prevention of moisture problems during the building's design phase. *Nordic journal of surveying and real estate research*, 1(1).

97. Burke, S. (2009). Building Physics Tools: Needs, Use and the Lack of Use in the Building Process. Modelling Non-Isothermal Moisture Flow and Frost Penetration. Doctoral Thesis Doctoral Thesis, Lund University, Lund.

98. Docomomo (2011). Docomomo International. Hentet 16. august 2011, fra; www.docomomo.com

senere årene, er at den ikke har tålt tidens tann særlig bra.⁹⁹ Problemene er knyttet til nye materialer og detaljer, som ikke er robuste i forhold til klimapåkjønning over tid. Ross (1997), som har studert byggetekniske problemer i den innovative modernistiske arkitekturen, drar frem tre typer problemer; feil og mangler i klimaskjermen, innemiljøproblemer og fukttransport.¹⁰⁰ Etterhvert har det blitt publisert mer om tekniske problemer i den modernistiske arkitekturen. Eksempler på aktuelle nordiske referanser er Dahl og Wedebrunn (2000), som beskriver modernistisk byggestil og byggeteknikk og retningslinjer for konservering.¹⁰¹ Problemene er ofte knyttet til bruk av nye materialer som betong, stål og glass. En høyst aktuell referanse om problemer i modernistiske bygninger er Macdonald (2003); *Concrete: Building Pathology*, som beskriver byggskader i betongkonstruksjoner.¹⁰² Klima- og bygningsfysiske problemer beskrives av Tomlow (2006).¹⁰³

Nye publikasjoner beskriver konservering og utbedring av byggskader i innovativ modernistisk arkitektur. En slik er Jerome, Weiss og Ephron (2006), som drøfter problemer i forbindelse med utbedring av Fallingwater. En annen interessant referanse som beskriver flere eksempler, er Normandin, Kindred, Macdonald og Pearce (2007).¹⁰⁴

For tidlig aldring og utseendemessige skavanker er et gjennomgående problem i moderne arkitektur. Allen (2007) har en treffende kommentar om dette når han sier:

Unlike many historic buildings modern architecture generally needs to look new in order to look good.¹⁰⁵

Et annet problem som de som driver med konservering og reparering er av modernistisk arkitektur står overfor, er at det koster mye mer å utføre en autentisk konservering av en modernistisk bygning fra 1940-tallet enn et 200 år eldre bygg fra 1700-tallet.¹⁰⁶ Grunnen ligger i den spesielle teknikken, byggekomponentene og hvor vanskelig det er å utbedre byggskadene når en skal bevare et autentisk utseende.

99. Macdonald, S. (1996). *Modern matters: principles and practice in conserving recent architecture*. Shaftesbury: Donhead.

100. Ross, P. (1997). The relationship between building structure and architectural expression, implications for conservation and refurbishment. In M. Stratton (Ed.), *Structure and Style, Conserving 20.th Century Buildings*, . London: E & FN Spon.

101. Dahl, T., & Wedebrunn, O. (2000). *Modernismens bygninger: anvendt teknologi*. København: Miljø- og Energiministeriet, Skov- og Naturstyrelsen.

102. Macdonald, S. (2003). *Concrete: building pathology*. Oxford: Blackwell Science.

103. Tomlow, Jos (redaktør). (2006). *Climates and Building Physics in the Modern Movement*. Proceeding of the 9th International DOCOMOMO. Görlitz: University of Applied Sciences Zittau.

104. Normandin, K. C., Kindred, B., Macdonald, S., & Pearce, J. (2007). *Conservation of modern architecture*. Shaftesbury: Donhead.

105. Allan, J. (2007). Points of Balance-Patterns of Practice in the Conservation of Modern Architecture. *Journal of Architectural Conservation*, 13(2), s.13-46.

106. Se Macdonald, S. (1996).

1.4. Forskningsspørsmålet

Problemet som skal studeres er identifisert og avgrenset i to begreper; innovativ modernistisk arkitektur og designforårsakede byggskader. Retningsgivende er påstanden ”all god arkitektur lekker”. Her har god arkitektur spesifikk betydning. Det er ikke den gode arkitekturen som Vitruvius definerer med hjelp av begrepene Firmitatis, Utilitatis og Venustatis. Nei, dette er den modernistiske arkitekturen, som ble til på 1920-tallet, som brøt med den tradisjonelle arkitekturen i formgivning, materialbruk og metode, og som siden har vært den retningsgivende byggestilen i den vestlige verden.¹⁰⁷

Det som karakteriserer modernistisk arkitektur (modernismen) – av Gunnarsjaa (1999) kalt en epoke med flere underkategorier – er boksformede hus med flate tak, men også vridde og skjeve former bygget av betong, glass og stål, der materialbruk og formgivning gjøres i henhold til det omtalte ærlighetsprinsippet. I følge Millais (2009) brukes begrepet modernistisk arkitektur om bygninger designet av arkitekter som definerer seg som en del av den modernistiske bevegelsen.¹⁰⁸ Dette betyr at defineringen er normativ, gjort av en gruppe og ut fra et felles verdisystem.

Begrepet innovativ brukes til å rette fokuset mot et sentralt element i den modernistiske designstrategien; kravet om kontinuerlig fornying av den modernistiske arkitekturen. Dette kravet ble satt fram av ledende arkitekter og kunstnere slik som Le Corbusier, som talte varmt for en innovativ arkitektur og at arkitektur er kunst. Et av hans viktigste argumenter var at det moderne samfunnet trengte innovativ og fremtidsrettet arkitektur.¹⁰⁹ Som allerede nevnt (Douglas 2007), øker kravet om innovasjon risikoen for byggskader.

Et annet argument som taler for fokuset i denne forskningen er den sentrale rollen den innovative modernistiske arkitekturen har spilt i arkitekturundervisningen og i arkitekturpraksisen. Her påpekes det at det modernistiske designideologien har vært rådende i undervisningen på alle ledende arkitektskoler i den vestlige verden siden annen verdenskrig.

Gjennomgangen av eksisterende kunnskap har vist at den modernistiske arkitekturen er plaget av funksjonelle og tekniske problemer. Dette er problemer i klimaskjermen, fukttransport og innemiljøproblemer (Ross 1997), som forårsaker de fleste byggskader. Men størsteparten av problemene er fuktrelaterte byggskader. I Norge

107. Med dette menes den del av verden forfatteren kjenner til, som er Europa og USA.

108. Millais, M. (2009). *Exploding the myths of modern architecture*. London: Frances Lincoln.

109. En sentral tekst som beskriver denne innstillingen er Le Corbusier (1924), *Toward an Architecture*. Kravet om innovasjon har blitt holdt i live senere av avantgarde-arkitekter som Peter Eisenman, Daniel Libeskind, Frank Gehry og andre som først og fremst ser på seg selv som kunstnere som har rollen å skulle endre folks forestillinger om hva arkitektur er.

stammer 76 % av alle byggskader fra fukt, men noe mindre i England. Om kring 60 % av de prosessforårsakede byggskadene i Norge stammer fra designfasen, og Lisø (2006) føyer til at 66 % av de samme skadene er knyttet til klimaskjermen. Dette innebærer at økt kunnskap om designforårsakede byggskader i klimaskjermen kan ha stor nytte i det forestående arbeidet med å øke byggkvaliteten på nybygg.

I begynnelsen ble følgende hovedspørsmål presentert:

- Hva er hovedårsaken til de designforårsakede byggskadene i eksemplene på innovativ modernistisk arkitektur som er studert i forskningsprosjektet?

Videre avgrensning blir gjort ved hjelp av delspørsmål underlagt hovedspørsmålet, der en viktig del av problemstillingen blir presisert.

Det første delspørsmålet rettes mot en sentral ytre faktor; det lokale klimaet.

- Hva slags påvirkning utøver den lokale klimapåkjenningen på starten av byggskadene i eksemplene på innovativ modernistisk arkitektur som inngår i denne avhandlingen?

Med klimapåkjenning menes vind, regn, snø, temperaturvariasjoner, luftfuktighet og solstråling inklusiv UV-stråling, som påvirker en bygnings ytterflater.¹¹⁰ Tidligere forskning (Lisø 2006, Douglas 2007) har påpekt lekkasjer og andre klimarelaterte byggskader som det største bygningsfysiske problemområdet. Det anses derfor viktig å kartlegge den lokale klimapåkjenningen og studere hvordan byggskader opptrer i forhold til lokale omstendigheter. Data fra slike studier skal brukes til sammenligninger mellom de ulike eksempelstudiene og kartlegging av sammenhengen mellom klimapåkjenning og utforming.

Det har kommet frem at kartlegging av de drivkreftene som medvirker til utviklingen av de designforårsakede byggskadene står sentralt i dette arbeidet. Drivkrefter ble tidligere i teksten definert som fenomener som påvirker hendelsesforløp i en byggeprosess. Med støtte i Lawson (1997)¹¹¹ og Gray og Hughes (2001)¹¹² har disse drivkreftene blitt kategorisert i tre grupper; ytre drivkrefter, prosjektdrivkrefter og aktørdrivkrefter. Kort fortalt defineres ytre drivkrefter som rammeverk og spilleregler, prosjektdrivkrefter som forutsetninger i form av kravspesifikasjoner, tids- og kostnadsrammer og aktørdrivkrefter som faglige holdninger og personlige og psykologiske motiver.

Forskningsfokuset er avgrenset til prosjektdrivkreftene og aktørdrivkreftene. Det er

110. Se definering i kapittel 1.2.

111. Lawson, B. (1990). *How designers think*. Oxford: Butterworth Architecture.

112. Gray, C., & Hughes, W. (2001). *Building design management*. Oxford: Butterworth-Heinemann.

ikke planen å studere de ytre drivkreftene spesielt.¹¹³ Begrunnelsen er at det finnes en del studier av forholdet mellom offentlige lover og forskrifter og byggkvalitet. En aktuell referanse er Horjen (2001), som skrev en avhandling om endringer av den norske plan- og bygningsloven.¹¹⁴ En annen referanse som omhandler ytre drivkrefter er Jarkø (2004), som skriver om lovverket i de ulike nordiske landene.¹¹⁵

Prosjektdrivkreftene er spesifikke funksjonskrav, krav om størrelser, teknikk og utseende. Disse drivkreftene blir vanligvis gjort eksplisitte i form av skriftlige og muntlige kravspesifikasjoner. En del av de eksplisitte drivkreftene er kostnads- og tidsrammer, gjennomføringsmodeller, ledelsesprinsipper og kommunikasjonsprinsipper, som uttrykkes blant annet i skriftlige planer. En interessant problemstilling og en velkjent påstand som kommer fra mange aktører, er at mange problemer og byggskader som oppstår i et byggeprosjekt, stammer fra valg av gjennomføringsmodell, tidspress og de økonomiske rammene som er satt i forkant av et byggeprosjekt.¹¹⁶ Haugestads (1997) argument om sammenhengen mellom økonomiske rammer og byggskader faller under denne kategorien. Analyse av byggeprosesser kan avdekke hvilken innvirkning slike eksplisitte forhold har på tilblivelsen av byggskader. Ut fra argumentene foran komponeres følgende delspørsmål:

- Hva slags påvirkning har prosjektdrivkreftene på tilblivelsen av byggskadene i de enkelte eksemplene på innovativ modernistisk arkitektur som inngår i denne avhandlingen?

Med aktørdrivkreftene menes ledelses- og maktforhold i et byggeprosjekt, men også idéer som favner om teknologisk og kunstnerisk kreativitet, personlige ambisjoner, andre skjulte motiver og arbeidsvaner, som direkte eller indirekte kan påvirke hvordan et bygg blir designet og bygget. Av interesse er også prioriteringer under prosjekteringen. Under denne delen faller kunnskap og kompetanse og arbeidsvaner knyttet til enkelte aktører eller firmaer. Disse forholdene kan kalles paradigmer eller rammer som de enkelte aktørene arbeider etter. Det er en viss overlapping mellom aktørdrivkrefter og begrepet modernistisk designideologi. Disse rammene kommer sjelden direkte til uttrykk og faller derfor under det som i kunnskapsteorien kalles taus kunnskap, her kalt implisitte drivkrefter. I dette prosjektet er det spesielt fokus på de implisitte drivkreftene, ettersom det har kommet frem at det er et stort hull i kunnskapen om hvilke innvirkninger disse har på utviklingen av byggskader. I tillegg

113. Det bør bemerkes at i eksempelstudiene kommer det frem en del informasjon om de ytre drivkreftene i form av offentlig kontroll og hva den har å si for den endelige byggkvaliteten.

114. Horjen, F. (2001). PBL-97 i et huseierperspektiv: hvordan bedre dialogen mellom berørte parter og lovgiver i plan- og bygningslovprosessen? 2001:77, NTH., Trondheim.

115. Jarkø, S. (2004). Bygningslov for bedre bygg?: sammenligning av bygningslovgivningen i Norden (Vol. 2004:526). København: Nordisk Ministerråd.

116. Ramsdal, R. M., I. (2007). Anbudskrig gir dårlig innneklima. Aftenposten.

blir det fokusert på forhold som uttrykker relasjonen mellom innovasjon/kreativitet og byggskader. Retningsgivende i arbeidet med å kartlegge aktørdrivkreftene er en aforisme hentet fra Frank Lloyd Wright:

If the roof doesn't leak, the architect hasn't been creative enough, That's how you can tell it's a roof.¹¹⁷

Ut fra argumentene foran formuleres følgende delspørsmål:

- Hva slags påvirkning har aktørdrivkreftene på årsaken til byggskadene i de enkelte eksemplene på innovativ modernistisk arkitektur som inngår i denne avhandlingen?

Det neste delspørsmålet fokuserer på om årsakene til de designforårsakede byggskadene er å finne i designideologien som den modernistiske arkitekturen er bygget på. Man har allerede fått vite at kjernen i ideologien er innovasjon og eksperimentering med former og materialer. Dette medfører eksperimentering, som i følge Douglas (2007) øker faren for byggskader. Denne risikosøkende innstillingen, som ligger innebygget i den modernistiske designideologien og som arkitekter oppfordres til å følge, står i sterk kontrast til de normer som ingeniører følger (Petroski 1994), der varsomhet og sikkerhet i utforming av konstruksjoner vektlegges. Prak (1984) drar frem en viktig drivkraft i arkitektfaget og en sentral del av ideologiene, hvilket er behovet for å bli lagt merke til – eller bli berømt, som man sier –, som atter fører til utfordrende formgivning, som blir lagt merke til i arkitekttidsskriftene, beundres av andre kolleger og belønnes med priser. Viktig ledd i det å spre budskapet og holde det ved like i den vedtatte ideologien foregår gjennom fagets institusjoner; arkitektskolene, fagpressen og prisutdelinger. På grunnlag av disse argumentene ble følgende delspørsmål formulert:

- Hva slags påvirkning har den modernistiske designideologien på årsaken til byggskadene i de enkelte eksemplene på innovativ modernistisk arkitektur som inngår i denne avhandlingen?

En del av den modernistiske designideologien er en bestemt innstilling til formgivning og bruk av materialer. Her er det avgrenset til boksformede hus med flate tak, og vridde og skjeve former, bygget av betong, glass og stål. En viktig del av dette er materialbruk og formgivning som gjøres i henhold til det omtalte ærlighetsprinsippet. Når denne ideologien følges, blir konsekvensen glatte overflater med minimalistiske detaljer som svært ofte mangler de nødvendige klimabeskyttende elementene. Ut fra dette formuleres det siste delspørsmålet, som er:

117. Donohue, J. (1989). Fixing Fallingwater's Flaws, The leaks and deteriorating concrete. Architecture (Technology & Practice).

- Hvilken påvirkning har utformingen av detaljer i klimaskjermen på årsaken til byggskader i de enkelte eksemplene på innovativ modernistisk arkitektur som inngår i denne avhandlingen?

Dette spørsmålet bygger på funn i pilotprosjektet som påpeker at det muligens er en sammenheng mellom det estetiske uttrykket som arkitekten velger og konsekvensen i form av byggskader i klimaskjermen.

1.5. Avsluttende kommentarer

For å oppsummere forskningsfokuset presenteres her en skjemategning i fig. 1.16., som illustrerer hovedspørsmålene og delspørsmålene. Figuren ved hvert delspørsmål er tenkt som forbindelsesledd til den utdypende drøftelsen, som er å finne i teorikapitlene. Denne illustrasjonen brukes senere i avhandlingen, blant annet i kapittel 8, der konklusjonen av forskningsarbeidet oppsummeres i forhold til problemstillingen.

Avhandlingen er bygget opp som en logisk fortsettelse av det som er blitt introdusert i dette kapittelet. Første ledd i en slik drøftelse er beskrivelse av forskningsstrategien som gjøres i kapittel 2. Forskningsstrategien er en spesielt utviklet variant av kvalitative eksempelstudier.

Avgrensning og identifisering av forskningsfeltet gjøres i kapittel 3, under tittelen ”Innovativ modernistisk arkitektur”. Der eksemplifiseres og beskrives – gjennom sentrale teoretiske referanser – den innovative modernistiske arkitekturen og den designideologien som den bygger på.

Kapittel 4 handler om klimapåkjenning og design, og er tenkt som en teoretisk utdypning av det første delspørsmålet. Kapitlet er tenkt som et teoretisk bakteppe

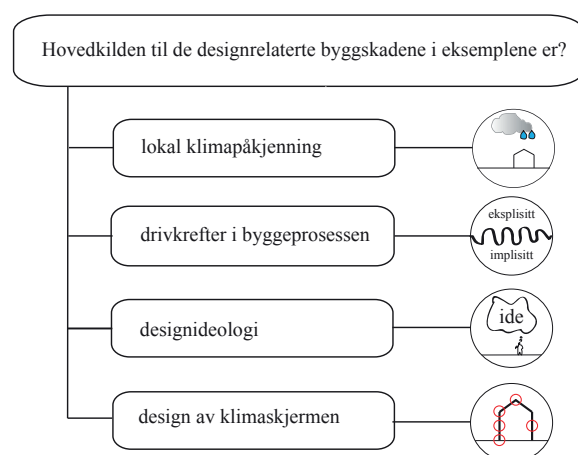


Fig. 1.16.

Diagram som viser forenklet fremstilling av problemstillinger og de underspørsmål som skal utforskes i eksempelstudiene.

for analysen av lokal klimapåkjønning og klimarobust design, som drøftes i eksempelstudiene.

Drivkrefter i en byggeprosess beskrives i kapittel 5. Her drøftes teorier om byggeprosessen, aktørene og de eksplisitte og implisitte drivkreftene.

I det sjette kapitlet utdypes teoretisk kunnskap om byggskader, som også er tenkt som en overgang til eksempelstudiene.

Eksempelstudiene beskrives i kapittel 7. Her presenteres fire eksempelstudier, som starter med et byggeprosjekt i USA fra 1940-tallet, to byggeprosjekter i Trondheim fra 1970- og 1990-tallet og et byggeprosjekt fra Reykjavik fra begynnelsen av det 21. århundre. Disse eksempelstudiene er en del av en større eksempeldatabank som er blitt bygget opp under forskningsarbeidet. Databanken inneholder i dag 72 eksempler på innovative modernistiske byggeprosjekter fra hele verden, som har det til felles å være plaget av byggskader. Kapitlet avsluttes med en oppsummerende konklusjon.

I kapittel 8 drøftes resultatet av forskningsarbeidet. Funn fra de fire eksempelstudiene sammenlignes, og det legges frem anbefalinger om tiltak for å minimalisere omfanget av designforårsakede byggskader i nye byggeprosjekter.

Avhandlingen avsluttes med en litteraturliste og en liste over illustrasjoner.

Dristige detaljer

2. Forskningsmetode

I dette kapitlet blir forskningsstrategien drøftet. Den er en spesielt designet utgave av kvalitative eksempelstudier utviklet for å studere designforårsakede byggskader i innovativ modernistisk arkitektur.

2.1. Innledning

Det kom frem i innledningen at forskningsprosessen startet med et pilotprosjekt der målet var å utvikle problemstilling og forskningsmetode. I pilotprosjektet ble det bestemt, i samråd med veiledere, å anvende kvalitativ metode og studere konkrete eksempler av modernistisk arkitektur med byggskader.

I begynnelsen fant forfatteren få vitenskapelige referanser og forskningsprosjekter som handlet om designforårsakede byggskader i ny arkitektur, og som kunne brukes som forbilde for utforming av en forskningsstrategi. Det kom også frem at innen forskningsmiljøet var det ulike synspunkter på om kvantitativ eller kvalitativ forskningsmetode passet best for å studere problemer i arkitektfaget. Kvantitative metoder ble vurdert passende i utforskningen av et problem, der det eksisterte en viss forhåndskunnskap og hvor en kunne formulere presise spørsmål, som igjen kunne benyttes som datagrunnlag i statistisk analyse. Kvalitative metoder, derimot, ble vurdert som bedre egnet til å samle inn førstehånds data om et emne man hadde liten kunnskap om på forhånd.

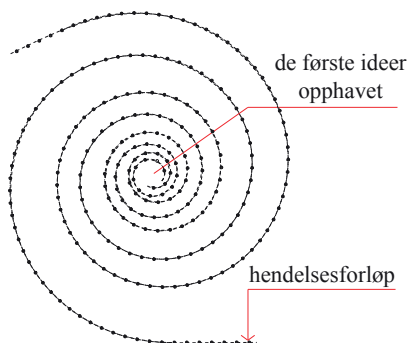


Fig. 2.1.

Den kreative prosessen tenkt som et spiralbelte av hendelser og relasjoner, der én eller flere hovedidéer danner kraftsentret og utgangspunktet for prosessen.

Resultatet av pilotprosjektet ble en rapport kalt Stjernetåkemodellen. Navnet stammet fra en idé om at det bak ethvert innovativt byggeprosjekt ligger en kreativ designprosess med et kraftsentrum i form av drivkrefter som setter prosessen i sving, likt en stjernetåke ute i universet som roterer rundt sitt kraftsenter. Stjernetåkemodellen er en metafor som ble til i forfatterens fantasi. Metaforen tok utgangspunkt i at designprosessen er et såkalt "soft eller komplekst system", dvs. et system eller en prosess med mange elementer og store mengder interrelasjoner.¹ I fantasien fremstår prosessen som et dynamisk spiralbelte av

1. Khisty, C. J., & Mohammadi, J. (2001). *Fundamentals of systems engineering: with economics, probability, and statistics*. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall. Se side 422 - 446.

hendelser og relasjoner dem imellom, som roterer rundt et kraftsenter. Prosessen er bygget opp av drivkrefter som fig. 2.1. illustrerer.

2.2. Utviklingen av kvalitative eksempelstudier

På grunnlag av og ved hjelp av tankegodset fra pilotprosjektet ble det bestemt – i samråd med veileder – å starte den egentlige datainnsamlingen og utforskningen. Ut fra dette grunnlaget ble det utviklet konkrete forskningsspørsmål og forskningsmetoder som passet til problemstillingen. Metoden som skulle anvendes bygget på kvalitative eksempelstudier. Dette ble gjort blant annet fordi erfaringen med bruk av kvalitative eksempelstudier i pilotprosjektet var god. Denne metoden hadde også vist seg å fange opp sentrale problemstillinger som forfatteren ønsket å drøfte, deriblant relasjonen mellom klima, design og byggskader.

Forskningskonseptet gikk ut på å kartlegge hendelsesforløpet i én eller flere byggeprosesser bakover i tid slik at en kunne avgrense tilblivelsen av én eller flere byggskader. En del av denne kartleggingen var å registrere hvordan klimaskjermen var designet og bygget, klimapåkjenningen på stedet og drivkreftene i byggeprosessen. Denne kartleggingen illustreres i fig. 2.2.

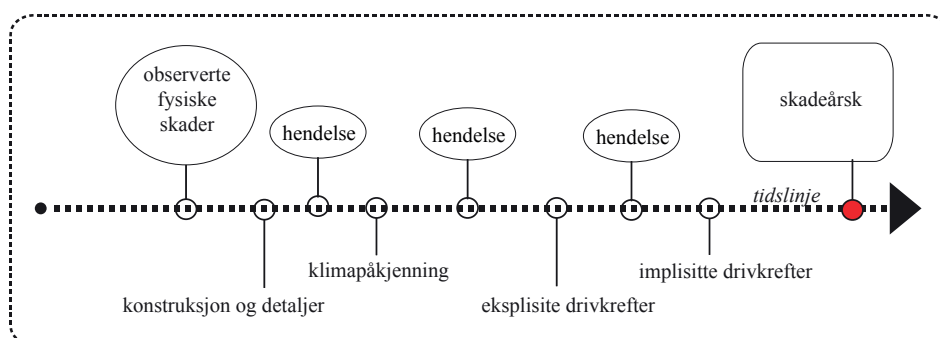


Fig. 2.2.

Illustrasjon som viser den retrospektive forskningsstrategien som starter med en observert fysisk byggskade på et ferdigbygget hus. Kartleggingen fortsetter siden med studium av hendelser i prosessen og mulige drivkrefter opp mot skadens opprinnelse.

For å få gjennomført slike undersøkelser ble det bestemt å velge ut ett eller flere konkrete byggeprosjekter med kjente byggskader. Metoden er retrospektiv i den forstand at forskeren finner en byggskade og gjennom stedsgranskning, dokumentstudier og intervjuer med involverte aktører (først og fremst arkitektene) forsøker å kartlegge hendelsesforløpet bakover i tid til omstendighetene eller tidspunktet hvor den registrerte byggskaden sannsynligvis har sin opprinnelse. Denne forskningsstrategien utelukker på ingen måte bruken av kvantitativ metode med statistisk analyse på senere stadier i forskningsprosessen.

Eksempelstudier er av flere forskere blitt beskrevet som nyttige og passende når et nytt eller ukjent forskningsfelt studeres. De omtales også som en passende metode innen et fagfelt som har en lite utviklet forskningstradisjon. Dette er nettopp tilfellet for arkitektfaget, der forskningen er relativt ung i forhold til andre beslektede disipliner. Blant dem som har argumentert sterkt for eksempelstudier er Flyvbjerg (1991), som har påpekt at eksempelstudier er godt egnet til å produsere kunnskap om planleggingsprosjekter. Slike prosjekter har mange fellestrekk med komplekse byggeprosjekter. Flyvbjerg (1991, 1993, 2001) har argumentert for at en forsker gjennom kvalitative eksempelstudier kan opparbeide innsikt og dyp forståelse av et problem som er vanskelig å definere i begynnelsen av en forskningsprosess.²

Nyttig informasjon om metoder for å utforske byggsaker kommer fra Gluch og Josephson (1999), som taler for å anvende flere metoder og bruke flere kilder, og på den måten få frem en viss metode- og/eller kildetriangulering. Ifølge Gluch og Josephson (1999) er eksempelstudier godt egnet for studier av komplekse fenomener som byggsakerproblemer er, dersom forskeren er klar over de begrensninger som metoden har. Det viktigste forbeholdet er at generaliseringer på grunnlag av data fra et begrenset antall av eksempler, er mindre troverdig enn generaliseringer gjort på grunnlag av et større utvalg av eksempler analysert med kvantitative metoder. Eksempelstudier har visse fordeler fremfor andre metoder, blant annet kvantitative spørreskjema studier. En av fordelene er at denne metoden fanger bedre opp det spesielle og enestående i hvert eksempel, som man ellers lett kan gå glipp av i kvantitativ analyse. I pilotprosjektet kom det frem at spørsmål utformet til en kvantitativ metode ikke ville fange opp essensielle forhold og hendelser i et komplekst byggeprosjekt. Det så også ut til å bli vanskelig å formulere spørsmål for en kvantitativ undersøkelse på forhånd, fordi dybdeinnsikten i problemområdet manglet. Derimot argumenterte flere – deriblant Flyvbjerg (1991) – for åpne forskningsintervjuer, som ville være en passende metode for å fange opp de komplekse og spesielle forholdene man kan finne i et eksempel.

2. Se Flyvbjerg (1991, 1993 og 2001) i litteraturlisten.

2.1.1. Triangulering

Med triangulering menes det å se på et forskningsproblem fra flere synsvinkler og/eller gjennom ulike kilder, hovedsakelig for å belyse flere sider av en sak.³ I dette prosjektet benyttes flere typer av triangulering, her avgrenset til kildetriangulering, forskningsstrategisk triangulering og teoritriangulering. Den fundamentale trianguleringen er kildetriangulering.

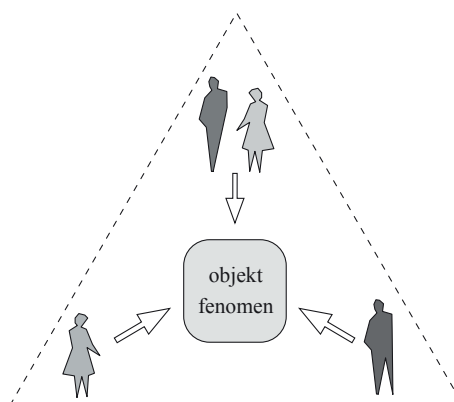


Fig. 2.3.
Triangulering der et objekt/ fenomen studeres fra ulike synsvinkler

Ifølge Yin (2003) øker kvaliteten på eksempelstudier hvis det brukes flere kilder i beskrivelsen av et eksempel og/eller et problem.⁴ Ved å samle inn data fra minst tre ulike datakilder kan kildetrianguleringen settes i gang.⁵ Illustrasjonen på siden viser prinsippet for kildetriangulering. Hensikten med å anvende denne metoden er å få frem beskrivelsen av et fenomen som bygger på ulike kilder. Her legges det opp til tre kilder; feltstudier, studier av prosjektdokumenter og intervjuer (se fig. 2.4.).

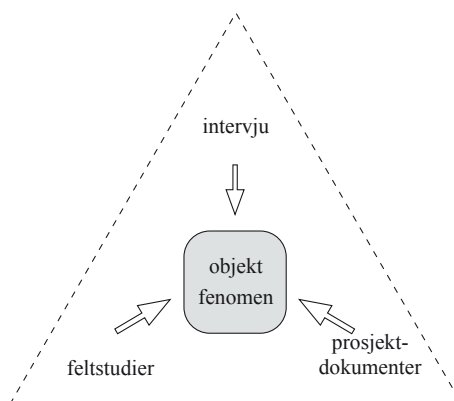


Fig. 2.4.
Kildetriangulering der et objekt/ fenomen studeres ut fra ulike kilder; feltstudier, prosjektdokumenter og strukturerte intervjuer.

Feltstudier er det når data samles inn om tilstanden på en konkret bygning og/ eller bygningsdeler slik det viser seg i den fysiske verden med observasjoner på stedet. Fotografier, videofilmer eller tilsvarende media, som beskriver konkrete fysiske fenomener og samles inn i feltstudier, defineres som objektive fakta og har større vekt enn andre data.

Prosjektdokumenter er ulike skriftlige kilder og prosjektdokumenter. Disse kan være bøker, tidsskriftsartikler, produktbeskrivelser, brev eller e-post for å nevne

3. Neuman, W. L. (2003). Social research methods: qualitative and quantitative approaches. Boston: Allyn and Bacon.
4. Yin, R. K. (2003). Case study research: design and methods. Thousand Oaks, Calif.: Sage.
5. Yin (2003), se side 97-101.

noen. Her er tegninger og designmaterialer en svært vesentlig del av materialet i undersøkelsen. Studier utført av andre forskere om en bygningstilstand faller under denne kategorien. Referanser i publiserte vitenskapelige verker, som er utført av andre forskere, har større troverdighet enn andre kilder i denne kategorien.

Intervjuer er det når data om et problem samles inn ved å utspørre en eller flere aktører. Her brukes intervjuene spesielt til å trekke frem drivkrefter og hendelsesforløp i et byggeprosjekt. Intervjuer kan være i form av svar på konkrete spørsmål, både skriftlig og muntlig. Det kan også være informasjon skaffet gjennom personlige og ustrukturerte samtaler. Datainnsamling i dette prosjektet bygger delvis på åpne forskningsintervjuer og personlige samtaler med aktører som beskriver hendelser og hendelsesforløp ut fra sitt synspunkt. Fokuset er i stor grad rettet mot arkitektenes opplevelser. Det teoretiske rammeverket for de åpne forskningsintervjuene er hentet fra Kvale (1997).⁶ Prinsippet er at et intervju blir tatt opp med digital teknikk og overført til en datamaskin, der det blir skrevet ut ordrett. Etter transkribering blir en utskrift av intervjuet sendt til intervjuobjektet sammen med det digitale opptaket til godkjenning og/eller endringer. Intervjuene blir så studert videre med kvalitative metoder eller i visse fall med kvantitative metoder. Om de personlige samtaler, som enten kan være direkte samtaler eller telefonsamtaler, gjelder det at det skrives et referat som brukes som utgangspunkt for kildehenvisningen. Hensikten med det å bruke informasjon og meningsutvekslinger fra personer er å utforme en prosessbeskrivelse og trekke frem holdninger og opplevelser i forhold til bestemte hendelser og/eller drivkrefter.

Johansson (2003), som har studert forskningsmetoder innen arkitekturforskningen, argumenterer for det å bruke forskningsstrategisk triangulering i eksempelstudier, og på den måten produsere tre ulike former for kunnskap.⁷ Hos Johansson kan forskningsstrategisk triangulering brukes til:

- Testing av godkjent kunnskap.
- Produksjon av ny kunnskap og/eller forklaringsprinsipper.
- Naturlig formidling av kunnskap ved å fortelle en historie om et eksempel, og på den måten gi leseren mulighet til å komme frem til sin egen konklusjon.

I dette forskningsprosjektet anvendes alle disse strategiene. Godkjent kunnskap om bygningspatologi, bygningsfysikk og byggskader blir testet ut i eksempelstudiene. Ny kunnskap blir produsert gjennom undersøkelse av de drivkreftene som muligens har forårsaket byggskadene i eksemplene. Det siste prinsippet aktiveres med en nøytral

6. Kvale, S. (1997). *Det kvalitative forskningsintervju*. Oslo: Ad notam Gyldendal.

7. Johansson, R. (2003). Case study methodology reflected in architectural research. Paper presented at the Four Faces—The Dynamics of Architectural Knowledge. The 20th EAAE Conference Stockholm.

fortelling om byggeprosessen, slik at leserne selv kan trekke sine egne slutninger ut fra beskrivelsen.

Teoritriangulering blir aktivisert ved bruk av ulike og rivaliserende teoretiske kunnskaper i beskrivelsen av problemstillingen. Innledningsvis er det blitt lagt opp til to teoretiske rivaler; teorier om den tradisjonelle arkitekturen og teorier om den modernistiske arkitekturen. I tillegg anvendes her teorier om byggskader, bygningspatologi og bygningsfysikk.

2.1.2. Kategorisering av data

Med støtte i Yin (2003) blir data som samles inn kategorisert ut fra to prinsipper:

- Informasjon av kvantitativ karakter kalt "harde fakta". Dette er tallmessige fakta, fotografier, filmer eller annet materiale, som kan måles med anerkjente måleinstrumenter.
- Informasjon av kvalitativ karakter kalt "myke fakta". Dette er informasjon som kommer frem i intervjuer og bygger på erfaringer og holdninger som stammer fra aktører i et byggeprosjekt.

2.1.3. Undersøkelsesmetoden

Undersøkelsesmetoden som anvendes i dette forskningsprosjekt er kvalitativ, selv om data som samles inn både er av kvalitativ og kvantitativ karakter. Den viktigste metoden er å studere problemstillingen gjennom fire essensielle eksempelstudier slik fig. 2.5. illustrerer. Denne metode deles i fire faser.

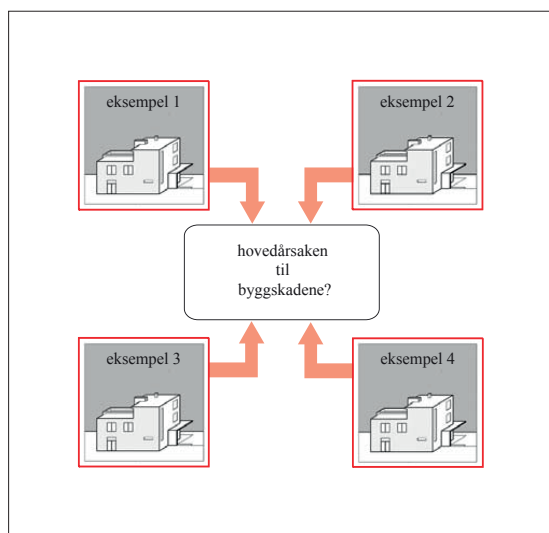


Fig. 2.5.

Illustrasjon som viser undersøkelsesprinsippet, der spørsmålet om hovedårsaken til den designforårsakede byggskaden blir besvart gjennom studier av flere eksempler og flere undersøkelsesfaser.

Første fase er å finne og beskrive de fysiske byggskadene som skal studeres. I denne fasen studeres huset i sin helhet. Byggestilen og byggeteknikken beskrives slik den viser seg i den synlige verden. Spesielt fokus er det på defekte bygningsdeler og detaljer.

Neste fase er å samle inn og studere data fra prosessen. Aktører intervjues og informasjon fra intervjuene foredles gjennom en reflekterende skriveprosess. Prosjektdokumentasjonen studeres på leting etter svar på forskningsspørsmålene. Der ligger fokuset på mulige årsaksforklaringer, og kartlegging av de allerede omtalte drivkreftene som kan ha ført til de fysiske byggskadene.

Den tredje fasen fokuserer på utformingen. Den utføres ved hjelp av CAD-tegneprogrammer, der viktige originaldetaljer og/eller bygningsdeler tegnes inn i en digital database. Dersom utbedringer er blitt utført, føres de også inn i den samme databasen. Dette materialet brukes så til å studere de fysiske byggskadene samt utbedringer opp imot akseptert kunnskap om byggskader.

Siste fase i undersøkelsen er en sammenfatning og refleksjon for hvert eksempel med den hensikt å sette frem forklaringsprinsipper bygget på foreliggende data. En hovedkonklusjon blir så til på grunnlag av sammenfatninger av hvert enkelt eksempel, som til slutt drøftes opp i mot eksisterende kunnskap. Dette er også siste del av den kvalitative undersøkelsesmetoden.

2.3. Eksempeldatabank

Basert på Yin (2003) blir det bygget opp en databank satt sammen av informasjon om hvert enkelt eksempel, heretter kalt eksemplendatabanken.⁸ I dag inneholder eksemplendatabanken fra dette forskningsprosjekt ca. 72 eksempler av arkitekturverker fra hele verden med registrerte byggskader. Utviklingen av eksemplendatabanken startet for alvor etter feltstudier på Island høsten 2004. Der hadde forfatteren samlet inn store mengder data av ulik karakter. En del data hadde mindre troverdighet enn andre. Vurderingen gikk ut på at publiserte artikler hadde størst troverdighet, og at artikler som hadde vært gjennom vurderingsinstans (referee), hadde det høyeste kvalitetsstempelen. Det ble også klart at intervjuer og samtaler, der aktører beskrev sine opplevelser og holdninger, hadde mindre troverdighet enn informasjon fra artikler som hadde vært i gjennom en vurderingsinstans, selv om uttalelser i et intervju var av stor interesse for problemstillingen. Ut fra dette ble det lagt opp til en slags tredelt troverdighetskategorisering i databanken:

8. Yin (2003), se side 101-107.

Dristige detaljer

- Artikler med referee som er blitt publisert i godkjente fagtidsskrifter.
- Artikler eller tekster som er offentlig publisert. Fakta i form av fotografier, skriftlige kilder eller andre data som er blitt produsert av andre forskere.
- Informasjon som er blitt samlet inn gjennom denne undersøkelsen. Her er det intervjuer og tilsvarende informasjon som ikke er blitt vurdert av andre enn forfatteren av denne avhandlingen og hans veiledere.

Denne kategoriseringen har til hensikt å øke kvaliteten og gjøre datainnsamlingen og undersøkelsen av dataene mest mulig transparent. På grunnlag av dette er det blitt en viss underinndeling av informasjon om hvert eksempel. Denne inndelingen har også praktiske hensikter, dvs. å gjøre det lettere å finne frem i og bruke databanken. Under hvert enkelt eksempel finnes det derfor følgende hovedmapper:

- Tegninger og fotografier
- Lydopptak og videofilm
- Skriftlig informasjon

Eksempeldatabanken finnes både i digital utgave og i papirutgave. Nærmere beskrivelse av databanken finnes i kapittel 7.

I samsvar med Yin (2003) er det lagt opp til skriving av spesielle rapporter for hvert eksempel som ble studert. Disse rapportene blir brukt som grunnlag for beskrivelsen som publiseres i eksempelstudiene i kapittel 7.

2.4. Valg av eksempler

Et sentralt diskusjonstema i pilotprosjektet var kriteriene for valg av eksempler. To hovedsynspunkter var oppe til diskusjon. På den ene siden at eksemplene som skulle studeres burde settes sammen av ensartede byggeprosjekter, for eksempel skolebygg. Argumentet var at det ville gjøre beskrivelser og sammenligninger på tvers av eksemplene mer vitenskapelig troverdige. Det som ville styrke forskningen ytterligere ville være å ta så mange eksempler som mulig, og helst bruke kvantitative analysemetoder. Det andre synspunktet, som var i opposisjon til det første, gikk ut på at valget av ensartede byggeprosjekter ville bli for snevert, og at det ikke ville fange opp sentrale forhold i problemstillingen. Her siktes det spesielt til utforskningen av drivkrefter man knapt kunne sette ord på i begynnelsen. Her er argumentet at det er viktigere å velge ulike eksempler, som først og fremst er spennende arkitektur med interessante byggskader, fremfor flere eksempler av samme type, fordi det ville gjøre drøftelsen dypere og nyttigere faglig sett. Noe som veide tungt i argumentasjonen var at det i pilotprosjektet hadde kommet frem at det var tilsynelatende små korrelasjoner mellom funksjon og byggskader. Skoler, kirker og boliger kunne lekke av samme årsak, fordi byggskadene stammet fra ufunksjonelle detaljer i en klimaskjerm og

hadde lite med byggets funksjon å gjøre.⁹ De konstruktive prinsippene i en skole kunne på den måten være de samme som i en kirke eller for den saks skyld i en fabrikk eller en enebolig. Altså ble det å velge eksempler som tilhørte samme funksjonskategori, sett på som lite hensiktsmessig i forhold til problemet som skulle utforskes. Derfor ble det vurdert slik at en hadde større nytte av å studere problemet kvalitativt i begynnelsen. Et viktig kriterium i valget av studieobjekt var også tilgjengeligheten, dvs. hvor bygget lå geografisk, og om inspeksjon var mulig. De ulike forholdene ble vurdert opp mot hverandre. Konklusjonen ble å starte oppbyggingen av eksempeldatabanken med få eksempler, der forskeren hadde muligheter for å gå i dybden fremfor å velge et stort antall bygg til å studere.

Det har allerede blitt nevnt i kapittel 1.1, at en del hindringer kom frem i studiet av nye nordiske byggeprosjekter.¹⁰ På grunn av disse hindringene ble databanken etter hvert utvidet med internasjonale eksempler, der det forelå publiserte referanser som det ikke var knyttet restriksjoner til. På denne måten kan det sies at intensjonen om å grave i dybden ble satt til side på grunn av hindringer i datainnsamlingen.

Et viktig kriterium for at et byggeprosjekt ble tatt med i eksempeldatabanken var at eksemplet kunne defineres som interessant arkitektur med relasjon til samtidsarkitekturen, det som her er definert som innovativ modernistisk arkitektur. Definisjonen av hva som er innovativ modernistisk arkitektur er klart en subjektiv vurdering utført av visse instanser i arkitektfaget. Disse instanser kan være forfattere i tidsskrifter og av bøker, professorer og faglige autoriteter, men også prisutdelinger blant annet i arkitektkonkurranser. Det ble derfor bestemt at eksemplene som ble undersøkt, skulle være designet av anerkjente arkitekter som hadde utmerket seg med offentlig omtale, blitt vurdert som faglig dyktige av kolleger, blitt prisbelønnet eller at eksemplet var et resultat av en arkitektkonkurranse. En referanse som ble anvendt her som hjelpemiddel var Cuff (1991), som har lagt opp til tilsvarende kvalitative kriterier for definisjon av det som kan kalles fremragende arkitektur.¹¹

2.5. Gjennomføringen av forskningen - snublesteiner

Datainnsamling startet med et pilotprosjekt sommeren 2002. Datainnsamling om det islandske eksemplet Hamar, Islands universitet i Reykjavik, startet høsten 2004 med feltstudier som varte i fem uker. Store mengder data ble samlet inn blant annet gjennom omfattende intervjuer med viktige aktører som hadde deltatt i design og bygging av universitetet. Oppbyggingen av eksempeldatabanken begynte etter

9. Unntak er svømmehaller, badehus, fabrikker eller andre bygg med stort vannbruk og høyt fuktrykk innendørs; se referanser om fuktskader i kapittel 6 i blant annet Geving og Thue (2002).

10. En viktig hindring ble vanskeligheter med å få aktører i konfliktfulle byggeprosjekter til å gi fra seg informasjon om feil og mangler, fordi de var redde for at det kunne skade deres interesser. Dette førte til krav om anonymisering som viste seg å skape flere komplikasjoner i forskningsarbeidet.

11. Cuff, D. (1991). *Architecture: the story of practice*. Cambridge, Mass.: MIT Press.

feltstudiene på Island. Det islandske eksemplet kan derfor kalles hjørnesteinen i databanken, og det eksemplet som forfatteren har lært mest av å studere, spesielt på grunn av alle de metodiske og etiske hindringene som dukket opp i forskningsprosessen.

Det som skapte de største vanskelighetene var problemer rundt anonymisering både av aktører og selve eksemplet. Anonymisering både av aktører og eksempel ble likevel tilbudt informanter som var trege til å uttale seg om sensitiv informasjon om årsaker og ansvar bak byggskader. Problemer rundt anonymisering drøftes av Yin (2003), som fraråder delvis eller fullstendig anonymisering, fordi det rett og slett gjør en beskrivelse av et eksempel mindre forståelig og dessuten skader troverdigheten.¹² Etter hvert kom det også frem at det var nesten umulig å gjennomføre en anonym beskrivelse av et byggeprosjekt i et lite fagsamfunn der folk kjenner hverandre. Et tilleggsargument var at en anonym beskrivelse også ville vekke flere spørsmål enn den besvarte.

På et visst tidspunkt ble det vurdert å droppe det islandske eksemplet på grunn av alle de etiske og tekniske komplikasjonene som en fullstendig anonymisering medførte. Men det å droppe det islandske eksemplet ble også sett på som uriktig, fordi det ville gitt et falskt inntrykk av forskningsprosessen, inklusiv alle de forskningstekniske vanskelighetene. Situasjonen var at en sto overfor et forskningsetisk dilemma. På den ene siden var det aktørenes behov for å beskytte sine interesser, og på den andre siden kravet i forskningen om å produsere ny og aktuell kunnskap som kunne brukes i utviklingen av designfagene. Løsningen på dette dilemmaet ble å ta det islandske eksemplet med i eksempelstudiene. Argumentene var at det ville gi et mer sannferdig inntrykk av forskningen, og alle de problemer en forsker som studerer byggskader i ambisiøse byggeprosjekter kan komme bort i. I tillegg ville beskrivelsen av eksemplet kunne bli et innlegg i diskusjonen om forskningsmetoder i arkitektfaget.

Prinsippet som ble anvendt var å fokusere på beskrivelser av fakta og fysiske forhold, blant annet gjennom bruk av fotografier, arkitekttegninger og detaljer. Her var argumentet at størsteparten av denne informasjonen er offentlig tilgjengelig data som hvem som helst kan skaffe seg. Men i de tilfellene det ble nødvendig å referere til et intervju med en aktør i undersøkelsen av drivkrefter i byggeprosessen, ble det gjort i form av en fotnote der personen anonymiseres, men profesjon og rolle oppgis, samt tidspunktet for intervjuet i henhold til APA-referansesystemet. Det presiseres at sitatene bygger på en skriftlig rapport, som finnes i eksempeldatabanken. De åpne forskningsintervjuene som benyttes bygger på et digitalt opptak gjort med informantens samtykke, der utskrift av samtale samt kopi av det digitale opptaket ble sendt til informanten til verifisering.

12. Yin (2003), se side 157-158.

2.5.1. Datainnsamling med intervjuer

Den vitenskapelige referansen i forhold til intervjuteknikken er Kvale (1997). På bakgrunn av Kvales intervjuteknikk ble det utformet retningslinjer for gjennomføring av åpne forskningsintervjuer.

I dette forskningsprosjektet har intervjuer vist seg nyttige for å få frem en beskrivelse av enkelte hendelser og hendelsesforløpet i en byggeprosess. Men det har også vist seg å være urealistisk å få aktører til å vurdere sin egen innsats eller sitt eget ansvar i forhold til problemstillingen. Hovedargumentet er at aktørenes beskrivelser alltid blir farget av deres egne interesser. Derfor er erfaringen fra dette prosjektet at det er tvilsomt å stole på informasjon som kommer frem i et intervju, spesielt om saker som har med tvister, feil og mangler å gjøre, med mindre informasjonen kan trianguleres opp i mot flere kilder. Bak ligger det forholdet at aktørene ikke er villige til å innrømme overfor andre at de har begått en feil som har ført til en byggskada, fordi det jevnstilles med det å ta ansvar. Det å ta ansvar kan siden medføre at en blir gjort økonomisk ansvarlig for en byggskada, som atter kan føre til en domfellelse i en eventuell rettsak. Derimot ser det ut som at det å fraskrive seg ansvar er en karakteristisk innstilling og en tilbakevendende tendens i problematiske byggeprosjekter plaget av konflikter og byggskader.

Et annet forhold som gjør de åpne forskningsintervjuene problematiske, er det faktum at de er meget tidkrevende og kostbare å gjennomføre, spesielt hvis de faglige retningslinjene fra Kvale (1997) følges i detalj. Det bemerkes at med dette menes det ikke at forskningsintervjuer ikke skal brukes i forskning av følsomme og/eller interesseladete emner; tvert i mot. Verdifulle data kommer ut av slike intervjuer, og spesielt om enkeltindividers opplevelse av hendelser. Slik informasjon kan være til stor hjelp for kartlegging av et hendelsesforløp og i undersøkelsen av drivkrefter. Men en forsker må være klar over de begrensninger og ulemper de åpne forskningsintervjuene har i et slikt forskningsprosjekt. En spesifikk ulempe er vanskeligheten med å referere til informasjon som stammer fra upubliserte intervjuer som kun finnes i forfatterens databank, som utenforstående har begrenset tilgang til.¹³

2.5.2. Kildehenvisninger

Redigering og kildehenvisninger i denne avhandlingen bygger på Axelsdóttir og Blöndal (2010), som beskriver flere ulike skrivemåter for og redigering av akademiske tekster.¹⁴ Ut over det brukes det i denne avhandlingen to typer kildehenvisninger.

13. Dette problemet drøftes i referanser om APA- systemet.

14. Axelsdóttir, I., & Blöndal, Þ. (2010). Handbók um ritun og frágang [Handbok om skiving og redigering]. Reykjavík: Mál og menning.

Først er det et vanlig referansesystem som i store trekk følger APA- systemet.¹⁵ Det benyttes et system med fotnoter, der prinsippet er at første gang en referanse introduseres, blir det gjort i form av en fotnote. Fotnoter inneholder også bemerkninger eller informasjon som ikke passer inn i hovedteksten. Referanser finnes så i en litteraturliste bakerst i avhandlingen. Det andre prinsippet gjelder for kildehenvisninger til informasjon som bare finnes i eksempeldatabanken. Slike referanser er kun vist i form av fotnoter, men utformingen av dem følger i hovedtrekk APA- systemet.¹⁶ Kildehenvisninger til informasjon som stammer fra intervjuer og personlige samtaler følger også APA- systemet.

Kildehenvisninger for fotografier og illustrasjoner som brukes i teksten følger det prinsipp at det i en figurtekst oppgis en enkel kildehenvisning, der det oppgis navn til den som har opphavsretten til et foto eller en illustrasjon. Bakerst i avhandlingen er det en liste over illustrasjoner. Der det ikke oppgis noe kilde eller opphavsmann, tilhører fotoet eller illustrasjonen forfatteren av dette verket.

2.6. Metodiske begrensninger

Bruken av en eksempeldatabank har flere fordeler som allerede har blitt drøftet. Men databanken har også begrensninger, som for det meste viser seg i at eksemplene i databanken ikke er mange i forhold til den store mengden bygninger som er plaget av byggskader. En annen begrensning er at det i databanken først og fremst finnes verker av kjente arkitekter, og hus som har blitt definert som innovativ modernistisk arkitektur og/eller fremragende arkitektur, slik Cuff (1991) definerer begrepet. Selv om dette er blitt gjort, finnes det utallige interessante eksempler på innovativ modernistisk arkitektur som forfatteren har liten eller ingen informasjon om.

Data om enkelte eksempler er blitt samlet inn med kvalitativ metode. Kategorisering og bearbeiding er blitt utført etter samme prinsipp. I dette prosjektet har data fra enkelte eksempler først og fremst blitt brukt til å beskrive bestemte fenomener, deriblant faglige og menneskerelaterte drivkrefter. Vurdering av informasjonen, kategorisering og videre drøftelse er først og sist utført av forfatteren og underlagt hans dømmekraft. Data i eksempeldatabanken kan brukes på flere måter og databanken kan utvides. Kvaliteten på og nytten av databanken ville øke dersom kvantitative metoder ble brukt til å få frem bredere informasjon om eksemplene. Det bør nevnes at det på slutten av forskningsprosessen ble utformet forslag til spørsmål tenkt for SPSS-analyse. Slike spørreskjemaer kan utvikles i fremtiden rettet mot spesielle interessegrupper, eksempel typer og problemer i en utvidet databank.

15. Knutsen, U. (2011). Litteraturhenvisninger etter APA, 6. utgave. Oslo: Høgskolen i Oslo. Hentet 17. 05.2012, fra <http://www.jbi.hio.no/bibin/KoG/kat/APA.pdf>

16. APA (2012). APA Style. Hentet 17.05.2012, fra <http://www.apastyle.org/>

Disse begrensningene som her er blitt drøftet bør tas med når påliteligheten og validiteten samt troverdigheten av arbeidet vurderes. Generaliseringer på grunnlag av data samlet inn i dette forskningsprosjektet er også begrenset til fenomener som er blitt oppdaget i eksempelstudiene.

2.7. Avsluttende kommentarer

Forskningsmetodene som her er blitt beskrevet er egnet til å studere årsakene til designforårsakede byggskader i avsluttede byggeprosjekter. Denne metoden tar utgangspunkt i funn i pilotprosjektet, som påpeker at de vanlige byggskadene er defekte detaljer i klimaskjermen på arkitektonisk viktige steder, hovedsakelig dristig formgivning og knappe detaljer med sammenheng til et hovedkonsept som igjen kan knyttes til den modernistiske designideologien.

Til utforskning av dette temaet anvendes kvalitative eksempelstudier som passer for første steg i utforskningen av forskningstemaet. Det benyttes flere kategorier av trianguleringer i forskningen, der den viktigste er kildetriangulering. Data samles inn ved feltstudier, studier av prosjektdokumenter og ved intervjuer. Eksempeldatabanken er det viktigste forskningsredskapet, og er stadig under utvikling.

Undersøkelsesmetoden er fasedelt og kvalitativ, der konseptet er å kartlegge fysiske byggskader og hendelser bak, og til slutt legge frem til diskusjon en eller flere årsaksforklaringer ved å sammenligne og sammenfatte data fra flere eksempler opp imot det teoretiske rammeverket som blir beskrevet i avhandlingen.

Snublesteiner og hindringer i forskningsarbeidet har hatt mye å si for utviklingen av forskningsprosjektet. Hindringen har vært knyttet til vanskeligheter med å få aktører til å uttale seg og deres behov for å verne om sine interesser.

Det påpekes at forskningsstrategien som er blitt drøftet i dette kapitlet har visse begrensninger som bør tas med når reliabilitet, validitet og troverdighet vurderes.

Dristige detaljer

DEL II.

TEORETISK RAMMEVERK

3. Innovativ modernistisk arkitektur

I dette kapitlet blir den innovative modernistiske arkitekturen drøftet samtidig som forskningsfeltet identifiseres og avgrenses. Denne drøftelsen skjer gjennom teoretiske referanser og med henvisninger til konkrete eksempler på innovativ modernistisk arkitektur. Eksempler på arkitektur som faller under denne kategorien vises i fig. 3.1. Sentralt i drøftelsen er å se på hvilken innvirkning den modernistiske designideologien har på utformingen og detaljeringen av klimaskjermen. Begrunnelsen for dette fokuset er eksisterende kunnskap (Lisø 2006), som påpeker at mange byggskader i nybygg stammer fra defekte detaljer i klimaskjermen, samt referanser (Douglas 2007), som påpeker at fenomenet innovasjon i modernistisk arkitektur kan øke faren for byggskader. Hovedmålet med kapitlet er å bygge opp et teoretisk rammeverk for å drøfte to delspørsmål:

- Hva slags påvirkning har den modernistiske designideologien på årsaken til byggskadene i de enkelte eksemplene på innovativ modernistisk arkitektur som inngår i denne avhandling?
- Hvilken påvirkning har utforming av detaljer i klimaskjermen på årsaken til byggskader i de enkelte eksemplene på innovativ modernistisk arkitektur som inngår i denne avhandling?



Fig 3.1.

Eksempel på innovativ moderne arkitektur. Fra venstre: Fallingwater, Salk Institute, Farnsworth, Seagram-bygget, Pompidousentret og Vitra museet.

Foto: Helge Solberg - Privat fotoarkiv.

3.1. Innledning

3.1.1. Tradisjonelle vs. modernistiske designteorier

En integrert del av drøftelsen er å stille opp to teoretiske rivaler; tradisjonelle i forhold til modernistiske designteorier. Disse rivalene representerer ulike designstrategier og verdinormer, men også ulike synspunkter på byggskader.

I begynnelsen av avhandlingen ble den innovative modernistiske arkitekturen definert som følgende: byggverk som bryter med den tradisjonelle arkitekturen enten i form, metode eller materialvalg, men også byggverk der kjente former, metoder eller materialer brukes på en ny måte.¹ I motsetning til dette står den tradisjonelle arkitekturen som er designet og bygget etter nedarvede bygningsprinsipper. Den tradisjonelle arkitekturen deles inn i mange stilarter og underkategorier, som gresk, romersk og gotisk arkitektur, men også folkelig (vernacular) arkitektur.

Forskjellen mellom de to teoretiske rivalene kan også studeres ved hjelp av Alexanders (1964) designstrategiske analysebegreper ”The Unselfconscious Process”, her oversatt til ”uselvisk prosess”, og ”The Selfconscious Process”, her kalt ”jeg-bevisst prosess”. I tillegg har Alexander introdusert begrepene tilpasset (fit) og mistilpasset (misfit), som representerer ulike syn på en bygnings tekniske og funksjonelle tilstand. Disse begrepene ble introdusert i 1. kapittel.

I korte trekk er den tradisjonelle arkitekturen resultat av en uselvisk utviklingsprosess som har tatt lang tid. Husformer og bruksting er blitt skapt ut fra lokale tradisjoner, tabuer og ritualer, som igjen bygger på erfaringer om hva som er tilpasset i det lokale miljøet. Innebygget i denne designstrategien er at endringer blir møtt med skepsis fordi det kan føre til mistilpasning. I opposisjon til denne strategien står den modernistiske designideologien, der drivkraften er en ”jeg-bevisst” holdning som beundrer det individuelle uttrykket som ofte kalles innovasjon, nettopp for å fremme formspråk og materialvalg som bryter med den tradisjonelle arkitekturen. Karaktertrekk ved denne designstrategien er at erfaringer fra mistilpasset design – dvs. feil og mangler som oppstår i en byggeprosess – i liten grad brukes til å designe bedre former som er mer tilpasset det lokale miljøet og klimaet. Den logiske slutningen til Alexander er at arkitekter som følger den modernistiske designideologien har en større tendens til å designe nybygg med byggskader enn de som ikke følger denne ideologien. Her er hovedargumentet at kravet om innovasjon og individuelt uttrykk gjør at mistilpasset design og byggskader blir bagatellisert som et formgivningsproblem i modernistisk arkitektur. Denne påstanden er drøftet flere steder i avhandlingen og spesielt i det 8. kapitlet, i drøftelsen av konklusjonen.

1. Se kapittel 1.2. Sentrale begreper.

3.1.2. Ett eksempel – to rivaliserende byggestiler



Fig 3.2.
Landsbanken i Reykjavik. Eksempel på to byggestiler i samme byggverk. Et bankbygg fra 1924 i neoklassisk stil og et tilbygg fra 1934 i funksjonalistisk stil.

For å belyse ytterligere forskjellen mellom de to teoretiske rivalene brukes et eksempel, et byggverk som består både av tradisjonell og modernistisk arkitektur, nemlig hovedkvarteret til den islandske Landsbanken i sentrum av Reykjavik; se fig. 3.2.2.²

Den tradisjonelle delen av huset stammer fra slutten av 1900-tallet og er bygget i tilhugget gråstein i klassisk stil. Denne delen ble svært ødelagt i en brann i 1915. I 1922 fikk den islandske arkitekten Guðjón Samúelsson i oppdrag å gjenoppbygge og utvide dette bankbygget. Huset ble forlenget og ombygget til en treetasjesbygning i neo-klassisk stil og siden tatt i bruk i 1924.³ Bygget har karakteristisk neo-klassisk utseende og detaljering. Bygget representerer på den måten en lang utvikling som strekker seg tilbake til den gresk-romerske antikke arkitekturen. Ti år senere, i 1934, ble det avholdt en arkitektkonkurranse om et tilbygg. Konkurransen ble vunnet av den unge islandske arkitekten Gunnlaugur Halldórsson med et tilbygg i funksjonalistisk stil.⁴ Halldórsson ble etter hvert en av Islands fremste modernister med begrenset respekt for den tradisjonelle arkitekturen. Han var opptatt av innovative løsninger og

2. Det påpekes at eksempler av samme art, der man finner både den tradisjonelle og den modernistiske byggestilen i ett og samme byggverk, finnes i mange europeiske byer. Eksempler på det er Stortinget i Oslo og Det Kongelige Teater i København.
3. Ágústsson, H. (1998). Íslensk byggingararfleifð. Reykjavík: Húsafríðunarnefnd ríkisins.
4. Gunnarsdóttir, G. G., & Stefánsson, H. (1987). Kvosin: byggingarsaga miðbæjar Reykjavíkur. Reykjavík: Torfusamtökin. Se side 110 – 111.

Dristige detaljer



Fig 3.3.

Eksempel på den gamle historiske stilen og den nye arkitekturen. Til venstre: Bankbygget fra 1924 i neo-klassisk stil. Til høyre: Tilbygg fra 1934 i funksjonalistisk stil.

løsrivelse fra den foreldede tradisjonen, blant annet fordi man måtte arbeide for en ærlig arkitektur i takt med tidsånden.⁵ Arkitektens faglige holdninger kommer klart og tydelig frem i følgende sitat:

Det var Halldórssons vurdering at den “ærlige arkitekturen” skulle være “uttrykk for samtiden” og at “alle forsøk på å pynte seg med lånte elementer fra fortiden var [...] flukt fra seg selv”.⁶

Fotografiene, både fig. 3.2. og 3.3., viser det gamle og det nye. Man ser hvor ulike disse byggestilene er til tross for at det bare er ti år som adskiller dem. Det neo-klassiske bygget har rikelig med ornamenter, mens det modernistiske bygget er renskåret og hvitt. De prinsipielle forskjellene kommer tydelig frem i studier av den arkitektoniske utformingen og den tekniske oppbyggingen av detaljene.

I det neo-klassiske bygget blir sokkelen fremhevet ved å forme den som massive

5. Armannsson, P. (2006). Stefnur og stílar í byggingu Landsbankans. I E. Bernharðsson (Ed.), Landsbankinn 120 ára: Brot úr sögu bankans. (pp. s. 164 - 167). Reykjavík: Landsbanki Íslands.

6. Sitatet er hentet fra Ármannsson (2006) og oversatt av forfatteren fra denne originalteksten: “Að mati Gunnlaugs varð “sömm húsagerðarlist” að bera “samtiðinni vitni” og “allar tilraunir til að skreyta sig með lánsfjöldrum liðins tíma [...] flótti frá sjálfum sér”. Se side 167.

steinblokker som avsluttes i en kraftig sokkelgesims. Videre fremheves førsteetasjen med horisontale linjer som illustrerer en steinkledning. Den øvre veggflaten deles inn med båndgesimser for hver etasje som også blir til vannbrett under vinduer. Vinduene er ordnet rytmisk i veggen og ligger tilbaketrukket, markert med murte omramminger. Veggen avsluttes i en kraftig takgesims understøttet av snegleformede kragesteiner og er rikelig utsmykket med klassiske ornamenter. Taket er valmet og er tekket med steinskiifer.

Det modernistiske tilbygget står i sterk kontrast til det 10 år eldre nabobygget. Veggen er glatt og uten fremspring eller markeringer av etasjeskiller. Vinduene er store glassruter uten åpningsfag eller sprosseinndeling og ligger ytterst i veggen. Detaljeringen er minimalistisk. Takgesimsen er enkel og avsluttes med et tynt metallbeslag på toppen. Det eneste fremtredende elementet i fasaden foruten vinduene er tynne fuger mellom den blankpolerte natursteinen. Bygget har selvsagt flatt tak med takterrasse i samsvar med designidealet. Takterrassen er delvis overdekket av en pergola av tynt treverk. Det bør bemerkes at forskjellen mellom de to byggestilene fremheves ved at det nye tilbygget er én etasje lavere enn det eldre bygget.

Studier av detaljene viser at det er store forskjeller i detaljeringen av klimaskjermen på de to bygningene. Forskjellene ligger på flere plan. Det neo-klassiske byggets utseende og detaljer i eksteriøret ser kompliserte ut, men har en enkel teknisk oppbygging. Det omvendte er tilfellet med det modernistiske tilbygget, som har et forbløffende enkelt utseende, men en ganske komplisert og krevende teknisk oppbygging. Til tross for alle disse ulikhetene har disse to bygningene én ting til felles; de er begge bygget av betong og tilhører det samme konstruksjonsprinsippet, ”solid konstruksjon”, som utdypes i neste avsnitt.

3.1.3. To tidløse konstruksjonsprinsipper

I denne studien arbeides det med to begreper for å studere konstruksjonsprinsippene, av Deplazes (2005) kalt prinsippene om solid konstruksjon og filegreekonstruksjon.⁷ På norsk kan man kalle disse prinsippene solid konstruksjon og flettverkskonstruksjon, i enkelte sammenhenger kalt tunge eller lette konstruksjoner. En slik oppdeling i grunnleggende elementer ble etter hvert en viktig del av de modernistiske designteoriene. Det å uttrykke det essensielle blant annet gjennom begreper som ”tung” og ”lett”, ”bærende” og ”ikke-bærende” og ærlig materialbruk ble etter hvert et kjennemerke på modernistisk arkitektur. Et eksempel på dette er når Frank Lloyd Wright sier at ildstedet er hjertet i huset, og at Louis Kahn vil at huset uttrykker alle grunnelementene.

7. Deplazes, A. (2005). *Constructing architecture: materials, processes, structures: a handbook*. Basel: Birkhäuser.



Fig 3.4.
Eksempler på flettverkskonstruksjon. Tegningen skal illustrere den første hytten slik Violet-le Duc forestilte seg den.
Kilde: Viollet-le-Duc & Hearn (1990), side 26.



Fig 3.5.
Eksempler på solid konstruksjon. Et hus av stein og torv i Thorsardal i Island. En rekonstruksjon av et langhus fra vikingtiden.

Prinsippet om solid konstruksjon viser til byggeteknikker, der byggematerialet i hovedsak stammer fra jorden og er bygget opp som en massiv skjerm mot det ytre. Eksempler på slike byggverk er festningsanlegg. Materialet som brukes er tilhugget naturstein, murstein, betong eller annet tungt og massivt materiale.

Prinsippet om flettverkskonstruksjon viser til lettbygde konstruksjoner, ofte av tre- og membranaktige materialer. Eksempler på slike konstruksjoner er nomadeteltet, trehuset, men også det moderne glasshuset. Her er byggematerialet tre, flettede membraner eller gjennomsiktig hud, men også den moderne påhengsfasaden som vi finner i kontorbygg verden over.

Todelingen mellom solid- og flettverkskonstruksjoner er blitt praktisert i byggebransjen i lang tid, og blir brukt i denne avhandlingen som et kategoriserende prinsipp i utforskningen av konstruksjoner. Men det bør bemerkes at begge konstruksjonsprinsippene kan forekomme i ett og samme hus. Det har vært tilfellet helt fra gammelt av og er det fremdeles. Et eksempel på det er at yttervegger lages som en solid konstruksjon, mens taket består av lette byggematerialer. En ganske god illustrasjon på hvordan de to konstruksjonsprinsippene blir blandet kommer til uttrykk i museumsoverbygget på Hedmarksmuseet på Hamar av arkitekt Sverre Fehn. Foto av dette arkitekturverket vises i fig. 3.20.

3.2. Den innovative modernistiske arkitekturen

I denne delen blir begrepene innovativ og modernistisk arkitektur drøftet. Utdypning av begge begrepene inngår i, identifiseres og avgrenses av forskningsområdet. Først ser vi på begrepet innovativ og deretter på modernistisk arkitektur.

3.2.1. Det innovative i arkitekturen

Begrepet ”innovativ” brukes i dette arbeid for å beskrive en ideologisk holdning i arkitektfaget der kreativitet og innovasjon fremheves. En sentral del av denne holdningen er å se på arkitektur som et kreativt kunsthøgskolefag som skiller seg fra de ulike ingeniørfagene som arbeider med teknisk design av bygninger. Ifølge denne ideologien er arkitekten den kreative kunstneren som eksperimenterer med former, materialer og uttrykksformer, fordi det modernistiske samfunnet har bruk for nye innovative idéer til fremtidsrettet utvikling. Denne ideologien er knyttet til den faglige holdningen som fremhever arkitekten som kunstner og en del av en avantgarde-kultur, som har til hensikt å rukke ved folks forutinntatte holdninger om alt som har med kunst og arkitektur å gjøre. Dana Cuff (1991) påstår at arkitektur er en kunstart der det innovative ved faget vektlegges høyere enn andre egenskaper. Om det sier hun:

Architecture, like other arts, is expected to breed innovation.⁸

Arkitekter som følger denne ideologien forsøker derfor å være kreative og skape nye idéer eller låne andres kreative idéer, som de så gjør til sine egne gjennom kreativ design. Med disse aktivitetene følger gjerne usikkerheter og vanskeligheter, som ifølge Lawson (1997) er en ganske naturlig del av det å være kreativ og utforske det ukjente. Drivkraften er å være innovativ, prøve nye løsninger og ta risikoer som nettopp vekker oppmerksomhet og fører til utmerkelser i arkitektfaget. Et vitnesbyrd på disse tendensene er det eksisterende belønningssystemet som nettopp er knyttet til innovativ og kreativ design, der det å ta risiko og prøve ut det ukjente belønnes med priser og rosende omtale. Fenomener tilknyttet innovasjon og risikofylt design, som siden fører til byggskader, blir ytterligere drøftet i kapittel 5, som omhandler drivkrefter i byggeprosesser.

3.2.2. Det modernistiske i arkitekturen

Men hva betyr begrepet ”modernistisk” i denne avhandlingen? Ifølge ordbøkene står begrepet ”moderne” for noe som skjer i øyeblikket eller i samtiden.⁹ Begrepet stammer fra det latinske ordet ”modernus” i betydningen akkurat nå. Ifølge Rustad

8. Cuff (1991), se side 154.

9. Berulfsen, Bjarne og Gundersen, Dag (2002), se side 296.

Dristige detaljer

(2009), som har drøftet det tidsmessige aspektet ved modernistisk arkitektur, er begrepet nært tilknyttet det man kaller "tidsånden" og arbeidet med å fange stemningen og de underliggende strømmer i samtiden.¹⁰ Eksempler på modernistiske byggverker som har fanget tidsånden, men også påvirket den, vises i fig. 3.1. og fig. 3.6.

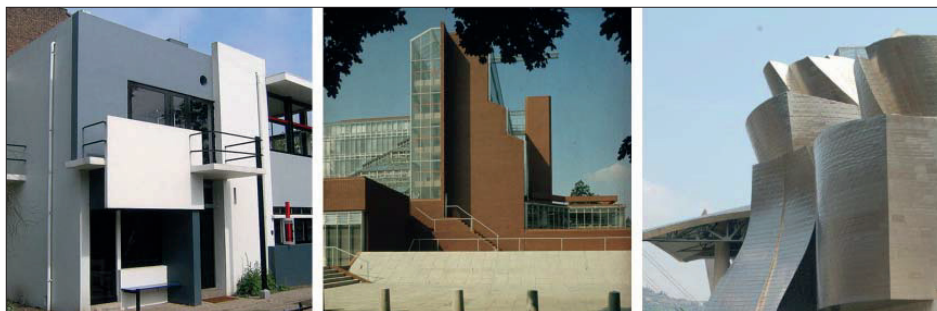


Fig 3.6.

Eksempler på innovativ moderne arkitektur. Fra venstre Schröderhuset i Utrecht, biblioteket til historisk fakultet i Cambridge og Guggenheim-museet i Bilbao.

Foto: Ævar Hardarson, Dag Nilsen og Tore Haugen. Privat fotoarkiv.

Mies van der Rohe, en av nøkkelpersonene i utviklingen av den modernistiske arkitekturen, definerte arkitektur som "tidsånden overført til rommet".¹¹ Denne aforismen ble etter hvert en viss veiviser for arkitekter som ønsket å bli oppfattet som innovative.

Ifølge Gunnarsjaa (1999) defineres modernismen i arkitektur som et samlebegrep, ikke en stil, men mer en

[...] epokebetegnelse som åpner for den pluralismen som er kommet til uttrykk i etterkrigstiden helt opp til i dag.¹²

Men hvorfra stammer idéene bak den modernistiske arkitekturen? Ifølge Kultermann (1993) finnes basisen for utviklingen av den modernistiske arkitekturen i slutten av det 19. og i begynnelsen av det 20. århundre. Men røttene kan føres lengre bakover i tiden. Her har vi nye idéer i vitenskap og teknologi som blir ført inn i byggeindustrien.¹³ Viktige drivkrefter bak dette kan samles under følgende punkter:

10. Rustad, R. (2009). "Hva er tidsmessig arkitektur?": en undersøkelse av arkitektens diskursive rammer gjennom tre arkitektkonkurranser og tre tidssnitt. 2009:72, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Trondheim.

11. Gunnarsjaa (1999), se side 46.

12. Gunnarsjaa (1999), side side 515.

13. Kultermann, U. (1993). *Architecture in the 20th century*. New York: Van Nostrand Reinhold.

- Voksende misnøye blant ledende arkitekter ved å være bundet av gamle tradisjoner som krevde gjenbruk av historiske stilarter og fortidens ornamentikk.
- Kulturell oppblomstring og økonomisk vekst som krevde nye typer forretningslokaler, offentlige byggverk, boliger og infrastruktur for økt velstand og utvikling.
- Ny teknologi som førte til økt bruk av nye metaller, stål, armert betong og glass.

Alle disse forholdene gjorde krav på en ny type arkitektur som ble kalt funksjonalismen, med læresetningen; Form følger funksjon.¹⁴ Ifølge Blake (1963) var det to hovedregler som funksjonalismen fulgte. Den første regelen var at formen skulle uttrykke funksjonen. Denne regelen førte til at konstruksjonen skulle vises frem, og materiell og arkitektonisk oppbygging skulle uttrykkes klart og tydelig i former så vel som i detaljer. Dette innebar blant annet at bærende søyler av betong skulle vises frem og ikke dekkes til, trapper og heiser skulle gjøres eksplisitte i den ytre formen, for å nevne noen eksempler. Den andre regelen, ifølge Blake, var at formidealer ble hentet fra industrien og transportmidlene; biler, fly, tog og skip. Le Corbusiers begrep "bomaskin" gir uttrykk for denne idéen. En viktig foregangsmann for funksjonalismen var den franske arkitekturteoretikeren Viollet-le-Duc, introdusert i det første kapitlet. Fra ham stammer idéen om den rasjonelle/funksjonelle arkitekturen, maskinmetaforen og ærlighetsprinsippet, som er det samme som Blake (1963) kaller et ekspressivt uttrykk av funksjonen.

14. Blake, P. (1963). Functionalism. I G. Hatje (red.), *Encyclopaedia of modern architecture* (pp. 112–113). London: Thames and Hudson. Se side 112 – 113.

3.2.3. Modernistisk arkitektur og rådende ismer – kort oversikt

Ikke alle stilarter eller ismer som faller under modernismen blir omtalt i dette kapitlet, kun de som er aktuelle i forhold til dette arbeidet. Fig. 3.7 viser de viktigste ismene og personene som har bidratt med teorier og/eller byggverk som har påvirket utviklingen av modernistisk arkitektur i det 20. århundre. Disse definisjonene bygger i hovedsak på Gunnarsjaa (1999) og Tietz, Hoffmann & Meuser (2000).¹⁵ Beskrivelsen av de enkelte ismene gjøres med et karakteristisk foto av et byggverk som kjennetegner vedkommende stilart og kort figurtekst ved siden av. I illustrasjon 3.8 til 3.19 fremstilles tolv byggestiler som er betegnende for modernistisk arkitektur i det 20. århundret.



Fig 3.7. Tidslinje som viser de viktigste stilepokene og ismene i det 20. århundre. Nedenfor tidslinjen vises en liste over innflytelsesrike arkitekter.



Neues Bauen eller Bauhaus-stilen

Fig 3.8. "Neues Bauen" eller Bauhaus-stilen er en isme som stammer fra den tyske Bauhaus-skolen (1919-1932). Viktige foregangspersoner var Walter Gropius og Mies van der Rohe. Eksempler på kjente byggverk som faller under denne ismen er Bauhausbygget i Dessau og Barcelona-paviljongen, se bilde. Foto: Helge Solberg - Privat fotoarkiv.

15. Tietz, J., Hoffmann, W., & Meuser, P. (2000). Arkitekturens historie i det 20. århundret. Köln: Könemann.



Funksjonalisme

Fig 3.9.

Designideologi der analyse av funksjonen skal styre formgivningen. Funksjonalistiske bygg har spesielt utseende; de er uten dekorasjon, med flate tak, glatte overflater, hvit eller lys fargebruk, med vindusbånd og hjørnevinduer, for å nevne de viktigste karaktertrekkene. Foregangsfigurer var Le Corbusier, Walter Gropius og Gerrit Rietveld, som var den nederlandske kunstnergruppe De Stijl. Kjente byggverk i funksjonalistisk stil er Schröderbygget, Villa Savoye, Weisenhof i Stuttgart og Bauhaus-bygget etter Walter Gropius, se bilde.

Foto: Eivind Kasa - Privat fotoarkiv.

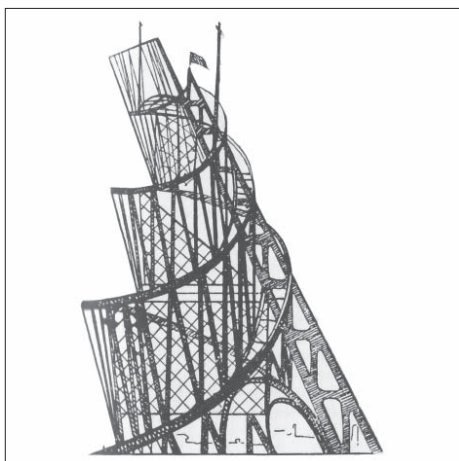


The International Style

Fig 3.10.

Dette er en betegnelse som Neues Bauen-byggestilen fikk i en utstillingskatalog på Museum of Modern Art i New York i 1932. The International Style er knyttet til bedriftsarkitektur og hus til eliten. Viktige personer er Mies van der Rohe og Philip Johnson. Kjente byggverk er Seagram-bygget av Mies van der Rohe, Glass House av Philip Johnson, USA og Farnsworth-huset i USA av Mies van der Rohe, se bilde.

Foto: Helge Solberg - Privat fotoarkiv.



Konstruktivisme

Fig 3.11.

Betegnelsen på en utgave av modernistisk arkitektur i det unge Sovjetunionen. Karaktertrekk var at konstruksjonen ble gjort til en ekspressiv del av eksteriøret. Kjente russiske konstruktivister er Vladimir Tatlin, El Lisitskij og K. S. Melnikov. Tatlin-tårnet, tegnet av Vladimir Tatlin, er et forslag til et 400 meter høyt bygg, som vises på tegningen. Dette tårnet, som aldri ble bygget, ble tegnet for Den tredje internasjonale i Moskva 1920, se bilde.

Kilde: Hatje, G. (1963), side 75.



Brutalisme

Fig 3.12.

Brutalisme er en betegnelse som stammer fra det franske begrepet "beton brut", i betydningen "ubehandlet betong", først brukt av Le Corbusier. Andre kjente foregangsfigurer som utviklet denne ismen var Alison og Peter Smithson, James Stirling og Louis Kahn. Kjente byggverk i brutalistisk stil er History Faculty Library ved Cambridge University av James Stirling, La Tourette av Le Corbusier, byggekompleks i Firminy også av Le Corbusier (1954 - 1967), og se bilde.

Foto: Niels Noach - NTNU - fotoarkiv.



Organisk arkitektur

Fig 3.13.

Organisk arkitektur er en stilart innen modernismen som fokuserer på brukerbehov og en slags organisk planlegging der bølgede og myke former blir vektlagt. Frank Lloyd Wright brukte dette begrepet for å beskrive egen arkitektur. Eksempler på kjente byggverk er Fallingwater, E. Saarinens TWA-terminal ved JFK-flyplassen i New York og Operahuset i Sydney av Jørn Utzon. Fotoet viser interiør i Guggenheim-museet i New York av Wright.

Foto: Helge Solberg - Privat fotoarkiv.



Strukturalisme

Fig 3.14.

Strukturalismen er en retning innen modernismen som kom frem på 1950-tallet, bygget på modulsystemer og en utstrakt bruk av standardiserte industriprodukter. Kjente byggverk er Freie Universität Berlin, tegnet av arkitektene Candilis, Josic og Woods, og universitets senteret på Dragvoll av Henning Larsen, se bilde.

*Foto: Google Earth,
63°24'29.84"N,
10°28'7.47"E*



Postmodernisme

Fig 3.15.

Postmodernismen er en ideologi som kom frem på 1970-tallet og som bygger på gjenbruk av elementer fra tradisjonell arkitektur, for det meste klassisk arkitektur. Viktige representanter for denne ismen er Robert Venturi, Charles Moore, Leon og Rob Krier. Kjente byggverk er Portlandbygningen av Michael Graves, AT&T-bygget i New York av Philip Johnson og det nye statsgalleriet i Stuttgart av James Stirling, se bilde.

Foto: Helge Solberg - Privat fotoarkiv.



Dekonstruktivismen

Fig 3.16.

Dekonstruktivismen er en stilart innen modernismen som kom frem på 1980-tallet og var en reaksjon både på funksjonalismen og postmodernismen. Karaktertrekk er skjeve former og en viss uorden i konstruksjoner, detaljer og materialvalg. Frontfigurer er Peter Eisenman, Frank Gehry, Zaha Hadid og Daniel Libeskind. Kjente eksempler er Guggenheim-museet i Bilbao av Frank Gehry, det jødiske museet i Berlin av Daniel Libeskind og Vitra brannstasjon i Tyskland, etter Zaha Hadid, se bilde.

Foto: Helge Solberg - Privat fotoarkiv.



High-tech-arkitektur

Fig 3.17.

High-tech arkitektur er en betegnelse som brukes om arkitektur der det teknologiske uttrykket fremheves. Karaktertrekk er at konstruksjon og tekniske systemer, som ventilasjon og lignende, kommer til uttrykk både ute og inne. Viktige arkitekter er Richard Rogers og Renzo Piano, men også Norman Foster. Kjente byggverk er HSBC-bankbygget i Hongkong av Foster. Et annet bygg av Foster i denne stilen er BPC-bygget i Duisburg og Pompidou-senteret i Paris av Rogers og Piano, se bilde.

Foto: Helge Solberg - Privat fotoarkiv.



Minimalisme

Fig 3.18.

Minimalismen er en stilart innen modernismen der man ser tilbake til funksjonalismen fra 1930-årene, også kalt nyfunkis. Karakteristiske trekk er geometriske former og minimalistiske detaljer. Popul're byggematerialer er eksponert betong og glass. Denne ismen kombineres ofte med elementer fra dekonstruktivisme og high-tech-arkitektur. Kjente arkitekter er Herzog og de Meuron, Alvaro Siza og Peter Zumthor. Kjente bygg er Goetz-samlingen i Munchen av Hertzog og de Meuron, Arkitekturfakultetet i Porto i Portugal av Alvaro Siza og kunstmuseet i Bregenz Sviss av Peter Zumthor, se bilde.

Foto: Helge Solberg - Privat fotoarkiv.



Poetisk modernisme

Fig 3.19.

Den poetiske modernismen er en isme som viderefører det modernistiske formspråket der funksjonalistiske elementer kombineres med poetisk dyrking av former og materialer. Poetisk modernisme forbindes gjerne med arkitekter som italienske Carlo Scarpa og norske Sverre Fehn, men også japanske Tadao Ando. En av dem som har skrevet om denne stilart er Norberg- Schult (1997). Her er kjente byggverk Storhamar-låven av Sverre Fehn og Brion-gravplassen i Nord-Italia av Carlo Scarpa, se bilde.

Foto: Helge Solberg - Privat fotoarkiv.

3.2.4. Viktige karaktertrekk ved modernistisk arkitektur

Et kraftsenter i utviklingen av den innovative modernistiske arkitekturen ble Bauhaus-skolen i Tyskland, som ble etablert i 1919. Sterke personligheter underviste på skolen; Walter Gropius, Mies van der Rohe, Henry van der Velde, László Moholy-Nagy, Paul Klee og Wassily Kandinsky, for å nevne noen av de mest kjente.¹⁶ Etter hvert ble Bauhaus til et av verdens mest innflytelsesrike utviklingssenter for arkitektur og kunsthåndverk i det 20. århundre. Bauhaus-skolens pedagogikk er også blitt kopiert av mange arkitekt- og kunsthøgskoler i den vestlige verden.

En viktig del av Bauhaus-slagkraften stammet også fra de produktene som lærerne

16. Whittick, A. (1963). Bauhaus. I G. Hatje (red.), Encyclopaedia of modern architecture (pp. 43-47). London: Thames and Hudson. Se side 43 – 47.

ved institusjonen leverte, både kunstverk og bygninger. Der står Bauhaus-bygget i Dessau fra 1926 sentralt, se fig. 3.9.¹⁷ Karakteristiske trekk er geometriske former, lyse og glatte overflater uten dekorasjon. Store vindusflater fører lyset inn i bygningen og utkragede bygningsdeler som understreker letthet og vektløshet er viktige elementer. Interiøret er åpent, lett og lyst, der det spilles på visuell kontakt og opplevelse.

De viktigste byggematerialene i konstruksjonen av modernistiske arkitektur var armert betong, stål og glass. Det flate taket var uten tvil koblet til byggestilen, fordi det passet så godt til de lyse og udekorerte veggflatene, ifølge forfatteren Tom Wolfe (1983), en av Bauhaus-stilens skarpeste kritikere. En vesentlig del av Bauhaus-ideologien var det å ta avstand fra tradisjonen og eldre byggestiler, uttrykt i læresetningen om at man må begynne fra nullpunktet.¹⁸ Etter hvert ble det enighet om de viktigste elementene i den modernistiske arkitekturen, som ifølge Millasi (2009) er fire grunnformer:

- Den hvite boksen. Et kjent eksempel her er Villa Savoye (1928-31) av Le Corbusier.
- Glasshuset. Et kjent eksempel her er Farnsworth (1945-51) designet av Mies van der Rohe.
- Den bløte formen. Et kjent eksempel på dette er Einsteintårnet (1917-24) av Erik Mendelson.
- Den skjeve formen. Et eksempel på dette er Tatlin-tårnet (1920) av V. Tatlin.

Disse formene ble etter hvert til grunnleggende modernistiske arketyper, som i dag finnes i ulike varianter, men også i kombinasjoner i modernistisk arkitektur verden over. Men det var flere ting et nytt bygg skulle ha for å kunne defineres som innovativ modernistisk arkitektur, her sammenfattet under seks punkter:

- *Ærlighet* i bruk av materialer, former og byggeteknikk.
- *Ornamenter* er uønsket og uekte.
- Den frie planen.
- Fremtredende og store glassflater.
- Hvit, lys eller grå fargebruk.
- *Flatt tak* med takterrasser, av Le Corbusier kalt ”den femte fasade”.

Alle disse prinsippene ble svært viktige og på en måte grunnsteiner i utformingen av den innovative modernistiske arkitekturen. I denne utforskningen er fokuset rettet mot tre av begrepene i listen ovenfor; ærlighetsprinsippet, uønskede ornamenter og flate tak. Senere drøftes det hvordan disse tre designprinsippene kobles til studien av designforårsakede byggskader.

17. Sharp, D., & Gropius, W. (1993). Bauhaus, Dessau: Walter Gropius. London: Phaidon.

18. Wolfe (1983), se side 3-12.

3.2.5. Ærlighetsprinsippet

Ærlighetsprinsippet eller kravet om den sanne og ekte arkitektoniske konstruksjonen stammer i første rekke fra Viollet-le-Duc, og ble senere videreutviklet av de modernistiske avantgarde-arkitektene i begynnelsen av det 20. århundre. Det ble etter hvert viktig å dra frem det sanne og ekte og vise frem konstruksjonen i sin helhet uten påklistret pynt. Louis I. Kahn, en fast tilhenger av ærlighetsprinsippet, sa en gang at et arkitektonisk utformet rom er et rom der man ser hvordan det er laget.¹⁹ Samme prinsipp ble brukt på utforming av konstruksjoner og tekniske detaljer der alt skulle vises frem på en ærlig måte. Et kjent eksempel på dette var betongsøyler som blir vist frem slik de kommer ut av forskalingen. Den grunnleggende idéen er at hvert enkelt byggemateriale blir vist frem i sin ekthet, og på den måten skal materialets funksjon understrekes. Tunge og bærende bygningsdeler skal ifølge prinsippet være laget av tunge materialer og lette bygningsdeler av lette bygningsmaterialer. Konstruksjoner som skulle tåle trykk ble laget av stein og betong, mens konstruksjoner som skulle tåle strekk ble laget av tre og stål. Christian Norberg-Schulz sa det slik at ærlig arkitektur uttrykker hva som er bærende og hva som blir båret.²⁰

Det byggematerialet det var knyttet størst forhåpning til i begynnelsen av det 20. århundre var betong, som kunne gis ulike former ved bruk av armeringsstål. Gjennom bruk av betong så de modernistiske arkitektene muligheter til å skape ærlig byggekunst som ikke skjulte viktig konstruksjon bak et kunstig ytre. Hearn (2003) kaller dette designprinsipper ærlig utforming av konstruksjoner og sannferdig mot mediet dvs, de materialer og media men bruker til å lage den nye arkitekturen.²¹ De modernistiske arkitektene ble etter hvert betatt eller muligens heller besatt av idéen om ærlighet.

Eksempler på bruk av ærlighetsprinsippet kommer frem i bygninger av Frank Lloyd Wright, blant annet i hans eget hus Taliesin i Spring Green, Wisconsin. Grovt tilhugde sandsteinsblokker blir brukt i tunge bygningsdeler som piper og i ildsted og bærende vegger. Denne idéen ble så utviklet videre i Fallingwater, der ærlighetsprinsippet anvendes både i vegger av sandsteinsblokker og utkragede betongdekker.²²

En annen kjent modernistisk arkitekt som arbeidet med ærlighetsprinsippet er Le Corbusier, når han blander sammen eksponert betong og industrielt produsert teglstein i sine bygninger. Blant interessante bygg i denne stilen er Maisons Jaoul i Paris fra 1954.

19. Tietz, Hoffmann & Meuser (2000), se side 69

20. Forfatterens egen erindring fra et Norberg-Schulz-foredrag utenfor det sveitsiske studentehuset i Paris av Le Corbusier under en ekskursjon på 1980-tallet.

21. Hearn (2003), se side 223 og 255.

22. Se kapittel 7.2. om Fallingwater.



Fig 3.20.

Hedmarksmuseet på Hamar i Norge, bygget over middelalder-ruiner over en lengre periode fra 1967 til 2006 med flere utvidelser. Bygget er ett av hovedverkene til arkitekt Sverre Fehn (1924-2009). Museet er et utmerket eksempel på anvendelsen av ærlighetsprinsippet både i utforming av konstruksjon, materialbruk og detaljer. Det er også et eksempel på sofistikert blanding av prinsippene om solid- og flettverkskonstruksjon, omtalt i innledningen.

Foto: Magne og Siri Kvam - Privat fotoarkiv.

Innflytelsesrike budbringere av ærlighetsprinsippet var Alison og Peter Smithson, som utviklet den engelske utgaven av brutalismen. En annen innflytelsesrik engelsk arkitekt som tegnet flere viktige brutalistiske bygg var James Stirling. På 1960- og 70-tallet skapte han oppsiktsvekkende bygninger, som Leicester universitetsbygg og Historisk fakultet ved Cambridge universitet. I den engelske utgaven av brutalismen er ærligheten overført til alle deler av bygget. Rå betong brukes sammen med industrifremstilte fliser og teglstein og grove stålkonstruksjoner, som gjøres til en viktig del av estetikken.

I dag praktiseres ærlighetsprinsippet i innovativ modernistisk arkitektur over hele verden. Om det vitner Tadao Andos betongarkitektur like mye som Norman Fosters high-tech-bygninger. Den norske arkitekten Sverre Fehn var en ivrig talsmann for ærlighetsprinsippet både i prosjektering og undervisning. Et kjent eksempel av Fehn der ærlighetsprinsippet dyrkes er Hedmarksmuseet på Hamar (fig 3.20), der eksponert betong, limtre, teglstein, stål og glass i moderne versjon lager en tidsaktuell kontrast til gamle steinvegger fra middelalderen.²³

23. Norberg-Schulz, C., Postiglione, G., & Fehn, S. (1997). Sverre Fehn: samlede arbeider. Oslo: Orfeus.



Fig 3.21.

Pompidou -senteret i Paris, 1971-77. Arkitekt: Renzo Piano og Richard Rogers

Foto: Helge Solberg - Privat fotoarkiv.

Men det må påpekes at konsekvensen av denne ideologien ofte ble det motsatte. Flere av de mest kjente high-tech-bygg, som Lloydsbygget i London, ble meget kostbare å bygge og ikke minst kostbare å vedlikeholde og utbedre, mye på grunn av den eksklusive designen og de raffinerte detaljene.²⁴

Ifølge Martin Pawley (1939-2008), en engelsk arkitekturskribent, er ærlighetsprinsippet en av grunnpilarene i den modernistiske arkitekturen og det fundament som dens fremtid bygger på.²⁵

Men bruken av ærlighetsbegrepet i arkitektur har skapt problemer, blant annet fordi det er svært verdiladet og har en moralsk overtone, som kan brukes til å dekke over både overfladiske og uærlige handlinger. Et eksempel på det er ifølge Millais (2009) det kostbare operahuset i Sydney, som ble et svært problematisk byggeprosjekt; ikke fordi skalkonstruksjonen i taket var så vanskelig å konstruere, men mer fordi arkitekten Jørn Utzon krevde at konstruksjonen skulle fremstå som ærlig, noe som gjorde at de arkitektoniske, tekniske og økonomiske problemene eskalerte.²⁶

3.2.6. De uønskede ornamentene

Kravet om å fjerne ornamentene fra arkitekturen er en viktig følge av ærlighetsprinsippet. Opphavet til dette kravet kan føres tilbake til en artikkel kalt *Ornament und Verbrechen*, som den østerrikske arkitekten Adolf Loos skrev i 1908. Denne artikkelen ble i 1913 oversatt til engelsk under tittelen *Ornament and Crime*, og påvirket sterkt utviklingen av modernismen i arkitektur.²⁷ I denne teksten hevder

24. Ross (1997), se side 150-153.

25. Millais (2009), se side 215.

26. Millais, M. (2009), se side 216.

27. Loos, Adolf (1998).

Loos at ornamenter er et onde som byggekunsten bør kvitte seg med. Bruken av ornamenter sammenlignes med forbrytelse og lavkulturelle aktiviteter. På grunnlag av analysen av ornamentenes opphav og funksjon kommer Loos med følgende uttalelse:

I made the following discovery, which I passed on to the world: the evolution of culture is synonymous with the removal of ornamentation from objects of everyday use.²⁸

Argumentasjonen til Loos om fjerning av ornamentene fra arkitekturen er tredelt. Først er det det økonomiske argumentet om at ornamenter koster penger og arbeidskraft langt ut over det som er normalt. Ved å ta bort den unødvendige pynten, som ornamentene er for Loos, kan man spare masse penger som i stedet kan brukes på ærlige og ekte byggkvaliteter. En del av det økonomiske argumentet er at håndverkerne som arbeidet med ornamentikk fikk lavere lønn enn andre bygningsarbeidere, fordi dekorasjonsarbeid ble sett på som mindre viktig enn annet byggearbeid.²⁹ Det andre argumentet hos Loos er av politisk karakter, og går ut på at ornamenter er en del av den materielle verden som tilhører en besteborgerskapskultur som var utgått på dato. Loos sitt sluttargument er at ornamentering av bygninger ikke var annet enn en maske for å skjule dårlig håndverk, materielle skader og dessuten skulle dekke over viktige konstruksjonsdetaljer. Konklusjonen til Loos er at ved å ta bort de unødvendige ornamentene kommer bygningens ekte, ærlige og vakre kvaliteter frem i lyset.

Loos fikk muligheter til å prøve ut sine prinsipper i praksis, blant annet i Steiners



Fig 3.22.

Foto av Adolf Loos fra 1932. Loos var plaget av dårlig hørsel slik fotoet viser.
Foto: Almaas, I.H. (2005), side 10.



Fig 3.23.

L. og H. Steiner villa i Wien fra 1910, arkitekt: Adolf Loos.
Tietz & Meuser (2000), side 15.

28. Loos (1998), se side 167.

29. Hearn F. (2003), se side 279-280.

villa i Wien fra 1910. Steiner-villaen (fig. 3.23.) har et meget modernistisk utseende, til tross for at det er et 100 år gammelt hus. Det er spesielt den symmetriske og glatte fasaden mot hagen som er interessant i denne sammenhengen. Fasaden er uten ornamentikk og alle detaljer rundt vinduer og kanter er minimalistiske.

Loos sin teori om den ornamentløse arkitekturen fikk etter hvert stor betydning og ble lest av de ledende modernistene, deriblant Le Corbusier.³⁰ En av de få modernistene som fortsatt brukte ornamenter i sin arkitektur etter 1920 var Frank Lloyd Wright, som til slutt ble tvunget til å gi opp ornamenter, fordi det utelukket ham fra den eksklusive ”klubben” til avantgarde-modernistene. Det som fikk Wright til å slutte å bruke ornamenter, var da han ble forbigått av ledende autoriteter som Henry Russell Hitchcock og Philip Johnson i utstillingen *The International style; architecture since 1922*, som ble arrangert på Museum of Modern Art i New York (MoMA) på begynnelsen av 1930-tallet. Det var først med Fallingwater (1935-1939) at Wright kom med i klubben av ledende avantgarde-arkitekter, de som dyrket kreativitet og innovasjon gjennom dristig formgivning og minimalistisk detaljering.³¹

Fra 1920-tallet har det vært et slags forbud mot å bruke ornamenter blant arkitekter som definerer seg selv som en del av den modernistiske bevegelsen. Selvsagt var det ikke et reelt forbud, men først og fremst en fagpolitisk holdning som uttrykte hva som var en akseptert og ønskelig faglig innstilling. Dette er fremdeles gjeldende og har vært det mesteparten av det 20. århundre, med unntak av en kort periode på 1980-tallet, da postmodernismen var den herskende stilarten.

Noen teoretikere (Hearn 2003) påstår at det mangler teoretiske tekster fra nyere tid som drøfter ornamenter i modernistisk arkitektur. Men en viss endring ser ut til å være forestående. En pekepinn i den retning er et temanummer av Byggekunst (nå Arkitektur N) fra 2005, som omhandler ornamentikk i arkitektur. Av spesiell interesse er Hvattums (2005) artikkel ”Den nakne sannhet”, som drøfter de designfilosofiske sidene ved ornamentet i ny arkitektur, og introduserer flere referanser som drøfter problematikken rundt ornamenter i arkitektfaget.³² Debatten om ornamentet er en verdidebatt om hva arkitektur er, hva den ikke er og ikke minst hva den bør være, ifølge Summerson (1977).³³ Begrepet ”ornament” stammer ifølge Hvattum (2005) fra det latinske ordet *ornamentum*, mens verbformen er *ornare*, som betyr å utstyre, utruste eller utsmykke. Det påpekes at begrepsbruken er beslektet med å *ordne* i betydningen av å arrangere, gjøre i stand, innrette og/eller organisere. Hvattum

30. Hearn (2003), se side 279.

31. Se beskrivelsen av Fallingwater i kapittel 7.2.

32. Hvattum, M. (2005). ”Den nakne sannhet”: Et essay om ornamentikk og arkitektur. *Byggekunst*, XX (nr. 4), s. 14-19.

33. Hvattum refererer til en artikkel av Summerson, Johan (1977); ”What Is Ornament and What Is Not”. *VIA* III, 1977. Se side 6.

(2005) påpeker at i en slik betydning kan begrepet ”ornament” få en annen betydning enn det som er vanlig i modernistisk definisjon, nemlig noe pyntende og overfladisk, og i stedet bli til et ordnende og formidlende arkitektonisk element.

En annen interessant referanse er Moussavi, Kubo og Hoffman (2006), som diskuterer den estetiske og praktiske nytten av ornamenter i modernistisk arkitektur.³⁴ Hakonsen (2008), drøfter også ornamentet som estetisk begrep i samband med ny trehusarkitektur.³⁵ Disse referansene synes å tyde på et visst paradigmeskifte i arkitekturyrket i forhold til bruk av ornamenter. Det ser derimot ut som dette paradigmeskiftet ikke gjelder for detaljer som fremdeles utformes i henhold til kravet om den nakne sannhet og ærlighetsprinsippet.

En interessant vinkling på forholdet mellom ornamenter og byggskader kommer fra arkitekten og tegneren Hellman (1988) gjennom en humoristisk tegning, se fig. 3.24.³⁶ Hellmann påpeker at modernisten muligens misforstår ornamentets funksjon; at ornamenter ikke bare er pynt, men også har den viktige funksjon å lede fukt bort fra kritiske sammenføyninger og dekke over noe som ikke skulle vises som sprekker og misdannelser. Dette står i sterk motsetning til de modernistiske og nakne detaljene som eksponerer følsomme sammenføyninger og på den måten unnlater å skape den nødvendige beskyttelsen for klimautsatte bygningsdeler. Her knytter denne innstillingen seg til risikabel og dristig formgivning, som atter skaper gode utviklingsforhold for flere byggskader i klimaskjermen.

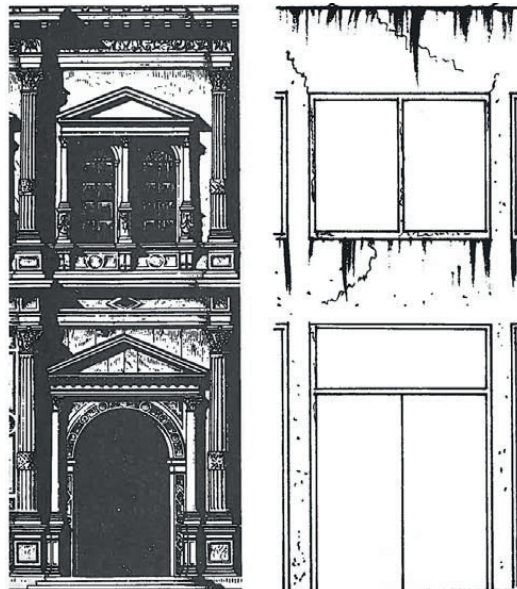


Fig 3.24.

Hellmans vitsetegning som viser klassisk og modernistisk fasade side om side. I den ene fasaden skjules skavankene bak ornamentene, mens i den andre eksponeres alt.

Kilde: Hellman (1988), side 163.

34. Moussavi, F., Kubo, M., & Hoffman, J. S. (2006). *The Function of ornament*. Barcelona: Actar.

35. Hakonsen, F. (2008). *Treet's ornamentale liv*. I K. E. Larsen & F. Hakonsen (red.), *Kledd i tre: tre som fasademateriale* (s. 21-28). Oslo: Gaidaros forl.

36. Hellman, L. (1988). *Architecture for beginners*. New York: Writers & Readers.

3.2.7. Det flate taket



Fig 3.25.

Weißenhofsiedlung i Stuttgart. Et boligområde hvor den nye arkitekturen ble vist frem, tatt i bruk i 1927. Sjefsarkitekt var Mies van der Rohe. Arkitekter fra flere land bidro med hus på utstillingen, blant dem Le Corbusier, Gropius, Pier Oud, Peter Behrens og Hans Scharoun.

Kilde: wohch2wei.at.

En sentral del av den innovative modernistiske arkitekturen er det flate taket. Det store gjennombruddet for denne takformen i moderne tider skjedde med Weißenhof-komplekset i Stuttgart i 1927, som av Norberg-Schulz (1980) blir karakterisert som det viktigste manifestet av den internasjonale stilen.³⁷ Fotografiet i fig.3.25. viser et stort boligområde som ble et av modernismens viktigste byggeprosjekter sammen med Bauhaus-bygget i Dessau. I dette boligområdet finner man alle de viktigste arkitektoniske elementene som karakteriserer den innovative modernistiske arkitekturen. Weißenhof-utstillingen vakte stor oppsikt, ikke minst fordi den sto i sterk kontrast til eksisterende bygningsmasse. Det som bidro til suksess var ikke minst at alle de mest kjente avantgarde-arkitektene i Europa bidro med bygg på utstillingen.

Når det flate taket drøftes, bør det påpekes at denne takformen ikke er en modernistisk oppfinnelse. Tvert i mot er den blitt brukt i den tradisjonelle arkitekturen rundt omkring i verden i årtusener. Studier av arkitekturhistorien viser at det flate taket ble brukt både i lokal folkearkitektur i tørre områder i Østen og rundt Middelhavet så vel som i den klassiske arkitekturen. En viss forløper til det flate modernistiske taket finner man i den neo-klassisistiske arkitekturen, for eksempel i bygninger av den tyske Karl Friedrich Schinkel (1781-1841). Her kan nevnes Bauakademiet i Berlin fra 1836.³⁸ Dette byggverket blir av flere vurdert som viktig i utviklingen av den modernistiske arkitekturen, med sin kvadratiske form og strømlinjeformede utseende og med behersket bruk av neo-klassisistiske detaljer.

Noe av det Weißenhof-komplekset ble kritisert for var at det lignet en primitiv

37. Norberg-Schulz, C. (1980). *Meaning in western architecture*. London: Studio Vista.

38. Schinkel, K. F. (1982). *Collected architectural designs*. London: Academy Editions. Se bilde nr. 115 til 122.

afrikansk landsby.³⁹ Denne kritikken var ikke ubegrunnet, for selv om modernistene var inspirert av moderne transportmidler som fly og cruiseskip, søkte de like mye inspirasjon i den anonyme arkitekturen, spesielt fra Middelhavsområdet og Nord-Afrika. Om dette vitner blant annet Le Corbusiers beskrivelser fra reiser i området rundt Middelhavet like mye som bilder av folk som nyter utsikt og rekreasjon oppe på dekket av et moderne passasjerskip, skipets femte fasade.⁴⁰ I

Middelhavsregionen finnes lokal arkitektur bygget med enkle kasseformer av leire og stein og flate tak som har slående likheter med den funksjonalistiske arkitekturen. Eksempler på slik arkitektur er de hvite husene på de greske øyene. I de tørre områdene ved Middelhavet og Nord-Afrika er imidlertid det flate taket resultat av en lang utviklingsprosess. Takformen er tilpasset det lokale klimaet, tilgjengelige byggematerialer og lokal byggeteknikk. En viktig drivkraft har vært konstant mangel på drikkevann, der det flate taket har den viktige funksjonen å være oppsamlingssted for bruksvann når det regner. Det flate taket har også en annen funksjon, nemlig som oppholdssted i tettbygdd struktur i bratt terreng, noe man blant annet finner på den greske øya Santorini, slik fig. 3.26. viser.

Fordi modernister som Le Corbusier ble inspirert av sine reiser i Middelhavsregionen, finner man ikke uventet slående likheter mellom den anonyme arkitekturen og et av hans best kjente byggverk, Villa Savoye, som vises i fig. 3.27. Villa Savoye står derimot i et helt annet klima enn inspirasjonskildene. Det faller en god del mer nedbør i Nord-Frankrike enn i de tørre områdene ved Middelhavet i Nord-Afrika. Dette resulterte også i at det flate taket på Villa Savoye lakk fra første stund. En interessant beskrivelse på det problemet finner man hos Sully (2009), der den første byggherren klager til sin arkitekt og sier:



Fig 3.26.
Selvgrodd arkitektur på den greske øya Santorini.



Fig 3.27.
Villa Savoye fra 1929 av Le Corbusier.
Kilde: Cambridge2000.com

39. Tietz, Hoffmann & Meuser (2000), se side 39.

40. Le Corbusier & McQuillan, T. (2004).

”Dear Monsieur Le Corbusier. It is still raining in our garage.”⁴¹

Le Corbusier var en ivrig talsmann for det flate taket, som han kalte den femte fasade, og som arkitekten burde legge like mye i utformingen av som andre fasader.

En vesentlig side og argument som modernisten brukte til fordel for det flate tak var at det skapte mulighetene for konseptet om den frie planen. En viktig talsmann for dette konseptet var Le Corbusier som illustrerte sine ideer første gang i et konsept som ble kalt Domino House fra 1915.⁴² Fra Le Corbusier stammer også ideen om takhagen, hus på søyler, vindusbandet og den frie fasade. Alle disse ideer bygger på en klar og ærlig konstruksjon. Om det sier Mies van der Rohe; ”The free plan and a clear construction cannot be kept apart”.⁴³ Sammen skapte disse konseptene siden muligheter for frihet i planutforming.

Et annet argument som modernisten ofte fremmet til fordel for det flate taket var at det var det motsatte av skråtaket som var så karakteristisk for husene til besteborgerne og adelen. Wolfe (1982) påstår at dette argumentet, som var sammenfallende med de anti-borgerlige holdningene til ledende modernister, overskygget andre mer praktiske argumenter.⁴⁴

Det modernistiske flate taket var likevel omdiskutert fra starten av. Et eksempel på det er en opphetet debatt på 1920-tallet, der tekniske, økonomiske og estetiske argumenter ble brukt for og imot det flate taket.⁴⁵ Debatten sto mellom såkalte modernister og tradisjonister, blant annet gjennom tidsskrifter der ledende samtidsarkitekter som Mendelsohn, Oud og Le Corbusier argumenterte for det flate taket.⁴⁶ Debatten viser at tekniske svakheter som lekkasjer ble brukt som motargumenter. Modernistene var også klar over de svakheter det flate taket hadde. Særlig interessante er Le Corbusiers innlegg i debatten (Zalivako 2006), hvor han tar opp flere tekniske problemer tilknyttet flate tak. Et slikt problem er plassering av innvendig nedløp i et flatt tak for å unngå isdannelse, som var et kjent problem i kalde skråtak med mye luftlekkasjer (fig. 3.28). Et annet argument fra Le Corbusier til fordel for det flate taket var at snø på et flatt tak skapte ekstra isolasjon, noe som ikke var tilfellet med skråtak, der snøen fort raste ned den bratte takflaten.

I publikasjoner fra 1920-tallet kommer det frem at det ble arbeidet med mange

41. Sully, N. (2009). Modern Architecture and Complaints about the Weather, or, ”Dear Monsieur Le Corbusier, It is still raining in our garage...”. *M/C Journal*, 12(4).

42. Norberg-Schulz, C. (1980). *Meaning in western architecture*. London: Studio Vista. Se side 188.

43. Norberg-Schulz, C. (1980), se side 190.

44. Wolfe, T. (1982), se side 23-24.

45. Zalivako, A. (2006). *The Modern Movement and the Flat Roof Discussion*. Paper presented at the 9th International DOCOMOMO Technology Seminar, Görlitz, Tyskland.

46. Zalivako (2006), se side 62.

typer flate tak. En interessant oversikt finnes hos Siedler (1932) i en tysk håndbok om teknisk utførelse av den funksjonalistiske arkitekturen. En utbredt utgave av det modernistiske flate taket var såkalt grustak (gravel roof), med taktekkning som besto av flere lag med impregnert papp der det øverste laget er dekket til med småstein, hovedsakelig for å beskytte taktekkningen mot UV-stråling.⁴⁷ Utførelsen ute ved kanten var et metallbeslag som både hadde rollen å feste taktekkningen og være stopper for steinbelegget. En tilsvarende utførelse finner man i deler av de flate takene i Fallingwater fra 1938, men også i Universitetet på Dragvoll fra 1978.⁴⁸ Takkonstruksjonen under slike tak kunne variere. I begynnelsen var det ikke uvanlig å bruke tre, mens man senere mer gikk over til å bruke betongdekke. En utførelse som ble ganske utbredt på funksjonalistiske bygg på Island var taktekkning der et betongdekke ble malt med flytende asfalt. I begynnelsen var slike tak isolert innvendig, men fuktskader oppstår ganske fort i slike tak, hovedsakelig på grunn av mangelfull isolasjon og kondensering.

Eksempler på flatt tak bygget opp med takstoler fra tidlig i den funksjonalistiske perioden finner man i Centrosoyuz-bygget i Moskva, tegnet av Le Corbusier, i samarbeid med den russiske arkitekten Nikolai Kolli. Taket på dette bygget er et oppfôret tretak oppe på en betongkonstruksjon. Taktekkingen var impregnert papp eller asfaltduk limt til

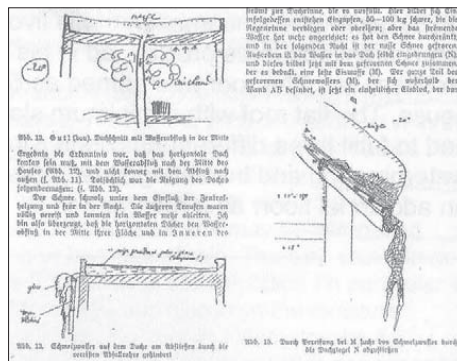


Fig 3.28.
Le Corbusiers innlegg i debatten om det flate taket. Skissen viser arkitektens tanker rundt avrenning og isdannelse på flate og skråe tak.
Kilde: Zalivako (2006), side 62.

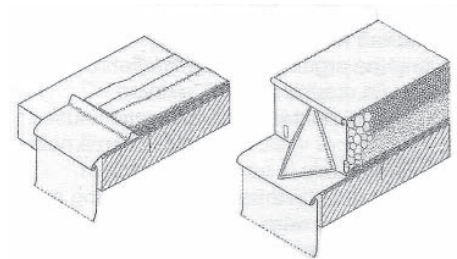


Fig 3.29.
Eksempel på grustak.
Kilde: Zalivako (2006), side 61.

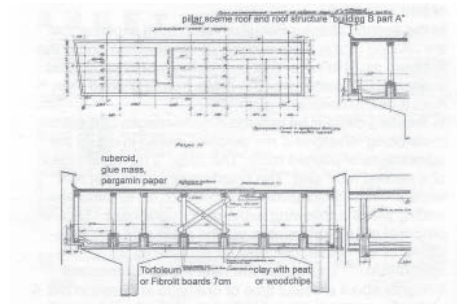


Fig 3.30.
Eksempel på oppfôret og luftet flatt tak.
Kilde: Zalivako (2006), side 64.

47. Zalivako (2006), se side 61.
48. Se Eksempelstudier; kapittel 7.2 og 7.3

et underlag av trebord. Denne måten å bygge opp et flatt tak på var problematisk på 1930-tallet, og er det fremdeles dersom designet og/eller utførelsen er mangelfull. Eksempler på problematiske tak av denne typen finnes i takterrassen i Fallingwater og i tretaket over seremonirommet i Moholt krematorium, som utforskes i det 7. kapitlet.

Diskusjonen om fordeler og ulemper ved det flate taket har vært vedvarende fra 1930-tallet og opp til dags dato. Det er interessant å merke seg at argumentene for og imot det flate taket i hovedsak er de samme i dag som på 1930-tallet.⁴⁹ De som i dag taler for det flate taket er i hovedsak folk som liker den modernistiske arkitekturen. Mange arkitekter er blant disse. På den andre siden er de som liker tradisjonell arkitektur. I denne gruppen er det mange huseiere som har motforestillinger mot flate tak, enten av egen erfaring eller de bygger sine synspunkter på andres erfaringer og fordommer.

Talsmennene for det flate taket påpeker at det flate taket ikke kan dømmes som ubrukelig på grunn av tekniske problemer i fortiden, og henviser til at det i dag finnes mye bedre materialer og tekniske løsninger. Det påpekes at denne takformen er like god som skråtak og i enkelte tilfeller bedre. Et argument er at det flate taket har mindre volum enn skråtak og av den grunn kan være rimeligere å bygge. Slike tak passer derfor utmerket på bygninger med store takflater. Et annet viktig argument er at flate tak gir muligheter for friere utforming av interiørplaner, både i store bygg og småhus. Hus med krumme fasader og planer med mange sprang håndteres bedre med flate tak enn under et skrått tak som skaper flere begrensninger.

Hovedargumentet hos tilhengerne av flate tak er at hus med flate tak er penere å se på enn hus med skrå tak, fordi det skråe taket gjør at bygningen oppleves som tung og klossete. Motstanderne av flate tak påpeker at erfaringer viser at flate tak lekker mer enn skrå tak, og at de derfor ikke er særlig egnet i fuktig klima i de nordiske landene og resten av Nord-Europa. Utseendet blir også brukt som argument mot det flate taket, der det hevdes at flate tak er stygge å se på fordi de gjør husene lave og kasseaktige. Studier av ny arkitektur bygget etter 2000 viser at det flate taket er svært populært og har slått igjennom som den mest dominerende takformen, i hvert fall i de nordiske landene. Teknisk er de flate takene mye bedre i dag enn tidligere. Forbedringene ligger ikke minst i bedre taktekking, lufting og varmeisolasjon. Lekkasjer i flate tak før i tiden stammet ofte fra kondensering og mangelfull ventilering. Det bør også påpekes at taklekkasjer i dag forekommer oftere i flate tak enn andre takformer, et tema som utdypes senere, blant annet i det 6. kapitlet.⁵⁰

49. Zalivako (2006), se side 62-63.

50. Informasjon om lekkasjer i flate tak finnes i kapittel 6.3.

3.3. Eksempler på innovativ modernistisk arkitektur



Fig 3.31.

Farnsworth-huset (1945-51). Et av høydepunktene i Mies van der Rohes minimalistiske glass- og stål arkitektur.

Foto: Helge Solberg - Privat fotoarkiv.

Den innovative moderne arkitekturen ble i hovedsak utviklet i Europa og USA før og etter andre verdenskrig. Nybygging etter Walter Gropius og Le Corbusier er blant annet blitt trukket frem. En sentral person var Mies van der Rohe, som ble en åndelig leder for den internasjonale modernismen. Kjente verker av Mies van der Rohe er Seagram-bygget i New York fra 1958, men også Farnsworth feriehus i nærheten av Chicago, ferdigstilt i 1951. Dette bygget er designet i henhold til alle de modernistiske designideene som kan sammenfattes i setningene "Less is more" og "God is in the detail(s)", som ble til et slags mantra for kreative arkitekter med tilbøyelighet for modernistisk og minimalistisk arkitektur. Illustrasjon 3.32 er viser detaljer i klimaskjermen.

En arkitekt som søkte inspirasjon hos Mies van der Rohe var den engelske Sir Norman Foster i sin high-tech-arkitektur utformet med minimalistiske detaljer. Et interessant bygg av Foster er BPC-kontorbygget i Duisburg i Tyskland, se fig. 3.33., 3.34. og 3.35. Bygget er en utgave av elegant stål- og glassarkitektur med minimalistiske detaljer. Det ble sett på som meget innovativt med doble glassfasader som etablerer et naturlig ventilasjonssystem. Intensjonen var å lage et bærekraftig bygg, som produserte energi i stedet for bare å bruke den. Foster er en innovativ og verdensberømt arkitekt,

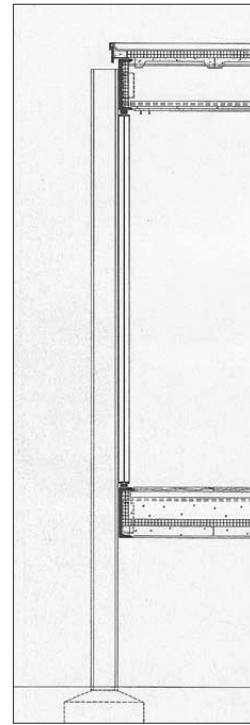


Fig 3.32.

Vertikal detalj i vegg-tak i Farnsworth-huset.

Kilde: Blaser, W. (1991), se side 112.



Fig 3.33.
The Business Promotion Centre in Duisburg (1988-1993). Bygget har øyeformet grunnplan, konkav takform og fasader av speilende glass.
Kilde: Foster+Partners (1988-1993).

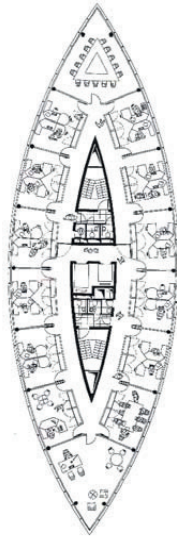


Fig 3.34.
Plan av bygget som består av 8 etasjer, tilsammen 4000 m².
Kilde: S.B.(1993), side 293.

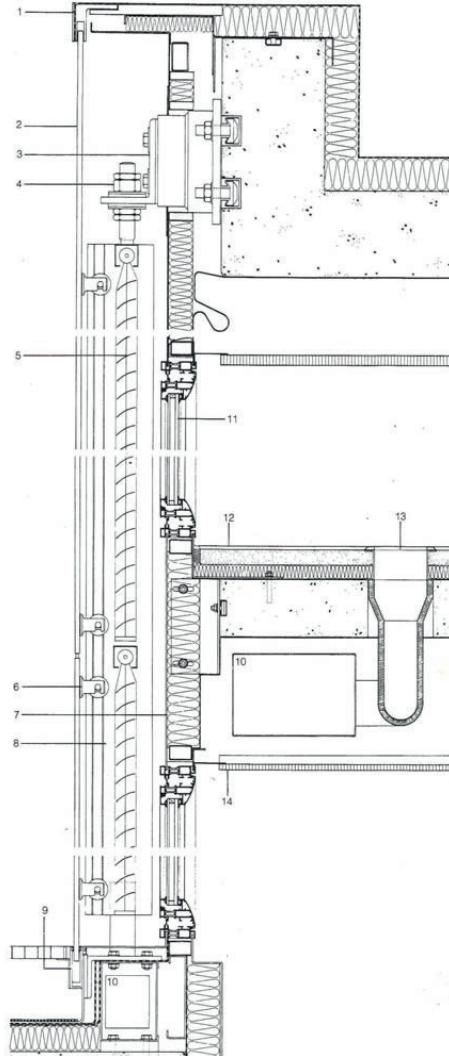


Fig 3.35.
Detalj i klimaskjermen på BPC i Duisburg. Bygningen har såkalte dobbel fasade (double skin facades). Bygget er et eksempel på innovativ glassarkitektur fra slutten av det 20. århundre, og er omtalt i flere artikler og bøker om ny arkitektur. Etter ferdigstillelsen har bygget vært plaget av byggskader. Blant annet måtte eier skifte ut hele den ytre glassfasaden på grunn av feil i glasset. Klimasystemet har også fungert dårlig og sluker energi, ifølge Eicke-Hennig (2003).
Kilde: S.B. (1993), side 29.

som arbeider etter prinsippet om å utvide grensene. Uttrykk for denne holdningen finner vi i dette sitatet:

Ever since man came out of the cave, he has been on the cutting edge of technology, always pushing the limits.⁵¹

Men det dristige designet i BPC-bygget har ført til problemer, blant annet brister i glassfasaden og mangler ved klimasystemet.⁵² Huset skal også sluke energi til tross for intensjoner om det motsatte.⁵³

3.3.1. Innovativ modernistisk arkitektur i dag

Det hevdes her at den innovative modernistiske arkitekturen som produseres i dag i store trekk bygger på den ideologiske arven fra de modernistiske pionerene før og etter andre verdenskrig. En viktig endring har likevel funnet sted. Blant de innovative arkitektene som følger den modernistiske designideologien, er det i dag lagt mindre vekt på funksjonen i utformingen av arkitektur enn man skulle tro ut fra læresetningen om at formen skal følge funksjonen. Denne endringen kan føres tilbake til 1940-tallet, og til en økt bevissthet blant ledende arkitekter om at de hadde spesielle kunstneriske plikter, noe som veide tyngre enn funksjonen og behovene til brukerne. Konsekvensen av dette ble at ledende arkitekter begynte å bagatellisere funksjonen som den viktigste forutsetningen for modernistisk formgivning. I stedet ble oppmerksomheten i økende grad flyttet over på det estetiske utseendet, og formen skulle derfor bli et resultat av kunstnerisk kreativt arbeid. En av dem som har uttalt seg om dette er arkitekten Philip Johnson, en betydningsfull kritiker og trendsetter, som sa:

Where form comes from I don't know, but it has nothing at all to do with the functional or sociological aspects of our architecture.⁵⁴

Lignende holdninger finnes hos Peter Eisenman, en viktig foregangsfigur og faglig autoritet blant avantgarde-arkitekter på østkysten av USA. Kjent er hans funksjonsfiendtlige innstilling, hvor han sier:

I don't do function. [...] None of my houses is shaped for client's needs. They are designed to shake them out of those needs.⁵⁵

51. Foster, Norman (1999). Laureate, Biography. The Pritzker Architecture Prize. Hentet 16. august 2011, fra http://www.pritzkerprize.com/laureates/1999/_downloads/1999_bio.pdf

52. Rossmann. (1998). Das leckgeschlagen Flaggsschiff. Der Architekt 10(9), s. 558-559

53. Eicke-Hennig, W. (2003). Glasarchitektur – Lehren aus einem Großversuch. Hentet 3. april 2006, fra <http://www.energiesparaktion.de/downloads/energiepass/Fachbeitraege/Glasarchitektur.pdf>

54. Heyer, P. (1978). Architects on architecture: new directions in America. New York: Walker. Se side 279.

55. Cuff (1991), se side 40-41.

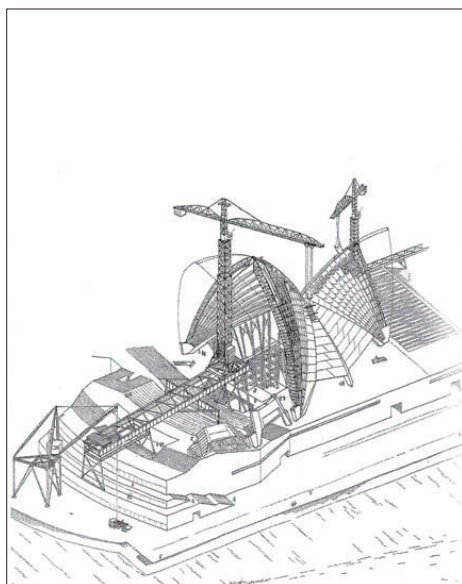


Fig 3.36.
Operahuset i Sydney. Tegning som viser byggingen og stammer fra planleggingen.
Kilde: Mikami, Y. (2001), side 89.

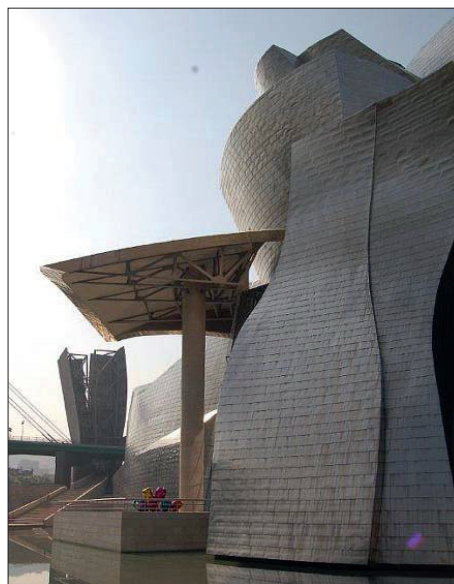


Fig 3.37.
Guggenheim-museet i Bilbao.
Foto: Tore Haugen - Privat fotoarkiv.

Stjernearkitekter som Frank Gehry, Steven Hall, Richard Meier og I. M. Pei ser først og fremst på seg selv som kunstnere som skaper kunstverker. Noen av Frank Gehrys bygg har få likheter med hus og minner mer om skulpturer. Et eksempel på det er Guggenheim-museet i Bilbao fra 1997, som vises i fig. 3.37. Med de buede formene kledd med blankt titanstål minner dette huset mer om et objekt fra verdensrommet. Bilbao-museet som ble designet og bygget ved hjelp av avanserte dataprogrammer, blir ofte trukket frem som eksempel på hvor langt man kan komme innen innovativ modernistisk design, når store kunstnere tar i bruk moderne datateknologi.

I en interessant artikkel sammenligner Flyvbjerg (2005) designverktøyet som Frank Gehry og hans team brukte for å designe Bilbao-museet på slutten av 1990-tallet, med de metodene og verktøyene som Jørn Utzon brukte i designet av operahuset i Sydney på 1970-tallet.⁵⁶ Det er en velkjent sak at operahuset i Sydney tok 14 år å bygge og ble mange ganger dyrere enn planlagt, mens Bilbao-museet av Gehry ble bygget innenfor tids- og kostnadsrammer. Ifølge Flyvbjerg ligger forskjellen mellom disse to prosjektene hovedsakelig i to forhold. For det første klarte Frank Gehry å få respekt og aksept for sine kunstneriske og arkitektoniske synspunkter, mens Jørn Utzon var underlagt politisk innblanding og et feilaktig kostnadsestimat i starten, som førte til mange problemer. Det andre som gjorde at Bilbao-museet kom i mål

56. Flyvbjerg. (2005), se side 50-59.

og ble et suksessprosjekt, mens operabygget i Sydney ble et skandalebygg, var det faktisk at Frank Gehry og hans team kunne designe bygget ned til minste detalj ved hjelp av avanserte digitale tegneprogrammer som muliggjorde arbeidet i tre dimensjoner. Dette var noe annet enn det Utzon og hans kolleger kunne gjøre, som ble nødt til å bruke vanlig tegneutstyr og modeller av papp og tre i sitt arbeid. Alt dette er sant og riktig etter det man vet, men én ting har Flybjerg utelatt i sin analyse; at Utzon var en overbevist tilhenger av ærlighetsprinsippet, noe som ikke er tilfellet hos Gehry i utformingen av Guggenheim-museet i Bilbao.⁵⁷ At Utzon var en trofast tilhenger av ærlighetsprinsippet er godt dokumentert i Murrays (2004) oversiktlige bok om byggingen av Operahuset i Sydney.⁵⁸ Der kommer det klart og tydelig frem at Utzon ikke ville ha noe juks. Kravet var at konstruksjonen skulle fremstå som ærlig, slik han uttrykte det overfor sin samarbeidspartner, ingeniøren Ove Arup.⁵⁹ I arkitektfaget blir Utzon beundret som den prinsippfaste helten som til slutt gikk av med seieren.⁶⁰ Dette problemet med ærlighetsprinsippet hadde ikke Frank Gehry, som ikke var opptatt av å gjøre konstruksjonen ekspressiv, slik Utzon var. Hans bygg har bærende stålkonstruksjon som ligger skjult bak flere lag med platekledninger, både ute og inne.

Det er fullt mulig at en viktig medvirkende faktor til suksess hos Frank Gehry ligger i det ledelsesprinsippet han brukte samt det digitale designverktøyet, slik Flyvbjerg hevder, men det forklarer ikke de store forskjellene. Her spørres det om forskjellen kan ligge i at Utzon designet sitt bygg ut fra en ortodoks holdning til ærlighetsprinsippet, noe som ikke var tilfellet hos Frank Gehry.

Et paradoks og en tankevekker er hvor lite de nye ledelsesprinsippene og det digitale designverktøyet hjalp Frank Gehry i utformingen av Stata Center på MIT i Boston som ble tatt i bruk i 2004. Dette bygget har siden ferdigstillelsen vært plaget av byggskader, deriblant lekkasjer i klimaskjermen. Resultatet av disse problemene ble at byggherren saksøkte arkitekt og entreprenør i 2007, på grunn av feil og mangler. Følgende sitat indikerer mangelfull design:

deficient design services and drawings, which caused leaks to spring, masonry to crack, mold to grow, drainage to back up, and falling ice and debris to block emergency exits.⁶¹

-
57. Det bør påpekes at Flyvbjerg er planlegger, ikke arkitekt, og muligens derfor ikke kjenner til ærlighetsprinsippet.
58. Murray, P. (2004). *The saga of Sydney Opera House: the dramatic story of the design and construction of the icon of modern Australia*. London: Spon Press. Se side 25.
59. Murray (2004).
60. Mikami, Y. (2001). *Utzon's sphere: Sydney Opera House - how it was designed and built*. Tokyo: Shokokusha.
61. Murphy, S. (2007, November 6). MIT sues Gehry, citing leaks in \$300m complex. Blames famed architect for flaws at Stata Center, *The Boston Globe*. Retrieved from <http://www.boston.com/news/local/articles/2007/11/06/M.I.T. sues Frank Gehry>.



Fig 3.38.
Stata Center på MIT i Boston fra 2004.
Foto: Albina Thordarson - Privat fotoarkiv.

State-sentret er et svært komplekst bygg satt sammen av mange forskjellige materialer og detaljer. Ikke minst har mange mennesker deltatt i byggeprosessen med ulike motiver. Ifølge Gehry er det også en av grunnene til de mange feilene som har plaget bygget, som ikke minst led av innsparinger fra byggherren. Frank Gehry forklarer motivene bak rettsaken slik: “M.I.T. is after our insurance”.⁶²

Et spørsmål her er om årsaken til byggskadene i Stata-sentret er måten de ulike former, bygningsdeler og materialer er satt sammen på, dvs. om feilen ligger i hvor kompliserte og dristige detaljene egentlig er?

En god målestokk på utviklingen av den innovative modernistiske arkitekturen er nye universitetsbygg på begge sider av Atlanterhavet. I lang tid har det vært en tendens blant universiteter å få ledende arkitekter – stjernearkitekter – til å designe praktbygg på sine universitetsområder. På universiteter både i USA og Europa finnes det mange bygninger av ledende samtidsarkitekter som blir foretrukket fremfor lokale arkitekter. Grunnen til dette er at en bygning designet av en stjernearkitekt vekker mye større oppsikt og interesse enn en bygning designet av en ukjent lokal arkitekt. De oppsiktsvekkende bygningene som kommer fra stjernearkitekter hjelper siden universitetene til å opparbeide seg en viss særstilling, som kommer til uttrykk i økt interesse i media. Dette hjelper så igjen til å skaffe penger fra fond og bedrifter til utbyggingen, men også til forskningsprosjekter. Dette fører så videre til at universitetet er bedre utrustet i konkurransen om studenter og den beste arbeidskraften. Innovativ arkitektur blir på denne måten et middel i konkurransen universitetene imellom. Om disse innovative bygningene lider av en viss mengde byggskader ser ikke ut til å ha større innvirkning på denne drivkraften.

3.4. Avsluttende kommentarer

I dette kapitlet er forskningsfeltet blitt identifisert og avgrenset ved å diskutere teoretiske referanser og introdusere konkrete eksempler på innovativ modernistisk arkitektur. En del av diskusjonen er å se på problemstillingen ut fra rivaliserende

62. Pogrebin, R., Zezima, K. (2007, November 7). M.I.T. sues Frank Gehry, Citing Flaws in Center He Designed. The New York Times. Retrieved from <http://www.nytimes.com/2007/11/07/us/07mit.html>

designteorier. På den ene side designteorier om utforming av den tradisjonelle arkitekturen, og på den andre siden modernistiske designteorier. Disse rivalene representerer ulike verdinormer og synspunkter på utformingen av klimaskjermen, men også ulikt syn på byggskader. I den sammenheng er Alexanders analysebegreper tilpasset og mistilpasset viktige. Det samme gjelder hans designstrategiske analysebegreper ”uselvisk prosess” og ”jeg-bevisst prosess”.

Det har kommet frem at et viktig fundament for den modernistiske arkitekturen var å rive seg løs fra den tradisjonelle arkitekturen gjennom innovasjon. I den sammenheng ble tre sentrale modernistiske designprinsipper introdusert; ærlighetsprinsippet, den ornamentløse arkitekturen og konseptet om det flate taket. Disse prinsippene representerer på en måte kjernen i modernistisk designideologi sammen med konseptet om arkitekten som kreativ kunstner og som dyrker det individuelle uttrykket. Det har kommet frem at nybygg designet etter disse prinsippene har en tendens til å utvikle prosessforårsakede byggskader i klimaskjermen tidlig i levetiden.

Flere eksempler på innovativ modernistisk arkitektur er blitt introdusert i kapitlet. Universitetsbygg i Europa og USA ble spesielt trukket frem. Mange av de eksemplene som er blitt drøftet finnes i eksempeldatabanken om modernistisk arkitektur med byggskader, som er blitt bygget opp i dette forskningsprosjektet. To slike universitetsbygg studeres i det 7. kapitlet.

Dristige detaljer

4. Klimapåkjenning og design

I dette kapitlet drøftes forholdet mellom klima og design i forhold til meteorologi, bygningsfysikk og teorier om klimatilpasset design. Målet er å legge opp et teoretisk rammeverk for diskusjon og analyse av forholdet mellom klimapåkjenninger, design og byggskader, i samsvar med forskningsspørsmålet:

- Hva slags påvirkning utøver den lokale klimapåkjenningen på starten av byggskadene i de eksemplene på innovativ modernistisk arkitektur som inngår i denne avhandlingen?

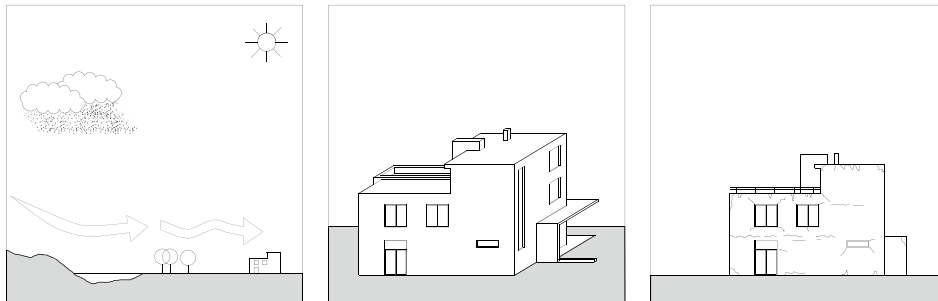


Fig 4.1

Hva er relasjonen mellom klimapåkjenning, formgivning av hus og designforårsakede byggskader?

4.1. Innledning

Før man starter drøftelsen av relasjonen mellom klimapåkjenning, design og byggskader bør en se på hva klimaet egentlig er. En enkel definisjon av klimaet stammer fra Thiis (2005), som sier at klimaet er ”været i et gitt område over en lang tidsperiode”.¹ Dette klimaet skaper siden en klimapåkjenning, som tidligere i avhandlingen ble definert som belastning på bygnings ytterflater, som består av vind, regn, snø, temperaturvariasjoner, luftfuktighet og solstråling inklusiv UV-stråling.² Denne klimapåkjenningen varierer over tid, og virker på de ulike delene av en klimaskjerm. En klimaskjerm ble innledningsvis definert som en bygnings ytre avslutning, i form av vegger, tak og gulv og/eller andre elementer som avgrenser innvendige bruksrom fra uteklimaet. I tusener av år har menneskene bygget ulike former for klimaskjerm for å lage ly mot vær, vind og kulde, og for å beskytte seg selv og verdiene sine mot naturens nedbrytende krefter. Resultatet av dette arbeidet

1. Thiis, T. K. (2005). Klimaundersøkelser. Byggforskserien. Planløsning 311.109 Byggforskserien. Oslo: Norges byggforskingsinstitutt.
2. Se kapittel 1.2.

finnes i forskjellige bygningsformer rundt omkring i verden. Noen av disse bygninger er svært godt tilpasset det lokale klimaet og beboernes behov. Disse bygningene kan av den grunn kalles klimatilpasset, mens andre bygninger ikke er tilpasset og motstandsdyktige når det gjelder den lokale klimasituasjonen, som til gjengjeld resulterer i byggskader.

Av litteraturen ser man at klimatilpasset arkitektur først og fremst finnes i tradisjonell arkitektur, som er blitt til gjennom langvarig utviklingsprosess. Der blir kjennetegnene mer karakteristiske etter som klimaet blir hardere.³ Man har lenge vært klar over hvor viktig det er å bygge bosteder som beskytter mot kulde om vinteren og varme solstråler. En viktig del av dette arbeid har også vært å forsøke å utnytte naturkreftene til beste for beboerne. Dette innebærer en må ha kunnskap om orientering av et byggverk i forhold til det lokale klimaet, samt plassering av åpninger for å kunne utnytte soloppvarmingen. Vitruvius omtaler slik kunnskap i følgende sitat:

If our designs for private houses are to be correct, we must at the outset take note of countries and climates in which they are built. One style of house seems appropriate to build in Egypt, another in Spain, a different kind in Pontus, one still different in Rome, and so on with lands and countries of other characteristics. This is because one part of the earth is directly under the sun's course, another is far away from it, while another lies midway between these two. [...] Thus we may amend by art what nature, if left to herself, would mar.⁴

Det er selvsagt mange faktorer som har formet arkitekturen igjennom tidene, men uten tvil har tilpasningen til det lokale klimaet vært en av de viktigste enkeltfaktorene. Slik var det i hvert fall fram til i begynnelsen av det 20. århundret, da den innovative modernistiske arkitekturen la opp til et klart brudd med den tradisjonelle arkitekturen. Nye bygningsformer, konstruksjoner, materialer og tekniske systemer i form av heiser og mekanisk ventilasjon ble oppfunnet, som gjorde det mulig å bygge høyhus av stål og glass, som reiste seg i stolthet mot himmelen uten å ta hensyn til det lokale klimaet. Det hadde de nye materialene og teknologien, og ikke minst arkitektenes visjoner om nye og annerledes konstruksjoner, gjort mulig. Et typisk eksempel på slik arkitektur, som viser liten følsomhet overfor det lokale klimaet, er Mies van der Rohe's prisbelønte Seagram-bygg i New York.⁵ I dag finnes eksempler på slike byggverk mange steder, til glede for noen og ubehag for andre. Noen av disse byggene er dårlig tilpasset det lokale klimaet, sluker energi og er plaget av byggskader. Et spørsmål her er om man ikke kan dra større lærdom av å studere

3. Albjerg, N., Dahl, T., & Friis Møller, W. (2008). Klima og arkitektur. [København]: Kunstakademiets Arkitektskoles Forlag.

4. Vitruvius Pollio, M. (1960). De architectura. New York: Dover. Se side 170.

5. Bougdah, H., Sharples, S., Deane, J., & Smith, P. F. (2010). Environment, technology and sustainability. London: Taylor & Francis.

arkitekturhistorien i arbeidet med å designe mer klimatilpassede bygninger. Dette gjelder både for den tradisjonelle og den modernistiske arkitekturen. I slike studier kan man både se etter gode eksempler på klimatilpasning som man først og fremst finner i det tradisjonelle byggeriet. Men man kan også bruke de mange mistilpassede modernistiske bygningene i arbeidet med å utvikle mer bærekraftig arkitektur for fremtidens byggeindustri. Det mener i hvert fall Bougdah og Sharples (2010), i følge sitatet:

Such buildings tended to have high level of energy consumption to maintain comfort. Concerns over fuel costs, environmental impact, sustainability and occupant health have led to a renewed interest in climate- sensitive building design. Many of the techniques that were intuitively learnt in the past are being re-visited and applied today in low energy, sustainable and environmentally-aware buildings⁶



Fig 4.2
Seagram-bygget i New York. Et eksempel på prisbelønnet modernistisk byggverk som tar lite hensyn til klimaet.
Kilde: Wikipedia.org

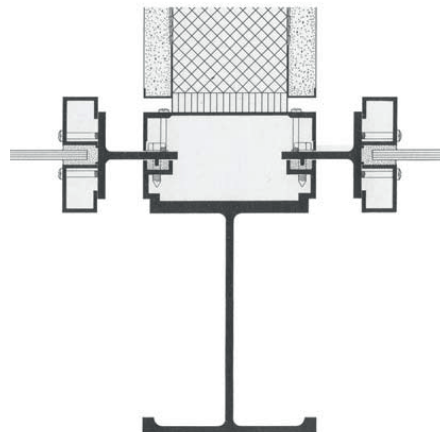


Fig 4.3
Seagram-bygget i New York. Horizontal detalj i yttervegg etter de modernistiske designidealene. Detaljer er lite klimatilpasset.
Kilde: Blaser, W. (1991), se side 143.

6. Bougdah, Sharples, Deane, & Smith (2010).

4.2. Klimasoner og klimapåkjenning

4.2.1. Klima og klimasoner

Begrepet klima stammer fra gammelgresk og betyr jordens helning i forhold til solstrålene. Både grekerne og romerne var klare over hvordan klimaet endret seg etter geografisk plassering, men også etter solens høyde og årstider. Det var et annet klima ved ekvator enn lengst i nord eller syd. Viten om dette førte etter hvert til at jorden ble delt opp i tre klimasoner. Vitruvius tar utgangspunktet i slik tredeling i sin tekst, når han sier:

En del av jorden ligger under solens bane, en annen ligger langt derfra, men en tredje ligger midt i mellom dem. Vi må bestrebe oss på å tilpasse oss himmelens posisjon og effekt på klimaet.⁷

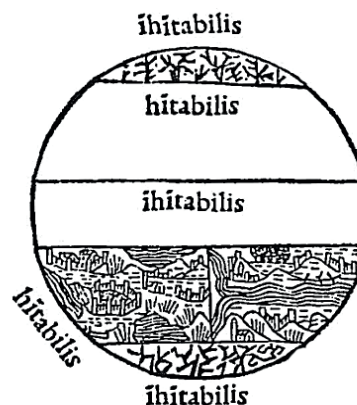


Fig 4.4.
Tegning som viser de fem klimasonene som beskrevet av Sacrobosco.
Kilde: Albjerg, Dahl & Friis Møller (2008), side 13.

En annen interessant inndeling i klimasoner stammer fra Johannes de Sacrobosco, en engelsk astronom som levde på 1200 tallet, men han delte jorden opp i fem klimasoner. En tegning viser denne inndelingen, der sonene ved polene og ekvator er "ihitabilis" eller ubeboelige, men det er kun to av klimasonene mellom polene og ekvator som er "hitabilis" eller beboelige for mennesker.⁸

Klimapåkjenning har store variasjoner både i intensitet og karakter etter geografisk plassering. I moderne meteorologi blir jorden delt opp etter Köppens klassifiseringssystem, som er en god del mer nøyaktig og detaljert enn det systemet Vitruvius og Sacrobosco brukte.⁹ Utgangspunktet hos Köppen er at han deler jordkloden i fire hovedklimasoner. Denne oppdeling vises i illustrasjon på denne siden.

- Arktisk klima
- Temperert klima
- Subtropisk klima
- Tropisk klima

7. Albjerg, Dahl & Friis Møller (2008), se side 13.

8. Albjerg, Dahl & Friis Møller (2008), se side 13.

9. Köppens klimaklassifisering er et system utviklet av den tyske meteorologen Wladimir Peter Köppen rundt 1900-tallet, med senere modifikasjoner.

Island og Norge ligger i den tempererte klimasonen, delvis inne i den arktiske klimasonen, og blir sterkt påvirket av havstrømmer, både de kalde som kommer fra Nordpolen og den varme Golfstrømmen. Av den grunn er det nødvendig med en viss underfordeling. Klimaet i Norge kan grovt deles inn i fire soner:

- Kystklima: karakteriseres ved til dels mye regn og vind, høy luftfuktighet og milde vintre.
- Innlandsklima: karakteriseres ved til dels varme somrer og kalde vintre.
- Høyfjellsklima: karakteriseres ved terreng over tregrensen, som medfører liten skjerming av vegetasjon. Nedbør og vind varierer sterkt etter høyde og orientering i forhold til vind- og solstråler.
- Polarklima: karakteriseres med lav temperatur, nedbør i form av snø og lang vinter.¹⁰

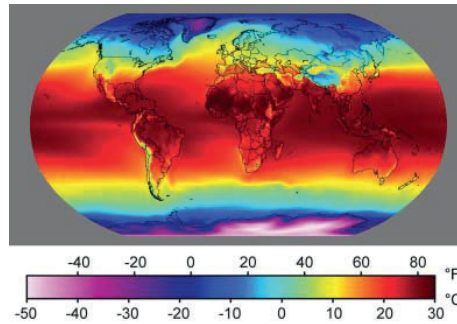


Fig 4.5
Årsgjennomsnittstemperaturer fra 1961-1990, som viser ulike klima på ulike breddegrader.
Kilde: Wikipedia.org.

En tilsvarende inndeling i klimasoner kan brukes til kategorisering av klimaet i Island. Langs kysten er det kystklima, innlandsklima inne i landet, høyfjellsklima oppe på viddene og polarklima på nordkysten av Island.

4.2.2. Klimapåkjenning

Klimaet varierer stort mellom områder avhengig av breddegrad, beliggenhet i forhold til hav, vind og nedbørmengde, samt topografiske forhold. Viktig for mikroklimaet på hvert enkelt sted er vegetasjon og om bebyggelsen er i et urbant miljø eller er frittstående hus. Solrike steder har lavere luftfuktighet og bedre tørkemuligheter enn bebyggelse på skyggefulle steder. Påkjenningen på bygningskonstruksjonen i værharde strøk med mye vind og nedbør kan være stor, med betydelig risiko for vind og slagregnskader. Hus som er plassert langs vann og vassdrag er utsatt for større risiko for fuktskader enn nedbørmengden tilsier.¹¹ Et av eksemplene som analyseres i det 7. kapittel, Fallingwater, er plassert over en foss som medfører store fuktpåkjenninger.

¹⁰. Edvardsen, Ramstad & Haug (2010), se side 49.

¹¹. Edvardsen, Ramstad & Haug (2010), se side 50.

Dristige detaljer

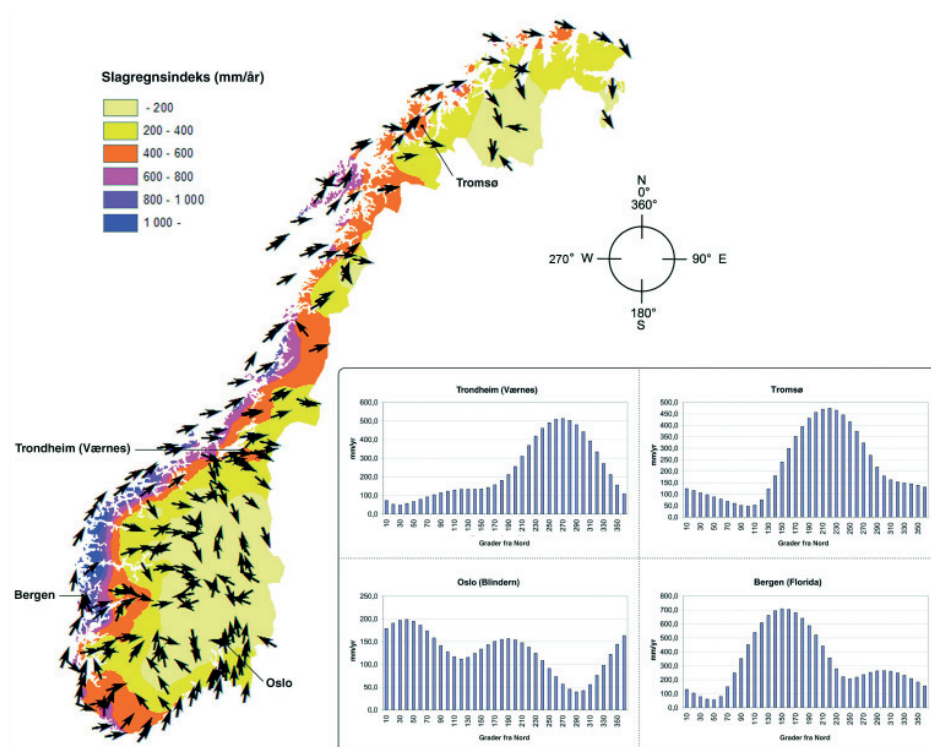


Fig 4.6

Slagregnskart for Norge for normalperioden mellom 1961-1990. Kartet viser årlig slagregnsmengde illustrert med fargeskala. Pilene viser den vindretningen som gir størst slagregnsmengde. Måleenheten er mm/år. Slagregnsmengder i fire byer er også vist i diagrammene, der retning i grader og mengde i mm er merket inn som søyler. Kartet påpeker at langs kysten er det fuktig vind fra sørvest som har størst effekt. Det er størst fuktighet på Vestlandet og minst innenlands på Østlandet.

Kilde: Lisø (2006) med norsk tekst av Thue (2008).

Registrering av de ulike klimapåkjenningene kan gjøres i form av kart der det merkes av informasjon om nøkkelfaktorer. Slik informasjon vises i fig. 4.6., som er slagregnskart for Norge for normalperioden mellom 1961-1990. Slagregnsmengder i fire byer er også vist i diagrammene der retning i grader og mengde i mm er merket inn som søyler. Kartet påpeker at langs kysten er det fuktig vind fra sørvest som skaper størst klimapåkjenning. Det er størst fuktighet på Vestlandet og minst innenlands på Østlandet.

Informasjon framstilles også i såkalte klimagrafer, der nøkkelfaktorer vises i adskilte grafer. Illustrasjon fig. 4.7, gjelder for Reykjavik.¹²

12. Jonsson, T. (1989). Veðurfar á höfuðborgarsvæðinu (Klimaet i Reykjavik). Reykjavik: Meteorologisk institutt i Island.

Solforhold (UV – stråling): Grafen viser månedlige soltimer i Reykjavik. Flest solskinnstimer er i mai og færrest i desember. Topografi har en del å si for solstrålene, men også skydekket, eventuelt skjerming fra vegetasjon og andre bygninger. UV-stråling er ikke vist i grafen, men har en betydelig innvirkning på nedbrytning av byggematerialer.

Temperaturvariasjon: Middeltemperaturen pr. år i Reykjavik, er + 4.5°. Gjennomsnittstemperatur i juli er 10.6 °C og 0.9°C i januar. Grafen viser gjennomsnittlig høyeste og laveste temperatur. Temperaturendringer som påvirkes av fuktighet og andre faktorer, som solstråling, vind og slagregn, er det som skaper størst påkjenning på klimaskjermen.

Luftfuktighet: Luftfuktighet i Reykjavik er vanligvis rundt 80 % ,og lavest i mai med 77 %. Den høye luftfuktigheten kommer av nærheten til havet og gir opphav til råte og vekst av muggsopp.

Nedbør: Årlig faller det 800 mm i de lavtliggende områder i Reykjavik, men nedbøren øker med høyden. Det faller mest nedbør i februar, mars, oktober og november. Nedbøren faller ofte som snø eller sludd, men snøen ligger sjelden lenge i Reykjavik. Generelt faller ca. 60 % av nedbøren når det blåser mellom 5 til 7 m/s.

Vind, vindhastighet og vindretning: Gjennomsnittlig vindstyrke pr. år er 6 m/s, som er relativt høyt. Vind mellom 15 - 20 m/s er mest vanlig høst, vinter og vår. Høyeste gjennomsnittsvindstyrke per 10 minutter er 39,5 m/s i 1947. Da ble det også målt det kraftigste vindkastet, som var på 59,5 m/s. Av vindrosen fremgår det at de mest dominerende vindretningene er øst- og sydøstlige vinder.

Slagregn: Mesteparten av slagregnet faller når det blåser fra sydøst, ca. 2/3, med vind mellom 5 til 7 m/s. Det betyr at store deler av nedbøren i Reykjavik faller som slagregn.

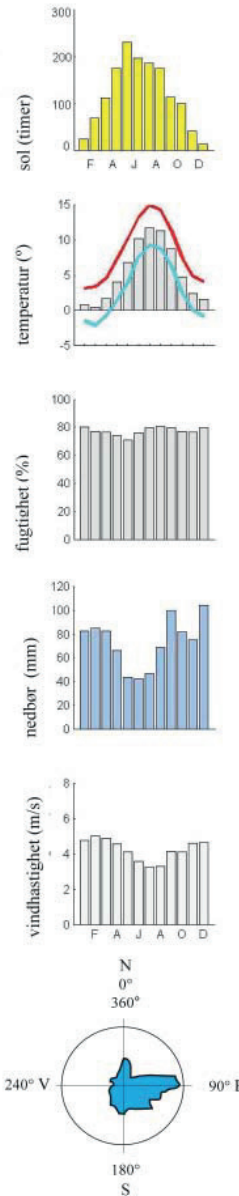


Fig 4.7
Klimagraf for Reykjavik som bygger på Jonsson (1986).

Dristige detaljer

Både i Island og Norge er det den største byggskaderisikoen knyttet til fukt. Slagregn er det som hyppigst er årsak til lekkasjer. For å få fram hvor det er mest slagregn, har man laget et slagregnskart, se fig. 4.6. Slagregnsmengder i fire byer vises i diagrammer ved siden av. For Trondheim viser illustrasjonen at størst mengde slagregn kommer med fuktig vind fra vest, dvs. fra havet.

I arbeidet med å lage klimarobust design, har arkitekten adgang til klimadata fra de lokale meteorologiske målestasjonene, fra informasjonsblader eller håndbøker. Men ofte kan det være tidkrevende, å finne fram de aktuelle data i en travel og ofte kaotisk hverdag. I slike tilfeller kan det være nyttig med oversiktlige og enkle håndbøker. En slik er "Architect's Pocket Book", som inneholder blant annet oversiktlige klimakart for England, Skottland og deler av Irland.¹³ Kartene viser vindretning og vindhastighet, temperatur sommer og vinter, samt nedbør. Denne håndboken er liten og enkel og lett å bruke for en engelsk arkitekt som vil ta hensyn til det lokale klima i sitt prosjekteringsarbeid.¹⁴

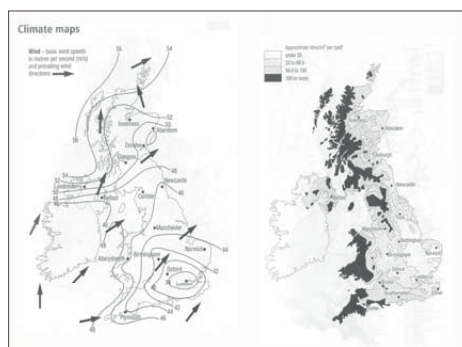


Fig 4.8

Klimakart for UK. Kartet til venstre viser gjennomsnitts vindhastighet og vindretning i m/s. Det andre kartet viser mengde nedbør målt i liter/m².

Kilde: Baden-Powell (1997), se side 1 til 5.

Med utgangspunktet i det som er blitt drøftet, sammenfattes de viktigste klimapåkjenninger under tre kategorier som brukes som måleinstrumenter til å vurdere den lokale klimapåkjenningen i eksempelstudiene.

- Små påkjenninger: Stabilt klima uten store variasjoner i sommer- og vintertemperatur, lite nedbør og liten vindpåkjenning. Her er referansen Middelhavsklima.
- Middels påkjenning: Middels variasjoner i temperatur, middels nedbør og vindpåkjenning, med innlandsklima som referanse.
- Stor påkjenning: Ustabilt klima med store variasjoner i temperatur, mye nedbør og vindpåkjenning. Referansen er kystklima, fjellklima og polarklima.

13. Baden-Powell, C. (2001). Architect's pocket book. Oxford: Architectural Press.

14. Slike "pocket" håndbøker for Island finnes ikke etter det jeg vet. I Norge har man enkel tilgang til en rekke meteorologiske data på databasen eklime.met.no, og endel viktige klimadata finnes også i Byggforskblader.

4.3. Klimaskjermen

I begynnelsen av kapitlet ble det pekt på at kunnskap om den tradisjonelle klimatilpassede arkitekturen kan være til hjelp i arbeidet med å forebygge byggskader i nybygg i fremtiden. I denne delen beskrives og drøftes klima og designprinsipper. På den ene siden har vi kjente tradisjonelle designprinsipper, og på den andre siden modernistiske designprinsipper. Hensikten er å drøfte prinsipielle forskjeller og legge forholdene til rette for utforskning av relasjonen mellom klima, form og eventuelle designforårsakede byggskader.

4.3.1. Tradisjonell design for kaldt klima

I det kalde klimaet lengst oppe i nord er det essensielt å skape ly for vind og kulde i en beskyttende konstruksjon som kombinerer god varmeisolasjon med en stabil form. Eskimoenes iglo er en konstruksjon som tåler ekstreme klimapåkjenninger. Genialiteten ligger i anvendelsen av materialet, snø, som i utgangspunktet er svak og ustabil, men som blir til sterk og beskyttende konstruksjon igjennom kuppelformen og måten snøblokkene er kuttet og plassert i formen. En behagelig innetemperatur kan opparbeides ved hjelp av enkle varme- og lyskilder, til tross for vind og -20 grader ute.

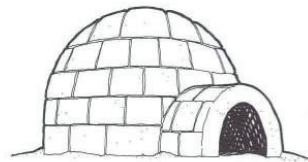


Fig 4.9.
Iglo.

Kilde: Bougdah og Sharples (2010), side 16.

En lokal hustype som tok utgangspunktet i kaldt og fuktig klima i Norden, er de islandske torvhusene, med konstruksjon av tre og stein der klimaskjermen er tildekket med torv. Nært beslektet er de norske langhusene, også laget av stein, jord og tre og tildekket med torv eller steinmateriale. Et ildsted i midten og en luke i taket sørget for oppvarming og ventilering. Disse hustypene passet bra for det nordiske klimaet, der det er adgang til tømmer, torv og stein på stedet. Denne konstruksjonen gir siden maksimal beskyttelse for nedbør, og isolerer godt i den kalde årstiden.

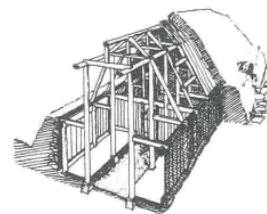


Fig 4.10.

Islandsk langhus.

Kilde: Deplazes (2005), side 156.

4.3.2. Tradisjonell design for temperert klima

Det tempererte klimaet karakteriseres av varme somre og milde vintre. Slikt klima spanner over et stort område fra Syd-Europa og opp til Nord-Europa. Variasjonene

i klimapåkjenning innenfor dette området er store, noe som fører til store variasjoner i den arkitektoniske utformingen. I de varmere områder er den tradisjonelle utførelsen at vegger er bygget av stampet jord og takene er laget av tre dekket med strå. I England og Skottland hvor klimaet er fuktig og vindfullt, er tradisjonell byggestil vegger av stein med skrått tak tekket med små steinheller. Slike tak hjelper til å holde husene tørre innvendig, og gjør utbedringer og vedlikehold enkelt, fordi stein kunne byttes ut enkeltvis hvis skader oppsto. Viktige prinsipper var å gruppere bygninger, for å skape le for lokale vinder og på den måten oppnå solrike og lune oppholdssteder ute.

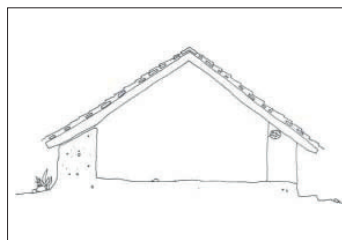


Fig 4.11.
Tradisjonelle bygg fra Sentral-Europa.
Kilde: Bougdah og Sharples (2010), side 13.

4.3.3. Tradisjonell design for varmt og tørt klima

Problemene i det varme og tørre områdene, for eksempel i Nord Afrika og ved Middelhavet, er å skape ly mot høy utetemperatur og intenst solskinn. Bruk av tykke, solide konstruksjoner, som skaper størst mulig termisk masse, er hovedprinsippet i dette designet. Hensikten er å redusere varmetilstrømming gjennom dagen, og med det skape et behagelig klima inne om natten. Utvendig ble vegger ofte malt hvite for å reflektere sollyset mest mulig. Karakteristiske trekk er flate tak. Bak ligger flere begrunnelser. Viktigste forutsetning er lite nedbør og minimal behov for drenering. En annen viktig begrunnelse for denne utformingen er at flate tak har mindre overflate enn skrå tak, og derfor tar til seg mindre solstråler. De aller fleste flate takene i de tørre og varme klimasoner har parapet, som gjorde opphold og overnatting på takflaten mulig. En viktig del av det klimatilpassede designet var gårds plass eller et atrium som ble brukt blant annet til naturlig ventilasjon, der vann og vegetasjon også sørget for velvære. Slik arkitektur kjenner man fra Marokko, Egypt, Hellas og Spania. Illustrasjonen viser kjente designprinsipper fra Nord Afrika; hus med flatt tak, små vinduer og atrium med et vannspeil som skapte behag og hjelper til i en naturlig luftsirkulasjon.

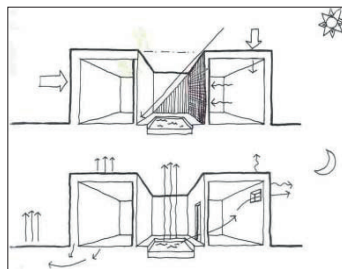


Fig 4.12
Tradisjonell arkitektur fra varme og tørre områder i Nord - Afrika.
Kilde: Bougdah og Sharples (2010), side 15.

4.3.4. Tradisjonell design for varmt og fuktig klima

For varmt og fuktig klima, slik man har i Sentral-Afrika og deler av Asia, har det vært viktig å ta utgangspunktet i den høye luftfuktigheten, den stabile høye temperaturen og store nedbørmengder tilknyttet regntiden. Under slike forhold skaper en termal masse problemer. I disse områder ble det utviklet bygningstyper som medvirker til naturlig ventilering, med luftbevegelse og god beskyttelse i kraftige regnvær. Tradisjonell arkitektur i disse områdene er lette strukturer og flettverkskonstruksjoner med store åpninger, der gulvet ble løftet opp fra bakken for å beskytte oppholdsrom under en flom. Takkonstruksjonen er gjerne lett bygget skråtak dekket med vegetasjon, palmeblader eller liknende materiale.

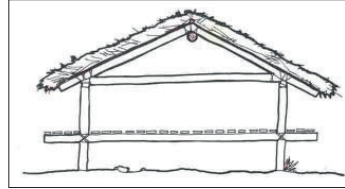


Fig 4.13.

Tradisjonell arkitektur fra tropiske strøk.

Kilde: Bougdah og Sharples (2010), side 16.

4.3.5. Moderne design og klima

Det moderne huset, slik det ble beskrevet i det 3. kapittel, er en lite klimatilpasset konstruksjon i forhold til den tradisjonelle arkitekturen. En del av forklaringen ligger i et gjennomtenkt brudd med den lokale arkitekturtradisjonen, fordi man mente den ikke passet lenger og var utgått på dato. En viktig drivkraft bak den modernistiske arkitekturen, var sterk tro på at nye materialer og teknologi og design ville løse de fleste problemer, deriblant problemer tilknyttet klimapåkjenningen.

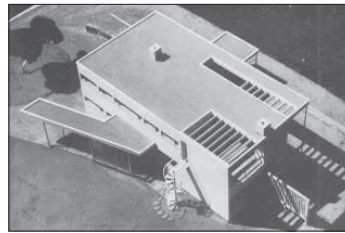


Fig 4.14.

Villa Gropius i Lincoln Massachusetts, USA, fra 1937. Modellfotografi sett ovenfra

Kilde: Berdini (1996), se side 163.

De geometriske hvite husene med flate tak, som ble bygget i Weisenhof og i Reykjavik, og for den saks skyld, over hele verden etter 1920-tallet, minnet en god del om den tradisjonelle afrikanske arkitekturen bygget for tørt og varmt klima, til tross for at klimaforholdene er ganske annerledes i Nord-Europa enn i Afrika. Illustrasjon 4.14 og 4.15 viser to modernistiske byggverk, det ene på østkysten av USA og det andre på sydkysten av Island. Huset i USA er tegnet av Walter Gropius i 1937, mens det islandske huset ble designet og bygget i begynnelsen av det 21. århundret.



Fig 4.15.

Ny modernistisk villa i utkanten av Reykjavik fra 2006. Flatt tak og terrasser, geometrisk hvite former og store åpninger.

Den glass- og stålarkitekturen som ble bygget i USA og Europa etter den andre verdenskrig, var heller ikke særlig klimatilpasset. Det er dyrt å holde de store glasshusene varme om vinteren, men også kostbart å kjøle dem ned om sommeren. Påkjønning på grunn av solstråler, lekkasjer og brister i det ytterste laget i klimaskjermen har lenge vært et kjent problem i denne typen arkitektur.

Selvsagt har det vært store teknologiske fremskritt, slik som bedre isolasjon, blant annet i form av energisparende glass, som har ført til reduksjon i solpåkjenning og UV- stråling. Det samme gjelder oppvarmingssystemer, ventilasjon og miljøvennlige byggematerialer, som etter hvert har gjort denne modernistiske arkitekturen mer tilpasset til det lokale klimaet. Men problemer tilknyttet en lokal klimapåkjenning er fortsatt store, fordi de modernistiske designprinsippene i utgangspunktet tar lite hensyn til den lokale klimapåkjenningen.

4.4. Klimatilpasset design

Til tross for at den modernistiske arkitekturen kritiseres for utilstrekkelig klimatilpasset design, finnes det mange nye og utprøvde designprinsipper, som kan anvendes å arbeide med å lage bedre hus og redusere klimaforårsakede byggskader.

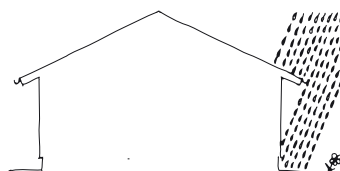


Fig 4.16.
Takutstikk beskytter ytterveggen mot slagregn.
Kilde: Ytterbø (1986), side 10.

4.4.1. Husets utforming og orientering

Utforming og plassering av et hus i forhold til herskende vind- og slagregnsretninger, samt sol, kan ha mye å si om konstruksjonen fungerer i forhold til forventninger, men også for å redusere byggskader.

Fuktskader forekommer oftere i bygningsdeler som er orientert mot herskende vind- og slagregnsretninger. Størst fuktpåkjenning blir det i øvre del av yttervegg og ute ved kantene, spesielt på vannrette flater. Derfor kan god design og riktig bygget takutstikk eller parapet slik fig. 4.16 og 4.17 illustrerer, bidra til å beskytte veggkonstruksjonen under. Erfaringer viser at takutstikk som leder vann bort fra fasaden gjør stor nytte.¹⁵

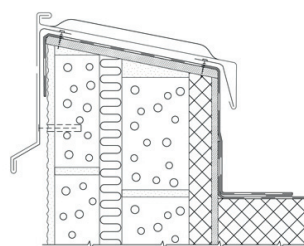


Fig 4.17.
Beslag over parapet.
Kilde: Larsen (2004), side 8.

15. Ytterbø, I. (1986). Hvordan unngå byggskader. [Trondheim]: Institutt for bygningsteknologi, Arkitektavdelingen, NTH.

4.4.2. Beslag ved utsatte overganger

Beslag på overganger og utsatte steder, slik som parapeter, piper og overganger mellom tak og vegg ved takterrasse, kan beskytte underliggende konstruksjon mot slagregn, temperaturforandringer og mekanisk påkjenning.

Beslag over og under vinduer beskytter sammenkoblinger mellom vegg og åpninger. Beslaget beskytter ikke bare det som er under, det leder også vannet ut fra yttervegg.

Det bør understrekes at beslag må være riktig designet og satt opp i henhold til veiledning, for å fungere, ellers vil det kunne oppstå skader i stedet for at beslaget skaper beskyttelse.¹⁶

4.4.3. Trinnvis tetting i klimaskjermen

I håndbøker om bygningsfysikk (Geving og Thue 2002), er prinsippet om to-trinns tetting av yttervegg beskrevet. Prinsippet anvendes først og fremst i luftet og drenert kledning, for eksempel yttervegg kledd med trepanel eller et platemateriale. Men prinsippet er også anvendt i tak, som har to lag, der det ytterste laget er regnskjerm og det indre laget er lufttett og uten vannpåkjenning. Motsetningen er ett-trinns tetting, hvor det ytterste laget har et massivt vanntett ytre sjikt, oftest med behandlet overflate. Eksempel på dette er yttervegg av betong. Ett-trinns tetting brukes også i flate tak av betong, med overflatebehandling av fuktstett maling og/eller flytende asfalt. Flere slike tak finnes i Reykjavik. Erfaringer har vist at slike tak kan ha forholdsvis lang levetid, men forutsetningen er at man bruker materialer med høy kvalitet og god utførelse.¹⁷ De miste feil eller

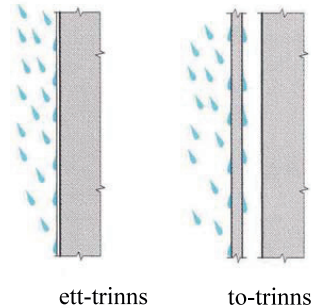


Fig 4.18.
Prinsippet om ett- og to-trinns tetting.
Kilde: Geving og Thue (2002), side 109.

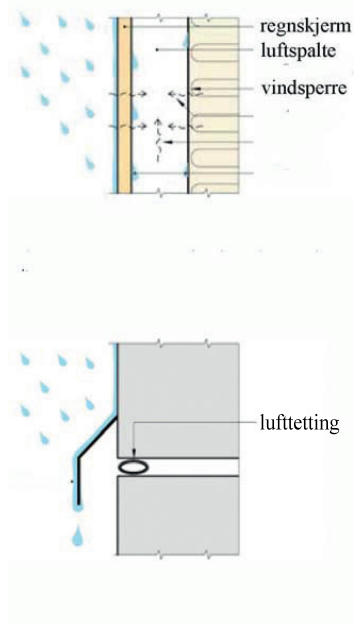


Fig 4.19.
To-trinns tetting.
Kilde: Kvande. (2007), side 1.

16. Larsen, H. J. (2004). Beslag mot nedbør. Byggforskserien Byggdetaljer 520.415 Byggforskserien. Oslo: Norges byggforskingsinstitutt.

17. Flere modernistiske bygg tegnet av den islandske arkitekten Sigvaldi Thordarson har slike tak. Takene var isolerte innvendig og med lufting, en utførelse som var akseptert på 1950 tallet. Men det finnes også mange mislykkede tak med denne utførelsen.

uheldige omstendigheter under utførelsen av slike tak kan derimot skape problemer og byggskader, som det oftest tar lang tid å rette på etter ferdigstillelsen.¹⁸

Til at prinsippet om to-trinns tetting av en yttervegg skal fungerer, er det ytterste laget konstruert som regnskjerm, men ikke nødvendigvis lufttett. Det andre trinnet er en vindsperre, som sørger for vindtetting av isolasjonssjiktet inne i veggkonstruksjonen. Sentralt i denne konstruksjonen er en luftspalte mellom sjiktene, som sørger for drenering av fukten som måtte komme gjennom det ytterste laget. Luftspalten gir forbedret tørking av konstruksjonen. I følge Thue (2008) bør trefasader alltid utføres med totrinns tetting.

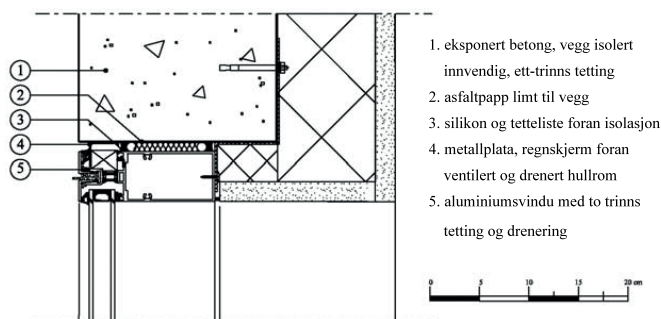


Fig 4.20.

Horisontal detalj i en yttervegg av eksponert betong, som har ett-trinns tetting, men i vinduet anvendes trinnvis tetting spesielt i overgangen der det er flere tette lag som skal sikre at det ikke lekker. Detaljen er fra et nytt hus i Reykjavik, ferdigstilt i 2009.

Prinsippet om to-trinns tetting bør også brukes i tetting mellom vegg og en åpning i en fasade. Det er spesielt viktig i spalten mellom vinduer og dører i en yttervegg. I en slik løsning settes det opp et ytre regnbeskyttende lag og et indre lufttett lag, med ventilert og trykkutjevnet luftspalte, for å forhindre uheldig oppdrift og/eller sug inne i hulrommet.¹⁹

To- og tre-trinns tetting i vinduskonstruksjoner av metallprofiler er et viktig ledd i fuktsikring av en klimaskjerm. Dette gjelder ikke minst for bygninger med store glassflater. Ved høye, slagregnutsatte fasader er det også viktig at vann som renner nedover fasaden ledes ut fra fasaden slik at eventuell vannfilm på kledningen ikke øker i tykkelse nedover fasaden. Erfaringer har likevel vist at regn kan komme inn gjennom det ytterste laget, og da er det indre laget viktig for å kunne drenere vekk vannet. I store glassfasader eller glasstak på utsatte steder, kan det bli nødvendig med tretrinns tetting. Nye eksempler på 50 til 70 meter høye glassfasader i Island viser at to-trinns tetting ikke strekker til og har en tendens til å lekke, mens ved tretrinns tetting kan lekkasjer inn i bruksområder unngås.

18. Se omtale i eksempelstudiene i kapittel 7.2 til 7.5.

19. Kvande, T. (2007). To-trinnstetting mot slagregn på fasader. Luftede kledninger og fuger. Byggeforskserien. Byggedetaljer 542.003 Byggeforskserien. Oslo: SINTEF Byggeforsk.

4.5. Avsluttende kommentarer

Kunnskap om lokal klimapåkjenning er en viktig forutsetning for design av bygninger. Klimaet på jorden deles inn i klimasoner. Island og Norge ligger i den tempererte klimasonen, delvis inne i den arktiske klimasonen.

Klimapåkjenninger er i hovedsak solstråler, temperaturvariasjoner, luftfuktighet, nedbør, og vind, som varierer stort etter geografisk plassering og klimasoner. Slagregn blandet med temperaturendringer, UV- stråling og vind, er de naturkreftene som skaper størst utmattingspåkjenning både i materialer, overflater og/eller detaljer. Klimaforårsakede byggskader finnes først og fremst i utsatte bygningsdeler og/eller detaljer orientert mot typiske slagregnsretninger.

Bygninger som er tilpasset det lokale klimaet finnes først og fremst innen den tradisjonelle arkitekturen. I dette kapittel er det blitt vist eksempler, en slags arketyper på klimatilpasset arkitektur: igloen, det islandske torvhus, steinhus i UK, leirhus med flatt tak fra Middelhavet og stolpehus fra tropene. I motsetning til disse arketyper står modernistisk arkitektur som ofte tar lite hensyn til det lokale klimaet. Det kommer fram at slike hus sluker energi, er varme om sommeren, kalde om vinteren og lekker når det regner.

Til forsvar for den modernistiske arkitekturen bør det påpekes at byggeindustrien har lagt ned store ressurser for å gjøre det modernistiske huset mer robust i forhold til klimapåkjenning. Nye materialer er utviklet som tåler større klimapåkjenning enn eldre materialer. Nærliggende er det å trekke fram fuktmembraner av forskjellige typer, plastmaterialer til tetting og liming, og ikke minst glass, et av det 20. århundrets vidundermaterialer. Anvendelsen av disse materialene gjør det mulig å bygge en klimaskjerm av flere lag med ulike funksjoner. En del av dette arbeidet har vært å utvikle konstruksjonsprinsipper bedre egnet for det lokale klimaet. Et slikt prinsipp er beslag på overganger og klimautsatte steder. Et annet viktig prinsipp er ”to-trinns tetting”. Bruk av slike prinsipper sammen med erfaringsbasert kunnskap, kan gjøre den modernistiske arkitekturen bedre i stand til å tåle framtidens klimapåkjenninger, og på den måten redusere omfanget av byggskader.

Dristige detaljer

5. Drivkrefter i byggeprosessen

I dette kapitlet drøftes drivkrefter i byggeprosessen. Hensikten med teksten er å bygge opp et teoretisk rammeverk for å kunne drøfte to delspørsmål:

- Hva slags påvirkning har prosjektdrivkreftene på tilblivelsen av byggskadene i de enkelte eksemplene på innovativ modernistisk arkitektur som inngår i denne avhandlingen?
- Hva slags påvirkning har aktørdrivkreftene på årsaken til byggskadene i de enkelte eksemplene på innovativ modernistisk arkitektur som inngår i denne avhandlingen?

5.1. Innledning

I kapittel 1.2. om sentrale begreper er drivkrefter i en byggeprosess definert som fenomener som påvirker en byggeprosess og det ferdige byggverket. Drivkreftene deles i tre grupper: ytre drivkrefter, prosjektdrivkrefter og aktørdrivkrefter. I tabell 5.1. beskrives disse tre drivkreftene og hva som er karakteristisk for dem.

Drivkrefter - definering

Drivkrefter	Beskrivelse	Karakteristiske trekk
Ytre drivkrefter	<i>Rammeverk og spilleregler gitt av myndigheter for å påvirke byggeaktiviteter i en byggeprosess.</i>	<i>Eksplisitte krav uttrykt skriftlig i form av forskrifter, veiledninger og uttalelser.</i>
Prosjektdrivkrefter	<i>Forutsetninger og rammer i et bestemt byggeprosjekt, for det meste kravspesifikasjoner, tids- og kostnadsrammer, men også gjennomføringsmodeller.</i>	<i>Hovedsakelig eksplisitte i form av romprogram, bestillinger og beskjeder, fastsatt av en byggherre.</i>
Aktørdrivkrefter	<i>Arbeidsvaner, faglige holdninger, ideer, personlige motiv og psykologiske krefter, som påvirker aktører og hendelser i en byggeprosess.</i>	<i>Stort sett implisitt og en del av kunnskap, ferdigheter og holdninger aktøren bærer på og tar med seg inn i et byggeprosjekt.</i>

Tabell 5.1.

Drivkrefter i en byggeprosess er i dette arbeidet delt i grupper; ytre drivkrefter, prosjektdrivkrefter og aktørdrivkrefter.

Det presiseres at fokuset først og fremst er rettet mot prosjektdrivkreftene og aktørdrivkreftene. Argumentet for denne avgrensningen, som blant annet innebærer at de ytre drivkrefter blir viet begrenset oppmerksomhet, er at det finnes en del studier med fokus på de ytre rammer, blant annet hvordan lover og forskrifter påvirker

byggkvalitet. Referanser av denne type er Horjen (2001), Jerkø (2004) og Stenstad, Rolstad og Vordahl (2005), for å nevne noen.¹ Til tross for dette bemerkes det at i eksempelstudiene kommer det fram en del informasjon om de ytre drivkreftene, spesielt om offentlig tilsyn og hva det har å si for den endelige byggkvaliteten.

Begrepsdefinisjonene som vises i tabell 5.1. indikerer at drivkrefter i en byggeprosess er komplekse og av ulik art. Denne drøftelsen har som mål å skissere forståelsesrammer for disse drivkreftene. Selv om både prosjekt drivkreftene og aktør drivkreftene er i fokus, bemerkes det at det finnes få vitenskapelige referanser som omhandler mulig innvirkning fra aktør drivkrefter på årsak til og utvikling av byggskader. Det ser ut som det spesielt mangler studier av hvilken påvirkning arbeidsvaner, idealer, faglige og personlige ambisjoner og motiver, samt psykologiske forhold har på utviklingen av disse. Her er utgangspunktet Ingvaldsens (2001a) argument, som fokuserer på krefter tilknyttet menneskelige vurderinger og beslutninger:

Bygging oppfattes som en teknisk aktivitet. Det som imidlertid lett glemmes er at økonomi, jus og psykologi er tre vesentlige aspekter i alle vurderinger og beslutninger som har med bygging å gjøre. Et interessant og utfordrende aspekt ved byggskadeforskning er å se nærmere på hvordan disse typene rammebetingelser – og særlig den siste – påvirker byggskadeomfanget på kort og lengre sikt.²

Ingvaldsen (2001a) påpeker de tre gruppene drivkrefter som han kaller rammebetingelser gjennom begrepene økonomi, jus og psykologi. Denne avhandlingen ser også på jus som ytre drivkrefter og økonomi som prosjekt drivkrefter. Til forskjell fra Ingvaldsen (2001a) ser man i denne avhandlingen på psykologi som en del av aktør drivkreftene, ikke som rammebetingelser i snever betydning, men tvert i mot, forhold som ofte er av ukjent og udefinert størrelse og som påvirker aktørens innstillinger og adferd. Med andre ord er det forhold som er det motsatte av rammebetingelser, som definerer de ytre omstendigheter.

-
1. Stenstad, V., Rolstad, A. N., & Vordahl, R. (2005). Kompetanseoverføring for reduksjon av byggefeil: forprosjekt til Byggekostnadsprogrammet. Oslo: Norges byggforskning sinstitutt.
 2. Ingvaldsen (2001a), se side 178

5.2. Byggeprosessen og de ytre drivkreftene

5.2.1. Byggeprosessen

Ytre drivkrefter er rammeverk og spilleregler gitt av myndigheter for å regulere byggeaktiviteter i en byggeprosess. I følge Eikeland (1998) er byggeprosessen et samlebegrep for alle underprosesser som fører til at en bygning eller et anlegg ferdigstilles.³ Følgende sitat som er hentet fra Haugen (2004a), vitner om en kompleks prosess:

En ny bygning fra idéstadiet til den er ferdig og tatt i bruk, representerer en kompleks og sammensatt prosess. Byggeprosessen er kompleks, fordi det er så mange aktører, delprosesser og faser som må til for å skape en bygning. Byggherren sammen med brukere, arkitekt, rådgivere, entreprenører og offentlige myndigheter skal skape et produkt der både rammebetingelser og aktører er forskjellige fra prosjekt til prosjekt.⁴

En byggeprosess har som mål å frembringe en bygning planlagt til visse formål og ut fra bestemte forutsetninger. Det som styrer prosessen er konkrete mål og rammer, men også visjoner, perspektiver og motiver.

I teorien deles byggeprosessen inn i tre hovedprosesser; kjerneprosess, administrativ prosess og offentlig prosess. I dette arbeidet er fokuset rettet mot kjerneprosessen, som omfatter tre underprosesser; programmeringsprosess, prosjekteringsprosess og utførelse. Oppdeling av kjerneprosessen vises i fig 5.1.

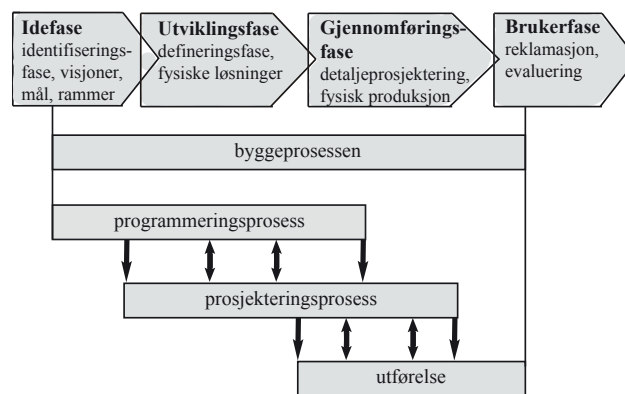


Fig 5.1.

Oppdeling av kjerneprosessen. Skjemategningen viser kjerneprosessene og den praktiske faseinndelingen. Det påpekes at prosesser og faser overlapper slik tegningen viser.

Kilde: Byggforskserien 220.010.

3. Eikeland, P. T. (1998). Teoretisk analyse av byggeprosesser. Trondheim: SiB.
4. Haugen, T. (2008). Forvaltning, drift, vedlikehold og utvikling av bygninger. Trondheim: Tapir akademisk forlag.

Kjerneprosessen og faseinndelingen

Faseinndelingen	Beskrivelse av underprosessene
Idefase:	<i>I begynnelsen av hver prosess foregår det et ideskapende arbeid, og det søkes gjerne etter nye konsepter for å løse udefinerte og uklare problemer. Det som kjennetegner denne fasen er åpenhet og spilleglede. Det søkes etter nye kreative ideer, og arbeidssituasjonen preges av kaos og runder frem og tilbake i søken etter de beste ideene, som både kan være svaret på problemet og definisjonen av det.</i>
Utviklingsfase:	<i>I denne fasen defineres arbeidet og utvikles ut i fra et sikrere grunnlag enn før. Fremgangsmåten er målrettet og etter forutbestemte arbeidsrutiner, der løsninger utvikles og testes. Dette er en fram og tilbake utviklings – og læringsprosess.</i>
Gjennomføringsfase:	<i>Beslutninger fra tidligere faser settes ut i livet. Arbeidet består av å sette sammen og lage fysiske bygningsdeler som til slutt utgjør et ferdig byggverk. Denne fasen er tilnærmet lineær og kan planlegges og styres ut i fra det, i motsetning til ide- og utviklingsfasene som ikke er lineære, men mer i slekt med looper eller en spiral som beveges rundt et kraftsentrum.</i>

Tabell 5.2.

Byggeprosessen og de fasene den deles opp i.

En annen måte å beskrive en byggeprosess, er å se på den som en interesseprosess der flere mennesker i en tidsperiode arbeider med å løse en avgrenset oppgave ut i fra visse ressurser, økonomiske forhold og interesser. Disse interessene kan være både eksplisitte og implisitte, dvs. uttrykt skriftlig i form av lover, regler eller målsetninger utformet av myndigheter, eller underforstått og da tilknyttet egeninteresser til enkelte aktører som deltar i et prosjekt. Faseinndelingen i kjerneprosessen beskrives i tabell 5.2.

Det er av interesse i studien av drivkreftene å se på sammenhengen mellom påvirkningsmuligheter og kostnadsutvikling i et byggeprosjekt. Fig. 5.2 viser en skjematisk fremstilling av et slikt forhold. På venstre side vises påvirkningsmuligheter og på høyre side vises kostnadsutvikling. Påvirkningsmulighetene er størst i begynnelsen. I begynnelsen arbeides det med ideer og muligheter. Etter hvert som man kommer lengre inn i prosessen, begynner prosjekteringen å ta form og strategiske planer utvikles. Når man har kommet til utførelsen, er de fleste forholdene blitt bestemt. I begynnelsen av prosessen er utgiftene små og mest i form av honorar til planlegging og prosjektering. Under utførelsesprosessen øker utgiftene og er størst på slutten, men da er påvirkningsmulighetene blitt små. Illustrasjonen (fig. 5.2.) påpeker hvor viktig gode forberedelser og prosjektering er for resultatet og den suksess byggeprosjektet vil bli til slutt.

Konseptet om relasjonen mellom påvirkningsmuligheter i et prosjekt og kostnadsutvikling (fig. 5.2.) kan også anvendes i arbeidet med å kartlegge opphavet til designforårsakede byggskader. En referanse som er til hjelp er Josephson og Hammarlund (1998), som hevder at de mest kostbare byggeskadene har sitt opphav i mangelfull prosjektering og administrasjonen av et byggeprosjekt. Dette blir støttet av Ingvaldsen (2001a) som påstår at 60 % av de prosessforårsakede byggskader har sitt opphav i mangelfulle forberedelser og prosjektering tidlig i en byggeprosess.

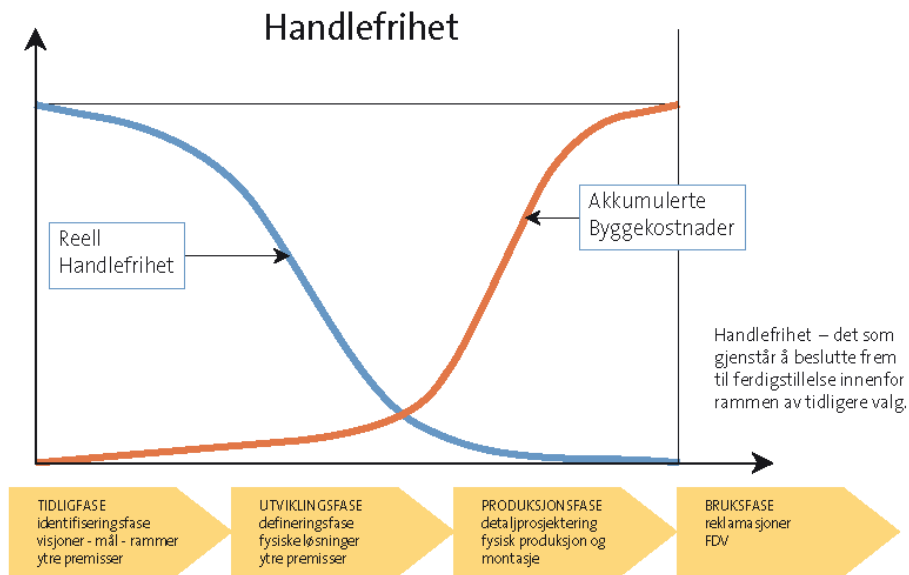


Fig 5.2. Illustrasjonen viser relasjonen mellom akkumulerte kostnader og påvirkningsmulighet i et byggeprosjekt. Handlefriheten og påvirkningsmuligheten er størst i tidlig fase. Kilde: Eikeland (2003).

Forebyggende tiltak rettet mot byggskader som har sitt opphav i forberedelser og prosjektering må derfor settes inn tidlig. Men er det ikke det motsatte som gjøres i dag? Er det ikke slik at det hører til sjeldenhetene at et designkonsept tas opp til kritisk vurdering ut i fra eventuelle byggskadefarere tidlig i en prosess, og at det i stedet brukes store ressurser på tilsyn og kontroll under selve utførelsesprosessen da påvirkningsmulighetene er ganske små? En pekepinn om situasjonen finner vi i neste avsnitt.

Samset (2001) argumenterer for at gode forberedelser tidlig i en byggeprosess kan forebygge feil og mangler som kan føre til store ekstrakostnader.⁵ Videre argumenterer han for at det er viktig tidlig i ide- og utviklingsfasen å evaluere løsninger ut fra flere

5. Samset, K. (2001). Prosjektvurdering i tidligfasen: fokus på konseptet. Trondheim: Tapir.

Dristige detaljer

synspunkter. Samset (2001) påpeker også at design og designevaluering har fått liten oppmerksomhet fra det kunnskapsregimet som har vært rådende blant annet ved ledende forsknings- og undervisningsinstitusjoner. Hans kritikk er ikke minst rettet mot utdanning og opplæring av ingeniører. Innen denne kunnskapsbasen har fokuset vært på tilsyn og omfattende kvalitetssikringssystemer i utførelsesfasen. Dette er i grunn et paradoks. Hvis feil og mangler har blitt gjort i tidligere faser, kan det koste mye mer å rette på dem i utførelsen. Da hjelper det lite med tilsyn og kontroll, fordi forutsetningen for byggskadene i form av feil eller mangelfull prosjektering allerede er godt implementert, og ofte vanskelig å oppdage eller finne.

En kan konkludere med at det mangler både kunnskap og hjelpemidler til å styre forberedelses- og prosjekteringsprosessen i et byggeprosjekt, og evaluere designkonsepter med det mål å forebygge byggskader. Det finnes som kontrast flere tiltak og systemer rettet mot ledelse og kontroll under gjennomføringsfasen.

5.2.2. Aktører og roller i byggeprosessen

Eikeland (2001) definerer aktørene som:

En aktør kan være en person, en gruppe eller en virksomhet, alt etter hvilket detaljeringsnivå vi velger. Aktørene er de enhetene som handler i systemet. De tildeles roller, oppgaver osv., og de er bærere av egne interesser, verdier, kompetanse og ressurser.⁶

Aktører deles i grupper etter roller og oppgaver de utfører, men også etter de interesser de representerer slik Eikeland (2001) påpeker. I regelverket om offentlig anskaffelse finnes det definisjon av de roller enkelte aktører skal ivareta. Tilsvarende definisjoner finnes i standarder og skriftlige veiledninger om byggeprosjekter. Den allmenne regelen er at aktører deles inn i tre grupper; tiltakshaver, prosjekterende og utførende. Men offentlige myndigheter har også en rolle i byggeprosjekter igjennom godkjenningsordninger og kontroll.

6. Eikeland (1998), se side 47.

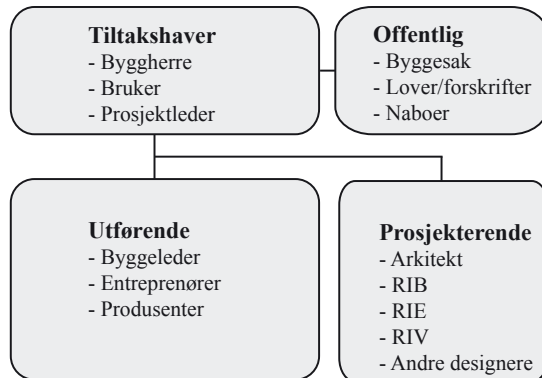


Fig 5.3.

De fire hovedaktørene:

- tiltakshaver
- utførende
- prosjekterende
- offentlig myndigheter

Beskrivelse av aktørene vises i fig.5.3 og i tabell 5.4.⁷ Denne oppdelingen mellom tiltakshaver, prosjekterende, utførende og offentlig myndigheter, benyttes i de aller fleste byggeprosjekter i dag.

Aktørene	Beskrivelse av roller
Tiltakshaver:	<i>Eier av en bygning. Den som bestiller eller kjøper. Ofte er denne aktøren også bruker, men det er ikke alltid tilfelle.</i>
Prosjekterende:	<i>Den aktøren som designer og planlegger byggeprosjektet. Det snakkes gjerne om en ansvarlig designer, som ofte er arkitekten, og som har med seg andre designere som er spesialister på hvert sitt område.</i>
Utførende:	<i>Entreprenør eller en gruppe entreprenører som lager design og planer til fysiske gjenstander i form av en bygning eller et anlegg. Under denne gruppen faller produsenter og leverandører av byggevarer. En del av utførelsen er av et tilsyn, som i norsk byggeindustri, er ivaretatt av en byggeleder.</i>
Offentlig myndigheter:	<i>Primært de kommunale bygningsmyndighetene som ivaretar lover og forskrifter slik de er beskrevet for de offentlige prosessene. Andre offentlige instanser som har ansvar i byggevirksomheten, er branntilsynet, EL- tilsynet og Arbeidstilsynet.</i>

Tabell 5.4.

Oversikt som viser de viktigste aktøren i byggeprosjekter og de roller de har.

7. Skjema fig.5.2. er en modifisert utgave av skjema hentet fra Haugen (2004).

5.2.3. Kort historisk oversikt om aktører og roller

Selv om rollefordelingen som er blitt beskrevet foran virker etablert, har det ikke alltid vært slik. Om dette sier Houghton-Evans (2005):

Once upon a time a man built a hut. He employed no architect, hired no builder and entered no contracts. If it worked, he was happy - if not he fixed it.⁸

Senere ble arkitekten en viktig aktør som stod i et særskilt tillitsforhold til byggherren. Han ledet og utførte prosjekteringen og administrerte byggeaktivitetene på byggeplassen. Begrepet arkitekt, som stammer fra det greske ordet arkhitékton, betyr opphavsmann, forfatter eller overbyggmester.⁹ Arkitekten hadde lederfunksjon i et byggeprosjekt. Han tegnet ikke bare et bygg, men stod også ansvarlig for den praktiske utførelsen på byggeplassen.

Hvorfor hadde arkitekten før i tiden denne sentrale rollen og hva var hensikten? En indikasjon på det finner vi i gamle tekster av Vitruvius (1999) og Alberti (1986), men også hos renessansearkitekten Andre Palladio (1997).¹⁰ Alle skriver om faglige prinsipper arkitekten måtte ta hensyn til i sitt arbeid, men også om hva som var hans moralske ansvar. Slik disse tekstene kan tolkes var rollefordelingen et resultat av en utvikling, ikke ulikt det Alexander (1964) beskriver i sin analyse av designsystemet igjennom begrepet uselvvisk prosess, som ble utdypet i det første kapitlet. En del av dette systemet var kvalitetssikringen som ble tatt hånd om av en og sammen aktør, i dette tilfellet arkitekten/byggmester som var med fra de første ideene og inntil huset ble tatt i bruk.

I dag er situasjonen en annen, og det er en stund siden arkitekten sluttet å være overbyggmester og delta aktivt i byggevirksomheten. Et visst veiskille skjer med modernismens tilkomst, da arkitekten inngikk en slags byttehandel ved at han ga fra seg kontrollen over byggeteknikken i stedet for den kunstneriske friheten, slik Ochshorn (2006) påpeker.

5.2.4. Samarbeid mellom en byggherre og en arkitekt

Der er av interesse å se på eksempler på fruktbart samarbeid mellom en ambisiøs byggherre og en dyktig arkitekt som har skapt berømte bygninger. En slik bygning er Fallingwater som utforskes senere i avhandlingen. I dette prosjektet oppsto det et tett forhold mellom to målbevisste nøkkelpersoner som også kranglet om mål og midler. Her siktes det til arkitekten Frank Lloyd Wright og forretningsmannen Edgar

8. Houghton-Evans (2005), se side xi.

9. Gunnarsjaa. (1999), se side 42- 44.

10. Palladio, A. (1997). The four books on architecture. Cambridge, Mass.: MIT Press.

J. Kaufmann, som vi ser på fotografiet (fig.5.4).¹¹ Det er en allmenn oppfatning i arkitektfaget (Arge & Bleiklie 2003), at god arkitektur skapes i samarbeid mellom en arkitekt og en byggherre.¹²

Amerikaneren Robert Venturi fremhever også det gode samarbeidet med byggherren, og blir støttet av Michael Wilford, partner til Jams Sterling, som sa:

Behind every distinctive building is an equally distinctive client.¹³

Men selv om idealet er det gode og forståelsesfulle samarbeidet mellom opplyste og sterke individer; en byggherre og en arkitekt, er det slett ikke det vanlige. De fleste byggeprosjekter preges av konflikter om mål og bruk av ressurser.

Selv om idealet for arkitektene er opplyste og edle byggherrer, som gir arkitekten gode oppdrag og vilkår til å arbeide under, kan byggherren også være en gruppe eller komité. En slik byggherre blir eksemplifisert gjennom

Rand's (1943) roman *The Fountainhead* i beskrivelsen av arkitektelthen Howard Roark og hans streben etter å skape modernistisk byggekunst.¹⁴ Gjennom Rands novelle, men også gjennom Hollywoodfilmen med samme navn fra 1949, strever arkitektelthen Howard Roark, spilt av Gary Cooper, med en gjeng konservative eldre herrer, som ikke var særlig begeistret for hans individualistiske og modernistiske arkitektur.¹⁵ Fotoet (fig.5.5.) er fra et klipp i filmen. Rand (1943) portretterer visse arkitekttyper: Arkitektelthen som fører en kamp for sine kunstneriske idealer mot en



Fig 5.4.
Kaufmann og Wright på Taliesin West, noen år etter deres samarbeid om Fallingwaterprosessen.
Kilde: Cuff (1991), side 172.



Fig 5.5.
*Fra filmen *The Fountainhead*, der arkitekten Howard Roark forsøker å overbevise en skeptisk byggherregruppe om et nytt høyhus.*
Kilde: Cuff (1991), side 58.

11. Cuff (1991), se side 171-173.

12. Arge, K., & Bleiklie, S. (2003). *Arkitektonisk kvalitet: en studie av spillet mellom byggherre og arkitekt*. Oslo: Norsk form. Se side 27.

13. Arge & Bleiklie (2003), se side 27.

14. Rand, Ayn (1943). *The Fountainhead*. Indianapolis: Bobbs-Merrill.

15. Vidor, K. (regissør), Rand, A. (forfatter). (2006). *The Fountainhead*. Burbank, Calif.: Warner Home Video.



Fig 5.6.
Det "mangehodede byggherretrollet".
Kilde: Bauman, Irena (2008) side 25.

gruppe eldre konservative herrer, men også andre arkitekter med lav kunstnermoral, som først og fremst behager konservative byggekomiteer. I følge Cuff (1991) er det intet som representerer sterkere en konservativ smak for arkitektur enn slike konservative byggherrekomiteer.¹⁶

En annen byggherretype er den offentlige byggherren. Den kan være en komité, men også en institusjon eller flere institusjoner. Slike byggherretyper kan skape komplikasjoner for arkitekter, som ikke har fått særlig opplæring i hvordan en skal arbeide med kompliserte byggherreorganisasjoner. I en bok med den treffende tittelen; *How to Be a Happy*

Architect drøfter Bauman (2008) disse problemene og skriver:

Knowing who the client is in the public sector can be complicated as they are often multi-headed.¹⁷

Som tittelen indikerer er denne boken skrevet ut i fra arkitektens ståsted og påpeker aktuelle problemstillinger om hva en praktiserende arkitekt kan møte i et offentlig byggeprosjekt. Karikaturen av dette mangehodede trollet vises i fig. 5.6. Denne fremstillingen av den offentlige byggherren som en mangehodet instans finner gjenklang hos mange praktiserende arkitekter, som har støtt på problemer i sitt arbeid for det offentlige. Eksempel på slike byggherrer finnes i beskrivelsen av Moholt krematorium i kapitel 7.4. og Hamar Islands universitet i kapitel 7.5. Der ser det ut som beskrivelsen passer både for statlige- og kommunale byggherreorganisasjoner.

Problemet her ser ut til å ligge i det at byggherren kan bestå av ulike departementer og institusjoner, som hver på sin måte og etter egne mål og midler forsøker å forsvare sin stilling, og til og med å begrense sitt ansvar i tilfelle noe skulle gå galt. Som unnskyldning har disse det at de arbeider i et miljø som preges av byråkratisk skikk og bruk, men også politisk styrte system som stadig retter kritikk og er underlagt kritikk av bruk og misbruk av offentlige midler. Der spiller media en vesentlig rolle, som er på utkikk etter nyheter, men også skandaler som vekker oppsikt.

16. Cuff. (1991), se side 58.

17. Bauman, I. (2008). *How to Be a Happy Architect*: Bauman Lyons Architects. London: Black Dog Publishing.

Baumans (2008) råd til arkitekten er å stille kritiske spørsmål før samarbeidet med en byggherre innledes. Blant disse spørsmålene er om byggherren også er bruker. En må stille spørsmål om byggherrens planer, om tidsbruk og om kostnader er realistiske, og om byggherrens beslutninger kommer til å gi en bærekraftig byggkvalitet. Spørsmålet er om byggherrens ledelsesstruktur er robust nok til å tåle alt det uventede som kan komme til å hende i et byggeprosjekt. Hvis svarene er negative, er det en indikasjon på at problemer vil oppstå i det fremtidige samarbeidet. I følge Baumann (2008) står arkitekten da overfor to alternativer; å innlede et samarbeid med byggherren og å forsøke å endre hans innstillinger, eller rett og slett si nei takk til oppdraget. Det å si nei til et oppdrag, er noe arkitekt Howard Roark gjorde i filmen *The Fountainhead*. Grunnen var at Roark hadde innsett at samarbeidet men de konservative byggekomiteene ville ende med en arkitektonisk katastrofe.

5.2.5. Forutsetninger for designarbeidet – lover og forskrifter

En viktig forutsetning for arkitektarbeidet slik det blir praktisert i dag, er lover og forskrifter gitt av det offentlige for å sikre helse, miljø og sikkerhet, og for regulering av forholdene mellom partene i byggeprosessen. I forskriftene finnes beskrivelser og krav om hvilket arbeid arkitekten skal utføre og hvilket ansvar han har i enkelte byggeprosjekt. I denne beskrivelsen av de ytre drivkrefter som påvirker arkitektens arbeidssituasjon, er utgangspunktet islandske og norske forhold, som er ganske like.

5.2.6. Søknad om byggetillatelse

Et av de første stegene i den formelle byggeprosessen, i henhold til offentlige forskrifter, er å søke om byggetillatelse hos offentlige myndigheter. Med en slik søknad skal det følge dokumenter som beskriver bygningenes ytre form og funksjon. Disse dokumentene er tegninger og beskrivelser som viser bygningen slik den et tenkt. I bygningsloven finnes bestemmelser om hvem som har lov til å søke om byggetillatelse, og hvem som har lov til designe bygninger. I Island kreves lisens fra myndighetene, mens det i Norge praktiseres såkalt "sentral godkjenning" utstedt av BTE (Byggeteknisk etat i hver kommune) for større bygninger. I det islandske systemet kalles den ansvarlige arkitekten "hoveddesigner".¹⁸ I det norske systemet anvendes begrepet "ansvarlig prosjekterende".¹⁹

Det påpekes at i 2010 ble ny bygningslov godkjent i Island.²⁰ Ny byggeforskrift ble

18. Byggingarreglugerð (1998). Byggingarreglugerð : nr. 441/1998 með síðari breytingum. [byggeforskriften: 441/1998 med senere endringer] Reykjavik: Umhverfissráðuneytið.

19. Forskrift om byggesak (2010). Forskrift om byggesak (byggesaksforskriften): av 26. mars 2010 nr. 488. Ajourført med endringer ved forskrift 30 juni 2010 nr 1041. Ikrafttredelsesdato 1 juli 2010. Oslo: Norsk byggtjenestes forlag.

20. Lög um mannvirki (2010). Lög nr. 160 28. desember 2010. Lög um mannvirki. [Lov om bygg- og anlegg], Reykjavik: Stjórnartidindi.

Dristige detaljer

siden utgitt i 2012.²¹ I de nye forskriftene snakkes det ikke lenger om hoveddesigner, men om en prosjekteringsleder. Denne personen trenger ikke lenger å være en arkitekt. Ved større bygg er kravet at den ansvarlig prosjekterende eller prosjekteringsleder er arkitekt eller tilsvarende med mastereksamen fra godkjent universitet, i tillegg til flere års arbeidserfaring. Både i norske og islandske forskrifter er det bestemmelser om arbeidsplikter og bruk av godkjente kvalitetssikringssystemer. Det offisielle målet med innføringen av slike kvalitetssikringssystemer er å sikre bedre arbeid og rutiner, men også å øke produktiviteten. Et tilleggsargument som ofte brukes er at slike systemer vil forebygge byggskader. Om disse kvalitetssikringssystemene fører til bedre byggkvalitet, og dermed færre byggskader, blir spennende å se i fremtiden.

5.2.7. Krav til prosjekteringsmaterialet - ansvar

Regelverket fastsetter krav om hvilke dokumenter som skal legges fram, slik at myndigheter kan gi byggetillatelse. Kravet er det samme både i Island og Norge. Prosjekteringsmaterialet som en arkitekt leverer er hovedtegninger, arbeidstegninger og skjemategninger, samt detaljtegninger. Den islandske bygningsloven krever følgende materialer, som vises i tabell 5.5.

Tegningene

Tegninger	Beskrivelse av underprosessen
Hovedtegninger	<i>Tegninger som viser bygningen i sin helhet, samt situasjonsplan og beskrivelse av teknisk oppbygging og materialbruk.</i>
Arbeidstegninger	<i>Tegninger som viser utførelse og teknisk oppbygging med referanser til teknisk standard, oppgir mål og krav til materialer, både ute og inne.</i>
Skjemategninger	<i>Tegninger som beskriver enkle bygningsdeler som trapper, rekkverk og heiser.</i>
Detaljtegninger	<i>Tegninger som viser i detalj sammensetninger, materialvalg og utførelse.</i>

Tabell 5.5.

Oversikt som viser de kategoriene av tegninger arkitekten må levere ifølge forskriftene på Island.

Det er igjennom disse fire kategoriene av tegninger arkitekten leverer sitt arbeid. Denne kategoriseringen danner også grunnlaget for anbud og utførelse. I tillegg til disse dokumentene leveres det detaljerte byggebeskrivelser og anbudsdokumenter som inneholder lister over mengder av byggeprodukter og materialer.

Selv om den formelle rammen om arkitektens arbeid i stor grad styres av det

21. Byggingarreglugerð (2012). Byggingarreglugerð: nr. 112/2012. [Byggeforskriften]. Reykjavík: Umhverfissráðuneytið.

materialet som han leverer og som er beskrevet i forskriftene, må arkitekten ta hensyn til mange andre forhold i sitt arbeid. Dette er skrevne regler og veiledninger, men også uskrevne arbeidsvaner bygget på erfaring og skikk og bruk i arkitektpraksisen.

5.3. Prosjektdrivkrefter

I denne delen drøftes prosjektdrivkrefter. Målet er å bygge opp et teoretisk rammeverk til å drøfte følgende delspørsmål:

- Hva slags påvirkning har prosjektdrivkreftene på tilblivelsen av byggskadene i de enkelte eksemplene på innovativ modernistisk arkitektur som inngår i denne avhandlingen?

5.3.1. Forutsetninger og rammer

I denne avhandlingen er prosjektdrivkreftene definert som de forutsetninger og rammer som gjelder spesifikt for et bestemt byggeprosjekt. Hansen (2001) kaller de ytre drivkreftene for ytre rammer og prosjektdrivkreftene for indre rammer, men dette er rammebetingelser som i stor grad er fastsatt av en byggherre på forhånd. Disse rammebetingelsene skal uttrykke de målsettingene og forventingene en byggherre har til det ferdige byggverket. De skal også styre arbeidet til de som påtar seg å utføre visse oppgaver i byggeprosjektet på vegne av byggherren.²²

En viktig forutsetning i hvert byggeprosjekt er miljøet og tomten bygget skal reises på. Der har man byggegrunnen og de nærmeste omgivelser som vesentlige faktorer, men også det lokale klimaet, som ble drøftet i kapittel 4. Byggetekniske problemer angående en tomt blir drøftet i kapittel 6. Andre forutsetninger og rammer er kostnader/økonomi, tid/fremdrift, omfang, kvalitet, krav/behov/ønsker og gjennomføringsmodell.

5.3.2. Kostnader/økonomi

Hva et bygg koster er viktig for enhver byggherre. I begynnelsen av et byggeprosjekt er det vanlig at byggherren fastsetter hva et byggverk bør koste. Til å vurdere kostnadene bruker han erfaringstall fra tidligere prosjekt, enhetspriser, slik som byggekostnader per kvadratmeter som ganges med størrelsen på bygget, eller en annen metode som anses for å gi et riktig bilde av forventede byggekostnader. I følge Hansen (2001) er det byggherren som fastsetter de økonomiske rammene et byggeprosjekt skal følge, ut i fra krav om lønnsomhet og nytte av det ferdige byggverket.

5.3.3. Tid/fremdrift

Det er byggherren som fastsetter rammene for tid og dermed fremdrift. Det som ofte blir kritisk i et byggeprosjekt er ferdigstillelsesdatoen. Byggherren har gjort sine økonomiske beregninger ut fra å kunne ta i bruk bygget en bestemt dato. Forsinket

22. Hansen, G. (2001). Byggeprosessens mål og rammer. Trondheim: SINTEF Arkitektur og byggteknikk.

ferdigstillelse kan føre til ekstrautgifter eller tap av fortjeneste hos byggherren. For en offentlig byggherre som har bestilt et skolebygg til skolestart, kan en utsatt ferdigstillelse få kostbare konsekvenser.

5.3.4. Kravspesifikasjoner

En del av kravspesifikasjonen er definisjonen av brukerbehovet som ofte er et resultat av brukermedvirkning. Slike krav formuleres i form av funksjons- eller ytelseskrav ifølge Hansen (2001) og Eikeland (2004). Omfanget av et byggeprosjekt i form av areal som skal brukes til bestemte funksjoner og beskrives i romprogrammet, er en viktig forutsetning for designarbeidet. Den tredje faktoren som inngår i kravspesifikasjonene, er kvaliteten. Her kan man stå overfor ulike vurderinger av kvalitet: estetisk, teknisk eller funksjonell kvalitet. Det er byggherren som fastsetter kvalitetskravene.

5.3.5. Gjennomføringsmodeller

Med gjennomføringsmodeller menes organisering, ansvarsfordeling og fordeling av oppgaver i et prosjekt.²³ Med organisering menes hvordan arbeidsoppgaver fordeles, hvilken rolle byggherren selv har, og hvilken rolle andre aktører påtar seg i gjennomføringen av byggeprosjektet. Organisering i et byggeprosjekt vises ofte med et organiseringskart som fig.5.3 fremstiller skjematisk. Det er viktig å få frem hvordan byggherrerollen er organisert, og hvilket ansvar og hvilken myndighet andre aktører har. Det bør vises eksplisitt hvordan kommunikasjonen aktørene imellom er organisert, hvordan informasjon formidles og hvem som har ansvaret for de ulike delene av dokumentasjonen.

Det er byggherren som bestemmer hvilken type gjennomføringsmodeller som skal brukes i et bestemt byggeprosjekt og dermed hvordan ansvar og risiko fordeles. Dette gjør han ofte i samråd med en prosjektleder, eller på grunnlag av anbefalinger fra en rådgiver som innehar rollen som prosjektleder.

Det er likevel flere faktorer som er bestemmende for valg av gjennomføringsmodeller i følge Haugen (2004). Disse er entreprisformen, kontraheringsformen, kontraktstypen, samt ansvarsfordelingen og organiseringen. En illustrasjon på hvordan en gjennomføringsmodell er bygget opp, vises i fig. 5.7.

I følge Haugen (2004) er den risikoen som aktørene påtar seg i et byggeprosjekt en konsekvens av gjennomføringsmodellen, ikke bare entreprisformen. Det er stort sett slik at det er de samme oppgavene som skal løses uansett hvilken gjennomføringsmodell man velger. Men valget av modell er først og fremst spørsmål

23. Haugen, T. (2004). Gjennomføringsmodeller i byggesaker. Avtaleformer og kontrakter.

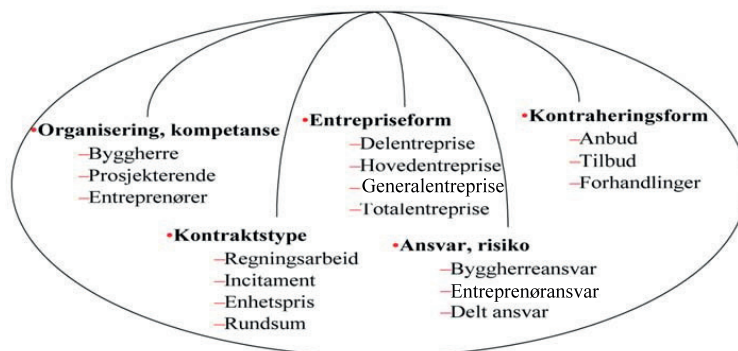


Fig. 5.7.
Gjennomføringsmodeller er satt sammen av entreprisformen, kontraheringsformen og kontraktstypen, og kan kombineres på mange ulike måter.
Kilde: Haugen (2004).

om fordeling av ansvar og dermed risiko. Profesjonelle byggherrer velger ofte å engasjere seg aktivt i en gjennomføring, fordi de har kompetanse til det. Profesjonelle byggherrer har også større muligheter for å vurdere risiko og usikkerheter i et prosjekt.

5.3.6. Entrepriseformer

De vanligste termene som brukes om de ulike entrepriseformer er; delt entrepriser, hovedentrepriser, generalentrepriser, totalentrepriser og forskjellige former for samarbeidskontrakter. Her gis en kort omtale.

Delt entrepriser er den eldste entrepriseformen og er grunnlaget for alle de andre formene. Her har byggherren selv ansvaret for å organisere arbeidet og fordele oppgavene. Prosjekteringen blir ivaretatt av en designgruppe som ledes av arkitekten. Innenfor denne entrepriseformen deles entrepriser og leveranser etter tradisjonelle håndverksfag. Eksempel på denne entrepriseformen finner vi Fallingwater-eksemplet som analyseres i kapittel 7.2.

Hovedentrepriser er når byggherren har inngått avtaler direkte med arkitekt og rådgivere, som utarbeider anbuds- og tilbudsgrunnlag på vegne av byggherren. Anbudsmaterialet som sendes ut på anbud samles i en entrepriser, som danner grunnlaget for tilbud og kontrakt med en hovedentreprenør, som igjen har det fulle ansvaret for utførelsen. Hovedentreprisen gir begrensede muligheter for parallell prosjektering og bygging, og regnes derfor for å ha lang gjennomføringstid i følge Haugen (2004). Eksempler på hovedentreprisen i eksempelstudiene finner vi i Moholt

krematorium, som beskrives i kapitel 7.4, og Hamar universitetsbygg som kan studeres i kapitel 7.5.

Generalentreprise er når byggherren ber en rådgiver eller en rådgivergruppe om å utarbeide et fullstendig anbudsmateriale før byggherren innhenter anbud/tilbud og inngår kontrakt med én entreprenør, som får hele ansvaret for utførelsen av byggeprosjektet. Generalentreprenøren inngår så kontrakter med underentreprenørene. Den rene generalentreprisen gir i prinsippet ikke mulighet for parallell prosjektering og bygging. Eksempler på generalentreprise finner vi i Dragvoll universitetssenter som beskrives i kapitel 7.3. i eksempelstudiene.

Totalentreprise er når byggherren har bare en kontraktspartner. I denne entrepriseform tar en totalentreprenør ansvar både for prosjektering og produksjon. Han lager en kontrakt med arkitekten og rådgivende ingeniører. Rådgiverne blir på denne måten underlagt organisasjonen til totalentreprenøren. I eksempelstudiene blir denne entrepriseformen ikke beskrevet.

5.3.7. Kontraktsform

Et viktig styringsredskap i en byggesaken for en byggherre er kontrakten han lager med både de prosjekterende og de utførende. En byggherre som vil ha kontroll over sitt prosjekt og vite hva sluttregningen kommer på, vektlegger både kontraktsformen og kontraheringsformen. Igjennom kontrakten bestemmes det om arbeidet utføres etter regningsarbeid, enhetspriser, fastpris eller andre former for kontrakter. Kontraheringsformen beskriver den metoden som brukes til å komme fram til en kontrakt eller avtale (Haugen 2004), enten det er i form av begrenset anbudskonkurranse, åpen anbudskonkurranse, tilbud eller gjennom forhandlinger.

5.3.8. Kontroll og tilsyn

I forskriftene (lover og regler) blir aktørene i en byggesak pålagt kontroll eller tilsyn for å påvirke kvaliteten på arbeidet. Der har vi to typer kontroll. Den ene er den offentlige kontrollen som allerede er blitt beskrevet, og så tilsyn, som utføres av en byggeleder. Byggelederen representerer byggherreinteressen på byggeplassen, og skal sikre at arbeidet blir utført i henhold til kontrakter.

I de senere år har det kommet til en del fagdisipliner som tilbyr løsninger for kontroll og tilsyn. Det har til og med blitt til en ny ”tilsynsindustri”, som hevder å ha metoder som bedre kan håndtere usikkerhet og risiko enn i de gamle systemene, da arkitekter og andre rådgivere både prosjekterte og førte tilsyn med utførelsen.

En viktig inspirasjonskilde i denne utvikling har vært ledelsesprinsipper og

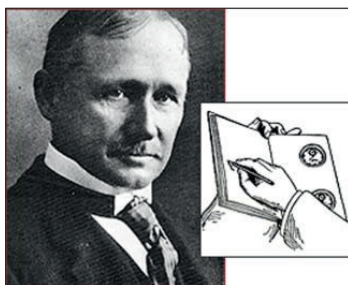


Fig 5.8.

Ideen om effektivisering og kontroll av industriell produksjon, stammer fra Frederick Winslow Taylor, som ble kalt mannen med stoppeklokken. Han påvirket industrien, men også Bauhaus ledere.

Kilde: pbs.org.



Fig 5.9.

Taylor øvde stor innflytelse på Henry Ford, som benyttet samlebånd i sin produksjon av biler. Foto fra ca. 1915.

Kilde: Henry Ford Collection.

produksjonsmetoder fra samlebåndsindustrien som produserer biler og industrielt fremstilte varer. Taylor (1911) blir av mange oppfattet som opphavsmannen til moderne samlebåndsteknikker og kvalitetssikringssystemer, som ga løfter om at arbeid i industrien kunne gjøres mer effektivt, og at feil og mangler kunne minimaliseres ved bruk av vitenskapelige underbygde rutiner og arbeidsmetoder.

Det viktigste prinsippet hos Taylor var å lage et klart og tydelig skille mellom design, ledelse og utførelse i en produksjonsprosess, fordi han mente at en arbeider ikke kunne føre tilsyn med eget arbeid, fordi denne arbeideren da ville prøve å skjule sine feil. Taylors ideer fikk stor betydning for utviklingen av den moderne industrien, men også for arkitekturen. I bilindustrien bygget Henry Ford opp samlebåndsproduksjon og i byggeindustrien ble det eksperimentert med masseproduksjon av boliger. I dag merkes arven fra Taylor i moderne kvalitetskontrollsystemer som ISO 9000.²⁴ Innholdet i denne ideologien er å bruke ny kunnskap om ledelse og organisering av arbeid for å øke sikkerhet og spare ressurser.

Kvalitetskontroll i retning av det som ISO 9000 uttrykker, er ved å bli innledet i mange lands byggeindustri. Det er blitt gjort i Island med nytt lovverk fra 2010. I henhold til den nye loven er

kravet at alle aktører i et byggeprosjekt har godkjente kvalitetssikringssystemer. Målet er blant annet å sikre bedre byggkvalitet og forebygge byggskader. Om slike systemer virker i praksis for å forebygge feil og mangler, og spesielt byggskader i en klimaskjerm som her studeres, hersker det enda usikkerhet om. Vitenskapelige referanser som har verifisert nytten av slike systemer, finnes i liten grad enda.

Mange arkitektkontorer har innført kvalitetssystem eller arbeider med å innføre slike systemer, som bygger på ISO-standarder eller sammenliknbare regelverk. Det påstås av talsmenn for innføringen av disse systemene at de kan hjelpe til å forebygge byggskader. Det å innføre et såkalt godkjent kvalitetssystem utelukker

24. Taylor og Sangolt (2006).

ikke nødvendigvis at byggskader kan oppstå, fordi det kan hende at kvalitetssystemet ikke fanger opp de forhold, flaskehals eller snublesteiner som forårsaker skadene. En mulighet er at opphavet til byggskadeproblemene delvis ligger i arbeidsvanene på et kontor som godt kan være verifisert og godkjent i kvalitetssystemet. En annen mulighet er kunnskapsmangel om bygningsfysikk og design av klimarobuste detaljer. Den tredje muligheten er at årsaken til skaden ligger i selve det designideologiske grunnlaget. Denne problemstillingen blir drøftet i kapittel 5.4. Tiltak rettet mot å utelukke slike flaskehals kan være et kvalitetssystem der man lærer av feil og mangler ut i fra kunnskap om aktørdrivkrefter, som beskrives senere i kapitlet.

5.3.9. Utførelsen

Med utførelse mens alt arbeidet som trengs til å realisere prosjekteringen slik at den blir til det ferdige byggverket. Dette inkluderer aktiviteten på byggeplassen, materialtilvirkning både på byggeplassen og utenfor, samt produksjon av varer og tjenester som brukes til å gjøre byggverket klart til bruk. Men utførelsen er avhengig av mange variabler og underlagt entreprisformen som velges og er blitt beskrevet foran. Det påpekes at under utførelsen blir størsteparten av ressursene som er tilgjengelige i prosjektet brukt. I denne fasen blir det planlagte byggverket til fysiske og synlige former, bygningsdeler og detaljer, men også fysiske byggskader.

5.3.10. Ferdigstillelse og overdragelse

Når utførelsen avsluttes overfører entreprenøren bygget til byggherren, men før det skjer kontrollerer byggherren, entreprenøren og de prosjekterende at utførelsen er i samsvar med krav og forventninger. Den vanligste praksisen er at feil og mangler som oppdages under slik inspeksjon må entreprenøren utbedre innenfor visse tidsbegrensinger. En del av inspeksjonen er at alle tekniske systemer virker som de skal. Deler av avslutningen på byggesaken er at de prosjekterende leverer tegninger av huset "as built", med rettelser og eventuelle endringer som er gjort i løpet av byggeprosessen. Den vanlige praksisen er at byggesaken avsluttes med felles befaring, der myndighetene og aktørene gjennomgår bygget, og utsteder en lovpålagt ferdigattest/ferdigmelding.

5.3.11. Garantitiden

Når byggeprosessen avsluttes, overtar byggherren bygget, men dette er ikke slutten for de prosjekterende eller de utførende. Nå starter garantitiden der byggherren kan komme med klager om utført arbeid, og de utførende er pliktige til å rette på feil og mangler som påpekes. Den tidsperioden er forskjellig fra et land til et annet. I Norge er reklamasjonstiden på 3-5 år, mens den i Island er den fire år. Etter dette anses byggeprosjektet for avsluttet. I kapittel 6.2. beskrives oppdagelsestidspunktet

Dristige detaljer

for prosessforårsakede byggskader. Av interesse er å studere at i følge Kvande og Lisø (2006) er ikke mer en 50 % av byggskader blitt oppdaget når reklamasjonstiden er over. Flere byggskader utvikles langsomt og/eller er vanskelig å oppdage i tidlige faser i utviklingen. Dette må derfor bety at huseieren ikke har krav på noen rettslige utbedringer selv om en byggskade er under utvikling etter at garantitiden er over.

5.3.12. Bruk av bygg i livsløpsperspektiv.

I den senere tid har man begynt å kreve at et byggverk planlegges og prosjekteres for en definert levetid som kan være fra 30 til 200 år. En som beskriver planlegging av byggverk i livsløpsperspektiv er Blakstad (2001), som peker på flere mulige strategier som kan anvendes i det arbeidet.²⁵ Illustrasjon fig. 5.10. viser en livsløpsprosess for et byggverk fra første idé til rivning.

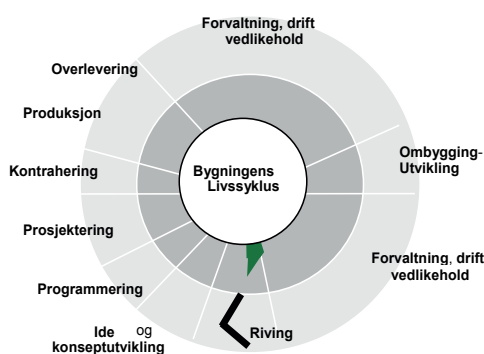


Fig 5.10.
Livssyklusperspektivet for en bygning.
Kilde: Haugen (2004).

Hvis et bygg produseres med byggskader, kan det koste mye å utbedre dette etter at byggeprosessen er avsluttet. I kapittel 6.6 drøftes de økonomiske konsekvenser av byggskader. En del av dette er alt for tidlig vedlikehold, eller utbedringer som går ut på å rette på noe som skulle ha vært riktig prosjektert og bygget ved overlevering av bygget. Byggskader kan i tillegg forkorte levetiden og påvirke bruk og nytten av byggverket, noe som både kan bli kostbart for en byggherre og samfunnet som helhet.

25. Blakstad, S. H. (2001). A strategic approach to adaptability in office buildings. (Doktoravhandling), Trondheim: Trondheim: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Fakultet for arkitektur og billedkunst, Institutt for byggekunst, prosjektering og forvaltning. 2001:97.

5.4. Aktørdrivkrefter

I denne delen drøftes aktørdrivkrefter som er faglige holdninger, idéer, personlig motiv, psykologiske forhold og arbeidsvaner som påvirker aktører og hendelser i en byggeprosess. Målet er å bygge opp et teoretisk rammeverk for å kunne drøfte to delspørsmål:

- Hva slags påvirkning har aktørdrivkreftene på årsaken til byggskadene i de enkelte eksemplene på innovativ modernistisk arkitektur som inngår i denne avhandlingen?
- Hva slags påvirkning har den modernistiske designideologien på årsaken til byggskadene i de enkelte eksemplene på innovativ modernistisk arkitektur som inngår i denne avhandlingen?

Det påpekes at begrepene aktørdrivkrefter og modernistisk designideologi må ses i sammenheng ettersom de er delvis overlappende og beskriver tilsvarende forhold. I denne avhandlingen brukes aktørdrivkreftene som forståelsesrammer for adferd til alle aktører i et byggeprosjekt, mens modernistiske designideologiene beskriver forhold som først og fremst gjelder for arkitektene. Et annet begrep som beskriver tilsvarende forhold som designideologiene, er begrepet designparadigme som utdypes i del 5.4.1. nedenfor. Ellers blir denne delen brukt til beskrivelse av designarbeidet, generelt og spesifikt inklusivt arbeidsrutiner, kommunikasjon, prosjektering og informasjonsformidling med digitale midler. Siste del av beskrivelsen av aktørdrivkreftene er viet til holdninger og psykologiske forhold.

5.4.1. Designparadigme

Et begrep som kan være hjelpelig i diskusjonen av arbeidsvaner og faglige holdninger er begrepet designparadigme. Her defineres dette begrep som rådende syn, regler, idealer og mønster, en slags mental verktøykasse som brukes ved prosjektering og visualisering av bygg.

Opphavsmannen til begrepet paradigme i moderne vitenskap var Thomas S. Kuhn, som først brukte begrepet for å definere et vitenskapssamfunn og de verdinormer og idealer som definerte dette samfunnet.²⁶ Kuhns tanker har blitt til en definisjon av paradigmebegrepet som er:

mentale vaner, teknikker, begreper og tradisjoner som preger et vitenskapelig fellesskap og dernest bestemte eksempler eller modell-løsninger på vitenskapelige problemer.²⁷

26. Kuhn, T. S. (1962). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.

27. Kuhn, T. S. (2002). *Vitenskapelige revolusjoners struktur*. Oslo: Spartacus. Se side 214.

Dristige detaljer

Det ser ut som denne definisjonen kan overføres til arkitektfaget, og da som arbeidsvaner, rådende holdninger og idealer som er karakteristiske for en fagdisiplin, men også eksempler eller forbilder, som danner utgangspunktet for en løsning av et faglig problem eller en oppgave.

Konflikt mellom et eldre paradigme og et nytt foregår sjelden gjennom faglig argumentasjon der de beste argumentene vinner. Det vanligste er at de grupper og personer som forsvarer et paradigme, holder fast ved sitt.²⁸ Til støtte for sine synspunkter siterer Kuhn Nobelprisvinneren i fysikk, Max Planck som sa:

En ny vitenskapelig sannhet seirer ikke ved å overbevise motstanderne slik at de ser lyset, men snarere fordi motstanderne etter hvert dør ut, og en ny generasjon vokser fram som er fortrolig med den.²⁹

Innenfor vitenskapsfilosofien har Kuhns teorier vært omstridde. Det kommer fram i en debatt mellom filosofen Paul Feyerabend og matematikeren Imre Lakatos om tolkningen av paradigmateteorien til Kuhn. Av viss interesse er Feyerabends utspill som hevder at krangel mellom de ulike ”skoler” eller kunnskapsregimer ikke er noe annet enn en maktkamp som handler om synspunkter og verdivurderinger fremfor vitenskapelige teorier.³⁰

Men hva har drøftelse av paradigmebegrepet med aktørdrivkrefter i arkitektfaget å gjøre? En som har synspunkter på det er Wake (2000) som definerer begrepet i Design Paradigms som:

a outstandingly clear or typical example or archetype³¹

Basert på Wake (2000) kan man si at designparadigme i arkitektfaget er forskrift til løsning av et designproblem. Design er en prosess der paradigmat eller idealet er viktig før løsningen. Et paradigme er ikke ulikt en metafor som designeren griper til, når han eller hun står overfor et problem der det første spørsmålet er å definere problemet. Den kreative søkingen etter et akseptabelt svar kan føre til spørsmål om det finnes løsninger på tilsvarende problem. Hvis en passende løsning blir funnet, spørres det om den kan modifiseres slik at den passer som løsning på det spesifikke problemet.³²

28. Kuhn (2002), se side 220.

29. Kuhn (2002), se side 143. Sitatet er fra Planck, Max (1950). *Scientific Autobiography and Other Papers*, London Williams&Norgate. Se side 33-34.

30. Kuhn (2002), se side. 221.

31. Wake, W. K. (2000). *Design paradigms: a sourcebook for creative visualization*. New York: Wiley.

32. Wake (2000), se side 1.

Metaforer og paradigmer er nært beslektet etter som begge begrepene brukes for å legge fram nye ideer som bygger på noe som eksisterer eller er kjent. De skaper en slags bro mellom det som er kjent og det som er ukjent. Begge begrepene kan anvendes til å forstå nye problemer. Ut i fra dette kan man si at det er visse likheter mellom innovativ design og kreativt forskningsarbeid. I begge tilfeller søkes det etter å skape noe nytt, enten ny design eller ny kunnskap. Hvor kommer formene som objektene blir laget av fra, spør Wake (2000), og svarer at alle former stammer fra forbilder, og all design starter med et designparadigme.

Det å designe kan ses på som en mekling mellom ulike hensyn; økonomi, teknikk, brukbarhet og levetid, men også estetiske vurderinger. En viktig del av slike vurderinger er kartlegging av hva en kunde ønsker og er villig til å betale for. Hva vekker hans eller hennes begjær eller lyst etter å besitte eller eie en form av et bestemt designobjekt, enten det er en kaffekopp, en stol, en bil eller et hus? Dette er komplisert å undersøke. Psykologien forteller at størsteparten av alle beslutninger om anskaffelse tas på grunnlag av intuisjon, dvs. en følelse, eller skal vi si "magefølelse", ikke rasjonelle overveielser som man ofte tror. Den amerikanske Nobelprisvinneren Daniel Kahneman har utformet teorier om slike beslutninger.³³ I følge Kahneman (2002) er beslutninger om valg først og fremst bygget på lyst og følelse fremfor rasjonelle vurderinger, noe som dyktige modernistiske formgivere vet og har klart å utnytte i sitt arbeid. Eksempler fra modernistisk design som appellerer til lyst og opplevelse er mange. Den "rød – blå" stolen til Rietveld er et kjent objekt, som også Fallingwater er, som drøftes i eksempelstudiene. Begge disse objektene og mange andre er blitt en del av det modernistiske designparadigmet. De er meget visuelt forførende, og på den måten blitt til forbilder og mønster for de som arbeider innenfor dette paradigmet.

5.4.2. Designarbeidet.

Når forståelsesrammene for designarbeidet er blitt drøftet, er det på tide å se nærmere på selve arbeidet som både er av eksplisitt og implisitt karakter. En del av forutsetningene for designarbeidet er blitt gjort eksplisitte igjennom forskriftene som er blitt omtalt i kapittel 5.2. Ut fra denne beskrivelsen ser man at designarbeidet er ganske presist avgrenset av ytre rammer og drivkrefter. Men hvor er da flaskehalsen og hindringen som påvirker resultatet og hindrer at prosjekteringen leveres uten feil og mangler? Med dette i tankene skal vi se nærmere på selve prosjekteringsarbeidet. Drøftelsen tar utgangspunkt i flere kilder, men også forfatterens erfaring som praktiserende arkitekt, hovedsakelig i Island og Norge, etter diplomeksamen fra AHO i 1986.

33. Kahneman, D. (2002). Maps of bounded rationality: A perspective on intuitive judgment and choice. Nobel Prize Lecture, December (Vol. 8, pp. 1449-1475).

5.4.3. Ledelse og arbeidsfordeling i et designarbeid

Når et bestemt byggeprosjekt har blitt til et reelt oppdrag på et arkitektkontor, enten det har kommet inn som premiert forslag i en arkitektkonkurranse eller kommet som henvendelse fra en byggherre, starter en prosess som i store trekk følger en definert bane eller prosess, beskrevet foran i kapittel 5.2.

Når oppdraget har kommet inn igjennom en arkitektkonkurranse, er det ofte innehaver eller seniorpartner på arkitektkontoret som står som den ansvarlige forfatteren av forslaget. Denne personen blir vanligvis ansvarlig prosjekterende.

Prosjekteringen av et bygg av en viss størrelse er sjelden et enmannsarbeid. Det er et kollektivt arbeid utført av en designgruppe. Hovedregler er i følge Gray og Hughes (2001) at på et ambisiøst arkitektkontor som vil definere seg selv som innovativt, er det forfatteren av forslaget som leder prosjekteringen. Han blir også kalt arkitekten for bygningen. I henhold til prosjektets omfang og karakter får denne lederen med seg andre medarbeidere på arkitektkontoret til å hjelpe seg med å utføre arbeidet. Ofte er det slik at mesteparten av arbeidet blir utført av disse medarbeiderne. Det er de som lager de nødvendige tegninger og beskrivelser som behøves. Under slike arbeidsforhold er det lederens rolle å veilede medarbeiderne, føre tilsyn med at arbeidet blir utført i henhold til forskrifter, og i tillegg i henhold til hans egne faglige ambisjoner. En kan si at på et arkitektkontor anvendes det som kalles "mester og svenn" systemet, dvs. at den med størst faglig autoritet er veileder og styrer medarbeiderne.

En slik arkitektleder har gjerne flere oppdrag løpende samtidig, og flere arbeidsgrupper som arbeider for ham eller henne. Arkitekten som har denne rollen er ofte en kreativ person som har skapt seg et navn gjennom tidligere resultater i konkurranser eller tildeling av priser. På grunnlag av dette kan denne arkitekten bli ettertraktet av byggherrer som ønsker å koble sine byggeaktiviteter til en slik person med ry som kreativ leder.

Rollen som faglig leder på et arkitektkontor medfører møter, samarbeid og reiser. Dette fører til at arkitektlederen ofte arbeider under stort press. Hans medarbeidere er for det meste utdannede arkitekter, ingeniører eller tekniske tegnere som ofte stilles overfor komplekse designproblemer, som de ikke alltid har forutsetning og kunnskap til å håndtere. Noe som følger med i arkitektlederens travle hverdag er at han ikke alltid kan være til stede på kontoret når medarbeiderne har behov for veiledning. Det er en ganske kjent sak i arkitektbransjen at "svennen" selv har ambisjoner om å bli "mester" en dag. Dette fører derfor ofte til at medarbeiderne forsøker å løse problemene på egen hånd, uten innblanding fra sin mester. I enkelte tilfeller viser medarbeiderne profesjonell dyktighet, mens i andre tilfeller går det ikke så godt, og

feil og mangler kan oppstå, noe vi vil drøfte senere. Eksempler på disse fenomenene finner vi i flere av de eksemplene som analyseres i kapittel 7. Frank Lloyd Wright var ofte borttreist fra sine medarbeidere, som først og fremst var en gjeng unge og uerfarne arkitektstudenter. I prosjekteringen av Dragvoll holdt sjefsarkitekten til i København, mens en gjeng unge arkitekter arbeidet med prosjekteringen i Trondheim. I Hamar universitetsbygg i Island hadde nyutdannede arkitekter og ingeniører ansvaret for kritiske deler av prosjekteringen fordi lederne var opptatte med andre oppdrag. Dette er en virkelighet som mange prosjekterende arkitekter gjenkjenner seg i.

5.4.4. Arbeidsrutiner i et designarbeid

Det er ulik praksis når det kommer til arbeidsrutiner. Lenge var det slik at det hørte til sjeldenhetene at det fantes eksplisitte og skriftlige regler om hvordan arbeidet på et arkitektkontor skulle utføres. Medarbeiderne visste hvordan arbeidet skulle gjøres, fordi de hadde lært det av sine overordnede og medarbeidere med lengre erfaring. De hadde kunnet tilegne seg arbeidsrutiner og klarte å utføre dem uten skriftlige veiledninger. Det hørte til sjeldenhetene at en ny medarbeider ble stilt ovenfor rutiner og praksis i form av skriftlig dokumentasjon. Reglen var at dette skulle medarbeiderne finne ut av selv etter hvert. Med innføring av kvalitetssystemer har det blitt en endring på dette, spesielt igjennom systematisering av arkivsystemer. I dag er det slik at mange større arkitektkontorer har godkjente kvalitetssystemer med eksplisitt beskrivelse av arbeidsrutiner.

5.4.5. Kommunikasjon i et designteam

Arbeidet i et designteam handler i stor grad om kommunikasjon. Et byggeprosjekt er i bunn og grunn en formidlingsprosess hvor masse informasjon i form av tegninger, beskrivelser og muntlige overføringer formidles til de involverte aktørene, som gjør det mulig for dem å få huset bygget. På samme måte som god kommunikasjon og samarbeid kan føre til godt arbeid, kan mangelfull og dårlig definert kommunikasjon resultere i misforståelser og konflikter, som igjen kan resultere i feil og mangler som til slutt fører til fysiske byggskader. Noen tema vedrørende kommunikasjon bør påpekes.

Emmitt og Gorse (2003) har forsket på kommunikasjon i byggeprosjekter og har påpekt at kommunikasjonskompetansen deltakerne sitter inne med er viktig for resultatet. I de aller fleste tilfeller er den beste og enkleste formen for kommunikasjonen den som formidles i direkte samtaler. I et designprosjekt foregår mye av informasjonsformidlingen via visuell fremstilling. En nyttig diskusjon kan utføres foran en dataskjerm, over utskrift eller over skisser og modeller. Kommunikasjon med folk utenfor designteamet foregår med brev, e-post eller via

Dristige detaljer

telefon. Suksess i å kommunisere avhenger av enkelte aktørers anlegg til å kunne formidle og ta i mot informasjon.

Et annet forhold som Emmitt og Gorse (2003) påpeker, er kommunikasjonskulturen. Deltakere i et prosjekteringsteam har ulike metoder når de formidler informasjon. Mens en arkitekt i hovedsak bruker tredimensjonale tegninger, fotografier og modeller i sin informasjonsformidling, kan en ingeniør bruke tall i større grad, ord og todimensjonale tegninger i kommunikasjonen. Den ene gruppen bruker i sin formidling media som påvirker de visuelle sanser, mens den andre benytter media som settes i samband med hjernens logiske virksomhet. De ulike medier kan forårsake misforståelser og konflikter mellom arbeidsdisipliner. Arkitektskolene gir arkitektstudentene tidlig i studietiden trening i å formidle sine synspunkter og ideer ved hjelp av visuelle medier, dvs. tegninger og modeller og muntlig fremstilling. Av denne grunn blir mange arkitekter dyktige til å formidle arkitektoniske ideer. Mange av dem besitter i tillegg et naturlig talent på området, mens andre utvikler sine ferdigheter på grunnlag av opplæring og trening.

Det tredje forholdet angår kunnskap og forholdet mellom formidler og mottaker. Selv om den som sitter inne med informasjonen som han eller hun vil formidle, er det ikke alltid slik at den som skal ta i mot informasjonen har den rette kunnskapen til å ta i mot og gjøre bruk av den. Dette må og bør en profesjonell arkitekt ha i tankene under sitt formidlingsarbeid. Dette må også en prosjektleder som representerer byggherren vite, fordi det er han som legger opp rammen for kommunikasjonen i et prosjekt, for det meste igjennom valg av gjennomføringsmodell for byggeprosjektet.

5.4.6. Kommunikasjonskanaler

Kommunikasjon der aktører treffes og har direkte samtaler er en vikende form. I dag brukes i større grad elektroniske kanaler. Mer og mer av kommunikasjonen foregår via mobiltelefon, e-post og sosiale medier. Slike endringer kan skape problemer. Dette gjelder både i kommunikasjonen mellom designgruppe og andre i et byggeprosjekt og internt i prosjekteringsgruppe. Her er flaskehalsene og snublesteinene mange.

Med utstrakt bruk av elektronisk design og bruk av digitale dokumenter som sendes fra en til en annen, kan det oppstå små feil som ikke oppdages, men som kan vokse i omfang og multiplisere seg inn i systemet som et forstyrrende element. Slikt er et velkjent fenomen der feil eller uorden i en detalj kan starte en kjedereaksjon, som til slutt fører til at bygningsdeler bryter sammen. Eksempel på slike finner vi i beskrivelsen hos Levy og Salvadori (2002) av Kemper Arena i Kansas City, som kollapset på grunn av svakheter i en viktig detalj.

5.4.7. Formidling og design med hjelp av CAD-programmer

Datamaskiner er nyttige instrumenter som brukes i CAD design, men også i kommunikasjon. Bruk av digitale medier kan gjøre informasjonsformidlingen enklere, og gjøre det mulig å overføre store mengder informasjon på kort tid. Men bruken av datamaskiner i design har også en ulempe. Uorden og/eller forkjørt informasjon kan komme inn i systemet, uten at aktørene legger merke til det.

Datamaskiner og CAD-programmer til å designe bygg har ikke vært i bruk særlig lenge. Arkitekter startet for alvor å designe bygninger ved hjelp av CAD-programmer på midten av 1990-tallet. En interessant beskrivelse av denne utvikling tilhører Nygaard (1997), som viser (fig 5.11.) hvordan det nye designverktøyet kan hjelpe arkitekten å vinne tilbake sin sentrale posisjon i prosjekteringen.³⁴ En teoretisk studie av denne utviklingen og de muligheter som spesielt ligger i tredimensjonal design og bruk av BIM, på engelsk *Building Information Modelling*, finner man i Moum (2009).³⁵

Bruken av BIM har etter hvert fått sterke talsmenn i byggeindustrien, som arbeider for å innføre denne fremgangsmåten som standard i offentlige byggeprosjekter. En slik aktør i Norge er Statsbygg, og i Island er den viktigste aktøren Statens prosjektorganisasjon kalt FSR. Argumentene for å ta i bruk slikt verktøy er at det vil gjøre designet mye bedre og mer forutsigbart, i tillegg til at feil og mangler og eventuelle byggskader kan minimaliseres. Eksempler på den forebyggende effekten av BIM, er at kollisjoner mellom bærekonstruksjoner og ledningsnett kan unngås samt at sløsing av ressurser kan minskes.

Det er selvsagt praktisk mulig å forebygge sløseri og byggskader i slike informasjonsmodeller. Om de sparer kostnader er uklart. Men denne teknologien er så ny at få vitenskapelige studier foreligger om hvilken effekt slike modeller vil ha på opphav og utvikling av designforårsakede byggskader. Fortsatt settes det spørsmålsteget ved effekten av BIM i forhold til det å forebygge byggskader, fordi erfaringene med dette systemet fremdeles er begrensede.³⁶ Når man snakker om byggskader av den typen som drøftes i denne avhandlingen, dvs. lekkasjer og brister i klimaskjermen, er det uklart om de kan forebygges ved hjelp av BIM, fordi slike skader i stor utstrekning er knyttet til estetiske valg og vurderinger, likegyldighet i en eller annen form, galt materialvalg, teknisk svak detaljdesign og uvitenhet om bygningsfysiske forhold. Men det blir meget interessant å følge med i utviklingen av BIM-teknologien, og da spesielt om denne teknologien kan forebygge byggskader i fremtiden.

34. Nygaard, M. (1997). Datamaskinens inntog. *Byggekunst*, 79. årgang(4), s. 12-19.

35. Moum, A. (2008). Exploring relations between the architectural design process and ICT: Learning from practitioners' stories. (Doktoravhandling), Trondheim: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Fakultet for arkitektur og billedkunst, Institutt for byggekunst, prosjektering og forvaltning. 2008:217.

36. <http://www.statsbygg.no/FoUprosjekter/BIM-Bygningsinformasjonsmodell/Bruk-og-nyttverdi-av-BIM/>

5.4.8. Designarbeidet i et nettverk

Arkitekten arbeider i dag i stor grad i et nettverk, der informasjon mottas, omdannes til design og sendes og formidles til de som har behov for den. Illustrasjonene (fig. 5.11.) viser hvordan Nygaard (1997) tenker seg arbeidet i den elektroniske designeverden, noe som delvis er virkelighet i dag.

I en slik arbeidssituasjon sitter designeren sentralt i et nettverk, likt en edderkopp i sitt spindelnev. Foran seg har han eller hun et elektronisk tegnebord, og rundt seg har han sine databanker med den informasjon han trenger. Han kan ha elektronisk kontakt med de andre prosjekterende; ingeniører og andre rådgivere, som også legger inn data i en sentral databank. I dag kalles slikt prosjektweb eller prosjekthotell, og det er vanlig i bruk i mange byggeprosjekter. Forskjellen fra Nygaards illustrasjon og virkelighet i 2012 er at informasjonen enda i stor utstrekning er todimensjonal.

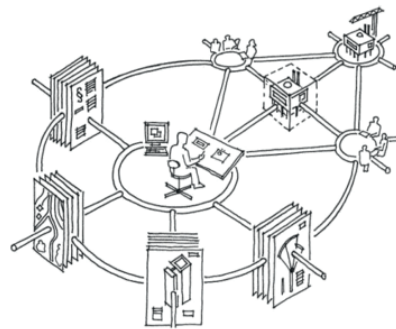


Fig 5.11.
Arkitekten som nettverksaktør.
Kilde: Nygaard (1997), side 18.

5.4.9. Posisjon i makt og status designhierarki

En viktig drivkraft i designarbeidet er status og makt, etter som aktørenes posisjon og stilling har innvirkning på kommunikasjon og samarbeid i et byggeprosjekt. De som er lavere stilt, enten i forhold til rolle eller utdanning, har en tendens til å ta imot informasjon fra de som har høyere status i et prosjekt. Derimot har en aktør med høyere status i makhierarkiet en tendens i følge Emmitt og Gorse (2003) til å motsette seg forslag og informasjon fra en underordnet. Det kan være flere grunner til det, slik som psykologiske forhold, selvopptatthet og/eller forsvar av egen maktposisjon.³⁷ Det er viktig at deltakere i et prosjekt er klar over denne statusrangeringen, som ser ut til å ligge innebygget i den menneskelige natur. Maktkamp mellom aktører i et byggeprosjekt er en ganske kjent sak. Maktkampen kan være mellom ulike profesjoner, interessegrupper, men også mellom kunnskapsregimer. Flyvbjerg (1991) påpeker at de som har makten definerer hva som er rett og hva som er passende. Maktkamp i en arkitektgruppe kommer ofte opp når viljesterke og ambisiøse arkitekter samarbeider, eller imellom en sjef og en eller flere underordnede som har ambisjoner om å bli sjef en dag.³⁸

37. Slike psykologiske drivkrefter beskrives blant annet i kapitel 7.2. i studien av Fallingwater.

38. Slike fenomener drøftes i kapitel 7.3 i beskrivelsen av universitetssentret på Dragvoll.

Tidligere er det blitt pekt på at det er en viss fare for at verifisert kunnskap, for eksempel om årsaker til tekniske problemer og byggskader, kan bli overkjørt i en intern maktkamp i et prosjekteringsteam. Eksempel på dette er når en leder som sitter inne med en kunstnerisk og/eller teknisk overbevisning overkjører eller bagatelliserer innvendinger fra de medarbeiderne som stiller seg kritiske til hans eller hennes kreative ideer. Dette betyr i grunnen at det ikke er nok at kunnskapen om årsaker til byggskader finnes på arkitektkontorer, hvis viljen til å overse denne kunnskapen er sterk nok.³⁹ Slik likegyldighet blir drøftet i eksempelstudiene i kapittel 7.

Plassering i makt- og statushierarkiet bestemmes av flere forhold. Utdannelse og personlige egenskaper er viktige. Men flere problemer kan oppstå i spillet om status og makt internt i en prosjekteringsgruppe. Ofte kan opphavet til mange problemer starte i adferd som kan tolkes som fornærmende eller mangel på respekt. Hvis ens stolthet eller heder blir krenket, kan det bli starten på langvarig konflikt. Aristoteles kloke ord ser ut til å være treffende når hans sier:

The mistake lies in the beginning -- as the proverb says -- 'Well begun is half done'; so an error at the beginning, though quite small, bears the same ratio to the errors in the other parts.⁴⁰

Utgangspunktet for denne uttalelsen var langvarige stridigheter mellom stolte unge menn som fornærmet hverandre. Dette førte siden til krig og tap av liv, som kunne ha vært unngått hvis de rette tiltak hadde blitt truffet i begynnelsen av konfliktene. I stedet fikk de onde følelsene lov til å vokse. I slike konflikter er det også en tendens til at de som føler seg krenket, klarer å mobilisere andre som til å begynne med ikke er innblandet i konflikten, men som etter hvert blir revet med og tvunget til å ta stilling. Det er en slik konflikt Aristoteles sikter til i sin tekst, som handler om interessekonflikter og et politisk maktspill i antikkens Hellas. Det er verdt å ha den gamle lærdomsmannens kloke ord i tankene når aktørers status og makt studeres i lys av kommunikasjon og konflikter i et byggeprosjekt.

39. Forfatteren har personlig erfart et slikt fenomen. Kunnskap som var ment til å forebygge byggskader, ble tilsidesatt med den begrunnelse at det ville være på bekostning av det estetiske uttrykket og ødelegge formen.

40. Aristoteles. (2007). *Politica*. Bok IV. Hentet 21.05.2012, fra: <http://ebooks.adelaide.edu.au/a/aristotle/a8po/>.

5.4.10. Holdninger og verdinormer

Hos aktører i et byggeprosjekt finnes det ulike synspunkter og vurderinger av verdinormer, og dette kan og vil påvirke samarbeidet og kommunikasjonen. Dette kommer godt fram i ulike holdninger til målbare verdier som penger. Mens noen setter fysiske og målbare verdier øverst, setter andre estetikk og visuell opplevelse på første plass. Blant disse er de som er tilhengere av den innovative modernistiske arkitekturen. De er sjelden drevet fram av økonomisk gevinst, men av andre forhold som status og mulighet for berømmelse. Slike tendenser drøftes i kapitel 5.5., med referanser til Prak (1984).

5.4.11. Kompetanseoppbygging – kunnskapsbaser på arkitektkontorer

Tidligere i dette kapittelet har “mester og svenn”-ledelsessystemet i arkitekturketten blitt drøftet. Det er av interesse å se på dette systemet i samband med den kjente Dreyfus-modellen.⁴¹ Modellen forklarer hvordan mennesker tilegner seg kunnskap igjennom fem utviklingstrinn: 1. Novise, 2. Avansert begynner, 3. Kompetent utøver, 4. Kyndig utøver og 5. Ekspert.

I korte trekk kan det sies at det som kjennetegner novise-trinnet er at en utøver lærer igjennom regler, og handler igjennom regelbasert viten. I motsetning til dette handler eksperten, som er på det øverste trinnet, ut i fra intuisjon. Denne kunnskapen kalles ofte taus kunnskap eller implisitt kunnskap. I følge Dreyfus (1986) utvikler mennesker seg fra novise-trinnet opp til ekspert-nivå igjennom konkrete kunnskaper med basis i konkrete eksempler.

Schön (1983) drøftet tilsvarende trinnvis utvikling av ferdigheter som Dreyfus i boken *Den reflekterende praktiker*.⁴² Av særlig interesse er Schöns historie om Quist og Petras, som er en fortelling om prosjektering, der en læremester og student arbeider med et formgivningsproblem. Denne fortellingen bygger på eksempelstudier av arkitektundervisningen på amerikanske arkitektskoler på 1970-tallet. Situasjonen er at Petras får veiledning av Quist midt i semesteret etter å ha kjørt seg fast i et formgivningsproblem. Quist omdefinerer problemstillingen i en imponerende og reflekterende dialog med Petras om situasjonen og problemene. ”Man skal begynne med å skape en orden, selv om den virker vilkårlig ” sier Quist.⁴³ Igjennom tegninger som viser designutviklingen ser man hvordan Quist klarer å ta tak i situasjonen og veilede Petras i en formgivningsprosess, der tegningen og diskusjonen flyter lett og tilsynelatende uten anstrengelser. Arkitektoniske løsninger og begreper skifter

41. Dreyfus, H. L., Dreyfus, S. E., & Athanasiou, T. (1986). *Mind over machine: the power of human intuition and expertise in the era of the computer*. New York: Free Press.

42. Schön, D. A. (2001). *Den reflekterende praktiker: hvordan profesjonelle tenker, når de arbeider*. Århus: Klim

43. Schön (2001), se side 87.

mening i en kreativ omdefinierungsprosess. Under overflaten viser Quist mesterlige taktter med måten han tar tak i problemet på, og viser studenten hvordan ”refleksiv handling” kan brukes til å omgjøre et prosjekteringsproblem til en kreativ løsning.

Men hvordan foregår kompetanseutviklingen inne på et arkitektkontor i lys av disse vitenskapelige referansene? For å se på det, starter vi med å se på hva som er de viktigste kunnskapskildene inne på et arkitektkontor. Kunnskapskildene er delt i tre hovedkategorier; kunnskap hos medarbeideren, kunnskap i fagbøker og kunnskap i bedriftens databank.

Den mest verdifulle kunnskapen på et arkitektkontor er den kunnskapen som medarbeiderne selv sitter inne med. Denne kunnskapen brukes til å skaffe nye oppdrag og løse oppdrag som allerede er på tegnebordet. I denne undersøkelsen er det av interesse å se på hvordan en novise blir opplært i rutiner og de regler som gjelder på arkitektkontoret, og hvordan han eller hun benytter de ulike kunnskapsbasene. Denne novisen har behov for å søke hjelp hos de som har mer erfaring, enten det er en overordnet eller en som er ekspert eller mester på området. Dette kan være problematisk hvis den kunnskapsrike medarbeideren er en opptatt prosjektleder, som har liten tid til å lære opp en ung og uerfaren medarbeider. Opplæring av en novise til å få ”gode arbeidsvaner” kan føres inn på uheldige baner i noen tilfeller, der det ikke er utviklede rutiner for slik opplæring. Det kan også være at nye medarbeidere vegrer seg mot å søke hjelp hos erfarne medarbeidere eller overordnede, fordi de ikke vil avsløre sin kunnskapsmangel eller forsøker å gjøre inntrykk ved å løse oppgaven selv.

Den andre kunnskapskilden er tilgjengelige fagbøker i form av tekniske håndbøker, fagtidsskrifter og bøker om arkitektur, som finnes i bokhyllene på kontoret. I håndbøker som i dag finnes på nettet, finner man prøvd og godkjent kunnskap. Eksempel på det er *Byggforskserien* som inneholder utprøvd kunnskap om tekniske løsninger av bygg og anlegg. Det er ikke alltid tilfelle med artikler i arkitekttidsskrifter og bøker om arkitektur som inneholder tegninger og estetisk appellerende fotografier av bygde hus eller forslag til bygninger. I denne sammenhengen bør det påpekes at det er ganske vanlig praksis hos arkitekter å studere utenlandske arkitekttidsskrifter. På arkitektskolene blir studentene oppfordret til å studere ny arkitektur, slik den vises i tidsskriftene, og i de elektroniske mediene ved å besøke biblioteket regelmessig og på den måten følge med i utviklingen. Dette er både for å lære å bli kjent med de mest aktuelle arkitektene, men også for å få ideer til eget arbeid. Dette blir etter hvert en vane og er en akseptert fremgangsmåte for å holde seg faglig oppdatert. Arkitekten søker etter inspirasjon til form og materialbruk i nye tidsskrifter, men også ideer til detaljløsninger der de ”låner” eller lar seg inspirere, fordi fremstillingen i tidsskriftet virker appellerende. Hvordan disse ”lånte” løsningene virker i praksis, blir ofte neglisjert eller viet liten interesse. Om ”lånt” design sier Petroski (1994) med

Dristige detaljer

henvisning til Alexander (1964) følgende:

Whenever any designer does not merely copy exactly what has already been made and pronounced successful – that is, acceptable – then it is difficult to say whether a new or modified design will be or will continue to be successful.⁴⁴

Med andre ord, det å låne eller kopiere andres design kan være greit, hvis kopiene er nøyaktig som originalen og originalen er vellykket. Men hva endringer på det ”lånte/kopierte” forbildet kan føre til, vet man lite om. I hvert fall er det noe både Alexander (1964) og Petroski (1994) advarer mot, fordi det kan åpne opp for feil og mangler eller det som Alexander kaller mistilpasning.

Den tredje kunnskapskilden er arkitektkontorets databank. I de fleste tilfeller er databanker en blanding av dokumentarkiv og tegningsarkiv, der tegningsarkivet utgjør størsteparten av datamengden. I mange tilfeller er et slikt tegningsarkiv velordnet og brukervennlig og en viktig støtte i designarbeidet. Men i andre tilfeller er arkivet vanskelig tilgjengelig, kategorisering og sortering uryddig og ikke for andre enn innvidde å finne fram i. Problemet kan være like stort i et elektronisk arkiv som i et papirarkiv.

Men hva er det en designer leter etter i et tegningsarkiv? I de fleste tilfeller er det ferdige designløsninger for eksempel for vinduer, dører, trapper eller rekkverk, men også detaljer. På samme måte som i tilfellet med tidsskriftene blir forbildet kopiert eller gjenbrukt i form av en eller annen modifisering. Men det kan ha vært en feil ved løsningen som ble kopiert, eller at et avvik har sneket seg inn som i tilfellet med tidsskriftet foran.

“Greindur sér getur, reyndur veit þó betur” er et islandsk ordtak som betyr at et fornuftig menneske kan gjette seg til mye, men det som trenges er erfaring og klokhet. Derfor er det avgjørende at arkitekten og arkitektbedriften tar lærdom av hendelser, og kanskje ikke minst av det som har gått galt, for å gjøre ny design bedre enn den gamle. I slike tilfeller kunne det være en god arbeidspraksis at når det oppdages byggskader i en bygning arkitektkontoret har designet, må det skrives en analyserende rapport om feilen, og at dette blir dokumentert i databanken under problematiske løsninger. Fremgangsmåten videre kunne så være at den problematiske designen ble diskutert, og at medarbeiderne gjør andre oppmerksomme på de problemene som er knyttet til denne defekte designen.

44. Petroski (1994). Se side 2.

5.4.12. Psykologiske forhold

Innledningsvis ble det påpekt gjennom Ingvaldsen (2001a) at menneskelige aktiviteter og psykologiske forholds innvirkning på byggskader muligens var et undervurdert problem. Drivkrefter som påvirket den menneskelige adferd er i følge Lem (1996) egoisme, altruisme og ansvarsfølelse. I byggskaadelitteraturen har både Alberti (1986) og Kaminetzky (1991) utpekt spesifikt tre sentrale psykologiske fenomener som påvirker utviklingen av byggskader: uvitenhet, uaktsomhet og likegyldighet. Av disse tre skårer likegyldighet høyest ved at dette foreligger når mennesker neglisjerer, bagatelliserer, gir blaffen i noe eller overser noe. Bak slik adferd kan det ligge bevisste eller ubevisste handlinger eller tanker.

Flyvbjerg (2003a) påpeker maktkamp og personlige ambisjoner som årsaker til mange problemer i store bygg- og anleggsprosjekter. Av en viss aktualitet er en offentlig diskusjon mellom Flyvbjerg og Kahneman om hvilke krefter som er rådende i beslutninger i større offentlige skandaleprosjekt som kostet mye mer en det som var planlagt. Flyvbjerg (2005) hevdet at det ofte blir tatt i bruk bevisst bløff i et tidlig kostnadsestimat for å få prosjekt godkjent. Kahneman hevder i motsetning til Flyvbjerg at det ikke er bevisst bløff hos aktører som er hovedårsaken, men det han kaller overdreven optimisme, som er en menneskelig adferd der gevinst overvurderes og risiko undervurderes. Beskrivelse av begrepet overdreven optimisme finner man blant annet hos Lovallo og Kahneman (2003).⁴⁵ Drivkraften bak fenomenet er at folk søker etter en viss type av velvære og lykkefølelse som ofte er koblet til høystemte ideer og visjoner. Psykologisk motarbeider den optimistiske velværefølelsen depresjon og skepsis, men slike følelser kobles gjerne sammen med redsel eller forsiktighet. Dette resulterer i at folk som er optimistiske, tør og vil være dristige, mens skeptiske mennesker er forsiktige, i følge Lovallo og Kahneman (2003).

Tidligere er begrepet hybris brukt om menneskelige adferd der stor risiko tas med usikker gevinst. I følge Hayward, Shepherd og Griffin (2006) er årsaken til hybris for sterk tro på egen kunnskap, tro på egne evner til å forutse og tro på egne ferdigheter. Aktører med stor selvtillit har en tendens til å undervurdere vanskeligheter og overvurdere egne evner til å løse problemer. Det motsatte av tro på egen kunnskap er aktsomhet og en forsiktig innstilling, i tråd med det Petroski (1994) beskriver som viktig egenskap hos vellykkede, tekniske designere av brukonstruksjoner.

Psykologiske forhold i form av ideer, drømmer og visjoner påvirker arkitekten i arbeidet med å designe innovative bygninger. Dette kan være drømmer om å skape et såkalt "udødelig kunstverk" for å innhøste berømmelse og priser.

45. Lovallo, D., & Kahneman, D. (2003). Delusions of success. How optimism undermines executives' decisions. *Harvard Business Review*, 81(7), 56.



Fig 5.12.

En ulykkelig yrkesgruppe. Arkitektene har havnet på lykkebunnen i en engelsk arbeidslivsundersøkelse. Kanskje ikke så rart, når drømmen er å skape himmelstormende arkitektur, noe de sjelden får til, fordi de må forholde seg til byggherrer, byråkrater, budsjetter, produsenter, entreprenører, politikere, ingeniører, arkitekter - og hele folkeopinionen.

Kilde: Oksholen & Oftedahl (2006). Illustrasjon: NTNU Info/Mads Nordtvedt.

Når dette ikke går slik en ønsker, noe som hender for svært mange arkitekter, blir de ulykkelige og føler at de ikke strekker til. Situasjoner av denne art illustreres i fig. 5.12.

I 2005 skrev forfatteren (Hardarson 2005b) en artikkel i Arkitektnytt, der lykketilstanden i arkitektfaget ble drøftet, fordi engelske undersøkelser hadde påpekt at arkitekter var den yrkesgruppen som var ulykkeligst i sitt arbeid.⁴⁶ I artikkelen spørres det om årsaken til de ulykkelige tilstander i arkitektfaget kan ligge i systemet og holdningen, dvs. i det som her er blitt kalt designideologien. Følgende sitat beskriver problemstillingen:

46. Hardarson, Æ. (2005b). Arkitekter og lykken. Arkitektnytt (nr. 9), s. 28.

Kanskje er det slik at forventningene til arkitektyrket er i disharmoni med de faktiske forhold ute i arbeidslivet. At yrkesforventningene, som blir skapt igjennom skolesystemet, media og andre kulturelle instanser, bygger opp under et for ensidig bilde av arkitekten som en kreativ og suksessfull kunstner, og (dermed) at hans lykke ligger i å oppnå dette målet. De faktiske forhold ute i praksis arter seg ganske annerledes. Der er virkeligheten for mange arkitekter lange og strevsomme dager, fulle av skjemaer og tekniske og administrative oppgaver, som må løses foran blinkende dataskjermer.⁴⁷

Lykketilstanden i arkitektyrket ble drøftet av Oksholen og Oftedahl (2006) med utgangspunkt i forfatterens drøftelse av begrepet og hans koblinger til byggskadeproblematikken. Av spesiell interesse i denne sammenhengen er et intervju med den norske stjernearkitekten Kjetil Thorsen, grunnleggeren av Snøhetta, som ble spurt om lykkefenomenet i arkitektfaget:

- Jeg tror mangelen på lykkefølelse blant arkitekter handler om spennet mellom forventning og resultat. Realiseringen av store, komplekse prosjekt møtes ofte av voldsom motstand fra ulikt hold. Dette er en integrert del i konserverende holdninger i ethvert samfunn, og er noe man må ta med i beregningen. Likevel blir mange arkitekter desillusjonert i dette møtet. Jeg tror at for å bli lykkelig som arkitekt, kreves en egen type holdninger som tåler slike belastninger, sier Thorsen, tenker seg om et øyeblikk, og legger til: Så er det naturligvis også sånn at bare de færreste arkitekter er så heldige at de får realisert egne drømmer. De fleste er henvist til å realisere andres drømmer.

- Du tilhører antageligvis den første gruppen, som realiserer egne drømmer?

- Det kan du trygt si.

- Er du lykkelig på jobben?

- Svært.⁴⁸

47. Hardarson (2005b).

48. Oksholen, T. og Oftedahl, L.(2006). Mellom marmor og gråstein. Gemini (nr. 04/2006).

5.5. Den gode arkitekturen og byggskadene.

Den siste delen av den teoretiske drøftelsen av aktørdrivkrefter er å se på relasjonen mellom kreativ design og byggskader i innovativ modernistisk arkitektur. Utgangspunktet for dette er uttrykket ”all god arkitektur lekker”, som forfatteren hørte først under studietiden (1980-1986) på Arkitekthøyskolen i Oslo (AHO). Som introduksjon til denne drøftelsen følger en kort erfaringshistorie:

Setningen – ”all god arkitektur lekker” - hørte jeg for første gang i begynnelsen på 1980-tallet, som relativt fersk arkitektstudent. Hus som lekker var da ingen ukjent sak for meg. For å forklare dette, vil jeg fortelle en liten erfaringshistorie fra hjemtraktene: Mine foreldre flyttet i 1968 inn i et nytt hus med tak som hadde liten helning, et såkalt flatt tak. Fra første stund, og så snart det begynte å regne ned i snøen som lå på taket, måtte min far og senere jeg og mine brødre måke bort den klissvåte snøen fra sluk og farlige sammenføyninger. Inne ble vi nødt til å sette noe under det dryppende vannet som strømmet inn bøttevis. Vårt hus sto i et fornemt villastrøk i utkanten av Reykjavik, og var tegnet av en ingeniør. Det var ingen stor trøst at huset til naboen også var underlagt samme fenomen. Hans hus var både arkitekttegnet og prisbelønnet. Når jeg kom hjem i en eller annen ferie og fortalte til mine foreldre, at ifølge læreren på Arkitektskolen i Oslo, så skulle ”all god arkitektur lekke”, ble de mildt sagt rasende og diskusjonen ble meget følelsesladet. Når raseriet hadde lagt seg ble det stilt inngående spørsmål om undervisningen på denne arkitektskolen, og hva de hadde latt meg få lov til å studere.⁴⁹

I en artikkel (Hardarson 2005a) spørres det om uttrykket ”all god arkitektur lekker” er en vits eller et visdomsord.⁵⁰ Flere liknende ytringer finnes om samme fenomen, dvs. sammenhengen mellom kreativ design og byggskader på innovative byggverk. Et slikt uttrykk er: ”alle prisbelønte bygg har mange skader”, som forfatteren hørte i 2001 uttalt av en forsker ved Byggforsk. Man kan spørre seg hvorfor dette fenomenet omtales igjennom vittige uttalelser, og hva undersøkelsen av det kan avdekke i form av ny kunnskap om forholdet mellom innovativ arkitektur og byggskader, og dermed drivkrefter i byggeprosessen.

5.5.1. Teoretisk rammeverk for vurdering av utsagnet.

I vurderingen av utsagn som ”all god arkitektur lekker ” og liknende ytringer brukes Gullestad (2002), som har studert hvordan ressurssterke personer, ofte kalt elite, uttaler seg om et emne i kraft av sin posisjon og igjennom det øver stor innflytelse på innholdet i en meningsdannelse og omtale av et fenomen.⁵¹ Disse kan være professorer og lærere ved universitet, forskere, andre spesialister eller berømte arkitekter.

49. Hardarson (2005a).

50. Utdypende diskusjon av dette temaet ble publisert i en artikkel av Hardarson, Ævar (2005). All Good Architecture Leaks – Witticism or Word of Wisdom? Se referanseliste.

51. Gullestad, M. (2002). Det norske sett med nye øyne: kritisk analyse av norsk innvandringsdebatt. Oslo: Universitetsforlaget.

En annen interessant referanse i studien av drivkreftene er Prak (1984) igjennom teorien; *Architects: The Noted and Ignored*. I følge denne teorien kan arkitekter ordnes på en akse som består av få berømte ”avantgarde” arkitekter på den ene siden, og mange ukjente ”jordnære” praktiske arkitekter og ingeniører på den andre siden. De fleste arkitekter befinner seg imellom disse ytterpunktene. Men prinsippet er at alle gjerne vil bli berømte kunstnere og arkitekter. Denne mekanismen holdes gående av seg selv og med støtte fra den kulturelle elite. Forklaringene er at det gir størst status og muligheter for ”udødelighet”, å tilhøre den kunstneriske leiren, mens plassen blant de praktiske og jordnære kun innbringer økonomisk fortjeneste, som ikke har særlig høy status i arkitektmiljøet. Dette systemet vedlikeholdes gjennom fagets belønningssystem, som i hovedsak er priser av ulike slag og omtaler i bøker og tidsskrifter. De som støtter dette systemet og holder det i live er elitekulturen i form av kritikere, byggherrer med ”god smak” og fagpressen. I disse kretsene er det ”fint” å være opptatt av modernistisk kunst og arkitektur, fordi det vitner om sofistisert smak, som atter vekker andres interesse og beundring. I følge Prak (1984), som bygger sin teoridannelse blant annet på begrepet ”kulturell kapitel” som er hentet fra den franske filosofen Pierre Bourdieu, brukes kunst og arkitektur til å lage en kulturell identitet. En av Praks påstander er at en viktig drivkraft i arkitektfaget er spenning mellom de som søker etter å bli oppfattet som avantgarde kunstnere og de som er jordnære praktikere.

Det å definere god arkitektur eller arkitektonisk kvalitet, ser ut til å være en vanskelig oppgave. Diskusjonen knytter seg til tidsepoker og kulturer samtidig som det reflekteres over den generelle verdidebatten i samfunnet. Oppfatningen av god eller dårlig arkitektur har mye å gjøre med tidsånden og den såkalte ”gode smak”. Et begrep som er nært tilknyttet slike definisjoner er ”tidsriktig”, som er blitt utdypet av Rustad (2009). Det som faller under ”tidsriktig” og ”den gode smak” blir videre definert av fagets kulturelle elite, og etter hvert som tiden går dannes det en slags enighet om hva kvalitet er og hva som kan representere kulturarven.

Tidligere i avhandlingen har definisjonen til Vitruvius av den gode arkitekturen blitt introdusert igjennom begrepene: *Firmitatis, Utilitatis og Venustatis*, av Haugen (1990) oversatt til *varig, formålstjenlig og vakkert*.⁵² Ideen om at et byggverk måtte ha alle disse egenskaper for å kunne kalles god arkitektur, var et hovedfundament i praktiseringen av arkitektur fram til funksjonalismen på 1920-tallet, da den modernistiske designideologi overtok. En viktig del av den nye designideologien var dristig formgivning med utgangspunkt i tidsånden som lovpriste eksperimentering som utfordret naturkreftene. En kan spørre seg om vittigheten om at ”all god arkitektur lekker” ikke er tilsiktet denne eksperimentale formgivningen der lekkasjen følger med på kjøpet.

52. Haugen, T. (1990), se side 21.

5.5.2. Den gode arkitekturen som lekker

En av ikonene i modernistisk arkitektur var Frank Lloyd Wright (1867 - 1959), som eksperimenterte med form og materialer i likhet med andre avantgarde arkitekter, ofte med interessante resultater. Det sies at flere av Wrights bygg hadde en eller flere lekkasjer, selvsagt til stor forargelse for vedkommende byggherre. Hans humoristiske utsagn i slik sammenheng er sitert i en artikkel om rehabilitering Fallingwater: "If the roof doesn't leak, the architect hasn't been creative enough", og når byggherren fortsatt klaget over taklekkasjen, sa han "that's how you can tell it's a roof".⁵³

En annen kjent lekkasjehistorie fra Frank Lloyd Wrights karriere involverer Herbert Johnson, eier av Johnsons Wax-bygget i Racine, Wisconsin. Wright hadde tegnet et bolighus til ham omtrent samtidig med Fallingwater. Det fortelles at Johnson ringte Wright under Thanksgivingmiddagen for å klage på lekkasje fra et overlys. Vannet dryppet rett ned på festmåltidet. Wright skal ha svart med omtanke, "Move the table".⁵⁴

Det finnes mange skriftlige kilder om Wright og hans holdninger til arkitekturen. Et gjennomgående tema var hans trang til å eksperimentere og introdusere nye og kreative løsninger. I det arbeidet stolte Wright mest på egen intuisjon og arkitektoniske begavelse. Om dette sier Huxtable (2004):

He [Wright] always told his clients that they were embarking on an experimental voyage. Few, if any, declined the risk".⁵⁵

En av byggherrene, som torde å ta sjansen på å la Wright designe et hus til seg og sin familie, klaget til sin ektemake over resultatet, mange byggskader og da spesielt lekkasjer, som ble besvart med et vittig utsagn av ektemaken:

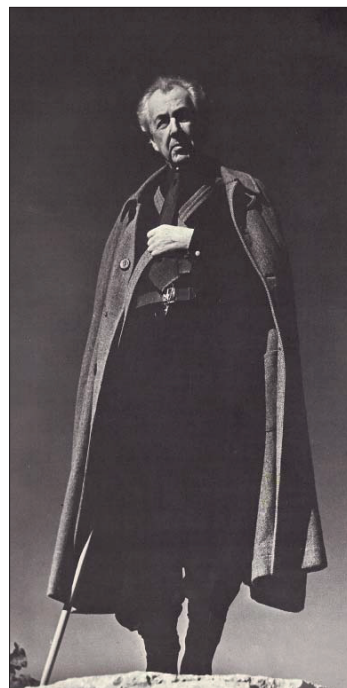


Fig. 5.13

Frank Lloyd Wright på 1940 tallet. Samme foto er på forsiden av boken; The Fellowship, der arkitektskolen til Wright sammenliknes med en religiøs sekt som dyrker arkitekturen og ikke minst arkitekten Wright som den øverste leder.

Kilde: Tafel (1979), side 1.

53. Donohue (1989).

54. Donohue, J (1989).

55. Huxtable (2004), se side 59.

Well, that's what you get for leaving a work of art out in the rain".⁵⁶

Mange av Wrights bygninger hadde byggskader, men i følge Huxtable brydde Wright seg lite om det:

He never played it safe - in art or in life - and apology was not his style".⁵⁷

For denne dristige formgivningen ble Wright beundret, og også bæret med priser. Eksempel på det er Fallingwater, og for det bygget ble Wright hedret av American Institute of Architects (AIA), med betegnelsen "the best all-time work of American architecture".⁵⁸ I kapittel 7.2. drøftes flere byggskader ved dette berømte byggverket. I lys av dette ser det ut til at det ligger en viss visdom både i vittigheten; "all god arkitektur lekker" og "alle prisbelønte bygg har mange skader".

5.5.3. Opprinnelsen og betydning

Til å finne mer ut om uttalelse "all god arkitektur lekker", ble individer med tilknytning til arkitektskolene i Norge og praksis intervjuet.

En tidligere lærer ved AHO på 1970- og 1980-tallet husker setningen "all god arkitektur lekker" godt, men visste ikke hvor den kom fra. Muligens var det i forbindelse med et studiebesøk til England på 1970-tallet. Da ble byggverk av arkitekt James Stirling ofte studert, og flere av dem hadde byggskader inklusive lekkasjer.⁵⁹



Fig. 5.14
Arkitekt Sverre Fehn i et intervju. En lattermild mann.
Kilde: Møller, H. S. (1997), side 213.

En arkitektstudent ved AHO på 1980-tallet fortalte å ha hørt professor Sverre Fehn uttale setningen "all god arkitektur lekker".⁶⁰ Sverre Fehn (1924-2009) var professor ved AHO fra 1971 til 1995.⁶¹ Sverre Fehn karakteriseres som en avantgarde arkitekt og en trofast tilhenger av den internasjonale modernismen, men også med sterke bånd til den nasjonale norske skole.⁶² Sverre Fehn er blitt

56. Huxtable (2004), se side 60.

57. Huxtable (2004), se side 61.

58. Brand (1994), se side 58.

59. Tidligere lærer ved AHO og professor ved NTNU. Intervjuet av forfatteren, 4. januar 2004.

60. Tidligere arkitektstudent ved AHO på 1970 og 1980-tallet. Intervjuet av forfatteren, 5. januar 2004.

61. Sverre Fehn. (. 4. august 2011). Hentet 25.05.2012, fra http://en.wikipedia.org/wiki/Sverre_Fehn

62. Ellefsen, K.O. (1986). Tendenser i Norsk arkitektur 1986. Sprekker i den norske enigheten. Byggekunst (nr. 7/1986).

omtalt som en inspirerende foredragsholder, med humoristisk sans mot det absurde, som godt kunne ha funnet på å si at all god arkitektur lakk som kommentarer til et byggverk med tekniske problemer under et foredrag.

En annen tidligere AHO student fra 1980-tallet husket godt setningen ”all god arkitektur lekker”, men koblet ytringen til Knut Støre, en lærer i byggekunst på AHO.⁶³ Ytringen ble også koblet til Wrights uttalelse ”Move the table” som skal ha vært uttalt samtidig. Knut Støre beskrives som en stor humorist, som ofte kom med sarkastiske bemerkninger til den internasjonale modernistiske arkitekturen, enten under foredrag eller korrektur på tegnesalen.

Den andre setningen ”alle prisbelønte hus har mange skader” ble koblet til byggforskingsmiljøet i Oslo. For å få mer informasjon om denne uttalelsen, ble en forsker ved Sintef Byggforsk intervjuet, men forfatteren hadde hørt denne ytring fra ham tidligere.⁶⁴ Denne forsker kjente utsagnet ”alle prisbelønte bygg har mange skader” og sa at utsagnet var en vits som var blitt til på arbeidsplassen, men som bygde på realiteten at mange av disse prisbelønte byggverkene havner i Byggforsk sitt skadearkiv. Han uttrykte det slik, at desto mer arkitektene jobber med å lage nye løsninger, jo større ble skaderisikoen. Det logiske ville derfor være å følge opp med mye teknisk bistand, men det ble ikke gjort.

5.5.4. To kulturer

Flere kilder påpeker et anspent forhold mellom arkitekter og ingeniører. Dette kommer sterkt fram i forbindelse med setningen ”alle prisbelønte bygg har mange skader”. Utrykk som ”arkitektfiendtlig” og kjærlighet/hat-forhold brukes. Begge setningene kan tolkes som utsagn som avslører to grupper med motstridende interesser. Det ser ut til å være en spenning som går på tvers av institusjoner og i arv fra en generasjon til en annen. Arkitekten synes ingeniøren viser liten respekt for arkitektens edle kunst, mens ingeniøren hevder at arkitekten har liten forståelse for byggeteknikk. Setningen ”all god arkitektur lekker” står fram for noen som bevis på at arkitekten ikke er interessert i teknisk kvalitet. Flere funn tyder på to tenkemåter eller to kulturer slik P.C. Snow omtalte i sitt berømte essay *De To kulturer*, der kløften mellom naturvitenskapen og humaniora beskrives.⁶⁵ Blant studenter i Trondheim fortelles det vitser og vandrehistorier som peker i samme retningen. En av disse handler om ingeniørstudenten som misunner arkitektstudentens frie og lekende studier. Et utsagn som kan vitne om disse ulike tenkemåtene, hentes fra et intervju med Sverre Fehn, der han snakker om sin barndom, sine foreldre og hvorfor han ble arkitekt.

63. Tidligere arkitektstudent ved AHO på 1980-tallet. Intervjuet av forfatteren, 3. januar 2004.

64. Forsker ved Byggforsk. Intervjuet av forfatteren, 5. januar 2004.

65. Snow, C. P. (1961). *The two cultures and the scientific revolution*. New York: Cambridge University Press.

One of their [Fehn's parents] close friends was an engineer and taught at the technical college in Trondheim. My parents were very interested in hearing about the conditions there, about the engineering education, and the field of engineering in general, and finally my father asked: what about the architects at the school? The engineer answered, "Architects, they never study, they just run around with large hats and enjoy themselves". It was then I decided to become an architect.⁶⁶

Gjennom disse eksemplene illustreres en kulturell kløft mellom arkitekten og ingeniøren, men også verdinormer og væremåte. Denne kløften kan også beskrives som interne spenninger mellom de få og berømte avantgarde arkitektene, og de mange praktisk orienterte arkitekt-ingeniørene, slik Prak (1984) beskriver.

5.5.5. Arkitektonisk kvalitet

Begrepet arkitektonisk kvalitet berører sterkt temaet som drøftes i avhandlingen og denne undersøkelsen av den "gode arkitektur". Arge og Bleiklies (2003) bok *Arkitektonisk kvalitet* handler om hvordan den gode arkitekturen eller arkitektonisk kvalitet blir til. Hovedkonklusjonen i boken er at dette skjer i tett samspill mellom byggherre og arkitekt. Bokas analysemateriale bygger på eksempelstudier av fire norske prisbelønte byggeprosjekter fra 1990-tallet. Hovedkriterier for å bli tatt med i studiet var at byggeprosjektene var prisbelønt, hadde blitt publisert i arkitekturpressen og var designet av anerkjente arkitekter. Arkitekter og byggherrer ble intervjuet for å finne ut hva som kjennetegner de prosessene der arkitektonisk kvalitet ble til. En av Arge og Bleiklies konklusjoner er at prisbelønte byggeprosjekter alltid hever seg kvalitativt over det alminnelige, og på grunnlag av det har de mottatt prisen.⁶⁷ Er det da slik å forstå at de byggverkene som undersøkes i boken er uten byggskader, det som i denne avhandling er blitt definert som det motsatte av byggkvalitet?⁶⁸ For å få vite mer om dette ble en av forfatterne intervjuet. Denne forfatteren bemerket at byggskader ikke var et tema som ble drøftet, verken i intervjuer eller analyser i forbindelse med arbeidet med boken. Derfor foreligger det ingen informasjon om de utvalgte og prisbelønte eksemplene som ble studert hadde byggskader. Ifølge forfatteren var dette ikke en del av deres fokus å studere det. Men i intervjuer i forbindelse med arbeidet med boken dukket det opp bemerkninger som angikk dette problemområdet. Eksempel på det var utsagn fra en prosjektleder som uttalte seg om noen risikable tekniske løsninger ved et av disse prisbelønte byggverkene, med at det fikk en leve med når en hadde med stor arkitektur å gjøre.⁶⁹

Basert på dette kan en spørre om begrepet arkitektonisk kvalitet, som er hovedtemaet

66. Møller, H. S. (1997). Interview with architect Sverre Fehn. *Living Architecture, Scandinavian Design*, side. 211 - 213.

67. Arge og Bleiklie (2003), se side 48.

68. se kapittel 1.2. Sentrale begreper.

69. Forfatter av boken *Arkitektonisk kvalitet*. Personlig samtale med forfatteren, 8. januar 2004.

i Arge og Bleiklies (2003) studier, først og fremst gjelder utseende og funksjon, men overser varighet og styrke i vitruvisk forstand og dermed teknisk byggkvalitet?

5.5.6. Vits eller visdomsord?

Undersøkelsen av uttalelsen ”all god arkitektur lekker” har vist at ytringen er en vits, men også at den inneholder en hel del visdom. Dette er ikke en enten-eller ytring, men heller det som kalles både-og. Det som gjør uttrykket både morsomt og dypt, er at det avslører et paradoks ved den menneskelige væremåten. Det er også det faktum at byggverk skapt av mennesker har iboende paradokser, dvs. de kan være gode og dårlige på samme tid. Arkitekturhistorien rommer mange slike paradokser. Blant de mest kjente er det skjeve tårn i Piza og operahuset i Sidney. Begge byggverk var store byggeskandaler, men også suksesshistorier og landemerker uten like.

Uttrykkene ”all god arkitektur lekker” og ”alle prisbelønte bygg har mange skader” har vært kjent og benyttet ved to kunnskapsproduserende institusjoner; ved en arkitektskole og en forskingsinstitusjon. Undersøkelsen av uttrykkene har blitt brukt til å studere hvordan personer fra gruppen som definerer seg som elite omtaler et fenomen, men også hverandre. Fram fra kulissene har det steget forhold som kan ha flere navn. Noen kaller dette to kunnskapsregimer og andre to kulturelle verdensbilder (Gullestad 2002). Begrepene rommer erkjennelsesmodeller for både konkrete situasjoner og abstrakte forestillinger. Det ene tilhører ”arkitektkulturen” og det andre ”ingeniørkulturen”. Disse to ”kulturene” forsøker å posisjonere seg i forhold til hverandre. Dette kommer tidlig fram i ulike holdninger til begrep, som arkitektonisk kvalitet og kvalitetssvikt eller byggskaide. Hvis Prak (1984) sin forklaringsmodell anvendes, kan viktige drivkrefter i arkitektfaget indikeres. Disse drivkrefter illustreres i fig. 5.15.

På den ene siden har man de få ”avantgarde”-arkitektene som hele tiden forsøker å lage noe nytt, eksperimentalt og grensesprengende. De har et kunstnerisk omdømme å beskytte og søker etter anerkjennelse slik det fremgår av sitatet ”for å bli en anerkjent arkitekt, må det lekke”.⁷⁰ Denne uttalelse stammer fra arkitekt Per Knutsen i omtale av lekkasjer i Universitetssentret på Dragvoll som drøftes i kapitel 7.3. Knutsens uttalelse er egentlig en parafrase over vitsen ”all god arkitektur lekker”. På den andre siden står de mange ”jordnære” og praktiske arkitektene og ingeniørene, som av og til må svinge litt med pilsken over sine lettsindige kunstneriske kollegaer. Men det ser ut til at begge gruppene lever i et visst avhengighetsforhold til hverandre.

70. Fossanger, H., Elvegård, R. (2004). En våt drøm. Snublet Dragvoll i arkitektens visjon? Under dusken, 90. (4), s. 22 - 5.

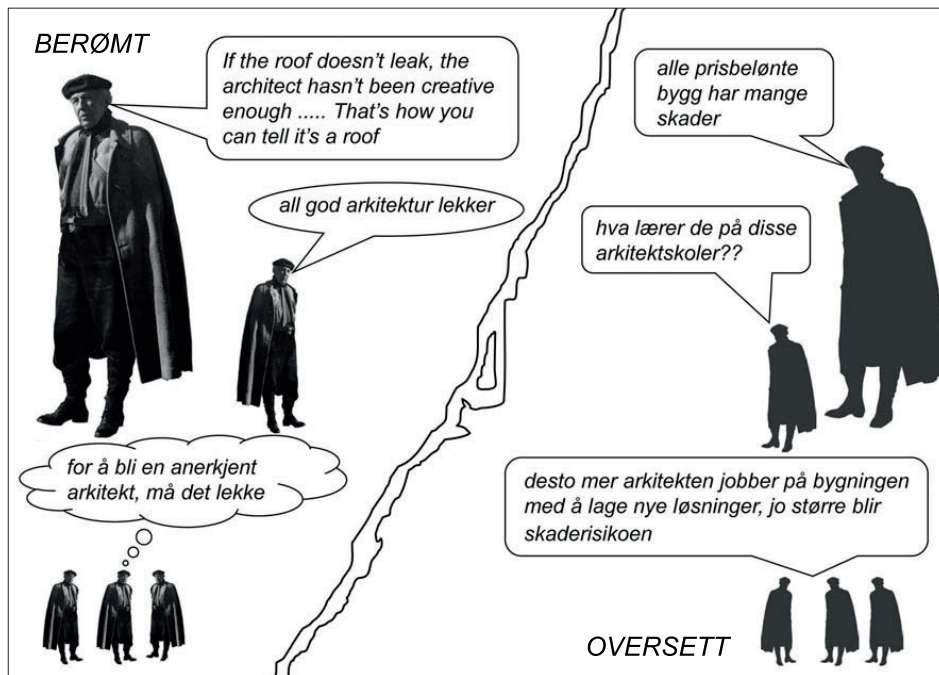


Fig. 5.15

Prak's (1984) teori om drivkrefter i arkitektfaget, kalt "berømt og oversett" relatert til setningen "all god arkitektur lekker"

5.6. Avsluttende kommentarer

En byggeprosess styres av konkrete mål og rammer, men drivkreftene i form av visjoner og motiver til enkelte aktører eller gruppe av aktører er ofte undervurderte. I dette kapittelet er ytre drivkrefter, prosjektdrivkrefter og aktørdrivkrefter blitt drøftet. Fokuset har vært rette mot aktørdrivkreftene, fordi de er lite utforsket og antas å ha stor påvirkning på opphavet og utviklingen av de designforårsakede byggskader. En del av undersøkelsen har vært å se på forhold som setter rammer for designarbeidet igjennom begrepet designparadigme. I denne avhandlingen er begrepet blitt definert som mental veiviser, arbeidsvaner, rådende holdninger, idealer som er karakteristiske for en fagdisiplin, men også eksempler eller forbilder som danner utgangspunktet for en løsning av et faglig problem eller en oppgave. Et begrep av samme karakter er designideologi.

Forholdet mellom overordnet og underordnet i en status og makt i hierarkiet i et

Dristige detaljer

design-team er blitt drøftet. Det har kommet fram at en leder i et arkitektteam, ofte er drevet fram av en visjon eller en overbevisning, der selvhevdelsen blir en viktig del av adferden. Knyttet til disse drivkreftene uttrykkes gjerne en kunstnerisk overbevisning, som hjelper til å fremme ens overbevisning, men også en maktposisjon. Dette kan siden føre til likegyldighet ovenfor kunnskap om byggskader.

Psykologiske forhold er blitt drøftet ut i fra begrepene, *overdreven optimisme* og *hybris*, men dette er fenomener som påvirker vurderinger og beslutninger i retning av undervurdering av risiko og overvurdering av gevinst. Påvirkningen fra slike psykologiske fenomen på opphav til og utvikling av designforårsakede byggskader er frem til nå i liten grad tatt med i vurderinger av risikofaktorer i byggeprosjekter.

Uttrykket ”all god arkitektur lekker” avslører et visst paradoks i arkitektfaget om et motsetningsfylt forhold mellom såkalt ”god arkitektur” og byggskader. Drøftingen av uttrykket avslører også drivkrefter eller en viss motorikk i arkitektkulturen, som beskriver et spenningsfelt mellom de kunstneriske ”avantgarde” arkitektene, som hele tiden forsøker å lage noe nytt, eksperimentelt og sprengte grenser, og de ”jordnære” og praktiske arkitekter/ingeniører, som først og fremst har fokus på å løse oppgaven ut i fra mål og midler for prosjektene. Disse fenomenene påvirker også valg og vurderinger av risiko og sikkerhet i nye byggeprosjekter, inklusivt tiltak til å forebygge byggskader.

Drivkrefter i byggeprosessen

Dristige detaljer

6. Byggskader

I dette kapitlet blir teoretisk kunnskap om byggskader drøftet. Viktig del av drøftelsen er å se på sambandet mellom årsak og virkning av byggskader. Målet med denne oversikten er å skape et teoretisk fundament for å drøfte hovedspørsmålet:

- Hva er hovedårsaken til de designforårsakede byggskadene i eksemplene på innovativ modernistisk arkitektur som er studert i forskningsprosjektet?

Illustrasjonen på siden (fig. 6.1.) viser hvordan drøftelsen av byggskadebegrepet er organisert i kapitlet. Kapittel 6.1. og 6.2. brukes til å drøfte byggskadebegrepet. Kapittel 6.3. er avsatt til å diskutere de fysiske byggskadene, som enten kan være synlige eller skjulte. I kapittel 6.4. drøftes årsakene til byggskader, mens i kapittel 6.5 og 6.6. historiske eksempler og økonomiske konsekvenser av byggskader omtales.

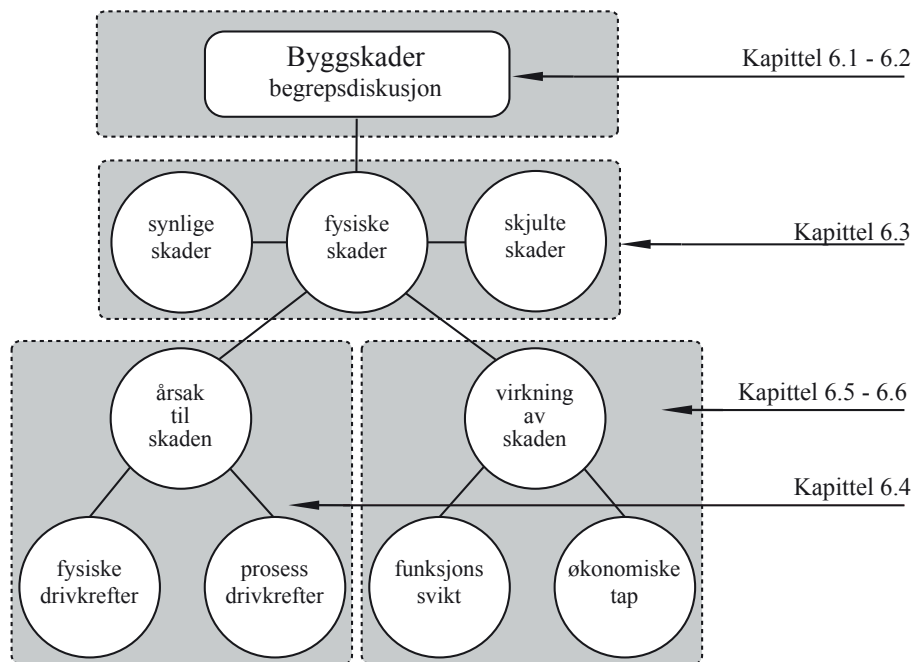


Fig. 6.1.

Illustrasjonen viser byggskadebegrepet og de underkategoriene som drøftes i kapitlet. De fargede feltene og nummereringen viser til hvordan diskusjonen er organisert.

6.1. Innledning

Begrepet byggskade er et samlebegrep for alle skader på bygg. I dette arbeidet fokuseres det på prosessforårsakede byggskader som stammer fra mangelfull design (se definisjon i kapittel 1.2).

Byggskader er fysiske fenomener, enten synlige eller skjulte. Ofte kan byggskader dokumenteres for eksempel ved hjelp av fotografering eller med et annet naturvitenskapelig måleinstrument. Noen ganger kan byggskadene ikke ses, fordi fenomenene som forårsaker dem, både er skjulte og komplekse.

Fagfeltet som omhandler byggskader kalles bygningspatologi. En sentral referanse som definerer fagterminologien er CIB (1993) *Building Pathology, A state – of the – art report*, og Watt (2007) som også gir en god oversikt over fagfeltet ut fra et engelsk perspektiv. Andre referanser om byggskader som brukes i dette arbeidet utpeker fukt som det største problemområdet. Douglas (2007) peker på at fukt er den mest dominerende fysiske årsaken til skader i engelske bygninger. En tilsvarende problematisering gjøres av Kvande og Lisø (2006), som påpeker at flest byggskader kan henføres til fuktproblemer i en klimaskjerm.

6.1.1. Byggetekniske problemer og den innovative arkitekturen

En av dem som har studert byggetekniske problemer, konservering og reparasjon av innovativ modernistisk arkitektur er Ross (1997). Han peker på problemer i klimaskjermen, innemiljøproblemer og fukttransport som de dominerende tekniske problemene som har plaget modernistisk arkitektur. Dette er sammenfallende med andre referanser og det empiriske materialet som er blitt samlet inn i forbindelse med dette forskningsprosjektet. Dette gjør at eksisterende teoretisk kunnskap som Byggforskserien, veiledninger og lærebøker om bygningsfysikk kan anvendes for å kartlegge byggskader som finnes i den innovative modernistiske arkitekturen som undersøkes i denne avhandlingen. I tillegg har Douglas (2007) påpekt at innovativ design øker risikoen for byggskader. I prosesser der innovativ design blir til, tilsidesettes ofte praktisk og teknisk kunnskap til fordel for andre hensyn med større gjennomslagskraft. Her siktes det til valg av estetisk uttrykk, inklusiv former, materialer og detaljløsninger. Tidligere i avhandlingen er det blitt hevdet at årsaken til denne tendensen er at pådrivere for det innovative designet overkjører eller bagatelliserer den kompetansen som står i veien for realiseringen av deres kreative ideer.¹

1. Se drøftelse av dette fenomen både i kapittel 1 og kapittel 5.

6.2. State of the art – viktige begreper

En viktig kunnskapsbank både for de prosjekterende og utførende i Norge, er Byggforskserien og annen litteratur utgitt av SINTEF Byggforsk. Byggforskserien bygger på verifisert forskning som oppdateres regelmessig. Denne litteraturen utgjør derfor et fundament for forståelse av hva som er ”state of the art” kunnskap innen bygningsteknikk og bygningsfysikk. Kvande og Lisø (2006) gjør en omfattende analyse av Byggforsk Byggskadearkiv med over 2400 byggskadeoppdrag fra en 10 års periode fra 1993 til 2002. Dette skadearkivet er egentlig en god del større, og inneholder over fem tusen skadeoppdrag fra tiden tilbake til 1964. Sintef Byggforsks skadearkiv har likevel visse begrensninger. Den viktigste er at databanken ikke gir et tverrsnitt av byggskadeproblemene i Norge. Årsaken er at i databanken finnes først og fremst oppdrag som Byggforsk er blitt bedt om å utforske, fordi oppdragene er teknisk kompliserte, årsakene bak er uklare og at det er uenighet om hvor ansvaret ligger. Om dette sier referansen:

Sannsynligheten for at en gitt skade fins i arkivet, er større jo vanskeligere det er å finne en god løsning på problemet og jo mer uklart ansvarsforholdet er.²

I samme referanse kommenteres det også at fordi det koster en del å engasjere eksperter fra Byggforsk, så brukes denne tjenesten først og fremst av større profesjonelle aktører og i mindre grad av private huseiere. Dette fører også til at store kostbare byggskader heller havner i skadearkivet enn enkle småskader som kan håndteres av private huseiere. Ut i fra dette kan en anta at flere av skadesakene i Byggforsks skadearkiv stammer fra byggeprosjekter som her omtales som innovativ modernistisk arkitektur. Det stemmer i hvert fall for de to norske eksemplene, som analyseres i kapittel 7.3 og 7.4. Begge disse eksemplene er blitt studert av eksperter fra Byggforsk, og de finnes i Byggforsks skadearkiv.

6.2.1. Definisjon av byggskadebegrepet

Begrepet byggskade defineres som; ”negativt avvik som framkommer gjennom redusert funksjonalitet/yteevne, med nedgradering, nyinvestering eller øking av forutsatte vedlikeholdskostnader som følge”.³ Begrepet brukes som et samlebegrep for alle skader på bygg, men det fokuseres på skader som skyldes mangelfull bygging, mangelfullt vedlikehold og overbelastning eller feil bruk. I denne avhandlingen fokuseres det på byggskader som oppstår i en byggeprosess (prosessforårsakede byggskader) og er blitt forårsaket av mangelfull design, her kalt designforårsakede byggskader. Illustrasjon 6.2. viser inndelingen av byggskadebegrepet og hvordan det fokuseres på designforårsakede byggskader.

2. Kvande og Lisø (2006), se side 2 under punkt 33.

3. Kvande og Lisø (2006), se side 1 punkt 03.

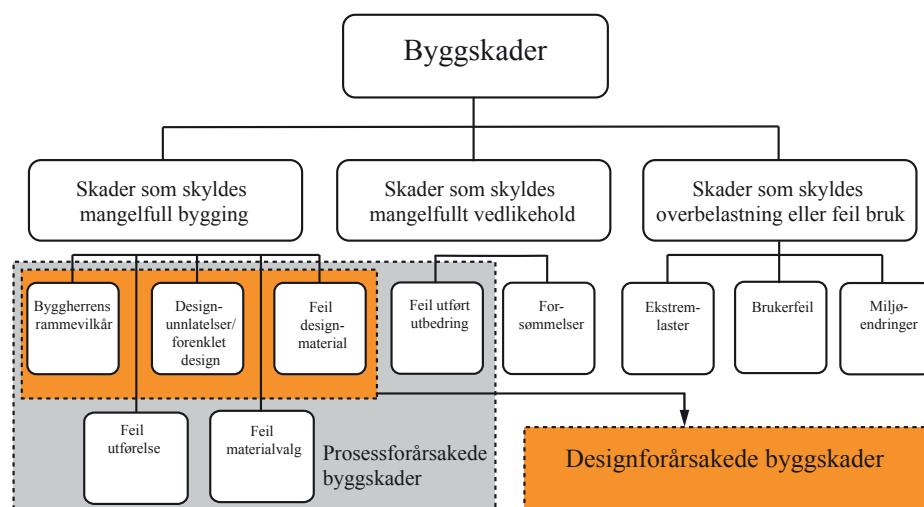


Fig 6.2.

Modell som viser inndeling av skader på bygg i Norge.

- Skader som skyldes mangelfull bygging: Dette er skader eller feil som inntreffer i byggeprosessen og blir oppdaget med en gang eller kort tid etter at de er utført.
- Skader som skyldes mangelfullt vedlikehold: Dette er skader som skyldes mangelfullt vedlikehold eller galt utført vedlikehold.
- Skader som skyldes overbelastning eller feil bruk: Dette er påkjenninger som er større enn forskrifter eller krav har tatt høyde for, slik som naturkatastrofer, brann, hærværk eller en annen uforventet påkjenning.

Kilde: Kvande og Lisø (2006) og Ingvaldsen (2001).

I følge Kvande og Lisø (2006) er prosessforårsakede byggskader:

skader på bygg som skyldes at det under utredning, prosjektering, produksjon eller materialtilvirkning, ikke har lyktes en aktør å følge normert, standardisert, anerkjent metode eller konkrete spesifikasjoner. (Eller: bortfall/reduksjon av forutsatt ytelse som observeres etter at byggearbeidene er avsluttet, og som er forårsaket av andre forhold enn forutsatt/akseptert slitasje under den forutsatte levetid).⁴

Et nært beslektet begrep er byggefeil, som i samme referanse er definert som:

avvik eller svikt som ikke aksepteres av byggeier/ tiltakshaver, bygningsmyndighetene eller andre berørte parter.⁵

4. Kvande og Lisø (2006), se side 1, punkt 03.

5. Kvande og Lisø (2006), se side 1, punkt 03.

6.2.2. Prosessforårsakede byggskader og ansvarsdefinisjon

Først på banen med å definere prosessforårsakede byggskader var Ingvaldsen (1994), som hevdet at 60 % av disse skadene kunne kobles til aktiviteter og beslutninger tatt av tiltakshavere og designere. Denne årsaks- og ansvarsplasseringen som Ingvaldsen kom fram med i sin tid, er siden blitt til vedtatt kunnskap.⁶ Flere forhold ligger bak årsakene til de prosessforårsakede byggskadene. De viktigste årsakene er dårlige rammebetingelser og for liten og mangelfull prosjektering, samt ufullstendige skriftlige avtaler og uklar ansvarsfordeling. Sparetiltak og tidspress fører ofte til uheldige valg av materialer og løsninger. Dårlig og mangelfullt samarbeid og kommunikasjon mellom aktører i et byggeprosjekt, og det at personer arbeider utenfor sitt kompetanseområde, er en medvirkende årsak til mange feil og skader. Figur 6.3. illustrerer denne fordelingen.

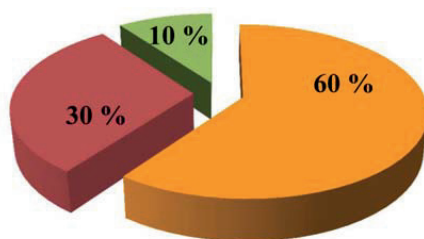


Fig 6.3.

Diagrammet viser hvor i byggeprosessen byggskader har sitt opphav

- 60% av skadene stammer fra forberedelser og designfase
- 30% av skaden stammer fra utførelsesprosessen
- 10% av skadene stammer fra mangelfulle byggevarer

Kilde: Kvande og Lisø (2006).

Det er også av interesse å se at Byggforsk hevder at det er 30 % prosessforårsakede byggskader som har sitt opphav i selve utførelsesprosessen, dvs. i arbeidet som blir utført på selve byggeplassen, og kun 10 % av disse skadene stammer fra feil på byggematerialer eller byggevarer.

Da informasjonen om den prosentvise fordelingen av byggskader i Norge kom fram på slutten av 1990-tallet vakte den umiddelbart oppsikt. Informasjonen var et resultat av en større undersøkelse (Ingvaldsen 1994) utført av Byggforsk, som en reaksjon på mange rapporter om byggskader i nybygg etter oppgangstidene på 1980- og 1990-tallet. Det var spesielt påstanden om ansvarsfordelingen som vakte oppsikt, etter som det innebar at størsteparten av byggskadene stammet fra aktiviteter tilknyttet byggherre og prosjekterende. Denne informasjonen (Ingvaldsen 1994) ble brukt som et viktig argument for å sette i gang tiltak til endring av lovverket og innføring av kvalitetssikringssystemer i alle ledd i byggeprosessen. Det største

6. Kvande og Lisø (2006), se side 3, punkt 51.

tiltaket var endringen av den norske plan- og bygningsloven, kalt PBL – 97 reformen.

Men tiltakene var omdiskuterte. De prosjekterende kritiserte prosentvis fordeling og ansvarsplassering. En skarp kritikk kom fra Horjen (2001), som i sin doktoravhandling om PBL – 97 reformen, påsto at innledningen av lovverket var ufornuftig, byråkratisk og kostbar. Horjen påsto at tiltakene som ble påkrevd i lovverket, kom til å koste industrien mye mer enn det som var tenkt å kunne spares med reduksjon av byggskaedomfanget. I tillegg så mente Horjen at det var huseierne som ville måtte betale de økte kostnader.

Selv om Byggforsk sin forklaringsmodell om de prosessforårsakede byggskaeder er blitt kritisert, aksepteres den her og brukes som fundament i dette forskningsarbeidet. De forklaringer som modellen byr på, virker troverdige og blir støttet av internasjonale referanser, blant dem Houghton-Evans (2005) og Douglas (2007).

6.2.3. Når oppdages de prosessforårsakede byggskaeder?

Et viktig ledd i arbeidet med å analysere byggskaeder er å se på tidspunktet når skaden blir oppdaget. I Kvande og Lisø (2006) presenteres en interessant oversikt, som gjengis i fig. 6.4.⁷ En god del byggskaeder blir oppdaget i byggeprosessen, og de fleste i utførelsesprosessen. Om lag 20 % av disse skadene blir oppdaget det første året som bygget er i bruk, og halvparten av skadene har kommet fram innenfor en femårs periode fra ferdigstillelsen. Dette betyr at 50 % av skaden ikke er oppdaget etter fem år fra ferdigstillelsen og etter at reklamasjonstiden er over. Nå vet man at ganske mange byggskaeder utvikles langsomt og/eller er vanskelig å oppdage i tidlige faser i utviklingen. Dette må derfor bety at huseieren ikke har krav på noen rettslige utbedringer selv om en byggskaede er under utvikling. En kan spørre seg hvorfor huseierne ikke har bedre rettslig vern mot prosessforårsakede byggskaeder enn tilfellet er.

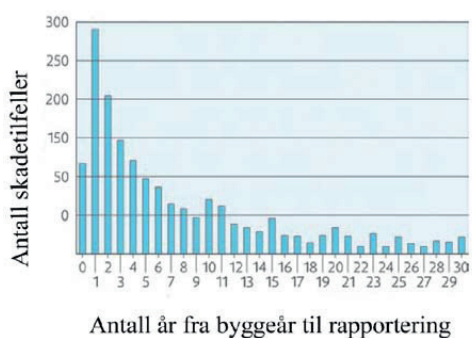


Fig 6.4. Diagrammet viser fordeling av oppdagelsestidspunktet for byggskaeder over et 30-års perspektiv. Kilde: Kvande og Lisø (2006), side 3.

7. Kvande og Lisø (2006), se side 3 punkt 52.

6.3. Byggskader og fysiske fenomener

I denne delen fokuseres det på byggskader som svekker og ødelegger komponenter og funksjonsegenskapene til materialer, samt de fysiske fenomener som står bak. Disse byggskadene er enten synlige, dvs. viser seg i overflaten av materialer, eller er skjulte inne i konstruksjoner og kommer bare frem gjennom symptomer.

6.3.1. Fysiske krefter som påvirker bygninger

De fysiske krefter som påvirker bygninger, ofte kalt naturkrefter, er blitt beskrevet i kapittel 4. Dette er solforhold (UV – stråling), temperaturvariasjon, luftfuktighet, nedbør, vind, vindhastighet og vindretning og slagregn. I tillegg er konstruksjonen i et bygg under konstant påkjenning fra snø, vind, egenlast og nyttelast. Dette kommer fram i flere forhold, blant annet nedbøyning, formendringer og bevegelser av flere typer.

Disse kreftene har ulike innvirkninger og kan enten være enkeltstående fenomener eller opptre med andre naturkrefter. Slagregn kan sammen med temperaturendringer skade svake bygningsledd. Det er en tendens til å tro at bak dette ligger en ”naturlov”, hvor naturkreftene angriper først det svakeste leddet i en bygningskonstruksjon. Det er i hvert fall det byggskadeforskeren Cash (2003) hevder i følgende sitat:

Always remember: Mother Nature is a bitch. She attacks the weak.⁸

6.3.2. Fuktforårsakede byggskader og fuktkilder

Analyse av eksempler i Byggforsk sitt byggskadearkiv har vist at byggskader kan deles i to hovedkategorier.⁹ På den ene siden er det byggskader der fukt er involvert i en eller annen form, og så byggskader der fukt ikke har noe med skadene å gjøre. Illustrasjonen på siden (fig.6.5.) viser den prosentvise oppdelingen i disse to skadekategoriene. Størsteparten av de prosessforårsakede byggskadene, dvs. om lag 76 %, stammer fra fukt i en eller annen form.

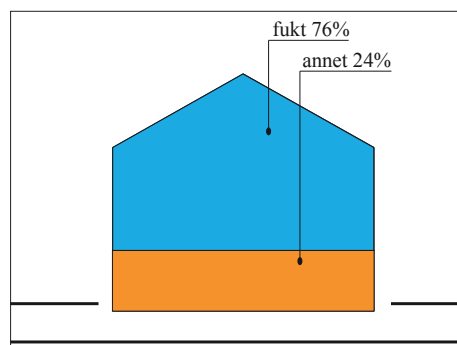


Fig. 6.5.
Størsteparten av alle byggskader stammer fra fukt, i følge Kvande og Lisø (2006).

8. Cash, C. G. (2003). Roofing failures. London: Spon Press.

9. Kvande og Lisø (2006), se side 2 og 3.

Fukt som påvirker bygninger stammer fra fem hovedkilder; nedbør, jordfukt, innefukt, byggfukt og lekkasjer på installasjoner. Illustrasjonen (fig.6.6) viser de viktigste fuktkildene.

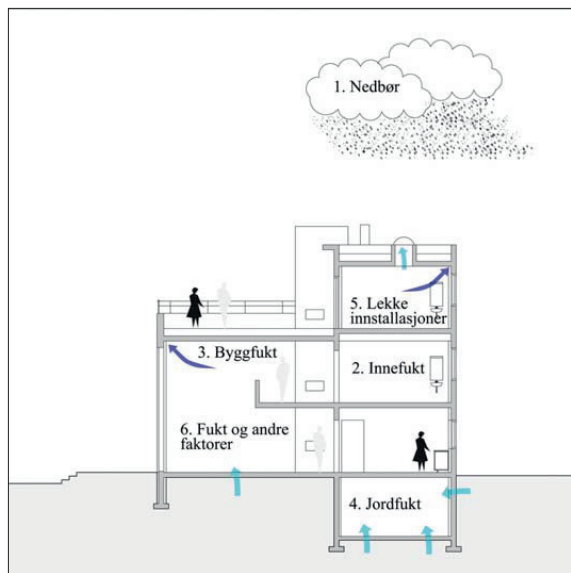


Fig. 6.6.
Forskjellige former for fuktkilder og fukttransport i en bygning.

1. Nedbør

Nedbør er regn, snø, hagl eller uteluft med høyt fuktighetsinnhold. De byggetekniske problemene som er tilknyttet er flere, men den viktigste er at fukt trenger inn i konstruksjonen fordi flere krefter spiller sammen. De vanligste byggskadene er lekkasjer i tak, overgang tak og vegg, i fasader og rundt åpninger i fasader. Byggforsk påstår at 24 % av de prosessforårsakede byggskadene stammer fra nedbør i en eller annen form.¹⁰

2. Innefukt

Innefukt er fukt som blir til inne i et bygg og stammer fra daglig bruk, fra mennesker, matlaging, bading, vasking, inneplanter og dyr, men også fra maskiner og installasjoner som brukes i et bygg. Inneluften tar opp i seg vanddamp som blir til inne. Skadene oppstår ofte på grunn for høy RF i inneluften. Vanlige byggskader på grunn av for høy RF skjer gjerne i tilknytning til utette overganger i vegg i og tak, ved kuldebroer eller dårlig isolerte komponenter. Kondens og/eller lekkasjer er oftest de viktigste årsakene for vekst av muggsopp som kan føre til skadelig innemiljø. Uønsket innefukt står for 15 % av de prosessforårsakede byggskader.¹¹

10. Kvanne og Lisø (2006), se side 2, punkt 42.

11. Kvanne og Lisø (2006), se side 2, punkt 43..

3. Byggfukt

Byggfukt er fukt som enten er i byggematerialene fra produksjonen eller fukt som har kommet inn i materialene under byggeprosessen og som ikke er blitt tørket ut før ferdigstillingen. Byggematerialet som kan inneholde mye fukt er betong, mur og puss, som blir tilført mye vann under produksjonen der uttørring er en del av herdingsprosessen. Andre materialer som kan ta til seg fukt er tre, isolasjon og platekledninger. Hvis disse materialene blir lukket av for tidlig og utlufting er mangelfull, kan byggfukt føre til fuktskader i form av råte og muggsopp, som i siste instans fører til dårlig innemiljø. Årsaken til høy byggfukt stammer ofte fra en kort byggeprosess, der deler av byggearbeidet foregår i vintermånedene og beskyttelse av bygningsdeler er mangelfull. I følge Kvande og Lisø (2006) stammer 6 % av de prosessforårsakede byggskadene fra byggfukt.

4. Jordfukt

Jordfukten kan trenge seg inn i bygningskonstruksjoner igjennom sprekker eller riss og porer igjennom kapillærtransport. Byggskader som stammer fra jordfukt viser seg på fundamenter og kjellere, ofte på grunn av mangelfull drenering og fuktsikring og isolering av konstruksjoner som er i kontakt med bakken. Om lag 8 % av de prosessforårsakede byggskadene stammer fra jordfukt, i følge Kvande og Lisø (2006).

5. Lekkasje i installasjoner

Her omtales lekkasjer fra ledningsnett, sanitærutstyr og ventilasjonsanlegg, for å nevne de viktigste kildene. Lekkasjer på installasjoner utgjør ca. 5 % av byggskadene, men Byggforsk mener at denne skadekilden er større enn tallene tilsier.¹²

6. Fukt i kombinasjon med andre faktorer

Denne gruppen inneholder kompliserte byggskader der flere byggskadefremkallende fenomener arbeider sammen med fukt. Eksempel på slike skader er rust i armeringsjern og avskalling av betong, fordi fukt har trengt inn til armeringsjernet, men også saltutfellinger i betong og oppmurte vegger. Kjemiske prosesser slik som alkaliske reaksjoner og karbonatisering bør også nevnes. Byggforsk regner med at denne gruppen byggskader utgjør 18 % av helheten.¹³

12. Kvande og Lisø (2006), se side 3, punkt 46.

13. Kvande og Lisø (2006), se side 3, punkt 47.

6.3.3. Fuktpåkjønning på klimaskjermen

En klimaskjerm blir utsatt for større fuktpåkjønninger enn andre bygningsdeler. Beskrivelsen foran (fig. 6.6) viser at lekkasjer og fukttilstrømning fra det ytre, samt fukt som blir til inne i bygget og trenger seg inn i konstruksjonen, står for størsteparten av de fuktforårsakede byggskadene. Korrosjon i fasade- og takkledning av metallplater er også velkjente problem. Korrosjonen starter ved at fukt kommer i kontakt med metall og starter en elektrokjemisk reaksjon med omgivelsene, eller et annet material med annen elektronisk spenning, og det setter i gang nedbrytningsprosessen som over tid fører til svikt i materialet.

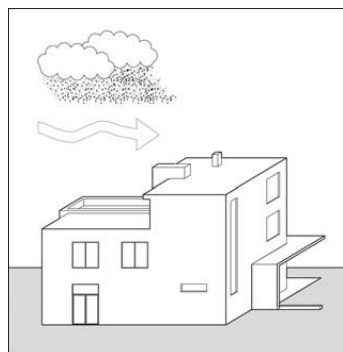


Fig. 6.7.
Fuktpåkjønning på en klimaskjerm fører til mange problemer.

Frostsprenninger, formendringer, svinn og svelling samt saltutfellinger i vegger kledde med keramiske fliser, er også velkjente problem som forårsakes av at fukt sammen med temperaturendringer setter i gang en fysisk og kjemisk prosess, som til slutt fører til at fliskledningen faller av, delvis eller i sin helhet.

Råte på grunn av råtesopp samt formendringer i trevirke, er også velkjente byggskader som kan ødelegge bygningsdeler av tre, og dette stammer først og fremst fra fukt. Fukt kan også føre til at byggematerialer går i oppløsning.¹⁴

6.3.4. Fukt og innemiljø

Fuktforårsakede byggskader i innemiljøet oppstår oftest på grunn av lekkasje utenifra, byggfukt som ikke er blitt tørket ut eller fukt i innemiljøet. Problemer på grunn av høy fukt i innemiljøet har lenge vært kjente. I en historisk oversikt senere i kapitlet refereres det til fortellinger fra Bibelen om problemer på grunn av muggsopp. Muggsopp er fremdeles et problem i nye bygninger. Årsakene til det er flere, men de viktigste er høy innefukt og bruken av nye byggematerialer; sponplater, trefiberplater og gipsplater som ser ut til å skape gode vekstmuligheter for flere typer muggsopp.

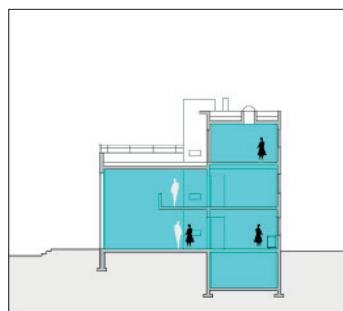


Fig. 6.8.
Fuktpåkjønning inne i en bygning fører til mange problemer.

14. Geving, S. (2005). Fukt i bygninger Teorigrunnlag. Byggforskserien. Byggetaljer 421.132 Byggforskserien. Oslo: SINTEF Byggforsk.

Muggsopp kan vokse på treverk, puss, mur, betong etc., hvis vekstbetingelsene er gunstige, dvs. at det er tilgang på fukt, varme og næring.

Tiden som det tar for muggsoppen å feste seg etter at fuktnivået har nådd et kritisk nivå i et byggemateriale, er kun få døgn. Slik muggsopp kan være helsefarlig for brukere av bygninger. Grunnen til det er at noen muggsopporganismer gir fra seg giftige stoffer.¹⁵

6.3.5. Luftmasser i bevegelse og byggskader

Fysiske fenomener som skaper påkjenning på klimaskjermen er lufttrykkforskjeller, som kan skyldes; a) oppdrift/skorsteinseffekt, b) vind og c) vifter. Fig. 6.9. viser disse fenomenene. Her omtales først og fremst skorsteinseffekten og vindeffekten, ettersom disse har relevans for eksempelstudiene. Disse fysiske krefter påvirker klimaskjermen, men også innemiljøet.¹⁶

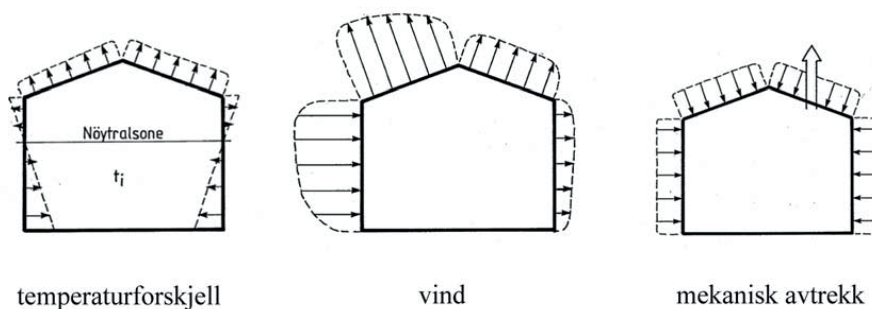


Fig 6.9.

Illustrasjonen viser tre sider ved lufttrykkforskjeller. Kilde: Noreng (1996), side 6.

Skorsteinseffekten bygger på det at varm luft er lettere enn kald luft. I en bygning stiger den varme luften opp og fører til trykkforskjeller over ytterveggskonstruksjonen.¹⁷ Når det er varmere inne enn ute, og tettheter i en klimaskjerm er rimelig jevnt fordelt over klimaskjermen, får man et overtrykk øverst i et rom, som presser inneluft utover gjennom eventuelle lekkasjepunkter, og et undertrykk nederst, som presser uteluft innover. I nøytralsonen, som er omtrent midt i romhøyden, er det likt lufttrykk inne og ute. Trykkforskjellene er altså relatert til lufttrykket på utsiden

15. Magnussen, K. M., Johan (2005). Muggsopp i bygninger Forekomst og konsekvenser for innemiljøet. Byggeforskerien. Byggforvaltning 701.401 Byggeforskerien. Oslo: SINTEF Byggeforsk.

16. Brock, L. (2005). Designing the exterior wall: an architectural guide to the vertical envelope. Hoboken, N.J.: Wiley. Se side 48.

17. Geving og Thue (2002), se side 333.

av bygget. Slagregn og vindtrykk ute kan sammen med skorsteinseffekten føre til byggskader når luft og fukt presses inn i materialer og bygningsdeler. Det er et velkjent problem i bygninger med stor takhøyde og takvinduer eller glasstak at sug oppstår nederst i et rom. De såkalte naturlige ventilasjonssystemene eller hybride ventilasjonssystemene, som bygger på naturlig oppdrift, dvs. skorsteinseffekten, kan også skape byggetekniske problemer, som igjen i ekstreme tilfeller kan føre til byggskader. Eksempler på det beskrives i kapittel 7.5.

Vindeffekten skaper trykk på vindsiden og sug på lesiden, samt vindvirvler rundt bygget. Trykkvariasjonene kan føre til materialtretthet, slik at de løsner fra konstruksjonen eller bryter sammen på grunn av påkjenningen.

Det er viktig for en som prosjekterer en klimaskjerm å kjenne til årsakene til og konsekvensene av lufttrykkforskjeller. Valg av dampsperre, vindsperre og takteking i forhold til disse kreftene har mye å si for funksjonaliteten til klimaskjermen i følge Noreng (1996).¹⁸ Et viktig verktøy i det er den såkalte tottrinns tettingen, som er blitt drøftet i kapittel 4.4.

6.3.6. Byggskader som ikke er tilknyttet fukt

Ikke alle byggskader kan relateres til fukt. Eksempler på det er overbelastning på enkelte bygningsdeler - når store laster blir plassert inne på et golv som så begynner å sige eller sprekke. Sig og nedbøyning i en konstruksjon på grunn av manglende styrke eller mangelfull fundamentering faller under denne kategorien. I eksempelstudiet av Fallingwater, i kapittel 7.2., blir slike byggskader drøftet. Vibrasjoner, slitasje, materialskader og lydproblemer faller også under denne kategorien. Det samme gjør byggskader som kan relateres til bevegelser i materialer eller komponenter på grunn av skiftende temperatur, enten på grunn av UV-stråling eller andre forhold. UV-stråling fører også til nedbrytning av byggematerialer. I denne kategorien faller også byggskader som er forårsaket av skred, sig i grunnen, men også skader på grunn av jordskjelv.

6.3.7. Byggskader relatert til klimaskjermen

Klimaskjermen er den del av bygget som er mest utsatt for prosessforårsakede byggskader. Lisø (2006) viser at ca. 66 % av byggskadene knyttes til klimaskjermen. Dette er skader ved tak, takterrasser, yttervegger over bakken og yttervegger og golv mot bakken. Av disse stammer 22 % fra skader i tak, 29 % fra skader i fasader over bakken, 7 % fra byggskader i vegger under bakken. Omkring 8 % av skadene er relatert til golv i kjeller.¹⁹

18. Noreng, K. (1996). Dampsperrer i tak. Informasjonsblad nr. 7. Hentet 18. mai 2012 fra <http://www.tpf-info.org/pdf/TPF%20nr.%207.pdf>

19. Informasjon som også stammer fra Lisø (2006).

6.3.8. Byggskader - innvendig

Problemer i andre bygningsdeler enn klimaskjermen er mange. Ut i fra fig.6.10. ser man at 31 % av de prosessforårsakede skadene er relatert til andre bygningsdeler enn klimaskjermen. Dette er byggskader som i hovedsak oppstår inne i et bygg. Mange av disse skadene, spesielt i boliger, er fuktskader knyttet til våtrom: bad og vaskerom. En god del er relatert til innvendige vegger, gulv, innredninger, søyler og vegger, som hører til bærekonstruksjonen, men også innertrapper. Noen av skadene i denne kategorien er også i husets ytre form, slik som balkonger, verandaer og andre bygningsdeler, som ikke er en del av klimaskjermen.

6.3.7. Byggskader - tekniske systemer

Skader på tekniske installasjoner er her definert som feil og mangler ved ventilasjonssystemer, kjøleanlegg, elektriske installasjoner, sanitæranlegg og varmesystemer. Denne delen utgjør 3 % av det totale skadeomfanget ut i fra Byggforsks byggskadearkiv.²⁰ Men her er det et forbehold. Skadesaker som berører tekniske installasjoner blir sjelden utforsket av Byggforsk, fordi disse faller under forsikringsselskapenes ansvar. Det reelle skadeomfanget her er nok større enn det tallene fra Byggforsk indikerer.

6.3.8. Byggskader - tak

I eksempelstudiene finnes to typer tak; kompakte tak og oppforete tak. Størsteparten av takene som undersøkes er såkalte flate tak, som i følge Noreng (2007) er tak med helling mindre enn 6° (1: 10).²¹

I følge Kvande og Lisø (2006) kan 42 % av byggskader i tak relateres til tak som defineres som skråtak. Skråtakene er av mange typer, men størsteparten av dem er

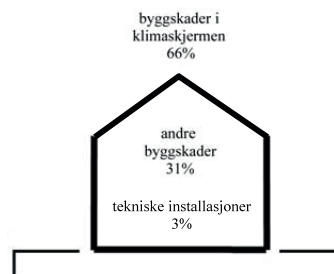


Fig. 6.10.
Illustrasjonen viser fordeling av byggskader etter bygningsdeler.

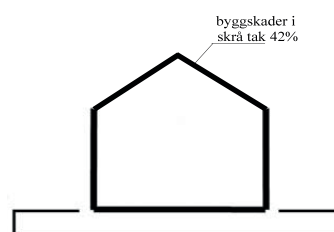


Fig. 6.11.
Byggskader i skrå tak utgjør 42 % av skader i tak.

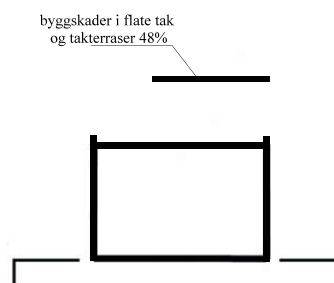


Fig. 6.12.
Byggskader i flate tak utgjør 47 % av skader i tak.

20. Kvande og Lisø (2006), se side 4, punkt 61.

21. Noreng, K. (2007). Kompakte tak. Byggforskserien. Byggdetaljer 525.207 Byggforskserien. Oslo: SINTEF Byggforsk. Se side 1 punkt 02.

luftede tak laget av trematerialer. Byggskader i skrå tak av tre med kalde loft stammer ofte fra mangler ved vindsperre, fuktsperre, ventilering av lag og detaljer rundt gjennomføringer som takvinduer, piper og ventileringsrør.²² Byggskader i flate tak derimot utgjør 47 % av det totale skadeomfanget i tak (Kvande og Lisø 2006). Dette kan virke noe lavere enn mange har forventet, etter som mange tror at flate tak lekker mer enn andre takformer. Grunnen til dette er at lekkasjer i flate tak var et utbredt problem før, men på grunn av kvalitetsheving og bedre tekniske løsninger drevet fram av byggeindustrien og forskningsinstitusjoner som Byggforsk, har skader i flate tak blitt redusert. De fleste flate tak er såkalte kompakte tak, som er tak uten lufting. Gåsbak (1998) omtaler skader i slike tak som stammer fra mangler ved nedløp, for lite fall mot sluk og feil plassering av isolasjonen.²³ Det gjelder ikke minst for tak av betong, der isolasjonen plasseres på undersiden. Et tiltak for å unngå slike skader er å plassere isolasjonen på oversiden, enten som rettvendte tak, omvendte tak eller duotak (Noreng 2007). I følge Bjerkevoll (2005) stammer 35 % av lekkasjene i flate tak i Oslo-området fra takterrasser.²⁴ Bøhlerengen (2011) opplyser at de fleste skader ved takterrasse kan kobles til mangelfull drenering, feil avrenning og mangelfulle overgangsdetaljering ved vegger eller dører og vinduer.²⁵

Den andre taktypen som studeres i eksempelstudiene, er såkalte oppfôret tretak, som er flatt og/eller skrått luftet tak av tre over et dekke av betong (Kvalvik og Noreng 2011).²⁶ Slike tak finnes i takterrassen i Fallingwater og i taket over seremonirommet i Moholt krematorium.²⁷ Fukt er som regel hovedårsak til skader på denne typen tak. De vanligste årsakene til skader er utettheter og mangler ved sluk, feil utført lufting og feil ved varmeisolering.²⁸

6.3.8. Eksempler på byggskader i flate tak

Endean (1995) som har studert lekkasjer i engelske bygninger påstår følgende; ”Most flat roofs do not leak”.²⁹ I følge ham kan de fleste lekkasjer i flate tak

22. Gåsbak, J. (2008). Utbedring av skader i skrå tretak med kaldt loft. Byggforskserien. Byggforvaltning 725.117 Byggforskserien. Oslo: SINTEF Byggforsk.
23. Gåsbak, J. (1996). Skader i kompakte tak. Årsaker og utbedring. Byggforskserien. Byggforvaltning 725.118 Byggforskserien. Oslo: SINTEF Byggforsk.
24. Bjerkevoll, P. (2005). Klimapåkjenninger og prosessforårsakede byggskader. Masteroppgave, NTNU, Trondheim.
25. Bøhlerengen, T. (2011). Skader på terrasser over oppvarmede rom. Årsaker og utbedring. Byggforskserien. Byggforvaltning 725.121 Byggforskserien. Oslo: SINTEF Byggforsk.
26. Kvalvik, M., & Noreng, N. (2011). Oppfôret tretak på dekke av betong. Utbedring og ombygging. Byggforskserien. Byggforvaltning 725.115 Byggforskserien. Oslo: SINTEF Byggforsk.
27. Det bemerkes at taket over seremonirommet på Moholt krematorium ikke er et flatt tak ut i fra Noreng (2007), men et skrått tak ettersom takhellingen er 7,6 grader. Ut over det gjelder beskrivelsen for dette spesifikke taket.
28. Kvalvik, M., & Noreng, N. (2011). Oppfôret tretak på dekke av betong. Utbedring og ombygging. Byggforskserien. Byggforvaltning 725.115. Byggforskserien. Oslo: SINTEF Byggforsk.
29. Endean, K. F. (1995). Investigating Rainwater Penetration of Modern Buildings. Hampshire UK: Gower Publishing. Se side 42.

tilskrives mangelfull fuktsikring i overgangsdetaljer. Disse overgangsdetaljene er kanter der tak og vegg møtes i parapeter, gjennomføringer (piper, ventilasjon osv.) og ved takvinduer. Der kommer fukten inn i konstruksjonen gjennom sprekker, hull og andre utettheter. Slike utettheter behøver verken å være store eller omfattende for å skape betydelige lekkasjeproblemer, først og fremst fordi vindtrykk, trykkforskjeller mellom inne og ute og kapillærkrefter får vannet til å trenge inn i konstruksjonen. Men fuktens veier, etter at den har kommet seg inn i konstruksjonen og viser seg som konkrete lekkasjer, kan være både kronglete og mange.

Fig. 6.13. viser fuktproblemer i et av de byggene Endean (1995) har analysert. Bygget er i to etasjer og har flatt tak. Illustrasjonen viser hvordan lekkasjen, som stammer fra et utett gesimsbeslag i andre etasje, medfører lekkasje i første etasje. Denne lekkasjen oppstår i forbindelse med slagregn og ble først oppdaget i utførelsesfasen. Entreprenøren ville utbedre skaden før han overleverte bygget og rev opp takteking og isolasjon i taket over første etasje uten resultat. Det var først etter at en spesialist ble rådspurt at lekkasjen i gesimsbeslaget i andre etasje ble oppdaget og utbedret.

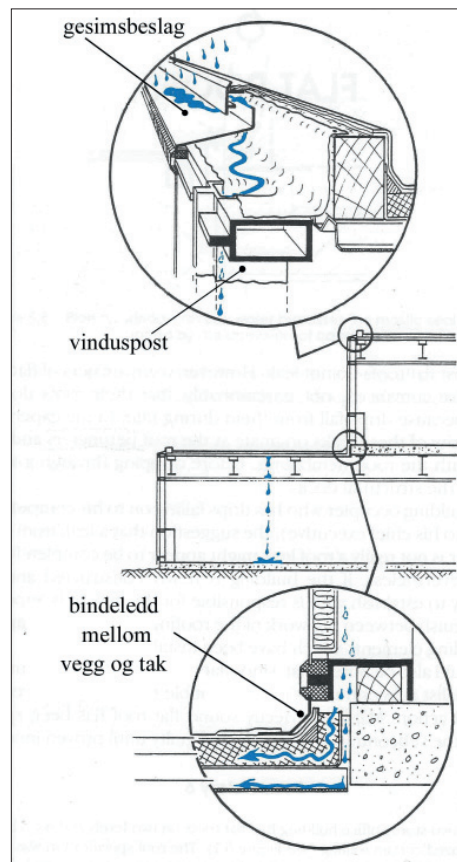


Fig. 6.13.

Lekkasje som starter i takkant (gesims) i en påhengsfasade, men som kommer frem som drypp fra tak over første etasje.

Kilde: Endean (1995), side 42.

6.3.9. Glasstak og takvinduer

Lekkasjer fra glasstak og takvinduer er velkjente byggskader. Dette er lekkasjer som kan stamme fra to ulike forhold. På den ene siden kan det være lekkasjevann utenifra, eller også fuktig inneluft som blir til vanndråper i kontakt med kalde vindusflater. Etter at produksjonen av glass og vinduer ble overtatt av profesjonelle firmaer som har spesialisert seg på området, har den tekniske kvaliteten på glasskonstruksjoner vokst betraktelig og resultert i færre lekkasjer. Men fremdeles er de mest utsatte

punktene overgangsdetaljer mellom glasskonstruksjoner og andre bygningsdeler.

6.3.10. Byggskader i yttervegg

Byggskader forekommer i alle typer yttervegger. I denne beskrivelsen er det fokus på byggskader i tunge yttervegger, hovedsakelig av betong, og lette yttervegger av bindingsverk. I den teoretiske drøftelsen foran i avhandlingen er disse to konstruksjonsprinsippene for yttervegg kalt solid vegg og flettverksvegg.

Såkalte solide yttervegger er massive vegger av betong, steinblokker, teglstein, lettklinkerblokker eller et annet tungt materiale. Oppbyggingen i forhold til isolasjon, fuktetting og overflatebehandling varierer en god del. I denne undersøkelsen forekommer vegger av eksponert betong, pusset betong, natursteinsvegger, betongvegger kledd med keramiske fliser og kobberplater og yttervegger av Lecablokker. Lette yttervegger som analyseres i denne avhandling er bindingsverksvegger og såkalte påhengsvegger (curtain walls). Ytterveggskledning kan være trepanel, natursteinsskiver, eternittplater og veggflater dekket med glass. Byggskader i store glassvegger er et kjent problem. Senere i kapitlet beskrives slike byggskader i drøftelsen av John Hancock-tårnet i Boston. En ny type glassvegger er ”Double Skin Façade”, laget av to glassvegger med et hulrom i mellom. Tekniske problemer i slike vegger er blitt beskrevet i kapittel 3.6. i beskrivelsen av BPC-kontorbygget i Duisburg i Tyskland.

6.3.11. Fordeling av byggskader etter type ytterveggskonstruksjon

Det er av viss interesse å se på hvordan byggskader fordeler seg etter typer ytterveggprinsipper, dvs. solide konstruksjoner og flettverkskonstruksjoner. I diagrammet, fig. 6.14., viser Kvande og Lisø (2006) fordelingen for norske bygninger. Byggskader fordeler seg omtrent jevnt på solide vegger av betong (32 %) og på flettverks vegger av bindingsverk (30 %) i norsk byggeindustri.

Byggskader i vegger av betong er av flere typer. De vanligste er avskalling skapt av fukt og CO₂ som trenger inn i betongen med påfølgende karbonatisering av betongen og korrosjon i armeringsstålet. Dette fører til nedbryting og svekking i det ytterste laget i ytterveggen. Riss og sprekkdannelse er også kjente problemer som ofte indikerer brudd og/eller svekking av konstruksjonen.

Byggskader i yttervegg av bindingsverk stammer ofte fra fukt som trenger seg inn i veggen og starter en nedbrytningsprosess.

Byggskader i glassvegger stammer ofte fra mangelfull fuktsikring og luftlekkasje i selve glasskonstruksjonen, men også i overgangsdetaljer mellom glassvegg og

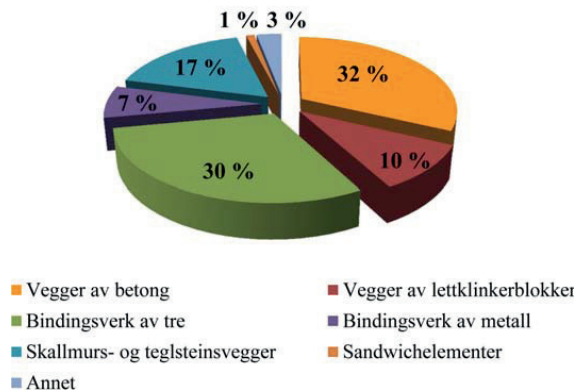


Fig 6.14.

Skivediagram som viser fordeling av prosessforårsakede byggskader forbundet med yttervegg fordelt etter type veggkonstruksjon:

- 32% Vegger av betong
- 30% Bindingsverk av tre
- 10% Vegger av lettklinkerblokker
- 7% Bindingsverk av metall
- 17% Skallmurs- og teglsteinsvegger
- 1% Sandwichelementer
- 3% Annet

Kilde: Kvande og Lisø (2006).

tilstøtende bygningsdel. Et problem som er blitt ganske vanlig i forbindelse med bruk av store glassflater er mangelfull solavskjerming med overoppheting som følge.

Fuktskader i yttervegg under terreng er ganske vanlig i bygninger rammet av byggskader. I følge Kvande og Lisø (2006) er 66 % av disse skadene tilknyttet yttervegg av armert betong, antagelig fordi størsteparten av veggene mot terreng i nye hus er bygget av armert betong. De vanligste skadene er lekkasjer, men også mangelfull isolasjon og hull på tettesjikt. Velkjent er riss og sprekker som stammer fra mangelfull fundamentering og/eller grunnarbeid. Fukten som trenger gjennom slike riss og sprekker er like skadelig som annen form for fuktlekkasje.

For byggskader i yttervegg er den vanligste årsaken mangelfull tetting mot slagregn omkring vinduer eller andre åpninger for eksempel med to-trinns tetting. Mangler ved beslag og vannbrett er også vanlige skadeårsaker.

Skader på grunn av alkalivirksomhet har lenge vært et stort og omfattende problem. I dag har man funnet løsninger som kan hindre alkaliskader. Her fokuserer vi derfor først og fremst på avskalling og brudd/sprekker i det ytterste laget av betongen.

Etter som yttervegger av eksponert betong er mye brukt i innovativ modernistisk arkitektur, påpekes det her at det kan bli vanskelig å utbedre skader i slike vegger. Vanskelighetene ligger i den måten veggene er designet og bygget opp, både estetisk og konstruktivt. I henhold til designidealet, er utgangspunktet å la materialet og forskalingen komme fram i sin rå form i henhold til det omtalte ærlighetsprinsippet, omtalt i kapittel 3.3. Hvis ærlighetsprinsippet følges, skal ingenting tilføres og ingenting tas bort, slik at misdannelser, fargeforskjeller og andre skavanker med andre ord ikke kan utbedres med påfyll, rensing, puss eller maling. Det å utføre en plettfri vegg av eksponert betong kan være vanskelig, fordi det krever svært gode materialer, og ikke minst feilfritt betongarbeid på byggeplassen. Hvis kravet



Fig. 6.15.
Yttervegg i et nytt offentlig bygg av eksponert betong. Fremtredende er tilsmussing fra vinduer, feilplassert staghull og stygge avtrykk etter forskalingen.



Fig. 6.16.
Fliskledd yttervegg på nybygg i Reykjavik. Fukt fra terrassen kommer seg bak flisene.



Fig. 6.17.
Panelkledd yttervegg på krematoriet på Moholt i Trondheim. Et eksempel på råte i endeved.
Foto: SINTEF Byggforsk.

om eksponert betong opprettholdes til tross for misdannelser og skavanker, er det kun to muligheter: akseptere de utseendemessige skavankene eller ty til lufthammer for å meisle ned veggen og støpe den opp på nytt inntil ønsket utseende er blitt oppnådd.³⁰

Fotografiet (fig. 6.15.) viser et nytt bygg i Island, laget av lys eksponert betong. Et av de fremtredende elementer er staghull, som i utgangspunktet har teknisk funksjon i å holde forskalingen sammen, og er planlagt for å danne regelmessige mønster, en slags moderne utgave av ornamentikk. Men på grunn av feil i støpearbeidet sitter de tilfeldig plassert i husets yttervegger, og sammen med misdannelser gjør dette veggen stygg å se på.

Keramiske fliser og mosaikkledning som faller av en yttervegg er et velkjent problem (fig.6.16). De fysiske årsakene til slike byggskader kan være flere, men fukt er svært ofte en viktig årsak. Skader på mosaikkledningen på den katolske kirken i Liverpool (The Metropolitan Cathedral of Christ the King) er en godt dokumentert skadesak. Kirken som er fra 1960-tallet, ble bygget etter en internasjonal arkitektkonkurranse som ble vunnet av den engelske arkitekten Frederick Gibberd (1908-1984).³¹ I dag er denne katedralen fredet som et modernistisk monument og under oppsyn av English Heritage organisation. Det kan

30. Slike tiltak er ikke vanlige, men forekommer. Kandidaten har kjennskap til at slikt gjøres blant annet i et nybygg av eksponert betong, der han var en del av prosjekteringsgruppen. Slike utbedringer er meget kostbare.

31. Meek, H. (1963). Gibberd, Fredrick, b Coventry 1908. I G. Hatje (red.), Encyclopaedia of modern architecture (pp. 336 s.). London: Thames and Hudson. Se side 128.

virke ironisk at til tross for store ambisjoner og planer om at bygningen skulle stå i 500 år, måtte eierne sette i gang omfattende forbedringstiltak på 1990-tallet, fordi fremtredende deler av mosaikkledningen var ødelagt. Den viktigste årsaken er i følge Streeter (1995) mangel ved fugefyllingen mellom de små mosaikkbitene, som hadde blitt ødelagt blant annet av klimapåkjenning. En viktig medvirkende årsak var temperaturendringer i den glaserte og fargerike mosaikkoverflaten. Dette førte til bevegelser både i fuger og fliser, og at fukt trengte seg inn i sprekker og riss med påfølgende frostheving og ytterligere bevegelser og avskalling.³²

Skader i yttervegg av bindingsverk som er kledd med tre er et velkjent problem. I følge Thue (2008), er årsakene til slike skader ofte uheldige konstruksjonsdetaljer, manglende utlekting og at endeveden er for eksponert. Dette gjelder også lekkasjer fra utette takkanter, takrenner og nedløp. Fig. 6.17. viser et eksempel på skader i oppfuktet endeved på grunn av uheldig avslutning ved bakken. Skader på yttervegg med trekledning omtales i kapittel 7.4. i eksempelstudiene.

En annen skadetype er skader på fundamenter og kjellervegger. Denne skadetypen omtales ikke etter som byggeprosjektene som studeres i eksempelstudiene ikke har slike skader.

6.4. Designforårsakede byggskader og drivkreftene

Dette fokuserer på teoretisk studie av de forhold i prosjekteringen som kan forårsake byggskader. Bakgrunnen er at Ingvaldsen (1994) hevdet at 60 % av de prosessforårsakede byggskadene stammer fra forberedelser og designprosessen. Av disse stammer 1/3 fra feil beslutninger eller mangel på beslutninger hos byggherren, og 2/3 deler stammer fra feil og mangelfull prosjektering.

Med denne avgrensningen er fokus rettet mot de forutsetninger og vaner aktørene, og da spesielt designeren, arbeider etter og som kan medføre byggskader.

6.4.1. Aktørene og de prosessforårsakede byggskadene

Atkinson (1999) hevder at ansvaret for byggskader i stor grad ligger hos aktørene i et byggeprosjekt.³³ Atkinson (2002) påpeker i sine studier av feil og mangler i byggeindustrien at mange skader stammer fra mangelfull ledelse.³⁴ Det som veier tyngst er mangelfull kommunikasjon. Liknende forklaring finnes hos Houghton-

32. Streeter, J. (1996). Mosaic-Clad Concrete. Recent Research. I S. Macdonald (red.), Modern matters: principles and practice in conserving recent architecture. Shaftesbury: Donhead.

33. Atkinson, A. R. (1999). The role of human error in construction defects. Structural Survey, 17 (4), s. 231 - 236.

34. Atkinson, A. R. (2002). The pathology of building defects; a human error approach. Engineering Construction and Architectural Management, 9 (1), s. 53–61.

Dristige detaljer

Evans (2005), som påstår at årsaken til de fleste feil og mangler i et byggeprosjekt er mangelfull kommunikasjon, men også hastverk, feil eller mangelfull viten om kostnader.³⁵ Houghton-Evans oppsummerer at hovedårsaken til det aller meste som går galt i en byggeprosess er en blanding av dårlig kommunikasjon, økonomiske besparelser og tidsmangel.

6.4.2. Forskning om designforårsakede byggskader

I følge Josephson og Hammarlund (1999), som har undersøkt byggskader i svensk byggeindustri, finnes det lite med forskning om sammenhengen mellom byggskader og prosjektering. Josephson og Hammarlund kommer med viktige innlegg i diskusjonen om dette emnet når de hevder at størsteparten av byggefeil og kostnader i et byggeprosjekt kan tilskrives beslutninger tatt av aktører. Videre hevder de at 40 % av de designforårsakede byggskadene stammer fra kunnskapsmangel. En forklaring er manglende motivasjon i alle ledd i prosessen. En viktig drivkraft er i følge Josephson og Hammarlund (1999) manglende stabilitet i byggherreorganisasjonen, i hovedsak forårsaket av hyppig utskiftning av prosjektledere. Dette fører ofte til tap både av tid og kunnskap. Andre forhold som kan relateres til byggherren er at viktige beslutninger utsettes og tas for sent. Dette fører til tidspress og stress, som påvirker både prosjekteringen og produksjonen på byggeplassen. Uenighet i byggherreorganisasjonen, blant annet fremkalt av brukere som blander seg inn i beslutninger tidlig i byggeprosessen, kan føre til venting og usikkerhet, som igjen fører til ustabile forhold hos de prosjekterende.

6.4.3. Forberedelsesfasen og drivkrefter som kan forårsake byggskader

Det sies at en god start er viktig for resultatet. Om problemer i begynnelsen av en prosess sier Aristoteles:

The mistake lies in the beginning -- as the proverb says -- 'Well begun is half done.'³⁶

Det finnes flere eksempler fra historien som støtter en slik oppfatning om at en god begynnelse er viktig for sluttresultatet. Like viktig er det å unngå stridigheter mellom nøkkelpersoner, fordi slikt svært ofte setter en stopper for et godt samarbeid. I en prosess der interesser, ambisjoner eller ære og berømmelse står på spill, som oftest er tilfelle i ambisiøse modernistiske byggeprosjekter, kan mindre uenigheter eller noe som berører ens stolthet bli kimen til en større konflikt. Det Aristoteles sikter til i sin tekst er slike ledelsesproblemer som startet som små uenigheter, men kan ende opp som blodig borgerkrig mellom grupperinger som i begynnelsen tilhørte samme folk

35. Houghton-Evans (2005), se side xi og xii.

36. Aristoteles (2011), se bok fem, kapitel IV.

og familie. Det er derfor viktig å gripe inn så tidlig som mulig for å finne roten til problemet og deretter finne en fornuftig og rettferdig løsning.

Fundamentet for et godt samarbeid er å skape tillit imellom nøkkelpersoner i begynnelsen av en prosess. Om tillit imellom mennesker og god kommunikasjon skriver Houghton-Evans (2005) følgende:

A successful project starts in good coordination and the development of an effective brief.³⁷

Uhell eller feil og mangler i starten av et prosjekt fører ikke automatisk til dårlige resultat og fysiske byggskader, i følge den samme referansen. Her ser man mer på at forholdene legges til rette i begynnelsen av et byggeprosjekt for å være bedre rustet til det som senere måtte komme. I begynnelsen blir det tatt beslutninger om forutsetninger, som igjen legger føringer for arbeidet videre. Vi snakker ikke om ”perfekte forhold” der alle er venner og oppfører seg etter den såkalte ”Kardemommeloven”.³⁸ Slike tilstander er sjelden til stede i byggeprosjekter der det oppstår mange friksjoner mellom ulike interesser.

Ofte er det mangelfull ledelse som fører til at en uheldig kommunikasjonsprosess starter. En bør være på vakt overfor slike. Usunne samarbeidsforhold kan ha smittende effekt på andre ledd i prosessen. Det er slike forhold som kan sette i gang destruktive krefter, som til slutt kan føre til byggskader på det ferdige byggverket.

6.4.4. Feil og mangler i forberedelser

Mange undersøkelser har vist at mangelfullt arbeid i undersøkelsen av miljø, klima, tomt og geotekniske forhold i begynnelsen av en byggeprosess kan skape problemer. Her påpekes spesielt mangler ved geotekniske undersøkelser, som i flere tilfeller har ført til alvorlige byggskader og sammenbrudd av store bygningskonstruksjoner. En av de mest kjente byggskadene relatert til geotekniske forhold og feil som ble gjort ved grunnarbeidet, er det skjeve tårnet i Pisa. Fra nyere tid har man kollaps av ett av byggene i Highland Towers Kuala Lumpur i 1993, som kunne tilbakeføres til mangelfulle geotekniske undersøkelser i begynnelsen av prosessen.³⁹

Andre forhold i begynnelsen av et byggeprosjekt som kan føre til feil og mangler på sluttproduktet, er dårlig funderte kravspesifikasjoner og mangler ved utarbeidelse

37. Houghton-Evans (2005), se side 27.

38. Kardemommeloven er den eneste loven i Kardemomme by – en oppdiktet by fra barneboken ”Folk og røvere i Kardemommen by” av Thorbjørn Egner i 1955. Denne loven sier ”Man skal ikke plage andre, man skal være grei og snill, og for øvrig kan man gjøre hva man vil”

39. Ishak, S. N. H., Chohan, A. H., & Ramly, A. (2007). Implications of design deficiency on building maintenance at post-occupational stage. *Journal of Building Appraisal*, 3(2), 115-124.

Dristige detaljer

av et romprogram. Godt og faglig arbeid utført med kunnskap og innsikt har positiv innvirkning på designet og senere utførelsen og resultatet.

Viktige drivkrefter og forutsetninger er planer om tidsforbruk, tidsfrister og kostnader. Problemer i byggeprosjekter som omtales i media forbindes svært ofte med økonomiske overskridelser og tidssprekker. Internasjonale studier av flere større byggeprosjekter fra USA, UK og Sverige viser at svært mange prosjekter overskrider budsjettet eller andre rammeavtaler.⁴⁰ I følge Samset (2001) er det ganske vanlig at byggeprosjekter overskrider tidsfrister og økonomiske rammer. Det vanligste var overskridelser mellom 40 til 200 prosent i offentlige byggeprosjekter.⁴¹ Her må det bemerkes at en overskridelse kan komme av for dårlig planlegging eller for knappe budsjetter. En interessant forklaring om de såkalte ”overskridelsene” kommer fra Samset (2001), som sier at mange byggherrer går ut med lave budsjetter for å få et prosjekt igangsatt, og siden lever etter uttrykket: ”det er lettere å få tilgivelse enn å be om tillatelse”.⁴²

Et velkjent byggeprosjekt som ofte brukes som eksempel for dette fenomenet er Operahuset i Sydney. Det var anslått til å koste AUD 7,2 millioner og skulle ta 6 år å bygge. I stedet tok det 16 år å fullføre dette dristige prosjektet med en prislapp på AUD 102 millioner da det sto ferdig.⁴³ I dag vet vi at kostnadsoverskridelsene delvis skyldtes uriktige kostnadskalkuleringer fra byggherrens side i begynnelsen, som ønsket å sette prosjektet i gang. Men størsteparten av de høye kostnadene og den lange byggetiden stammet fra det faktum at designet av konstruksjonen var svært komplisert, men det var også mange uhell og feil som ble oppdaget og måtte utbedres underveis.⁴⁴

6.4.5. Drivkrefter i prosjekteringsprosessen

Feil og mangler som forårsaker byggekader kan forekomme i alle ledd i designprosessen. De feil som er vanskeligst å rette opp er de som stammer fra konseptfasen, der den første designideen utvikles. Om slike feil sier Petroski (1994):

Such errors tend to manifest themselves only when a prototype is tested.⁴⁵

I følge Petroski viser slike feil seg ikke før produksjonen av selve produktet har startet, og i flere tilfeller ikke før en har tatt bygningen i bruk. Dette kan skape

40. Samset (2001), se side 11.

41. Samset (2001), se fotnote på side 12.

42. Samset (2001), se fotnote på side 12.

43. Murray (2004).

44. Hall, P. (1981). Great planning disasters. Harmondsworth: Penguin Books.

45. Petroski (1994), se side 15.

problemer i prosjekteringen av innovativ modernistisk arkitektur, som vanligvis bare lages som ett eksemplar, der prototypen er det ferdige byggverket.⁴⁶ Dermed duger ikke tankegangen fra industrien der man retter på de feil og mangler som viser seg på prototypen. Derfor er det svært viktig at en i prosjektering og produksjon av innovative bygg som produseres i et eksempel, gjør ting riktig første gang. Da gjelder det å være klok i forkant. Til det trengs det en god porsjon sunn fornuft og solid teknisk kunnskap om blant annet bygningsfysikk og byggskader.⁴⁷

I diskusjonen om forebyggende tiltak for å unngå byggskader, påpeker Houghton-Evans (2005) viktigheten av å se helheten i sammenhengen med detaljene.⁴⁸ Hvis det ikke tenkes både på store og små problemer fra starten av, kan det som en skulle tro er et lite problem, bli til et stort senere. Dette innebærer å gjennomtenke byggverket og se det for seg i funksjon. Eksempel på dette er å tenke igjennom hvilke konsekvenser valg av en bestemt form kan ha på detaljløsningen, og hvordan former og detaljløsninger tåler klimapåkjenningen på byggeplassen. Man må være klar over at beslutninger om form og utseende som gjøres tidlig i designprosessen, legger føringer for prosjekteringen av viktige detaljer. Nå er det slik at arkitektene blir gjort oppmerksomme på dette i undervisningen, men fokuset er muligens i for stor grad vendt mot det estetiske forholdet mellom form og detaljer. I følge Houghton-Evans (2005) ligger deler av problemet her i selve designkulturen og de arbeidsformene og den arbeidsfordelingen som praktiseres, spesielt på de store og ledende arkitektkontorene:

Large practices are often divided into “designers” who create ideas but do not see them through – never learning of the detailing problems they create until a failure is caused – and “technicians” who carry these ideas forward into working drawing – without having the authority to correct aspects of the outline design which impair the development of good detailing and the optimisation of the whole design.⁴⁹

Prosjektering av detaljer går i stor grad ut på å se etter utsatte og teknisk vanskelige steder på bygningen, og på den måten finne en økonomisk løsning som kombinerer teknisk og funksjonell holdbarhet med estetisk ønskelig utseende. Hvis slike utsatte og vanskelige steder på bygningen overses i prosjekteringen av detaljene, kan det føre til svært mange problemer. I flere tilfeller stammer slikt fra manglende kunnskap og mangel på erfaring hos de som utfører arbeidet, men også prioriteringer hos de som leder prosjektering, slik Atkinson (2002) påpeker.

46. Det samme gjelder for store deler av den generelle husproduksjonen, som i stor grad lages i ett eksemplar. Et unntak er produksjonen av ferdighus der det vanligvis lages en prototype for masseproduksjonen starter.

47. Schwartz, T., A. (2001). When Bad Things Happen to Good Buildings. Architecture Week, 04 April 2001, B1.2.

48. Houghton-Evans (2005), se side 46.

49. Houghton-Evans (2005) se side 46.

Et annet fenomen er detaljenes vanskelighetsgrad, både i design og utførelse. I følge Houghton-Evans (2005) vitner kompliserte detaljer ofte om manglende kompetanse og kunnskap hos den som har designet detaljen.⁵⁰ Detaljer som er lett forståelige og enkle å utføre vitner om kompetanse og erfaring hos arkitekten. Her følger noen kloke råd fra Houghton-Evans (2005):

The optimal design solutions for these requirements involve looking forward at the detailed design whilst developing concepts and outlines. It often requires the flexibility to move back and forth between concept and detail to remove conflicts. In the best design the conceptual approach generates good detailing and the details reinforce the concept.⁵¹

6.4.6. Designforårsakede byggskader og klimaskjermen

Nyttige synspunkter på sammenhengen mellom design og byggskader i modernistisk arkitektur kommer fra Ochshorn (2006), som drøfter tekniske problemer i klimaskjermen. Hovedgrunnen til disse problemene er et skille mellom formgivning og bygningsteknologi i modernistisk arkitektur. Dette skillet ble til igjennom den modernistiske designideologien, som fremhevet estetikk og overså praktisk byggeteknikk. Dette kom tidlig fram i en bevisst funksjonsoppdeling mellom bærekonstruksjon, klimaskjerm og klimasystemer i begynnelsen av det 20. århundret. Konsekvensen av dette ble en viss kunnskapsoppspalting og behov for ekspertise som ikke lenger satt hos arkitekten. Ochshorn (2006) argumenterte for at hvis detaljering av klimaskjermen settes bort, så mister arkitekten kontrollen over et av de viktigste elementene i byggverket, nemlig klimaskjermen, som definerer husets ytre, men også de indre rommene. Dette fører igjen til at arkitekten havner i en ond sirkel, hvor han mister muligheten til og motivasjonen for å lære av utført byggeteknikk, inklusivt byggskader. En konsekvens av dette er i følge Burke og Yverås (2004) at i Sverige tegner arkitekten ikke lenger de tekniske detaljene, fordi jobben er blitt overtatt av ingeniører som utfører teknisk prosjektering av detaljene.⁵²

Ochshorn (2006) kommer med forslag til å forebygge byggskader i klimaskjerner ved å utarbeide retningsgivende klimarobuste detaljløsninger som er utførelses- og vedlikeholdsvennlige. Slike detaljer finnes i den norske Byggforskserien som oppdateres regelmessig. Det andre forslaget Ochshorn (2006) kommer med, er at ettersom prosjekteringen av klimaskjermen er blitt så komplisert, så bør det lages godkjenning- og utdanningsordninger for arkitekter som ønsker å spesialisere seg i prosjektering av en klimaskjerm.

50. Houghton-Evans (2005), se side 47.

51. Houghton-Evans (2005), se side 48.

52. Burke, S., & Yverås, V. (2004). A Swedish perspective on the prevention of moisture problems during the building's design phase. *Nordic journal of surveying and real estate research*, 1(1), s. 102 - 113.

Men selv om de svenske arkitekter normalt ikke har ansvaret for prosjekteringen av detaljene i klimaskjermen slik Burke og Yverås (2004) har påpekt, er klimaforårsakede byggskader et like stort problem i svensk byggeindustri som i de andre nordiske landene. Årsaken er at kunnskapen om bygningsfysikk i liten grad brukes til å forebygge byggskader. En årsak er at byggherren ikke ønsker å bruke penger på spesiell ekspertise om bygningsfysikk, fordi han ikke er klar over at han trenger slik ekspertise, og i tillegg tror at slik ekspertise blir ivaretatt i prosjekteringen av arkitekten eller andre eksperter. Burke (2009) påpeker også generell kunnskapsmangel i byggeindustrien om bygningsfysikk.⁵³ Et beslektet problem i følge Yverås (2009) er at tekniske rådgivere med høy utdanning har tendens til å overvurdere egne ferdigheter til å forstå og løse bygningsfysiske problemer.⁵⁴ Det paradoksale er at de som har størst selvtillit til egne ferdigheter innen området bygningsfysikk er de som har kortere utdanning. I følge Yverås (2009) er lang erfaring ikke en indikator på at tekniske rådgivere evner å håndtere fuktproblemer. Konklusjonen er at det generelle kunnskapsnivået om bygningsfysikk er for lavt. I tillegg mangler det ordninger som motiverer aktøren til å lære av utført arbeid gjennom tilbakemeldinger fra byggeprosessen og ferdigstilte byggeprosjekter (Burke 2009).

6.4.7. Informasjonsformidling og design

Tvetydig eller unøyaktig informasjon på tegninger kan skape misforståelser og sette i gang feiltolkninger som kan føre til krav om ekstraarbeid i følge Houghton-Evans (2005). Motstridende informasjon i prosjekteringsdokumenter eller prosjekteringsfeil kan føre til plagsomme og kostbare feil, hvis de ikke oppdages før under utførelsen av bygget.

Houghton-Evans (2005) påpeker at opphavet til mange problemer er misforståelser som stammer fra språkforvirring. Slike problemer er velkjent i byggeindustrien. Kanskje den mest kjente historien er fortellingen om byggingen av Babels tårn som stoppet opp på grunn av språkforvirring.⁵⁵

53. Burke, S. (2009). Building Physics Tools: Needs, Use and the Lack of Use in the Building Process. Modelling Non-Isothermal Moisture Flow and Frost Penetration. Doctoral Thesis, Lund University, Lund.

54. Yverås, V. (2009). Performance Indicators. A performance prediction method for moisture safety design Doctoral Thesis, Chalmers University of Technology.

55. Denne historien drøftes i kapittel 6.5.

6.4.8. Robust design av klimaskjerm – utbedringer og vedlikehold

I en byggeprosess skjer det alltid ett eller annet uforutsett, både forårsaket av naturkrefter og mennesker. Om dette sier Houghton-Evans (2005):

A designer needs to make reasonable provision for workmanship error and take into account the risk of imperfect work in site condition.⁵⁶

Dette innebærer at man tar med i beregningen at visse former for feil og mangler kan oppstå i utførelsen. Eksempel på dette er at det kan bli vanskelig å følge nøyaktighetskrav ved utførelse av kritiske detaljer under vanskelige værforhold. En strategi som tar disse problemene med i overveielene, kan for eksempel være at de prosjekterende tenker gjennom hvordan fuktisikringer rundt vinduer skal utføres i fuktig og kaldt klima på en byggeplass.

Flere av de byggskadene som er blitt observert i eksempelstudiene ble til fordi prosjekteringen ikke er ”robust” nok, eller er så nøyaktig eller knapp at den bare kan utføres under de beste tenkelige forhold, eller det man kaller ”perfekte forhold”. Slike forhold er sjelden til stede i kompliserte byggeprosjekter, der det arbeides under tidspress og under skiftende værforhold.

Det blir ofte påstått av selgere at bestemte materialer eller varer er vedlikeholdsfrie. Erfaringene har vist at dette ikke stemmer, og at det knapt finnes noe materiale eller byggevarer som ikke trenger et visst vedlikehold eller utbedringer over tid. Denne tiltroen til nye materialer har ført til uheldige byggetekniske løsninger som til slutt har ført til byggskader. Mennesker har en tendens til å stole på materialenes egenskaper til å tåle påkjenningene, mens man før i tiden var klar over de materielle begrensningene og prosjekterte løsninger som tok hensyn til dette. Houghton-Evans (2005) hevder at en god designer bør ta hensyn til materialsvakheter og forsøke å velge byggematerialer og komponenter som tåler en viss påkjenning, og ikke minst legge forholdene til rette, slik at utskiftninger vil være overkommelige når materialer og detaljer trenger vedlikehold.⁵⁷

Men nå er det slik at det finnes designløsninger som er vanskelige å vedlikeholde eller utbedre innenfor rimelighetens grenser, dvs. de er teknisk kompliserte og arbeidskrevende, og kostbare å utbedre. I den sammenhengen har Ross (1995) påpekt forskjellen mellom tradisjonell arkitektur og modernistisk arkitektur. Forskjellen ligger i den prinsipielle oppbyggingen og materialbruken. I tradisjonell arkitektur er oppbyggingen slik at det ofte brukes lokale stein- og trematerialer, der enkelte komponenter som vinduer og elementer i tak og fasader kan skiftes ut av lokale

56. Houghton-Evans (2005), se side 56.

57. Houghton-Evans (2005), se side 49.

håndverkere. Dette er omvendt i den modernistiske arkitekturen, som ofte er bygget opp av homogen betong, glass og stål og spesialproduserte metallvinduer. Utskiftninger og vedlikehold i modernistisk arkitektur krever derfor stor innsats og spesiell kompetanse. Et annet problem i utbedringer av den modernistiske arkitekturen er at mange byggprodukter er gått ut av produksjon når de skal repareres. Allan (2007) har påpekt at forskjellen ligger i at modernistisk arkitektur behøver å se ny ut for å se bra ut, mens den tradisjonelle arkitekturen tåler aldri bedre.

Problemer med utbedringer og vedlikehold av eksponert betong har tidligere blitt drøftet. Det har kommet frem at det kan bli vanskelig å utbedre skavanker uten å fjerne de skadede bygningsdelene, hvis arkitekten og byggherren ikke er villig til å endre utseende på bygget ved å pusse og male over skaden.

Begrepet "robust klimaskjermdesign" blir drøftet i det siste kapitlet i avhandlingen som en mulig designstrategi i arbeidet med å forebygge byggskader. Denne strategien kan også brukes til å designe levedyktige og bærekraftige bygg som trenger mindre vedlikehold i levetiden.

Selv om det flere steder i denne avhandlingen rettes kritikk mot de gjeldende modernistiske designidealene, er det forfatterens grunnholdning at modernismen har skapt svært mange fantastiske byggverk, og disse er en viktig del av vår arkitekturtradisjon og bør tas godt vare på. Konseptet om "robust klimaskjermdesign" kan ut i fra dette sees som et tillegg til og en videreutvikling av tidligere metoder, som både kan brukes til design av konsept, konstruksjoner og detaljer.

6.5. Byggskader i historisk sammenheng

En gang for lenge siden skal Konfucius ha sagt at hvis man vil forutse fremtiden bør man studere fortiden. Som et ledd i det å følge Konfucius kloke ord, legges det her opp til diskusjon av byggskaideproblemet ut fra historiske kilder. Ønsket er å drøfte problemet ut i fra den virkning det har på teknisk og funksjonell tilstand til byggverk og de økonomiske utgifter byggskader medfører.

6.5.1. Babels tårn – den første omtalte byggskaden

Det første omtalte byggverket som var plaget av byggskader, skal ha vært Babels tårn. I Bibelens første Mosebok fortelles det om folk som bosatte seg i landet Sinear, mellom elvene Eufrat og Tigres (dagens Irak). I dette området fantes det lite stein til å bygge hus av, slik de var vant til å gjøre. Da oppfant folket en ny byggemetode. De begynte å forme teglsteiner av leire som de herdet ved brenning, og brukte jordbek som bindemiddel i stedet for mørtel.⁵⁸ Oppdagelsen av denne nye byggemetoden ble sett på som en stor teknisk innovasjon, og folket bestemte seg for å bygge en by og et tårn som skulle strekke seg opp til himmelen og bli et monument over deres storhet. I følge Bibelen snakket menneskene som bodde på jorden ett felles språk på denne tiden. Men Gud mislikte menneskenes hovmod som kom fram i dette byggeprosjektet, og bestemte seg derfor for å forvirre deres språk, slik at folket fikk vanskeligheter med å forstå hverandre, og byggingen av tårnet stoppet opp.

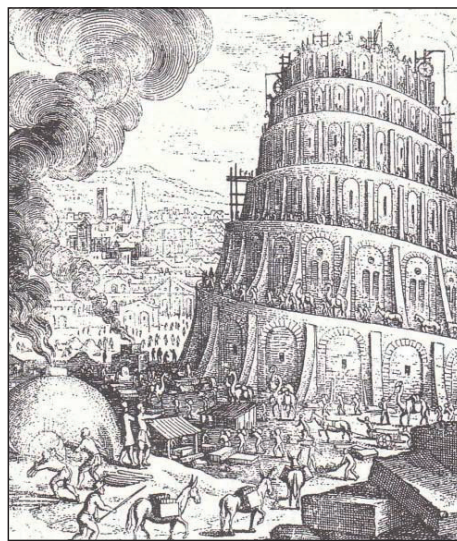


Fig. 6.18. Babels tårn avbildet i Matheus Merians bibel. Byen tårnet er plassert i, er Strasbourg på 1600-tallet. Røyken fra teglovnene ses i forgrunnen. Kilde: Gunnarsjaa (1999), side 68.

Historien om byggingen av Babels tårn er ikke kun mytologi, slik mange tolker historien. Arkeologisk forskning har vist at det sto et stort tårn i det historiske Babylon, bygget rundt 2100 år før vår tidsberegning. I følge Gunnarsjaa (1999),

58. Bibelen; Mosebok I, 11, 1 – 10 Babels tårn.

var tårnet formet som en ziggurat, en bygningsform som er beslektet med trappepyramidene, bygget opp av brent teglstein med jordbek som bindemiddel.⁵⁹

Den vanligste byggemetoden på denne tiden var å bruke stein, som ble bundet sammen med kalkmørtel. Den nye byggemetoden var både mer tidsbesparende og økonomisk i forhold til den gamle metoden. Dette var på grunn av bruken av jordbek som bindemiddel, men også på grunn av det nye byggematerialet leire, som ble formet og herdet ved brenning. Metoden ga muligheter til å bygge større bygg på kortere tid enn før.

Arkeologiske funn tyder på at tårnet var omkring 90 meter høyt, mens andre referanser omtaler et mye høyere byggverk, et byggverk skal ha strukket seg høyt opp i himmelen.⁶⁰ Det er delte meninger om årsaken til at Babels tårn forsvant. I følge beskrivelser i Bibelen (Genesis 11:4), var det ikke ras som ødela bygget, det var mer det at arbeidet stoppet opp på grunn av svikt i kommunikasjonen mellom de som var med på å bygge tårnet. Levy og Salvadori (2002) påpeker en annen sannsynlig årsak til kollapsen av Babels tårn: mangelfullt bindemiddel mellom steinmaterialet i konstruksjonen som ikke tålte vekten av bygget, og vibrasjoner forårsaket av vind eller jordskjelv.

I sagnet om Babels tårn ligger det et sterkt moralsk budskap. Nolting (1998) kobler den mytologiske sagaen om Babels tårn til diskusjonen om byggskader og "tårnbygg" i nyere tid. I følge Nolting er drivkraften bak de fleste "tårnbygg" ekshibisjonisme og lengsel etter ære og berømmelse som kan føre til gigantomani.⁶¹ Disse drivkreftene er provoserende i forhold til det man kaller de gode dyder eller Guds lover. Nolting sier at arkitekter og andre som står for "tårnbygg" må vise ydmykhet i forhold til egne begrensninger og de materialer som de arbeider med. Ironien i fortellingen i følge Nolting (1998) er den at det er Gud som grep inn og satte i gang ødeleggelsen av det menneskeskapt byggverket, for nettopp å få menneskene til å innse sine begrensninger og motarbeide hovmod og forfengelighet.

6.5.2. De første offentlige kvalitetskravene – Hammurabis lover

Kvalitetskrav i form av offentlige lover og regler er ikke noe nytt i byggeindustrien. Det første kjente lovverket som omtaler byggskader tilhører den babylonske kongen Hammurabi, som skal ha levd omkring 2200 før vår tidsregning. Disse lovene er skrevet med kileskrift på en sort bautastein, som er oppbevart i Louvre i Paris. Hammurabis lover omhandler de fleste menneskelige aktiviteter, deriblant problemer

59. Gunnarsjaa (1999), se side 68.

60. Gordon, J. E. (2003). Structures: or why things don't fall down. Cambridge, MA: Da Capo Press.

61. Nolting, T. (1998). Der erste Traum des Menschen. Der Architekt (Bundes Deutscher Architekten BDA), Nr.10, 1998, s. 546 - 547.

Dristige detaljer

på grunn av byggskader. Prinsippet i de paragrafene som omtaler byggskader, er at den som forårsaker en byggskade som fører til tap enten av menneskeliv eller skader på eiendom, skal holdes ansvarlig og straffes i samsvar med den skaden han har forårsaket. Eksempel på dette er følgende sitat:

If a builder builds a house for a man and does not make its construction firm and the house he has built collapses and causes the death of the owner of the house – the builder shall be put to death.

If it causes the death of son of the owner of the house – they shall put to death a son of the builder.

If it causes the death of a slave of the owner of the house – he shall give to the owner of the house a slave of equal value.

If it destroys property, he shall restore whatever it destroyed, and because he did not make the house which he built firm and it collapsed, he shall rebuild the house which collapsed at his own expense.

If a builder builds a house for a man and does not make its construction meet the requirements and a wall falls in, that builder shall strengthen the wall at his own expense.⁶²

Det kommer tidlig fram i sitatet at rettferdighet og orden blir best tjent med at straffen er i samsvar med konsekvensene dvs. det som blir uttrykt i setningen er “øye for øye og tann for tann”.

6.5.3. Muggsopp – ”Spedalske hus”

Muggsopp i bygninger har lenge vært et kjent problem. I Mosebok III er det et kapittel som heter ”Spedalske hus” som beskriver hva som skal gjøres hvis muggsopp blir oppdaget i en bolig. Hvis man har mistanke om at en bygning er blitt smittet av det som den gang ble kalt spedalsk smitte, skulle beboerne tilkalle presten for å vurdere situasjonen, og hvis presten fant ut at situasjonen var kritisk, skulle følgende tiltak settes i verk:

Så skal presten la huset ryddes før han selv kommer for å se på flekkene, så ikke alt det som er i huset, skal bli urent; og deretter skal han komme for å se på huset. Dersom han da, når han ser på flekkene, finner at flekkene på husets vegger viser seg å være grønnlige eller rødligedordypninger, som synes å ligge dypere enn veggen, da skal han gå ut av husets dør, og stenge huset og holde det låst i syv dager.⁶³

62. Feld, J. (1968). Construction failure. New York: Wiley. “Code of Hammurabi” er oversatt av R.F. Harper og finnes i Feld, J. (1968)

63. Mosebok III, 14, 33 - 57 ”Om spedalske hus”

I den bibelske teksten, som er flere tusen år gammel, finnes nøyaktig beskrivelse av hva som skal gjøres, hvis denne faren oppdages. Faren ble vurdert alvorlig på Moses' tid – så alvorlig, at hvis det ikke lyktes å helbrede huset med rensing, var instruksene at huset skulle rives, og smittede og forurensede materialer skulle flyttes ut til et urent område utenfor byen.

Flekkene som er beskrevet i teksten, er blitt vurdert av spesialister til å være *Stachybotrys* spores, og denne muggsoppen har vært kjent i flere tusen år.⁶⁴ *Stachybotrys* spores trives på steder der det er vedvarende fukt, for eksempel på nedre del av kjellervegger som blir utsatt for jordfukt, slik den bibelske teksten beskriver. En art av *Stachybotrys* spores er *Stachybotrys chartarum* eller papirsopp, som ofte forekommer i gipsplater i nybygg som er rammet av byggskader. Den forekommer også på andre materialer som tapet, papp, trefiberplater og treverk. Problemer tilknyttet muggsopp er blitt omtalt i kapitel 6.3.4..

I dag er muggsopp et problem i mange nye bygninger. Årsakene er de samme i dag som på Moses' tid; for høy fuktighet innendørs, tilstrekkelig varme og organiske bygningsmaterialer som muggsoppen kan vokse ut i fra. Spørsmålet som stilles er om den gamle visdommen som kommer fram i Bibelen, har blitt glemt. Problemet med muggsopp i nybygg blir drøftet ytterligere i kapitel 7.3., som omhandler Dragvoll universitetssenter i Trondheim.

6.5.4. Berømt byggskade – Det skjeve tårnet i Pisa

Det skjeve tårnet i Pisa er et verdensberømt byggverk som ble påbegynt på slutten av 1200-tallet og var ferdig bygget i 1372. Berømmelsen kan dette tårnet takke sin skjeve tilstand for, som ble forårsaket av en byggskade i byggegrunnen. Jordmassene under bygget er svært ustabile og fundamentene var feil designet og utført i forhold til byggets størrelse og grunnforholdene. Det er denne byggefeilen som førte til at tårnet, som er et frittstående klokketårn (*Campanile*) ved domkirken i Pisa i Toscana, Italia, begynte å helle mot sør tidlig i byggeprosessen.

Det skjeve tårnet som er knapt 60 meter høyt, heller i dag fire meter mot sør ut fra loddlinjen. Fordi byggeprosessen var langvarig, ble det mulig å innføre tiltak for å forhindre at tårnet falt ned. Det viktigste var forsterkninger av fundamentene, og det at øvre deler av tårnet ble bygget i motsatt retning av hellingen for å rette opp skjevheten. Men hellingen av tårnet stoppet ikke med dette, og den har fortsatt fram til våre dager.

I det 20. århundret har flere omfattende bergingsaksjoner blitt utført for å redde

64. Heller, R. M., Sasson, J. M., & Heller, T. W. (2003). Mold: "Tsara'at," Leviticus, and the History of a Confusion. *Perspectives in biology and medicine*, 46(4), 588-591.

Dristige detaljer

tårnet.⁶⁵ Det ser ut til å ha lyktes, i følge de siste uttalelsene.⁶⁶ Tårnet står fortsatt som et av Italias viktigste landmerker og en turistattraksjon.



Fig. 6.19.
Det skjeve tårnet i Pisa.
Foto: Tore Haugen (2004) - Privat fotoarkiv.

Fortellingen om det skjeve tårnet i Pisa har i seg både ironi og et paradoks, fordi her står man ovenfor en inntektsgivende byggskade, som er og har vært viktig for turistindustrien i Toscana. Millioner av turister har besøkt stedet hovedsakelig på grunn av tårnet. Det må heller ikke glemmes at det skjeve tårnet har vært et viktig instrument i vitenskapelige eksperimenter utført av Galileo Galilei, da han var professor ved Universitetet i Pisa på 1600-tallet.

65. Levy og Salvadori (2002), se side 153-160.

66. Leaning Tower of Pisa. (30. mars 2012). I Wikipedia. Hentet 16. mai 2012 fra http://en.wikipedia.org/wiki/Leaning_Tower_of_Pisa

6.5.5. På fallende føtter – John Hancock Tower i Boston

Et høyt moderne tårnbygg, som holdt på å ramle sammen, er det 60 etasje høye John Hancock kontorbygget i Boston, USA. Dette bygget er et svært viktig arkitektonisk landemerke i byen.⁶⁷

Vinduer som faller fra himmelen vekker selvfølgelig oppsikt. Det skjedde 20. januar 1973, da store glassruter begynte å falle ned fra John Hancock-tårnet som var under bygging.⁶⁸ Det var en sterk vintervind som blåste rundt høyhuset som raget 240 meter over bakken. Mediastormen skulle også blåse friskt rundt byggeprosjektet, som heretter ble kjent i media på grunn av flere byggskader.

Mange ting gikk galt i byggingen av Hancock-tårnet, men de tre viktigste var; 1) fyllmasser og fundamenter startet å sige, noe som ført til skader på nabobebyggelsen, 2) konstruksjonen i tårnet svingte unormalt i forhold til vindtrykk og 3) vinduer ble knust og falt ned.⁶⁹ Dette førte til at alle vindusruter i bygget, til sammen 10.344, ble byttet ut. Den alvorligste byggskaden var en overhengende risiko for kollaps på grunn av vindtrykk i byggets lengderetning. Dette var en overraskende oppdagelse, etter som man trodde at vindtrykket var størst på langsiden, ikke på kortsiden. I tillegg trodde man at byggets utforming var gunstig i forhold til vindtrykket. Grunnformen



Fig. 6.20.
John Hancock Tower i Boston.
Kilde: Wikipedia.org.

67. Arkitekten er den anerkjente Harry Cobb i arkitektfirmaet Pei Cobb Freed & Partners, tidligere I.M. Pei & Partners. Dette arkitektfirmaet er verdenskjent, blant annet for glasspyramiden ved Louvre i Paris. Informasjon om arkitektfirmaet finnes på: www.pcfandp.com.

68. Levy og Salvadori (2002), se side 197 -205.

69. Campbell, R. (1995). Builder Faced Bigger Crisis Than Falling Windows. *The Boston Globe*.

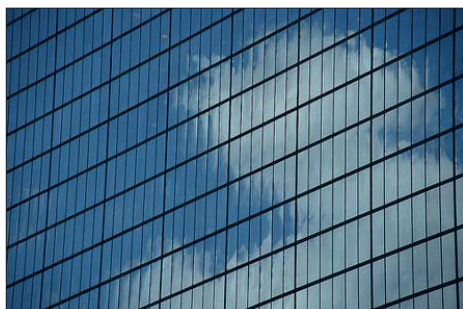


Fig. 6.21.
Detaljer fra den speilende glassfasaden
Kilde: flickriver.com

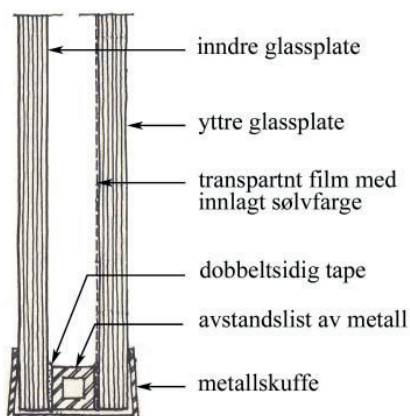


Fig. 6.22.
Detaljer av kanten til isolerruten.
Kilde. Levy og Salvadori (2002), side 199.

er et avlangt parallelogram, 31 meter bred og 90 meter lang, formet som en oppreist flyvinge. Utbedringer av disse byggskadene ble svært kostbare, noe som førte til at bygget til slutt kostet mye mer enn antatt, og dessuten ble byggetiden en god del lengre enn forventet.⁷⁰

I denne beskrivelsen er fokuset rettet mot byggskader i klimaskjermen og mot problemene med vinduene som ble knust.

Konstruksjonen i John Hancock Tower er det som her kalles flettverks-konstruksjon med en påhengt klimaskjerm bygget opp av glassruter og metallprofiler. Det estetiske idealet er high-tech modernisme, der inspirasjonen hentes i samtidens amerikanske stål- og glassarkitektur, og ikke minst Mies Van Der Rohe. Arkitektens ide var å forme et høyreist og verdig modernistisk byggverk, som skulle bli byens nye symbol på velstand og fremskritt, samtidig som den eldre bebyggelsen ble fremhevet ved å la den få lov til å speile seg i de glitrende og sømløse glassfasadene.⁷¹ Den eldre bebyggelsen besto i hovedsak av hus laget av tilhugget stein og murstein. En avgjørende arkitektonisk effekt var det reflekterende glasset i fasaden.

I en slik glassarkitektur laget av ensartede elementer blir detaljene selvsagt viktige. Dette gjelder både for det estetiske uttrykket og den tekniske oppbyggingen som må tåle store påkjenninger fra naturkreftene. Årsaken til at glassrutene knustes og begynte å falle av bygget, ligger i detaljene. En av forskerne (Schwartz 2001), som fant årsaken til denne kostbare byggskaden, uttrykte det slik; "The Devil is in the

70. Se www.wikipedia.org/John Hancock Tower. Denne referanse sier at planen var at tårnet skulle koste USD 75 millioner, men kostet USD 175 millioner når det var ferdig bygget. Byggearbeidet ble også forsinket. Ferdigstillelsen var planlagt i 1971, men bygget ble ikke tatt i bruk før i 1976.

71. LaPierre, Scott / Boston.com (2012). An architect reflects on his masterpiece - The Boston Globe. [videofil med intervju med arkitekt Harry Cobb] Hentet, 16. Mai 2012, fra http://cache.boston.com/news/special/audio_slideshows/hancock/henry_cobb/

Detail“. Men hva er det i detaljene som forårsaker skadene?

Glassrutene i bygget ble i sin tid sett på som teknologisk og estetisk innovasjon innenfor bruken av glass, som fasademateriale i høyhus. Glassruten er bygget opp som isolerglass - på engelsk kalt “the lead-tape seal insulating unit” med speilingseffekt. Det spesielle med isolerrutene i John Hancock Tower var størrelsen. Hver rute er 1,35 meter i bredden og 3,45 meter i høyden, og på grunn av den store høyden, strekker hver rute seg fra etasje til etasje. Glassrutene veier omkring 225 kg. Hver isolerrute er 25,5 mm tykk, bygget opp av to glassplater som hver er 6,4 mm tykke og med 12,7 mm mellomrom laget av kantforsegling bygget opp av avstandslist av metall. Limet mellom glass og metallist er en svært sterk dobbeltsidig tape, som fungerer både som bindeledd og tetningslist. Speilingseffekten i rutene ble laget ved at en transparent film med innlagt sølvfarge ble limt til det ytre glasset. Kanten på isolerruten ble så forseglet med tynne metallplater. Vinduspuster er laget av tynne metallprofiler festet til konstruksjonen, som for det meste er av stål. Fasaden er uten åpningsvinduer, og bygget ventileres derfor ved hjelp av mekanisk ventilasjonssystem. Bygget måtte derfor være lufttett. Fuktsikring og lufttetting av klimaskjermen er utført med tetningslister og kitt, først og fremst i vinduskarmer.⁷²

På 1970-tallet var isolerglass med innebygget speiling det nyeste innen glassteknologi. De nye løsningene virket spennende for arkitekter med sans for innovativ modernistisk arkitektur. Men problemet med slike nye løsninger er at sikkerhetstesting og erfaring mangler. Det var dette som etter hvert viste seg å være tilfellet med glassrutene i John Hancock Tower. Glassrutene hadde en innebygget svakhet som lå i den måten isolerruten var laget. Det ser ut til at arkitekten ikke hadde kjennskap til denne svakheten. Vi skal se nærmere på svakheten, som lå i detaljene.

Schwartz (2001) og medarbeidere, som sammen utforsket byggskaden i glassrutene, fant ut hva som forårsaket brudd i glassrutene. Årsaken var at den dobbeltsidige tapen som limte sammen glassruten var for sterk, og at de andre materialene som isolerruten var laget av oppførte seg ulikt ved temperaturendringer, UV- stråling og under vindtrykk. Under slike omstendigheter oppstår det intern spenning, som til slutt førte til tretthet i glasset. Dette førte siden til at glasset sprakk, hovedsakelig ved sterk vintervind.

Det oppsto en rykteflom og spekulasjoner som varte i lang tid om årsakene til at glassrutene falt av bygget, spesielt etter at reparasjonsarbeidet startet. Store deler av tårnet ble kledd inn med mørke kryssfinerplater, som fikk folk til å kalle bygget; ”The Plywood Palace“, men også ”the world’s tallest plywood building”. Da forskerne

72. Schwartz (2001).

Dristige detaljer

hadde funnet ut hvor feilen lå, ble alle glassruter i bygget skiftet ut med nye. Men årsakene til rykteflommen og spekulasjoner var ikke uten grunn. Om dette sier arkitekturskribenten Robert Campbell.

There's a reason for all these myths, all this ignorance. Everybody involved in the Hancock drama -- owners, architects, engineers, suppliers, builders -- signed a legal pact to keep secret what really happened. Nobody talked then and nobody talks now. But over the years, through interviews with people who are knowledgeable but not legally constrained, it's been possible to piece together what really happened.⁷³

Campbell, som fikk den høyt aktede Pulitzer prisen for granskingsjournalistikk av byggeprosjektet, peker på et fenomen som ofte er til stede i ambisiøse byggeprosjekter der uheldige ting har oppstått; taushet iverksatt for å verne om faglige og økonomiske interesser. Samme fenomen finnes over alt i byggebransjen, der tilsvarende krefter verner om sine interesser.

Det er mer som kan læres av byggehistorien, og det gjelder forbindelsen mellom dristighet og farer. En av spesialistene som deltok i utbedringene, William Le Messurier, som arbeidet med å stabilisere konstruksjonen, ordla det slik:

Any time you depart from established practice, make ten times the effort, ten times the investigations. Especially on a very large-scale project.⁷⁴

Kloke råd kommer også fra Schwartz (2001), som sier at det som duger best i det viktige innovasjonsarbeidet, er tre ting; være forberedt på det uventede, god teknisk kunnskap og en passende porsjon sunn fornuft.

6.5.6. Kollaps av flyterminal 2E i Paris

Et annet byggskadeprosjekt av nyere dato der årsaken til byggskaden ligger i detaljene er Terminal 2E på Charles de Gaulle flyplassen i Paris som kollapset 23. mai 2004. Flere mennesker døde og flere ble alvorlig skadd i denne tragiske ulykken.⁷⁵ Hendelsen fant sted søndag morgen, da en 30 meter bred bit av det 650 meter lange taket falt ned i en ventesal. Dette kollapset ble omtalt i alle de viktigste internasjonale media, blant annet fordi man først trodde at dette var et terroristangrep. Før taket falt sammen hørte folk lyder som indikerte at noe var ved å bryte. Politifolk på vakt fikk folk til å evakuere ventesalen, noe som skal ha berget mange liv. Dessverre var noen av de døde de samme politifolkene.

73. Campbell, Robert (1995).

74. Levy og Salvadori (2002), se side 205. Det bemerkes at William Le Messurier er en velkjent sivilingeniør som satte opp spesielle typer støtdempere, kalt "Tuned Mass Damper" i Hancock-tårnet som stabiliserte bevegelser i konstruksjonen. Disse demperne fant han opp for et annet tårn, The Citicorp Tower i New York.

75. BBC-NEWS. (23 May, 2004). Paris airport roof collapse kills five. BBC NEWS. Hentet 18. august, 2011, fra <http://news.bbc.co.uk/2/hi/europe/3739715.stm>

Offentlig granskning av årsak og ansvar for katastrofen startet umiddelbart etterpå. Mye sto på spill for de franske myndighetene. Charles de Gaulle flyplassen var en av de største flyplassene i Europa og sikkerheten til passasjerene og ansatte var viktig. Den nye flyterminalen var den knapt 1 år gamle bygningen som ble tatt i bruk i juni 2003. Bygget hadde kostet 750 millioner euro. Terminal 2E er en del av et større byggkompleks på Charles de Gaulle, som eies og administreres av Aeroport de Paris (ADP), et foretak som den franske stat eier. Ulykken kom på et svært ugunstig tidspunkt for eieren som hadde planer om å privatisere flyplassen og selge bygningene. ADP-foretaket eier og driver ikke bare flyplassbygningen, men er også ansvarlig for design og utførelse av byggeprosjektet. Firmaet driver arkitekt-, ingeniør- og entreprenørvirksomhet, og tar hånd om alle ledd i prosjektering og bygging. Den franske stjernearkitekten Paul Andreu, som designet bygget, var ansatt hos ADP mens bygget ble prosjektert. Paul Andreu, som er født i 1938, har tegnet flere bygg på flyplassen i regi av ADP. Sitt første bygg tegnet han i 1967, en flyterminal på Charles de Gaulle, som stod ferdig i 1974.⁷⁶ Siden da har Andreu designet mange flyplasser og andre praktbygg rundt om kring i verden.

Terminal 2Es arkitektur kan defineres som high-tech modernisme. Formen er geometrisk og detaljene minimalistiske. Arkitekt Paul Andreu er en trofast tilhenger og utøver av den modernistiske designideologien og det omtalte ærlighetsprinsippet. Dette kommer klart til uttrykk i følgende sitat:

I am interested in attaining a sense of weightlessness and transparency and I strive to tackle all the details of construction with great precision and truthfulness.⁷⁷

Bygningsformen er et langstrakt ellipseformet rør som i tillegg er bøyd ut i fra midten, slik det vises på fig. 6.23. Formen minner om et fly både utvendig og innvendig. Den enkle formen og den presise og elegante materialbruken skaper assosiasjoner til en flyreise. Selv om formen er enkel, er den tekniske oppbyggingen av konstruksjonen svært komplisert. Der spiller formen, den knappe konstruksjonen og de minimalistiske detaljene en vesentlig rolle i de tekniske problemene som førte til at bygget brøt sammen.

Av tverrsnittet som vises på fig. 6.25., ser man hvordan konstruksjonen er bygget opp av to hovedlag, et ytre lag og et indre lag. Det indre laget utgjør den bærende konstruksjonen. Den er formet av 300 mm tykke betongelementer av eksponert betong. Disse elementene er perforert med store og små kvadratiske åpninger, som ses i fig. 6.24, et interiørfoto fra ventehallen. Det ytre laget, som utgjør klimaskjermen, er bygget opp av glassruter og metallplater båret av metallpilarer som er boltet fast i

76. Andreu, P. (2011). Paul Andreu architecte Paris Hentet 18. august 2011, fra <http://www.paul-andreu.com/>

77. Andreu, P. (2011).

betongelementene. Den ellipseformede konstruksjonen står høyt hevet over bakken på pilarer av betong. Ut ifra dette kan det hevdes at konstruksjonsprinsippet er en blanding av flettverk og solid konstruksjon.

I vurderingene av de tekniske svakhetene i konstruksjonen er det viktig å se på detaljene, der det ytre laget av glass kobles til de bærende betongelementene.



Fig. 6.23.
Tegning som viser Terminal 2E på Charles de Gaulle.
Kilde: Torres (2004), side 1.

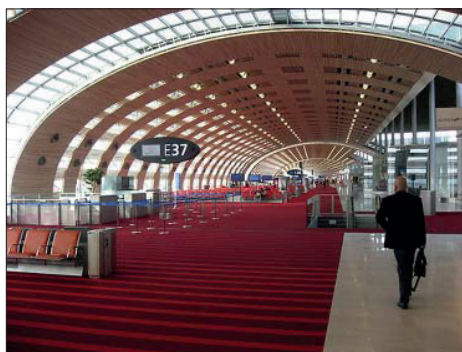


Fig. 6.24.
Interiør - foto fra ventesalen, som raste sammen.
Foto: Duncan C. (2008).

Avstanden mellom betongkonstruksjonen og det ytre laget varierer fra 1000 mm og ned til 200 mm. Mellomrommet er åpent og ventilert. Det er blitt påpekt at den ellipseformede betongkonstruksjonen er perforert med lysåpninger som gjør at dagslys strømmer inn i ventesalen og skaper et interessant rom og en estetisk opplevelse. Dette er også i samsvar med arkitektens intensjoner om å skape vektløs og transparent arkitektur i henhold til ærlighetsprinsippet. Det paradoksale er at årsaken til byggskadene delvis ligger i den samme utformingen, dvs. designkonseptet. Forskere som har analysert byggesaken har kommet til den konklusjonen at årsaken til kollapsen var ”design that had little margins of safety”.⁷⁸ De knappe sikkerhetsmarginene stammet i hovedsak fra to forhold. For det første var den konstruktive styrken i betonghvelvene meget svekket. Svakheten stammet fra at konstruksjonen var blitt så perforert av lysåpninger, og at det derfor ikke var plass til tilstrekkelig armering. For det andre ble betongkonstruksjon påført ekstra belastning fra de mange metallsøylene som ble festet til utsiden av betongelementene for å bære det ytre glasset. Det som økte påkjenningen i den overbelastede konstruksjonen og gjorde utslaget var “differential thermal and moisture movements”, mellom betong, metall og glass, som skapte ekstra påkjenning i materialene.⁷⁹

78. Ishak, Chohan & Ramly. (2007).

79. Wood, Jonathan G.M. (2005, March 1). “Paris airport terminal collapse: lessons for the future”. *The Structural Engineer*, 83(5), 13-14.

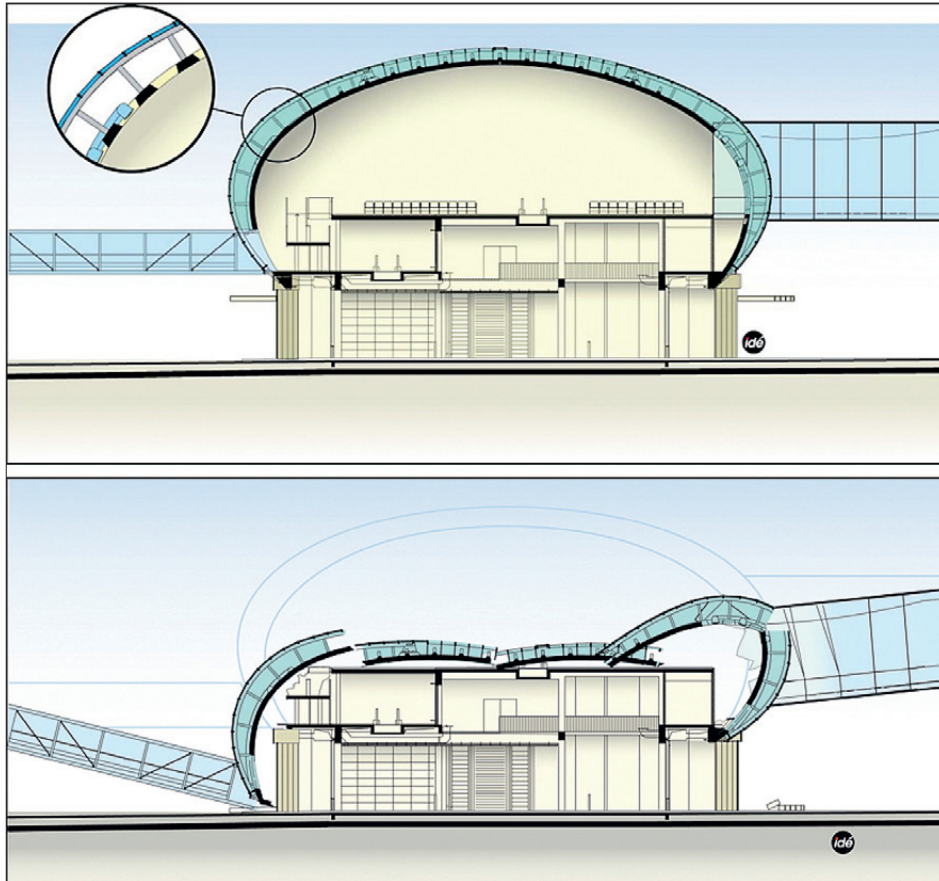


Fig. 6.25.
Snitt og detaljer av konstruksjonen og hvordan bygget raste sammen.
 Kilde: Torres (2004), side 11.

Ansvar for ulykken ble av en granskningskomité pålagt Aeroport de Paris (ADP), som sto ansvarlig for design, tilsyn og utførelse. Årsakene var knyttet til mangelfull prosjekteringsevaluering. I granskningsrapporten blir det hevdet at en evaluering av designet utført av fagfolk med tilstrekkelig kunnskap ville ha avslørt svakheten i konstruksjonen i designfasen. Deler av ansvaret ble lagt på mangelfull ledelse og tilsyn med utførelsen, der hovedaktøren ADP skulle føre tilsyn med eget arbeid. Arkitekten har forsvart seg offentlig og rettet blant annet skarp kritikk mot entreprenørens dårlig utførte arbeid, spesielt utførelsen av armeringen i betongkonstruksjonen.

For å bygge opp tillit, forebygge flere ulykker og sette en stopper for kritikken, bestemte myndighetene seg for å rive ned resten av Terminal 2E, og deretter sette opp

Dristige detaljer

et nytt bygg i stedet. Nybygget skal ha kostet rundt GBP 120 millioner.⁸⁰ Nybygget ble åpnet i mars 2008 og er av glass, stål og betong, men ser tradisjonelt ut i forhold til det innovative bygget som ble fjernet.

Lærdommen som kan dras av denne sørgelige byggskaden er følgende. Byggskaden stammer delvis fra det dristige og sofistikerte designet, som ikke tok med i kalkuleringen de nødvendige sikkerhetsmarginene. I tillegg var det mangelfull evaluering av konstruksjon og detaljløsninger i en svært kompleks konstruksjon, som fulgte ærlighetsprinsippet. Et krevende spørsmål blir reist av Torres (2004) som påpeker et paradoks: til tross for kollapsen av Terminal 2E, blir arkitekten lovprist og tildelt store offentlige byggeoppdrag, blant annet et nytt operabygg i Beijing, som ble tatt i bruk i 2008.⁸¹

80. Airport de Gaulle. (15 August 2011). Paris-Charles de Gaulle Airport. Wikipedia. Hentet 18. august, 2011, fra http://en.wikipedia.org/wiki/Charles_de_Gaulle_International_Airport#cite_note-6

81. Torres, P. (2004). Case Study: The New Terminal 2E at Paris-Charles de Gaulle Airport. Hentet 15. september 2006, fra http://ardent.mit.edu/airports/ASP_exercises/ASP%20Torres%20CDG2ENew.pdf

6.6. Byggskader og økonomiske tap

En viktig del av det å studere byggskadebegrepet er å se på de økonomiske konsekvenser av byggskader. Ingvaldsen (1994) kom i sin analyse fram til at 5 % av årlige investeringskostnader til nybygg i norsk byggeindustri blir brukt til å utbedre byggskader. Dette er byggskader som utbedres etter at en bygning er blitt ferdigstilt og levert til en tiltakshaver. I tillegg blir 5 % av investeringskostnadene brukt på byggskader som blir oppdaget i byggeprosessen og utbedret før overlevering. På grunnlag av dette hevdes det at 10 % av de årlige investeringskostnadene i norsk byggeindustri går til å utbedre byggskader på nybygg. Fig. 6.26. viser hvordan Ingvaldsen vurderer omfanget av byggskader i norsk byggeindustri.

Med en årlig bygginvestering på NOK 130 milliarder i 2003, antas det at NOK 13 milliarder, dvs. 10 % av investeringskostnadene, brukes på utbedring av prosessforårsakede byggskader.⁸²

Disse tallene har blitt brukt som grunnlag for diskusjon av tiltak til å redusere byggskader i Norge. Men tallene har blitt kritisert for å være for høye. Ingvaldsen (2008) har i nyere publikasjoner presentert noe lavere tall enn tidligere. Ordrett sier han dette:

Vår konklusjon er at utbedring av prosessforårsakede byggskader i gjennomsnitt og beregningsmessig koster 4 % +/- 2 prosentpoeng av byggevirksomhetens netto produksjonsverdi. For å ha sagt tydelig fra om den data- og metodemessige usikkerhet som er knyttet til de gjennomførte arbeider, og den betydelige variasjonen det synes å være både fra prosjekt til prosjekt, byggtipe til byggtipe og firma til firma, anbefaler man at størrelsen på omfanget av prosessforårsakede byggskader, målt som utbedringskostnader på overleverte/overtatte bygg, angis som 2 – 6 % av netto produksjonsverdi.⁸³

Med kostnader for utbedringer av byggskader på 2 – 6 % av netto produksjonsverdi, samsvarer dette bra med undersøkelser av Josephson og Hammarlund (1998) i Sverige på 1990-tallet. De hevdet at det årlige omfanget av byggskader i svensk byggeindustri lå imellom 3 % - 7 % av produksjonsverdien.⁸⁴ Resultatet av tilsvarende undersøkelser i andre europeiske land, tyder på at skadeomfanget andre steder ligger på tilsvarende nivå.⁸⁵

Men hvordan er situasjon i de enkelte byggeprosjekter? Kan dette tallgrunnlaget brukes som en mal for hva man kan forvente av byggskader i enkelte byggeprosjekter?

82. Kvande og Lisø (2006).

83. Ingvaldsen (2008), se side 4.

84. Josephson og Hammarlund, (1998).

85. Kvande og Lisø (2006) se side 2, punkt 211.

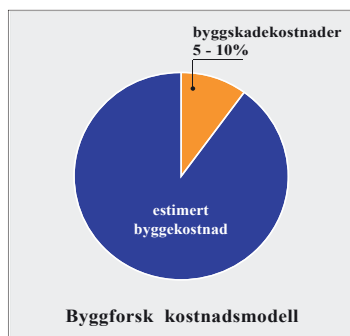


Fig. 6.26.
Diagram viser hvordan Ingvaldsen (1994) vurderte omfanget av byggskadekostnader i norsk byggeindustri.

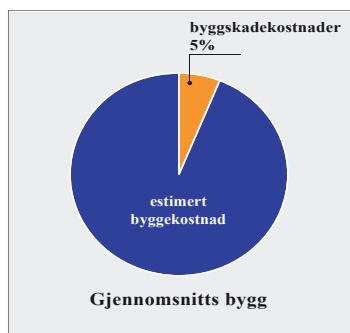


Fig. 6.27.
Diagram som viser antatte byggskader i et gjennomsnitt bygg.

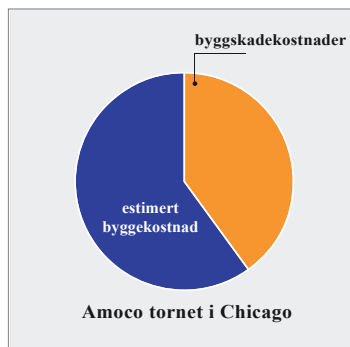


Fig. 6.28.
Diagrammet viser utbedringskostnadene og estimerte byggekostnader ved ferdigstilling av Amocotårnet.

I henhold til Ingvaldsen (2008) må man i en slik vurdering være klar over at det er store variasjoner fra prosjekt til prosjekt og bygningstype til bygningstype. Enkelte byggeprosjekt leveres antageligvis skadefrie, mens andre har flere byggskader.

Med bakgrunn i de norske og svenske undersøkelsene, kan en anta at i et gjennomsnitts byggeprosjekt går om kring 4-5 % av nyinvesteringen til å utbedre feil og mangler. Diagrammet (fig.6.27.) viser en slik antagelse og er tenkt som utgangspunkt for diskusjon om de økonomiske konsekvenser av byggskader. Innovative og ekstreme byggeprosjekter tilsvarer ikke gjennomsnittet. Eksempler på det er John Hancock Tower i Boston og Terminal 2E i Paris.

For John Hancock-tårnet var estimerte byggekostnader omkring USD 75 millioner, mens de endelige byggekostnadene ble antatt å ha vært USD 175 millioner. Størsteparten av det bygget kostet over estimatet gikk til utbedringer av de omtalte byggskadene.

John Hancock-eksemplet viser at omfanget og kostnadene ved byggskader henger sammen med byggets størrelse, men også det estetiske og tekniske ambisjonsnivået. En viktig faktor er kompleksiteten, og det at hvis byggefeilen ligger i arkitektonisk og konstruktivt viktige detaljer, som det er mange av i dette høyhuset, så blir det store kostnader når alle skadene skal utbedres. Andre eksempler antyder den samme tendensen, at de ekstra kostnadene som går til utbedringer av byggskader er knyttet til kompleksitet og ambisjonsnivå, og har en tendens til å stige kraftig hvis bygget er stort.

I tilfellet Terminal 2E på flyplassen i Paris, kan det argumenteres for at skadekostnadene består av det bygget kostet da det var ferdigbygget første gang, og de kostnadene som gikk med til å rive bygget,

og kostnadene som gikk til å bygge et nytt bygg. Kan byggskadekostnadene bli noe høyere enn dette?

Til å vise ytterligere de sammensatte og mangesidige forholdene rundt økonomi og byggskader, tas til slutt med et kjent eksempel, Amoco-bygningen i Chicago fra 1980-tallet (nå Aon Centre). Huset ble designet av stjernearkitekten Edward Durell Stone, den samme arkitekten som tegnet Museum of Modern Art i New York.⁸⁵ Dette bygget er blitt beskrevet av Levy og Salvadori (2002) i en inngående analyse av sambandet mellom store utbedringskostnader som kan knyttes til defekte detaljer og materialvalg i klimaskjermen. Amoco-tårnet er 346 meter høyt og har alt i alt 330 000 kvadratmeter gulvflate. Tårnet er kledd med italiensk Carrara marmor, av samme type som ble brukt på det nye operahuset i Oslo. Men det gikk ikke mange år før driftspersonalet begynte å legge merke til at deler av marmorkledningen var begynt å bøye seg ut fra opprinnelig posisjon. En del år senere ble det påvist at kledningen hadde mistet mye av sin opprinnelige styrke. I samsvar med sikkerhetsregler i amerikansk bygningslov, ble det gitt ordre om å bytte ut marmorkledningen og utbedre systemet som holdt oppe fasadeelementene. Byggekostnadene ved ferdigstillingen var USD 120 millioner. Utbedringer som ble utført på klimaskjermen kostet omkring USD 80 millioner på 1990-tallet.⁸⁶ Diagrammet (fig. 6.28.) viser kostnader ved utbedring av byggskader som prosentvis andel av de totale byggekostnadene.

En annen metode for å minske omfanget av byggskader er Haugestads (1997) ”kvalitetskurve” som ble introdusert i kapittel 1.1. I følge Haugestad skal man kunne øke byggkvaliteten og minske omfanget av byggskader ved å bruke større andel av byggekostnadene på forberedelser og prosjektering. Haugestads kvalitetskurve beskriver at det er sammenheng mellom penger brukt til planlegging og prosjektering og den totale summen brukt på utbedringer av byggskader. Om kurven beskriver faktiske forhold er det vanskelig å si. Funn i dette forskningsprosjektet indikerer i hvert fall at det ikke er direkte sammenheng mellom penger brukt til prosjektering og omfanget av byggskader. Men for å få ”kvalitetskurven” til Haugestad (1997) verifisert, må det utføres omfattende statistiske studier på et stort antall prosjekter fra flere land.

6.7. Avsluttende kommentarer

Byggskader i innovativ modernistisk arkitektur omfatter tekniske problemer i klimaskjermen og innemiljøproblemer. Samlet sett er fukt og uønsket fukttransport de fenomenene som forårsaker de fleste byggskadene (Lisø 2006 og Douglas 2007).

86. Hatje (1963).

87. Amocobygget. (4. august 2011). Aon Center Wikipedia Hentet 18. august, 2011, fra [http://en.wikipedia.org/wiki/Aon_Center_\(Chicago\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Aon_Center_(Chicago))

Dristige detaljer

Begrepet designforårsakede byggskader er i denne avhandlingen definert som byggskader som er forårsaket av et arbeid som en beslutningstaker og/eller en designer har utført eller unnlatt å utføre. Størsteparten av disse byggskadene kan heftes til klimaskjermen: uheldig formgivning, materialvalg og mangelfull detaljering i forhold til den lokale klimapåkjenningen.

I følge Houghton-Evans (2005) stammer de fleste byggskader fra en blanding av dårlig kommunikasjon, økonomiske besparelser og tidsmangel. Andre referanser (Ochshorn 2006) påpeker at designforårsakede byggskader i en klimaskjerm stammer fra kunnskapsoppspalting mellom arkitekter og ingeniører, og at deler av årsaken ligger på arkitektens fokus på estetisk formgivning og manglende interesse for den tekniske prosjekteringen. Burke (2009) påpeker generell kunnskapsmangel i byggeindustrien om bygningsfysikk som ikke blir tatt hand om av en fagansvarlig. I tillegg er byggherrer ikke villig til å betale for bygningsfysisk ekspertise, fordi de tror at det blir tatt hand om av arkitekten eller andre teknisk rådgivere.

Houghton-Evans (2005) påpeker viktigheten av robust prosjekteringsstrategi som tar med overveielser av designløsninger, og de mange uforutsette hendelser som kan oppstå i utførelsesprosessen. En del av den robuste prosjekteringsstrategien er å velge byggematerialer og byggekomponenter som tåler en viss påkjenning, men også å legge forholdene til rette for utskiftninger og vedlikehold i brukerfasen. Underlagt denne strategien er det å prosjektere nybygg slik at de tåler naturlig aldring bedre enn bygg designet etter den modernistiske designideologi.

Gjennomgåelsen av historiske kilder viser at kunnskap om byggskader har eksistert lenge. Eksempel på det er problemer på grunn av muggsopp som omtales i III. Mosebok. Lovverk satt til å hindre byggskader er heller ikke noen ny oppfinnelse, som Hammurabis lover er et bevis på. Sagnet om Babels tårnet viser at byggetekniske problemer kan oppstå ved store ambisjoner og dristig formgivning som ikke tar hensyn til naturkreftene. Samme fenomener kan oppstå ved eksempler på dristig innovative modernistisk arkitektur, som er blitt drøftet i denne avhandlingen.

Byggskader har store økonomiske konsekvenser. I gjennomsnitt går 4-5 % av nyinvesteringene i et byggeprosjekt til å utbedre feil og mangler. I innovative byggeprosjekter kan mye større summer gå til utbedring av prosessforårsakede byggskader. Eksempel på det er utbedringen av John Hancock Tower i Boston, operahuset i Sydney, Amoco Building i Chicago og Terminal 2E på Charles de Gaulle i Paris.

Byggskader

Dristige detaljer

DEL III.

EKSEMPELSTUDIER

7. Eksempelstudier

I dette kapittel presenteres eksempelstudier av innovativ modernistiske arkitektur. Problemstillingen som utforsket er beskrevet i et diagram i fig. 7.1.1.

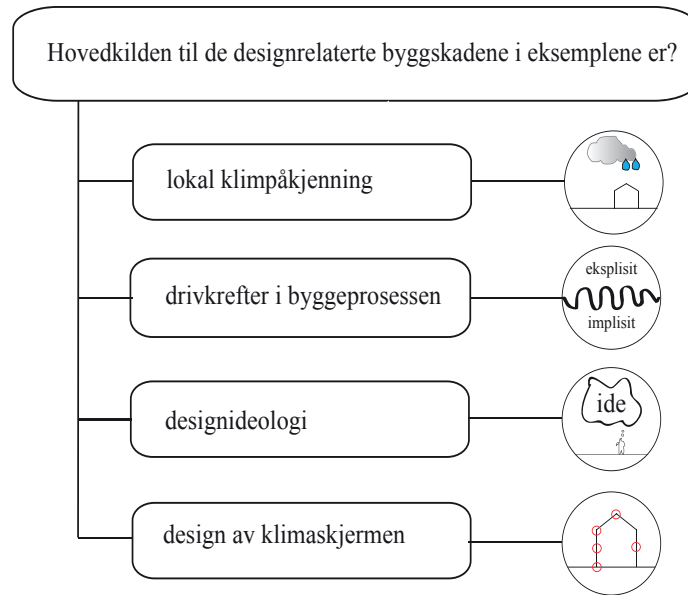


Fig. 7.1.1.

Diagram som viser problemstillingen. Spørsmålet er hva som er hovedårsaken til byggskader i eksemplene som utforskes. Gjennom delspørsmålene rettes fokuset mot fire problemområder; lokal klimapåkjenning, drivkrefter i byggeprosesser, designideologi og prosjekteringen av klimaskjermen. Hovedspørsmålet og delspørsmålene brukes i tillegg som strukturerende elementer og overskrifter for enkelte avsnitt i teksten der det fokuseres på de spesifikke problemområder. Det underliggende spørsmålet og det forfatteren er ute etter å få besvart, er om årsaken til byggskadene i de utvalgte eksempler har ulik opprinnelse, og om det finnes en hovedårsak og/eller et mønster, som kan stilles opp som forklaringsprinsipp.

7.1. Innledning

Før resultatet av eksempelstudiene presenteres bør det sies noen ord om forskningsfeltet, eksempeldatabanken og valget av de fire eksemplene som utdypes i kapitlet.

Forskningsfeltet

Forskningsfeltet er avgrenset og identifiseres gjennom begrepet innovativ modernistisk arkitektur. Dette er den nye arkitekturen som kom frem på 1920 tallet,

og skulle bryte med den tradisjonelle arkitekturen. Dette ble i stor grad gjort i gjennom innovasjon av nye former, metoder og materialer som skulle erstatte den gamle og utgåtte tradisjonen. Fremtredende elementer og designprinsipper som er blitt påpekt er ærlighetsprinsippet, den ornamentløse arkitekturen og det flate taket. Disse prinsippene representerer på en måte kjernen i modernistisk designfilosofi sammen med ideen om arkitekten som kreativ kunstner som dyrker det individuelle uttrykket.

Det bør presiseres at i begynnelsen var den nye arkitekturen isolert til en liten avantgarde-kultur, hovedsakelig i Europa. Men etter hvert fikk den større oppmerksomhet og innflytelse. En viktig milepæl i denne utviklingen var da lederne for den innovative modernistiske arkitekturen i Europa emigrerte til USA og ble retningsgivende i undervisning på sentrale arkitektskoler. Dette påvirket siden undervisningen på andre arkitektskoler, og førte etter hver til at den modernistiske designideologien ble den dominerende ideologien i debatten og undervisningen på arkitektskoler verden over. Det så ikke ut til å påvirke denne utviklingen stort at nybygg designet etter de modernistiske designprinsippene siden 1920-tallet har hatt en tendens til å utvikle prosessforårsakede byggskader i klimaskjermen tidlig i levetiden. Forskningsfeltet som studeres i dette arbeid er derfor satt sammen av eksempler på modernistisk arkitektur fra perioden tidlig på 1920 tallet og til dagens dato, som har det til felles at de er designet i henhold til de omtalte designprinsipper og har utviklet byggskader i klimaskjermen tidlig i levetiden.

Eksempeldatabanken

I utforskningen av forskningsfeltet er det blitt bygget opp en større empirisk databank. Denne eksempeldatabanken inneholder i dag informasjon om 72 eksempler på innovativ modernistisk arkitektur fra hele verden, som alle har det til felles å være rammet av byggskader. Det må også presiseres at i begynnelsen av forskningsarbeidet var planen ikke å bygge opp en så omfattende databank. På et tidspunkt i prosessen var strategien å samle informasjon om nye lokale/nordiske byggprosjekter som hadde byggskader. En forutsetning var at bygningene var lett tilgjengelige for utforskning, og at aktørene var villig til å bidra med informasjon om byggeprosjektet. I denne sammenhengen ble handplukkede profesjonelle byggherrer både i Norge og Island kontaktet. Bak denne strategien lå en vurdering om hva som var praktisk og økonomisk gjennomførbart innenfor forskningsprosjektets rammer. På grunn av hindringer som etter hvert dukket opp i utforskningen av de lokale/nordiske byggeprosjekter, som er blitt beskrevet i kapitel 2, ble forfatteren nødt til å endre kurs og forsøke å finne på alternative datakilder. En slik kilde var publiserte artikler og bøker om innovativ modernistisk arkitektur plaget av byggskader. Til å begynne med ble det funnet lite med nyttige referanser som omtalte dette problemområdet. Men etter at søkemetodene ble endret og forfatteren kom i kontakt

med informasjonskanaler som omtalte utbedringer av modernistisk arkitektur, dukket det opp mange interessante referanser. En annen informasjonskilde som etter hvert ble nyttig, var omtaler i media om nye byggeprosjekter plaget av byggskader. Disse omtalene omfatter både lokale og internasjonale byggeprosjekter. Med bakgrunn i dette presiseres det at informasjonen i eksempeldatabanken stammer fra tre kilder; profesjonelle byggherrer, fagpublikasjoner og media. Informasjon om enkelte eksempler stammer i flere tilfeller fra mer enn en informasjonskilde. Det gjelder for tre av eksemplene som beskrives i kapitlet; Fallingwater, Dragvoll universitetssenter og Moholt krematorium.

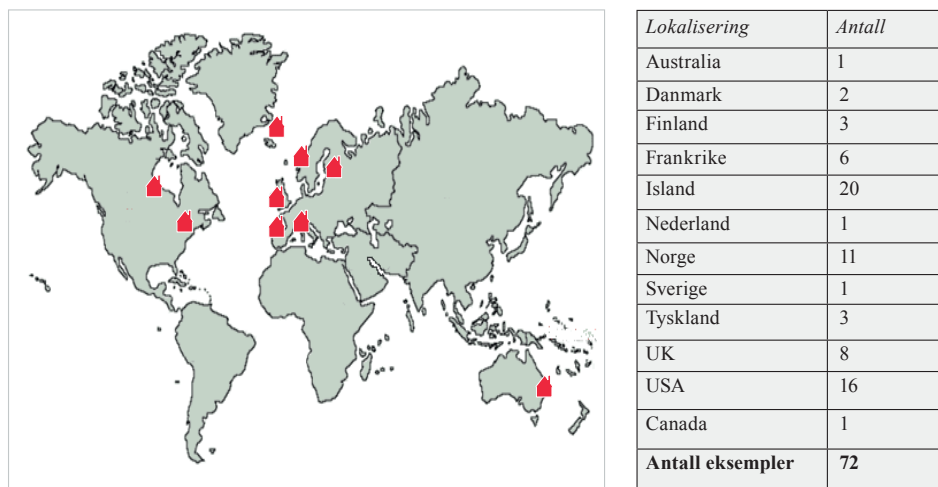


Fig 7.1.2

Verdenskart og liste som viser en oversikt over de eksempler på innovativ modernistisk arkitektur med byggskader som finnes i eksempeldatabanken. Det påpekes at størsteparten av eksemplene er lokale/nordiske byggeprosjekter fra Island og Norge, der kandidaten har arbeidet i forskningsperioden. Flere eksempler stammer fra USA og UK som faller under kategorien kjente internasjonale byggeprosjekter.

For å lage et klart bilde inndeles eksempeldatabanken i to hovedkategorier i henhold til hvor informasjonen stammer fra og hva slags eksempler det gjelder. I første kategori er kjente internasjonale byggeprosjekter. Her er kildene publiserte artikler/bøker og omtaler i internasjonale media. I den andre kategorien er lokale/nordiske byggeprosjekter. Her er data en blanding av informasjon fra lokale byggherrer, omtaler i media/fagtidsskrifter og informasjon samlet av forfatteren. Illustrasjonen (fig 7.1.2.) viser en oversikt over geografisk spredning og antall eksempler i hvert land.

Eksemplene i databanken er blitt klassifisert i henhold til NS 3457, som kategoriserer bygg etter funksjon. De største byggeprosjektene er kontorbygg på titalls etasjer og flere hundre tusen kvadratmeter fra USA. Eksempel på disse er John Hancock-tårnet i Boston. De minste bygningene er boligprosjekter, deriblant eneboliger og feriehus.

Dristige detaljer

Et eksempel på dette er Fallingwater, som beskrives senere. De fleste eksemplene i databanken tilhører kategorien kultur- og forskningsbygg. Dette er skolebygg, universitets- og laboratoriebygg, museum, bibliotek, idrettsbygg, kulturhus og bygg for religiøse aktiviteter. De fleste er i offentlig eie og derfor lett tilgjengelig og åpne for undersøkelse. Senere i kapitlet presenteres analyse av tre slike byggeprosjekter; to universitetsbygg og et krematorium.

Før eksempeldatabanken forlates, bør det understrekes at selv om utforskningen av de enkelte eksempler er blitt utført med kvalitative forskningsmetoder, utelukker det ikke at man anvender kvantitative analysemetoder på enkelte eksempler og databanken i sin helhet på et senere tidspunkt. Det gjelder både eksisterende informasjon og ny informasjon som blir føyet til ved senere tidspunkt. Uten tvil vil en slik kvantitativ analyse med en utvidet eksempeldatabank kunne bli svært interessant for ytterligere forskning og utdypning av designforårsakede byggskader i fremtiden.

Fire eksempelstudier

De fire eksempelstudier som beskrives i dette kapitlet er Fallingwater, Dragvoll universitetssenter, Moholt krematorium og Hamar – Islands universitet. Fallingwater tilhører kategorien kjente internasjonale byggeprosjekter, og er verdensberømt for sin enestående arkitektur, men også etter hvert for de mange byggskadene og den omfattende utbedringsprosessen. Dragvoll universitetssenter ligger midt i mellom. Det er et lokalt universitetsbygg som har høstet internasjonal anerkjennelse for sin arkitektur blant annet igjennom publikasjoner. Moholt krematorium er et lokalt/nordisk byggeprosjekt, som har blitt omtalt i fagpublikasjoner blant annet for kreativ formgivning. Hamar – Islands universitet er derimot av typen lokale/nordiske byggeprosjekter som verken er blitt omtalt i lokal media eller faglitteratur, og derfor er ukjent for publikum.

Argumentene for at akkurat disse fire byggeprosjekter blir plukket ut til utdypende undersøkelse er flere, men de viktigste er: De fire eksemplene representerer et mangfold som finnes i eksempeldatabanken. De er alle interessante eksempler på innovativ, modernistisk arkitektur fra perioden fra før den andre verdenskrigen og frem til begynnelsen av det 21. århundret. Denne store aldersspredningen som tar nesten to tredeler av et århundre skaper mulighet til å undersøke de samme problemene i bygg av ulik alder. Et annet viktig argument for å velge så ulike byggeprosjekter, er det som ligger i den geografiske plasseringen og de ulike lokale klimapåkjenningene som følger av dette. Det tredje argumentet er at de ulike byggeprosessene byr på enestående muligheter til å studere i dybden hvordan forskjellige prosessuelle drivkrefter påvirker utviklingen av byggskader. Det fjerde argumentet for valget av akkurat disse fire eksemplene, er muligheten som ligger i å studere sammenhengen mellom forskjellige konstruksjonsprinsipper og byggskader. To av

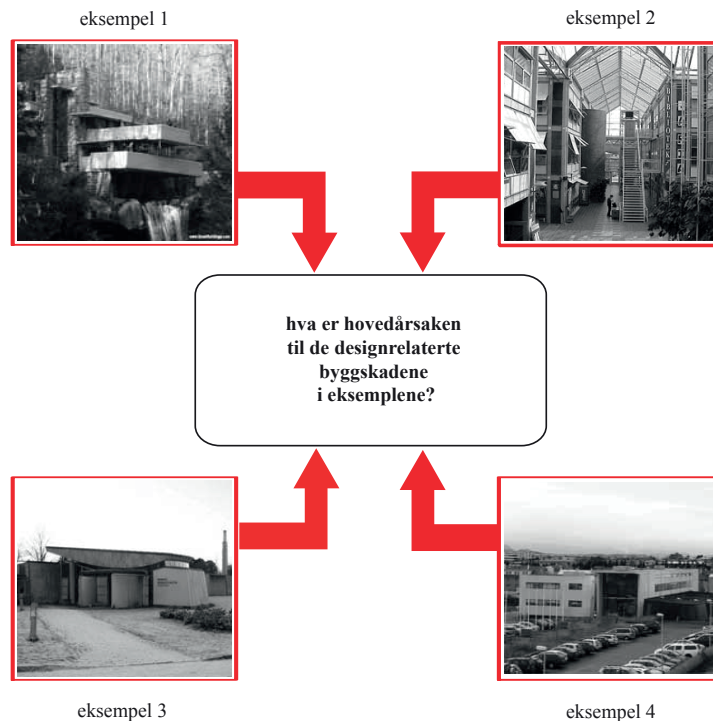


Fig. 7.1.3.

Illustrasjonen viser analysekonseptet, der det letes etter de samme fenomenene i alle eksemplene. Beskrivelsen av eksemplene er bygget opp likt for å gjøre sammenlikninger mulig. Fallingwater er det mest kjente bygget og meget godt dokumentert. Det danner også fundamentet i analysen. Hamar universitetsbygg derimot er et ungt og ukjent bygg, som i hovedsak ble brukt til å utvikle metoder og teorier. Universitetet på Dragvoll og Moholt krematorium danner bindeledd mellom disse to, begge publiserte byggeprosjekter med registrerte byggskader.

byggverkene tilhører kategorien solide konstruksjoner, ett er en flettverkskonstruksjon og ett er en blanding av begge prinsipper. Det femte argumentet er utseendemessige ulikheter til de fire eksemplene, som byr på muligheter til å studere sammenhengen mellom det estetiske uttrykket og byggskader. Det viktigste argumentet for at akkurat disse fire eksemplene ble valgt ut til dybdestudie, var tilgang på informasjon både om byggskader, byggeprosesser og ikke minst designen av de ulike klimaskjermene. I tre av eksemplene fikk forfatteren adgang til rikt, originalt tegningsmateriale, både hovedtegninger og detaljtegninger av klimaskjermen. I ett av eksemplene, Fallingwater, forelå det omfattende dokumentasjon av byggverket igjennom publiserte referanser. Dette bakgrunnsmateriale gjorde det praktisk mulig å gjennomføre de omfattende og detaljerte studiene av de ulike klimaskjermene som er presentert i kapitlet.

Dristige detaljer

Selv om eksemplene er ulike i form, funksjon og byggeteknikk, har de flere ting til felles ved nærmere ettersyn. Blant disse er likheter i materialbruk og detaljer. Eksempel på det er at alle byggene er tegnet i henhold til det omtalte ærlighetsprinsippet og er uten ornamenter i klimaskjermen. De har også alle flate tak. På grunnlag av likheter og ulikheter blir det så mulig å ta opp til drøfting et vidt spektrum at arkitektoniske problemstillinger, samtidig som spissfokuset på sammenhengen mellom prosjektering, klimapåkjenning og byggskader opprettholdes.

Presentasjonen av eksemplene er bygget opp likt og i henhold til delspørsmålene som illustreres i fig. 7.1.1. Først beskrives eksemplet i korte trekk, der hensikten er å evaluere designet, etterfulgt av en kort redegjørelse for klimapåkjenningen på stedet. I et lengre avsnitt analyseres drivkrefter i byggeprosessen, som har innvirket på utviklingen av designet og senere byggskadene. Hovedtyngden i analysen er på detaljer i klimaskjermen. Prosjektet klimaskjerm presenteres med detaljer, som er tegnet etter originale detaljer, der målet er å avdekke de defekte detaljene og finne årsaken til de byggetekniske bristene som har forårsaket byggskadene. Hvert enkelt eksempel avsluttes med en kort oppsummering og refleksjon over det som har kommet fram. Kapitelet avsluttes så med en kort sammenfatning.

7.2. Fallingwater



Fig 7.2.1

*Fallingwater, ett av Frank Lloyd Wrights mest kjente byggverk. Huset er bygget opp av tre byggelementer; - utkragninger av betong, vegger av naturstein og glass.
Foto: Helge Solberg - Privat fotoarkiv.*

7.2.1. Innledning

Hvorfor dette bygget?

Fallingwater ble designet og bygget som en fjellhytte eller landsted, i tidsperioden 1935 til 1939. I dag er huset fredet og brukes som museum over arkitekten og byggherren. Huset er lokalisert i et fjellområde i sydvestlige del av Pennsylvania, USA.

Fallingwater blir tatt med i denne undersøkelsen som et godt eksempel på dristig og innovativ, modernistisk arkitektur, fra en av de store arkitektene i det 20. århundret. Huset var fra første stund plaget av alvorlige byggskader, som i stor grad skyldes konseptet og designen av detaljer. Plasseringen i et særskilt fuktutsatt miljø er interessant i forhold til undersøkelsen av sammenhengen mellom klima, design og byggskader. Byggeprosjektet er godt dokumentert igjennom utallige publikasjoner som drøfter byggskader og utbedringer av modernistisk arkitektur. Eksempelstudiet danner på den måten fundamentet i drøftelsen av forskningstemaet forholdet mellom klimapåkjenning, dristig design og byggskader.

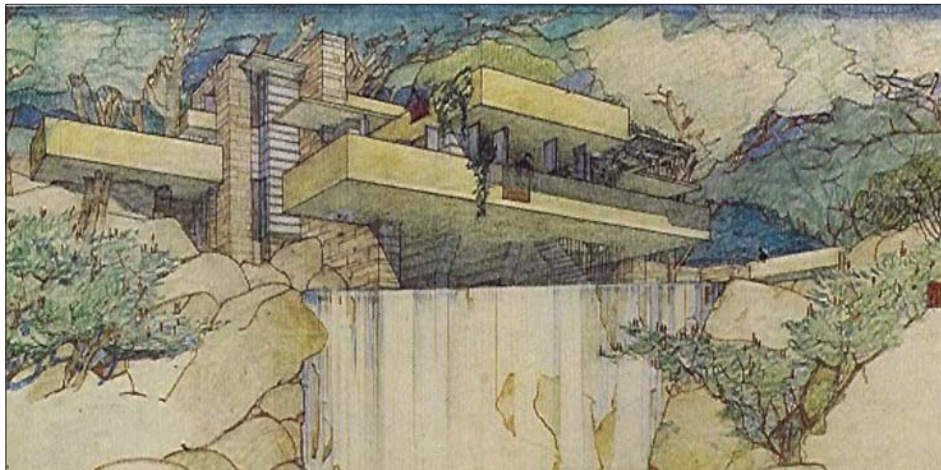


Fig 7.2.2. v

Perspektivtegning av huset fra sydvest og nedenifra fossen. Denne perspektivtegningen er en av de første tegningene som Wright og hans lærlinger produserte. Det er en utbredt oppfatning, som i hovedsak stammer fra lærlingene til Wright, at han designet bygget på mindre en tre timer.

Kilde: Friedland og Zellman (2006), side 338 -339.

Hvordan undersøkelsen ble utført

Forskningsmaterialet stammer i hovedsak fra publisert litteratur. Det finnes store mengder litteratur om bygget. For det første er det vanlig arkitekturlitteratur, som beskriver bygget i vakre bilder, tegninger og tekst. En del bøker beskriver byggets historie. Disse har vært viktige i kartleggingen av prosessen. Her nevnes spesielt

Hoffmann (1978), som beskriver husets tilblivelse.¹ En annen viktig kilde er Toker (2003) som beskriver husets historie fram til begynnelsen av det 21. århundre.² Den viktigste gruppen kildemateriale er nyere artikler som omhandler forskning og utbedringer av byggskader. Der danner to artikler grunnlaget, den ene ble publisert i 2001 når utbedringene var godt i gang.³ Den andre artikkelen er fra 2006 når utbedringene var ferdige.⁴ En ny dokumentarfilm; *Saving Fallingwater* som handler om den omfattende bergingsaksjonen som ble avsluttet for få år siden, gir også verdifull innsikt.⁵ Ikke minst har boken *The Fellowship: the untold story of Frank Lloyd Wright & the Taliesin Fellowship*, blitt verdifull i undersøkelsen av tilblivelsesprosessen og de drivkrefter som påvirket arkitekten og de andre aktørene.⁶ I tillegg til dette ble byggets forvalter Western Pennsylvania Conservancy og rådgiver som arbeidet med utbedringer, kontaktet med skriftlig forespørsel.

En viktig del av undersøkelsen har vært å studere originale detaljer og de utbedringene som er blitt utført. Dette ble gjort ved at sentrale detaljer ble tegnet opp ved hjelp av CAD-programmer, til bruk i utforskning og presentasjon. I dette arbeidet har kildene vært publiserte tegninger, beskrivelser og fotografier. Det bør påpekes at forfatteren ikke har besøkt Fallingwater. Grunnen til det er først og fremst begrensede økonomiske midler til rådighet i forskningsprosessen.

7.2.2. Design og byggeteknikk

Designidealer, form og funksjon

Fallingwater tilhører det som er kalt organisk arkitektur, og er en underkategori av modernismen. Dette er en designfilosofi som var Wrights egen definisjon, og bygde blant annet på å bruke lokale byggematerialer og hans grunnleggende ide om å "ødelegge boksen" (destroy the box).⁷ En del av designfilosofien var å la utkragede konstruksjoner skyte ut i det fri å la tregreiner som skyter ut fra en trestamme.⁸ Inspirasjonen søkes til naturen og i Wrights egen arkitektur, spesielt hans eget hus i Taliesin Spring Green i Wisconsin. Klare forbindelser er det også til den tidsaktuelle modernismen, dvs, De Stijl og Bauhaus, som i sin tid hadde søkt inspirasjon

-
1. Hoffmann, D. (1978). *Frank Lloyd Wright's Fallingwater: the house and its history* / by Donald Hoffmann, with an introduction by Edgar Kaufmann, jr. New York: Dover Publications.
 2. Toker, F. (2003). *Fallingwater rising: Frank Lloyd Wright, E.J. Kaufmann and America's most extraordinary house*. New York: Alfred A. Knopf.
 3. Weiss, N., Jerome, P., & Gottlieb, S. (2001). *Fallingwater Part 1: Materials-Conservation Efforts at Frank Lloyd Wright's Masterpiece*. APT bulletin, 32(4), 44-55.
 4. Jerome, P., Weiss, N., & Ephron, H. (2006). *Fallingwater Part 2: Materials-Conservation Efforts at Frank Lloyd Wright's Masterpiece*. APT bulletin, 37(2/3), 3-11.
 5. Love, K. (Writer). (2006). *Saving Fallingwater*. [S.l.]: Kenneth A. Love International.
 6. Friedland, R., & Zellman, H. (2006). *The Fellowship: the untold story of Frank Lloyd Wright & the Taliesin Fellowship*. New York: Regan.
 7. WPC-Fallingwater. (2012). *The Architect. Frank Lloyd Wright 1967 - 1959*. Hentet 11.10. 2011, fra <http://www.wpconline.org/fallingwater/flw.htm>
 8. Tietz, Hoffmann & Meuser (2000), se side 114.

til Wrights arkitektur. Et viktig bygg i denne sammenheng er Richard Neutra's Lovell House i nærheten av Los Angeles fra 1929.⁹ Dette bygget har dristige utkragninger nettopp av armert betong. Det var byggherren Edgar Kaufmann som foreslo for Wright at han skulle søke inspirasjon i Lovell House, som av mange arkitekter ble betraktet som et meget innovativt bygg på 1930 tallet.¹⁰ Men det var ikke lett, fordi Wright hadde et ambivalent forhold til Neutra, en tidligere ansatt på tegnestuen på Taliesin, som hadde utfordret mesteren på flere områder. Men etter som misjonen med Fallingwater var å slå "the Internationalists at their own game" og dermed komme på toppen igjen, ble Wright nødt til å lage et enda dristigere bygg i armert betong enn de europeiske avantgarde -garde arkitektene hadde gjort tidligere.¹¹



Fig. 7.2.3.
Grovt oppmurte vegger og glattpusset betong med avrundede kanter malt i lys farge.
Foto: Bolender, Ronald (2004).

Fallingwater er et komplekst byggeprosjekt, egentlig to hus; et hovedbygg og et gjestehus. Hovedbygget står tett ved elven, mens gjestehuset er plassert ovenfor i skråningen. Husene er bundet sammen med en overbygget gangsti og bru. Det viktigste arkitektoniske elementet er det horisontale utkragede taket, og takterrasser laget av armert betong med pusset og malt overflate. Disse stikker på solsiden av huset ut i det fri fra husets kjerne; høyreste veggskiver som er murt opp av grå sandsteinskiver. Disse to byggelementene uttrykker samtidig letthet og tyngde og står i kontrast med hverandre. Det tredje elementet er vindussystemet, bygget opp av tynne rødmalte profiler i stål med enkelt vindusglass. Konstruksjonen bindes så sammen med utsøkte detaljer; lite synlige sammenføyninger mellom de ulike byggematerialene

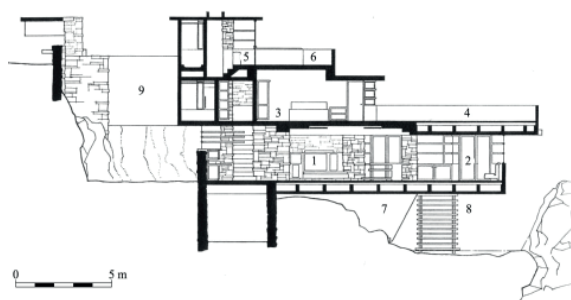


Fig 7.2.4.
Snitt i hovedbygget som illustrerer det konstruktive konseptet
1. stue,
2. stue terrasse,
3. soverom,
4. soveroms terrasse,
5. tredje etasje,
6. terrasse,
7. fundament,
8. trapp ned til elven,
9. bru over veien.
Kilde: McCarter (1994), side 54.

9. Weiss, Jerome & Gottlieb (2001), se side 45.

10. Friedland, R., & Zellman, H. (2006), se side 281.

11. Friedland, R., & Zellman, H. (2006), se side 282.

som delvis vokser inn i hverandre. En viktige detalj er de avrundede kanter på betongkonstruksjonen, se fig. 7.2.3. Denne detaljen gir konstruksjonen et monolittisk preg.

Hovedbygget er designet og bygget fra 1935 til 1937, og er i tre etasjer med en liten kjeller. Det er på rundt 400 m² brutto. Gjestehuset er designet og bygget fra 1938 til 1939. Det er i en og to etasjer, og er på omkring 330 m² brutto.¹²

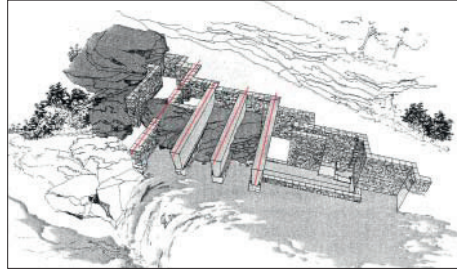


Fig 7.2.5.

Illustrasjonene viser fundamentene. Bærelinjene er merket med rødt. Tre av fundamentene er av armert betong og en av oppmurte sandsteinsblokker.

Kilde: Kaufmann, E. (1986), side 51.

Byggeteknikk

Hovedkonstruksjonen er svære utkragede betongkonstruksjoner. Utkragninger e kan sammenliknes med et springbrett med en fast ende og en i det fri. I Fallingwater er de største utkragningene i første og andre etasje på sørsiden av huset. I første etasje krager konstruksjonen ut 4,6 meter, mens i andre etasje 1,8 meter. Den store takterrassen i andre etasje bæres av utkragningen under. Til sammen er utkragningen på dette stedet 6.2 meter. Fundamentene er laget av veggskiver av sandsteinsblokker og armert betong som vises på fig. 7.2.5.

Hoveddragerne er 90 centimeter brede og 60 centimeter høye. Mindre betongdragere ligger imellom de store dragerne og lager et rammeverk som blir underlaget for gulvet. Gulvet er bygget opp av tredekke, tekkemateriale og skiferheller. Det er samme utførelse ute og inne. Under dette dragesystemet ligger et betongdekke, som blir den synlige delen av undersiden av konstruksjonen. Grunnen til denne utførelsen var at arkitekten ønsket, at konstruksjonen skulle få et monolittisk utseende. Denne utformingen med et tynt betongdekke i bunnen, har også en konstruktiv hensikt, nemlig å binde de store dragerne og de mindre tverrliggende dragerne sammen til en helhetlig konstruksjon.

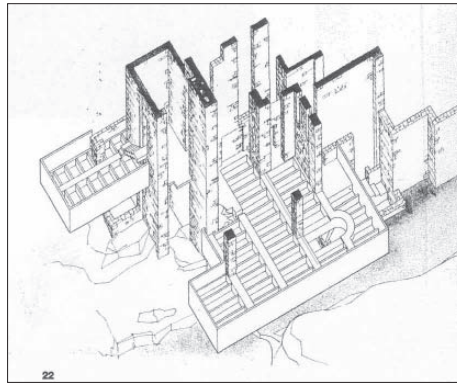


Fig. 7.2.6.

Illustrasjon som viser hovedbærelinjer i første etasje. Fire svære dragere er forankret i fundamentene og sandsteinskiven bærer utkragningen. Sekundær bæring ligger på tvers av hovedkonstruksjonen.

Kilde: McCarter (1994) side 12.

12. McCarter, R. (1994). Fallingwater: Frank Lloyd Wright. London: Phaidon.

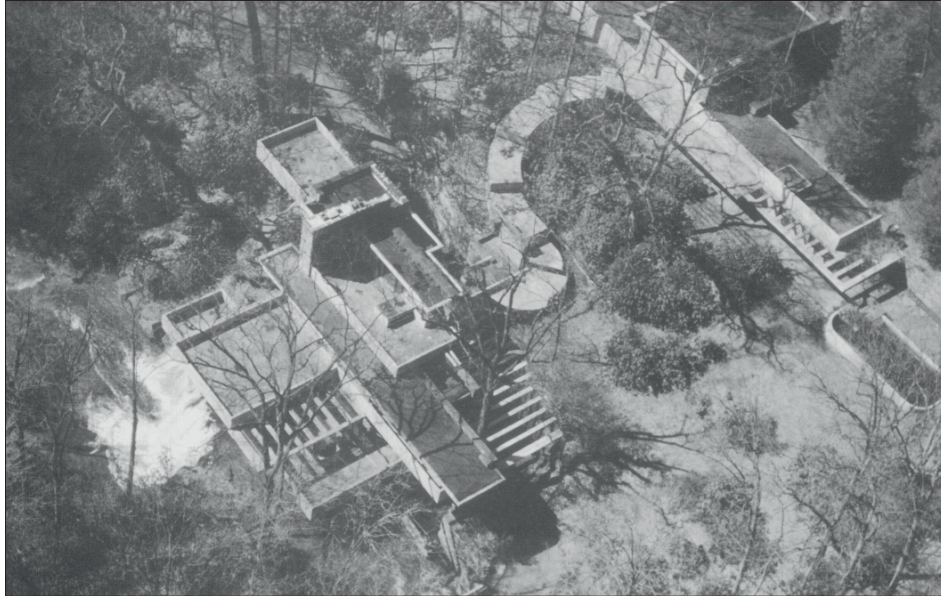


Fig 7.2.7.

Fallingwater sett fra luften. Fotoet viser de store flate takene og takterrassene. Det bemerkes hvor store takterrassene og takflatene er i forhold til husets brutto gulyflate.

Kilde: Weiss, N., Jerome, P., & Gottlieb, S. (2001), side 45. Foto: Paul Wiegman

En viktig del av husets konstruksjon, er de grove sandsteinsveggene. Sandsteinsveggene har to funksjoner. De er konstruktive festepunkter for utkragningen og lager avgrensninger til spesielle rom som toaletter, trapper og kjøkken. Av fotografier fra byggeprosessen ser det ut som disse veggene har en kjerne av betong med innlagt armering. De inngår i konstruksjonen og blir brukt som festepunkter for betongdekker og dragere. Steinene som brukes er grovt tilhugde sandsteinsblokker, tatt fra et brudd på tomten. Et kjennetegn er de store fugene og det grove relieffet veggene lager. Det er ikke isolasjon i disse veggene og heller ingen dampsperre. Ellers har bygget meget store takterrasser og flate tak, som både har en overside og underside, samt tilstøtende vegger. Oppbyggingen av klimaskjermen blir nærmere beskrevet i avsnittet om detaljer.

Refleksjoner over form og byggeteknikk

Fallingwater følger i alle hovedtrekk de modernistiske designprinsipper. Byggverket har referanser til Wrights egen arkitektur, og byggverk av andre avantgarde funksjonalister. Huset betraktes som et av de mest innovative byggeprosjekter i det 20. århundret. Konstruksjonen er svært dristig utformet og formen er meget komplisert. Ærlighetsprinsippet kommer klart og tydelig fram i formgivningen, materialvalget og de minimalistiske detaljene.

7.2.3. Miljø- og klimapåkjenninger

Fallingwater ligger i det sydvestlige hjørnet av delstaten Pennsylvania i USA, i landområdet som kalles Alleghenyfjellene. Karakteristisk for landskapet er vekslning mellom 300 – 900 meter høye fjell og frodige daler, der det ofte renner elver i bunnen av dalene. Store deler av området er tett bevoskt med skog.

Fallingwater er plassert i en skogkledd fjellside, i omtrent 430 meters høyde over havet, på nordsiden av den lille elven Bear Run.¹³ Frodig vegetasjon og store trær er det i området, og tomten er så tilgrodd at det er vanskelig å se huset fra luften. Byggegrunnen er sandsteinsfjell, og huset står på sandsteinsfjell tett ved elvebakken. Klimaet i denne delen av Pennsylvania preges av skiftende døgntemperaturer.¹⁴ Generelle trekk er at det blir kaldere og fuktigere etter som man kommer høyere opp i fjellene. Sommertemperaturen ligger i gjennomsnittet på omkring 20 °C, mens vintertemperaturen ligger på omkring 2 °C. I gjennomsnitt faller det ca. 1400 mm nedbør i året.¹⁵ Februar er den tørreste måneden, mens størsteparten av nedbøren faller vår og sommer. Et særpreg er tordenvær som kommer regelmessig om sommeren. Under slike forhold faller det store mengder regn på kort tid. Deler av nedbøren faller som snø og kan bli opp til flere meter

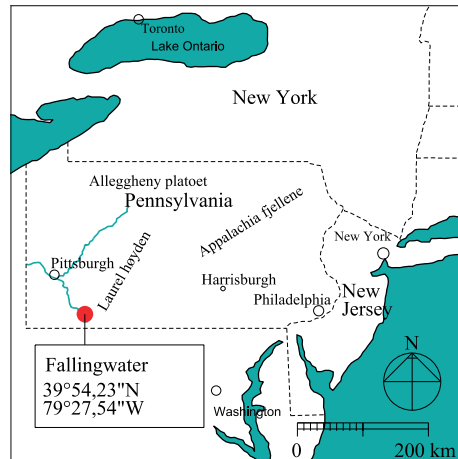


Fig 7.2.8.
Kartutsnitt som viser husets plassering, ut i fra GPS punkter.

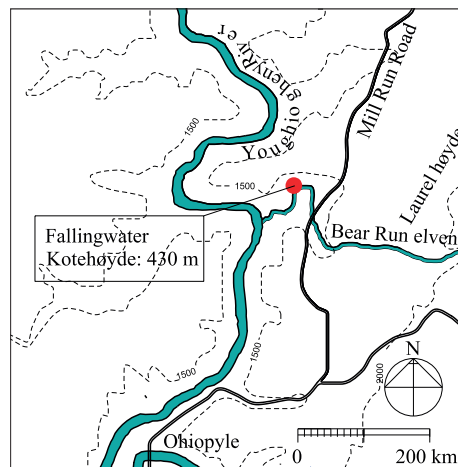


Fig 7.2.9.
Kartutsnitt av Mill Run området som viser plasseringen av huset.

13. Hoffmann, Donald (1987).

14. Climate-of-Pennsylvania. (2011, 14. august). Climate of Pennsylvania. Wikipedia Hentet 18. august, 2011, fra http://en.wikipedia.org/wiki/Climate_of_Pennsylvania.

15. Informasjon om nedbør på stedet er fått fra; NCDC. (2011). National Climatic Data Center Hentet 18. august 2011, fra <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/ncdc.html>.

dyp. Flommer kommer også regelmessig, mest i mars og april når det er kraftige regnskurer og snøsmelting. Den geologiske plasseringen og det lokale klimaet gjør at den største klimapåkjenningen er fukt, for det meste i form av nedbør. Vanndampen fra fossen skaper også store påkjenninger på klimaskjermen. Betydelige mengder vann renner også ned fjellsiden, oppe på den tette berggrunnen. Disse forholdene, sammen med variasjon i døgntemperaturen, skaper ekstra store påkjenninger på byggematerialer og bygningsdeler. Dette gjør at huset året rundt er under sterk fuktpåkjenning, og egentlig en mye større påkjenning enn det nedbørmengdene tilsier. Alt dette tatt i betraktning anses bygget for å være utsatt for store miljø- og klimapåkjenninger i henhold til definisjoner gjort i kapittel 4.

7.2.4. Byggeprosessen

Oversikt

I denne teksten blir det gjort rede for sentrale aktører og viktige hendelser i byggeprosessen.

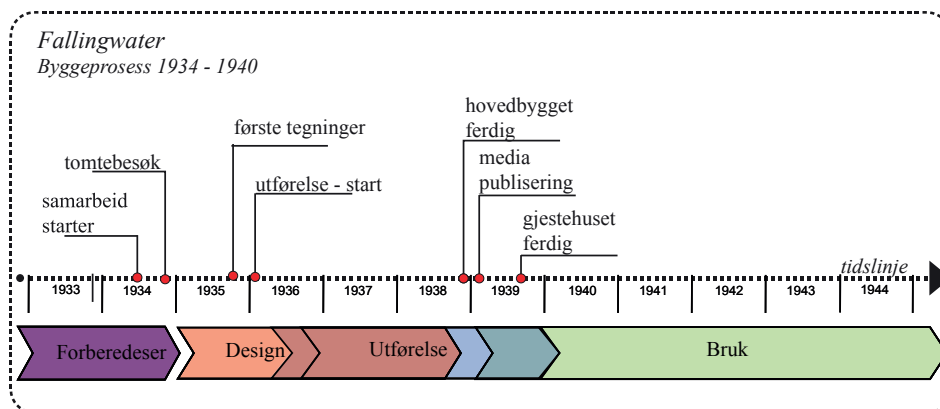


Fig 7.2.10.

Tidslinjen. Faseinndeling vises med fargede piler og viktige hendelser er markert med flagg.

Det spesielle ved byggeprosessen til Fallingwater er hvordan de første designideene ble til. I følge historien tegnet Frank Lloyd Wright de første kjente skissene av bygget på få timer, med en gjeng beundrende lærlinger til stede, mens de ventet på byggherren. Da byggherren fikk se tegningene, falt han for det dristige konseptet og arkitektens overbevisende beskrivelse av byggverket. Etter at den forførende perspektivtegningen, som viser bygget sett fra fossen, se fig. 7.2.2, ble vist fram, var husets utforming avgjort. Teknisk design av de utkragede betongkonstruksjonene og detaljer i klimaskjermen, ble utført av en gjeng ”noviser”, som fulgte ordrer fra sin overordnede, som i tillegg var borttreist under kritiske faser i prosessen.¹⁶

16. Friedland og Zellman (2006), se side 304-305.

Konfliktene mellom arkitekten og byggherren er godt kjent, og dukket opp etter at byggherren rådspurte sine ingeniører om hvor sikker konstruksjonen var (Hoffmann 1979 og Toker 2003). Ingeniørene var svært kritiske både til plasseringen av huset ved elven og utformingen av konstruksjonen, så de foreslo endringer. Da Wright fikk høre om deres kommentarer, truet han med å trekke designen tilbake.¹⁷ Byggherren bestemte seg for å ignorere ingeniørenes uttalelser og bygge huset slik arkitekten hadde tegnet det. Entreprenøren som bygget huset, hadde liten erfaring med å bygge hus i betong. Det ser ikke ut til å ha manglet økonomiske midler til å gjennomføre prosjektet. Huset ble meget kostbart, og arkitekten fikk bra betalt for sitt arbeid.

De viktigste aktørene

Byggherre:

Byggherre var Edgar J. Kaufmann, velstående forretningsmann av jødisk opprinnelse, bosatt i Pittsburgh, Pennsylvania.¹⁸ Da byggeprosessen startet, var sønnen Edgar Kaufmann junior lærling en kort stund ved Wrights private arkitektskole The Taliesin Fellowship.

Prosjekterende:

Arkitekten var den kjente Frank Lloyd Wright som var 68 år gammel da prosessen startet. På denne tiden drev Wright en kombinasjon av arkitektskole og tegnestudio på sitt landsted Taliesin i delstaten Wisconsin.



Fig 7.2.11.

Edgar J. Kaufmann til venstre og Frank Lloyd Wright til høyre. Foto tatt på Taliesin west i Arizona en del år etter byggingen av Fallingwater.
Kilde: Cuff (1991), side 172.

Det bør nevnes at på denne tiden var arkitektens rolle i byggeprosesser mye større enn den ble senere. Arkitekten utførte ikke bare de tradisjonelle arkitekttegninger, men tok også hånd om kalkuleringer av konstruksjonen, tegnet ingeniørtegninger og førte dessuten tilsyn med byggingen av huset. Wrights viktigste medarbeider i prosjektet var for det meste hans unge lærlinger. Sentrale navn var Bob Mosher, Edgar Tafel og William Wesley Peters, alle unge menn litt over 20 år gamle. Den som hadde størst erfaring i designteamet var ingeniøren Mendel Gickman, som arbeidet med beregningen av konstruksjonen mot slutten av designfasen.

17. Friedland og Zellman (2006), se side 287.

18. Toker (2003).

Dristige detaljer

I tillegg til disse engasjerte byggherren to ingeniørrådgivere: Morris Knowles og firmaet Metzger- Richardson fra Pittsburgh. Disse ingeniørene ble sentrale i konflikten mellom Wright og byggherren igjennom deres kritikk av den dristige designen.¹⁹

Utførende:

Entreprenør var Walter J. Hall, fra Port Allegany i Nord-Pennsylvania.²⁰ Walter J. Hall var en lokal byggmester i femtiåra med liten erfaring fra å bygge hus i armert betong. Det finnes lite om denne byggmesteren i referanser, annet enn at det var Frank Lloyd Wright som utpekte han. I følge Kaufmann junior var det et risikabelt valg, fordi Wright aldri hadde truffet mannen når han foreslo at han skulle påta seg jobben.²¹

Byggeprosessen i korte trekk

Forberedelser - en idé fødes

Opphavet til Fallingwater er anslått til det tidspunktet da Edgar Kaufmann junior, sønnen til byggherren, i en kort periode i 1934 studerte ved Wrights private arkitektskole; The Taliesin Fellowship. Da kom Kaufmann den eldre i kontakt med Wright.²² I desember 1934, like før jul, ble Wright så invitert på besøk til Bear Run-eiendommen oppe i fjellet i Pennsylvania for å studere mulighetene til å designe en fjellhytte for Kaufmann-familien.²³ Under dette besøket ble en idé til i Wrights hode i følge sitatet:

The visit to the waterfall in the woods stays with me and a domicile has taken vague shape in my mind to the music of the stream. When contours come you will see it. Meantime, to you my affection.²⁴

Historien om Fallingwaters tilblivelse er for lengst blitt til en legende i arkitekturlitteraturen. I følge vitner, som for det meste var Wrights lærlinger, startet designen med at en utålmodig byggherre ringte til sin arkitekt en morgen, nærmere bestemt den 22. september 1935. Dette var ni måneder etter det omtalte tomtebesøket året før. Byggherren var på besøk i Milwaukee omtrent to timers kjøreavstand fra Taliesin.²⁵ Resultatet av telefonsamtalen ble at byggherren meldte sin ankomst for å

19. Se Hoffmann (1978) Toker (2003).

20. Se Hoffmann (1987), se side 26.

21. Kaufmann, E. (1986). Fallingwater: a Frank Lloyd Wright country house. London: Architectural Press. Se side 41.

22. Toker (2003).

23. Hoffmann (1987).

24. Frank Lloyd Wright i brev til Edgar J. Kaufmann i desember 1934, se; WPC-Fallingwater. (2011). Chronology of construction. Hentet 18. august 2011, fra <http://www.wpconline.org/fallingwater/building/chronology.htm>

25. Friedland & Zellman (2006), se side 275.



Fig 7.2.12.

Frank Lloyd Wright sammen med en gruppe lærlinger i tegnestudioet på Taliesin. Foto fra 1937, som er tatt under forberedelsene til publiseringen av Fallingwater i *The Architectural Forum* - januar 1938. Hele tidsskriftet ble viet Wrights arkitektur. Sentralt sto Fallingwater, men også Johnson Wax-bygget. Wrights arkitektur er illustrert med arkitekttegninger og ikke minst fotoer etter Hedrich Blessing som senere ble modernistenes yndlingsfotograf.

Kilde: *The Architectural Forum* - Januar 1938. Foto: Hedrich-Blessing (1938), side 2 i delen om Frank Lloyd Wright.

se på tegningene.²⁶ Det sies at det var først etter denne telefonsamtalen, at Wright satt i gang med å tegne de første kjente skissene av Fallingwater, i nærvær av et antall beundrende lærlinger som var de eneste vitnene til dette.²⁷ Da byggherren så møtte opp få timer senere, var de første skissene ferdige. Kaufmann-familien ble visst så henrykt over designet, til tross for at huset ikke liknet på noe de kjente, og lå på motsatt side av fossen i forhold til det som de hadde forestilt seg, at det eneste Egdar J. Kaufmann klarte å uttrykke var; "Okay, When do we start?".²⁸

Planlegging og design - Skisseprosjekt / Forprosjekt²⁹

Umiddelbart etter møtet 22.09.35 satte Wright og hans medarbeider i gang med

26. Tafel, E. (1985). *Years with Frank Lloyd Wright: apprentice to genius*. New York: Dover.

27. Hoffmann (1978), se side 15.

28. Friedland og Zellman (2006), se side 277.

29. Inndelingen i skisseprosjekt og forprosjekt brukes i de andre eksempelstudiene og tar utgangspunkt i norsk prosjekteringspraksis.

å utarbeide forprosjektstegninger. De ble levert i oktober 1935. Deler av disse tegningene var den berømte perspektivtegningen som vises i fig. 7.2.2. Allerede på dette tidlige tidspunktet var alle hovedlinjer i prosjektet fastsatt, og ingen store forandringer ble gjort bortsett fra en liten, men betydningsfull detalj. Denne lille detaljen var at alle kanter på parapeter og utkragninger ble avrundet med en sirkelform. Etter dette ble sirkelformen en viktig del av Wrights arkitektur som vi kjenner så godt fra hans berømte Johnson Wax og Guggenheim i New York.

Et særtrekk for byggeprosessen er at prosjektering og utførelse ble kjørt parallelt, det vi i dag kaller paralleldesign og bygging. Byggherren ble så ivrig etter å sette i gang prosjektet at han ga ordre om å starte byggingen lenge før prosjekteringen var ferdig. Forberedelser på tomten begynte like etter nyttår 1936 med at et steinbrudd ble åpnet et par hundre meter fra byggegropen. All sandstein som ble brukt i vegger og gulv ble tatt ut fra dette steinbruddet.

Arbeidstegninger og detaljer

Produksjonen av arbeidstegninger og spesifikasjoner fortsatte til ut på våren 1936. Deler av dette arbeidet ble gjort fra Wrights nye vinteroppholdssted i Arizona, senere kalt Taliesin West. Blant oppgaver som ble utført der, var prosjekteringen av de kompliserte betongutkragningene. I nye kilder påpekes det at dette ble gjort uten konstruktiv ekspertise, fordi Wrights medarbeidere i Arizona først og fremst var hans unge lærlinger, som hadde liten eller ingen erfaring i å prosjektere komplekse konstruksjoner og lage kalkulasjoner for betongkonstruksjoner.³⁰ I april 1936 leverte Wright og hans medarbeidere detaljerte tegninger og spesifikasjoner til byggherren. På dette tidspunktet blusset den første store konflikten i byggeprosjektet opp. Konflikten opphav var at Kaufmann, som selv var utdannet ingeniør, begynte å skjønne hvor dristig Wrights konstruksjonsforslag var og følte behov for å søke råd hos eksperter. Denne oppgaven fikk ingeniøren Morris Knowles som hadde laget oppmålinger av tomten, og derfor hadde kjennskap til situasjonen der. Kaufmann spurte denne ingeniøren om plasseringen ved elven og utformingen av konstruksjonen. I et brev til byggherren uttrykker Knowles seg mildt sagt skeptisk til Wrights design. Følgende sitat vitner om dette:

We recommend that the proposed site be not used for any important structure.³¹

I tillegg kritiserer ingeniøren Wrights tegninger for å være uferdig og at de manglet nødvendig informasjon med hensyn til konstruktiv kalkulering, slik at det ikke var mulig å sjekke om konstruksjonen var sikker eller ikke.³² Da Wright hørte om denne kritikken reagerte han kraftig og ble rasende. Han krevde at Kaufmann leverte

30. Friedland & Zellman (2006), se side 279.

31. Hoffmann (1978) se side 24.

32. Friedland & Zellman (2006), se side 287.



Fig. 7.2.13

Fallingwater under bygging våren 1936. Fundamentene under utkragningene blir bygget av betong og vegger av sandstein fra tomten mures opp.

Kilde: Tafel (1985) se side 9.

tilbake tegningene fordi han ikke fortjente bygget.³³

Det ble satt en stopper for konflikten da byggherren valgte å overse kritikken fra ingeniørene og i stedet stole på sin arkitekt. Det er verdt å merke seg at det er først etter denne konflikten at Wright får hjelp av konstruktive eksperter til å prosjektere og beregne utkragningene. Det var på det tidspunktet ingeniøren Mendel Glickmans og William Wesley Peters, en tidligere MIT ingeniørstudent, startet med kalkuleringene av de kritiske betongkonstruksjonene. Det bør også bemerkes at dette skjer kort tid før støpingen av konstruksjonen begynner. Arbeidet med å kalkulere betongkonstruksjonen ble svært vanskelig for Glickman og Peters. Det var ikke bare at de arbeidet under et stort tidspress, ettersom den konstruktive utformingen for lengst var bestemt og betongarbeidet skulle starte om litt. En ekstra stressfaktor var at den selvhevdende Wright blandet seg inn i arbeidet deres på alle områder og krevde flere endringer. En av forandringene han gjorde var å minske tykkelsen på armeringsstålet i betongdragene som holdt oppe utkragningen, fordi han var overbevist om at stålet var for tungt og ville bli en belastning som til slutt ville svekke bæringen i utkragningene.³⁴

33. Hoffmann (1978) siterer en korrespondanse der det sto at Wright krevde at Kaufmann leverte tilbake tegningen "since he did not deserve the house", se side 24.

34. Friedland & Zellman (2006), se side 286.

Utførelsen - byggskader oppdages

En viktig del av Wrights praksis fram til Fallingwater hadde vært å føre tilsyn på byggeplasser. Dette var svært viktig for Wright, som ofte gjorde endringer på sitt eget design under utførelsesprosessen. I Fallingwater-prosjektet ble denne jobben derimot overlatt til to unge arkitektlærlinger, en noe merkelig ordning tatt i betraktning av hvor viktig Fallingwater ble for Wrights karriere.

Neste store konflikt kom midt på sommeren 1936, da det ble oppdaget at utkragningen i første etasje hadde seget flere centimeter, etter at forskalingen ble fjernet. Nedbøyningen var langt ut over det normale. Kranglingen gikk ut på om det var blitt satt inn for mye armeringsstål i utkragingene på ordrer fra Kaufmann etter råd fra hans ingeniører, eller om Wrights design var mangelfull. Det var ulike meninger om hva som gikk galt. Det som lenge var akseptert som offisiell forklaring på årsaken til nedbøyningen av utkragningen var Wrights forklaring, som gikk ut på at utkragningene seg ned, fordi tykkelsen på armeringsstålet ingeniørene hadde krevd, gjorde konstruksjonen alt for tung, og at tyngden hadde forårsaket nedbøyningen. Men Wright la skylden på flere; en svikfull byggherre, ingeniører, entreprenører og hans egne medarbeidere. Wright ble så rasende at han kom med en kraftsalve; ”to hell with the whole thing”,³⁵ Wrights egen tilsynsman, lærlingen Bob Mosher, ble kalt inn på teppet og fikk opplæring i disiplin, som det står i teksten.³⁶ Det er av viss interesse å studere de arkitekturhistoriske referansene, som støtter Wrights oppfatning. En av disse tilhører McCarter (1994), som sier;

The most serious mistakes in the construction of Fallingwater was made by the contractor, engineer and Kaufmann in the pouring of this first floor slab on 19 August [1936]; at Kaufmann’s request the engineers had redrawn Wright’s reinforcing plan for the slab, and by their own admission, put in twice as much steel as was called for in (Wright’s) plans.³⁷

En annen og mer sannsynlig forklaring, tilhører Wrights medarbeider, ingeniøren Glickman, som uttaler, da han fikk høre om nedbøyningen i utkragningen;

Oh my God, I forgot the negative reinforcement.³⁸

Etter hvert som betongarbeidet skred fram, ble flere sprekker og riss i betongen oppdaget. Det ble sagt at bygningsarbeiderne ble så redde, at de ikke torde å fjerne forskalingen.³⁹

35. Hoffmann (1978), se side 46 – 47.

36. Friedland, R. og Zellman, H. (2006), se side 293.

37. McCarter (1994), se side 12.

38. Silman, R. (2000). The Plan to Save Fallingwater. Scientific American, 282(3), 88 - 95.

39. Friedland og Zellman (2006), se side 295.

På dette tidspunktet begynner utenforstående krefter å virke i prosjektet, mye på grunn av at Kaufmann etter hvert hadde begynt å skjønne hvor enestående Fallingwater var. Grunnen til dette var en økende interesse for huset hos kultureliten på østkysten av USA. En av dem som oppsøkte byggeplassen på denne tiden, var den nye direktøren for arkitekturavdelingen på Museum of Modern Art i New York, som i fortsettelsen av et slikt besøk, begynte å arbeide med ideen om å arrangere en utstilling om bygget.⁴⁰

Støpearbeidet avsluttes ved årsskiftet 1937. Umiddelbart etter startet arbeidet med å lukke bygget. Vinduer ble satt inn like etter nyttår i 1937, og arbeidet med tak og takterrasser begynte på samme tid. Ut året 1937 holdt håndverkerne på å innrede huset etter tegninger som Wright og medarbeiderne hans produserte parallelt.

Ferdigstillelsen

Hovedbygget ble tatt i bruk i desember 1937. En meget tilfreds byggherre uttrykte i et brev til arkitekten, sine følelser:

We have had the two happiest weekends of our lives in the house.⁴¹

I januar 1938 ble Fallingwater omtalt i tre store artikler i ledende amerikanske tidsskrifter; Time magazine, Life magazine og Architectural Forum.⁴² Wright kom på forsiden av Time med den kjente perspektivtegningen av huset i bakgrunnen. I diverse omtaler beskrives Frank Lloyd Wright, som den største arkitekten i det 20. århundret.⁴³ Utstillingen på Museum of Modern Art startet 24. januar 1938 og ble en kjempesuksess for både arkitekten og byggherren, som blir kjent som stor kunstelsker og velgjører for modernistisk arkitektur.

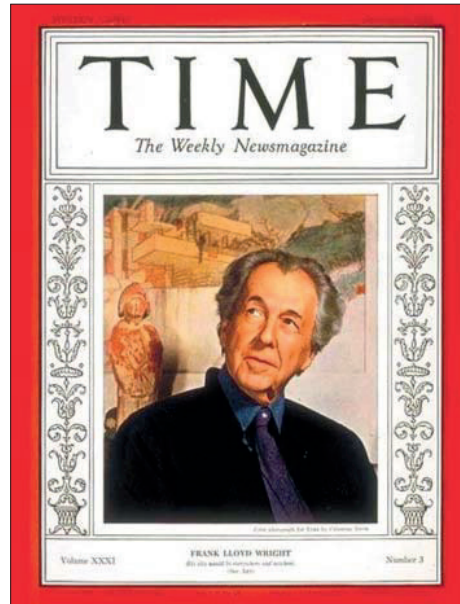


Fig.7.2.14.

Forsiden på tidsskriftet Time i januar 1939 med den 70 år gamle arkitekten Frank Lloyd Wright i forgrunnen. I bakgrunnen den berømte perspektivtegningen av huset ved fossen.

Kilde: Friedland og Zellman (2006.), side 338.

40. Toker (2003).

41. WPC-Fallingwater. (2011). Then Story of Fallingwater. The Building. Hentet 18. august, 2011, fra <http://www.wpconline.org/fallingwater/building/chronology.htm>.

42. Hoffmann (1978), se side 73 – 74.

43. Friedland og Zellman (2006)se side 325 – 339.

Dristige detaljer

Byggeprosjektet avsluttes ikke med dette. Det viste seg nemlig at til tross for at Fallingwater er et stort hus på nærmere 400 m², var det ikke plass til gjesteværelser og tjenestefolket, som hører til på et slikt landsted. Byggherren ba derfor Wright om å designe et anneks i skråningen ovenfor hovedbygget. Designet av annekset startet våren 1938, og det sto ferdig i midten av 1939. Det er interessant å merke seg at det ikke er kjent at Wright besøkte Fallingwater etter ferdigstillelsen, til tross for ønske om det fra byggherren.

Byggskader

De alvorligste byggskadene i og på huset var selvsagt bristene i utkragningene, men ikke mindre betydningsfulle var alle lekkasjene. Om disse lekkasjene skriver Edgar Kaufmann junior, byggherrens sønn følgende;

There were seventeen such areas when we first moved in.⁴⁴

Lekkasjer har siden den tid vært et stort problem for Fallingwater, problemer som ikke ble ordentlig løst før i 2005, nesten 70 år etter ferdigstillelsen. I følge ny forskning lå problemet i oppbyggingen av konstruksjonen, de store flate takene og takterrassene, og ikke minst i hvordan arkitekten designet detaljene i klimaskjermen. I Kaufmanns tid ble det gjort forsøk på å utbedre lekkasjene. Gulv- og taktekkning ble byttet flere ganger uten at det hjalp. I de siste utbedringene, som startet i 1999, oppdaget man skader på utbedringer gjort på 1990-tallet. Fuktige og ødelagte byggematerialer viste seg over alt. Det ble registrert over seksti lekkasjepunkter.

Men hvorfor lakk bygget så mye? En av Wrights bortforklarende vittigheter forteller kanskje mer enn noe annet om en faglig innstilling der det djerve og kreative oppheves;

If the roof doesn't leak, the architect hasn't been creative enough.... That's how you can tell it's a roof.⁴⁵

Byggesaken i dag - utbedringer

Utbedringer av bristene i de store utkragningene startet i 1998 med målinger av bevegelser i konstruksjonen. Denne jobben ble utført av et team ingeniører under ledelse av Robert Silman.⁴⁶ Fram til da hadde huseieren trodd at konstruksjonen var sikker, men noe annet var tilfelle. Bristene, som viste seg som loddrette sprekker (riss) i parapetene i andre etasje, der utkragningen startet, og i flukt med konstruksjonen under, var i henhold til teorien på de steder en kunne vente å finne riss i svekkete betongkonstruksjoner. De nye studiene avviser påstanden om at årsaken

44. Kaufmann jr, (1986), se side 50 – 51.

45. Donohue (1989), se side 100.

46. Silmans, R (2000), se side 73.

til bristene i utkragningen stammet fra for tungt armeringsstål, slik McCarter (1994) påstår.⁴⁷ Hans kilder er Wrights egne forklaringer om at årsaken er for tungt armeringsstål. Vektøkningen som stammet fra det ekstra armeringsstålet var minimal og hadde ingen innvirkning på nedbøyningen, i følge Silman (2000). Det ekstra stålet, som ble satt inn på ordre fra Bob Mosher, Wrights tilsynsmann på byggeplassen, berget i grunnen huset fra å falle i elven tidlig i levetiden. Årsaken til bristen i konstruksjonen var først og fremst manglende styrke til å tåle egenvekt og nyttelast. Med andre ord, årsaken var å finne i det faktum at designet brøt med verifiserte teorier for design av utkragninger. Disse teoriene var velkjent kunnskap blant ingeniører da huset ble designet, i følge Silman. Det er også blitt bekreftet at Wrights ingeniører var klar over de feil de gjorde. Men hva var det som gikk galt i designet? Om dette sier Robert Silman i en ny dokumentarfilm om beregningen av huset:

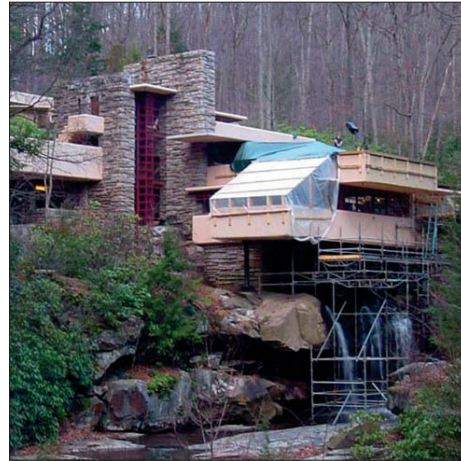


Fig 7.2.15.
Fallingwater under utbedring i begynnelsen av det 21. århundret.
Kilde: Lowry, P. (2001).

Vi vet ikke hva som gikk galt. Vi har våre teorier. Muligens var det tidspress, fordi bygget var designet på så kort tid. Muligens var det kommunikasjonsproblemer internt i designteamet, men det vet vi ikke.⁴⁸

Fordi Fallingwater er blitt et så betydningsfullt bygg i nord-amerikansk kulturhistorie, ble forslagene om teknisk utbedring av huset drøftet i et panel satt sammen av internasjonale kjente eksperter innen konstruksjon og restaurering, samt Wrights spesialister. Det ble også holdt en offentlig høring i Pittsburgh før bergingsaksjonen ble iverksatt.⁴⁹ Konklusjonen av dette arbeidet var at alle de involverte godkjente planene om utbedringer av huset, under den forutsetning av at husets opprinnelige utseende ble bevart.

Metoden som ble brukt for å styrke utkragningene var etterspente kabler. Operasjonen som ble satt i gang ble meget omfattende. Alle gulv ble revet opp etterspente kabler

47. McCarter (1994), se side 12.

48. Uttalelse fra Love (Writer?). Love, Kenneth (2006). Saving Fallingwater. Oversettelsen fra engelsk til norsk er gjort av forfatteren.

49. I april 1999 ble det holdt et høringsseminar på Carnegie Museums of Pittsburgh der forslag til utbedringer ble drøftet, se; Jerome, Weiss, & Ephron (2006).

ble installert ved siden av eksisterende dragere. Det ble ikke gjort forsøk på å rette opp nedbøyningen i utkragningen.⁵⁰ Utkragningen i terrassen i andre etasje ble også styrket med mindre inngrep i form av stålbjelker og karbonplater. Etter utbedringen i 2002 viser det seg at betongkonstruksjonen i Fallingwater var blitt stabil for første gang i husets historie.⁵¹

Refleksjon over prosessen

Her hevdes det at prosjekteringen av Fallingwater foregikk under ugunstige forhold. Samarbeidet mellom byggherren og arkitekten var i begynnelsen godt, men utviklet seg etter hvert til en maktkamp. Ytre forhold, spesielt tidspress, ble fremkalt av byggherrens iver etter å komme i gang. Dette presset hadde negativ innvirkning på designarbeidet. Derimot ser det ut som de økonomiske forhold var gode, og arkitekten fikk utbetalt et stort honorar i forhold til datidens målestokk.⁵² Til tross for tidspress, hadde arkitekten frihet til å utvikle sitt design, noe han også gjorde, men på sin måte.

Utover Wright fantes det liten ekspertise i designgruppen, som for det meste besto av ”noviser”. Iøynefallende er Wrights ignoranse og raseri overfor dem som kritiserte hans design. Det ser ut som om Wright og hans medarbeidere manglet nok innsikt og kunnskap om bruken av armert betong som de brukte, og at de brukte betongen på en meget dristig måte. Det samme ser ut til å ha vært tilfelle for mange innovative modernister som brukte betong og andre nye materialer på en dristig måte. På bakgrunn av dette påstås det her at årsakene til byggskadene ligger i arkitektens kunnskapsmangel og hans vektlegging av estetikken i utseendet, som var ment å skape særskilte opplevelser og oppsikt. Dette førte til tilsidesetting av praktisk kunnskap om både bruken av armert betong og fuktetting av flate tak og takterrasser, som endte i mangelfull design av både konstruksjon og klimaskjerm.

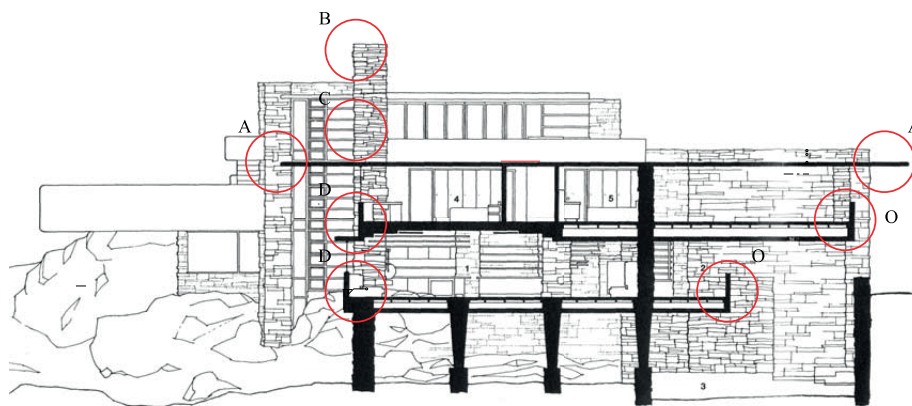
50. Utbedringen av den defekte konstruksjonen er godt beskrevet i Love (2006) dokumentarfilm, men også i Silman (2000).

51. Jerome, P., Weiss, N., & Ephron, H. (2006), se side 3.

52. Wright fikk i overkant av 8 tusen dollar for prosjektering av bygget. I 1940 kostet bygget 155 000 dollar. Kostnadene deles slik at hovedbygget kostet 75 000 dollar, gjestehuset 50 000 dollar, innredninger og møbler 22 000 dollar. Det tilsvarer at om lag 6% av den totale byggekostnaden var arkitektens honorar.

7.2.5. Detaljer – tekniske problemer

For å studere oppbygging av klimaskjermen brukes detaljer tegnet spesielt for denne undersøkelsen. Detaljene er tegnet ved hjelp av arkitektens originale detaljer, tegninger utført av andre og fotografier. Tegningsgrunnlaget som forfatteren hadde adgang til og brukt i dette arbeidet, er på flere måter mangelfullt, men samtidig brukbart til å vise prinsipielle detaljer. Intensjonen med beskrivelsen er å vise huset ”som design”, som man sier. Forandringer som ble gjort under byggingen eller senere utbedringer, fanges opp i avsnittet om utbedringer. Det bemerkes at detaljene skal illustrere prinsipper og brukes til å drøfte byggskadeproblemer i klimaskjermen.



SNITT A-A

Fig 7.2.16.

Snitt A-A, som er et snitt som ligger parallelt med hovedfasaden ut mot elven. Plasseringen av detaljene er vist med røde sirkler og bokstaver som viser til kjennemerker på detaljene.

Kilde: MaCaerter (1994), side 52.

Før undersøkelsen starter bør det påpekes at det er fire hovedkategorier byggskader som har plaget huset:

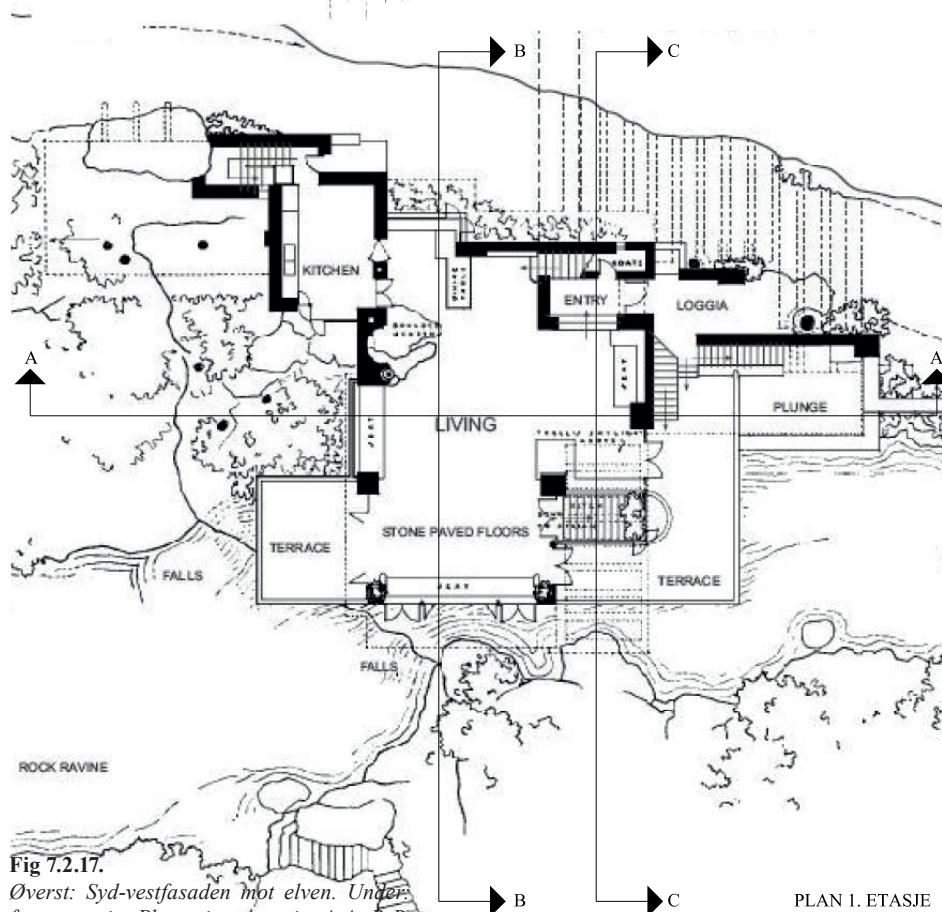
- Unormal nedbøyning og overhengende brister i utkragninger av betong.
- Lekkasje i klimaskjermen på grunn av mangelfull fuktsikring.
- Kondens på grunn av mangelfull isolering.
- Nedbrytning av byggematerialer og detaljer på grunn av samspillet mellom fuktpåkjenninger, temperatursvingninger og uheldig utforming av detaljer.

I dette avsnittet blir utsatte steder på bygget drøftet ved å presentere aktuelle detaljer. Plasseringen av detaljene som drøftes, vises i fig. 7.2.16 og 7.2.18. Detaljene blir siden beskrevet i tekst og tegning, og de aktuelle byggskader studert. Etter som bristen i betongkonstruksjonen er blitt beskrevet tidligere og ellers er godt dokumentert i referansene, fokuseres det først og fremst på defekte detaljer i klimaskjermen.

Dristige detaljer



SYD VEST FACADE



PLAN I. ETASJE

Fig 7.2.17.
Øverst: Syd-vestfasaden mot elven. Under: første etasje. Plassering av snitt A-A, B-B, C-C er merket inn på planen.
Kilde: McCarter (1994), side 46 - 57.



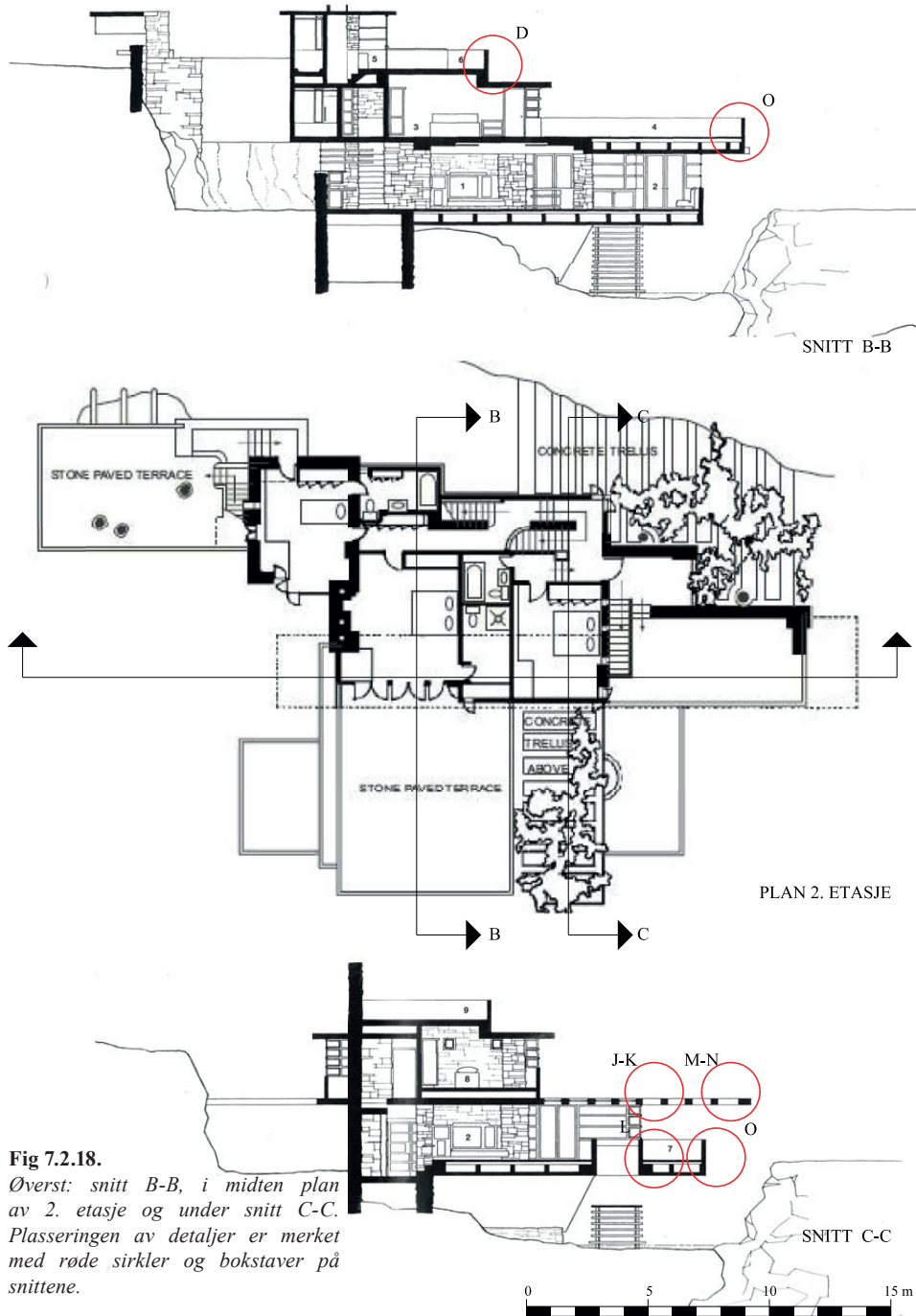


Fig 7.2.18.
 Øverst: snitt B-B, i midten plan av 2. etasje og under snitt C-C. Plasseringen av detaljer er merket med røde sirkler og bokstaver på snittene.

Detalj A, B og C - Sandsteinsvegg og utstikkende tak

Den første detaljen, merket fig. 7.2.21, viser oppmurt vegg laget av sandsteinsblokker og et flatt utstikkende tak. I fig. 7.2.19, illustreres hvordan fukten trenger seg inn i konstruksjonen. I første omgang er fokuset rettet mot oppbyggingen av sandsteinsveggen og det flate taket.

Den grove sandsteinsveggen er typisk for Wrights arkitektur, og finnes i flere av hans bygninger, blant annet Taliesin i Wisconsin. Veggkonstruksjonen er bygget opp av to lag sandsteinsblokker murt opp rundt en kjerne av betong med armering. Konstruksjonen er massiv helt igjennom, uten isolasjon eller drenerende lag. Materialet som brukes i de ytre vangene, er grovt tilhugde blokker av sandstein fra et brudd på tomten. Utførelsen utmerker seg med uregelmessig forband med dyptsittende fuger. Det øverste stykket av veggen er en murkrone laget av sandsteinsblokker, uten beslag. Fugene på toppen av murkronene ble fylt med mørtel.

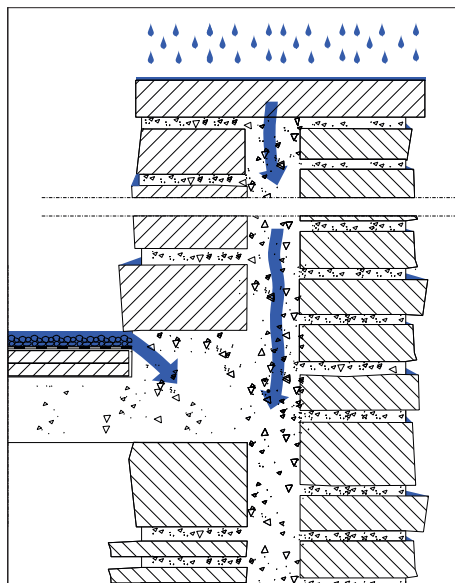


Fig 7.2.19.

Illustrasjonen viser fuktproblemet i detalj B. Fukt legger seg oppe på murkronen, og snø og fukt samler seg i de dype fuger mellom steinblokkene. Fukt kommer seg også inn i veggen via utette horisontale skjøter mellom flatt tak og vegg.

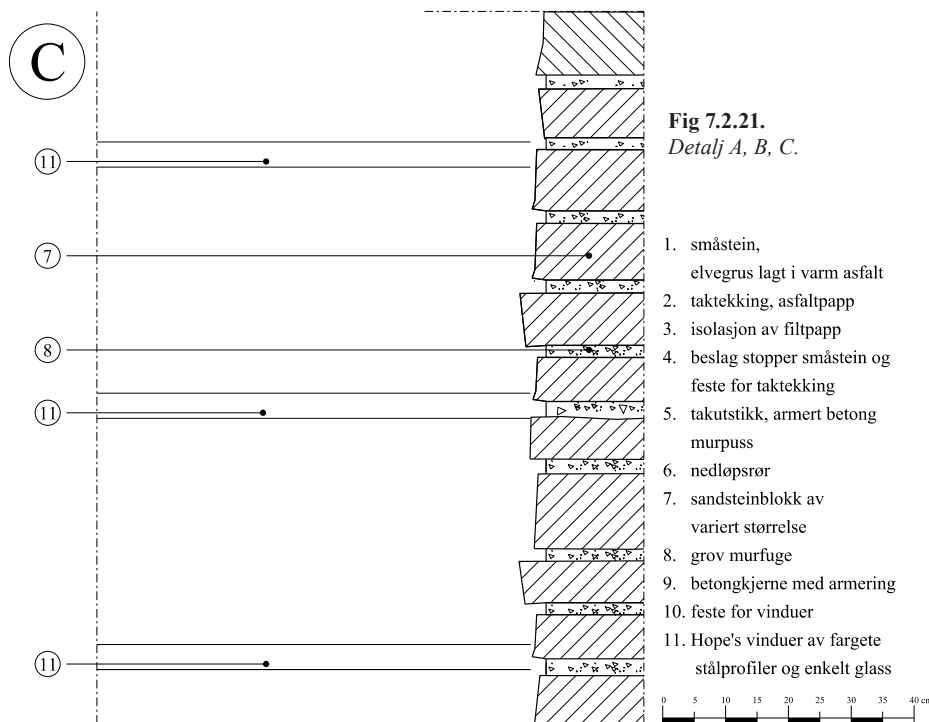
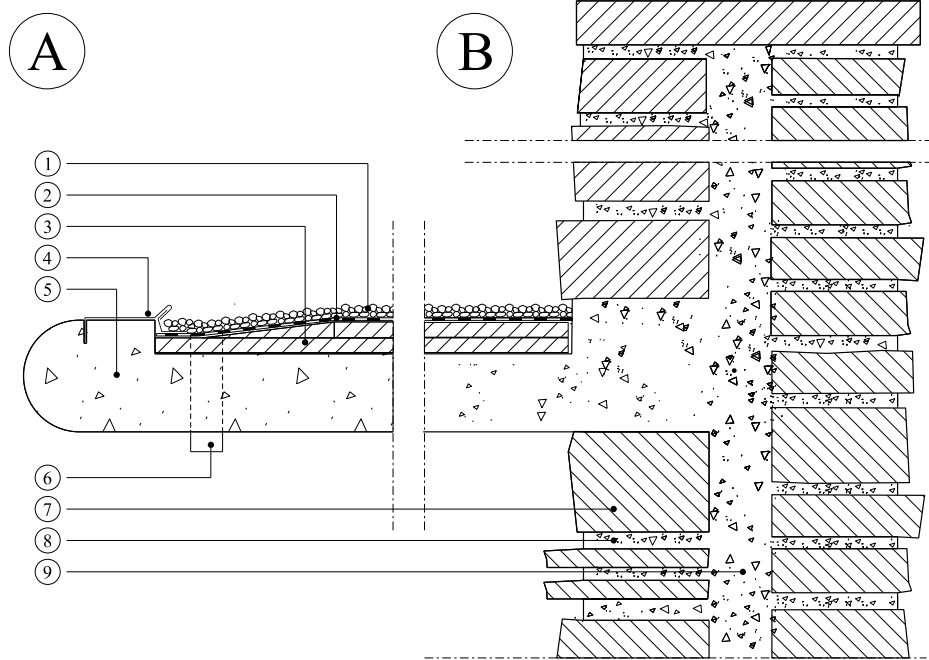
Undersøkelser gjort i forbindelse med de siste utbedringene viser at sandsteinen er av høy kvalitet og i god stand. Det svake leddet var fugene imellom steinene.⁵³ Problemet er at de dype fugene og steiner som stikker ut lager hyller som blir til oppsamlingssteder for fukt og snø som senere smelter. Over tid har det oppstått hårfine riss mellom stein og murmørtel, på grunn av bevegelser i konstruksjonen. Dette har ført til at fukt har trengt inn i veggene, som senere har ført til frostsprengninger i mørtelen ved temperaturendringer. Et annet problem er at murkronene er uten beslag, og fukt har



Fig 7.2.20.

Gesims med beslag av bly under murkronen.
Foto: Helge Solberg - Privat fotoarkiv.

53. Jerome, P., Weiss, N., & Ephron, H. (2006), se side 7 og 8.



derfor også kommet seg den veien inn i veggkonstruksjonen. For å motarbeide dette, ble det i 1988 lagt inn beslag under de øverste steinene i murkronen.

Detalj D - Tak, takterrasser og yttervegg med vinduer

Fig. 7.2.23 viser detalj D som er en problematisk del av konstruksjonen. Detaljen er tatt fra den vestvendte fasaden, og viser et lite utstikkende tak over stuen i første etasje. Detaljen viser typisk innsetting av vinduer og deler av takterrassen i andre etasje. I fig. 7.2.22 illustreres hvordan fukten trenger seg inn i konstruksjonen.

Utstikkende tak

Utstikkende tak av denne typen er det flere av, enten som takutstikk, som detalj A viser, eller som tak over innerom og detalj D illustrerer. Konstruksjonen er alltid den samme; et horisontalt betongdekke som enten er forankret inne i kjernen av en sandsteinsvegg, eller stikker ut fra betongkonstruksjonen som tilfellet er i detalj D. Alle synlige overflater ble pusset med murmørtel (stukk) og malt i en lys aprikos farge. En viktig detalj er en utsparing i overkant like innenfor den avrundede kanten. Det nedsenkede området ble brukt til et tynt lag med isolasjon, antagelig av et pappliknende platemateriale. Fuktmembranen var asfaltpapp lagt i flytende asfalt. Overflaten ble dannet med at et lag med småstein som ble strødd over asfalten mens den fremdeles var varm. Denne utførelsen var krevd av arkitekten som var opptatt av å lage takflater som var pene å se på, og som harmonerte med fargesettingen på bygget. Ute ved den runde kanten var det på originale tegninger tegnet inn et metallbeslag (merket nr. 4), som skulle fungere som festepunkt for taktekking, men også stopper for vann og småstein som kunne renne over kanten. Et nedsenket felt

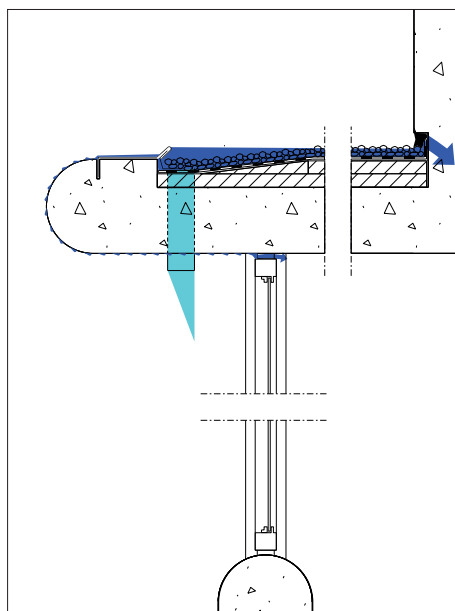
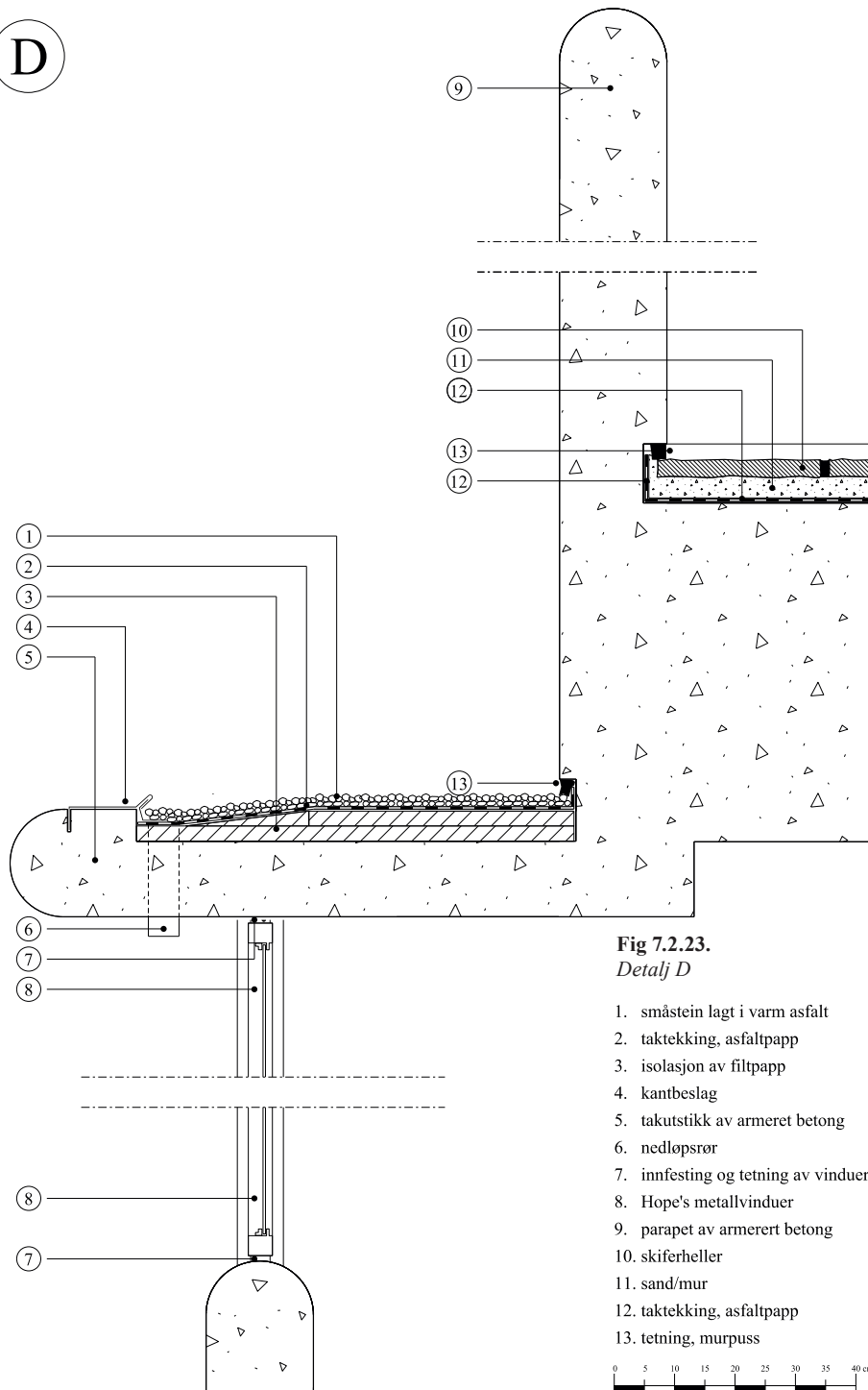


Fig 7.2.22.

Illustrasjonen viser fuktproblemet i detalj D. Fukten kommer seg flere steder inn i konstruksjonen. Utettheter i skjøten mellom parapeten og terrassegulvet påpekes, samt utettheter i horisontal skjøt mellom flatt tak og vegg. Et annet ømt punkt er nedløpsrøret på kanten av taket. Det var ganske smalt og ble også fylt av rusk. I disse rørene ble det dannet store istapper, på grunn av at varmen innenfra slapp ut gjennom forskjellige utettheter, men også fordi hele konstruksjonen er en stor kuldebro. Mangel på dryppnese på kanten av taknesen og utettheter i overkant av vinduer førte til at vann lakk inn i bygget i overkant av vinduene.

D



Dristige detaljer

innfor beslaget skulle fungere som avløp, koblet til et kort nedløpsrør. Det er uklart om denne detaljen i originaldesignet fra Wright ble utført.⁵⁴

Byggskader på flate tak

Detalj D er teknisk sett en svært problematisk detalj. Den var vanskelig å bygge og nesten umulig å utføre slik at den ble fuktsikker. I møtet mellom tak og vegg ble taktekkingen ført inn i en horisontal slisse og tettet med mur merket med nr. 13 på tegningen. Denne slissen revnet fort opp på grunn av bevegelser i konstruksjonen, forårsaket av nedsenkninger i utkragningen, men også temperaturbevegelser.

Vinduer

Alle vinduene i bygget er industriproduserte metallvinduer fra firmaet Hope's Windows. Dette firmaet er fremdeles i drift, og som har gjort utbedringer av vinduer en god del lettere enn det ellers ville ha vært. Hope's Windows kunne skaffe fremtegninger av originale vinduer og klarte å produsere reservedeler, men dette er et unntak når det gjelder utbedringer av verneverdig modernistisk arkitektur. Det vanlige er at det kan bli svært vanskelig, og i enkelte tilfeller umulig å få tak i reservedeler, fordi de er i de fleste tilfeller gått ut av produksjon. Det kan derfor bli meget kostbart å skaffe nye deler i slikt reparasjonsarbeid. En tankevekker her er at det ser ut som de modernistiske arkitektene ikke var klar over eller har tenkt særlig over problemer i forbindelse med vedlikehold og utbedringer av de modernistiske byggverkene.

Vinduene er laget av tynne metallposter og sprosser som er malt røde, som var Wrights inndelingsfarge. Det ble brukt enkelt vindusglass i alle vinduer. Vinduene ble satt inn i konstruksjonen på to måter; slik som vist på detalj D, F og L der vinduet er satt inn mellom den avrundede parapeten og takflaten. Den andre måten er der glasset føres inn i et spor i en sandsteinsvegg som siden tettes med en enkel murfuge. Dette illustreres i fig. 7.2.25. Denne detaljen er svært dristig. Detaljen er blitt trukket frem som en meget vakker, arkitektonisk detalj, som er blitt kopiert av andre arkitekter helt opp til våre dager. Den blir sett på som det ypperste innen minimalistisk arkitektur. Men detaljen var problematisk på Wrights tid, og er det fremdeles.

Byggskader i vinduer

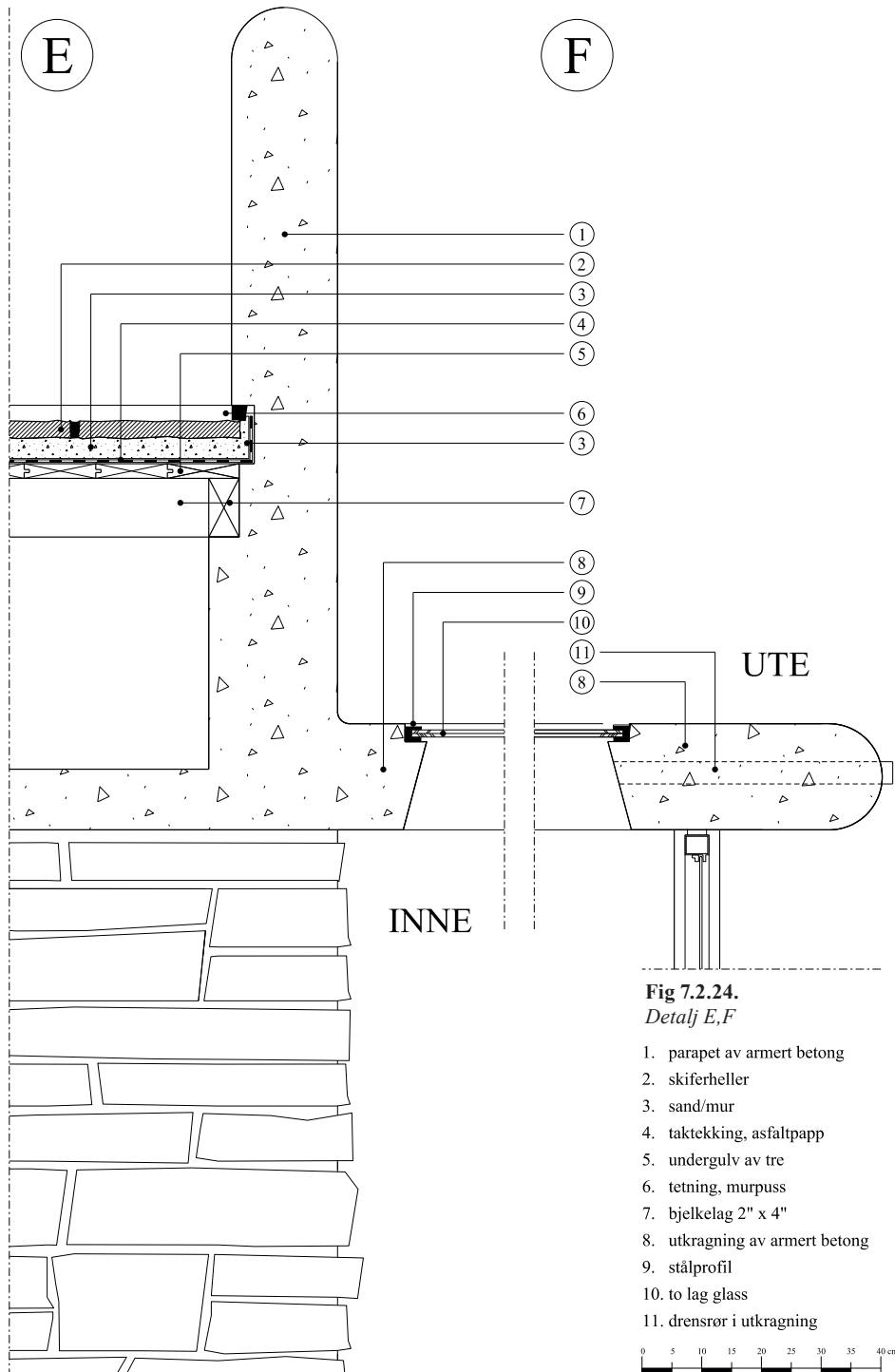
Det er registrert lekkasjer i vinduer på grunn av manglende fuktsikring.⁵⁵ Vindusposter har også rustet. Fig. 7.2.22 beskriver lekkasjer i og rundt vinduer.

Betong og pussede overflater

Oppbyggingen av betongkonstruksjonen illustreres blant annet i detalj D, E og

54. Weiss, N., Jerome, P., & Gottlieb, S. (2001), se side 47.

55. Weiss, N., Jerome, P., & Gottlieb, S. (2001), se side 48.



F. Interessant utsnitt av konstruksjonen viser også i detalj J, K og L, og M,N, og O som viser oppbyggingen rundt trappen ned til elven og betonggitterverket over den østvendte terrassen. Disse detaljene viser terrasser, parapeter og utkragninger av betong med pussede overflater.

Originalbetongen er en blanding av sement, sand og grus, delvis tatt fra bunnen av Bear Run-elva. Denne blandingen er svak. Alle betongoverflater i bygget ble pusset med et tynt lag av murpuss, ca 6,5 mm tykk. Murene ble malt i en svak aprikos farge – ikke hvitt som man kan tro av fotografiene fra arkitektbøkene.⁵⁶ Wright hadde interessante meninger om hvordan de murte overflatene skulle behandles. På et tidspunkt foreslår han at betongen skulle dekkes med bladgull, en ide som viste seg å være upassende for et fritidshus oppe i fjellene.⁵⁷

De viktige avrundede murkronene på parapetene ble satt på etter oppstøpingen, og ble en del av pussingen av bygget. Murkronene er laget av murmasse blandet på stedet. Bindeleddet mellom betongunderlaget og murkronen var limet i murmassen.

Byggskader i pussen

Dårlig feste og mangel på armering mellom murkronen og betongunderlaget, har ført til et mønster av horisontale riss i skjøtet mellom murkronene og betongen. Disse rissene har åpnet opp føringsveier for fukt inne i konstruksjonen, og som har satt i gang en ødeleggende



Fig. 7.2.25.
Vindusløsning der glasset er ført inn i slisse i steinveggen og tetningen er murtørel. Vakker detalj, men teknisk problematisk.
Kilde: Helge Solberg - Privat fotoarkiv.



Fig. 7.2.26.
Fra terrassen i 3 etasje. Legg merke til vinduet der hjørnet er uten vinduspost. Også en dristig detalj som er blitt kopiert av arkitekter.
Foto: Helg Solberg - Privat fotoarkiv.

56. Illustrasjoner som ble vist på utstillingen på MoMa i 1938, viste huset som hvit modernistisk konstruksjon i takt med tidsånden.

57. Hoffmann, Donald (1987), se side 52 og 53.

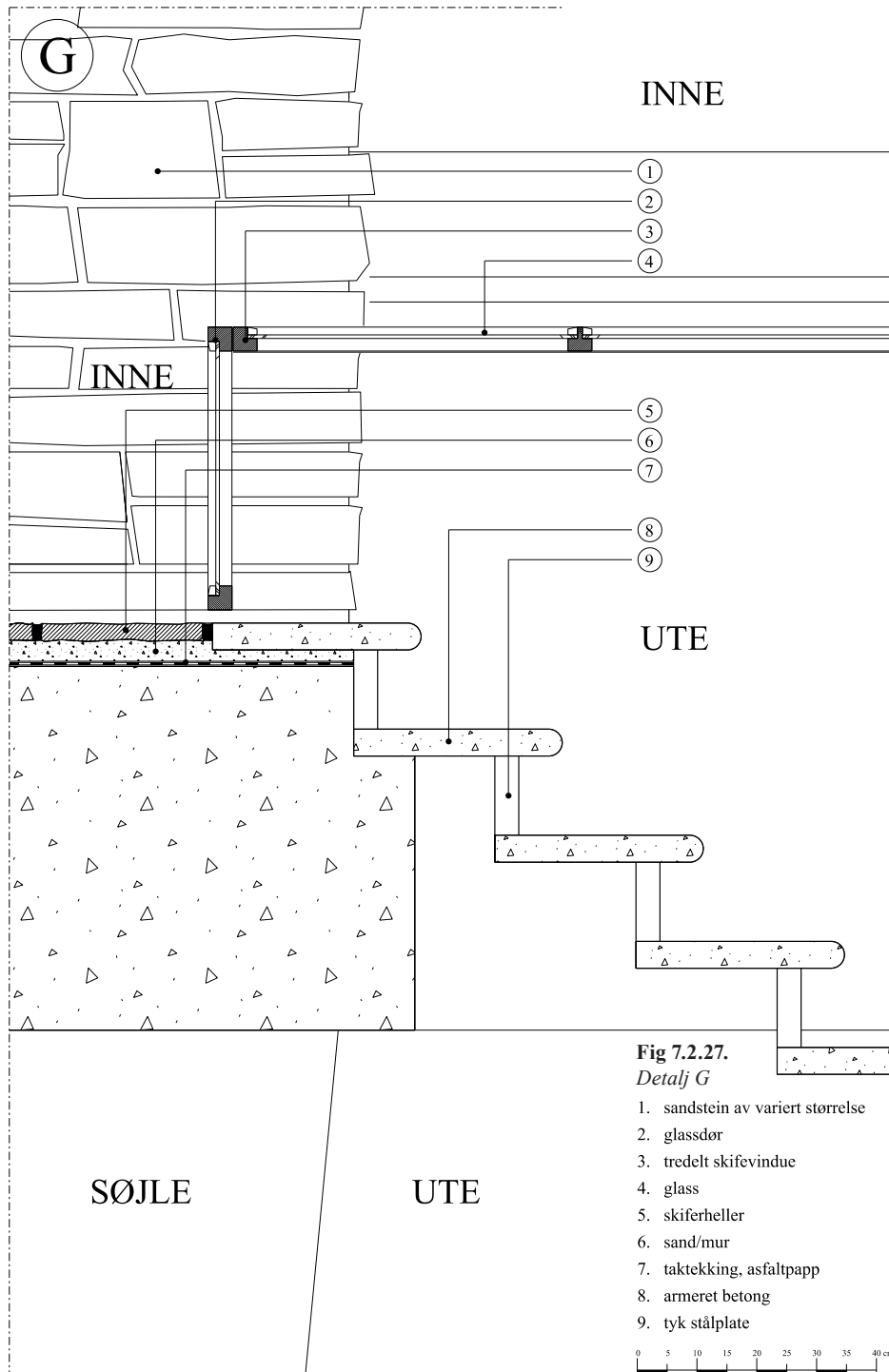




Fig. 7.2.28.

Huset sett fra broen over elven. I tillegg til at pussede overflater får riss som åpner opp for at fukt kommer seg inn i konstruksjonen, blir overflater angrepet av organisk vekst. Det er spesielt de glatte pussede overflatene som plages av tilsmusninger. De grove sandsteinsveggene med den røffe overflaten, blir i mindre grad plaget av skjæmmende tilsmusninger.

Foto: Helge Solberg - Privat fotoarkiv.

nedbrytningsprosess. Det er blitt registrert riss på de fleste hjørner på parapetene, mest på grunn av mangel på bevegesfuger.⁵⁸ Wright var klar over at bevegesfuger var nødvendig i betong, men ville ikke ha dem, fordi de ikke passet til det estetiske uttrykket og opplevelsen han ønsket å få frem.⁵⁹

Detalj D til O - Takterrasser

Det er flere detaljer som viser oppbyggingen av utkragningene. Detalj D, E og F viser takterrassen i andre etasje, som i stor grad blir båret av utkragningen under, blant annet igjennom stålprofiler som er en del av vinduene i stuen. Detalj J, K, L, M, N og O viser terrassene i første etasje. Det som er bemerkelsesverdig her er at parapetene ikke er formet som dragere, til tross for at de kunne ha vært det, og med det båret betydelige laster. I ettertid innrømmet Wright at det var en feil ikke å ha brukt parapetene som en del av bæresystemet. Detalj L viser løsningen rundt trappen ned til elven, og detalj O viser den ytterste spissen på utkragningen i første etasje over elven. Detalj L og O, som er fra 1. etasje, viser tydelig hvordan konstruksjonen er bygget opp. Det bemerkes at den samme utførelsen blir brukt på gulvet inne

58. Weiss, N., Jerome, P., & Gottlieb, S. (2001), se side 47 og 48.

59. Weiss, N., Jerome, P., & Gottlieb, S. (2001), se side 48.

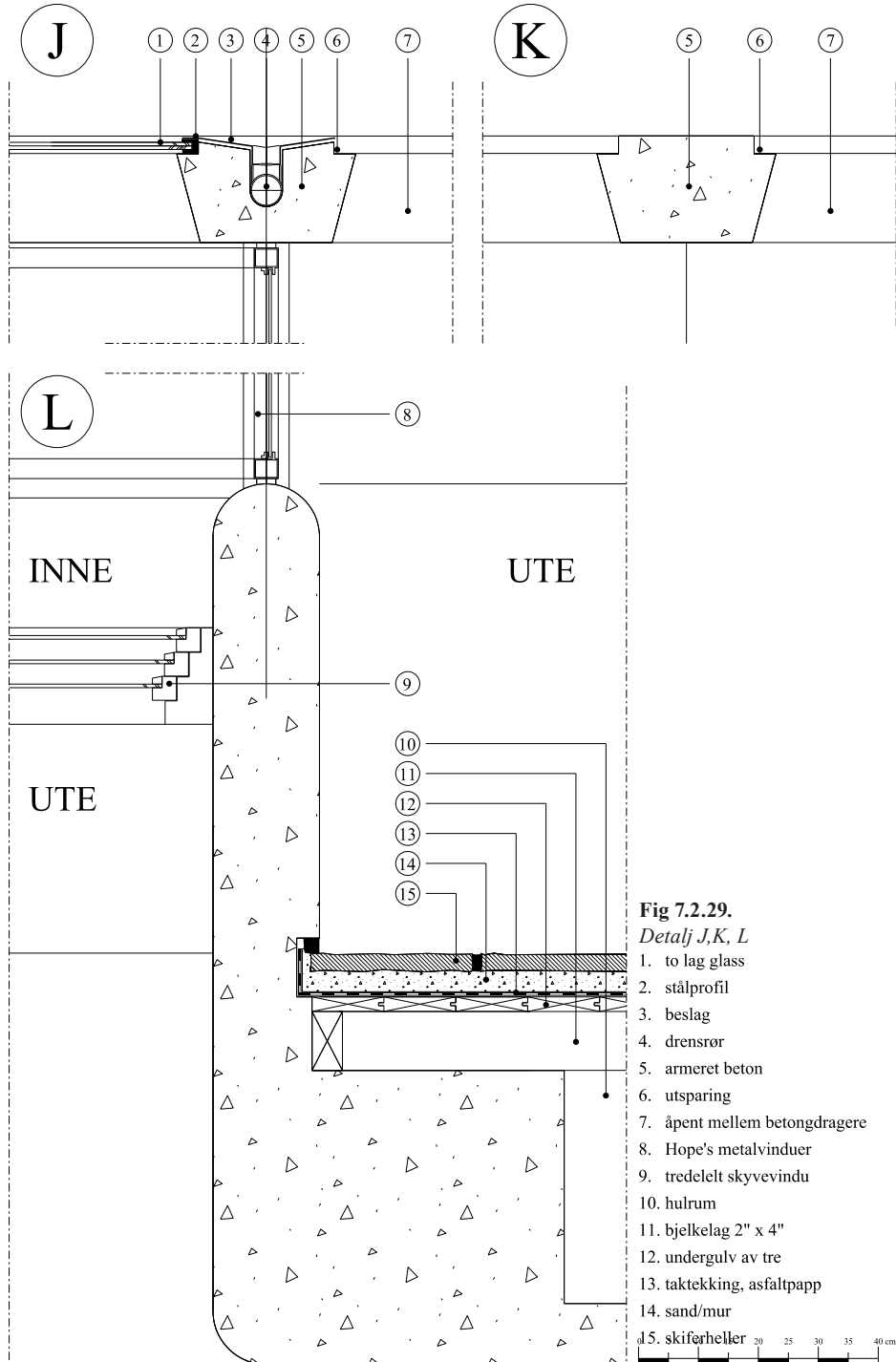




Fig 7.2.30.

Foto fra stuen i 1. etasje. Det er samme oppbygging ute og inne, uten terskler og fuktavvisende detaljer. Foto: Helge Solberg - Privat fotoarkiv.

og på terrassen ute. Den opprinnelige utførelsen var at det skulle legges et tregulv oppå betongkonstruksjonen. Deretter et lag med asfaltpapp lagt i flytende asfalt. Overflaten ble til slutt dekket med skiferhellere. Skiferhellene, som er av varierende størrelse, ble plassert på et lag av murmørtel og/eller sand.⁶⁰ Fugene mellom steinene ble tettet med mørtel.⁶¹

En meget viktig detalj både estetisk og teknisk, er overgangen mellom gulv og parapet, blant annet vist i detalj O, (fig. 7.2.32) merket med nr. 10 på denne tegning. Samme detalj vises i flere detaljer. I den originale utførelsen ble gulvmaterialet (fuktmembran, mørtel og

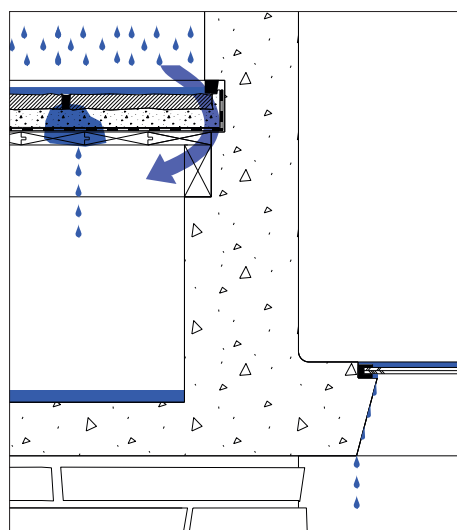


Fig 7.2.31.

Fuktproblemer i terrasser og overlys i biblioteket.

60. Hoffmann (1978) side 50. Det kommer ikke tydelig frem i dokumentasjonen at underlaget var sand eller murmørtel. Av film (Love2006) tatt under de siste utbedringer av huset, ser det ut som underlaget inne var mur.

61. Jerome, Weiss og Ephron, H. (2006), se side 4

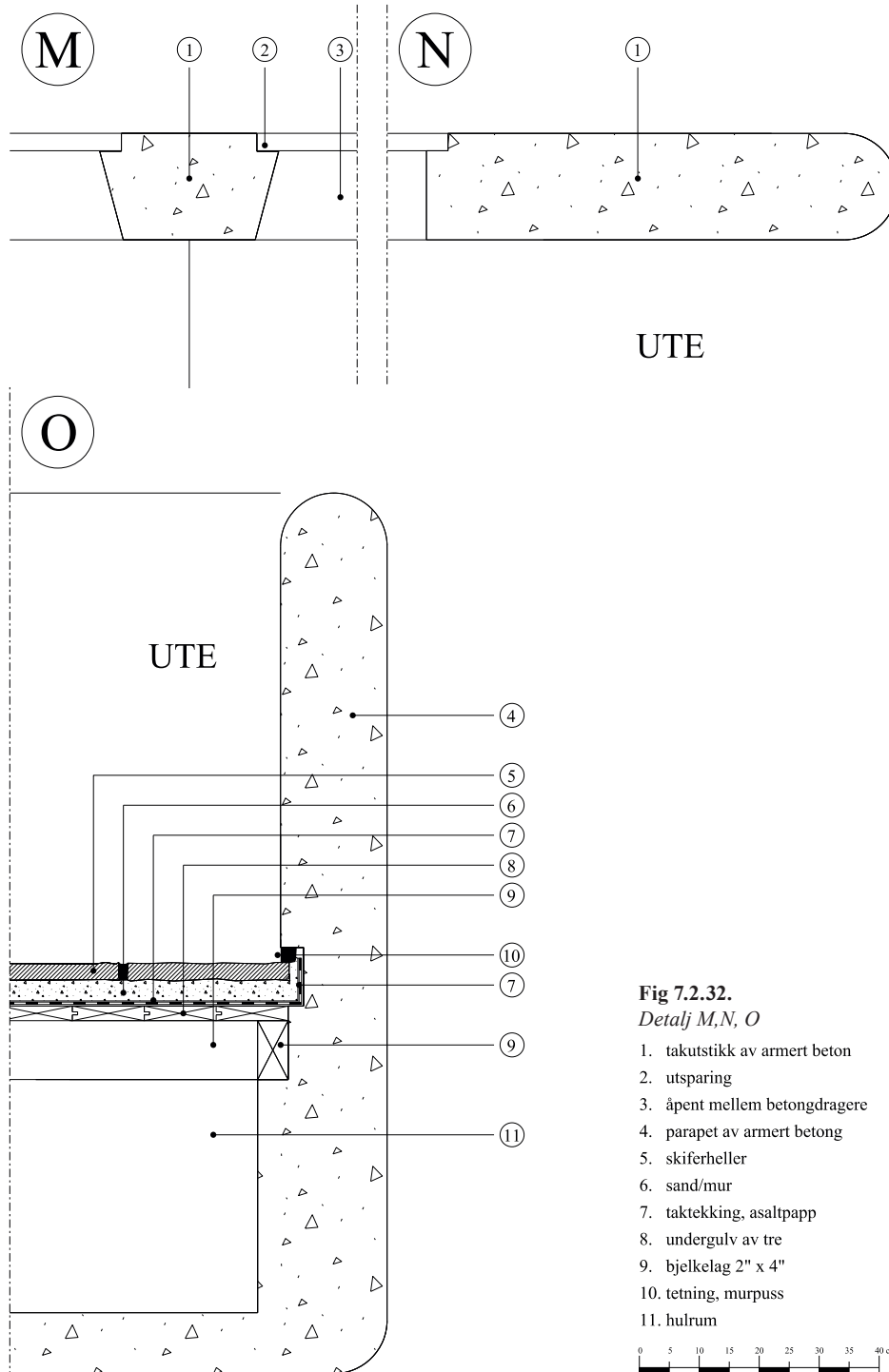


Fig 7.2.32.
Detalj M,N, O

1. takutstikk av armert betong
2. utsparing
3. åpent mellom betongdragere
4. parapet av armert betong
5. skiferheller
6. sand/mur
7. taktekking, asaltapp
8. undergulv av tre
9. bjelkelag 2" x 4"
10. tetning, murpuss
11. hulrum





Fig 7.2.33.

Trappen ned til elven, fra stuen. Detalj G og I viser oppbyggingen av denne trappen, der den sirkelformede parapeten rundt trappenedgangen og glassveggene avgrensner det ytre fra det indre.
Kilde: Cambridge2000.com.

skiferheller) ført inn i en horisontal utsparing i parapeten. Fuktmembranen ble brettet opp på veggen inne i utsparingen, og til slutt ble fugen mellom parapet og skiferhelle tettet med murmørtel. Denne detaljen er blitt dratt frem som eksempel på Wrights vilje til å lage minimalistiske overganger som tjente hans estetiske intensjoner, i lærebøker om arkitektur.⁶²

Byggskader takterrasser

Det kommer flere byggskader til syne i takterrassene. Problemet ligger først og fremst i oppbyggingen av konstruksjonen og detaljeringen ute ved parapeten. Problemet er illustrert i fig. 7.2.31. Nye studier har vist at fuktmembranen i terrassegulvet fortsetter inn i huset. Det er ingen høydeforskjell mellom gulvet ute og inne, og ingen fuktstoppere ble funnet ved terskler i dører eller vinduer. Dette har ført til at fukt som har kommet seg under steingulvet, har klart å renne inn i huset oppå fuktmembranen. Terrassegulvet var i tillegg uten nedløp, slik at i fuktig vær eller under snøsmelting rant vann inn i bygget. På grunn av hull i fuktmembranen i terrassegulvet og mangel på drenering, samlet det seg etter hvert fukt i hulrommet

62. Ford, E. R. (1990). The details of modern architecture. Cambridge, Mass.: MIT Press. Se side 340-344.

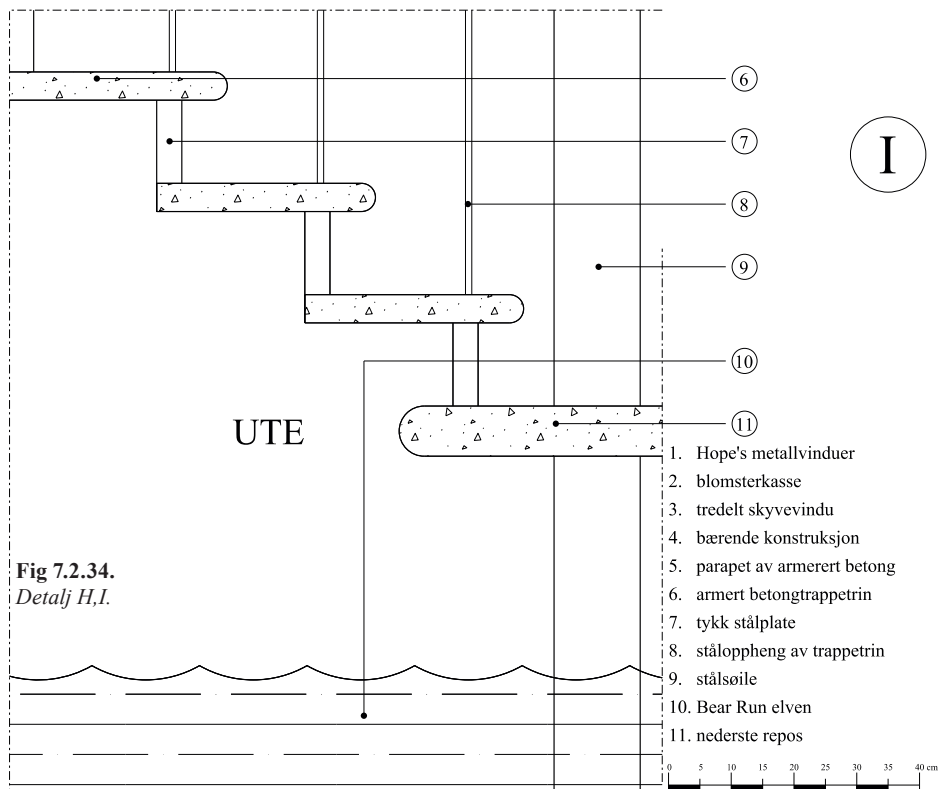
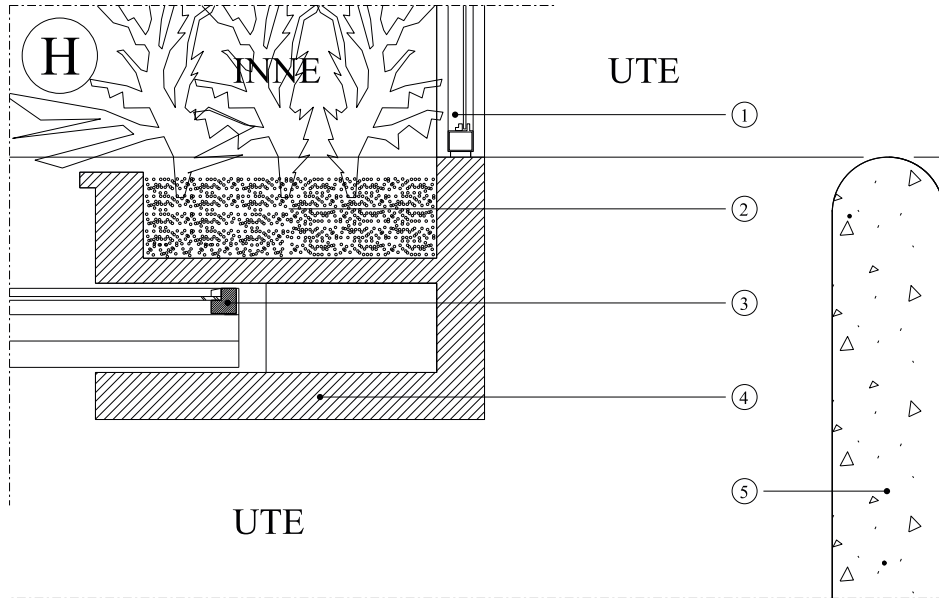


Fig 7.2.34.
Detalj H,I.

1. Hope's metallvinduer
2. blomsterkasse
3. tredelt skyvevindu
4. bærende konstruksjon
5. parapet av armerert betong
6. armert betongtrappetrin
7. tykk stålplate
8. stålloppheng av trappetrin
9. stålsoile
10. Bear Run elven
11. nederste repos



mellom betongkonstruksjonen og gulvet, slik det er vist i fig. 7.2.31. I Kaufmanns tid ble det gjort forsøk på å drenere denne fukten bort ved å bore hull i gulvet under utkragningen i første etasje og installere dreneringsrør. Dette tiltaket hjalp til å drenere vekk det meste av den innestengte fukten. Flere ganger er det blitt byttet gulv og fuktmembran i terrassegulvet.

I den siste utbedringen som startet i 1999, oppdaget man skader på utbedringer gjort på 1990-tallet. Fuktig og ødelagt byggematerialer viste seg mange steder. Det ble registrert femti lekkasjer, der noen stammer fra 1937, da hovedbygget ble tatt i bruk.⁶³

En viktig del av den arkitektoniske opplevelsen er trappen ned til vannet, illustrert i detalj G (fig. 7.2.27) og detalj H og I (fig. 7.2.34). Et foto merket fig. 7.2.33 gir et inntrykk av denne trappen. Denne trappen, som i flere referanser er blir trukket fram som enestående arkitektonisk løsning, har ikke vært uten problemer. Vanndamp fra elven har kommet seg inn i bygget via utette skjøter mellom vinduer og vegger. Under flom i elven har vann også kommet seg inn i huset denne veien.

Byggskader i overlys

Et annet viktig arkitektonisk element er overlys over det såkalte biblioteket i 1. etasje, illustrert i detalj D og J, se fig. 7.2.24 og 7.2.29. Dette overlyset har flatt glass som detaljene viser. Disse overlysvinduene har lekket fra første stund, slik fig. 7.2.31 illustrerer. Den tekniske oppbyggingen med innebygget takrenne/nedløp, se punkt nr. 4 på detalj J, er en mangelfull løsning. Disse rørene ble tettet av rusk, men også av is. Skjøtene mellom det flate glasset og metallrammen var også svært vanskelig å få tette. Problemet ble også forverret av de hyppige bevegelsene i betongkonstruksjonen, som både ble fremkalt av nedbøyning og temperaturbevegelser. Det var først ved de siste utbedringer at man klarte å stoppe lekkasjene rundt dette glasstaket.⁶⁴

7.2.6. Utbedringer av byggskader

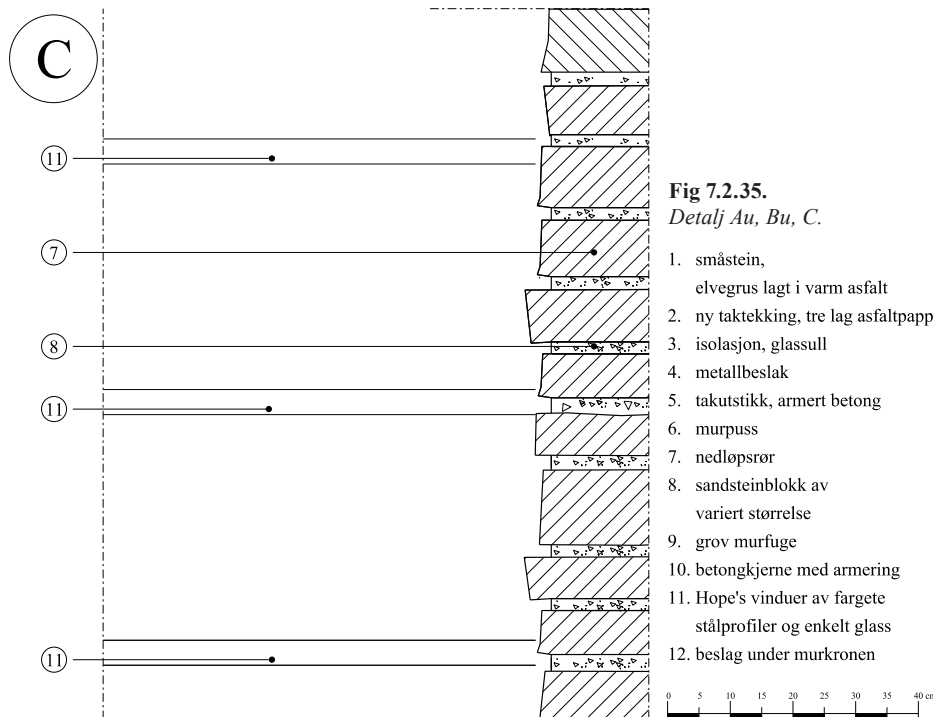
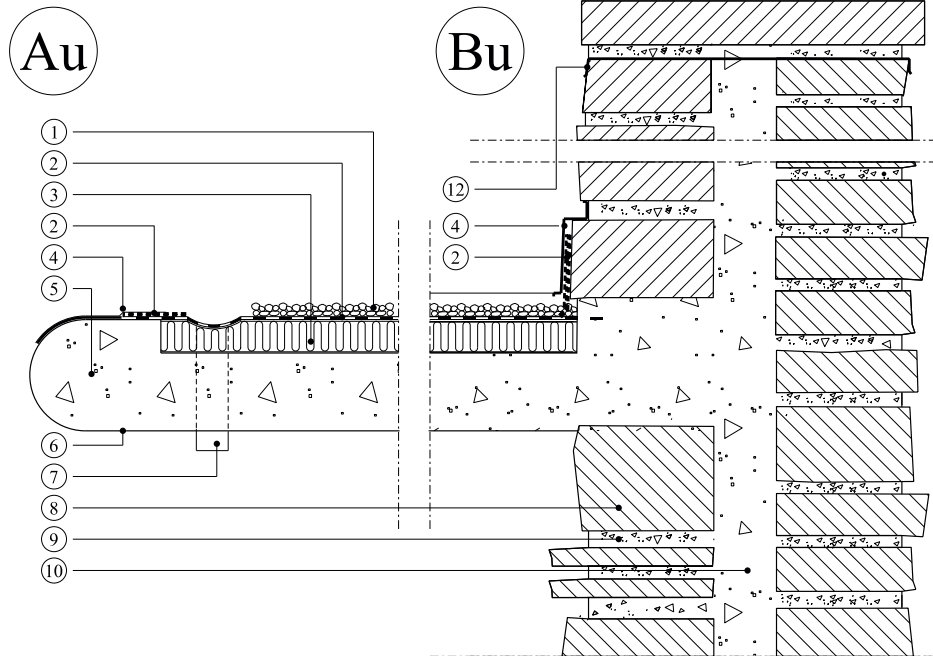
Utbedringer omfattet forsterkning av utkragningene, fuktsikringer av klimaskjermen og rehabilitering av interiøret. I 2005 var kostnadene for dette kommet opp i 11,5 millioner dollar. Utbedringsdetaljene som drøftes her er i sandsteinsvegger, horisontale tak, takterrasser og overlys.

Utbedringer av sandsteinsvegger har i stor grad gått ut på å reparere skadet fugemasse med nye fuger med større fuktmotstand. Fugene ble også smurt med gjennomiktig fuktavvisende impregneringsmiddel.⁶⁵

63. Jerome, Weiss & Ephorn (2006), se side 4.

64. Jerome, Weiss & Ephron (2006) se side 4 til 6.

65. Jerome, Weiss & Ephron (2006) se side 7 til 8.



Detalj Au og Bu (fig 7.2.35) viser utbedringer av flate tak og takutstikk. Utbedringene ble meget krevende, ikke minst på grunn av kravet om å beholde opprinnelig utseende/estetikk, samtidig som utførelsen skulle være fuktsikker. Den nye taktekingen ble bygget opp av tre lag asfaltpapp, festet sammen med flytende asfalt. Oppå kommer en overflate av lys fingrus av samme type som i originalutførelsen som er limt til underlaget. Glassull er blitt lagt under fuktmembranen der det har vært mulig, for å øke varmeisolasjonen i bygget.⁶⁶ En viktig, men nødvendig endring, var å legge fuktbeskyttende beslag i overganger mellom tak og vegger, merket med punkt nr. 4 på fig 7.2.35.



Fig. 7.2.36.
Taktekkingsarbeid på takterrasser.
Kilde: Gawlik & Robinson (2003).

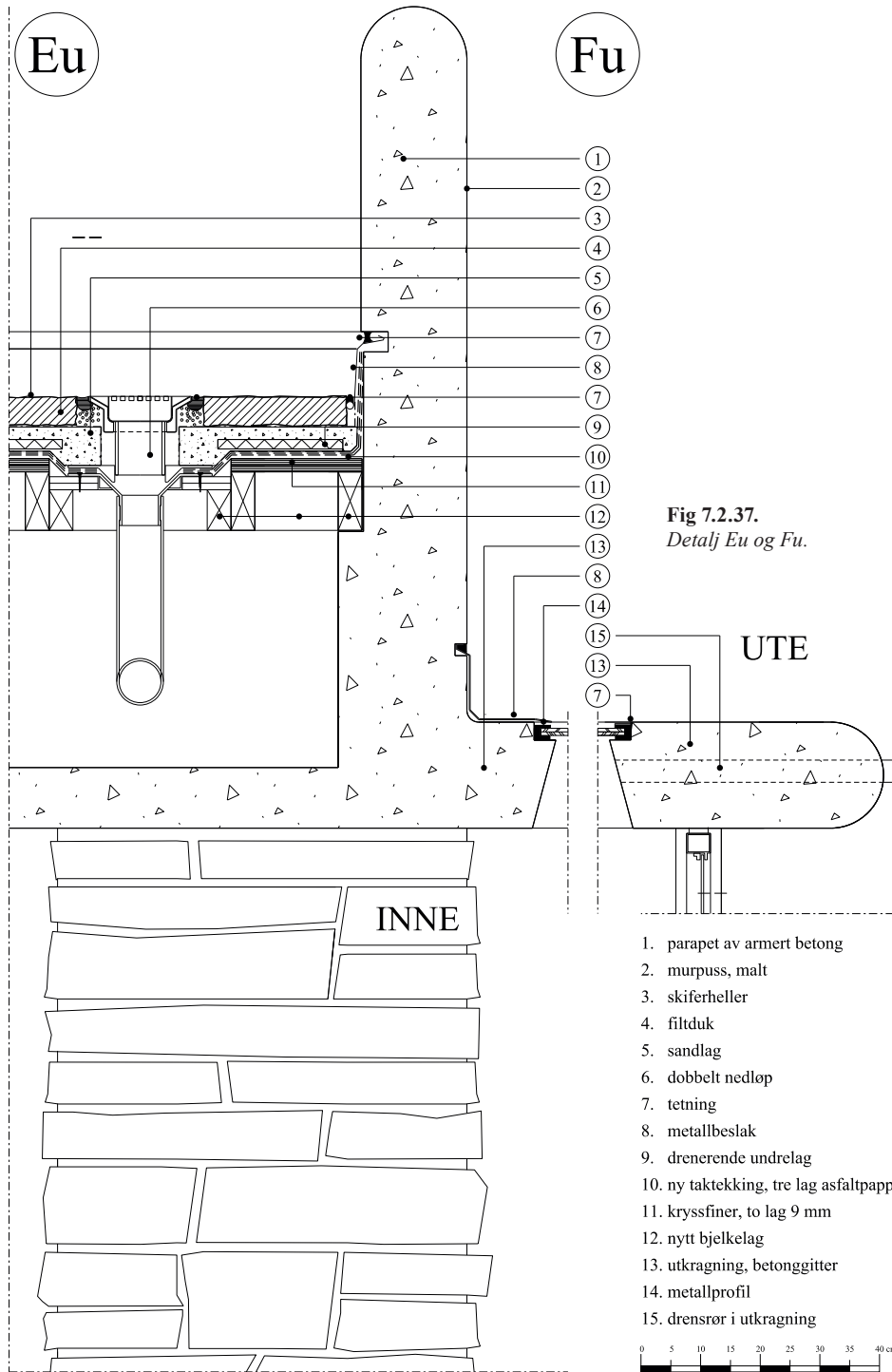
Detalj Eu og FU (fig 7.2.37) viser den nye utførelsen av takterrasser og fuktsikring ved overlyset i biblioteket i første etasje. Utbedringen av terrasser gikk ut på å sette nytt bjelkelag av tre inn i konstruksjonen. Undergulv ble laget av kryssfiner. Fuktmembran ble laget av tre lag asfaltpapp, limt sammen med flytende asfalt. Legg merke til hvordan fuktmembranen blir ført inn i utsparingen i parapeten og lukket med metallbeslag, merket med punkt nr. 8 på detaljen. Oppå tekkingen ble det lagt dreneringsmatte, som er koblet til nytt dobbelt nedløpssystem. Oppå det kommer det et sandlag, filtduk og til slutt de originale skiferhellene.

Skiferhellene ble merket da de ble fjernet i forkant av utbedringen, og ble plassert på samme sted som de var i den originale utførelsen. Alle fuger ble tett med vanntett fugemasse. Det benyttes doble nedløpssystem, som både tar overflatevann og vann/fukt som kommer seg igjennom hovedlaget. For første gang i Fallingwaters historie er bygget nå blitt regntett ved hjelp av totrinns tetting i takterrassene.

Hope's Windows som produserte de originale vinduene klarte å skaffe reservedeler til ødelagte vindusposter som ble skiftet ut. Alt glass i bygget er blitt skiftet ut, og fuktsikker tetting installert der vinduer møter betong og sandstein.

Utbedringer av betong og mur har gått ut på å fjerne ødelagt betong og reparere med nye materialer. Mye av arbeidet gikk ut på å finne overflatebehandling som passet til original utførelse samtidig som den tok høyde for påkjenningen på stedet. En del resurser ble bruk til å studere murpussen og maling, som i mest mulig grad

66. Jerome, Weiss & Ephron, (2006) se side 5.



skulle likne den originale, samtidig som den skulle tåle det fuktige klimaet på stedet og motvirke tilsmusninger. I den sammenheng påpekes det at tilsmusning er et gjennomgående problem i den modernistiske arkitekturen, som ikke tar høyde for dette vanlige problemet verken i formgivning, materialvalg eller detaljering. Malingen måtte også være miljøvennlig og anvendbar for de ansatte som skulle utføre regelmessig vedlikeholdsarbeid. Resultatet ble flere lag maling med de ønskede egenskapene.⁶⁷

7.2.7. Refleksjon og sluttbemerkning

I dette eksempelstudiet har formålet vært å undersøke årsakene til byggskadene i Fallingwater. Fallingwater brukes i denne avhandlingen, fordi byggeprosjekter er godt dokumentert igjennom utallige publikasjoner som blant annet omhandler utbedringer av byggskader. Mange interessante fenomener har blitt oppdaget i denne analysen, som senere brukes i kapittel 8 i drøftingen av hovedkonklusjonen.

Refleksjon over det innovative

Fallingwater er et grensesprengende bygg. Det første som bør nevnes er det visuelle elementet. Der er utformingen av takterrasser og plasseringen over fossen viktig i å gi bygget en visuell slagkraft uten sidestykke. Men Fallingwater sprengte også flere byggetekniske grenser. Flere innovative løsninger ble introdusert med bygget som påvirket utviklingen innen den modernistiske arkitekturen, men også byggeindustrien. Eksempler på det er bruken av glass og de utsøkte minimalistiske detaljer, der glass føyes rett inn i sandsteinsvegger og ruter er uten hjørneposter. Utover det har bygget i de senere år blitt en viktig kilde for ny kunnskap om byggskader. Pådrivere bak de innovative elementer var arkitekten og byggherren, som var villig til å betale for det kostbare bygget.

Refleksjon over sammenhengen mellom klimapåkjenning og byggskader

Det bør presiseres at fuktpåkjenningen på stedet er langt større enn i de andre eksemplene som beskrives i denne avhandling. Viktigste påkjenningsfaktor er at bygget ligger i svært fuktige omgivelser året rundt, der en ekstra belastning stammer fra vanndamp fra elven og fossen under bygget. Men Fallingwater, som drar sitt navn av denne plasseringen, er også uheldig utformet i forhold til denne påkjenningen. De ekstra store flate takene og takterrasser som stikker ut i det fri og fanger opp fukten i omgivelsen, er opphavet til problemene. Problemene blir så forsterket av at det mangler skikkelig vanndrenasje i form av takrenner, nedløp og ikke minst klimarobuste detaljer. Men var det da slik at Wright og hans medarbeidere ikke var klar over at en slik formgivning kunne medføre byggskader? Man vet ut fra eksisterende kunnskap at bygningsfysikken var et ungt fag på Wrights tid. Vi vet også

67. Jerome, Weiss & Ephron (2006), se side 9 og 10.

at arkitekter og ingeniører i begynnelsen av det 20. århundre benyttet erfaringsbasert kunnskap og ”tommefingerregler” til å unngå byggskader i sitt designarbeid. En kunnskapsbase som Wright brukte mye (Hearn2003) var bøker etter Viollet-le-Duc, som flere steder beskriver designmessige tiltak til å unngå fuktskader.⁶⁸ En annen nærliggende referanse om Wrights kunnskap om fuktproblemer, er hans egen selvbiografi, som først ble publisert tidlig på 1930 tallet, før Fallingwater. I denne boken beskriver Wright sine egne erfaringer av lekkasjer som følge av fuktig klima.⁶⁹ En interessant diskusjon av Wrights forhold til lokal klimapåkjenning og lekkasje, finner man i Sully (2009). Av disse referansene fremgår det at Wright, som ofte hadde designet bygg som lakk i fuktig klima, var godt inne i de byggetekniske problemer som fuktig klima medførte.

Refleksjon over drivkreftene i byggeprosessen

Studien av spørsmålene om hvilken innvirkning drivkreftene i byggeprosessen hadde på utviklingen av byggskader, har vist interessante forhold. Flere ugunstige forhold i byggeprosessen er blitt påpekt. Blant disse er samarbeidsproblemer mellom nøkkelpersonene: byggherren og arkitekten. Prosessen som tok tre år var preget av tidspress, i hovedsak fremkalt av byggherrens iver etter å ta bygget i bruk, men også arkitekten som ville publisere bygget. Til tross for tidspress, hadde arkitekten frihet til å utvikle sitt design, noe han også gjorde, men på sin måte. En positiv faktor i prosessen var de gunstige økonomiske forholdene. Byggherren hadde tilgang til store økonomiske midler som han var villig til å bruke på bygget, som ble meget kostbart å bygge. Eksempler på de gunstige økonomiske forhold er at arkitekten fikk utbetalt et stort honorar i forhold til datidens målestokk.⁷⁰

Et problem i prosessen ser ut til å være det at utover Wright fantes det liten teknisk ekspertise i prosjekteringsgruppen. Den besto av unge arkitektstudenter og medgjørlige medarbeidere, som hadde lite å stille opp med mot den selvhevdende Wright, som i tillegg avviste all kritikk. Et eksempel på dette er Wrights raseri overfor de som kritiserte hans design, spesielt ingeniørene som arbeidet for byggherren Kaufmann.

Disse medarbeiderne jobbet til tider under vanskelige forhold. Arbeidet deres ble ikke enklere, fordi Wright var bortreist i kritiske perioder i prosessen. I følge Friedland og Zellman (2006) var Wright ikke til stede på arkitektkontoret i flere måneder i begynnelsen av 1937. Han var først på en lengre tur til New York, California og Arizona, og senere til Moskva. Da var byggingen av Fallingwater inn i en kritisk fase, og det manglet tegninger av viktige detaljer i klimaskjermen.

68. Viollet-le-Duc, E. E. (1874).

69. Wright, F.L. (1943). *An autobiography* / Frank Lloyd Wright. New York : Duell, Sloan and Pearce

70. Se diskusjon i 7.2.4. der det kommer fram at Wright fikk i overkant av 8 000 dollar for prosjekteringen.

Refleksjon over designideologien

Undersøkelsen av designideologien viser at Fallingwater følger den modernistiske designideologi i alle hovedtrekk. Bygget har meget store flate tak og takterrasser, som også er opphavet til problemene i klimaskjermen. Utformingen og materialbruken følger ærlighetsprinsippet. Detaljeringen er minimalistisk, og følger de estetiske idealer som er innlagt i de modernistiske designteoriene, og er delvis utviklet av Wright selv. Det ser ut som føringen som blir lagt i designideologien om formgivningen og detaljeringen, er en nøkkelfaktor i opphavet til byggskadeproblemene som er blitt beskrevet.

Refleksjon over sammenhengen mellom prosjekteringen og byggskadene

Her hevdes det at hovedårsaken til byggskaden i Fallingwater er den bevisste formgivningen og detaljeringen som ignorerte påkjenningen fra klimaet og andre naturkrefter. Hoveddrivkraften bak denne formgivningen ser ut til å være behovet for å skape et visuelt grensesprengende bygg. Dette har sannelig lyktes, etter som bygget beundres for det spesielle utseendet og plasseringen over fossen. Selv om varigheten har vært dårlig ut i fra den vitruviske lære om den varige, nyttige og vakre arkitekturen, har bygget gjort stor nytte både for arkitekten og byggherren, til tross for alle byggskadene. Begge to ble verdensberømte etter at byggeprosjektet ble kjent i media. Ut i fra dette kan man spekulere i om de primære mål med bygget først og fremst var å vekke oppsikt med den dristige formgivningen, som skulle vitne om en kreativ arkitekt og en kunstelskende byggherre. En vittig uttalelse fra Wright ser ut til å underbygge dette: "If the roof doesn't leak, the architect hasn't been creative enough."⁷¹

71. Donohue (1989).

7.3. Universitetscenteret på Dragvoll



Fig 7.3.1.
*Universitetscenteret på Dragvoll, foto fra den glassoverdekte gaten.
Foto: Helge Solberg - Privat fotoarkiv.*

7.3.1. Innledning



Fig 7.3.2.

Foto av fasade mot vest tatt i 1980.

Kilde: Lund, N.-O. (1996), side 191.

Hvorfor dette bygget?

Universitetssentret på Dragvoll er et utmerket eksempel på et strukturalistisk byggeprosjekt fra 1970-tallet. Bygget ble designet og bygget i løpet av en 10 årsperiode, fra 1969 til 1979, basert på vinnerutkastet i en nordisk arkitektkonkurranse for Universitetet i Trondheim, i dag NTNU.

Eksemplet får plass i denne undersøkelsen fordi det er en interessant, innovativ, modernistisk arkitektur, som lenge har hatt fuktskader. Det som gjør prosjektet spesielt aktuelt for denne undersøkelsen, er at fuktskadene i stor grad kan relateres til svake detaljer i klimaskjermen. Disse detaljene har videre klare forbindelser til sentrale modernistiske designidealer. Konstruksjonen er et utmerket eksempel på påhengt yttervegg, såkalt flettverksprinsipp. Det påpekes at anlegget som studeres er underlagt total rehabilitering når dette skrives.¹

Hvordan undersøkelsen ble utført

Forskningsmaterialet stammer fra flere kilder. Det foreligger flere publikasjoner i arkitekturpressen om universitetet på Dragvoll. Forfatteren har utført flere tilstandsvurderinger, den siste fra juni 2010. Viktige aktører ble intervjuet for å undersøke drivkrefter i byggeprosessen. Den viktigste delen av undersøkelsen har vært å studere originale detaljer og de utbedringene som er blitt utført. Dette ble gjort ved at sentrale detaljer ble tegnet opp ved hjelp av CAD-programmer til bruk i utforskning og presentasjon. Det bør fremheves at viktig støttematerialer i undersøkelsen har vært flere skadeutredninger utført av SINTEF Byggforsk, rettet mot lekkasjer og problemer i innklimaet.² Byggskader og innemiljøproblemer på Dragvoll har flere ganger blitt omtalt i lokale media.³

1. Denne teksten ble skrevet i september 2010. Rehabilitering ble iverksatt for å stoppe de langvarige lekkasjene og for å bytte ut defekte byggematerialer.

2. Geving, S. (2008). Universitetet på Dragvoll. Fukt- og muggsopp-skader i fasader (pp. 11). Trondheim: SINTEF Byggforsk.

3. Meland, S. I. (2008, 29. mars). Dragvoll-bygg må saneres for sopp, Adressa. Hentet 29.01.2012 fra <http://www.adressa.no/nyheter/trondheim/article1055691.ece>

7.3.2. Design og byggeteknikk

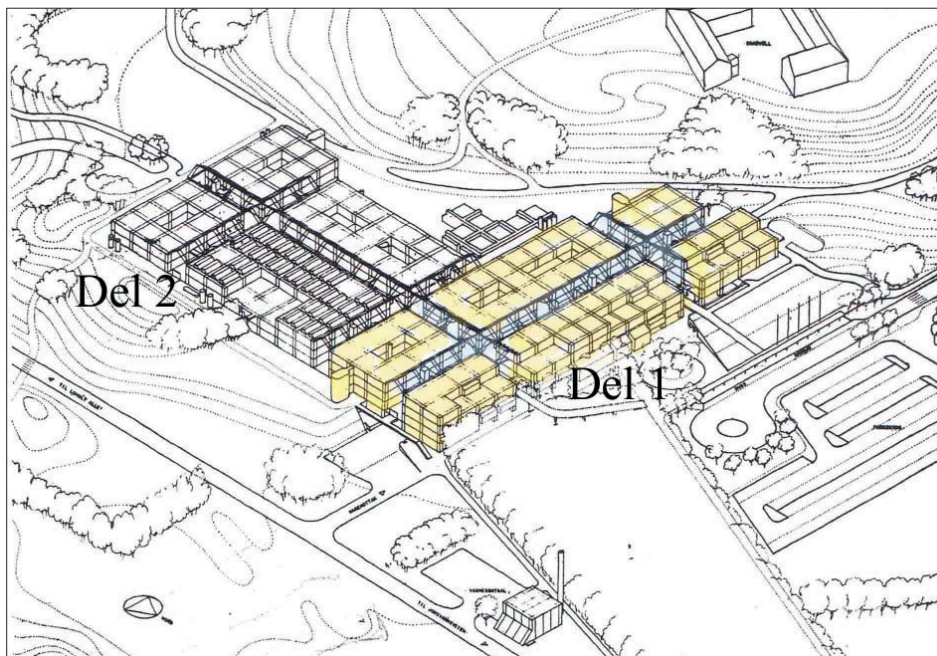


Fig 7.3.3.

Tegning som viser det arkitektoniske konseptet. Universitetscenteret på Dragvoll er en overbevisende utgave av strukturalisme i følge Nils-Ole Lund (1996). Det spesielle ved Dragvoll-prosjektet var ideen om å skape et bylignende universitetskompleks, laget av byggeblokker med smale lysgårder og et glassoverdekket gatenett. Bak lå en arkitektonisk visjon om å skape attraktive og klimatilpassede rammer rundt aktivitetene på det nye universitetet i det værutsatte Trondheim. Del 1 som omtales her er fargelagt på tegningen. Illustrasjon tegnet av Arkitekt Henning Larsen tegnestue og Arkitekt Knud Larsen
Kilde: Skriver, P. E. (1980), side 143.

Designidealer, form og funksjon

Universitetscenteret på Dragvoll tilhører den underkategorien av modernismen som kalles strukturalisme. I følge Nils-Ole Lund (1996) eksisterer det knapt noe prosjekt i den strukturalistiske stilen som er like overbevisende arkitektonisk som universitetscenteret på Dragvoll.⁴ Strukturalismen kom fram som designideologi på 1950-tallet, og omfatter bygninger planlagt etter modulsystem der standardiserte byggekomponenter anvendes for å løse store og små byggeoppgaver.⁵ Viktige begrep i denne designfilosofien var fleksibilitet, muligheter til forandring og utvidelse. De strukturalistiske ideene slo igjennom i 1963 da arkitektene Candilis, Josic og Woods vant førstepremien i en internasjonal arkitektkonkurranse om Freie Universitetet

4. Lund, N.-O. (1996). Arkitekt Henning Larsen. [København]: Gyldendal.

5. Gunnarsjaa (1999), se side 748-749.

i Berlin, med et strukturalistisk konsept.⁶ Henning Larsen, sjefsarkitekten for Dragvoll-prosjektet, fikk andrepremien i samme konkurrans og ble sterkt inspirert av ideene til Candilis, Josic og Woods. Senere fikk Larsen anledning til å realisere sine ideer fra denne konkurransen i et bygg på Freie universitet, som ble ferdigstilt i 1982.⁷ Inspirasjon til formgivning av Dragvoll-prosjektet ble hentet fra flere steder. En viktig inspirasjonskilde var historiske universiteter som Oxford, galleriet i Milano og gatestrukturen i gamlebyen i Trondheim, men også nye ideer om glassoverdekning av rom som var tidsaktuelle da universitetsanlegget var under planlegging.⁸ De opprinnelige planene i arkitektkonkurransen var å bygge et enormt anlegg på nærmere 700.000 kvadratmeter til 30.000 tusen studenter.⁹ Disse ideene ble kun delvis realisert. I dag er Dragvoll-anlegget på ca. 70.000 kvadratmeter. Del 1, som studeres i denne undersøkelsen utgjør ca. 25.000 kvadratmeter og vises med farger på fig., 7.3.3.

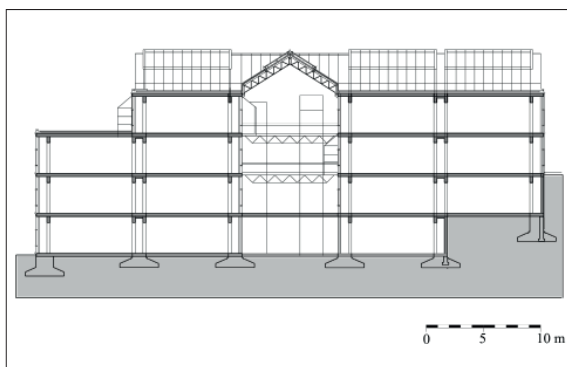


Fig 7.3.4.
Snitt gjennom Del 1, som viser konstruksjonsprinsippet, firbente betongsøyler, dragerne og hulldekkene.

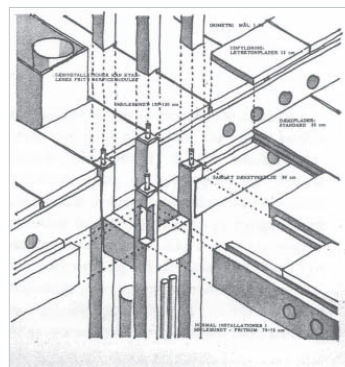


Fig 7.3.5
Konstruksjonsprinsippet med firbensøylen, dragerne og hulldekkene.
Kilde: Skriver, P. E. (1980), side 140.

Byggeteknikk

Konstruksjonen er ordnet etter et modulsystem tilrettelagt for planlegging og industriell produksjon av byggekomponenter. Horisontalt er modulsystemet laget av et rutenett med 7,2 meters avstand og et mellomledd på 1,2 meter. Høydemodulen er 3,5 meter.

Hovedkonstruksjonen er firbente betongsøyler, 1.2 meter i diameter, støpt i et

6. Lund, N.-O. (1996).
7. Henning Larsen Architects (2012). Freie Universität Berlin. Hentet 29.01. 2012, fra <http://da.henninglarsen.com/projekter/0000-0399/0087-freie-universitaet-berlin.aspx>
8. Skriver, P. E. (1980). Trondheim Universitet: Arkitekter: Henning Larsen's Tegnestue A/A. Arkitektur DK, nr. 4 1980, 141 - 145.
9. Skriver, P. E. (1980).

stykke i lengde opp til 4 etasjer, som hviler på plasstøpte betongfundament. De firbente søylene bindes sammen med tverrliggere av prefabrikkerte betongdragere, som danner opplegg for hulldekkselementer av prefabrikkert betong, brukt som gulv og tak i bygget. Tekniske installasjoner ble plassert inne i de firbente søylene. I takt med visjonen om å produsere bygget i størst mulig grad industrielt, ble det brukt prefabrikkerte, isolerte fasadeelementer av tre, som var lette å heise på plass. Vinduene er plasserte utenpå fasadeelementet og er masseproduserte metallvinduer. Det ytterste laget i fasadene er utlektede eternittplater i standardisert format. Takflater ble isolert med 120 mm tykk polystyren isolasjon og tekket med PVC duk som ble dekket av et lag elvegrus (rund småstein).



Fig 7.3.6.
Fasade mot sør. Fasaden er kledd med hvite eternittplater.



Fig 7.3.7.
Glasstaket og knutepunktene på de firbente søylene.

Bærekonstruksjonen for glasstakene er romgitterdragere og metallstenger som ble holdt oppe av de firbente betongsøylene. Gaten ble definert som et halvklimalisert rom og var en slags ”gave” til brukerne, fordi den knapt kostet noe ekstra i følge en av arkitektene.¹⁰ Ideen var at ved å bruke de midlene som ellers ville ha gått til å lage fullt isolerte fasader mot gaten, ble disse midler brukt til å bygge et glasstak. Glasstaket som da ble den ytre del av klimaskjermen, gjorde det siden mulig å anvende enkle og uisolerte byggelementer mot gaten. Overskuddsvarmen fra oppholdsrom som sivet ut gjennom de uisolerte byggelementer i gaten, ble siden brukt til å varme opp det halvklimaliserte gaterommet. I takt med ideen om at gaten skulle bli en halvklimalisert sone, ble glasstaket designet slik at store partier kunne åpnes og utemiljøet slippes inn.

10. Arkitekt. Universitetssentret på Dragvoll. Intervjuet av forfatteren, 15. desember 2004.

Dristige detaljer

Karakteristiske detaljer i fasaden er et system med gesimslister laget av avrundede ekstruderte aluminiumsprofiler. Ved taket er det en hovedgesims, båndgesims på etasjeskiller, mens fasadekledningen avsluttes med en sokkelgesims. Disse horisontale linjene blir ført over til glassfasaden. Interiøret i gaten har en annen karakter enn fasadene mot det ytre. Der blir konstruksjonen avdekket eller avkledd i henhold til det ofte omtalte ærlighetsprinsippet. Dette prinsippet blir av og til kalt "nakenhetsprinsippet", i betydningen av at konstruksjonen gjøres naken og vises fram. I gaten vises materialer med sin egen farge. De firbente betongsøylene kommer til syne, og de røffe og industrielt pregede detaljene i stålitter-konstruksjonen i glasstaket vises fram som ornamenter, men på en avdempet måte og i henhold til det normgivende ærlighetsprinsippet. Fasaden inn mot gaten er laget av prefabrikkerte trerammer med vinduer og felt under og over av lydabsorberende plater. Glasskarnapper stikker ut fra de innvendige fasadene. Interiøret preges ytterligere av utstikkende persiener, grønne planter og innstøpte jordkasser på gateplan. Designet av gulvet i gaten, som er belagt med røde teglfliser, er gjort med omtanke. Langs kanten er det innlagt rennestein som blant annet skal ta i mot fukt som kommer inn gjennom de store åpningslukene i glasstaket.

Oppsummering av form og byggeteknikk

Dragvoll universitetssenter er et utmerket eksempel på arkitektur som følger de modernistiske designprinsippene. De estetiske idealene hentes fra kjente funksjonalistiske forbilder som Bauhaus. Det innovative kommer til uttrykk i den industrielt preget arkitekturen og den røffe materialbruken, samt forfinede og minimalistiske detaljer. Ærlighetsprinsippet er sterkt til stede i detaljer og materialbruk. Bygget anses for å ligge høyt på innovasjonsskalaen.

Formspråket har sine røtter i den modernistiske arkitekturen, som kommer sterkest til uttrykk i det hvite og renskårne ytre, men også det glassoverdekte gatenettet. Alle tak er flate unntatt glasstakene. De flate takene brukes delvis som takterrasser. Bygget er en blanding av enkle og komplekse former, der størst kompleksitet er knyttet til de sammensatte detaljene.

Det ble lagt ned mye arbeid i å utvikle byggeprodukter til industriell produksjon, og byggeteknikken anses derfor for å være innovativ. Materialvalg og utforming av klimaskjermen er nøye gjennomtenkt, men detaljeringen er risikabel i forhold til klimaet på stedet.

7.3.3. Miljø- og klimapåkjenninger

Trondheim, som ligger ved Trondheimsfjorden, har fuktig klima. Dragvoll ligger i den sydøstlige delen av Trondheim, om lag 5 km fra sentrum, i 160 meters høyde over havet. Byggegrunnen er et landområde som tilhørte bondegårdene Dragvoll og Stokkan.¹¹ Omgivelsene er ellers en blanding av urban bebyggelse, kupert terreng og tett bevokst skog. Tomten er tidligere jordbruksland. Jordmassene på byggeplassen består stort sett av et flere meter tykt lag med leire oppå fast fjell.

Klimaet karakteriseres som mildt, fuktig og ustabil. Årlig middeltemperatur er 5,3 °C; middeltemperaturen i januar er -3,1 °C, og i juli 14,7 °C. Høyeste målte temperatur: 35,0 °C (juli 1901), laveste: -26,1 °C (februar 1899).¹² Den årlige nedbørsmengden er omkring 860 mm. Normalt har byen litt over 200 dager med nedbør hvert år, og ca. 70–100 dager med snødekke.¹³ Omkring 2/3 av nedbøren faller som slagregn fra sørvest. Denne klimapåkjenningen merkes godt ettersom sørvestvendte fasader og tak er mest utsatte for lekkasjer, men også for nedbrytning på grunn av solstråling og temperaturendringer.

Alt dette tatt i betraktning anses bygget for å være utsatt for litt over middels miljø- og klimapåkjenninger i henhold til definisjoner gjort i kapittel 4.

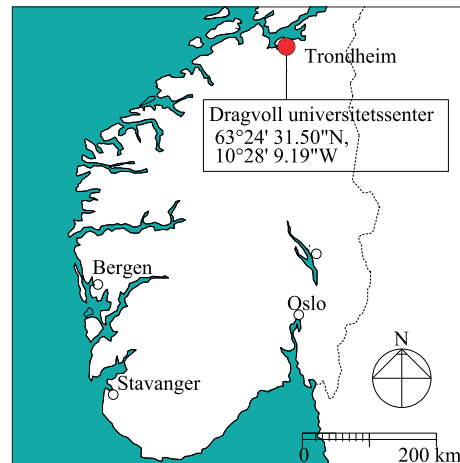


Fig 7.3.8.
Kartutsnitt av Norge, som viser husets plassering, ut i fra GPS punkter.

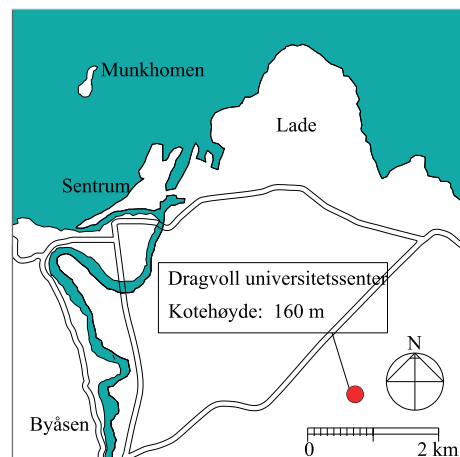


Fig 7.3.9.
Kartutsnitt av Trondheim som viser hvor i byen bygget er plassert.

11. SBED. (1994). Universitetssentret på Dragvoll: del 1. SBED Ferdigmelding nr. 233. Oslo: Statens bygge- og eiendomsdirektorat.
12. Bratberg, T. T. V., Arntzen, J. G., Eek, Ø., & Isachsen, H. (2008). Trondheim byleksikon: Klima. Oslo: Kunnskapsforl.
13. Bratberg, Arntzen, Eek & Isachsen (2008). Om klima i Trondheim.

7.3.4. Byggeprosessen

Oversikt

I denne undersøkelsen er fokuset rettet mot samarbeid og/eller konflikter mellom aktørene, men også mot bestemte hendelser. Undersøkelsen startet med en kort oversikt over de viktigste aktørene. Deretter følger en kronologisk gjennomgang av byggeprosessen. Den ender med vurdering av hvilke forhold i prosessen som kan ha hatt størst innvirkning på tilblivelsen av de designforårsakede byggskadene. Denne undersøkelsen bygger i stor grad på litteraturstudier og intervjuer med aktører.

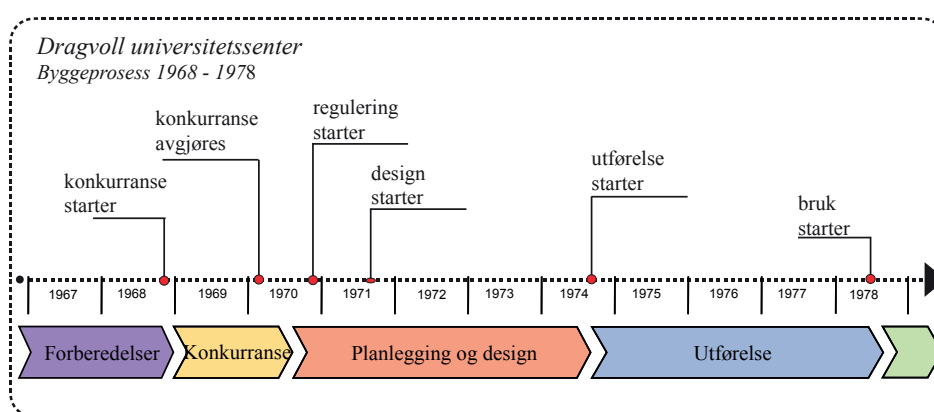


Fig 7.3.10.

Tidslinjen. Faseindelinger er markert med fargede piler, og viktige hendelser og milepæler er markerte med fargede flagg.

Det som kjennetegnet denne byggeprosessen, var det lange tidsforløpet fra de første ideene ble til i arkitekturkonkurransen og til bygget blir tatt i bruk. Arkitekten hadde god tid til å utvikle sine ideer, og byggherren var interessert i å bruke byggeprosjektet til å fornye byggeindustrien i landsdelen. På mange måter var forholdene rundt prosjektet gunstige. Til tross for dette oppsto det konflikter, men ikke den klassiske mellom arkitekten og byggherren eller entreprenøren. Her var konflikten en intern strid mellom arkitektene i designteamet.

De viktigste aktørene

Byggherre:

Byggherre var Statens bygg- og eiendomsdirektorat (SBED), i dag Statsbygg, på vegne av det som den gang var Kirke- og undervisningsdepartementet i Norge. Da bygget sto ferdig ble ansvaret for drift og vedlikehold overført til Universitetet i Trondheim. I ferdigmeldingen er det oppført en liste over aktuelle kontaktpersoner fra de mange byggherreinstansene som blir representert i et offentlig byggeprosjekt.¹⁴

14. SBED (1994), se side 15.

Prosjekterende:

Arkitekt: Arkitekt Henning Larsens Tegnestue A/S, ved sjefsarkitekt Henning Larsen. Rådgivende ingeniører er RGP-gruppen i Trondheim bestående av rådgivende ingeniør Arne R. Reinertsen, Byggeteknikk, rådgivende ingeniør Kristian Gjettum, VVS-teknikk og rådgivende ingeniør Gunnar Paulsen, EL-teknikk. Ingeniør Ottar Kummeneje tok seg av det geotekniske. Landskapsarkitekter var A/S Landskapsarkitekter Oslo.¹⁵

Utførende:

Entrepriseformen var Generalentreprise, med sidestilte entrepriser for byggetekniske fag. Hovedansvarlig var A/S Byggeteknikk, Trondheim.¹⁶ Denne entreprenøren har skiftet navn og heter i dag Reinertsen A/S.¹⁷

Byggeprosessen i korte trekk**Forberedelser – Nordisk arkitektkonkurranse 1968 - 1970**

Opphavet til byggeaktivitetene føres tilbake til 1968 da Stortinget vedtok å opprette Universitetet i Trondheim. Tidlig i planleggingen inngikk Staten og Trondheim kommune samarbeid om oppkjøp av et 1500 dekar stort område tilhørende bondegårdene Dragvoll og Stokkan, ettersom dette området var tiltenkt det nye universitetet.

Den neste milepelen i prosessen var da SBED, på vegne av byggherren, utlyste en nordisk ide- og reguleringskonkurranse. Det var forutbestemt at konkurransen skulle avholdes i to trinn, der det første trinnet var åpent for alle nordiske arkitekter. Konkurransen ble utlyst i desember 1968 med første innleveringsfrist våren 1969. På innleveringsdatoen ble det levert 24 forslag i første trinn av konkurransen. Juryen tok seg god tid til å velge ut de fem forslagene som skulle konkurrere om designoppdraget i trinn 2. Det var først ut på høsten 1969 at annet trinn i konkurransen startet.

Innblick i prosjektet kommer fra intervjuer med en arkitekt som var ansatt hos Henning Larsen under hele prosessen.¹⁸ I følge denne arkitekten startet historien vinteren 1969, da tre unge arkitekter jobbet med Dragvoll-konkurransens første trinn. Henning Larsen, sjefen på kontoret, var bortreist, men ”hans ånd svevde” over arbeidet. De tre unge arkitektene, ansatte i tegnestuens konkurranseavdeling, var opptatt av å oppnå suksess og vinne premier i konkurranser. Arkitekt Henning Larsen tegnestue var en kjent konkurransevinner, og firmaets viktigste oppdrag fram til da kom fra vinnerforslag i arkitektkonkurranser. Ifølge arkitekten var

15. Skriver, P. E. (1980), se side 143

16. SBED (1994), se side 15

17. Arkitekt og prosjekteringsleder. Universitetssentret på Dragvoll. Intervjuet av forfatteren, 12. januar 2005.

18. Ibid.

forslaget til første trinn et hardt strukturalistisk forslag, prinsippfast og idealistisk, og levert uten innblanding fra Henning Larsen. Under utarbeidelsen av det andre trinnet deltok Henning Larsen aktivt i ideutviklingen. Han laget blant annet fengende frihåndsskisser og skrev gode beskrivelser som utdypet ideer og intensjoner med prosjektet. Dette førte til at prosjektet ble myket opp og formgivningen ble mer elegant. Juryeringen av andre trinn tok flere måneder. Det er først i slutten av januar 1970, at dommen falt, og juryen gikk enstemmig inn for forslaget til Arkitekt Henning Larsens tegnestue.¹⁹

Planlegging og design

Arbeidet med forberedelser startet like etter premieutdelingen. Men det tok tid før den egentlige projekteringen kunne starte. Grunnen var at det store Dragvoll-området måtte reguleres. Reguleringsarbeidet ble utført av arkitekt Henning Larsen og hans medarbeidere. Samtidig med dette laget tegnestuen en utredning; *Universitetet i Trondheim, konkurranseprosjekt april 1969 – mars 1970*.²⁰ I følge en av medarbeiderne var dette morsomt og godt betalt arbeid, ettersom arkitektene fikk lov til bruke den tiden de trengte til å utvikle planer og ideer.²¹ Arbeidsvilkårene og timehonorarene var gode. En viktig del av arbeidet var å dele opp det store komplekset i oversiktlige byggetrinn, og dessuten utarbeide konsepter om industriell fremstilling av byggekomponenter, som etter planen skulle produseres i størst mulig grad i Trøndelag.

Skisseprosjekt

Først ut på høsten 1971 startet den egentlige projekteringen. Da opprettet arkitekt Henning Larsen en filial i Trondheim med å plassere en gruppe unge danske arkitektmedarbeidere i byen. Samtidig ble rådgivende ingeniører engasjerte, og SBED opprettet sin prosjektadministrasjon ved distriktskontoret i Trondheim.²² I desember samme år ble en disposisjonsplan for Dragvoll-området lagt fram. I februar 1972 hadde byggherren kommet fram til at det første byggetrinnet skulle deles opp i tre deler av budsjettmessige hensyn. Videre ble romprogrammet utarbeidet og godkjent for del 1 og del 2. I september ble skisseprosjektet, som omhandler del 1 og del 2, lagt fram.²³ Arkitektene jobbet også med reguleringsplanen, som ble godkjent av Trondheim kommune i april 1973.

Forprosjekt

Etter at skisseprosjektet var levert, startet arbeidet med forprosjektet, der målet var å

19. SBED (1994), se side 1.

20. Larsen, H. (1970). Universitetet i Trondheim: beskrivelse av konkurranseprosjekt tildelt 1. premie. [S.l.]: [s.n.].

21. Arkitekt. Universitetssentret på Dragvoll. Intervjuet av forfatteren, 15. desember 2004.

22. SBED (1994), se side 1.

23. SBED (1994).

legge frem en byggemelding og søke om byggetillatelse. Inntil dette tidspunktet hadde den danske arkitektgruppen i Trondheim arbeidet uten formell prosjekteringsleder på stedet. Henning Larsen, sjefsarkitekten, kom en gang i måneden opp til Trondheim, og to av arkitektene fra konkurransegruppen som arbeidet på kontoret i Trondheim, hadde et visst faglig ansvar ettersom de hadde vært med fra starten. Men disse arbeidsforholdene førte etter hvert til interne samarbeidsproblemer i designgruppen. Samarbeidsproblemene viste seg som uenighet mellom de danske arkitektmedarbeiderne på stedet og sjefen i København, som en sjelden gang kom til Trondheim.

Tidlig i 1973 ble en norsk arkitekt ansatt som prosjekteringsleder. Inntil da hadde prosjekteringsgruppen i Trondheim arbeidet uten formell leder. Denne prosjekteringsleder kommenterer Larsens arbeidsmåte og faglig holdning slik:

Han kom her minst en gang i måneden og ble gjerne et par dager. Da hadde vi intense og frodige seanser døgnet rundt. I løpet av et sånt besøk produserte han utallige helt konkrete skisser. Denne styringsformen var nok først og fremst en designmessig kontroll. Han kom ikke og fortalte oss hvordan ting skulle gjøres, snarere hvordan de burde gjøres. Jeg opplevde Henning Larsen som en direkte person, som foretrakk å arbeide med helt konkrete former. Jeg tror han anså ord for overflødige - simpelthen fordi de ikke makter å gjøre tingene vakrere.²⁴

Et interessant innblikk i arbeidet i designgruppen og i problemene mellom sjef og medarbeidere i Trondheim kommer frem i et senere intervju med prosjekteringslederen.²⁵ I følge han ledet Henning Larsen prosjekteringen først og fremst med å tegne skisser, og på den måten vise medarbeiderne hva som var gode designløsninger. Gruppen på stedet ble på en måte fortørnet når Henning Larsen kommenterte hva designgruppen tegnet seg frem til. Hvis sjefen ikke likte medarbeidernes forslag, ble kommentaren ”ikke bra nok”, i følge prosjekteringslederen.²⁶ En episode som prosjekteringslederen drar fram gir innsikt i samarbeidsproblemer i designgruppen. Da Henning Larsen kom på et av sine regelmessige besøk, ble han rasende over noe han syntes var grusomt stygge detaljer i stålkonstruksjonen for glasstaket. Noen av arkitektmedarbeiderne på stedet hadde jobbet med en av detaljene som sjefen ikke likte. Fordi Henning Larsen var en dyktig tegner med bakgrunn hos modernisten og minimalisten Arne Jakobsen, der han var blitt oppdratt til å tegne seg fram til løsninger, satte han seg ned og tegnet hele natten, og kom tilbake neste dag med et skissemessig forslag.

24. Lund, N.-O. (1996), se side 55.

25. Arkitekt og prosjekteringsleder. Universitetssentret på Dragvoll. Intervjuet av forfatteren, 12. januar 2005.

26. Ibid

Dristige detaljer

Men fordi gruppen på stedet ikke kunne bli enige med sin dyktige sjef, men måtte vise solidaritet med de fornærmede medarbeiderne, som hadde utarbeidet detaljen først, fortsatte friksjonene ²⁷

I følge prosjekteringslederen førte samarbeidsproblemene til en tautrekking mellom den erfarne og etter hvert berømte sjefsarkitekten og de mindre erfarne medarbeiderne som arbeidet med den konkrete prosjekteringen på stedet. De problematiske detaljene i klimaskjermen, som har forårsaket de fleste byggskadene, ser ut til å ha blitt til under disse forhold. Dragkampens kjerne ser ut til å ha vært de faglige uenigheter mellom en gjeng nyutdannede arkitekter og en sjefsarkitekt som arbeidet i København langt borte fra byggeplassen.²⁸ Prosjekteringslederen vurderer årsaken til de defekte detaljene slik i et tilbakevendende blick:

Vi var en gjeng noviser, som ikke fikk lov, og vi skjønte jo ikke dette her med hvordan snø legger seg og smelter og hvordan vannet renner. [...] Det er ikke tvil om at dette eksemplet viser at det manglet kunnskap. ²⁹

Men det ble samtidig utviklet innovative og tekniske bra detaljer. Blant slike detaljer er drenerte profiler i glasstaket. Slike løsninger kaller man i dag tottrinns tetting. Dette prinsippet ble introdusert for første gang i Dragvoll-prosjektet og da som et resultat av det intense og kreative arbeidet i prosjekteringsgruppen. Andre nyheter var utvikling av ekstruderte aluminiumsprofiler og tettingslister av Neopren.

I Dragvoll-prosjektet ble samarbeidet mellom prosjekteringsgruppen og byggherren beskrevet som godt. Forholdet ble i følge den danske arkitektmedarbeideren spesielt bra etter at den norske prosjekteringslederen ble ansatt. Denne arkitektmedarbeideren som var med fra begynnelsen og til ferdigstillingen, roser Statens bygg- og eiendomsdirektorat som en god og profesjonell byggherre. Honorar og tidsfrister var tilfredsstillende i følge både arkitektmedarbeideren og prosjekteringslederen.³⁰

Etter hvert ble det avklart at det som skulle bygges i først omgang var del 1. Byggemelding for del 1 ble sendt inn våren 1974, og arbeidet med forberedelser på tomten ble også satt i gang.

Arbeidstegninger og detaljer

Prosjektering av anbudsmaterialet tok nærmere to år. Den spesielle betongkonstruksjonen skulle designes, samt tekniske installasjoner, fasader og tak. Prosjektering av arbeidstegninger og detaljer var tidkrevende og ble gjort i tett

27. Arkitekt og prosjekteringsleder. Universitetssentret på Dragvoll. Intervjuet av forfatteren, 12. januar 2005.

28. Slike drakamper er drøftet i kapittel 5, blant annet med referanser til Prak (1994).

29. Arkitekt og prosjekteringsleder. Universitetssentret på Dragvoll. Intervjuet av forfatteren, 12. januar 2005.

30. Ibid.

sammen med ingeniørene. Ved granskning av prosjekteringsmaterialet kommer det godt fram hvor stort arbeid som ble lagt ned i arbeidstegninger og detaljeringen av bygget. Alle detaljer er pent håndtegnet. De fleste detaljer er ordnet i ringpermer i A3 format, og målestokken er for det meste M. 1:5. Detaljer i glasskonstruksjonen er i målestokk 1:1, og lagt inn på A1 tegninger. Det ser ut som hver minste detalj er tegnet. Dette gjelder ikke bare for utførelse på stedet, men også for produkter som skulle utvikles spesielt til Dragvollprosjektet: tetningslister, metallprofiler, vindusprofiler og fasadeplater. Samlet viser undersøkelsen av prosjekteringsmaterialet at første del av universitetsanlegget på Dragvoll er et meget gjennomtegnet bygg, langt ut over det som var normalt på denne tiden.

Utførelsen

Del 1 ble satt ut på anbud høsten 1975. Det var A/S Byggeteknikk som vant anbudet. Byggeaktiviteter ble satt i gang etter kontraktsforhandlinger i februar 1976.³¹ Det første arbeidet var støping av fundamenter, etter som forberedelsene på tomten hadde



Fig. 7.3.11.

Foto fra utførelsen. Øverst til venstre; grunnsteinen legges ned av H.M. Kong Olav V, i april 1976.

Øverst i midten; monteringsferdige elementer i dekker og glasstak, bilde tatt høsten 1976. Øverst til høyre; montering av stålkonstruksjonen i glasstaket og betongelementer. Stort foto til venstre; hovedkonstruksjonen av prefabrikerte betong- og stålelementer limt og boltet til plasstøpte fundamenter. Til høyre; fundamenter for det store auditoriumet og firbensøyler i full høyde.

Kilde: SBED Ferdigmelding nr. 233, side 14.

31. SBED (1994).

Dristige detaljer

startet året før. Byggearbeidet gikk forholdsvis bra, og samarbeidet mellom arkitekt og entreprenør var godt i følge arkitektmedarbeideren, som sier at entreprenørene utførte jobben bra og hadde orden på sine saker.³²

Ferdigstillelsen

Sommeren 1978 foregikk den uoffisielle overtagelsen av Del 1. Undervisningen startet i september. Den offisielle overtagelsen skjedde ikke før i mai 1979, med kronprins Harald til stede. I sin tale sa daværende rektor Eva Sivertsen, følgende:

Den skepsis som kunne merkes da resultatet av arkitektkonkurransen forelå i 1970, er forsvunnet. Nå har vi holdt til her siden september 1978, og vet at arkitekten har sett riktig.³³

Men hva er det for en skepsis rektoren taler om? I følge arkitektmedarbeideren hadde universitetsfolk på lokalt plan vanskeligheter med å akseptere det glassoverdekte rommet. Om det sier han; ” Vi måtte bevise hvor mye utsikt og frisk luft det var i gatene”.³⁴ Lokalbefolkningen likte ikke tanken på glassoverdekkede gater, de ville kunne gå ut mellom husene og puste inn den friske luften, og ta en tur i skogen som de var vant til, kommenterer arkitektmedarbeideren.³⁵

Byggskader

I følge driftspersonalet har bygget lekket fra ferdigstillelsen. De fleste lekkasjene har vært i overgangen mellom det flate taket og glasskonstruksjonen.³⁶ Men flere lekkasjer ble etter hvert oppdaget. Det viste seg at vann trengte inn gjennom overkanten av vinduene, på takterrassene og ved gjennomføringer av tekniske installasjoner, for å nevne noen av de viktigste områdene. Disse lekkasjene førte etter hvert til muggsoppvekst i byggematerialer, som gipskledd innervegger. I kjølvannet av dette begynte utsatte brukere å klage over allergi og åndedrettsproblemer. Inneklimaproblemene på Dragevoll har ofte blitt omtalt i Adresseavisen. Eksempel på det er en sak avisen fulgte opp, der en ansatt krevde erstatning på grunn av muggsoppforgiftning.³⁷

Byggesaken i dag

Situasjonen i 2008, etter flere års arbeid, undersøkelser og design, var den at det ble satt i gang en total renovering av klimaskjerm og inventar i Del 1.

32. Arkitekt. Universitetssentret på Dragvoll. Intervjuet av forfatteren, 15. desember 2004.

33. SBED (1994).

34. Arkitekt. Universitetssentret på Dragvoll. Intervjuet av forfatteren, 15. desember 2004.

35. Arkitekt. Universitetssentret på Dragvoll. Intervjuet av forfatteren, 15. desember 2004.

36. Ingeniør i teknisk avdeling NTNU. Intervjuet av forfatteren, 12. januar 2006.

37. Snøfugl, I. (2004, 7. juni). Ufør etter muggsoppangrep, Adresseavisen. Hentet 12.01. 2012 fra <http://www.adressa.no/nyheter/trondheim/article16799.ece>

Oppsummering av prosessen

Undersøkelsen har bekreftet at prosjekteringen av Dragvoll foregikk under gunstige forhold. Samarbeidet mellom byggherre, arkitekt og andre aktører gikk stort sett bra. Videre har undersøkelsen dratt fram at ytre forhold, som økonomiske rammer og tidsfrister, hadde liten innvirkning på utviklingen av byggskadene i den eldste delen av universitetsbyggene på Dragvoll. Arkitekten hadde god tid og rimelig økonomi, samt frihet til å utvikle sin prosjektering.

Undersøkelsen har avdekket en interessant konflikt internt i arkitektgruppen. Denne konflikten ble til på grunn av en barriere som etter hvert oppsto mellom en sjefsarkitekt i København og en gruppe medarbeidere som jobbet daglig med prosjekteringen på avdelingskontoret i Trondheim. En del av problemet var at medarbeiderne på stedet hadde liten erfaring med og kunnskap om å detaljprosjekttere et bygg som skulle tåle det ustabile og fuktige klimaet i Trondheim. I tillegg var den høyt aktete sjefen, som nøytt stor faglig respekt, først og fremst opptatt av at ting så estetisk bra ut og i mindre grad om designet var klimarobust. På grunnlag av dette hevdes det at årsakene til de byggetekniske problemene lå i prosjekteringen og de faglige retningslinjer designteamet arbeidet etter. Disse stammet fra sjefsarkitektens faglige instruksjoner, som ble lagt fram i form av skisser under de månedlige besøk til Trondheim. Det ser ut som manglende kunnskap om praktisk byggeteknikk, samt sterk formgivningsvilje, som vektla utseende og estetikk, har vært en sterk medvirkende faktor for utviklingen av flere av de omtalte byggskadene.



Fig 7.3.12.

Taket på bygg 2, etter at gruslaget som beskyttet taktekingen og isolasjonen er blitt fjernet. Man ser at vann fortsatt ligger på takflaten og ikke dreneres vekk fordi takhellingen er svært liten. Fotoet er fra juni 2004.



Fig 7.3.13.

Gipsvegger i bygg 2 etter at defekt materiale er blitt fjernet. Foto tatt i juni 2004.

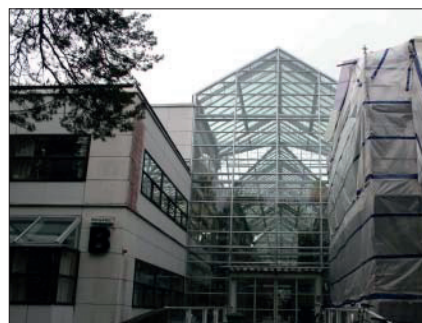


Fig 7.3.14.

Del 1 under total renovering i juni 2010. Taktekking, fasadematerialer og interiør skiftes ut.

7.3.5. Detaljer – tekniske problemer

I studiet av oppbyggingen av klimaskjermen, brukes detaljer tegnet spesielt for denne undersøkelsen. Detaljene er tegnet etter arkitektens originale detaljer fra 1975, supplert med forfatterens observasjoner på byggeplassen. Detaljene skal illustrere prinsipper, og brukes til å drøfte byggskadeproblemer i veggkonstruksjonen, taket og glasstaket, samt overganger. Plasseringen av detaljene som drøftes vises i fig. 7.3.15. De representerer også de svake punktene i konstruksjonen.

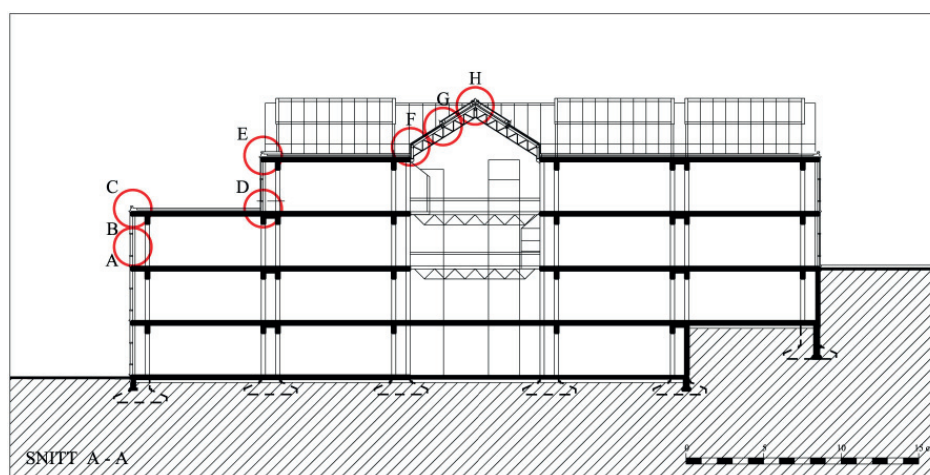


Fig 7.3.15.
Snitt A-A som viser plasseringen av detalj; A til H.

Før undersøkelsen starter bemerkes det at byggskadeproblemene i hovedsak er knyttet til nedbør som trenger seg inn i bygget, via utettheter i klimaskjermen. Dette er for det meste fukt som blir presset inn under vindtrykk, når huset blir utsatt for slagregn fra sør og vest. Den mest utsatte detaljen er de kategorier byggskader som har plaget huset.

- Detaljer i fasader, hovedsakelig i overkant av vinduer.
- Detaljer i overgang takterrasse - yttervegg
- Detaljer i overgang glasskarnapp og gesims
- Detaljer i overgang tak og glasstak
- Detaljer i selve glasstaket

Lekkasjer fra disse mangelfulle detaljene har skapt muggvekst som har ført til allergier og åndedrettsproblemer hos brukerne av byggene.

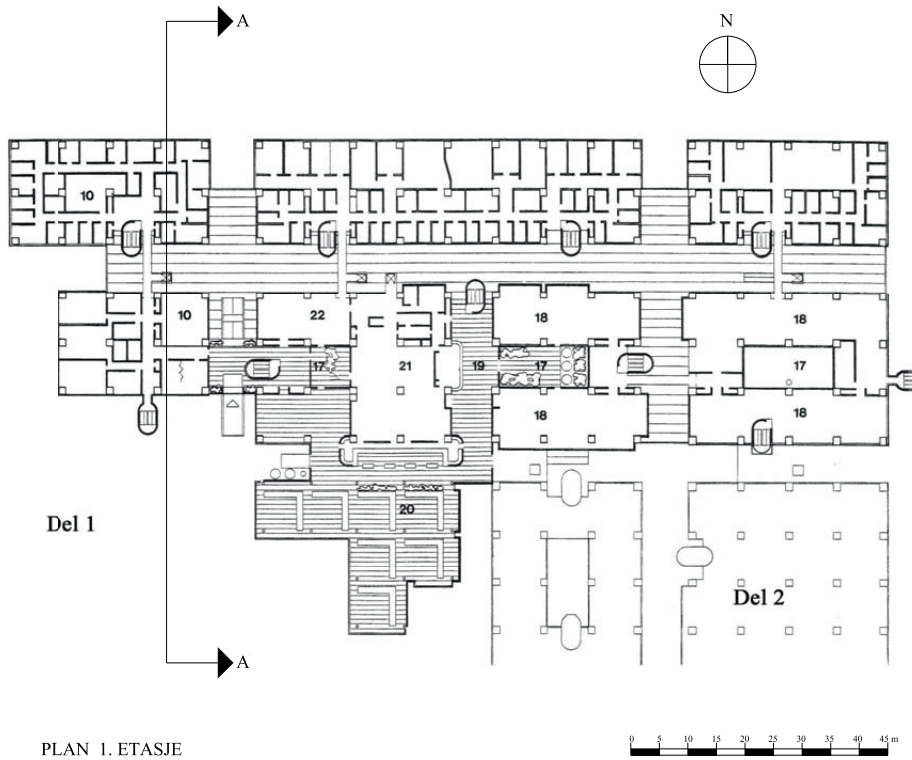


Fig 7.3.16.
 Plan av 1. etasjen. Snitt A-A er merket inn på tegningen.
 Kilde: Skriver, P. E. (1980), side 142.

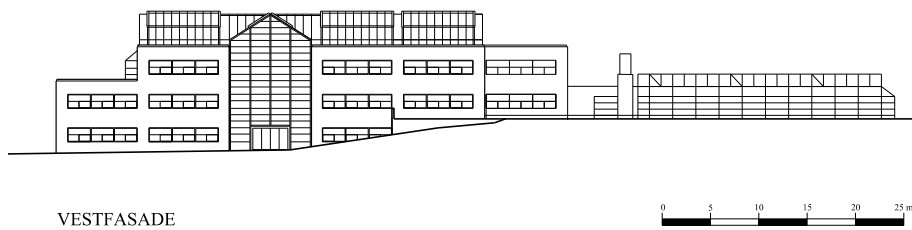


Fig 7.3.17.
 Fasade mot vest av del 1. Tegnet av forfatteren etter arkitekten original tening.

Detalj A, B og C - Yttervegg og tak

Yttervegg

Detalj A, B og C (fig.7.3.19) viser et typisk utsnitt av yttervegg og tak. Ytterveggen er bygget opp av prefabrikkerte fasadeelementer av tre, isolert med mineralull og med to beskyttende lag mot det ytre. Det ytterst laget er 10 mm tykke fibersementbaserte plater av typen eternitt, festet på vertikale lekter. Platekledningen er montert med horisontale og vertikale fuger, ca. 10 mm brede. Innenfor er en vindsperre bygget opp av 3 mm fibersementbasert internitt og et lag med forhudningspapp. Vinduene er av aluminium, der vinduskarm med ruter er montert utenpå treverket i bindingsverksveggen, som samtidig danner den innvendige synlige vinduskarmen. Vinduene stikker ca. 30 mm ut i fra fasadeoverflaten. Over alle vinduer er det persiener festet til vindspærren. Fasaden deles opp horisontalt med gesimslistene laget av aluminiumsprofiler. Innvendig er veggen kledd med dampsperre av plastfolie og gipsplater uten avdekningslister.

Tak og gesims

Taket er et rettventd kompakt tak med innvendig nedløp. Isolasjonen er 120 mm tykk polystyren, som er lagt på betongdekket. Fuktmembranen er 1,7 mm tykk PVC-folie tildekket med beskyttende lag av elvegrus. Fallet mot sluk er alt for lite.³⁸ Den øverste delen av gesimsen er trukket inn i forhold til fasaden. En stålvinkel holder trekonstruksjon på plass og brukes til å trekke fuktmembranene over kanten og under fasadekledningen. Konstruksjonen avsluttes med et kantelement av betong, som brukes til å holde elvegrusen på plass, og til å skape plass til nedløpssystemet.

Byggskader i konstruksjonen

Fuktskader er registrert i ytterveggen. Fukten kommer fram som fuktmerker i innvendige vindusrammer av tre. Mest fukt er blitt registrert i overkant av vindusrammen. Problemet illustreres i fig. 7.3.18. Innfesting av de utenpåliggende persiener er også problematisk, fordi festesystemet lager hull i vindspærren. Fuktskader tilknyttet gesimsen er ikke observert.

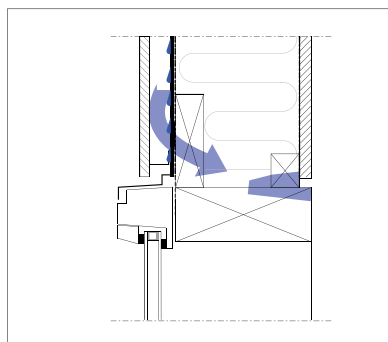


Fig. 7.3.18.

Detaljutsnitt, overkant vindu. Mest fukt er registrert på dette stedet. Årsaken til denne fuktinntrengningen er utformingen av veggkonstruksjonen. En god del fukt blir presset inn til vindspærren igjennom de mange vertikale og horisontale åpne fugene i fasadekledningen. Fukten trenger så inn i veggen via hull og de mange utette skjøtene rundt vinduene. Vinduene, som stikker ut i fra det vannbeskyttende laget i fasaden, utgjør som vanlig et svært ømfintlig punkt som ofte lekker.

38. Fotografi (fig. 7.3.12) tatt i juni 2004 av taket uten isolasjon, taktekking og singellag, viser at større flater klarer ikke å drenerer seg naturlig mot sluk fordi fallet er for lite.

A

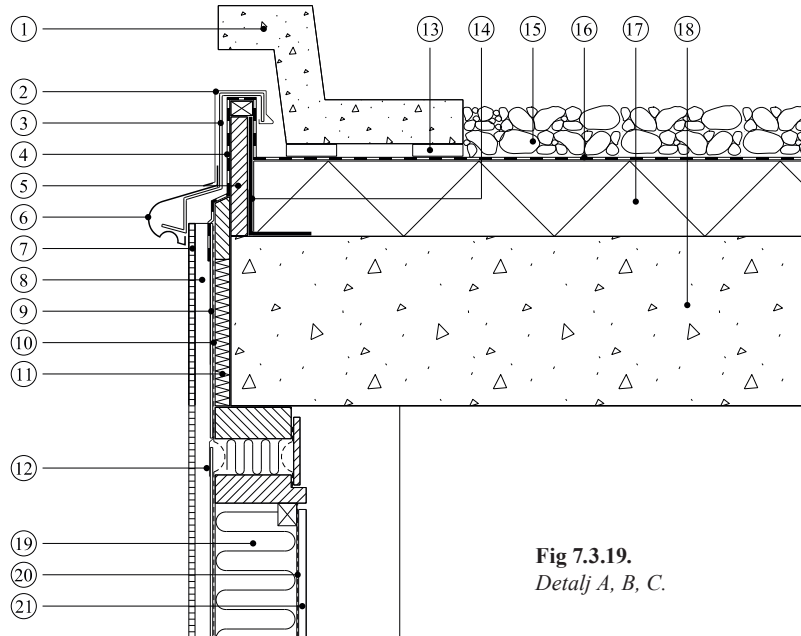
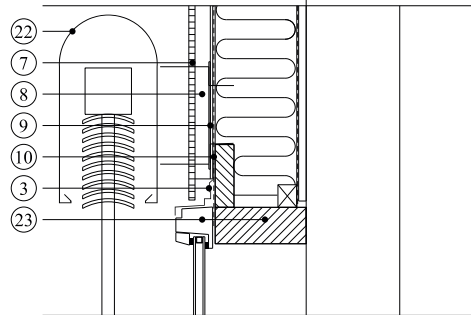
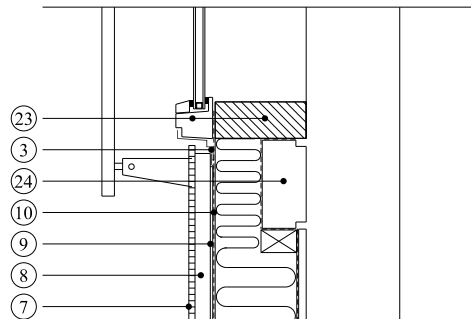


Fig 7.3.19.
Detalj A, B, C.

B



C



1. kantelement, betong
2. gesimsbeslag, metall
3. festekrok for beslag
4. fuktmembran 1,7 mm PVC duk
5. treplank
6. gesimslist av aluminium
7. eternittplate, 10mm
8. utlekting 23 x 48 mm
9. vindsperre Internitt 3 mm
10. forhudningspapp
11. isolasjon
12. skjøtebeslag
13. gummipute
14. stålvinke
15. elvegrus
16. fuktmembran 1,7 mm PVC duk
17. isolasjon, 120 mm isopor
18. betongdekk
19. mineralull
20. dampsperre
21. gipsplate
22. utvendige persienner
23. vindu
24. e-kanal



Detalj D og E - Takterrasser og glasskarnapp

Tak og takterrasse

En del av takflaten på bygget ble planlagt som takterrasser med avgrensede deler av takflaten belagt med betongheller og/eller trelemmer for opphold. Møblering var prefabrikkerte jordkasser av betong og sittebenker. Detalj D og E (fig. 7.3.22) viser overgangen tak og yttervegg, glasskarnapp som stikker ut fra fasaden og overgangen mellom vegg og takflate. Detaljen viser en minimalistisk overgang der fasadekledningen er trukket ned til takflaten. For å hindre lekkasje på dette stedet, ble taktekingen trukket et lite stykke opp på veggen og avsluttet med et beslag som gikk under vindsperren, festet til et spikerslag i veggkonstruksjonen. Det er flere utstikkende karnapper plassert oppe på terrassene mot nord. Konstruksjonen er laget av bærende metallprofiler, glassruter i sider og tak og lave knevegger bygget opp på samme måte som ytterveggskonstruksjonen.

Byggskader i konstruksjonen

Det er registrert en del lekkasjer i takkonstruksjonen som stammer fra blant annet hull i membranen, skadde beslag rundt oppstikkende bygningsdeler, og motorkasser for glasstaket. Tette renner og nedløp har også forårsaket flere lekkasjer. De svakeste punktene i konstruksjonen vises i fig. 7.3.20 og fig. 7.3.21.

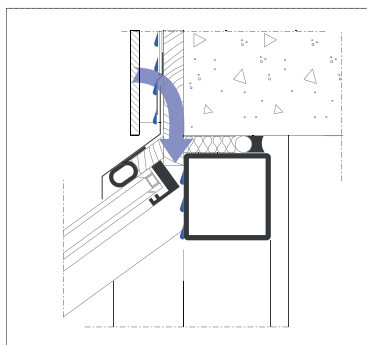


Fig. 7.3.20.

Detaljutsnitt i karnapp. Spesielt utsatte lekkasjesteder er overgangen mellom glasskarnapp, tak og vegg. Glasskarnappene har lekket, men istapper og snø som har falt ned, har også knust en del ruter. Et av problemene ved glasskarnappene var mangelfullt avrenningssystem.

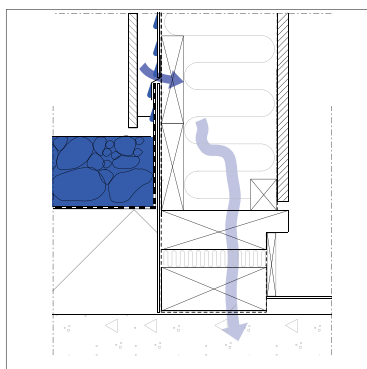


Fig. 7.3.21.

Detaljutsnitt, overgang tak - vegg. Dette stedet er også et utsatt lekkasjested. Denne lekkasjen viser seg som fukt i veggkonstruksjonen, men også som lekkasjer i etasjen under. Årsaken til at det lekker er at vann som faller på takflaten og ikke blir drenert vekk, blir presset inn i konstruksjonen via utettheter i overgang vindsperre og takteking. En del av lekkasjen stammer også fra vann som har kommet inn til vindsperren via de åpne fugene i fasaden lengre opp på ytterveggen.

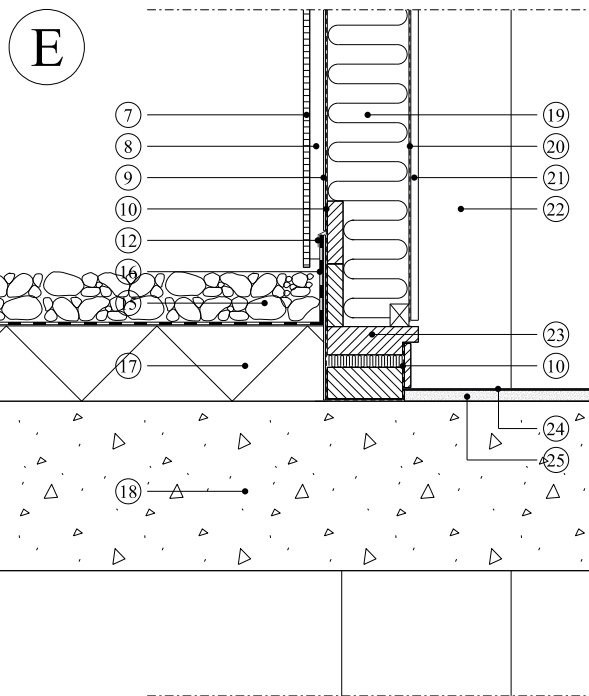
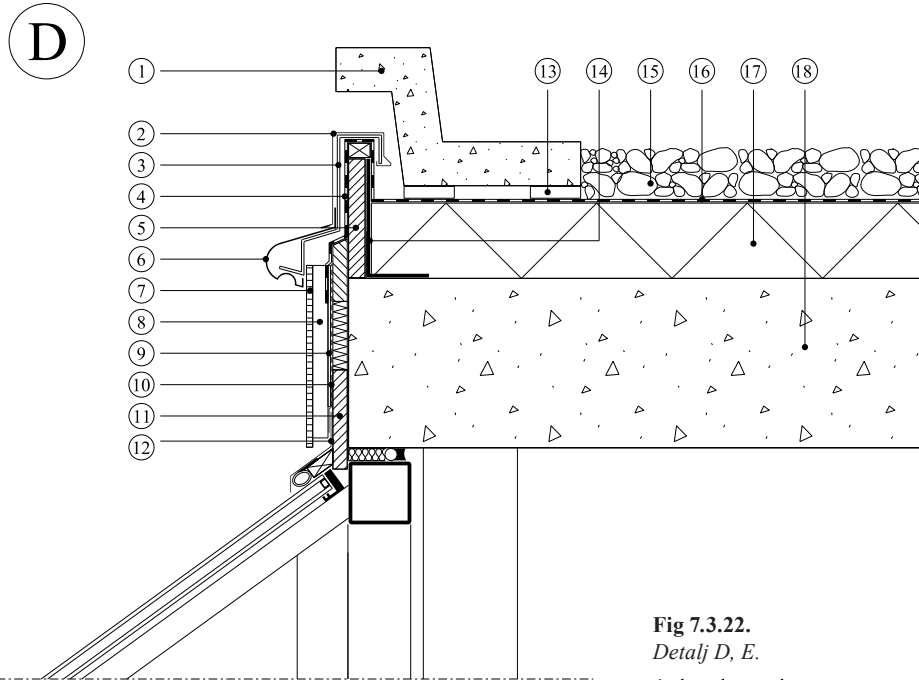


Fig 7.3.22.
Detalj D, E.

1. kantelement, betong
2. gesimsbeslag, metall
3. festekrok for beslag
4. fuktmembran 1,7 mm PVC duk
5. treplank
6. gesimslist av aluminium
7. eternittplate, 10mm
8. utlekting 23 x 48 mm
9. vindsperre, Internitt, 3 mm
10. forhudningspapp
11. isolasjon
12. skjotebeslag
13. gummipute
14. stålvinke
15. elvegus
16. fuktmembran 1,7 mm PVC duk
17. isolasjon 120 mm isopor
18. betongdekk
19. mineralull
20. dampsperre
21. gipsplate
22. søyle
23. elementkarm
24. linoleum
25. murpuss



Glasstaket

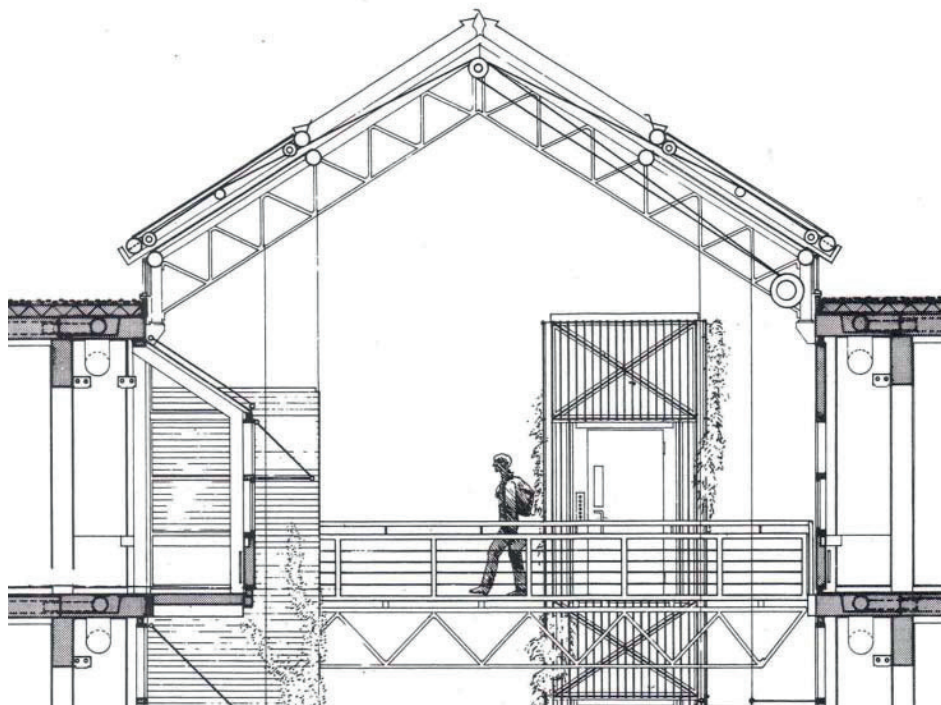


Fig. 7.3.23.

Tegning som viser original utførelse av glasstaket. Hovedkonstruksjonen er saltaksformet romgitterdragere laget av stålrør. Romgitterdragerne spenner over gaten, og er festet til de firbente betongsøylene på hver sin side med 7,2 meters avstand. Mellom romgitterdragerne, i gatens lengderetning, er det lagt rørprofiler som binder konstruksjonen sammen og lager opplegg for det sekundære bæresystemet for glassrutene. Glassrutene er til slutt plassert i et profilsystem av aluminium, delvis drenert, som var en ny byggeteknikk da huset ble bygget. Det ble også brukt en ny type tetningslister, såkalte neoprenprofiler, som er tettelister som skal være luftåpne, men sperre for fukt. Legg merke til at glasstaket vises i åpen stilling.

Kilde: Byggekunst nr. 5 1979

Glasstaket er uten tvil husets viktigste arkitektoniske element, et innovativt design, som vakte internasjonal oppsikt i sin tid. Konstruksjonen av glasstaket er beskrevet i fig. 7.3.23, fig. 7.3.24 og detalj F, G, og H.

En viktig del av glasstaket var åpningsluker som gjorde det mulig å åpne 50 % av takflaten på godværsdager. Et stort felt fra mønet og ned til halve taket var konstruert slik at det kunne skyves ned ved hjelp av en heisemekanisme, spesielt konstruert for dette. De store lukene ble satt på hjul, og et utvendig skinnesystem skulle sørge for en feilfri operasjon. Arkitektene var klar over at detaljer i glasstaket ikke var vanntett,

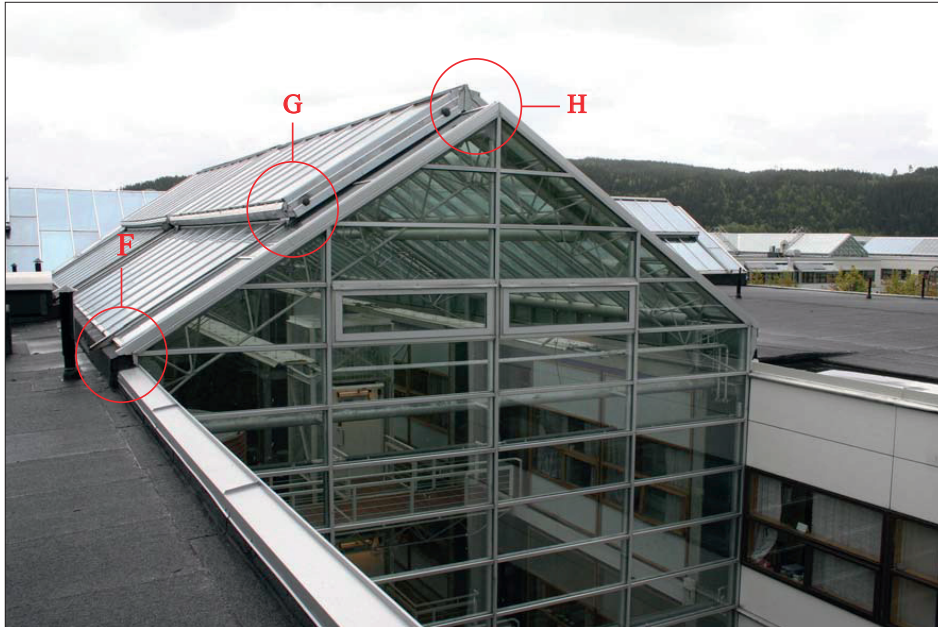


Fig. 7.3.24.

Foto av tett tak og glasstak fra juni 2010, som viser utbedringer av de flate takene, men også hvor detalj F, G og H er plassert. Det bemerkes at fotoet viser utbedringer av taktekking og gesims, samt endringer som er blitt gjort på kneveggen som drøftes i detalj F og problematiseres i fig.7.3.26.

men mente at det ikke ville by på problemer; termisk oppdrift i gaten ville sørge for å holde fukt og snø vekk. Hvis fukt kom inn i bygget, ville den blitt tatt i mot av rennesystemet på gateplan.³⁹

Åpningslukene var i funksjon i begynnelsen, men ble etter hvert lukket for det meste på grunn av tekniske problemer. Men brukerne likte den glassoverdekte gaten, i følge evalueringprosjekter fra 1990-tallet.⁴⁰ Det er flere byggetekniske problemer knyttet til glasstaket, og den alvorligste er lekkasjer i overgang mellom tett tak og glasstak, uttette takluker, gradrenner og ødelagte tettingslister.

39. Arkitekt. Universitetssentret på Dragvoll. Intervjuet av forfatteren, 15. desember 2004.

40. Cold, B., Fathi, H., & Asmervik, S. (1985). Evaluering av den overdekte gaten på Universitetssenteret på Dragvoll (Vol. SFT62 A84007). Trondheim: SINTEF.

Detalj F- Kneveggen i glasstak

En av de problematiske detaljene i glasstaket vises i detalj F (fig. 7.3.27). Denne detalj beskrives også i fig 7.3.25, og 7.3.26. Detaljen er utformet slik at isolasjonen holdes på plass av en stålvinkel, tilsvarende den som brukes ute ved hovedgesimsen. Taktekkingen ble trukket opp langs stålvinkelen og brettet inn over kanten, der den blir holdt på plass av et innvendig beslag. Glassruten i kneveggen holdes oppe av stålvinkler, som er festet til stålkonstruksjonen i glasstaket, slik at det blir et bevegelserfritt punkt mellom glassvegg og tett tak. Overgangen mellom tak og glassvegg er svært lav og minimalistisk, der den eneste tettingen er en neoprenprofil.



Fig. 7.3.25.
Kneveggen sett fra taket. Fotoet er tatt under inspeksjon sammen med arkitekt Knud Larsen i januar 2005.

Byggskader i konstruksjonen

Detalj F lakk fra starten. Problemet illustreres i fig. 7.3.26. Årsaken til og konsekvensen av slike lekkasjer er godt forklart i fuktteoriene.⁴¹ Svært lite av fukten som kom inn i bygget ble fanget opp av rennesystemet på gateplanet, slik arkitekten hadde planlagt. Dette rennesystemet var rett og slett alt for langt vekk fra lekkasjestedet. Årsaken til byggskaden var at fukt ble blåst inn i konstruksjonen under vindtrykk. Fukten som kom seg inn rant så videre ned og inn i gjennom sprekker og utettheter og inn i veggkonstruksjonen, der den fuktet fuktfølsomme materialer, som gipsplater, og etter en kort stund ble angrepet av muggsoppvekst.

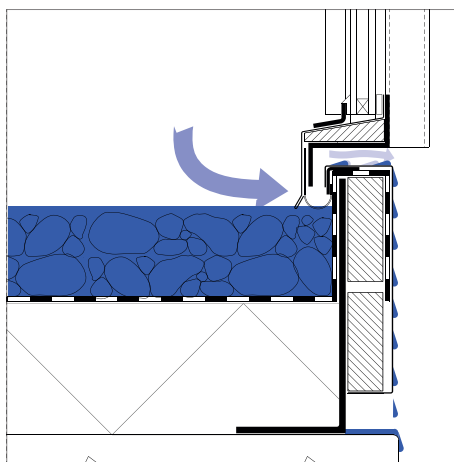


Fig. 7.3.26.
Utsnitt fra detalj F på det mest utsatte lekkasjestedet i bygget. Årsaken til lekkasjen er at oppkanten med taktekking var alt for lav. Lekkasjen oppsto når nedbør samlet seg på takflaten og rant over den lave kanten og inn i bygget, på samme måte som fra et overfylt badekar.

41. Geving, & Thue (2002).

F

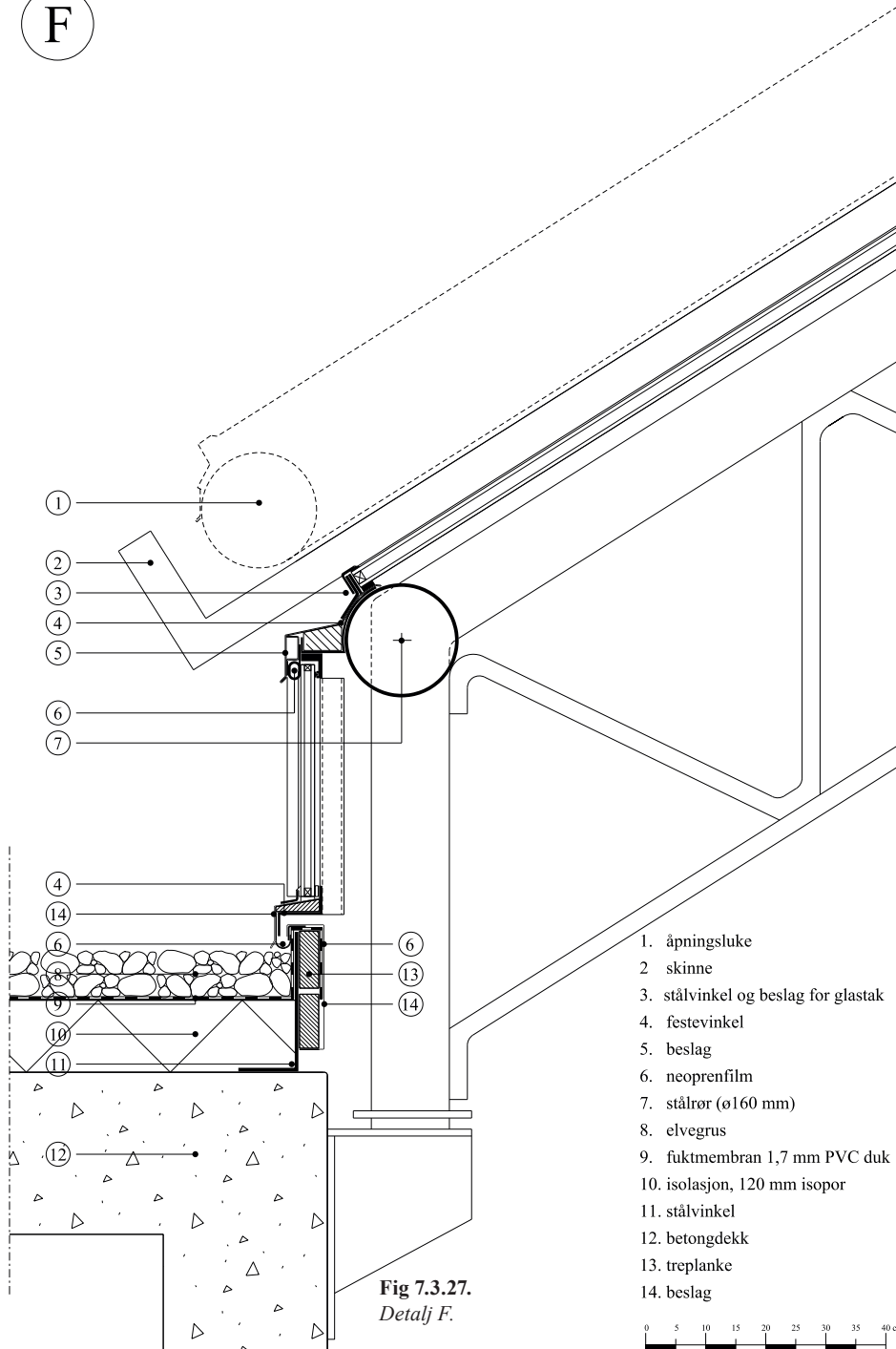


Fig 7.3.27.
 Detalj F.

Detalj G og H- Åpningsluker

De store åpningslukene var en viktig del av ideen om den halvklimaliserte gaten, som beskrives i fig. 7.3.28 og 7.3.31. Hovedkonstruksjonen er store rørprofiler og mindre stålprofiler, som igjen bærer glassrutene. En viktig del av dette var tettesystemet av neoprenprofiler. I skjøtene mellom tett tak og åpningslukene var det åpne fuger, ettersom man trodde at termisk oppdrift ville sørge for å holde fukt og snø vekk fra interiøret.

Byggskader i konstruksjonen

Åpningslukene har lekket en del. Disse problemer beskrives i fig. 7.3.29. og 7.3.30., som viser hvordan fukten kom seg inn i bygget. Disse lekkasjene har ført til fuktskader inne. Det var ikke uvanlig at vann kom inn i gjennom disse utettheter og rant på undersiden av glasset og inn mot de innvendige fasadene. I tillegg har skjøter i glasstaket og gradrenner lekket.

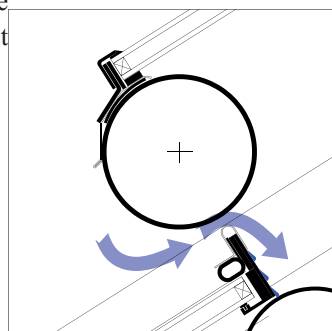
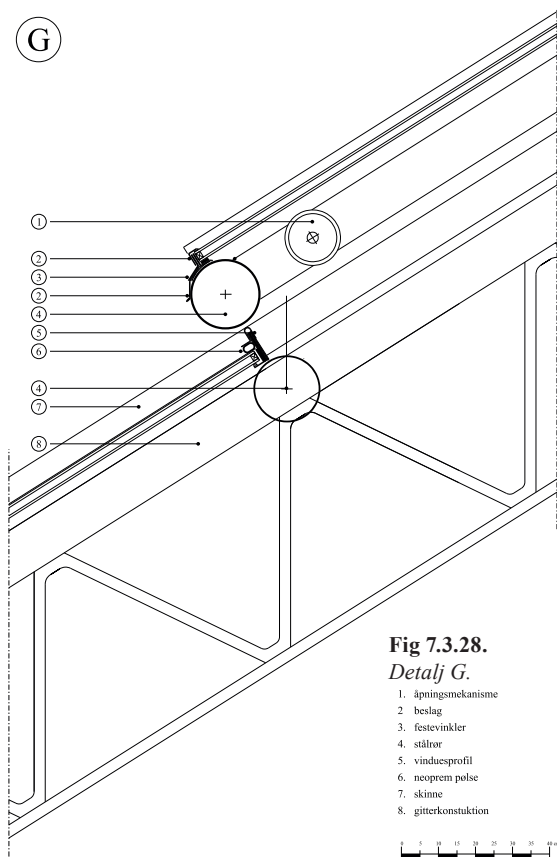


Fig. 7.3.29.
 Utsnitt av detalj G som viser fukttransport i bunnen av åpningslukene. En del fukt ble blåst inn under slagregn. Vann kom seg inn gjennom utettheter i åpningslukene og dryppet ned på gulvet i gaten.

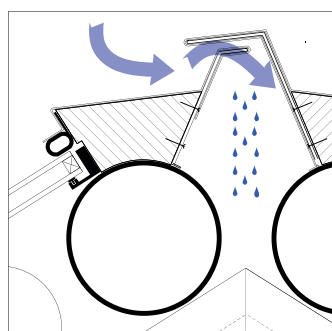
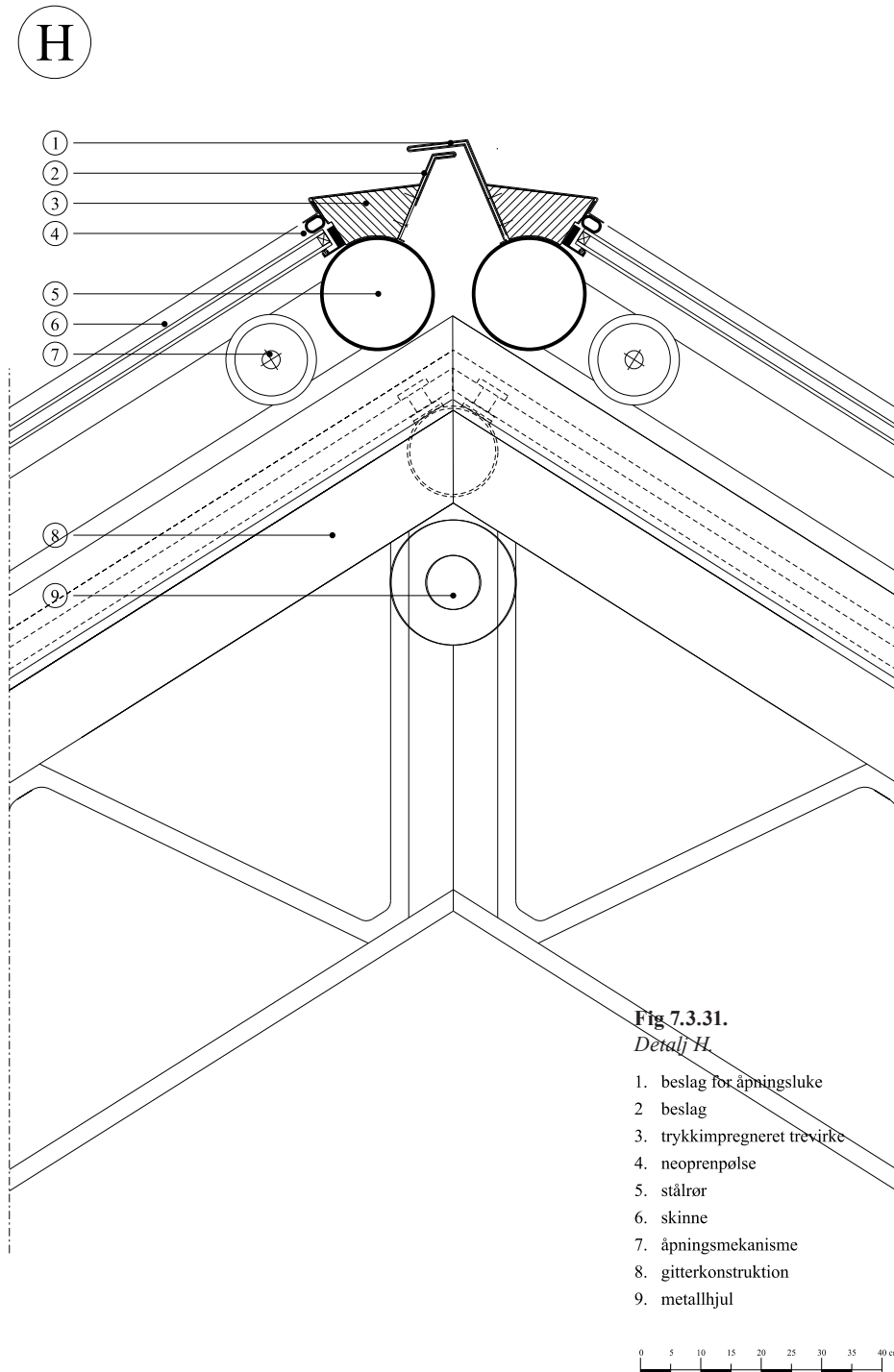


Fig. 7.3.30.
 Utsnitt fra detalj H som viser fukttransport i toppen av åpningslukene.



7.3.6. Utbedringer av byggskader

Eier av bygget har i flere år forsøkt å utbedre lekkasjer. Til å begynne med ble dette arbeidet tatt hånd om av driftspersonalet på Dragvoll. I 2004 startet arbeidet med å legge om taket på en del bygg som i lang tid hadde lekket. Omfattende studier av innklimaet viste at deler av bygningen var smittet med muggsopp.⁴² Til å forebygge lekkasjen fra overgangen mellom tett tak og knevegg i glasstak, beskrevet foran, ble ny taktekking ført opp langs kneveggen. Flere tak er også blitt tekket på nytt med asfaltpapp. Utbedringen av tak og yttervegg er beskrevet i fig. 7.3.34 og viser ny taktekking der kneveggen ved glasstaket er blitt tekket med asfaltpapp.

I 2008 ble det igangsatt omfattende rehabilitering som gikk ut på å bygge nye fasader, skifte ut vinduer og innvendige veggssystemer mot glassgaten i det som heter Bygg 1 i Del 1. Utbedringen er drevet fram av behov for å utbedre lekkasjer og skape et godt innemiljø. Deler av utbedringsarbeidet var å ta bort eternittplatene, som det nå var blitt ulovlig å bruke. Fasader og tak måtte også etterisoleres for å møte dagens krav i forskriftene. En del av arbeidet var å utbedre dreneringen og lage større fall mot slukene. For å kunne gjøre dette, måtte gesimsen bygges om og heves med ca. 20 cm. Under forfatterens siste visitt på byggeplassen i juni 2010, var rehabiliteringen av Bygg 1 ferdig og Bygg 2 var i full gang. Men flere bygg sto for tur.

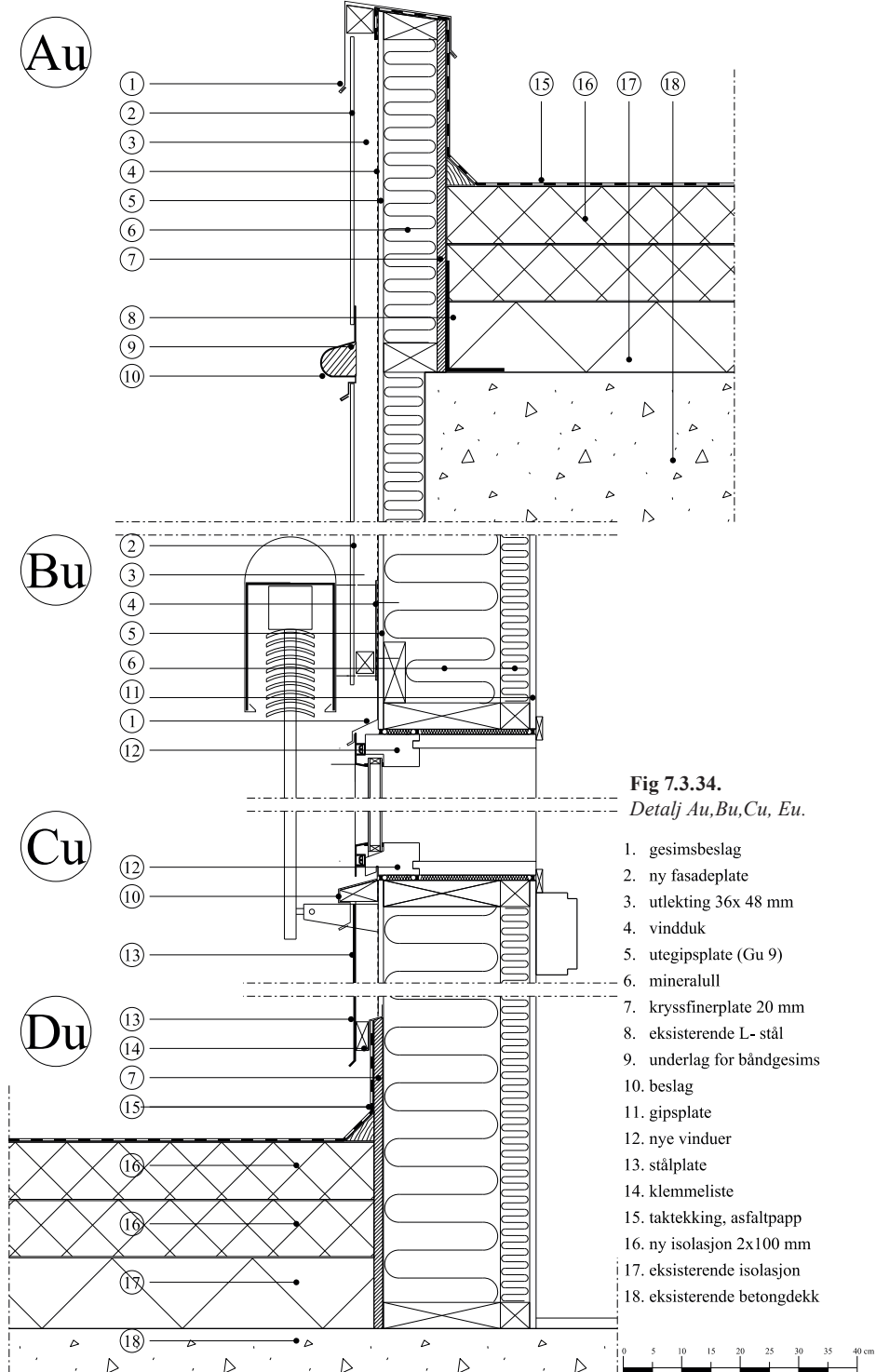


Fig. 7.3.32.
Nytt tak Bygg 1, juni 2010.



Fig. 7.3.33.
Ny fasade, Bygg 1, juni 2010.

42. Forsker, Sintef Energiforskning. Universitetssentret på Dragvoll. Intervjuet av forfatteren, 12. januar 2006.



7.3.7. Refleksjon og sluttbemerkning

I utforskningen av Dragvoll universitetssenter har fokuset blitt rettet mot sammenhengen mellom prosjektering og byggskader med utgangspunktet i teorier (Douglas 2007) om at innovativ design kan øke fare for byggskader. Spesiell fokus har vært på sammenhengen mellom klimapåkjenningen, drivkrefter i byggeprosessen og byggskader i klimaskjermen. Undersøkelsen av dette eksempel har påpekt flere interessante elementer i beskrivelsen av problemstillingen.

Refleksjon over det innovative

Universitetssentret på Dragvoll var et meget innovativt byggeprosjekt i sin tid. De innovative elementene er flere. Her fremheves formgivningen, planleggingsprinsippene og materialvalget som samlet tok utgangspunkt i de strukturalistiske ideene som var høyst aktuelle på 1970- og 1980-tallet. Nyskapende formgivning viste seg i de hvite renskårne formene, i det glassoverdekkete gatenettet, i konstruksjonsprinsippet med de prefabrikerte firebente søylene og i bruken av hulldekkselementer og lette prefabrikerte fasadelementer. Valget av materialene og den målrettede detaljeringen vitner om gjennomtenkt og kreativ arkitektonisk formgivning med innovasjon som mål. En del banebrytende løsninger ble utviklet av prosjekteringsteamet. Eksempler på det var drenerte aluminiumsprofiler i glasskonstruksjonen, det man i dag kaller tottrinns tetting. Arkitektenes mål var å skape vakre former, men også utvikle byggetekniske løsninger som kunne prefabrikeres, og dermed bidra til å skape et økonomisk byggeprosjekt som skulle være med på å utvikle byggeindustrien i regionen.⁴³ Sammen med arkitekten var byggherren pådriveren bak det innovative prosjektet.

Refleksjon over sammenhengen mellom klimapåkjenning og byggskader

Klimaet i Trondheim beskrives som ustabil med en del slagregn fra sørvest, med litt over middels miljø- og klimapåkjenninger i henhold til definisjoner gjort i kapittel 4. Men klimaskjermen på Dragvoll har dessverre ikke tålt denne klimapåkjenningen særlig godt. I følge driftspersonalet begynte bygget å lekke kort tid etter ferdigstillingen.⁴⁴ Det er blitt påpekt at lekkasjen er knyttet til de viktigste, arkitektoniske detaljene: overkant av vinduer, overgang mellom vegg og flatt tak og knevegg i glasstaket. Konsekvensen av disse lekkasjene ble muggsoppvekst som skapte problemer for brukere, og til slutt førte til kostbar ombygging. Hvis man vurderer dette i lys av den vitruviske normen om egenskapene til den gode arkitektur, ser man at den svekkede varigheten som lekkasjen fører til, påvirker både nytten og til slutt går ut over utseendet.

43. Arkitekt. Universitetssentret på Dragvoll. Intervjuet av forfatteren, 15. desember 2004. Arkitekt og prosjekteringsleder. Universitetssentret på Dragvoll. Intervjuet av forfatteren, 12. januar 2005.

44. Ingeniør i teknisk avdeling NTNU. Intervjuet av forfatteren, 12. januar 2006.

Refleksjon over drivkreftene i byggeprosessen

I undersøkelsen av sambandet mellom drivkrefter i byggeprosessen og byggskader, er det oppdagelsen av den manglende korrelasjon mellom økonomi og tidsrammer som er spesielt viktig for resultatet. Det har kommet fram at Dragvoll ble prosjektert og bygget under gode økonomiske betingelser, og tidsrammen var også god, men så oppsto det byggskader. Oppdagelsen av dette ser ut til å svekke Houghton-Evans (2005) påstand om at hovedårsaken til de fleste byggskader er økonomiske besparelser og tidspress. Men Houghton-Evans (2005) påpeker også at dårlig kommunikasjon kan skape byggskader. I Dragvoll-prosjektet var kommunikasjonen problematisk, men ikke i mellom nøkkelaktører byggherre, prosjekterende og utførende, som ofte fremheves som opphavet til problemet. Her kan kommunikasjonsproblemene avgrenses til arkitektens prosjekteringsgruppe, der det etter hvert oppsto en konflikt mellom en gruppe ansatte arkitekter i Trondheim og en sjefsarkitekt. Kjernen i konflikten ser ut til å ha vært maktkamp, men også konflikt om mål og midler i arbeidet med å skape den såkalte gode og innovative arkitekturen. Det har kommet frem at arkitekten generelt manglet kunnskap og erfaring, men også fokus på problemer rundt fukt. Når man reflekterer over dette, er det derfor nærliggende å trekke den slutning av årsaken til den manglende kunnskap og fokus på klimarobust prosjektering, som siden fører til lekkasjer, i bunn og grunn stammer fra faglige prioriteringer. Denne mangel på fokus er i egentlig likegyldighet i forhold til klimapåkjenningen på stedet, som i følge teorien til Alberti (1986) og Kaminetzky (1991) er en av hovedårsakene til byggskader.

Refleksjon over designideologien

Dragvoll universitetssenter følger den modernistiske designideologien i alle hovedtrekk. Formspråket er modernistisk og kommer sterkest til uttrykk i det hvite og renskårne ytre, men også det glassoverdekte gatenettet. Alle tak er flate, unntatt glasstakene. Detaljeringen er minimalistisk og følger ærlighetsprinsippet, som også kommer til uttrykk i materialbruk og hvordan konstruksjonen kles naken i interiøret.

Refleksjon over sammenhengen mellom prosjekteringen og byggskadene

Konklusjonen på denne reflekterende oppsummeringen er at hovedårsaken til byggskadene er å finne i selve formgivningen, dvs. hvordan detaljer er utformet. Bak ligger en bevisst formgivning med arkitektonisk innovasjon som mål. Dette har siden ført til at godkjent kunnskap om byggeteknikk ignoreres til fordel for arkitektoniske idealer som fremhever det modernistiske formspråk. Dette er i samsvar med Ochshorn (2006), som påpeker at arkitekter som følger den modernistiske ideologien mangler både kunnskap og fokus på teknisk design av klimaskjermer med mål å forebygge byggskader.

Dristige detaljer

7.4. Moholt krematorium



Fig 7.4.1.
Krematoriet sett fra vest. Foto tatt i januar 2010.

7.4.1. Innledning



Fig 7.4.2.
Moholt krematorium
Inngangen til seremonirommet.
Foto fra juli 2002.

Hvorfor dette bygget?

Moholt krematorium i Trondheim er et eksempel på innovativ modernistisk arkitektur fra slutten av 1990-tallet. Byggeprosjektet ble designet og bygget i periode 1994 til 1998, basert på vinnerutkastet i en lokal arkitektkonkurranse.¹

Moholt krematoriet ble tatt med i denne undersøkelsen som et spennende eksempel på modernistisk arkitektur fra slutten av 1990-tallet, med klare forbindelser til de estetiske idealene som undersøkes i avhandlingen. Byggverket har hatt flere prosessforårsakede byggskader som ble utbedret etter ferdigstillelsen. Av spesiell faglig interesse er kompleks form- og materialbruk og minimalistiske detaljer. Byggeprosjektet er eksempel på blanding av flettverk og solide konstruksjonsprinsipper. Eksemplet er det første forfatteren begynte å studere, få år etter at bygget ble ferdigstilt.

Hvordan undersøkelsen ble utført

Undersøkelsesmaterialet stammer fra flere kilder. Det finnes et fåtall publikasjoner om Moholt krematorium i arkitekturpressen.² Forfatteren har utført flere tilstandsvurderinger i undersøkelsen, den siste fra november 2009. Viktige aktører som deltok i byggeprosjektet ble intervjuet for å kartlegge drivkrefter i design- og utførelsesprosessen. Den viktigste delen av undersøkelsen har vært studier av originale detaljer, samt de utbedringer av byggskader som er blitt utført etter ferdigstillelsen. Dette ble gjort blant annet igjennom at utsatte detaljer ble overført til tegning ved hjelp av CAD-programmet, som brukes i denne presentasjonen. Det presiseres at som bakgrunn for undersøkelsen av byggskadene ligger det flere upubliserte skadeutredninger som omhandler blant annet vurdering av ansvaret for feil og mangler ved krematoriebygget. Byggesaken har vært omtalt i media blant annet på grunn av kostnadsoverskridelser og mangelfull byggkvalitet. Dette omtales nærmere i beskrivelsen av byggeprosessen i kapittel 7.3.4.

1. Solberg, H., & Suul, T. (1999). *Arkitektur i 1000 år: en arkitekturguide for Trondheim*. Trondheim: Trondhjems arkitektforening.

2. *Lusparken Arkitekter* (2000). Moholt krematorium, *Byggekunst*, nr. 3, 82. årgang, side 12 – 16.

7.4.2. Design og byggeteknikk

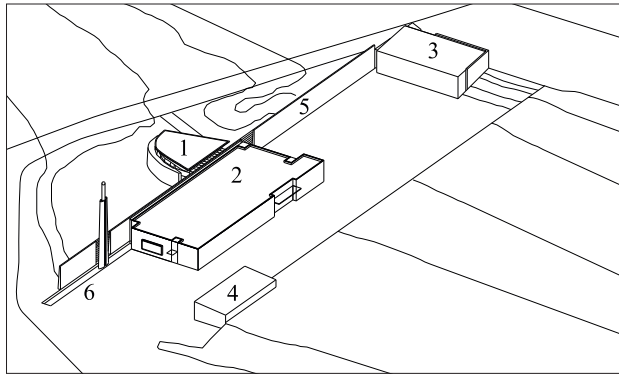


Fig 7.4.3

Tegninger som viser det arkitektoniske konseptet. Bygningen er sett fra sydvest.

1. Seremonirom
2. Krematoriedel
3. Garasje, toaletter
4. Verksted
5. Mur av eksponert betong
6. Vannrenne langs muren

Designidealer, form og funksjon

Moholt krematorium vurderes som eksempel på det som kalles poetisk modernisme. Denne stilarten er en videreføring av det modernistiske formspråket, der det poetiske dyrkes i forhold til former og materialer. Poetisk modernisme forbindes gjerne med foregangsfigurer som den italienske arkitekten Carlo Scarpa og den norske arkitekten Sverre Fehn. Fehn var professor ved AHO i Oslo fram til 1990-tallet og har hatt stor innflytelse på en hel generasjon skandinaviske arkitekter. Inspirasjon søkes også i verker av Le Corbusier, blant annet har taket over seremonirommet visse likheter med pilegrimskirken Notre-Dame-du-Haut i Frankrike fra 1960 tallet.³ Formingsinspirasjon søkes også i urgamle byggverk, som Stonehenge i England, i følge arkitekten.⁴

Krematoriet på Moholt er et komplekst byggeprosjekt satt sammen av fire bygninger som er bundet sammen av en langstrakt betongvegg, illustrert i fig. 7.4.3. Det som var styrende i utformingen, var strenge funksjonskrav, samtidig som arkitekten hadde en bevisst visjon om å skape et verdig og vakkert sted for sørgende mennesker. En viktig forutsetning var at krematoriet skulle betjene ulike kulturer og religioner, og være uten påtregende religiøse symboler.⁵

Bygget er plassert på en tomt i utkanten av Moholt kirkegård, i et svakt hellende landskap, med Moholt kirke som nærmeste nabo. Denne plasseringen og de komplekse programkravene krevde spesielle arkitektoniske tiltak, noe som arkitekten utnyttet i et elegant arkitektonisk grep. Arkitektens konsept er å la en lang vegg

3. Denne vurderingen tilhører forfatteren, som ser sterk likhet mellom Le Corbusiers tak over pilegrimskirken og taket over seremonirommet i krematoriet.
4. Arkitekt og prosjekteringsleder. Moholt krematorium. Personlig samtale med forfatteren. 27. november 2009.
5. Lusparken arkitekter (1996, 20. juni). Nytt Krematorium på Moholt kirkegård. Forprosjekt, beskrivelser med kostnadsoverslag. Beskrivelse og tegninger av forprosjektet utarbeidet for byggherren; Trondheim Eiendom.

Dristige detaljer

dele byggeprosjektet i to soner. På den ene siden seremonirommet, orientert mot kirkegården og den offisielle adkomsten, og på den andre siden krematoriet og driftsbygningen, som danner et driftstun med egen til- og frakjørsel. En viktig del av den poetiske utformingen og påminnelse om skillet mellom liv og død, er en vannrenne som følger høydeforskjellen i landskapet og ender i et vannspeil ved krematoriepipen, der røken stiger opp i himmelen.

Krematoriet på Moholt er på 1380 m².⁶ Størsteparten av anlegget er i en etasje. Under deler av krematoriet er det kjeller, som brukes til tekniske anlegg; ventilasjon og rensesanlegg for byggets to forbrenningsovner.

Byggeteknikk

Til å beskrive den tekniske oppbyggingen av krematoriet, brukes to fasadetegninger, den ene av fasaden mot nord som viser krematoriet i sin fulle utstrekning, og fasaden mot øst som viser kompleks form- og materialbruk. I tillegg brukes to fotografier som illustrerer oppbyggingen av krematoriebygget.

Et av de viktigste byggeelementene i prosjektet er en langstrakt vegg av eksponert betong.

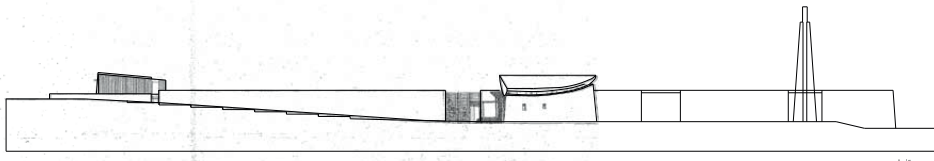


Fig 7.4.4.

Fasade mot nord. Tegningen viser den lange vegg som er et viktig arkitektonisk element i prosjektet. På midten og foran vegg er seremonirommet, til høyre er krematoriepipen.

Illustrasjon: Lusparken arkitekter A/S.

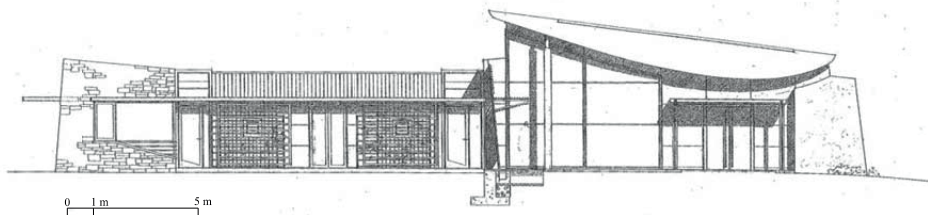


Fig 7.4.5.

Fasade mot øst. Til høyre er seremonirommet og til venstre er krematoriet.

Illustrasjon: Lusparken arkitekter A/S.

6. Lusparken Arkitekter (2000). Moholt krematorium, Byggekunst, nr. 3, 82. årgang, side 12 – 16.

Veggen fremstår som visuell ryggrad for de ulike bygningsformene, og et ordnende element med viss konstruktiv og avstivende funksjon for krematoriebygget. Betongveggen er 110 meter lang og 4,5 meter høy på det høyeste. Denne betongveggen har overflatestruktur laget av vertikale forskalingsbord. En interessant detalj er en svak helling i vertikalt tverrsnitt.

En annen viktig bygningsform er seremonirommet med det spesielle taket. Taket er utformet slik at det skal fremstå som en stor steinhelle, som hviler på den lange veggen på den ene siden, og en tykk steinmur som omkranser seremonirommet og gir det form på den andre siden. Konstruktivt er taket utformet som dobbelkrum konkav rammedrager i betong båret opp av betongsøyler ute ved kantene, delvis plassert inne i bygget og delvis foran glassfasaden ved inngangspartiet. Dette illustreres i fig. 7.4.5., som viser inngangspartiet. Inne i de konkave rammedragerne er det bygget opp et tretak av takstoler der taktekkingen er PVC - duk. Alle synlige betongflater i taket har pussete overflater. Andre vegger i seremonirommet er massive dobbelte vegger laget av lecablokker med pusset overflate.

Det som karakteriserer bygget er bevisste formspråk, material- og fargebruk, som i stor grad er en variant av grått. Treverket er ubehandlet og får en grå patinering. Dører og vinduskarmer er malt i en gulfarge.

Ytterveggkonstruksjonen på krematoriedelene er isolerte trevegger, delvis forblendet med naturstein og delvis kledd med trepanel av ubehandlet osp. Takkonstruksjonen i krematoriet er stålgritterverk med overliggende isolasjon og taktekking. Andre driftsbygninger er bygget på samme måte som krematoriebygget.



Fig 7.4.6.

Foto tatt langs den lange veggen mot seremonirommet. På fotoet kan man se vannrennesystemet, som starter i en liten dam oppe ved inngangen til anlegget. Vannet renner så over kanten av betongmuren og føres i kaskader laget av betongrenner mot seremonirommet, der det forsvinner, for så å dukke opp igjen på andre siden, der det føres videre til et vannspeil ved krematoriepipen.



Fig 7.4.7.

Foto av fasade mot øst som viser typisk materialbruk og detaljer. Ytterveggen er kledd med naturstein og stående panel. Dører er malt i den typiske gule fargen. Foto 7.4.6. og 7.4.7 tatt i juli 2002 kort tid etter at de første utbedringer er ferdige. En viktig del av utbedringen var å sette et gesimsbeslag av kobber på alle tak og oppstikkende bygningsdeler.

Dristige detaljer

Refleksjoner av form og byggeteknikk

Moholt krematorium ble designet innenfor de modernistiske designprinsippene. Bygget har klare forbindelser til den såkalte poetiske modernismen. Det innovative kommer til uttrykk i dristige former, materialbruk og minimalistiske detaljer, som blir formet i henhold til det omtalte ærlighetsprinsippet.

Bygget anses for å ligge høyt på innovasjonsskalaen, satt sammen av flere komplekse former og materialer, som gjør at bygget er både krevende å prosjektere og bygge. Utformingen, materialvalget og detaljeringen av klimaskjermen er dristig og til dels med risiko for byggetekniske mangler i forhold til kjente bygningsfysiske problemer og den lokale klimapåkjenningen.



Fig. 7.4.8.

Deler av fasade mot øst, inngang til krematoriet. Ytterveggen er forblendet med liggende skiferheller og trepanel. Legg merke til kobberbeslaget på gesimsen som er fremtredende. Denne utførelsen var ikke en del av originaldesignet, men ble satt opp under utbedringen av byggskadene og etter krav fra byggherren.

7.4.3. Miljø- og klimapåkjenninger

Moholt krematorium ligger i den sydøstligste delen av Trondheim, ca. 4 km fra sentrum, i 112 meters høyde over havet i utkanten av Moholt kirkegård, i et lite dalsøkk. Byggegrunnen består av flere meter tykke lag med leire og sand. Det er langt ned til fjell i følge en geoteknisk utredning av byggegrunnen.⁷

Klimaet karakteriseres som mildt og fuktig, men stabilt. Årlig middeltemperatur er 5,3°C; middeltemperaturen i januar er -3,1°C, og i juli 14,7°C. Høyeste målte temperatur: 35,0°C (juli 1901), laveste: -26,1°C (februar 1899).⁸

Den årlige nedbørsmengden er omkring 860 millimeter. Normalt har byen litt over 200 dager med nedbør hvert år, og ca. 70 – 100 dager med snødekke.

Omkring 2/3 av nedbøren faller som slagregn fra sørvest.⁹ Denne klimapåkjenningen merkes godt ettersom sør- og vestvendte fasader og tak er mest utsatt for lekkasjer, men har også nedbrytning i form av solstråling og temperaturendringer. Tatt i betraktning av dette, anses bygget for å være utsatt for litt over middels miljø- og klimapåkjenninger i henhold til definisjoner utdypet i kapittel 4.

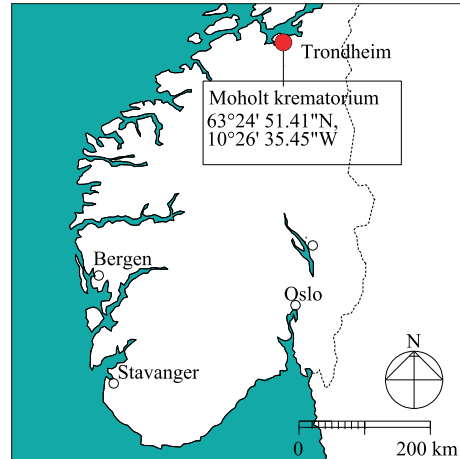


Fig 7.4.9.
Kartutsnitt som viser hvor byggeprosjektet er lokalisert med bruk av GPS punkter.

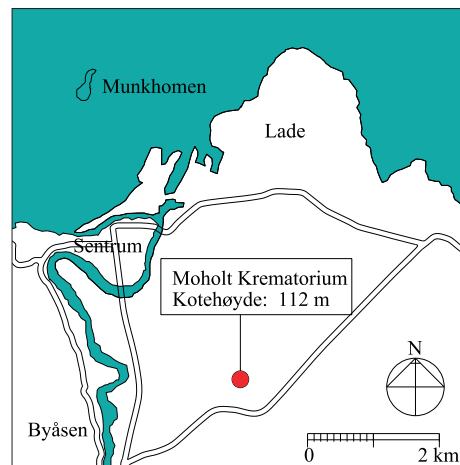


Fig 7.4.10.
Kartutsnitt av Trondheim som viser hvor krematoriet på Moholt er plassert.

7. Sand, Kåre (1995). R.935 Moholt krematorium. Grunnundersøkelse. Geoteknisk vurdering (rapport). (07.02.95). Trondheim: Teknisk seksjon - Utbyggingskontoret Trondheim kommune.
8. Bratberg, Arntzen, Eek & Isachsen. (2008). Klimaet i Trondheim.
9. Thue, J.V. (2008), se side 71 - 84

7.4.4. Byggeprosessen

Oversikt

I denne undersøkelsen er fokuset rettet mot samarbeid og/eller konflikter mellom aktørene, men også på bestemte hendelser. Undersøkelsen starter med beskrivelse av de viktigste aktørene, etterfulgt av en prosessbeskrivelse. På tidslinjen nedenfor er de viktigste hendelsene merket inn med fargede flagg. Disse blir nærmere beskrevet i teksten som følger.

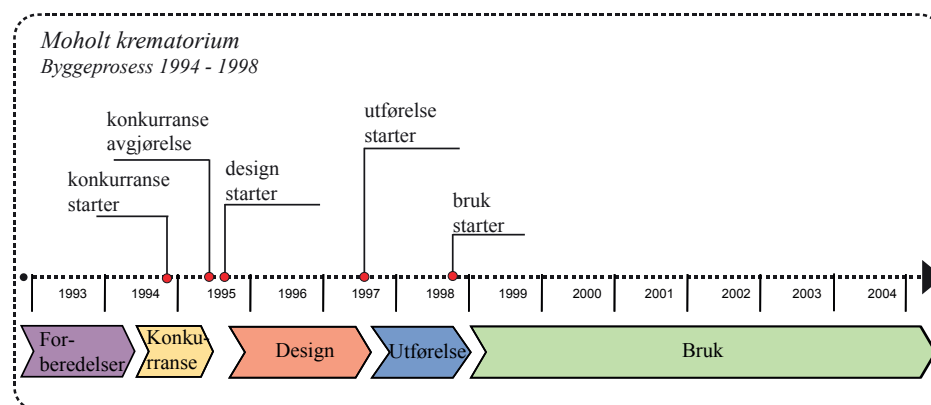


Fig 7.4.11.

Tidslinjen. Faseinndeling er markert med fargede piler og viktige hendelser er markerte med flagg.

Det som særpreger denne byggeprosessen er endringer i samarbeidsklimaet mellom hovedaktørene. Etter arkitektkonkurransen og fram til anbudsrunderen beskrives samarbeidet mellom de prosjekterende og byggherrerepresentantene som bra. Under anbudsrunderen, som er uvanlig lang, nesten et år, ble det et klimaskifte i prosjektorganisasjonen. Da gjør byggherren krav på endringer og kostnadsutt. Dette fører til at prosjektledelsen endres. Under utførelsesfasen er forholdene mellom de prosjekterende på den ene siden og byggherren og de utførende på den andre side blitt kjølig.

De viktigste aktørene

Byggherre:

Byggherren var Trondheim kommune ved Avdeling for kirke og kultur. Da bygget sto ferdig ble det overført til Kirkelig fellestråd, som forvalter kirker og kirkegårder i Trondheim. Byggherreansvaret under byggeprosessen ble ivaretatt av Trondheim eiendom som er en profesjonell utbyggingsorganisasjon i Trondheim kommune. Ansatte i denne organisasjon, som er både arkitekter og ingeniører, påtar seg prosjektlederansvar i byggesaker.

Prosjekterende

Arkitekt er Lusparken arkitekter A/S i Trondheim som også er prosjekteringsleder. Byggeteknisk konsulent (RIB) Reinertsen AS, VVS konsulent var SCC Pro Tech og elektronisk konsulent var Drangsholt. Alle firmaene er stasjonert i Trondheim.

Utførende

Entrepriseformen var hovedentreprise med sidestilte entrepriser for byggetekniske fag. Hovedentreprenør var Teknobygg AS i Trondheim, som er en byggentreprenør.

Byggeprosessen i korte trekk

Forberedelser – Lokal arkitektkonkurranse 1994

Ideen om å bygge et nytt krematorium i Trondheim kom fra et behov om å fornye et eldre krematorieanlegg i byen. Konklusjonen etter flere års utredninger og debatter, ble at byens nye og moderne krematorium skulle reises på Moholt kirkegård, der det var god plass og muligheter for å ivareta flerkulturelle kremeringer. Til å formalisere prosessen og for å imøtekomme krav til offentlig oppdrag, valgte kommune høsten 1994 i samarbeide med Trondheim Arkitektforening å invitere til en lokal arkitektkonkurranse om forslag til utforming av krematoriet.¹⁰ Konkurransen var åpen for alle arkitekter og arkitektstudenter bosatt i Sør-Trøndelag.¹¹ I programmet var det krav om et seremonirom med muligheter for utvidelse eller tilbygg, krematorieanlegg med to forbrenningsovner, kjølerom, og fasiliteter for personalet. I tillegg skulle det settes av plass til renseanlegg for røyken fra forbrenningsovnene. I romprogrammet er byggets størrelse satt til i overkant av 800 m². En viktig del av oppgaven var å tilpasse bygget til landskapet på kirkegården, gi plass til driftsbygninger og parkeringsplasser, samt å ta hensyn til Moholt kirke som nærmeste nabo.

Interessen for arkitektkonkurransen blant arkitekter i Sør-Trøndelag var stor. Ved innleveringsfristen i slutten av november 1994 ble 31 forslag levert.¹² En jury på fem satt sammen av representanter fra kirken, ansatte i krematoriet, byggherren og den lokale arkitektforeningen, kom fram til at LIV-DØD-LIV av Lusparken arkitekter, var det beste forslaget. Den skriftlige kritikken vitner om en begeistret jury:

Forslaget utmerker seg med en elegant enkelhet i planløsningen av bygget kombinert med en verdig og vakker adkomst til seremonirommet. Dette ligger, som en spennende og vakker form, i kontrast til den lange muren og det nøkterne driftsanlegget bak denne. Løsningen er meget arealeffektiv. Juryen føler seg trygg på at dette bygget kan bli en vakker ramme omkring seremoni og prosess ved livets slutt.¹³

10. Norske arkitekturkonkurranser (1995/4). Krematoriet på Moholt – Trondheim. Arkitektnytt nr. 4, 1995, 331. Oslo: Norske arkitekters landsforbund.

11. Norske arkitekturkonkurranser (1995/4), se side 2.

12. Norske arkitekturkonkurranser (1995/4), se side 2.

13. Norske arkitekturkonkurranser (1995/4).

Skisseprosjekt

Etter at konkurransen var avgjort, fikk arkitekten i oppdrag å utarbeide et skisseprosjekt på grunnlag av konkurranseforslaget. Hovedtrekkene fra konkurranseforslaget ble ivaretatt i skisseprosjektet, som ble levert i midten av mars 1995. Skisseprosjektet med kostnadssammenstilling ble vedtatt i Trondheim bystyre i slutten av september samme år. Prislappen på dette tidspunktet var i overkant av 21,45millioner NOK.¹⁴

Forprosjekt

Arbeidet med forprosjekt startet like etter den formelle behandlingen i Trondheim bystyre den 28. september 1995.¹⁵ Arkitektfirmaet som nå var blitt engasjert til å lede prosjekteringen, fikk på dette tidspunkt i oppdrag å utarbeide et forprosjekt. Samtidig med dette, opprettet byggherren en prosjekteringsgruppe som besto av fire representanter, som tilhørte organer på byggherresiden. Disse var Trondheim Bygg og eiendom, Avdeling for Kirke og Kultur og Trondheim Everk.¹⁶ Denne prosjektgruppen skulle samarbeide med arkitekten om utarbeidelse av prosjektet. Det påpekes at to av medlemmene av prosjektgruppen var med i juryen som ga førstepremie i arkitektkonkurransen året før. På dette stadiet begynner andre byggetekniske konsulenter å arbeide med prosjektet, og flere hensyn og krav kommer fram i lyset. Så skjer det som ofte skjer: bygget vokser i omfang, kostnader og kompleksitet.

Ved innlevering av forprosjektet i juni 1996, som inneholdt en beskrivelse med kostnadsoverslag og hovedtegninger, var bygget blitt 1162 m² totalt dvs., nesten 300 m² større enn i det premierte forslaget i arkitektkonkurransen. I følge arkitekten var størrelsen på bygget fastsatt i konkurranseprogrammet til 830 m² brutto.¹⁷ De totale prosjektkostnader på dette tidspunktet ble anslått til 27,5 millioner NOK. Noen viktige forandringer ble gjort, til tross for at hovedkarakteren fra konkurranseforslaget fremdeles er sterkt representert. De viktigste endringene er at skråtaket over krematoriebygget er blitt byttet ut med et stort flatt tak. Den utvendige kledningen har skiftet karakter. I stedet for platekledning av naturstein, er det nå kommet veggflater satt sammen av stående panel i lerk og oppmurte felter av naturstein. Vegger i seremonirommet har nå fått pussede overflater.¹⁸

Etter innlevering av forprosjektet i juni, ferdigstilles hovedtegninger og søknad om byggetillatelse sendes inn til kommunen. I fortsettelsen starter en offisiell

14. Trondheim kommune. (1995). Utskrift, Bystyrets møteprotokoll 28.09.1995. Sak Bnr.109/1995. Trondheim: Trondheim kommune.

15. Trondheim-kommune. (1995). se side 512 - 517.

16. Lusparken arkitekter (1996, 20. juni). Nytt Krematorium på Moholt kirkegård. Forprosjekt, beskrivelser med kostnadsoverslag. Beskrivelse og tegninger av forprosjektet utarbeidet for byggherren; Trondheim Eiendom.

17. Arkitekt og prosjekteringsleder for Moholt krematorium. Personlig samtale med forfatteren. 27. november 2009.

18. Denne endringen vises når tegninger fra konkurranseforslaget sammenliknes med tegninger i forprosjektet.

dialog med myndighetene i Trondheim om byggetillatelse, som tar flere måneder. I september 1996 fatter Bygningsrådet i Trondheim vedtak om byggetillatelse for Moholt krematorium.¹⁹

Hovedprosjekt og detaljer

Neste milepel i prosjektet var utarbeidelse av anbudsmaterialet, og siden anbudsrunden. Arkitekten i samarbeid med de andre konsulentene utarbeidet anbudsmaterialet. Hovedtegninger for anbud ble utarbeidet, og bygget beskrevet i detalj i henhold til NS 3420. Tiden fra innlevering av forprosjektet i juni 1996, og til anbudsmaterialet leveres i oktober samme år, var knappe fire måneder, noe som tyder på at prosjekteringen var godt på vei når forprosjektet ble levert.

I denne undersøkelsen har først og fremst prosjekteringsmaterialet fra arkitekten blitt studert. Anbudsmateriale omfatter i overkant av 60 arbeidstegninger; planer, snitt, fasader, skjemaer og detaljer.²⁰ Kompleksiteten i byggeprosjektet kommer tidlig fram i de mange skjemaene og detaljtegningene av de ulike bygningsdelene og sammenføyningene. Tegningene er ryddig tegnet, og det er tydelig at det ligger mye arbeid bak. Informasjon som forklarer de ulike lag og komponenter likevel er i knappeste laget. Dette rettes delvis under anbudsrunden og i utførelsesfasen ved å føye til mer informasjon, men også ved å legge fram nye tegninger. I tillegg til de 60 anbudstegningene utarbeider arkitekten 80 nye arbeidstegninger under anbudsrunden og etter at utførelsen har begynt. I forbindelse med utbedringer av huset etter ferdigstillelsen, utarbeider arkitekten i tillegg 20 nye tegninger. Dette vurderes som ganske mange tegninger for et bygg på litt over 1000 kvadratmeter. Da bygget legges ut på anbud høsten 1996, er kostnadsoverslaget kommet opp i 31 millioner kroner.²¹

Anbudskonkurransen og kontrahering

Anbudsfasen er den tidsperioden som brukes til å hente inn pristilbud fra entreprenører og forhandle fram en kontrakt. Den varer fra oktober 1996, da anbudsmaterialet ble levert, og til kontrakten med hovedentreprenøren ble underskrevet i oktober 1997.²² Hvorfor tok denne prosessen så lang tid og hva var hindringene? Forklaringen er enkel. Byggherren syntes prosjektet var blitt for dyrt. Det hadde vokst i kostnader og omfang fra skisseprosjektet i september 1995, da det skulle koste 21,45 millioner

19. Trondheim-kommune. (1996, 23. november). Moholt Krematorium. Byggetillatelse, dato, 23.09.96. Sak, DBK 1263/96.

20. Lusparken arkitekter (1996). Tegningsliste for Moholt krematorium. Prosjekt nr. 95100. Først utgitt i oktober 1996 og revidert mars 2000.

21. Arkitekt og prosjekteringsleder. Moholt krematorium. Personlig samtale med forfatteren. 27. november 2009.

22. Lina, R., Røstum, K. (2000, 20. november). Moholt krematorium. Rapport fra siv.ing. Ragnar Lian og advokat Knut Rostum. [Vurdering av ansvaret for feil og mangler]. Arbeidsrapport.

NOK, til opp i mot 30 millioner da anbudene var blitt innhentet i slutten av 1996.²³

Anbudskonkurransen var en vanlig åpen konkurranse, der fem entreprenører leverte inn pristilbud. I følge entreprenøren som fikk oppdraget, leverte han sitt anbud like før jul i 1996. Hans anbud var det laveste, om lag 31 millioner kr. Det kom fram i intervjuer med aktørene at på dette tidspunktet holdt prosjektet på å stoppe opp på grunn av manglende finansiering. Et ledd i å løse problemet, var å få arkitekten og entreprenøren til å starte forhandlinger om alternativ utførelse som kunne redusere byggekostnadene. Dette gjorde de på oppfordring fra byggherren. En forhandlingsprosess ble innledet der entreprenøren ga arkitekten tilbud på alternative materialer og utførelser.²⁴

Konkret bestemte byggherren at bygget ikke måtte koste mer enn 28,5 millioner med usikkerhetsmargin på 5% i et vedtak i bystyret i april 1997.²⁵ Men det ser ut som det ikke ble så enkelt for arkitekten og entreprenøren å redusere byggekostnadene. Under de urolighetene som fulgte med endringer og krav om sparetiltak, ble prosjektleder skiftet ut, og en ny satt på jobben som skulle holde fastere grep om utgiftene. Denne fremgangsmåten skapte etter hvert store samarbeidsproblemer mellom de prosjekterende, entreprenøren og byggherren.²⁶

Representanter fra byggherren, to arkitekter som arbeidet som prosjektledere, opplevde det som et problem å sitte med en sterk vinner av arkitektkonkurransen som forhandlingspartner. Hovedarkitekten ble av dem beskrevet som en sterk formgiver og forsvarer av sitt prosjekt, og hadde fram til anbudsrunder vært nøkkelaktør og ledet prosjekteringen.²⁷ Hovedarkitekten hadde en klar visjon og en ide som han ville kjempe for å gjennomføre. Byggherrens prosjektledelse på den andre siden sto overfor andre problem; en mangehodet byggherreorganisasjon med begrensede finansielle midler. Et problem var at overskridelser av budsjett ville kunne få politisk oppmerksomhet av bystyret, og negativ omtale i pressen. I motsetning til dette påpeker arkitekten byggherrens dårlige styring og fraskrivelse av ansvar ovenfor prosjektet.²⁸

I dette prosjekt var byggherreansvaret delt mellom forskjellig instanser i kommunen. Dette ga flere negative utslag for prosjektet, spesielt for samarbeidsklimaet under anbudsrunder og utførelsesfasen. En viktig negativ drivkraft ser ut i ettertid å ha

23. Trondheim kommune. (1997). Utskrift, Bystyrets møteprotokoll 20.03.1997. Sak Bnr.43/1997. Trondheim: Trondheim kommune. Se side 212 - 213.

24. Daglig leder i entreprenørfirma. Moholt krematorium. Telefonintervju med forfatteren. 28. mai 2003.

25. Trondheim kommune. (1997). Utskrift, bystyrets møteprotokoll 24.04.1997. Sak Bnr.43/1997. Trondheim: Trondheim kommune.

26. Krematorieleder for Moholt krematorium. Intervjuet av forfatteren. 15. august 2002.

27. To prosjektledere fra Trondheim eiendom. Intervjuet av forfatteren. 28. november 2002.

28. Arkitekt og prosjekteringsleder. Moholt krematorium. Personlig samtale med forfatteren. 6. mai 2003.

vært fokuset på kostnadsbesparelser. Dette fokuset, som i grunnen var et produkt av gode intensjoner om å spare på begrensede offentlige midler, ser ut til å ha skapt urealistiske forventinger for hva et komplekst bygg kan koste. I følge arkitekten var kommunens kostnadsreduksjon urealistisk for prosjektets mål og størrelse. I samsvar med offentlige regler, ble alle bevilgninger til byggeprosjektet behandlet i bystyret, og hver gang byggekostnadene økte, ble det slått opp i de lokale media som tegn på dårlig offentlig styring.²⁹

Det anses for å ha vært uheldig å starte innsparinger under anbudsrunderen, som i følge arkitekten gikk ut på å skifte fra dyrt lørkepanel til noe som ble betraktet som billigere panel av osp. Denne tresorten var ikke særlig godt egnet som ubehandlet fasadekledning i det fuktige klimaet i Trondheim. Bygget var ikke tegnet for å bruke osp som fasadekledning, sier arkitekten.³⁰ Osp har korte lengder, som betyr at det blir en del endeved som er utsatt for oppsug av fukt, som igjen fører til deformering og nedbrytning under den lokale klimapåkjenningen.

Utførelsen

Aktiviteten på byggeplassen startet i juni 1997. Arkitekten var mye på byggeplassen i starten, i følge entreprenøren. Dette følte entreprenøren som et problem, fordi håndverkerne oppfattet hans tilstedeværelse og faglige ærend som innblanding, og dessuten trodde de at arkitekten hadde myndighet til å gi ordre og bestille endringer.³¹ Saken ble løst på den måten at før de ukentlige prosjektmøtene, gikk arkitekten, byggelederen og entreprenøren en runde på byggeplassen.³² Om denne situasjonen sier arkitekten at i begynnelsen var han involvert i byggeprosessen, men etter hvert ble det slik at det ikke var mye han skulle ha sagt.³³

Omstendighetene rundt prosjektet var uheldige i følge entreprenøren. Prosjektleder og byggleder ble skiftet flere ganger.³⁴ Ikke alle opplevde likevel prosjektet som særskilt urolig, blant dem var den siste bygglederen som mente at tingene ikke begynte å tilspisse seg før mot slutten av byggeperioden.³⁵ I følge denne bygglederen, kom byggskadene fram mot slutten av prosessen. Det meste var knyttet opp mot betongarbeidet og utførelsen av seremonirommet. Entreprenøren fikk problemer med taket over seremonirommet, da støpeformen endret posisjon og sporene som var tenkt for innsetting av glass under kanten av taket gikk ut av stilling. Dette vises på bygget

29. Ibid.

30. Arkitekt og prosjekteringsleder. Moholt krematorium. Personlig samtale med forfatteren. 27. november 2009.

31. Daglig leder i entreprenørfirma. Moholt krematorium. Telefonintervju med forfatteren. 28. mai 2003.

32. Ibid.

33. Arkitekt og prosjekteringsleder. Moholt krematorium. Personlig samtale med forfatteren. 27. november 2009.

34. Daglig leder i entreprenørfirma. Moholt krematorium. Telefonintervju med forfatteren. 28. mai 2003.

35. Byggleder. Moholt Krematorium. Intervjuet av forfatteren. 27. mai 2003.

Dristige detaljer

i dag, der glasset mellom taket i seremoniveggen og veggen nedenfor er skjevt og ute av stilling. Arkitekten oppsummerer det slik at byggeperioden var for han en tragisk opplevelse, som i lang tid etterpå har skapt irritasjon.³⁶

Ferdigstillelsen

Bygget ble levert til bruker i oktober 1998. I følge entreprenøren foregikk overtakelsen av bygget helt greit. Utbedringslisten var ikke uvanlig lang, og garantibefaringen ett år senere var også normal. Men så brøt det løs sommeren 2000, etter en reportasje i TV-Trøndelag.³⁷ Overskriften i den lokale Adresseavisens lederartikkel i juli 2000, er dramatisk; ”Skandalen på Moholt”.³⁸ I følge avisen lå skandalen i kostnadsoverskridelser og i feil og mangler på det ferdige byggeprosjektet:



Fig 7.4.12.

Skadet murpuss på seremonirommet. Klipp fra reportasje i TV- Trøndelag. Kilde: TV- Trøndelag (2000).

I dag lyder prislappen på mer enn 33 millioner kroner, og rådmannen måtte i vår foreslå en ekstrabevilgning på 3,5 millioner kroner for å få prosjektet slutført. Og lite tyder på at det stopper med dette. For det kommunen sitter med, er et bygg hvor veggene sprekker på grunn av vannlekkasjer, hvor murpussen er i ferd med å falle av, et bygg som heller ikke funksjonelt sett på noen måte holder mål. [.....] Etter vårt syn er hele denne saken både en administrativ og politisk skandale. Administrasjonen i kommunen har avdekket at den ikke har maktet å styre et så forholdsvis enkelt prosjekt, og politikerne har sviktet ved å godta et arbeid som skulle vært avvist. Denne saken er så pinlig og så graverende, at den formelig skriker etter å bli gransket.³⁹

Etter at byggesaken kom opp i media, fikk byggherren eksterne rådgivere til å vurdere

36. Arkitekt og prosjekteringsleder. Moholt krematorium. Personlig samtale med forfatteren. 27. november 2009.

37. TV- Trøndelag (2000). Moholt krematorium. [Reportasjer om byggeprosjektet fra 17.07 og 10.08. 2000]. Trondheim: TV- Trøndelag.

38. Flikke, G. (2000, 20. juli). Skandalen på Moholt (leder). Adressavisen.

39. Flikke (2000, 20. juli).

omfang og ansvar for de feil og mangler som var blitt registrert.⁴⁰ En del av denne utredning var å få Byggforsk til å vurdere byggskader for enkelte bygningsdeler.⁴¹ Men medias interesse for prosjektet slutter ikke med dette. I begynnelsen av 2001 var det fortsatt strid om krematoriet på Moholt. Kirkelig Fellestråd, som skulle forvalte bygget, nektet å overta bygget fra kommunen. Til Adresseavisen sa direktør Gerhard Dalen i Kirke og kultur, dette:

Her er det snakk om dårlig utført arbeid. I tillegg har Trondheim eiendom hatt dårlig kontroll med prosjektledelsen. Jeg nekter å overta bygget før det foreligger et byggeregnskap og alle mangler er utbedret.⁴²

Etter dette ble det iverksatt utbedringer av bygget, som blant annet førte til ny utførelse av takteking over seremonirommet, utskifting av defekt trepanel, innsetting av beslag på alle gesimser og tettinger rundt vinduer og åpninger. Foto 7.4.12 til 7.4.16 viser arbeidet med utbedringer, og stammer fra reportasje i TV-Trøndelag. En del av utbedringene ble dekket av midler fra arkitektkontorets skadeforsikring.⁴³

Byggskader

En del av manglene ved bygget stammer fra mangelfull fuktsikring og lufting. En slik feil gjelder taket over seremonirommet, som er oppført tretak på et betongdekket uten lufting. Den utførende entreprenøren uttrykker det slik at i ettertid har alle involverte parter innrømmet at det manglet lufting, men under byggingen var ingen oppmerksom på at dette kunne være et problem.⁴⁴

Utbedringer av taket over seremonirommet har kostet mest. En del kostnader har også gått til å sette inn beslag på takgesims, som var prosjektert uten slike beslag. Entreprenøren fremhever at mangel på beslag ble påpekt overfor arkitekten, som på sin side argumenterte med at slike beslag ville bli både stygt og dyrt.⁴⁵

Byggesaken

Fra 2002 har forfatteren regelmessig oppsøkt bygget og fått lov til å studere det sammen med hjelpsomme medarbeidere i krematoriet. De ansatte opplever et paradoks: et flott bygg, men med en del byggskader. Daglig leder av krematoriet hevder at de har fått det som de ville. Et anlegg med gode arbeidsforhold, godt dagslys, sentralt plassert kjølerom og bygg som har god logistikk. Men samtidig

40. Lina og Røstum (20. november 2000).

41. I beskrivelsen av detaljene og de tekniske problemene i kapitel 7.4.5, refereres til flere rapporter fra Byggforsk, som ble utarbeidet i forbindelse med vurderingen av byggskadene.

42. Adresseavisen (2001, 26. februar). ”Fortsatt strid om krematoriet”. Hentet 25. 11. 2009 fra <http://www.adressa.no/nyheter/trondheim/article292751.ece>

43. Arkitekt og prosjekteringsleder. Moholt krematorium. Personlig samtale med forfatteren. 6. mai 2003.

44. Daglig leder i entreprenørfirma. Moholt krematorium. Telefonintervju med forfatteren. 28. mai 2003.

45. Ibid.

Dristige detaljer



Fig 7.4.13.
Merker etter lekkasjer i taket over seremonirommet.

Kilde: TV- Trøndelag (2000).



Fig 7.4.14.
Utvendig treverk med merker etter klimapåkjenning.

Kilde: TV- Trøndelag (2000).

beklager han det dårlige håndverket som har medført så mange feil og mangler. Han bemerker at driftspersonalet har hatt vanskeligheter med å vinne fram med sine henvendelser om utbedringer, fordi alle prøver å fraskrive seg ansvaret for bygget.⁴⁶ Men driftslederen er ikke alene om å møte problemer. I en arbeidsrapport fra revisjon og resultatkontroll fra i november 2002, kommer det fram at selv om byggesaken er avsluttet, mangler det fortsatt et økonomisk oppgjør som viser hva saken egentlig har kostet. Det er ingen samlet oversikt hva innleid juridisk og teknisk bistand har kostet, bygningsmessige kostnader til utbedringer samt driftsmessige kostnader som følge av de byggetekniske problemene.⁴⁷

For å få visshet i om byggesaken var avklart, og et økonomisk oppgjør levert, ble saksmapper i Trondheim byarkiv gjennomgått i november 2009, elleve år etter ferdigstillelsen. Det forfatteren var på utkikk etter, var den lovpålagte ferdigattesten eller en ferdigmelding og et økonomisk regnskap for oppgjør av byggeprosjektet, eller en rapport som redegjorde for det avsluttede prosjektet. Ingen slike rapporter ble funnet. For å få undersøkt saken nærmere, ble forvalter av bygget, Kirkelig fellesråd i Trondheim, kontaktet. I samtale med leder, som hadde god kjennskap til byggeprosjektet, kom det fram at antakelig var byggesaken ikke formelt avsluttet ettersom en ferdigattest manglet.⁴⁸ Dette resultatet var ikke uventet, ettersom slike forhold også foreligger i andre offentlige byggeprosjekter, rammet av liknende problemer.⁴⁹

46. Krematorieleder for Moholt krematorium. Intervjuet av forfatteren. 15. august 2002.

47. Nilsen, P.O (2002). Revisjon og resultatkontroll. Rutiner og prosedyrer for garantioppfølging i bygge- og anleggsprosjekter 2002. Arbeidsrapport. 1. november 2002: Trondheim kommune.

48. Landskapsarkitekt i Kirkelig Fellesråd i Trondheim. Telefonsamtale med forfatteren. 27. november 2009.

49. En tilsvarende situasjon eksisterer i Hamarprosjektet, der et lovpålagt oppgjør av byggesaken ikke er blitt utført.



Fig 7.4.15.
 Byggematerialer som skal brukes til utbedring av
 taket over seremonirommet.
 Kilde: TV- Trøndelag (2000).



Fig 7.4.16.
 Arbeid med utbedring av trevirket i taket over
 seremonirommet.
 Kilde: TV- Trøndelag (2000).

Refleksjoner over drivkrefter prosessen

Etter arkitektkonkurransen og fram til anbudsrunder er det hovedarkitekten som leder prosjektet. Samarbeidet mellom byggherren og de prosjekterende beskrives som bra. Kostnadsrammene for prosjektet vokste i takt med at bygget gradvis blir større og flere tekniske og funksjonelle krav dukker opp under prosjekteringen. Når bygget går ut på anbud er kostnadsoverslaget kommet opp i 31 millioner NOK. Da krever byggherren nedskjæringer som tar tid og fører til samarbeidsproblemer mellom involverte aktører. Samarbeidsklimaet forverres ytterligere under utførelsesprosessen. Overleveringen av bygget og ferdigbefaringen var normal, i følge informanter, men så brøt det løs med omtale av kostnadsoverslag og feil og mangler i media.

7.4.5. Detaljer – tekniske problemer

For å studere oppbyggingen av klimaskjermen brukes detaljer tegnet spesielt for denne undersøkelsen. Detaljene er tegnet etter arkitektens originaltegninger fra 1996 - 2000 og etter forfatterens observasjoner på byggeplassen. Det understrekes at detaljene skal illustrere prinsipper, og brukes til å drøfte byggskaade problemer i veggkonstruksjonen, taket, glasstaket og overganger.

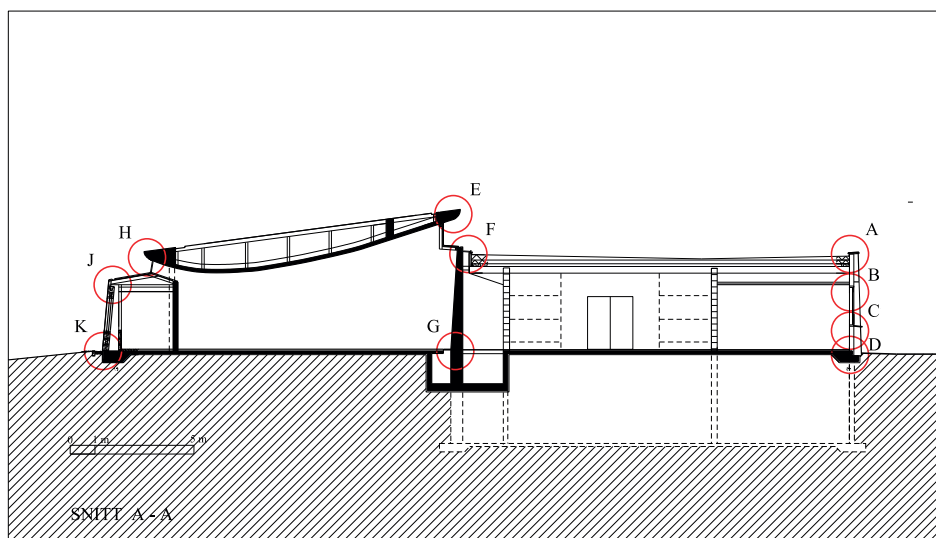


Fig 7.4.17.
Snitt A-A som viser plasseringen av de detaljer som undersøkes.

Snitt-tegningen (fig. 7.4.17) illustrerer plasseringen av detaljer som undersøkes, men også svake punkter i konstruksjonen.

- Detalj A til K; yttervegg, gesims og tak på krematoriebygget og seremonirommet.
- Detalj L til R; yttervegg, gesims og tak på krematoriebygget.

Byggskaade problemene er i hovedsak knyttet til nedbør som kommer inn i bygget via utettheter i klimaskjermen. Dette er for det meste fukt som blir presset inn ved vindtrykk når huset blir utsatt for slagregn fra sør og vest.

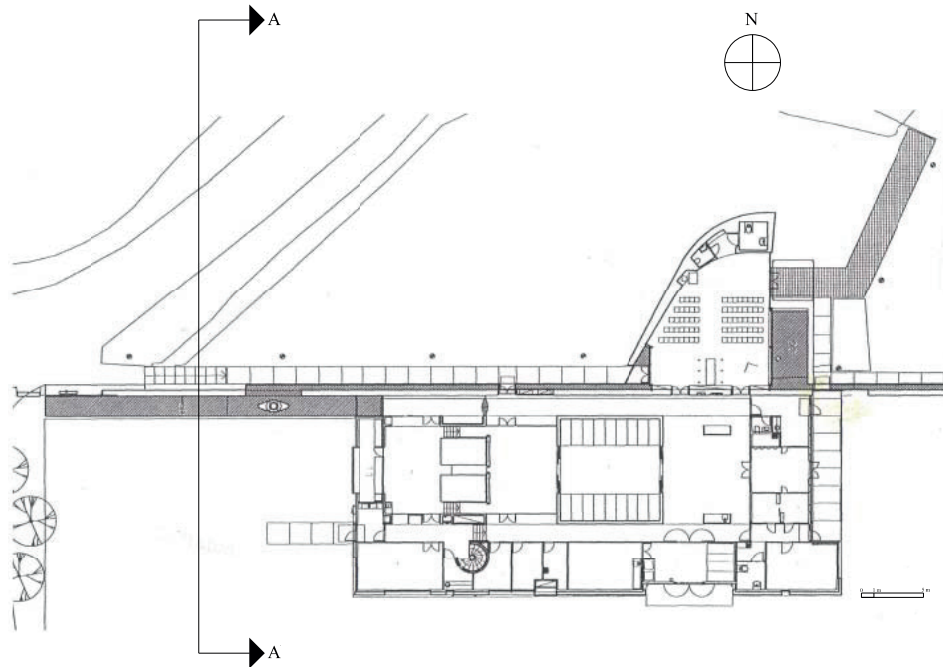


Fig 7.4.18.
 Plan av første etasje. Snitt A-A er merket inn på planen.
 Illustrasjon: Lusparken arkitekter A/S.

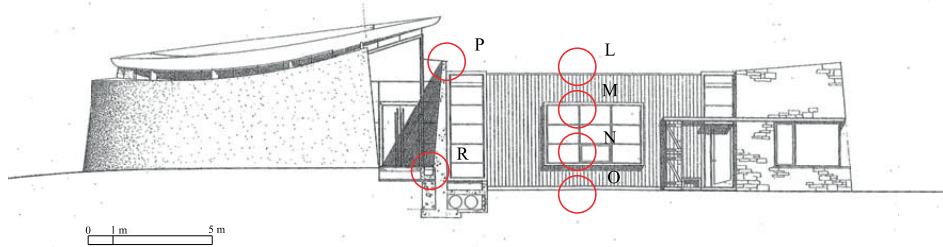


Fig 7.4.19.
 Fasade mot vest. Til venstre seremonirommet med de krumme veggene og det konkave taket. I midten har man den langstrakte muren, og til høyre krematoriet som er kledd både med stående trepanel og skiferheller.
 Illustrasjon: Lusparken arkitekter A/S.

Detalj A, B, C og D - Tak og yttervegg av naturstein

Yttervegg forblendet med naturstein

Den første detaljen, merket fig. 7.4.20, viser den delen av ytterveggen på krematoriet som er forblendet med stablete skiferheller. Veggkonstruksjonen er bindingsverksvegg laget av 48 x 148 stenderverk med 150 mm isolasjon av mineralull. Innvendig er veggens kledd med trepanel på dampsperre. Utvendig er det en 9 mm tykk gipsplate som vindsperre, såkalt Gu-plate. Utenpå vindspærren er det lagt en grunnmursplate av plast med knottene mot gipsplaten. Denne oppbyggingen skal sørge for lufting mellom vindspærren og den fukt-tette grunnmursplaten. Det ytterste laget i veggkonstruksjonen er kledningen av norsk skifer (Dovreskifer), såkalt råkop, dvs., stein som har bruddflater som synes utvendig. Skiferhellene er stablet opp i høyden uten synlige festemidler i fugene, og ser derfor ut som tørrmur uten å være det. Grunnen til det er at skiferhellene er lagt i en bakstøp av murmørtel, som delvis går in i fugene i mellom steinene, uten å kunne ses fra utsiden. Bakstøpen har to funksjoner; å forbinde og stabilisere den oppstablete skiferkledningen, og å tette for fukt.

Alle vinduer i bygget er av tre. I denne veggkonstruksjonen er vinduene tilbaketrukket og sitter i treveggen. Over vinduene er det tegnet vannbrett med beslag. Denne utførelsen mangler flere steder. Under vinduene er det vannbrett av skiferplate. Vindusåpningene i skiferkledningene, er formet med en ståldrager (se punkt 15 i fig. 7.4.20) som støtte under steinkledningen.

Tak

Taket over krematoriet er et såkalt rettvendt kompakt tak med innvendig nedløp. Isolasjonen er to lag med mineralull, der det øverste laget er skrånende for å lage fall. Fallet varierer fra 1:30 til 1:60. Den bærende takkonstruksjonen er trapesformede stålplater lagt på ståldragere, som er båret oppe av ytterveggskonstruksjonen og innvendige vegger av lecablokker. Ståldragerne er koblet til den lange betongveggen med innstøpte festeanker. Taktekking er sarnafilduk lagt på isolasjonen og trukket over toppen av bindingsverksveggen. Detaljer A, F, L og P viser ulike utførelse av gesims og yttervegg, mens takoppbyggingen er den samme i alle detaljene.

Gesims

I originalutførelsen avsluttes gesimsen med en stor skiferhelle på toppen, som dekker både over treveggen og natursteinsforblendingen. Skiferhellen skal i følge arkitektens detaljtegning være 4 cm tykk og 42 cm bred, med et lite fall (ca. 4 grader) mot takflaten. Fuger mellom skiferheller fylles med murmasse.

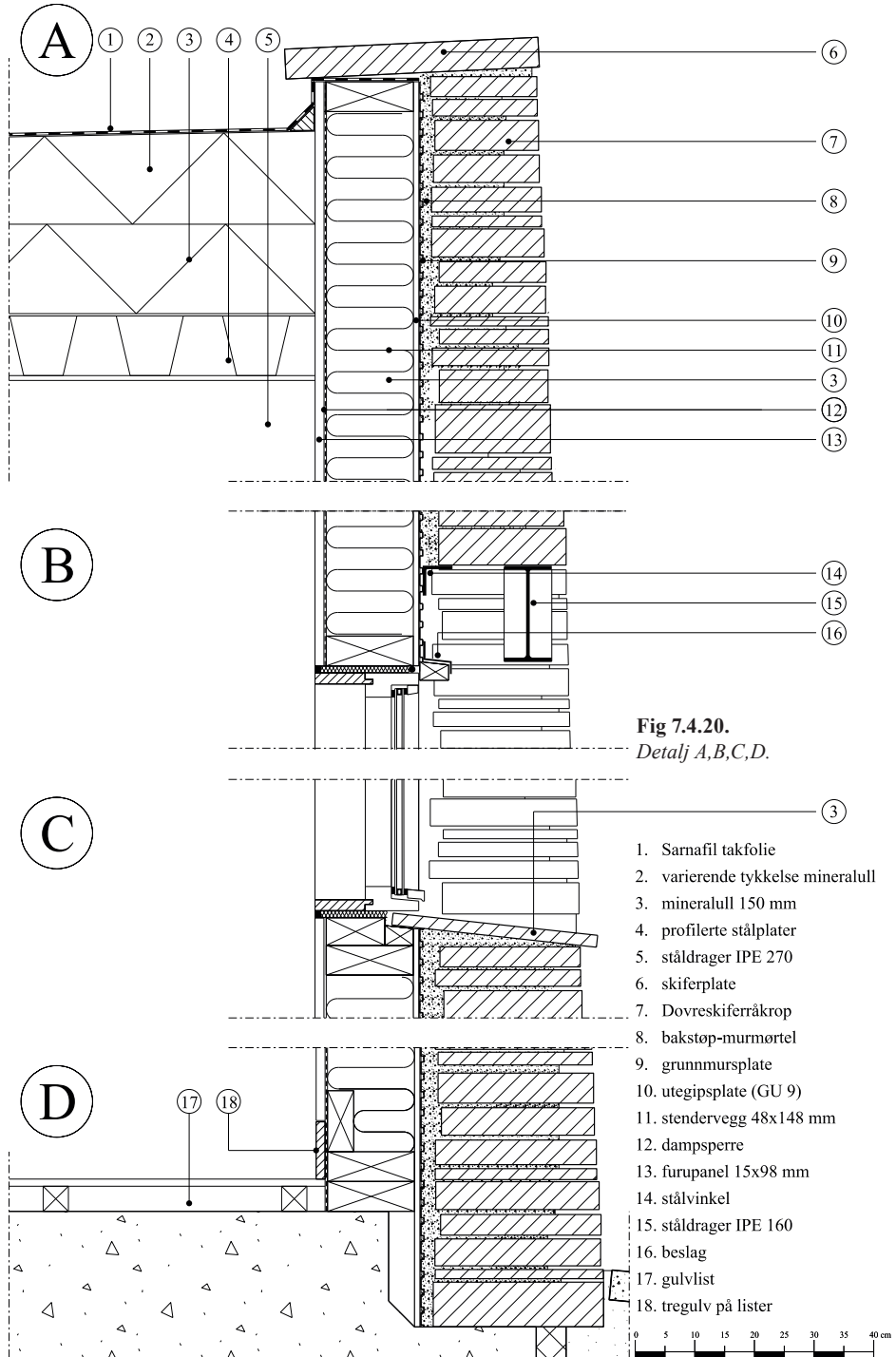




Fig. 7.4.21.

Deler av fasade mot vest. Konstruksjonen er bindingsverk, men kledningen er naturstein og panelkledning av osp.

Byggskader i konstruksjonen

Byggskader i takkonstruksjonen er ikke registrert. Derimot er flere byggskader og tekniske svakheter registrert i veggkonstruksjonene.

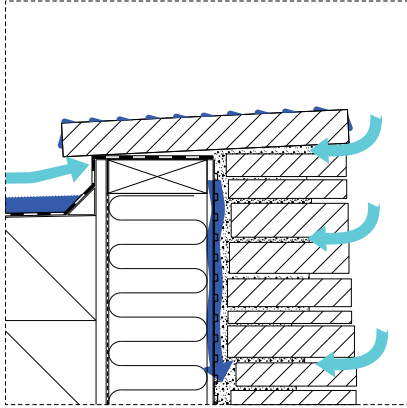
Svakheter i den tekniske oppbygging av ytterveggen og gesimsen ble påpekt i en arbeidsrapport fra Byggforsk, laget i forbindelse med utbedringer av bygget i 2000.⁵⁰ Det som påpekes er mangel på fuktsikring og lufting av bindingsverksveggen bak forblendingen av den relativt fuktåpne skiferkledningen og den fukt-tette grunnmursplaten.



Fig. 7.4.22.

Detaljutsnitt fra yttervegg og vinduer.

50. Bøhlerengen, T., Tveter, T. (2000). Vurdering av yttervegg med natursteinforblending - det nye krematoriet på Moholt, Trondheim. Byggforsk arbeidsrapport utarbeidet for siv. ing. Ragnar Lian på vegne av Trondheim Eiendom: Byggforsk.



Enkel tilstandsundersøkelse har vist at fukt har kommet inn bak grunnmurplaten, dit fukt slett ikke skal komme. Fukten viser seg som lyse striper som inneholder oppløst murmørtel og/eller oppløst gips, og kommer fram både på vinduskarmer og glassruter. Flere steder ble det registrert fuktskader på gipsplater utvendig i bindingsverksveggen. Slik originaldetaljene er utført har fukten funnet flere veier inn i konstruksjonen. Fuktinntrengningen illustreres i fig. 7.4.23.

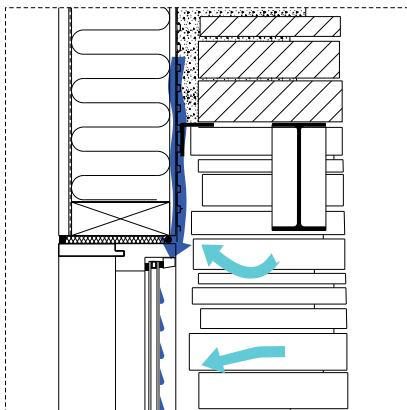
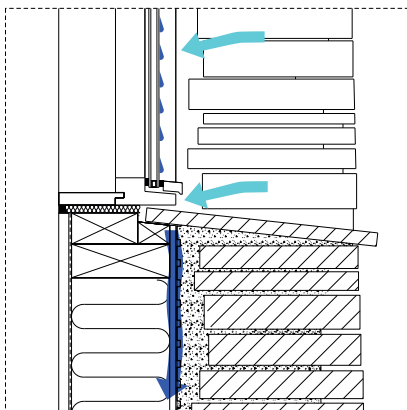


Fig. 7.4.23.

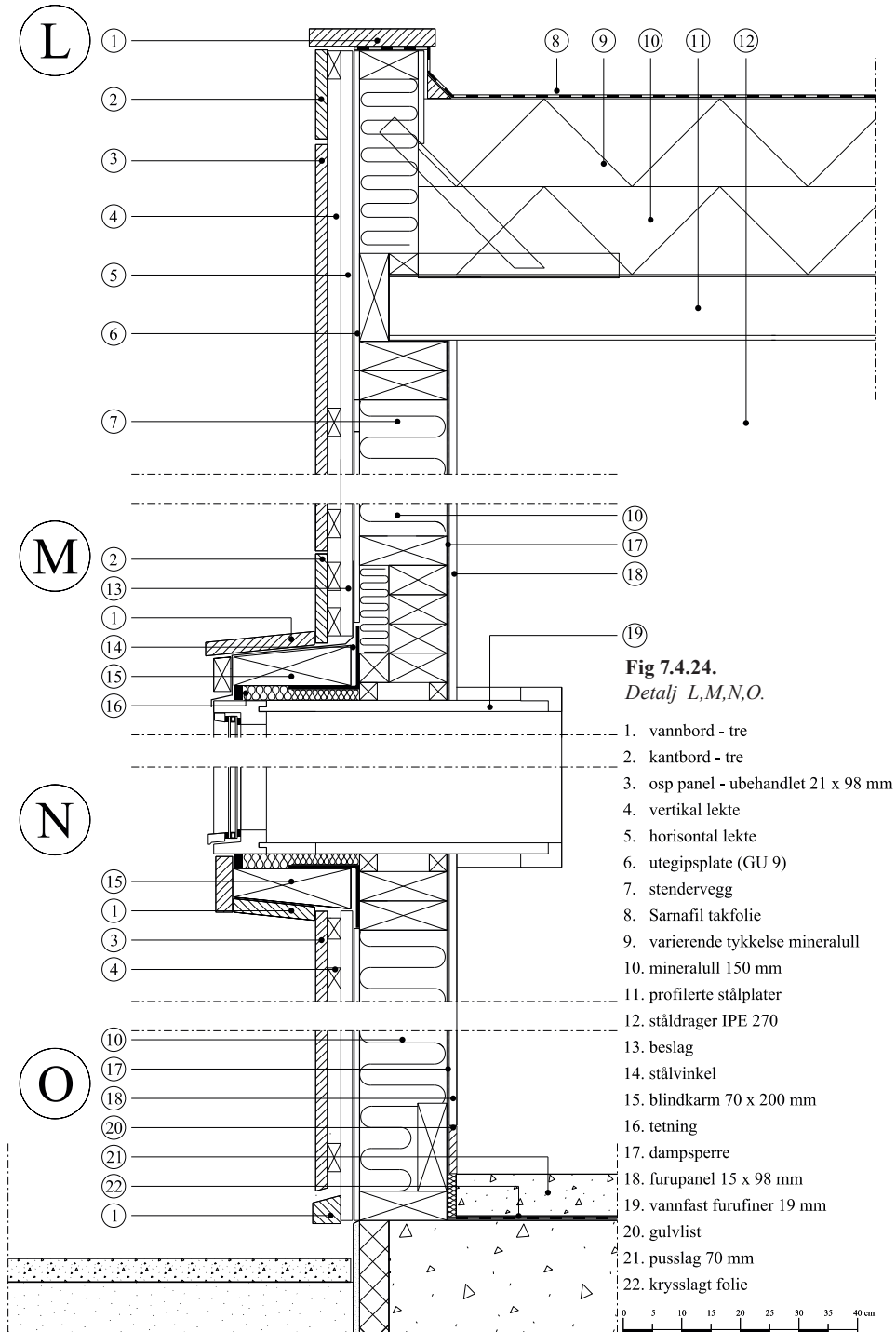
Detaljen av gesimsen er prosjertert med en skiferhelle på toppen for å få frem en helhetlig steinkledning fra bakken og til toppen av veggen. Denne utførelsen er i samsvar med det modernistiske designidealet om minimalistiske detaljer der beslag betraktes som unødvendig og skjemmende for det estetiske uttrykket. Denne detaljen representerer et av de svake punktene i konstruksjonen.

Originaldesignet av detaljen er stikk i strid med anbefalingen i litteraturen, se blant annet Larsen, H. J. (2004). Beslag mot nedbør. Detaljer av samme karakter finner man i Fallingwater og Hamar universitetsbygg i Reykjavik og mange andre modernistiske byggverk som har byggskader.



Det som spesifikt skjer i dette tilfellet er at gesimsdetaljen er under kraftig påkjenning fra slagregn fra vest og syd, og at fukt kommer seg inn i konstruksjonen under vindtrykk både fra takflaten og via hull i veggen. Derifra kan fukten komme inn bak den fuktette grunnmursplaten gjennom skjøter og åpninger på toppen og inn til gipsplaten. Laget mellom gipsplaten og grunnmursplaten har også dårlig lufting.

Et annet svakt punkt er detaljer rundt vinduer, hvor fukt kan bli presset inn i bindingsverksveggen. Disse konkrete problemene beskrives av Bøhlerengen og Tveter (2000).



Detalj L til O - Yttervegg kledd med trepanel

Yttervegg kledd med trepanel

Detaljene som omtales vises i fig. 7.4.24. Oppbygging av veggkonstruksjonen er 48 x 148 stenderverk med 150 mm isolasjonen av mineralull, innvendig trekledning og dampsperre med utvendig vindsperre av 9 mm Gu-plate (gips).



Fig. 7.4.25.
Fasade mot øst der man ser innsetting av vinduer og dører, men også skadede trepanel. Fotoet er fra juli 2002, etter at byggskadene i fasaden ble utbedret.



Fig. 7.4.26.
Fasade mot vest som viser panelkledningen og det store utenpåliggende vinduet. Fotoet er fra juli 2002. Det bemerkes at fasaden på dette tidspunktet hadde blitt utbedret på grunn av de omtalte fuktforårsakede byggskadene.

Forskjellen på en vegg forblendet med skiferheller og vegger kledd med trepanel, er at utenpå vindsperran i panelkledde vegger kommer det en luftspalte laget av 23 x 48 mm vertikale sløyfer og 23 x 48 mm horisontale lekter, som trepanelet er festet til. Kledningen er 20 x 70 mm ubehandlet osp, montert med mellomliggende åpne fuger. Trekledningen avsluttes med et kantbord som ligger nede ved bakken. Detaljen (fig.7.4.24) viser originale detaljer fra fasaden mot vest, der et stort vindu er plassert utenpå fasaden. Byggskadene i denne detaljen illustreres i fig 7.4.28.

I andre panelkledde fasader er vindus- og dørkarmer plassert ute ved panelkledningen og innrammet med bred list som vises i fig. 7.4.25.

Gesims og tak

Gesimsen på de panelkledde fasader (detalj L på fig. 7.4.24) er bygget opp et lite stykke i forhold til takflaten. Taktekkingen er ført over kanten av bindingsverksveggen og ført under et vannbord av tre på toppen av gesimsen.

Byggskader i konstruksjonen

De panelkledde fasadene på krematoriet har flere tekniske svakheter. Kort tid etter at fasadene ble ferdige, begynte kledningen å vise misfarging og fuktskjolder, og flere bord i kledningen begynte å vise deformasjoner. Tilstandsstudier avslørte at det materialet som var brukt, dvs., ubehandlet osp, ikke var særlig egnet med den detaljeringen som ble prosjektert.⁵¹ De fleste byggskadene i panelkledde fasader ble knyttet til uheldige tekniske detaljer. De svake punktene i denne fasaden beskrives i fig. 7.4.28. Der fremheves spesielt tre utsatte steder; utformingen av gesimsen, detaljering rundt åpninger og avslutningen mot terrenget.

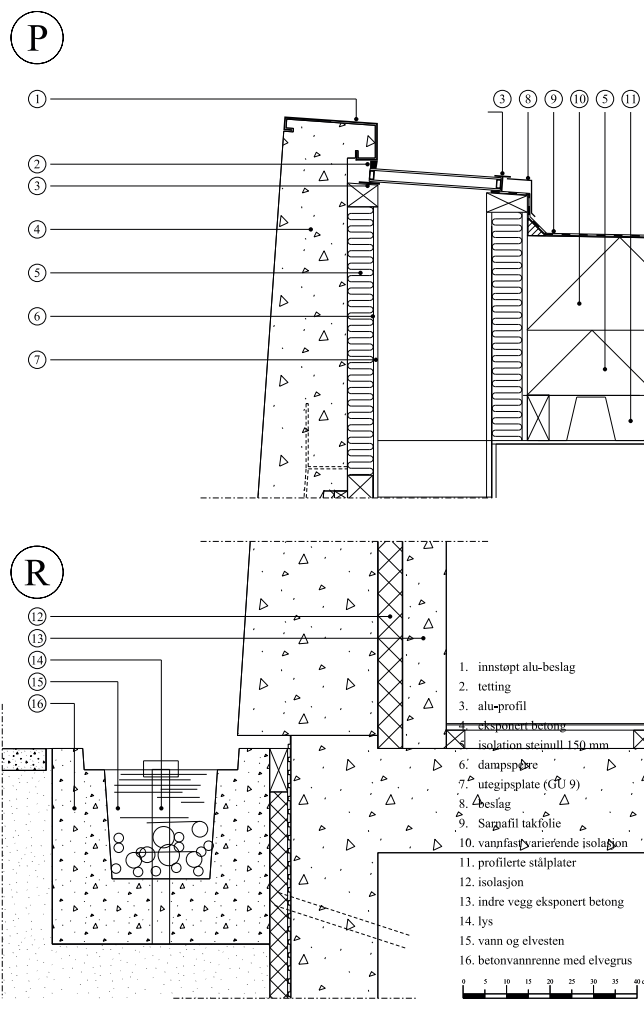


Fig 7.4.27.
Detalj P,R.

51. Bøhlerengen, T. (2000). Det nye krematoriet på Moholt i Trondheim. Utvendig kledning av ubehandlet osp. Upublisert Byggforsk rapport utarbeidet for siv. ing. Ragnar Lian på vegne av Trondheim Eiendom.: Byggforsk.

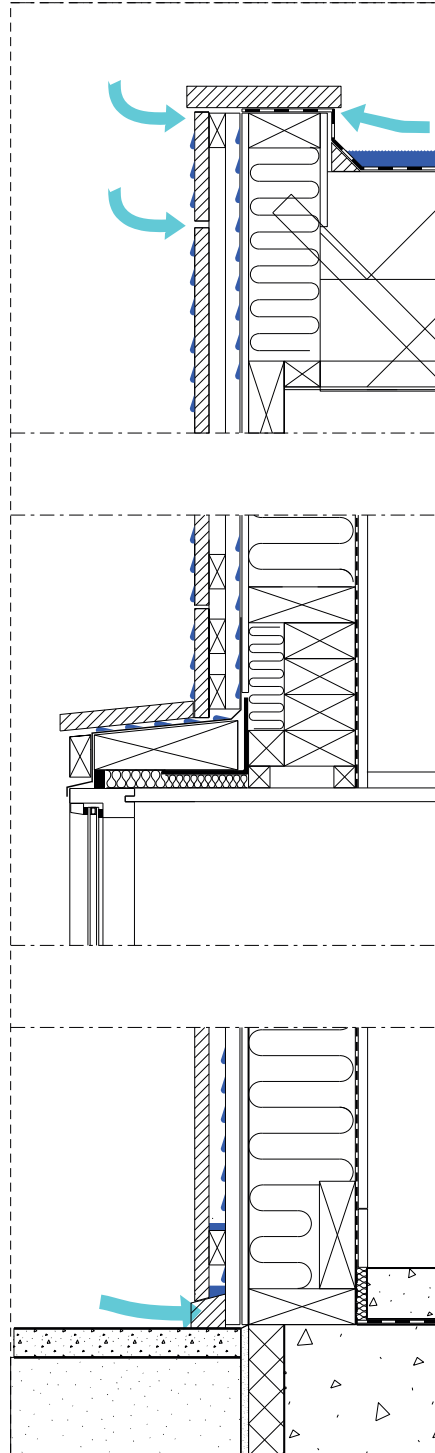
Fig. 7.4.28

Illustrasjonen viser fuktpåkjenning på panelkleddede fasader.

1) Den knappe gesimsen gir veggflaten under liten eller ingen beskyttelse mot fuktpåkjenning. Oppsug av fukt i endeved blir ikke hindret, og slikt fører fort til råteskader. I tillegg gir panelkledningen, som har åpne fuger, bakveggen med en vindsperre av GU-plate mangelfull beskyttelse. Med hjelp fra vindtrykk kommer fukten seg for lett inn til bakveggen, der den renner nedover veggen og ødelegger konstruksjonen over tid.

2) Et annet svakt punkt er hvordan åpninger (vinduer og dører) er plassert i ytterveggen. Utformingen bidrar til at fukt kan komme seg inn i konstruksjonen og inn til bakveggen. Mangel på fuktavvisende detaljer gjør sitt til at vann ikke blir ledet vekk fra vinduer og dører, på grunn av gal utforming av beslag. En problematisk bygningsdel er det store utstikkende vinduet på fasaden mot vest. Kantbord og omramninger utført i osp viste fort etter ferdigstillelsen deformasjoner og råteskader, som omtales i Bøhlerengen (2000).

3) Avslutning mot terreng er det tredje svake punktet. Denne detaljen er stikk i strid med teorien om tilstrekkelig avstand fra bakke for å unngå spruting og/eller vannoppsugning utdypet av Thue (2008). Prosjekterte detaljer fører til at fukt suges opp i endeveden. I tillegg vil fukt som har kommet inn til bakveggen, ikke bli drenert vekk fordi dreneringsfugen mangler. Denne detaljen har ført til råteskader.



Detalj E, F, G, I, H, J og K - Krematoriet og seremonirommet

Ulike takformer

Sammensetninger av ulike tak- og veggkonstruksjoner mellom krematoriet og seremonirommet er komplekse. Detaljene beskriver flotte former, men også flere meget komplekse byggetekniske punkter. Flere detaljer må til for å beskrive situasjonen. Den mest markante formen, men også de dristigste tekniske detaljene, er utformingen av taket over seremonirommet. Detaljene som beskriver situasjonen vises i fig 7.4.29, 7.4.30 og 7.4.31.

Først om takformen som beskrives i fig 7.4.29. Et større L-formet overlys mellom betongveggen og taket over seremonirommet utgjør overganger mellom ulike former. I fig. 7.4.32 beskrives et mindre overlys som ligger langs betongveggen i krematoriets hele lengde og er 0,35 m bredt og 36 m langt. Samme overlys beskrives i fig. 7.4.27. (detalj P) og viser den langstrakte betongmuren som er så karakteristisk for prosjektet, understreket med overlys langs kanten til krematoriet. Detalj R i samme figur viser gulv i krematoriet, kjeller og vannrennen ute. Vannrennesystemet ligger langs betongmuren. Utformingen av overlyset er slik at termoglassruter er lagt opp på kanten i takflaten og inn i et spor i betongveggen. Taktekkingen er ført under glassruten. Alu-vinkler og beslag holder glassruten på plass og skal sørge for fuktette skjøter. Det benyttes ikke vindusrammer, og skjøtene mellom glassruter tettes med silikonmasse. Detalj F viser at ståldragerne som bærer taket er festet til betongveggen under overlyset med innstøpte betonganker.

Seremonirommet

Taket over Seremonirommet vises i detalj E, I og H (se fig. 7.4.29 og 7.4.31). Denne takkonstruksjonen er bygget opp som en rammedrager av betong. Oppbyggingen av taket er oppskalket tretak med isolasjon av mineralull, bygget opp av vannfast kryssfiner på takstolene, og sperrer av tre hvor taktekking er av PVC-duk. Detalj E, I og H viser oppbyggingen med et nedsenket felt som fungerer som renne, og et nedløpsrør som er ført inn i bygget. Gesimsen er tegnet uten beslag, men legg merke til en slisse, merket nr. 1 på fig. 7.4.31, som skal fungere som dryppnese. Vinduer er termoglassruter uten rammer ført inn i spor i betongkonstruksjonen i overkant av vinduene, og holdt på plass av aluminiumsbeslag og festevinkler i bunnen. Her er vinduer også uten rammer, og de vertikale skjøter mellom vinduene er tett med silikonmasse.

Tilleggs-rommet som omkranser seremonirommet er beskrevet i fig 7.4.30. Denne konstruksjonen er bygget av isolerte lecablokker. Veggen har en svak helning samtidig som den er krum. Utvendig er overflaten pusset med skuret puss, som er malt i en lys farge. Taket over tilleggs-rommet er laget av trebjelker og vannfast finer. Taktekking er PVC-duk og 40 mm murpuss ovenpå duken. Ute ved gesimsen er det et nedsenket felt belagt med galvanisert stål som skal fungere som renne.

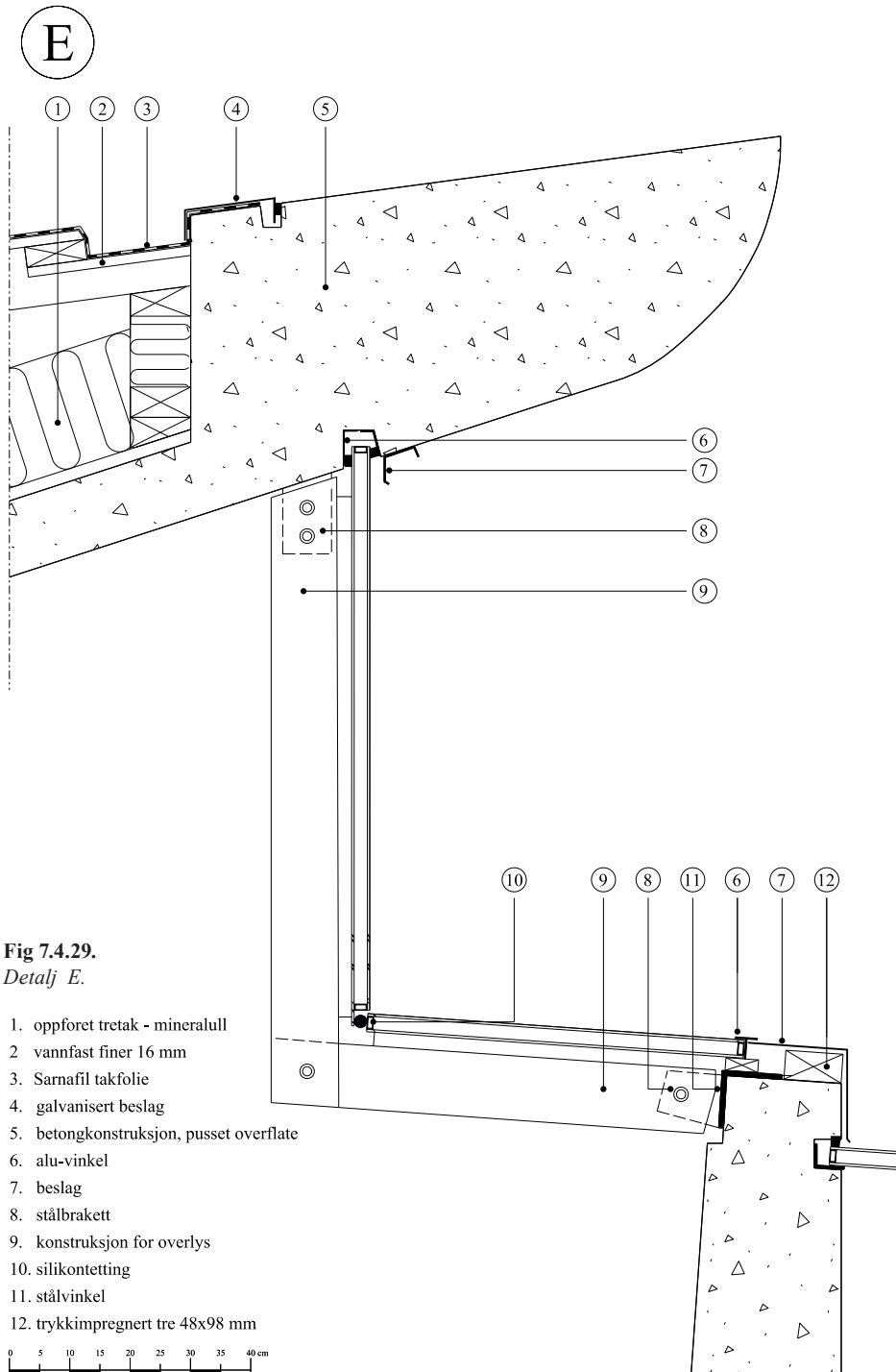


Fig 7.4.29.
Detalj E.

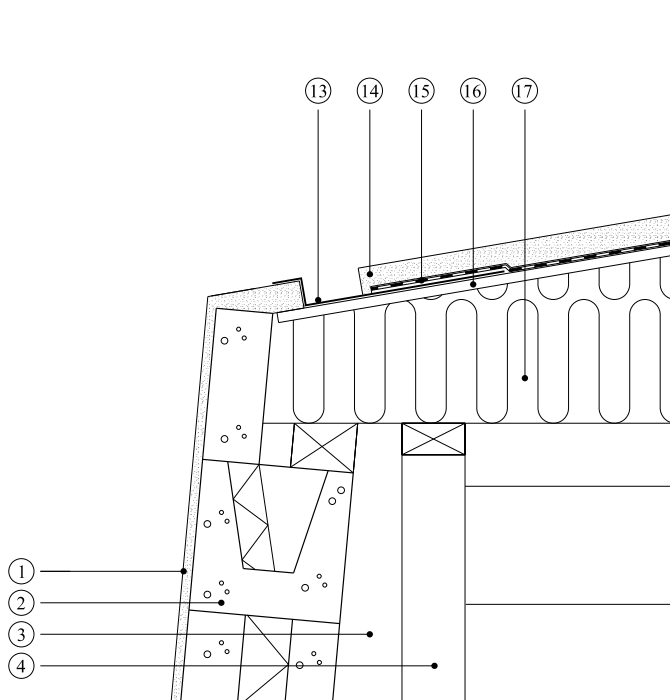
1. oppforet tretak - mineralull
2. vannfast finer 16 mm
3. Sarnafil takfolie
4. galvanisert beslag
5. betongkonstruksjon, pusset overflate
6. alu-vinkel
7. beslag
8. stålbrakett
9. konstruksjon for overlys
10. silikontetting
11. stålinkel
12. trykkimpregnert tre 48x98 mm

0 5 10 15 20 25 30 35 40 cm

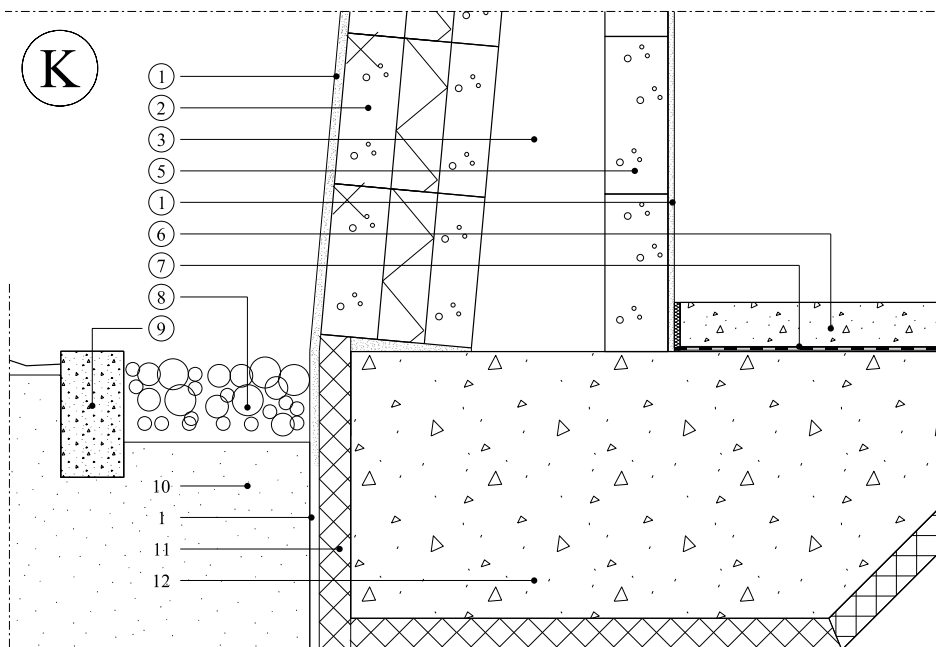
J

Fig 7.4.30.
Detalj J,K.

1. brettskurt puss
2. Leca isoblokk 250 mm
3. hulrom
4. stendervegg
5. Leca 100 mm
6. pusslag 70 mm
7. krysslagt folie
8. elvegrus
9. betong kantstein 100x200 mm
10. sand
11. isolasjon
12. fundament
13. galvanisert beslag/renne
14. murpusslag 40 mm
15. Sarnafil takfolie
16. vannfast finer 16 mm
17. mineralull



K



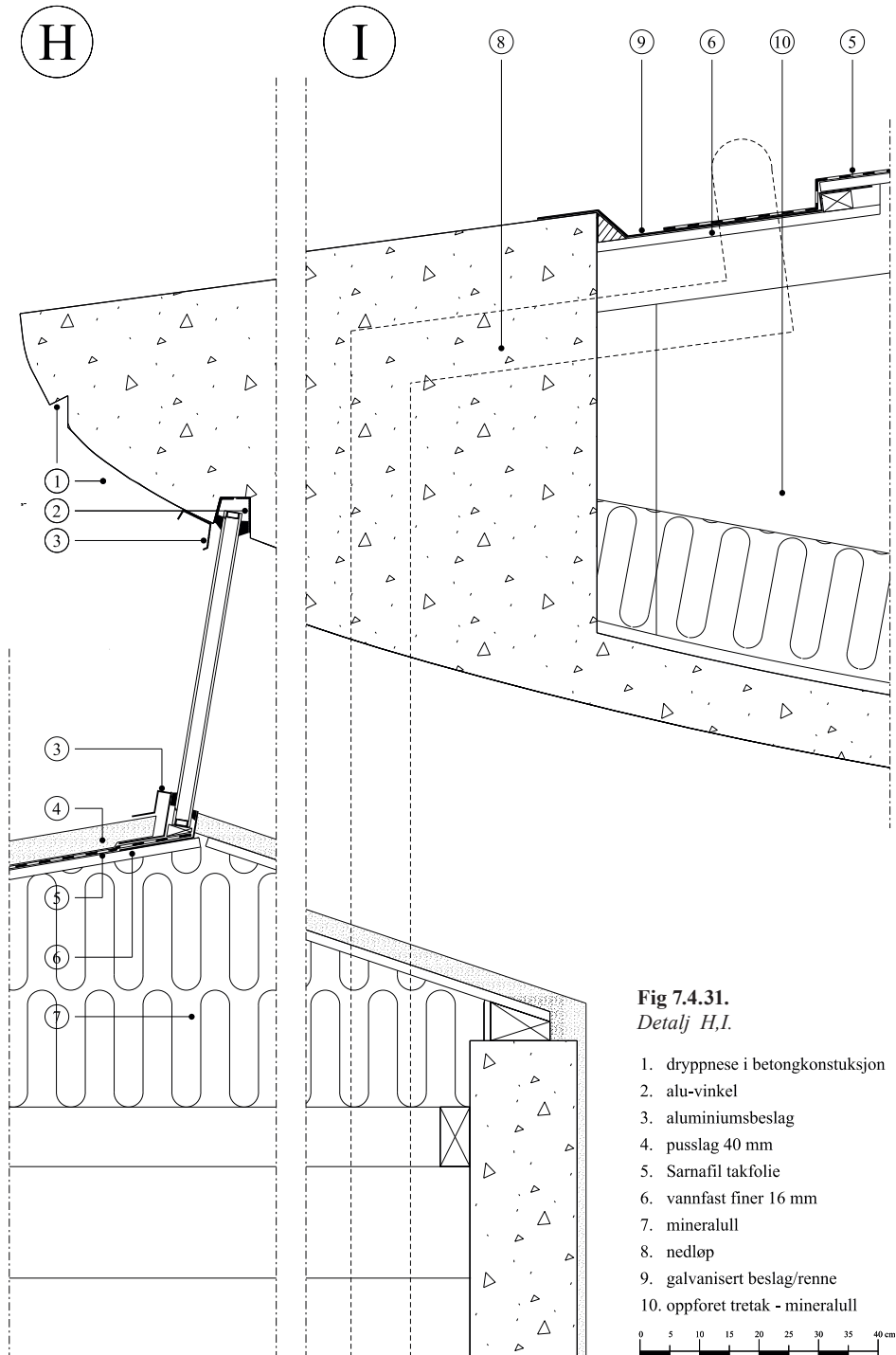
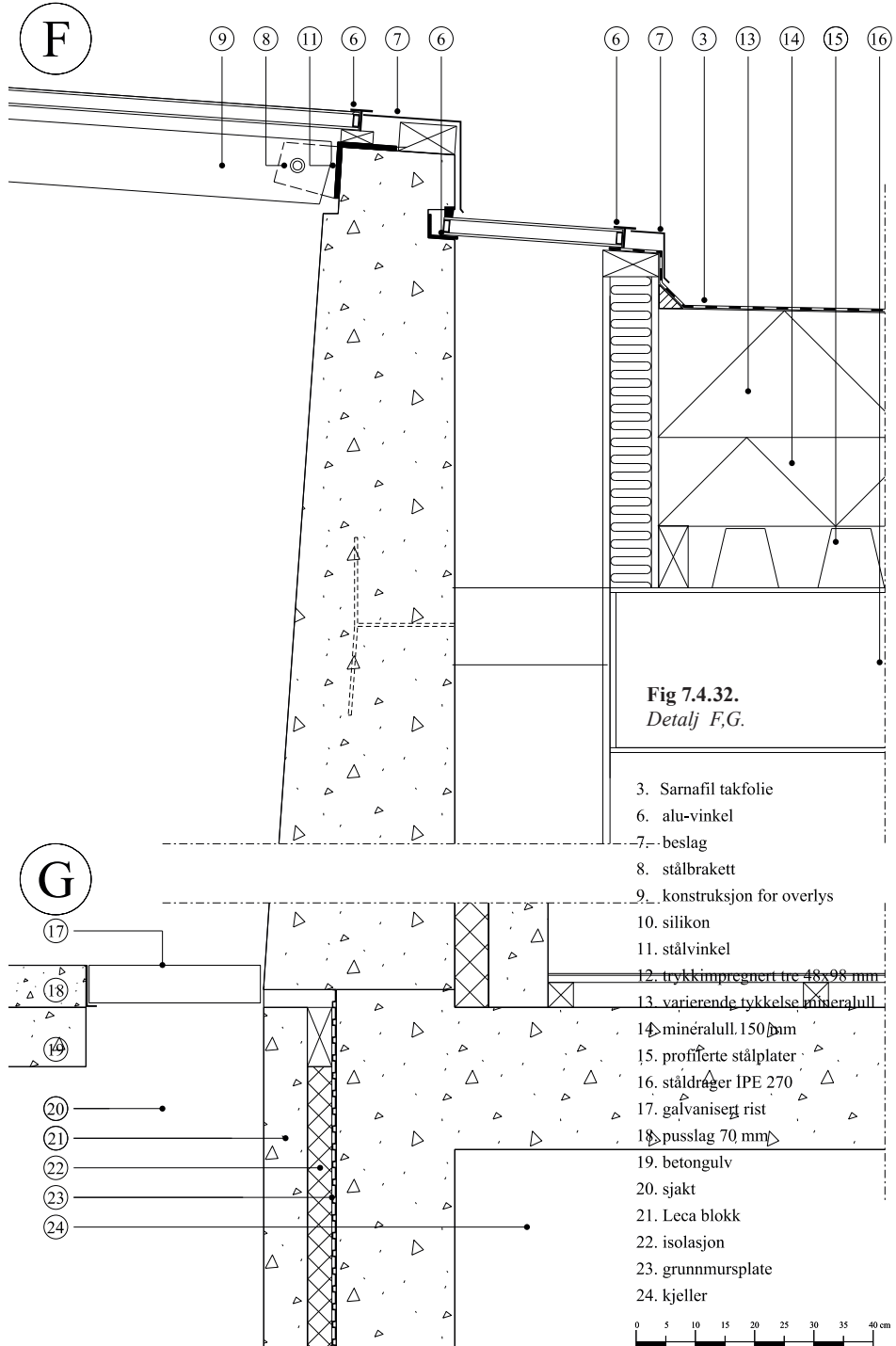


Fig 7.4.31.
Detalj H,I.

1. dryppnese i betongkonstuksjon
2. alu-vinkel
3. aluminiumsbeslag
4. pusslag 40 mm
5. Samafil takfolie
6. vannfast finer 16 mm
7. mineralull
8. nedløp
9. galvanisert beslag/renne
10. oppforet tretak - mineralull

0 5 10 15 20 25 30 35 40 cm



Byggskader i konstruksjonen

Byggskader i taket over seremonirommet beskrives i fig. 7.4.33 mens byggskader i overlyset beskrives i fig. 7.4.34. I tillegg er det registrert en del skader på murepussen på tilleggs-rommet, som begynte å falle av kort tid etter ferdigstillingen slik referansen beskriver.⁵²

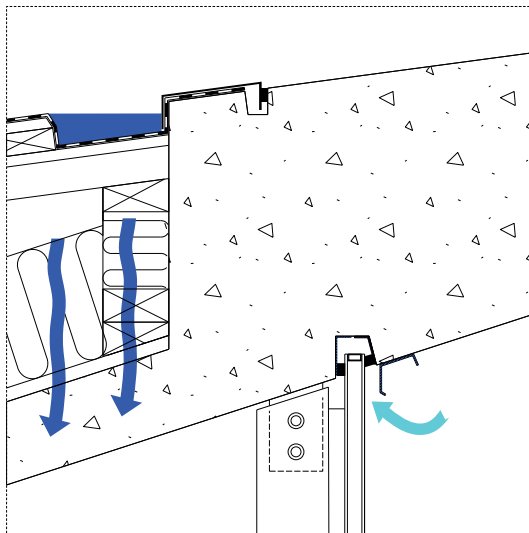


Fig 7.4.33.

Lekkasjer og fuktdiffusjon i vinduer og tak over seremonirommet. Det er registrert at vann har kommet fra taket over seremonirommet og ned langs veggene i forbindelse med fuktig vær. Det er også registrert drypping fra innvendig takflate i perioder uten nedbør. Byggetekniske årsaker til lekkasjen stammer antagelig fra to forhold. Det ene er mangelfull tetting mellom vindusfelt og betongflate. Det andre er mangelfull lufting i det oppforede tretaket. I tillegg utgjør den massive betongkonstruksjonen ute ved kanten av taket, en stor kuldebro

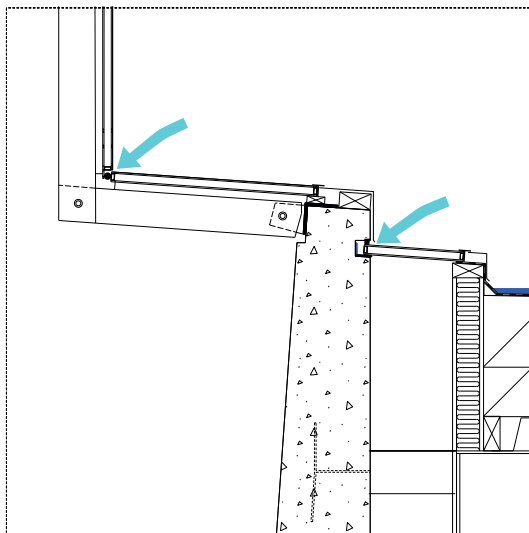


Fig 7.4.34.

Det er to tekniske problemer som kommer frem i detalj E. Det ene er lekkasjer fra overlys, og det andre er brudd i glassruter. Skjøter er utette, og bevegelser i materialer på grunn av temperaturendringer sørger for spenninger som får skjøter til å revne og glasset til sprekke, som igjen fører til lekkasjer.

52. Waldum, A. M. (2000). Moholt krematorium, seremonidelen, pusskader. Upublisert Byggforsk rapport utarbeidet for siv. ing. Ragnar Lian på vegne av Trondheim kommune.: Byggforsk.

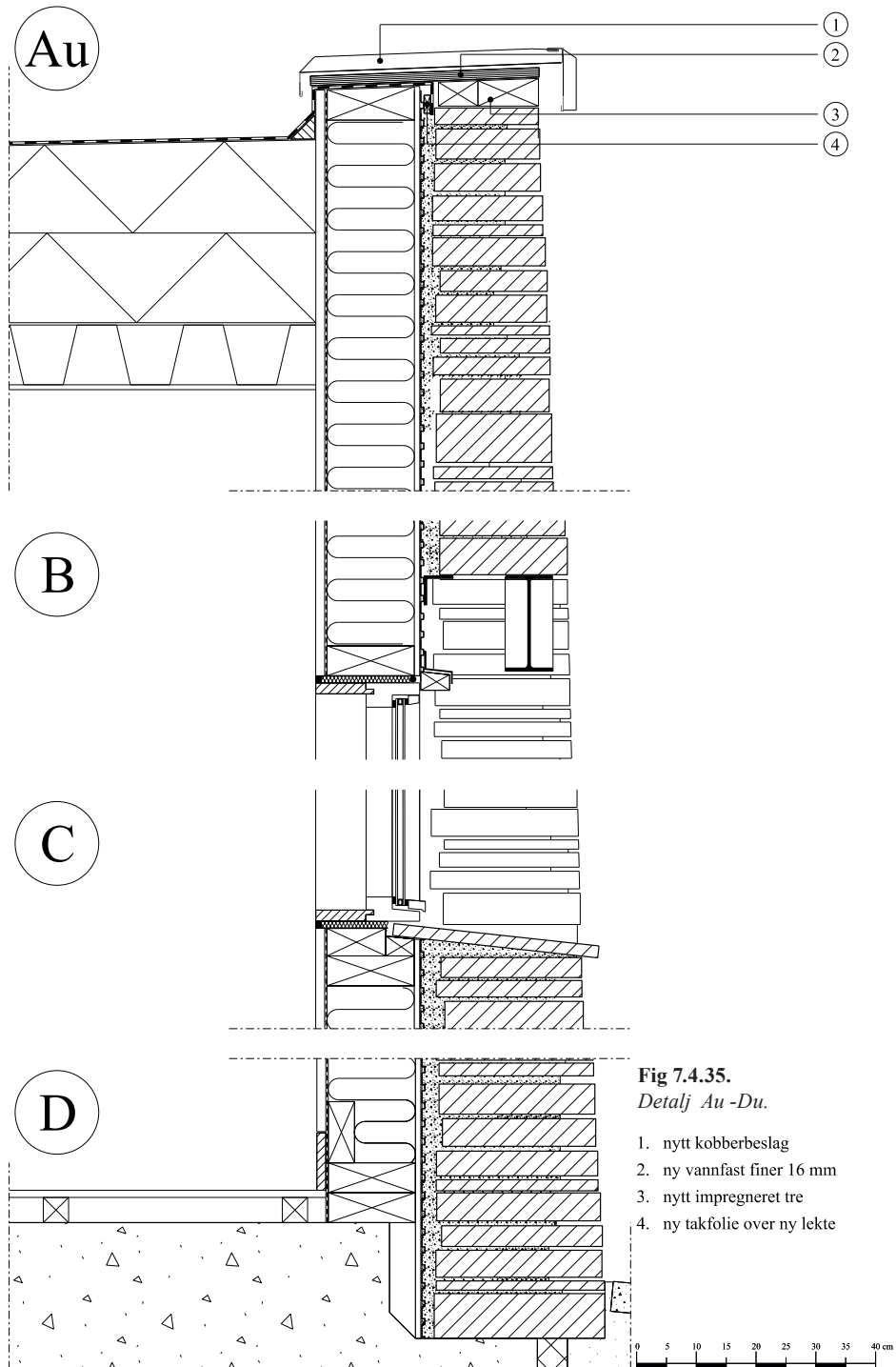
7.4.6. Utbedringer av byggskader

Utbedringer av feil og mangler startet i begynnelsen av 2001, etter at saken hadde kommet opp i media flere ganger. Arkitekten tegnet i overkant av 20 detaljer i forbindelse med utbedringen. Detaljene beskriver innsetting av kobberbeslag på alle gesims, fuktsikringer rundt vinduer, utskifting av defekt trepanel, nytt tak over seremonirommet og utbedring av puss og tak på tilleggsrom ved seremonirommet.

Utbedringer i bindingsverkveggen forblendet med skiferheller beskrives i fig. 7.4.35, og viser ny utførelse av gesims slik den er i dag. Utbedringen har til hensikt å lage en bedre beskyttelse av bindingsverkveggen og sørge for tilstrekkelig lufting mellom lagene. Detaljen viser tettinger rundt vinduer i skifervegger som er gjort med murpuss. Det er usikkert om dette inngrepet ivaretar behovet for lufting.

Utbedringer av panelkledd vegg beskrives i fig. 7.4.36 viser nytt beslag på gesims, og ny utførelse av fuktsikringer i det utstikkende vinduet. Utbedringer er også blitt gjort i avslutning mot terreng. Det påpekes at utbedringen ikke var formet i samsvar med teorier som omtaler spruting og/eller vannoppsugning i endeved.

Det største inngrepet gjelder seremonirommet. Nytt tretak med god lufting ble bygget, og alle kanter ble tekket med båndtekt kobbertekking. Utbedringen på taket over seremonirommet og tilstøtende overlys beskrives i fig.7.4.37. Taket over tilleggsrommet blir også tekt med båndteking og murpussen erstattet med ny puss. Størsteparten av utbedringene var ferdig i slutten av 2001. Utbedringer av vinduer foregikk noe senere. Det ble også satt beslag på toppen av den langstrakte betongveggen.



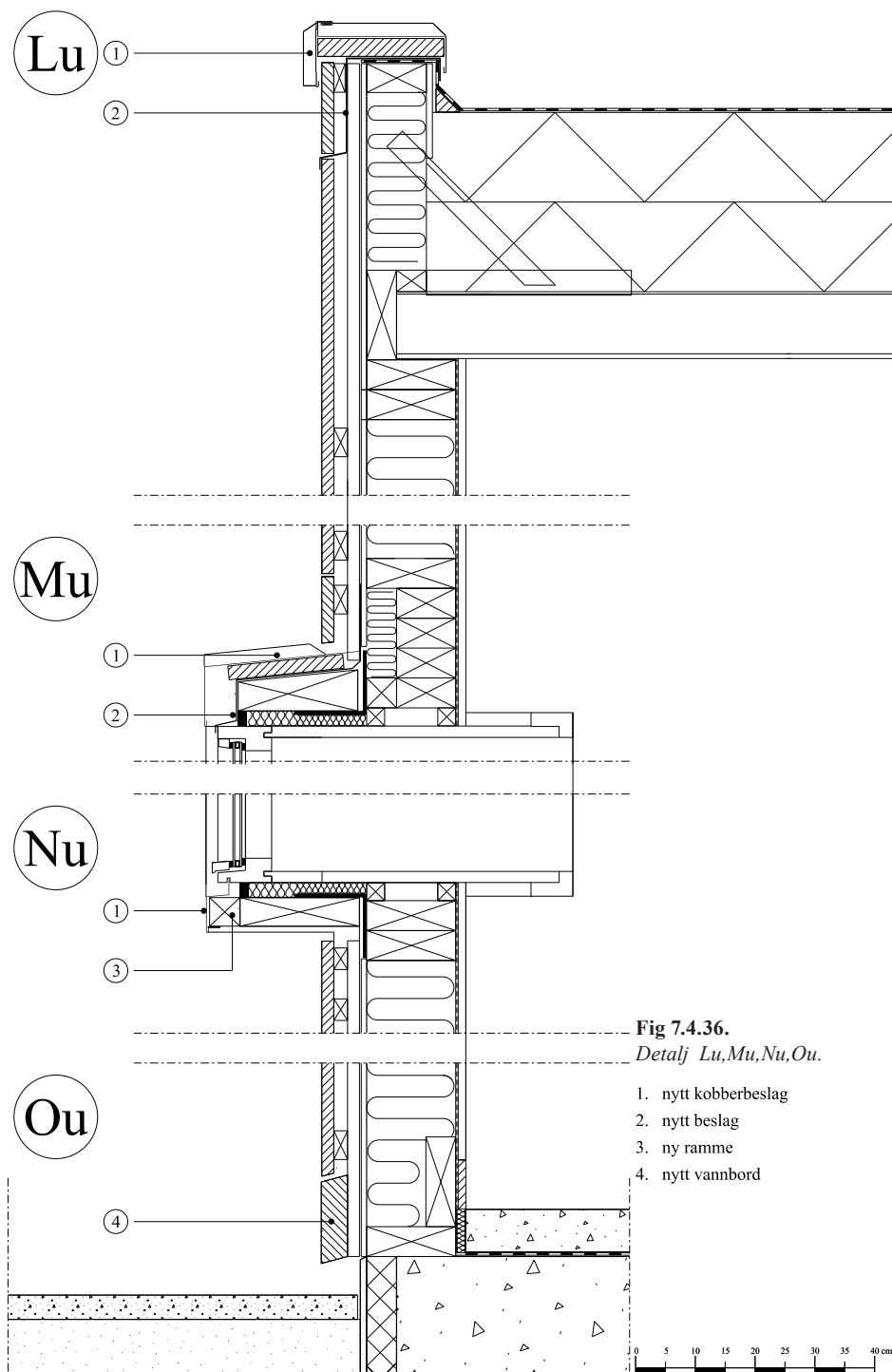


Fig 7.4.36.
Detalj Lu, Mu, Nu, Ou.

- 1. nytt kobberbeslag
- 2. nytt beslag
- 3. ny ramme
- 4. nytt vannbord

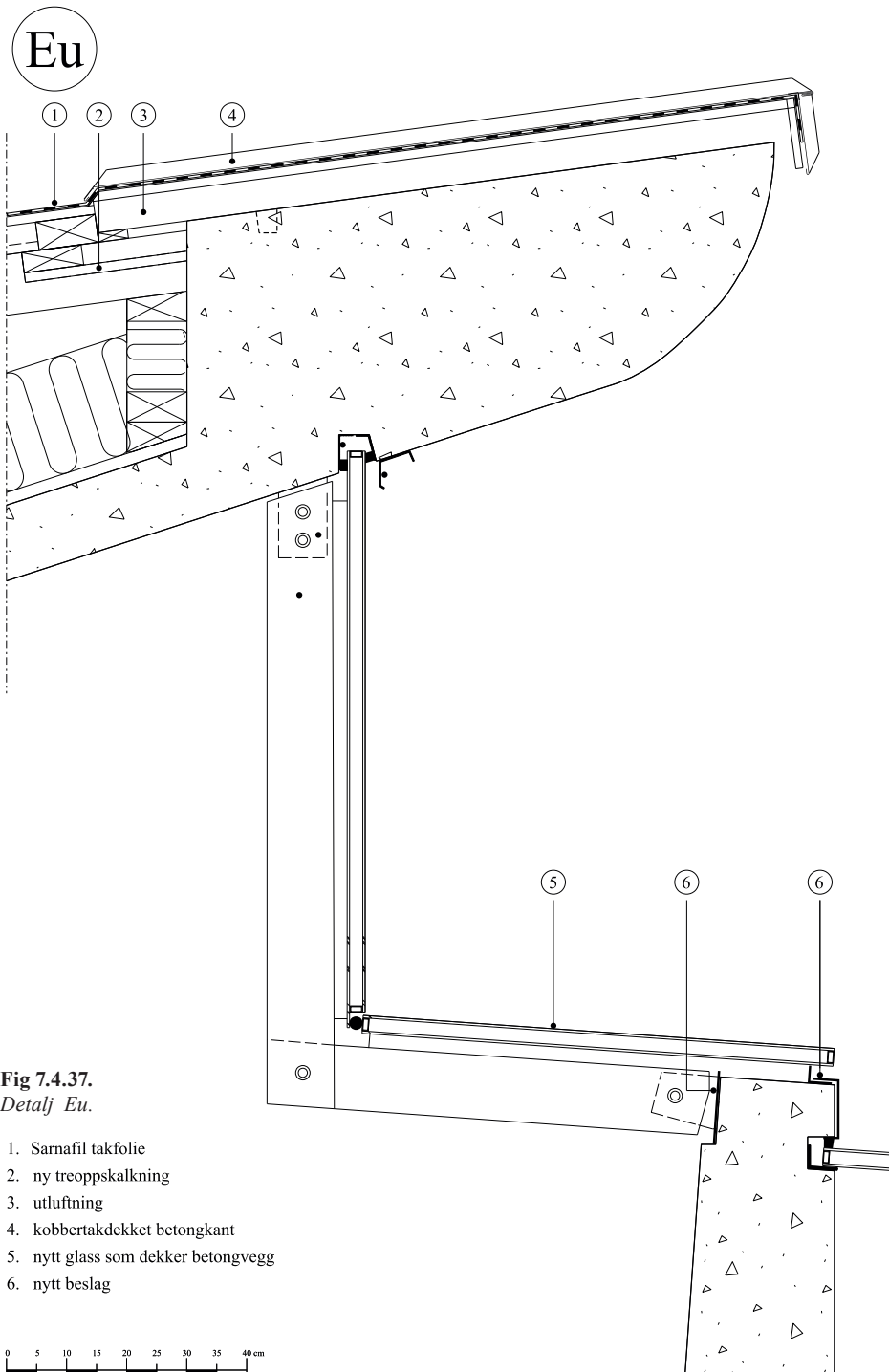


Fig 7.4.37.
Detalj Eu.

1. Sarnafil takfolie
2. ny treoppskalkning
3. utluftning
4. kobbertakdekket betongkant
5. nytt glass som dekker betongvegg
6. nytt beslag

7.4.7. Refleksjon og sluttbemerkning

I undersøkelsen av Moholt krematorium har det vært fokusert på forholdet mellom klimapåkjenning, drivkrefter i byggeprosessen, designideologi, utformingen av klimaskjermen og byggskader. Utforskningen av dette byggeprosjekt har bidratt med flere interessante elementer i beskrivelsen av denne problemstillingen.

Refleksjon over det innovative

Moholt krematorium er en verdig representant for det som kalles nordisk poetisk modernisme. Størst innovasjon er knyttet til seremonirommet, som har både dristig og kreativ formgivning og ikke minst detaljering. Et visst slektskap finnes i utformingen av taket over seremonirommet og takterrassen i Fallingwater. Utforming av andre deler av anlegget vitner om bestemt vilje og evne til innovativ formgivning. Eksempler på det er utformingen av bindingsverksveggene forblendet med stablet skifer og trekledning av osp. Pådriveren bak den innovative løsningen var først og fremst arkitekten, som frem til anbudsrunder ble støttet av en byggekomite. Da begynte det en dragkamp om mål og bruk av økonomiske midler mellom arkitektene, byggherren og entreprenøren.

Refleksjon over sammenhengen mellom klimapåkjenning og byggskader

Klimaet på steder er mildt og fuktig, men ustabil med en del nedbør. Størst klimapåkjenning er på syd- og vestvendte bygningsdeler. Dette ses godt på misfarging og nedbrytning på de panelkleddede fasadene. Bygget har ikke tålt den lokale klimapåkjenningen særlig godt. Lekkasjer og nedbrytning av materialer er konkret knyttet til den lokale klimapåkjenningen, og hvordan viktige arkitektoniske detaljer er utformet. Dette gjelder spesifikt for gesimsdetaljer, vindusdetaljer og sammenføyninger av vegg og tak, spesielt i seremonirommet. Det påpekes at de defekte detaljene som har fremkalt de viktigste byggskadene ble bygget slik de var prosjektert. Utformingen av detaljene bryter med godkjent kunnskap (Geving og Thue 2002) om fuktsikker detaljering. Mangel på lufting i seremonirommet ser ut til å stamme fra kunnskapsmangel (Edwardsen, Ramstad, og Haug 2010), ettersom lufting av oppførede tretak er en forutsetning for å unngå byggskader. Når bygget vurderes ut i fra den vitruviske normen, følger det et kjent mønster, der varigheten svekkes igjennom byggskaden som senere fører til utseendemessige skavanker.

Refleksjon over drivkreftene i byggeprosessen

Byggeprosessen beskrives av de fleste aktører som meget problematisk, spesielt under utførelsesfasen. I begynnelsen ledet arkitekten arbeidet som gikk bra, men etterhvert oppstod det problemer som førte til utskiftninger i kommunens prosjektledelse. Den problematiske kommunikasjonen starter først under anbudsrunder, som var uvanlig lang. Da krever byggherren kostnadsreduksjoner, fordi bygget var blitt for dyrt i forhold til hans forhåpninger. Overleveringen av bygget var normal i følge

informanter, men så brøt det løs med omtaler i media av kostnadsoverslag og feil og mangler. Undersøkelser av drivkreftene har avdekket kjente konflikter mellom arkitekt og entreprenør, men også mellom en mangehodet byggherreorganisasjon. Det er meget sannsynlig at den generelle byggkvaliteten hadde blitt høyere hvis byggherren hadde vært villig til å avsette flere midler til bygget, men det er også sannsynlig at flere av de designrelaterte byggskader ville oppstått. Grunnen til det er at opphavet til byggskadene ligger i formgivningen og måten detaljene er utformet, med utgangspunkt i ignorering av kunnskap (Alberti 1986 og Kaminetzky 1991) om klimarobust design. En medvirkende faktor er også drivkrefter knyttet til det å lage innovativ design, som i følge Douglas (2009) skaper fare for byggskader.

Refleksjon over designideologien

Moholt krematorium ble designet innenfor de modernistiske designprinsippene. Bygget har klare forbindelser til den såkalte poetiske modernismen med ærlighetsprinsippet som det viktigste fundamentet. Det innovative kommer til uttrykk i dristige former, materialbruk og minimalistiske detaljer, som blir formet i henhold til det omtalte ærlighetsprinsippet. Bygget anses for å ligge høyt på innovasjonsskalaen, satt sammen av flere komplekse former og materialer, som gjør at bygget er krevende både å prosjektere og bygge. Utformingen, materialvalget og detaljeringen av klimaskjermen er dristig og i takt med designideologien.

Refleksjon over sammenhengen mellom prosjekteringen og byggskadene

Moholt krematorium har flere typer byggskader, både ute og inne. Gjennomgående har bygget dristig design i forhold til klimapåkjenningen, men også dårlig håndverksmessig utførelse. Eksempel på dette er taket over seremonirommet, prosjektert og utført med mangelfull lufting. Defekte detaljer i klimaskjermen kommer frem som lekkasjer som har satt i gang alt for tidlig nedbrytning av byggematerialene. Konstruksjonen av de skiferkledde bindingsverksveggene er kritisk (Bøhlerengen 2000) med hensyn til fuktsikringer. Designet av de panelkledde veggene bryter med teori om anbefalt oppbygging av trekledning (Geving og Thue 2002 og Thue 2008). Skadene som viser seg er i samsvar med teorien, blant annet avstand fra terreng og oppfukting av endevend. Valget av ubehandlet osp er uheldig, men kan til dels tilskrives besparelse krevd av byggherren. Detaljer i taket over seremonirommet og tilstøtende bygningsdeler er teknisk risikable og svært krevende i utførelse. Utbedringer av byggskader startet kort etter ferdigstillelsen. Arkitekten var opptatt av å designe nye løsninger, som anses for å være positivt med hensyn til det å lære av omdesign på grunn av feil og mangler. De prosjekterte utbedringene avdekker svake punkter i konstruksjonen, deriblant generelle mangler på beslag. Undersøkelsen ser ut til å avdekke at hovedårsaken til byggskader er det dristige designet, der en konfliktfull prosess og dårlig håndverksmessig utførelse, samt besparelser, har vært medvirkende til å forverre byggets tilstand.

Dristige detaljer

7.5. Hamar - Islands universitet



Fig 7.5.1
Hamar – Islands universitet. Inngangspartiet og det eldre skolebygget fra 1970.

7.5.1. Innledning



Fig.7.5.2
Hamar, inngangsside. Fasade mot nord og vest.

Hvorfor dette bygget?

Hamar – Islands universitet representerer et tidstypisk modernistisk byggverk fra begynnelsen av det 21. århundre. Bygget ble designet og bygget fra 1999 til 2002, basert på et ikke-premiert utkast i en lukket islandsk arkitektkonkurranse. Bygget var designet som tilbygg til den Islandske Lærerhøgskole fra 1960-tallet. I dag er lærerhøgskolen blitt en del av Islands universitet.

Eksemplet Hamar har en spesiell stilling i undersøkelsen. Det er igjennom dette eksemplet forfatteren har testet forskningsmetoder og teorier som siden ble brukt i de andre eksempelstudier. Dette bygget vurderes som interessant og ambisiøs arkitektur ved århundreskiftet, med tidstypiske trekk som flate tak, eksponert betong, store glassflater og minimalistiske detaljer. Konstruksjonen er et godt eksempel på solide konstruksjonsprinsipper. Byggeprosjektet har fra ferdigstillelsen hatt flere byggskader. Byggskadene har i liten grad blitt utbedret.¹

Hvordan undersøkelsen ble utført

Denne undersøkelsen bygger på flere tilstandsvurderinger, omfattende studier av prosjektmaterialer og intervjuer med mange sentrale aktører. Feltarbeidet ble utført i 2004 med senere oppdateringer, den siste våren 2012. Ingen tilgjengelige skadeutredninger foreligger for bygget, og det har heller ikke blitt drøftet i faglige publikasjoner eller i media. Undersøkelsen bygger derfor kun på data samlet av forfatteren. Studier av detaljene er her utført på samme måte som i de andre eksempelstudiene. Viktige detaljer er blitt tegnet opp ved hjelp av et CAD-program. Det bør bemerkes at detaljene viser viktige steder i klimaskjermen og presenteres slik de er tegnet i anbudsmaterialet. Endringer gjort i den formelle byggeprosessen eller som utbedringer av feil og mangler senere, beskrives kun i tekst.

1. Når denne tekst ble skrevet ferdig i mai 2012, 10 år etter ferdigstillelsen av bygget, var det gjort lite for å utbedre de opprinnelige byggskadene.

7.5.2. Design og byggeteknikk

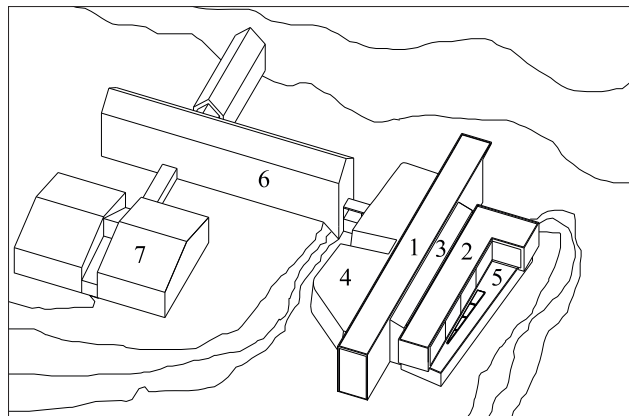


Fig 7.5.3.

Isometrisk tegning av bygget sett fra syd. De enkelte formene er merket med nummer. To parallelle lameller danner hovedformen sammen med en base på begge sider av en glassgård.

1. Form 1, undervisning
2. L-form 2, undervisning
3. Glassgård, kommunikasjon
4. Auditorier
5. Bibliotek med takterrasse
6. Bygg fra 1960- tallet
7. Tilbygg fra 1980- tallet.

Designidealer, form og funksjon

Hamar – Islands universitet tilhører det som kalles neo-modernisme, som er en videreføring av funksjonalismen. Karakteristiske trekk ved neo-modernisme er renskårne og geometriske former, bruk av eksponert betong og minimalistiske detaljer. Skjønnhetsidealet tilhører funksjonalistisk arkitektur, men også neo-modernistisk arkitektur, hovedsakelig skandinavisk samtidsarkitektur. Byggverk som var viktige inspirasjonskilder for arkitekten, var kontorbygget til entreprenøren E. Pihl & sønn fra 1994 og Bang & Olufsen sitt bygg i Sture i Danmark fra 1999.² Begge disse byggene er tegnet av den danske arkitekten Jan Søndergaard fra arkitektfirmaet KHR arkitekter i Danmark.³

Hamar – Islands universitet er et sammensatt byggeprosjekt med flere bygningsformer. Hovedformene er to langstrakte og slanke lameller som søker inspirasjon for dimensjonering i eksisterende bygg fra 1963.⁴ I følge arkitekten var idéen å iscenesette en formsamtale mellom to stilarter, det gamle fra 1960-tallet og det nye fra århundreskiftet.⁵ Fordi det ikke var mulig å plassere de store og viktige funksjonene som tre auditorier og et bibliotek innenfor den slanke strukturen, ble det laget en base delvis nedsenket i forhold til terrenget. Denne basen inneholder tre auditorier og et bibliotek. Mellom disse er det en glassoverdekket hall. Hamar – Islands universitet er 3.600m². Huset er i tre etasjer med hovedinngangen vendt mot nord.

2. Disse byggverk beskrives i Dirckinck-Holmfeld, K. (2004). Dansk arkitektur i 250 år. København: Arkitektens Forlag.
3. Jan Søndergaards arkitektur er neo-modernistisk og minimalistisk, og er flere ganger blitt nominert til Mies van der Roheprisen. Se blant annet Dirckinck-Holmfeld (2004) omtaler i referansen ovenfor.
4. Jóhannesson, D. (2000). A Guide to Icelandic architecture. Reykjavík : Association of Icelandic Architects.
5. Arkitekt og prosjekteringsleder, Hamar – Islands universitet, Intervju med forfatteren, 6. oktober, 2004.

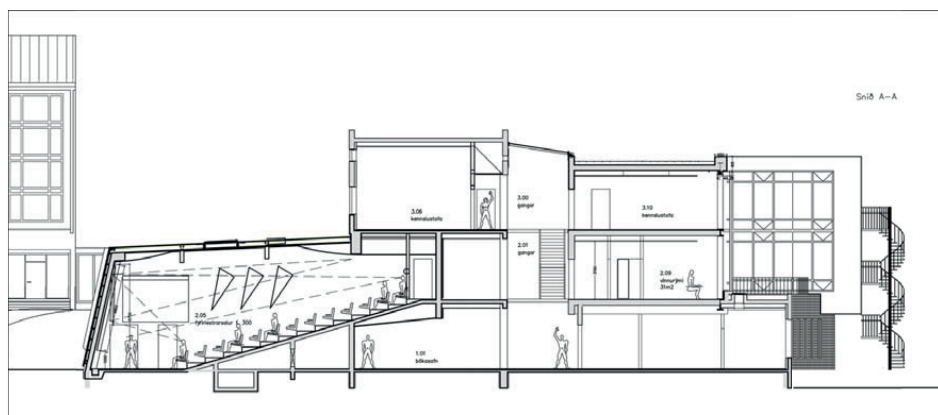


Fig 7.5.4.

Snitt i gjennom bygget

Illustrasjon: Batteriet arkitekter Ehf.

Byggeteknikk

Hovedbyggematerialet er eksponert betong. Det er betong i alle viktige bærekonstruksjoner og i de største synlige overflatene, både ute og inne.

Hovedformen er to parallelle lameller, 8,6 meter brede og henholdsvis 40 og 60 meter lange, der den korteste lamellen er L- formet. Imellom er det en glassoverdekket gate. Illustrasjonen (fig. 7.5.4.) viser et prinsippsnitt tvers igjennom bygget. Til høyre og under den ene lamellen ligger biblioteket (nr. 5 på fig. 7.5.3), som står skjevt i forhold til hovedformen. Denne delen er kledd med fliser. Til venstre er den ”myke” formen (nr. 4 på fig. 7.5.3), som inneholder tre auditorier. Den er utvendig båndtekt med kobber. Bygget er koblet til den gamle lærerhøyskolen med en smal sluse i glass. Bygget er isolert innvendig, bortsett fra auditoriene som er isolert utvendig. De fleste tak er rettvendte flate tak. Over biblioteket er det takterrasse og overlys med flatt glass.

Et fremtredende byggemateriale er store glassfelt av aluminiumsprofiler og glass. Den største glassveggen er på østfasaden og er to etasjer høy. Bak denne glassveggen ligger en seks meter høy stålgeritterdrager. Gavlpartiene på den ene lamellen er sammenhengende vindusflater fra gulv til tak, som strekker seg over tre etasjer. Et spesielt fenomen er åpningsvinduer i de store glassflatene. Åpningsvinduene er plassert nede ved gulvet og oppe ved taket. Ellers har vinduene horisontale vindusband og vertikale skodder.

Meget karakteristisk er at all detaljeringen er knapp og minimalistisk. Innsetting av vinduer er gjort på flere måter. De største glassveggene på østfasaden er lagt utenpå betongkonstruksjonen. Glassveggen i endeveggene (gavlene) i den ene



Fig 7.5.5.

Syd - øst fasade. Foto som viser bygningsdeler av eksponert betong og den glassoverdekkede gaten, samt den fliskledd delen av biblioteket med den store glassveggen bak.

Foto: Eiríkur Guðjónsson - Privat fotoarkiv.

lamellen, er satt inn i tilbaketrukne slisser. Alle detaljer der tak og vegger møtes er minimalistiske. Det gjennomgående prinsippet er at vegger avsluttes i en parapet som omkranser takflaten.

I dette byggeprosjektet ble det brukt såkalt naturlig ventilasjonssystem som skulle virke sammen med mekanisk ventilasjon og datastyrt elektrosystem. En del av dette systemet var et motordrevet og datastyrt system for åpningsvinduer tilkoblet en klimastasjon på taket av bygget. Dette systemet skulle øke komfort og spare energi.

Refleksjon over form og byggeteknikk

Hamar – Islands universitet tilhører neo-modernistisk minimalisme, med blanding av dekonstruktive elementer. Det innovative kommer til uttrykk i formgivningen, de store glassveggene og VVS- og elektrosystemet. Ærlighetsprinsippet kommer klart og tydelig fram i den eksponerte betongen og detaljene. Formspråket er en blanding av komplekse og enkle former. Detaljeringen av klimaskjermen anses for å være dristig i forhold til klimapåkjenningen på stedet.

7.5.3. Miljø- og klimapåkjenninger

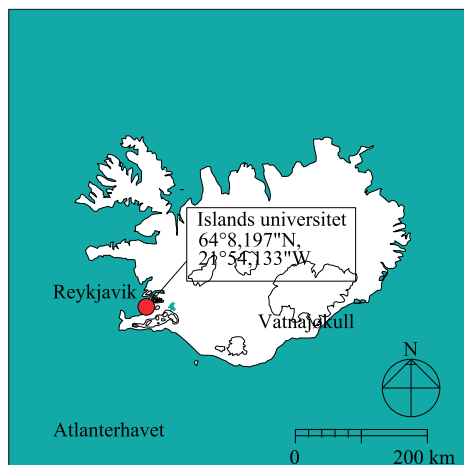


Fig 7.5.6. Kartutsnitt som viser byggeprosjektets lokalisering med bruk av GPS punkter.



Fig 7.5.7. Kartutsnitt av Reykjavik som viser hvor Hamar universitetsbygg er plassert.

Det som karakteriserer lokaliseringen, er beliggenheten i Reykjavik på sydvestkysten av Island, som er åpen mot fuktig vind fra havet.

Universitetsbygget ligger midt i byen på et høydedrag 38 meter over havet. Omgivelsene er spredt, urban bebyggelse. Tomten er uten vegetasjon, og er meget åpen mot øst, syd og vest. Byggegrunnen er et to meter tykt lag av morene som dekker berggrunnen på byggeplassen.

Klimaet er subpolart strandklima med milde vintre og kjølige somre. Et karakteristisk trekk er at det blåser mye i Reykjavik. Østlige og sydlige vinder er mest dominerende, og fører med seg fuktige og varme luftmasser fra havet. Fjellkjeden i øst trekker til seg en del fuktighet ved østlige vindretninger, fuktighet som ellers ville ha falt i Reykjavik. På grunn av fjellene i nord er det ofte sol i Reykjavik når vinden blåser fra nord.

Gjennomsnittlig temperatur i juli er 10,6 °C og 0,9 °C i januar. Den høyeste målte temperaturen i Reykjavik er 26,2 °C i juli 2008, og den laveste -24,5 °C i januar 1918. Den årlige nedbørsmengden er omkring 800 millimeter. Omkring 2/3 av nedbørsmengden faller som slagregn, der syd- og østlige vindretninger er de mest dominerende.⁶ Denne klimapåkjenningen

merkes godt på østvendte bygningsdelene. Tatt i betraktning av dette, vurderes bygget for å være utsatt for litt over middels miljø- og klimapåkjenninger i henhold til definisjoner utdypet i kapittel 4.

6. Jonsson, Trausti (1986). Veðurfar á höfuðborgarsvæðinu. Veðurstofa Íslands. [Klimaet i Reykjavíkómrádet, Meteorologisk institutt i Island].

7.5.4. Byggeprosessen

Oversikt

I denne teksten beskrives aktører, drivkrefter og bestemte hendelser. Målet med analysen er å studere hvilken innvirkning drivkrefter i byggeprosessen har på tilblivelsen av de prosessrelaterte byggskadene. Undersøkelsen starter med beskrivelse av de viktigste aktørene, etterfulgt av en prosessbeskrivelse. På tidslinjen nedenfor er de viktigste hendelsene merket med fargede flagg.

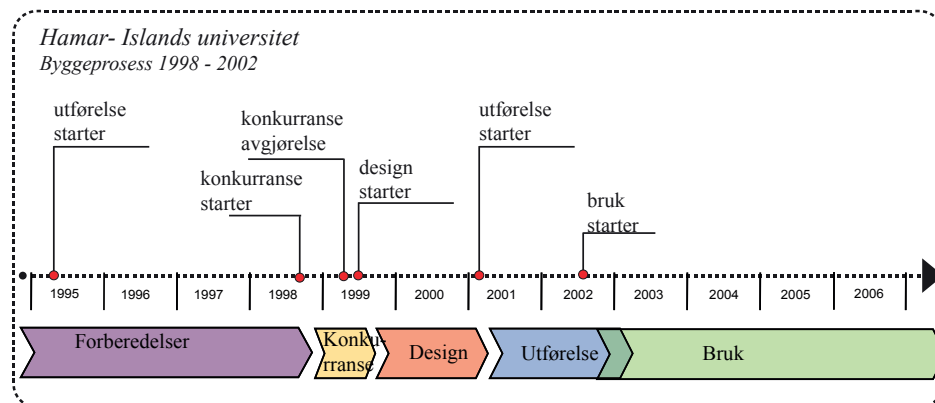


Fig 7.5.8.

Tidslinje. Faseinndeling er markert med fargede piler og viktige hendelser er markerte med flagg.

Det spesielle ved denne byggeprosessen er at flere uheldige hendelser inntreffer, og de påvirker den retningen byggeprosjektet tar. En slik hendelse er arkitektkonkurransen som resulterer i at juryen ikke klarer å kåre en vinner. Dette fører siden til at et ikke premiert prosjekt får oppdraget, mye på grunn av at det blir fremhevet som innovativ arkitektur som faller i smak hos en ny ledelse ved Lærershøyskolen. Prosjekteringsprosessen beskrives som innovativ og givende, der arkitekten ledet arbeidet med liten innblanding fra prosjektledelsen. Det er også av interesse å studere prioriteringer både hos prosjektledelsen og de prosjekterende. Et eksempel er at tid og krefter i slutten av prosjekteringsfasen brukes til arbeid med kunstnerisk utsmykning. Dette arbeidet tok opp tid og fokus og medvirket til at anbudsmaterialet ble levert uferdig. Flere uheldige omstendigheter inntraff under byggingen. En av disse var utgravingen av byggegropen. Det ble da oppdaget flere feil og mangler i prosjekteringen. Dårlig samarbeid utviklet seg etter hvert mellom prosjekteringsgruppen, prosjektleder og entreprenøren. Til slutt førte dette til at byggherren truet med å saksøke de prosjekterende på grunn av ”kostnadsoverskridelser”.

De viktigste aktørene

Byggherren:

Byggherren er den islandske stat, mens byggherreansvaret ble spaltet opp mellom flere statlige institusjoner. Det formelle byggherreansvaret var hos Statens prosjektorganisasjon (FSR), underlagt Finansdepartementet som arbeider med prosjektet gjennom kontrakten med Undervisningsdepartementet. FSR har prosjektlederrollen. Sluttbruker og den egentlige bestiller er Lærershøyskolen i Island, som senere ble slått sammen med Islands Universitet. Denne fordelingen av byggherreansvaret kritiseres av flere involverte, som mener at ansvar og eierskap ble forvitret igjennom denne oppspaltingen.⁷

Prosjekterende:

Prosjekteringen ble utført av en prosjekteringsgruppe som ble dannet i begynnelsen av arkitektkonkurransen etter krav fra prosjektleder.⁸ Arkitekt er Batterið arkitekter Ehf, med en av eierne i firmaet som prosjekteringsleder. Rådgivende ingeniør byggeteknikk er Linuhönnun, rådgivende ingeniør VVS er VSB rådgivning Ehf og rådgivende ingeniør elektro er Vikingur ingeniører Ehf. Disse rådgivningsfirmaene var knyttet sammen med en felles prosjekteringskontrakt med Statens prosjektorganisasjon (FSR).

Entreprenør:

Prosjektet er organisert som hovedentreprise. Hovedentreprenøren var et byggmesterfirma; Markhus Ehf i Island, ledet av en byggmester med rundt tjue ansatte da prosjektet startet. Entreprenøren brukte flere underentreprenører til å utføre spesielle fag; elektronikk, data, ventilasjon, varme og vann.

Byggeleder:

Byggeleder er innleid og kommer fra ingeniørfirmaet Fjölhönnun AS igjennom kontrakt med Statens prosjektorganisasjon.

Offentlig tilsyn:

I henhold til islandsk bygningslov fører Byggesakskontoret i Reykjavik tilsyn med byggeaktiviteten. Byggesakskontoret godkjenner søknaden om byggetillatelse, godkjenner alle tegninger, og fører et omfattende tilsyn med byggevirksomheten, og gir ut en ferdigstillelsesattest når bygget er klart til bruk.

7. Kritikken kom fra de prosjekterende, men også fra bruker, som igjennom denne ordningen mente å ha for liten innflytelse på prioriteringer i prosjektet.

8. Kennarahaskóli Íslands (1998, desember). Samkeppni um hönnun 1. áfanga nýbyggingar við Kennaraháskóla Íslands. Samkeppnislýsing. [Konkurransen om prosjektering av 1. byggetrinn i utvidelse av Lærershøyskolen i Island. Konkurransenprogram.]

Byggeprosessen i korte trekk

Forberedelser – lukket arkitektkonkurranse, 1998 - 1999

Forberedelser til byggeprosjektet startet på midten av 1990-tallet. Lærerhøyskolen i Island fikk da behov for nye lokaler på grunn av ekspansjon og sammenslåing med andre pedagogiske institusjoner. Den første fasen i prosessen var kartlegging av brukerens behov gjennom utarbeidelse av romprogram og reguleringsplan for tomten lærerhøyskolen disponerte. Dette arbeidet ble utført av en komité fra lærerhøyskolen i samarbeid med en lokal arkitekt som var en bekjent av rektor for lærerhøyskolen. I 1996 var reguleringsplan og romprogram ferdig. En del av materialet som kom ut av dette arbeidet, var en skisse til et nybygg plassert på samme sted og av samme størrelse som Hamar – Islands universitet. Denne skissen tegnet arkitekten som laget reguleringsplanen. Den er fra 1995, og viser et kvadratisk bygg i tre etasjer, en god del enklere enn det komplekse Hamar-prosjektet. Når FSR (prosjektleder) fikk i oppdrag å administrere byggeprosjektet, lage planer for gjennomføring av byggesaken og utarbeide et estimat for byggekostnadene, brukte de denne skissen som grunnlag.⁹ Kostnadsestimatet som prosjektleder la fram i 1998 på 420 millioner ISL, ble brukt som grunnlag for bevilgning til prosjektet fra byggherren. Dette ble senere utgangspunktet for krangelen om de såkalte ”kostnadsoverskridelsene” som så ofte inntreffer i offentlige byggeprosjekter.

Den formelle byggeprosessen startet med en lukket arkitektkonkurranse som ble utlyst i desember 1998.¹⁰ Fem arkitektfirma fikk tilbud om å delta etter en åpen prekvalifisering. Konkurranseforslagene ble levert i mars 1999. En måned senere avsluttet juryen sitt arbeid. Konkurransen førte ikke til noen avgjørelse, fordi det oppsto uenighet i juryen. Resultatet ble to juryuttalelser. Flertallet i juryen på tre ansatte fra lærerhøyskolen med rektor (juryformann) i spissen, gikk inn for ett forslag. Mindretallet som besto av to arkitekter var svært misfornøyd med forslaget fra flertallet, og la derfor fram egen uttalelse. Da navnene på arkitektene bak de enkelte forslag ble offentliggjort, viste det seg at arkitekten bak forslaget som flertallet støttet, var den samme som tidligere hadde arbeidet med reguleringsplanen og var en bekjent av juryformannen. Det har kommet frem i intervjuer med jurymedlemmene at kjernen til problemet var at forslaget fra flertallet var omstridt. Flere av jurymedlemmene følte seg presset til å støtte dette forslaget, som de mente ikke var den beste løsningen på oppgaven.¹¹

Til å løse problemene etter den mislykte arkitektkonkurransen og sette en stopper for

9. Prosjektleder FSR. Hamar – Islands universitet, Intervjuet av forfatteren, 13. oktober 2004.

10. Kennarahaskoli Islands (1998, desember). Se fotnote nr. 8.

11. Samtlige jurymedlemmer i arkitektkonkurranse kontaktet med spørsmål om årsaken til uenigheten i juryeringen. Informasjonen ble samlet inn i åpne forskningsintervjuer og telefonsamtaler i tidsperioden 2006 - 2007.

den voksende mistilliten, opprettet byggherren, dvs., Undervisningsdepartementet, et forhandlingsutvalg som skulle foreslå en løsning.¹² Dette forhandlingsutvalget søkte eksterne råd blant annet fra en islandsk arkitekt bosatt i USA.¹³ Denne arkitekten argumenterte for at juryen hadde oversett det beste forslaget. Dette viste seg å være det som ble Hamar-prosjektet. Denne innstillingen viste seg etter hvert å vinne fram, mye på grunn av støtte fra ny ledelse på Lærerhøyskolen, som var opptatt av å skape tillit og enighet. Hamar-prosjektet ble trukket fram som nyskapende og fremtidsrettet arkitektur. En uttalelse fra den nye rektoren vitner om denne innstillingen:

Jeg synes Hamar-prosjektet harmonerer godt med eksisterende bygninger, det er lyst og lett. Det har også i seg spennende bygningsteknologiske løsninger. Det er et ambisiøst og innovativt forslag som vitner om det 21. århundret.¹⁴

Etter hvert støttet flere opp om Hamar-prosjektet. Det kom fram i intervjuer med representanter fra brukere at det var viktig å samle kreftene om et felles mål etter urolighetene på grunn av arkitektkonkurransen. Hamar-prosjektet ble på denne måten et symbol på fremtidsrettet visjon og ny ledelse for en universitetsinstitusjon i dynamisk utvikling.

Skisseprosjekt

Fire måneder etter arkitektkonkurransen, i august 1999, startet forhandlingene mellom arkitektene bak Hamar-prosjektet og FSR, som skulle ivareta rollen som prosjektledere. Arkitektens forhandlingsposisjon ble beskrevet som svak; ikke vinner, men interessert i jobben i vanskelige tider for byggeindustrien i Island. FSRs utgangspunkt var heller ikke optimalt. Denne statseide organisasjonen ble stilt overfor krav om inntjening og resultat fra sin overordnede, Finansdepartementet i Island. Det gjentas at prosjektleder allerede hadde lagt fram det første kostnadsoverslaget på 420 millioner ISL, men sto nå med et bygg som var estimert til å koste 160 millioner mer enn det de hadde budsjettet med. I tillegg var Hamar-prosjektet 3.900 m², dvs., 300 m² større enn romprogrammet fra arkitektkonkurransen.¹⁵ Her så forhandlingspartene muligheter i situasjonen.

Forhandlingene ble en blanding av prosjektering, kostnadskalkuleringer og forhandlinger om rådgiverhonorar. Kravet var å redusere størrelsen på bygget og på den måten skjære ned byggekostnadene. Arkitekten sa seg villig til å forsøke

12. Problemene etter arkitektkonkurransen ble til en større sak i arkitektforeningen, og endte med at byggherren betalte arkitektene bak de to forslagene som juryen trakk frem, erstatning.

13. Forslag om å søke råd hos denne arkitekten kom fra viserektoren som satt i forhandlingsutvalget og som var i ferd med å overta rektorjobben fra den avtroppende rektor, som også var den tidligere juryformannen, som skulle gå av på grunn av alder.

14. Rektor for Lærerhøyskolen i Island. Intervjuet av forfatteren, 12. oktober, 2004.

15. VSO Radgjøf. (12. april 1999). Hamar- Islands universitet. Arbeidsrapport. Kostnadsestimeringen av konkurranseforslag.

å minske bygget, men understrekte at han ikke ville gi rabatt på den innovative arkitekturen som han hadde introdusert i sitt konkurranseforslag. Dette gikk prosjektleder med på. Deler av det innovative var en strategi om å gjøre kunstnerisk utsmykning til en naturlig del av bygget. Der hadde arkitekten to nøkkelideer, begge introdusert i konkurransen. Den ene var å ta i bruk ny glassteknologi i utformingen av husets store vindusflater. Denne teknologien var relativt ny på denne tiden, og gikk ut på å installere bildemotiver på store glassflater mot øst og sør. På denne måten skulle to ting oppnås; kunstnerisk utsmykning og solavskjerming. Det var spesielt solavskjermingen som var viktig for inneklimate i rom med store vinduer. Den andre ideen var å utforme de fliskledde veggene i biblioteket til et kunstverk ved å innlede samarbeid med kunstnere om materialvalg og utforming. Realiseringen av disse ideene viste seg etter hvert å bli problematiske.

Forut for konkurransen var det bestemt at arkitekten skulle ta på seg rollen som prosjekteringsleder og danne en tverrfaglig designgruppe, som skulle delta i videre utforming av konkurranseforslaget. Dette hadde arkitekten gjort ved å innlede samarbeid med et respektert ingeniørfirma i byggeteknikk, kjent for innovativ utforming av betongkonstruksjoner, og et ingeniørfirma på elektronikk som hadde spesialisert seg i datastyrt elektronikk. Planen var at disse skulle ha en felles prosjekteringskontrakt med byggherren gjennom tilbudet i prosjektering. Den eneste brikken som manglet for å ha en komplett prosjekteringsgruppe, var VVS-rådgiveren. I takt med sin nyskapende innstilling søkte arkitekten etter tilbud fra en VVS-rådgiver som var kjent for nye løsninger, blant annet såkalt naturlig ventilasjon. Denne rådgiveren argumenterte for at naturlig ventilasjon ville vært billigere i drift og 60 % rimeligere enn mekanisk ventilasjon, i tillegg til at den tok mye mindre plass. Dette ble betraktet som en stor fordel i et byggeprosjekt der man skulle prøve å spare kvadratmeter. Det kom et relativt lavt anbud fra VVS-rådgiveren, som mente at det krevde mindre prosjekteringsarbeid å få til naturlig ventilasjon enn mekanisk ventilasjon. Dette bygde han blant annet på kjennskap til Bang & Olufsen-bygget i Danmark, som arkitekten hadde latt seg inspirere av i konkurransen.¹⁶

Skisseprosjektet og forhandlingene om prosjekteringskontrakten ble avsluttet like før jul 1999. Da hadde arkitekten klart å redusere bygget med 500 m² og redusere byggekostnadene i henhold til bestemt kvadratmeterpris.¹⁷ Bygget var nå blitt 3.400 m² med kalkulerte entreprisestimater på 503 millioner ISK.

En del av forhandlingene gikk ut på å redusere honorar til prosjektering, byggetilsyn og prosjektledelse til 12 % av entreprisestimaten ut fra en norm på 15 %. Dette

16. Arkitekt og prosjekteringsleder, Hamar – Islands universitet, Intervjuet av forfatteren, 6. oktober, 2004.

17. Batteriet arkitekter AS. (1999, desember). Hamar- Islands universitet. Rapport. Skisseprosjekt og kostnadsestimat.

var viktig for FSR, fordi organisasjonen mente at her kunne staten spare betydelige kostnader, spesielt ved å knipe inn på prosjekteringshonoraret. Planen var å underskrive en prosjekteringskontrakt på dette tidspunktet, men det ble ikke gjort. Hvorfor det ikke ble gjort, blir drøftet senere.

I følge arkitekten var kontraktsforhandlingen ikke vanskelig, selv om partene kranget om prosjekteringshonoraret. Selv om honoraret han skulle få var noe lavere enn normalt, var arkitekten i den tro at under utførelsesprosessen ville han kunne innhente sitt noe lave tilbud med ekstraarbeid pga. endringer og tilsyn.¹⁸ Slik praksis hadde vært vanlig i andre offentlige prosjekter. Men det arkitekten ikke var klar over, var at prosjektleder var i ferd med å innføre en ny praksis, der det skulle bli slutt på ekstrajobber fra de prosjekterende under utførelsen. Den nye praksisen gikk ut på at de prosjekterende skulle levere et komplett prosjekteringsmateriale ved anbud, og etter det skulle kontakten med byggeplassen være minimal. Bak lå en holdning om kvalitetssikring ved at innblanding fra arkitekten under utførelsen ville skape problemer, som til slutt ville føre til ekstrakostnader.

Forprosjekt

Forberedelser til byggemelding og produksjonen av arbeidstegninger begynte midt i prosjekteringsprosessen. Da startet også det formelle samarbeidet med andre prosjekterende. Denne milepelen blir datert til det første formelle prosjekteringsmøtet i slutten av mars 2000.¹⁹ Fram til dette tidspunktet hadde arkitekten arbeidet med å redusere bygget og gjøre forandringer på konkurranseforslaget, i takt med kravene om å redusere kostnadene. Grunnen til at det formelle samarbeidet med andre rådgivere startet så sent, var at ingeniørene ikke ville starte sitt arbeid før arkitekten var ferdig med å gjøre endringer og hadde kommet fram til endelig form og størrelse i samsvar med kravet fra byggherren om sparetiltak. I tillegg var det vanlig praksis som tilsier at ingeniørene ventet på å få overlevert noenlunde fullstendige CAD-filer, som de kunne utføre sin prosjektering etter.²⁰ Slik arbeidspraksis hadde vist seg å spare tid og penger i tidligere byggeprosjekt, i hvert fall for ingeniørenes del.

I undersøkelsen av de drivkrefter som medvirker til utviklingen av de prosessforårsakede byggskader, er det av interesse å se hvordan nye ideer ble innarbeidet i prosjektet. Noen av disse ideene økte kompleksiteten og førte til senere komplikasjoner, selv om intensjonen var å forenkle og spare penger. En slik ide var det å bruke lys eksponert betong som hovedbyggemateriale. I følge arkitekten kom denne ideen fra ingeniøren, og ble lansert på det første formelle prosjekteringsmøtet

18. Arkitekt og daglig leder. Hamar – Islands universitet. Intervjuet av forfatteren, 28. september, 2004.

19. Batteriet arkitekter AS. (29. mars 2000). Hamar- Islands universitet. Møtereferat. Referat fra 1. prosjekteringsmøte.

20. Arkitektmedarbeider. Hamar – Islands universitet. Telefonintervju med forfatteren, 21. oktober 2005.

i mars 2000.²¹ Dette var en endring fra konkurranseforslaget der arkitekten hadde foreslått pusset betong, isolert utvendig. Argumentene for å bruke eksponert betong var av teknisk, økonomisk og estetisk art. Klimaskjerm av eksponert betong, isolert innvendig, skulle være både sterkere og billigere enn pusset vegg, isolert utvendig. Vedlikeholdet skulle også bli billigere. Byggeteknisk skulle det da også være enklere å lage sikre fuktettinger rundt vinduer i en vegg av eksponert betong med store vindusfelt og minimalistiske detaljer, enn i en vegg med utvendig isolasjon og pussete overflater. Arkitekten gjorde disse praktiske og økonomiske argumentene til sine, ikke minst ettersom et slikt uttrykk dvs., eksponert betong og minimalistiske detaljer, var i takt med tidsånden og det estetiske uttrykket han egentlig var ute etter.²² Av møtereferater kommer det frem at bruk av lys eksponert betong er et eksperiment som kostet noe mer, og at byggherren godkjente ekstrabevilgninger på grunn av dette eksperimentet.²³

Prosjektleders rolle og arbeidspraksis er av en viss interesse. I utgangspunktet har den statseide prosjektlederorganisasjonen FSR rollen å sørge for at byggherren får det han ønsker og har betalt for. Ledelsesstrategien som FSR arbeider etter, er under stadig utvikling og har til hensikt å sikre best mulig kvalitet innenfor forsvarlig økonomi. Prosjektleder motiveres likevel av flere hensyn. Ett av hans motiver er behovet for å sikre seg ryggdekning hvis det oppsto problemer, enten økonomiske overskridelser eller tekniske problemer dvs., byggskader. Ett av midlene i dette arbeidet er å plassere ansvar, men også avgrense ansvar hvis noe går galt.

Et særtrekk i dette prosjekt er at FSR fire ganger skiftet ut sin prosjektleder. Den første prosjektlederen fulgte lite med i utviklingen av prosjekteringen. Det var bevisst gjort, fordi han hadde fått ordre fra sin overordnede om å ikke blande seg for mye inn i prosjekteringen, ettersom det kunne føre til at organisasjonen ble medansvarlig hvis noe gikk galt. Dette er i samsvar med den eksplisitte og implisitte ledelsesstrategien FSR arbeider etter. I følge FSRs strategi var prosjektleders oppgave å kontrollere at vedtatt kostnadsoverslag ikke ble overskredet, og at bygget ble levert til avtalt tid i samsvar med kontrakten med Undervisningsdepartementet. Deres rolle var ikke å blande seg inn i prosjekteringen fordi dette var ansvarsområdet til de som prosjekterte.²⁴ Denne holdningen førte i praksis til at prosjekteringen ble gjennomført stort sett uten innblanding fra prosjektleder, og med den konsekvens at når problemene hopet seg opp senere, var prosjektledelsen dårlig informert.

Et annet interessant forhold som kommer fram i dette byggeprosjekt er to ulike verdinormer som trekker i motsatt retning. På den ene siden har man verdinormene de

21. FSR. (24. februar 2000). Hamar- Islands universitet. Møtereferat. Prosjekteringsmøte.

22. Arkitekt og prosjekteringsleder, Hamar – Islands universitet, Intervjuet av forfatteren, 6. oktober, 2004.

23. FSR. (2000, april). Hamar- Islands universitet. Møtereferat. Møte i byggherrekomiteen.

24. Direktør FSR. Hamar – Islands universitet. Telefonintervju med forfatteren, 16. september 2005.

som prosjekterer representerer og som kommer til uttrykk i arkitektens nøkkelidèer om kombinert solavskjerming og kunstnerisk utsmykning på de store glassveggene og den fliskledde ytterveggen som skal bli et kunstverk. Disse idèene vitner om lekende og dristig vilje som ønsker å skape noe nytt. På den andre siden har man prosjektleder som på vegne av byggherren krever at det blir holdt stramt grep om økonomien og at bygget blir levert til avtalt tid. Kravene til byggherren kommer først og fremst eksplisitt frem i konkurranseprogrammet i arkitektkonkurransen.²⁵ Disse kravene er det motsatte av dristigheten og de innovative idèene, og representerer på en måte et ”kjedelig” motstykke. I dette prosjektet ser det ut som den lekende viljen får overtaket over det kjedelige motstykket, som tidlig kommer frem i arbeidet med den kunstneriske utsmykningen av bygget. En viktig medvirkende drivkraft er bruker med en ny rektor i spissen, som er meget kunstinteressert og vil gjøre utsmykningen til sin sak sammen med arkitekten.²⁶

I samtaler med arkitekten kommer det fram at på dette tidspunktet i prosessen hersket det stor optimisme blant de prosjekterende som smittet over på andre aktører.²⁷ En av dem er prosjektleder, som ikke ønsket å stå i veien for de ferske og kreative kreftene som var i sving på dette tidspunkt.²⁸ Resultatet av dette blir at på et møte mellom byggherrekomiteen og arkitekten i mars 2000 blir ideen om å arrangere en konkurranse om kunstnerisk utsmykning av bygget godkjent.²⁹ Her er det av interesse å se på hvilke tidsfrister de prosjekterende arbeider opp i mot. Informasjon om det kommer fram på et prosjektmøte i april 2000, da de prosjekterende legger frem fremdriftsplan med innlevering av anbuds materialet den 15. august dvs., innlevering fem måneder senere.³⁰ En kan spørre seg om disse planene er realistiske i forhold til det høye ambisjonsnivået og arbeidet som gjenstår med den kunstneriske utsmykningen. Her tolkes det slik at disse ulike drivkrefter fører til at både de prosjekterende og prosjektledelsen mister kontrollen på den tekniske og økonomiske utviklingen av byggeprosjektet. Ytterligere diskusjon av disse fenomener gjøres i del 7.5.7.

Arbeidstegninger og detaljer (Hovedprosjekt)

I dette prosjektet er det uklart når forprosjektet avsluttes og en begynner på hovedprosjektet.

En viktig milepel i alle byggeprosjekter er søknad om byggetillatelse. I Hamar -

25. Kennarahaskoli Islands (1998, desember). Konkurranse om prosjektering av 1. byggetrinn i utvidelse av Lærerhøyskolen i Island . Konkurranseprogram. Se fotnote nr. 8.

26. Rektor for Lærerhøyskolen i Island. Intervjuet av forfatteren, 12. oktober, 2004.

27. . Arkitekt og prosjekteringsleder, Hamar – Islands universitet, Intervjuet av forfatteren, 6. oktober, 2004.

28. Prosjektleder FSR. Hamar – Islands universitet, Intervjuet av forfatteren, 13. oktober, 2004.

29. FSR. (24. mars 2000). Hamar- Islands universitet. Møtereferat. Møte i byggherrekomiteen.

30. FSR. (17. april 2000). Hamar- Islands universitet. Møtereferat. Møte i byggherrekomiteen.

prosjektet skjer det 17. mai 2000. I en tekstutskrift fra bygningskontrollen står det at byggemeldingen gjelder et tilbygg av betong, delvis i tre etasjer med foredragssaler, isolert utvendig og kledd med kobber. Første etasje er 1312 m², andre etasje er 1377 m² og tredje etasje er 860 m², tilsammen 3549 m². Bygget er 14915 m³.³¹ Saksbehandlingen hos bygningskontrollen tar litt over en måned. Den 29. juni blir søknaden om byggetillatelse godkjent.

En annen milepel i prosjekteringen var den omtalte konkurransen om kunstnerisk utsmykning, som ble utlyst i juni 2000, med innlevering og juryering i slutten av juli.³² I følge fremdriftsplanen fra april skulle denne konkurransen avholdes kort tid før anbudsmaterialet skulle leveres. Det har kommet fram at målet med konkurransen var å få frem bildemotiver på de store glassveggene, fliskledning på biblioteket og utsmykning i den glassoverdekkede hallen i midten av huset. Planen var at ekstrakostnader ved utsmykningen skulle bekostes av et offentlig utsmykningsfond, og kunstverkene skulle bli en naturlig del av huset, og derfor en del av de allerede kalkulerte byggekostnadene. Resultatet av utsmykningskonkurransen ble forslaget til bildemotiver som skulle trykkes på glassruten i den sørøst-vendte glassveggen og fungere som solavskjerming, blå og sorte fliser på utvendige vegger i biblioteket og utsmykning av farget glass inne i glasshallen. Men etter konkurransen gjenstod det mye prosjekteringsarbeid rundt glassveggene.³³ En viktig del av dette var beskrivelsen av funksjonalitet, teknisk utførelse og detaljering. De som prosjekterte hadde planer om å overføre deler av den tekniske prosjekteringen til kunstneren som hadde vunnet konkurransen, samt entreprenøren og leverandører av komponenter til glassveggen.³⁴ Etter hvert viste det seg at en slik strategi var urealistisk, ikke minst i forhold til projektrammene.

Like før anbudsmaterialet skulle leveres i midten av august 2000, var de prosjekterende kommet opp i en stor tidsklemme.³⁵ De var langt fra ferdige med arbeidet og trengte i grunnen mye mer tid. De fikk to ganger utsatt innleveringen, men måtte til slutt levere anbudsmaterialet i november 2000 uten å være ferdige.³⁶ Det var vanskelig å få mer utsettelse, ettersom aktiviteten på byggeplassen skulle starte like etter nyttår, og huset ferdigstilles høsten 2002, knapt to år senere. Det å si klart fra i tide om den kritiske situasjonen til prosjektleder, viste seg å bli vanskelig. Prosjektleder var dårlig informert om tilstanden i prosjekteringen, blant annet fordi han ikke ønsket å blande seg for mye inn i designet. Han var i tillegg opptatt av å

31. Byggemelding (mai 2000). *Hamar- Islands universitet*. Utskrift. Byggesakskontoret i Reykjavik.

32. . FSR. (07. juni 2000). *Hamar- Islands universitet*. Møtereferat. Møte i byggherrekomiteen.

33. Dette fremgår av flere møtereferater og saksdokumenter fra denne tidsperioden.

34. Arkitekt og prosjekteringsleder, *Hamar – Islands universitet*, Intervjuet av forfatteren, 6. oktober, 2004.

35. Batteriet arkitekter. (01. september 2000). *Hamar- Islands universitet*. Møtereferat. Referat fra 20. prosjekteringsmøte.

36. Batteriet arkitekter. (08.november 2000). *Hamar- Islands universitet*. Møtereferat. Referat fra 31. prosjekteringsmøte.

overholde tidsfrister og økonomiske rammer, ettersom han hadde gitt løfter om det til sin overordnede. Arkitekten og de andre rådgiverne på den andre siden ønsket å minimalisere problemet, både på grunn av faglig stolthet, og at de trodde de kunne rette på en del feil og mangler i prosjekteringsmaterialet under utførelsen. Det var de vant til fra andre liknende byggeprosjekter. Men det de ikke er klar over, var at prosjektleder var i ferd med å innføre et nytt kvalitetsikringssystem, som blant annet gikk ut på at det skulle være minst mulig kontakt mellom de ulike fasene, og at de prosjekterende ikke skulle blande seg i utførelsen, spesielt ikke for å rette på egne feil og mangler, og få ekstrabetalt for det.

En interessant hendelse skjedde samtidig med at anbudsmaterialet ble levert. Det var underskrivingen av prosjekteringskontrakten, som var blitt forhandlet fram nesten et år tidligere.³⁷ Hvorfor ble prosjekteringskontrakten underskrevet i slutten av prosjekteringsprosessen i stedet for i begynnelsen, som det er vanlig? Slike spørsmål ble stilt til alle involverte aktører i intervjuer. Svarene var flere, men den siste prosjektlederen uttrykte det slik at det måtte ha vært en forglemmelse.³⁸ Videre føyer han til at det ikke var så uvanlig å skrive under prosjekteringskontrakter på slutten av arbeidet, og at det ofte ikke var et problem når alt gikk bra, men kunne være problematisk i konfliktfulle prosjekter.

Et innblikk i samarbeidet og de sakene som opptok de prosjekterende, stammer fra prosjekteringslederen, som forteller om godt samarbeid med de andre rådgiverne, den første prosjektlederen og den nye rektoren. I følge prosjekteringslederen var alle de andre rådgiverne bevisste på at de deltok i et innovativt og ambisiøst eksperiment. De hadde også klare forventninger om at en offentlig byggherre skulle delta i et slikt eksperiment. Hvis det offentlige ikke gjør det på sine prestisjebygg, skoler og slike bygninger, hvem gjør det da, uttrykte prosjekteringslederen, som hevder at det store problemet var de forutbestemte kostnads- og tidsrammer som ikke passet til et så ambisiøst prosjekt. Prosjekteringslederen oppsummerer problemet slik:

Vi lærte mye av dette prosjektet, der ambisjonene hos alle de prosjekterende var så store. Det går rett og slett ikke an å designe et slikt prosjekt innenfor forutbestemte kostnads- og tidsrammer, og de var ikke gode nok. Vi trengte mer tid og større frihet til å gjøre sånt arbeid. Dette her er ikke et tradisjonelt bygg. Prosjektet fikk ikke den nødvendige modningstiden, fordi den dagen det ble lagt ut på anbud, var vi kommet i en alvorlig tidsklemme.³⁹

Av samtaler med denne arkitekten kom det tidlig fram en sterk vilje og energi til å formgi og videreutvikle byggekunsten.

37. Arkitekt og daglig leder. Hamar – Islands universitet. Intervjuet av forfatteren, 28. september, 2004.

38. Prosjektleder FSR. Hamar – Islands universitet, Telefonintervju med forfatteren. 13. september 2005.

39. Arkitekt og prosjekteringsleder, Hamar – Islands universitet, Intervjuet av forfatteren, 6. oktober, 2004.

Anbudskonkurransen og kontrahering

Anbudskonkurransen var en vanlig åpen konkurranse, der syv entreprenører leverte inn pristilbud.⁴⁰ Det var stor forskjell på det høyeste og laveste budet. Entreprenøren som hadde det høyes pristilbudet beregnet bygget til å koste 770 millioner ISK, mens det lavest budet var på 492 millioner ISK. Utenom disse tallene, var stoler til auditoriene beregnet til å koste i overkant av 20 millioner ISK. De prosjekterendes kostnadsoverslag var derimot på 489 millioner, i tillegg til at stoler til auditoriene skulle koste 25 millioner. Entreprenøren som fikk oppdraget hadde det laveste anbudet. Hans anbud var litt over prosjektleders kostnadsoverslag, men langt under det høyeste budet. I begynnelsen av januar 2001 ble kontrakten med entreprenøren undertegnet.⁴¹ I et møte hos byggekomiteen kommer det frem at prosjektleder har endret sitt kostnadsoverslag for den totale prosjektkostnaden fra 645 millioner ISK opp til 690 millioner ISK.⁴² Det kommer også frem at ferdigstillelsen er satt til 1. august 2002.

Utførelsen

Arbeidet på byggeplassen startet like etter nyttår 2001, med en offisiell seremoni der undervisningsministeren tok det første spadetaket.⁴³ Kort tid etter at gravingen av byggegropen startet, ble det oppdaget at det var en god del dypere ned til stabil grunn enn det som var prosjektert. Entreprenøren krever ekstrabetaling. Byggeteknisk rådgiver mente at feilen lå hos prosjektleder som hadde lagt fram ufullstendig geoteknisk undersøkelse som de hadde fulgt. Denne geotekniske undersøkelsen var en del at materialet som de prosjekterende fikk utlevert sammen med konkurranseprogrammet.⁴⁴ Krangelen om årsaken til feilen i byggegropen varte lenge. Resultatet ble at byggeteknisk rådgiver var nødt til å tegne om fundamentene. I kjølvannet av denne hendelsen ble flere feil og mangler oppdaget i prosjekteringsmaterialet. I flere måneder arbeidet arkitekten og de andre rådgiverne med å rette på tegninger og skifte ut tegninger. Noen av feilene viste seg å ligge i det digitale CAD-tegningsgrunnlaget som de prosjekterende arbeidet etter. Dette tegningsgrunnlaget ble utarbeidet av arkitekten som leverte det til de andre rådgivere, og som utarbeidet sine tegninger på grunnlag av disse CAD-tegninger, i hovedsak planer og snitt. En av feilene i fundamentet ble sporet til små forflytninger av streker i tegningsgrunnlaget, som atter ført til kostbare endringer på den allerede oppstøpte konstruksjonen. Deler av fundamentene måtte meisles vekk med lufthammer.

Når et problem ble ryddet av vegen dukket det opp et nytt. Oppstøpingen av bygget i lys eksponert betong viste seg etter hvert å bli vanskelig, mye fordi entreprenøren

40. FSR (21 desember 2004). Kennnarahaskoli Islands – nybygg. Anbudsåpning 21/12/2000.

41. FSR. (5. januar 2001). Hamar- Islands universitet. Møtereferat.

42. FSR. (9. januar 2001). Hamar- Islands universitet. Møtereferat.

43. FSR. (12. januar 2001). Hamar- Islands universitet. Møtereferat.

44. Hønnun Ehf (november 1998) Lærershøyskolen i Island. Geoteknisk undersøkelse.



Fig 7.5.9.
Graving av byggegropa i februar 2001.
Foto: Bragi Thor Josefson - Privat fotoarkiv.



Fig 7.5.10.
Arbeid med fundamenter.
Foto: Bragi Thor Josefson - Privat fotoarkiv.

aldri tidligere hadde arbeidet med eksponert betong. Kravet til nøyaktighet i forskalingen var veldig stort. I tillegg oppførte betongblandingen, som var spesielt produsert for bygget, seg ikke som den skulle.

Mye arbeid var blitt lagt ned under utførelsen for å finne rett metode til å produsere glassrutene med den kunstneriske utsmykningen, som også skulle fungere som solavskjerming. Deler av dette arbeidet var blitt overført til entreprenøren gjennom anbudet. Entreprenøren ble bedt om å gi tilbud på anskaffelse av alt glass i bygget, inklusivt den kunstneriske utsmykningen. Det kom fram i intervjuer at han ikke var klar over omfanget og kostnadene ved den kunstneriske utsmykningen da han regnet ut sitt tilbud.⁴⁵ Etter hvert viste det seg at produksjonen kostet mye mer enn forventet, og at det ville skape store kostnadsoverskridelser. I tillegg var produksjonen både komplisert og tidkrevende, og den ville også forsinke ferdigstillelsen av bygget. Men ideen med den kunstneriske utsmykningen av de store glassrutene hadde opptatt mange, spesielt arkitekten og kunstneren som hadde vunnet utsmykningskonkurransen. Arkitekten kjempet hardt for å beholde denne ideen, som i følge han var et av de viktigste innovative elementene i byggeprosjektet.⁴⁶ Skuffelsen ble derfor stor da glasskunstverket ble droppet tre måneder før ferdigstillelsen av bygget. Et av argumentene som ble brukt mot ideen om glasskunsten, var hvor kostbart og komplisert vedlikeholdet av et slikt kunstverk ville bli i fremtiden. Det så ut som ingen hadde tatt opp spørsmålet om hvordan man skulle håndtere glassruter som ble knust i det planlagte kunstverket.⁴⁷

Det var flere problemer tilknyttet disse store glassvinduene. Etter hvert ble det oppdaget at det var en uoverensstemmelse mellom brannteknisk prosjektering og

45. Entreprenøren og formannen på byggeplassen. Hamar- Islands universitet. Intervjuet av forfatteren, 18. oktober 2004.

46. Arkitekt og prosjekteringsleder, Hamar – Islands universitet, Intervjuet av forfatteren, 6. oktober, 2004.

47. Prosjektleder FSR. Hamar – Islands universitet, Telefonintervju med forfatteren. 13. september 2005.



Fig 7.5.11.
 Betongarbeid i slutfasen.
 Foto: Bragi Thor Josefson - Privat fotoarkiv.



Fig 7.5.12.
 Innvendig oppbygging av betongdekket vises.
 Foto: Bragi Thor Josefson - Privat fotoarkiv.

prosjekteringen til arkitekten. Problemet var at åpningsvinduer nede ved gulvet og oppe ved himlingen i de store glassveggene var brannteknisk ulovlig.⁴⁸ Det var også en viss fare for sikkerheten, ettersom noen åpninger var for store og uten sikringer, slik at barn kunne falle ut gjennom åpningene. Dette ble bemerket i sluttilsynet fra byggesakskontoret.

Arbeidet med flisene på biblioteket startet midt på sommeren 2002, to måneder før den planlagte ferdigstillingen som skulle være i august samme år. Det gjentas at designet av flisekledningen var resultat av utsmykningskonkurranse og et samarbeid mellom den premierte kunstneren og arkitekten. I følge detaljer fra arkitekten skulle kledningen bygges opp av to typer fliser; en blåfarget keramisk flis og en svart steinflis. Fugene skulle lukkes med en lys fugemasse. Det er interessant å se forslaget fra entreprenøren, som ønsket å avslutte flisekledningen oppe ved gesimsen med et metallbeslag i stedet for å avslutte gesimsen med en stripe av horisontale fliser, slik arkitekten hadde designet. Argumentet var av byggeteknisk art, hovedsakelig at slike detaljer med beslag på toppen var sikrere enn det arkitekten hadde foreslått.⁴⁹ Arkitekten var i mot dette og ville ikke ha noen forandringer på sitt originale design, og pekte på at den flisekledde veggen var et kunstverk.⁵⁰ Det bemerkes at denne veggen i dag har husets mest synlige byggskaide, trolig på grunn av mangelfull utførelse av gesims.

Ferdigstillingen

Da bygget ble tatt i bruk høsten 2002 lakk det flere steder. Dette forklares delvis med

48. Røyk og brann hadde muligheter for å spre seg mellom etasjene med disse åpningsvinduene.

49. Markhus ehf. (27. august 2002). Hamar- Islands universitet. Prosjektdokument. Melding nr. 355. Forslag fra entreprenør om utførelse av takkant.

50. Fjølhønnun ehf. (27. august 2002). Hamar- Islands universitet. Prosjektdokument. Melding nr. EV-339, svar fra byggeleder vedrørende forespørselen fra entreprenøren.

en uvanlig fuktig høst.⁵¹ Glasstaket over den sentrale hallen i midten av bygget lakk en god del. Det gjorde de store vinduene mot sørøst også. Produsenten av vinduene sendte sine reparatører for å fikse problemet, ettersom det var deres ansvar å levere vinduene i god teknisk stand.⁵²

I begynnelsen av desember 2002 ble det arrangert en åpningsseremoni. Da skulle alt være ferdig, men dagen før åpningen lakk de store glassveggene fortsatt, og entreprenøren tørket opp fukt.⁵³ Den offentlige avslutningen på byggeprosessen fant sted under en høytidelig seremoni 6. desember. Mange prominente gjester var møtt frem, ettersom dette var en merkedag i Lærershøyskolens utviklingshistorie. Det nye bygget ble hedret, og hilsninger fremført i det store auditoriet. Men stemningen var blandet. Om det vitner talen som arkitekten fremførte. Han sammenlignet det nye bygget med en levende skapning, spleiset sammen av arvestoff fra stedets arkitektur og gener fra det nyeste nytt innen teknologi og samtidsarkitektur.⁵⁴ Unnfangelsen hadde vært gledelig, svangerskapet strevsomt, men fødselen meget smertefull. På grunn av dette hadde de lidt stort blodtap. Arkitekten takket de andre rådgiverne og brukere for godt samarbeid, men prosjektleder og entreprenør ble ikke nevnt. Arkitektens tale vakte en viss oppsikt ettersom den var uvanlig ærlig i forhold til taler under slike høytidige seremonier.



Fig 7.5.13.

*Åpningsseremonien i det store auditoriet i desember 2002. Innvendig vegger er av eksponert betong.
Foto: Bragi Thor Josefson - Privat fotoarkiv.*

En ferdigstillingsrapport fra byggeleder gir et klart bilde av prosjektet, både faglig og økonomisk.⁵⁵ Det kommer tidlig frem at prosjektet har kostet mye mer enn det som var planlagt, og at flere ting har gått galt teknisk. De offisielle byggekostnadene er nå

51. Metrologisk institutt I Island (september 2002). Metrologisk oversikt 2002.

52. . Fjölhóunn ehf (19. september 2002). Hamar- Islands universitet. Møtereferat. Byggemøte nr. 53.

53. .FSR. (05. januar 2002). Hamar- Islands universitet. Møtereferat. Møte i byggherrekomiteene.

54. Batteriet arkitekter ehf. (6. desember 2002). Hamar- Islands universitet. Arkitektens tale ved åpningsseremonien.

55. Fjölhóunn ehf. (2003, januar). Hamar- Islands universitet. Prosjektdokument. Byggeleders rapport om oppgjør av byggesaken.

blitt 760 millioner ISK. For det første var prosjekteringen ikke ferdig da utførelsen startet, og mye av prosjekteringen ble utført parallelt med byggingen.

Byggskader

Et interessant fenomen som kommer fram i undersøkelsen av byggeprosessen, er hvor liten forebyggende effekt den omfattende offentlige kontrollen og tilsynet som førtes av byggesakskontoret i Reykjavik hadde å si for byggkvaliteten. Til tross for at alle tegninger ble kontrollert og over 80 tilsynsrunder ble utført på byggeplassen, var bygget fremdeles plaget av alvorlige byggskader når dette er skrevet i 2012. I tillegg mangler den lovbestemte ferdigstillelsesattesten.⁵⁶

Som det allerede er blitt påpekt lakk bygget fra det ble tatt i bruk. Lekkasjene var i stor grad knyttet til glasstaket, de store glassveggene på østfasaden og overlyset i biblioteket. Entreprenøren og leverandøren av vindussystemet jobbet i flere måneder med å tette lekkasjene. Lekkasjene i glasstaket ble utbedret flere ganger, men til tross for dette lekker de fremdeles. Lekkasjen oppstår først og fremst under slagregn fra øst og syd.

Den andre store byggskaden, som kom fram straks etter ferdigstillelsen, var at fliser begynte å falle av den sørøstvendte veggen. Ingen forsøk er blitt gjort siden ferdigstillelsen på å utbedre denne byggskaden.

I tillegg til disse byggskadene, har klimasystemet fungert dårlig i følge driftspersonalet.⁵⁷ Den naturlige ventilasjonen og varmesystemet har vanskeligheter med å holde normalt innelima. Det blir for kaldt når det er kaldt ute og for varmt i solskinn, et problem som flere brukere av bygninger som er designet etter modernistiske prinsipper klager over. Et av de forholdene som forverret situasjon ytterligere er den mangelfulle solavskjermingen på de store øst- og sydvendte glassveggene. I tillegg til dette er det registrert store trykkforskjeller i bygget som kommer fram i glassgården og rom tilknyttet denne.⁵⁸ Det er en kjent sak at slike trykkforskjeller kan skape lekkasjer når klimaskjermen er utett.⁵⁹

Det ble registrert flere feil og mangler i bygget, blant annet ved betongarbeidet inne, men de blir ikke tatt med i denne undersøkelsen, som er konsentrert om klimaskjermen.

56. Sædal, M. (september 2005). Hamar- Islands universitet. Brev fra Byggesakskontoret i Reykjavik til forfatteren med informasjon om byggesaken. Undersøkelser senere viser at denne ferdigstillelsesattesten mangler.

57. Direktøren for Lærehøgskolen. Hamar- Islands universitet. Intervjuet av forfatteren, 5. oktober 2004.

58. Driftsleder for Lærehøgskolen. Hamar- Islands universitet. Stedsbefaring sammen med forfatteren, 6. oktober 2004.

59. Se omtale i kapitel 6.3.5.

Dristige detaljer

Fig 7.5.14.

Fra datasal i 2. etasje. Til venstre er den to etasjes høye østvendte glassveggen med de store gitterståldragerne, som bærer denne delen av huset. Mange byggskader er relatert til denne veggen, både lekkasjer, funksjonelle problemer og solpåkjenning.



Byggesaken i dag?

Det bemerkes at den lovpålagte ferdigstillingsmeldingen ikke finnes. I henhold til lov om offentlige tiltak skal en slik melding foreligge innen rimelig tid fra ferdigstillingen. Det er ikke gitt noen god forklaring på hvorfor denne meldingen ikke foreligger. I slike ferdigstillingsmeldinger skal det legges fram en oversikt over prosessen og et oppgjør av byggesaken, deriblant oversikt over sluttkostnader.⁶⁰ Det bemerkes at liknende situasjoner finnes i flere slike problematiske offentlige byggeprosjekter i Norden.⁶¹

Refleksjoner over prosessen

Byggeprosessen fikk en dårlig start. Hamar-prosjektet ble i begynnelsen preget av uheldige omstendigheter, i hovedsak en arv fra forberedelsene og arkitektkonkurransen. Verdifull tid i begynnelsen av prosjekteringen gikk med til å redusere kvadratmeterne i forsøk på å spare kostnader, uten at det ble tatt stilling til det tekniske og arkitektoniske ambisjonsnivået, som var meget høyt i forhold til de midler byggherren var villig til å bruke på bygget. Ledelsen ser ut til å ha vært mangelfull. Det gjelde både for prosjektledelsen og prosjekteringsledelsen. Fire ganger ble prosjektleder skiftet ut. En bevist lederstrategi fra prosjektledelsen, som representerte byggherreinteressene, var å blande seg i minst mulig grad inn i prosjekteringen. Resultatet av dette ble at flere viktige beslutninger ble overlatt til de prosjekterende, som i grunn manglet en fullverdig motspiller på byggherresiden. I tillegg til dette ble viktige og klimautsatte detaljer oversett. Eksempel på det er detaljer i de store glassvegger og gesimsdetaljen i den fliseklede veggen.

Tidspress fremkalt av prioriteringer preget prosjekteringen. Dette førte til at anbudsmaterialet ble levert med flere feil og mangler. Entreprenøren som fikk

60. Lög um skipan opinberra framkvæmda (2001). Lög nr. 84/2001 31. maí 2001. Lög um skipan opinberra framkvæmda. [lov om offentlig anskaffelse]. Reykjavik: Stjórnartidindi.

61. Lignende situasjon finner vi i Moholt krematorium, der det også mangler ferdigstillingsattest og et faglig og økonomisk oppgjør av byggesaken.

oppdraget på grunn av et lavt anbud, manglet erfaring i å bygge et så teknisk avansert og komplisert bygg som Hamar – Islands universitet. Samarbeidet ble etter hvert dårlig mellom prosjekteringsgruppen, prosjektleder og entreprenøren. Til slutt truet byggherren med å saksøke de prosjekterende. Det bemerkes at det ikke var på grunn av feil og mangler, men kostnadsoverskridelser. Bygningsmyndighetene førte omfattende kontroll og tilsyn med byggesaken både gjennom kontroll av tegninger og tilsyn med byggeaktivitetene. Det vekker en viss forundring hvor liten forebyggende effekt dette hadde på de omtalte byggskadene.



Fig 7.5. 15.

Hallen i midten av bygget. Fotoet er fra biblioteket i 1. etasje og ble tatt i juni 2010. Håndverkerne driver og reparerer trappetrinn, en byggskade som ble registrert før ferdigstillingen i 2002. De fargede glassplatene er kunstverk som stammer fra konkurransen om kunstnerisk utsmykning i 2000.

7.5.5. Detaljer – tekniske problemer

Til å studere oppbyggingen av klimaskjermen brukes detaljer tegnet spesielt for denne undersøkelsen. Snittegningen (fig. 7.5.16) illustrerer plasseringen av detaljer som undersøkes, men også svake punkter i konstruksjonen. Detaljene er tegnet etter arkitektens originaldetaljer fra november 2000, da prosjektet ble sendt ut på anbud. Intensjonen med beskrivelsen er å vise bygget ”som design” som man sier. Forandringer som ble gjort i byggeprosessen eller utbedringer fanges opp i avsnittet om utbedringer, hvis de er blitt utført. Det bemerkes at detaljene skal illustrere prinsipper, og brukes til å drøfte byggskadeproblemer i veggkonstruksjonen, taket og overgangene i samsvar med hovedproblemstillingen.

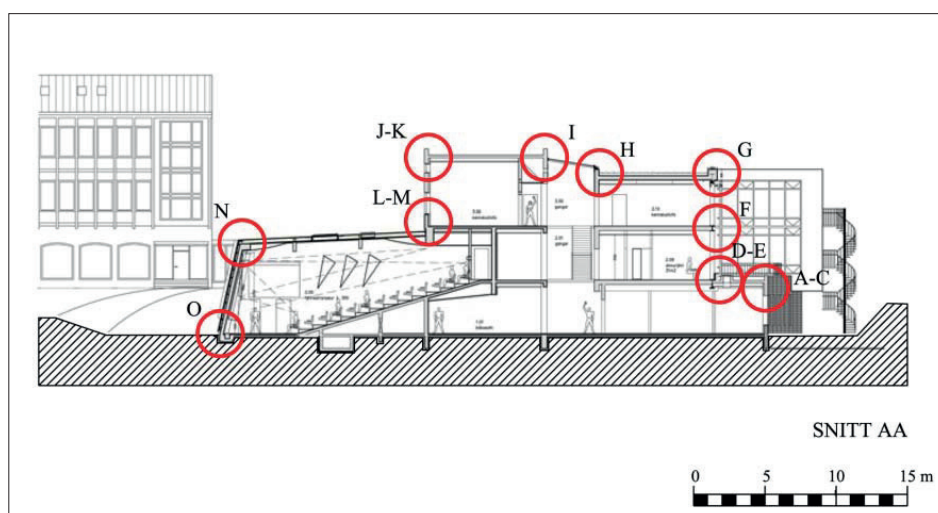


Fig 7.5.16.
Snitt A-A. De røde sirkelene viser plasseringen av detaljene som undersøkes.

Før beskrivelsen starter, bør det påpekes at det er fire hovedkategorier byggskader som har plaget huset:

- Avskalling av utvendige fliser
- Lekkasjer i vinduer og overlys
- Utseendemessige mangler på den eksponerte betongen, både ute og inne
- Mangelfullt klimasystem - delvis knyttet til plassering og utforming av vinduer



Fig 7.5.17.

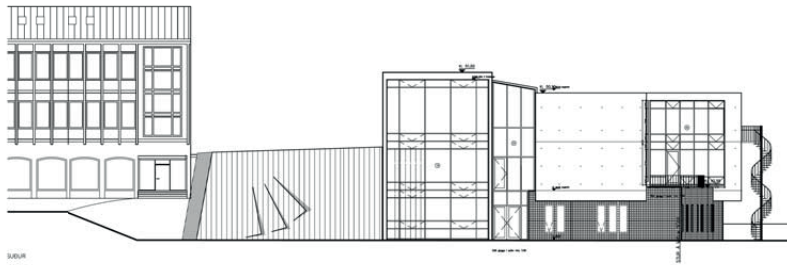
Hamar universitetsbygg, fasade mot nordøst. Det utstikkende taket markerer hovedinngangen. Lengst til høyre lærerhøyskolen fra 1970-tallet.



Fig 7.5.18.

Fasade mot sydvest. Den "myke" formen foran inneholder tre auditorier. Den er utvendig båndtekt med kobber. Bakre form inneholder undervisningsrom og er laget av eksponert betong. I gavlveggen mot syd er det en tre etasjes høy glassvegg. Fasade mot nord har vindusbånd.

Dristige detaljer



FASADE SYD

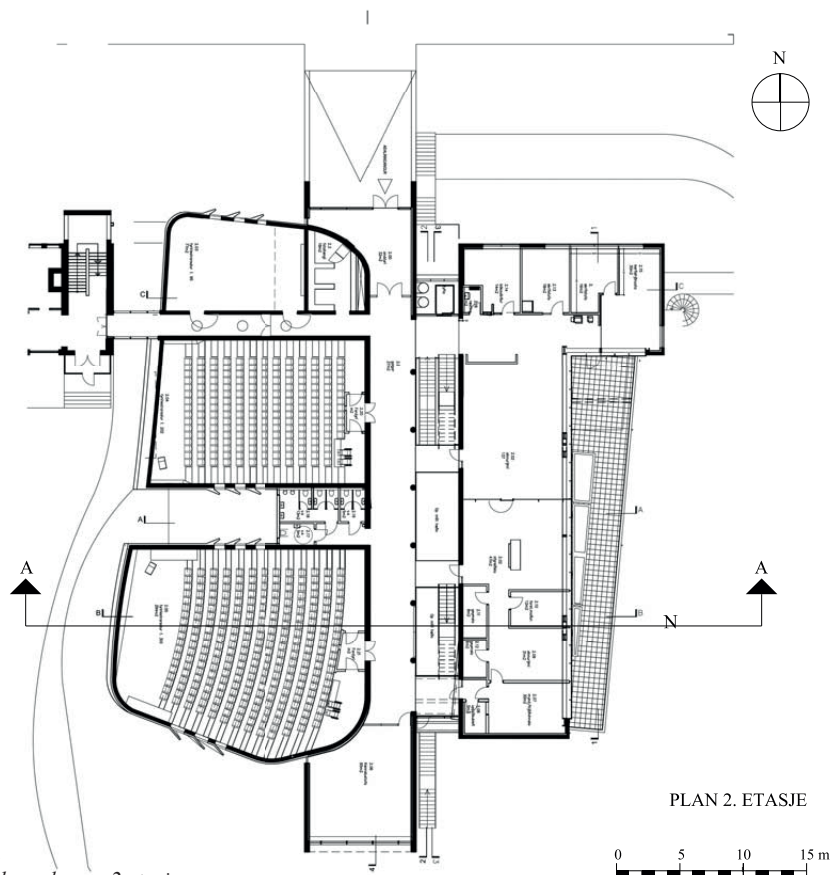
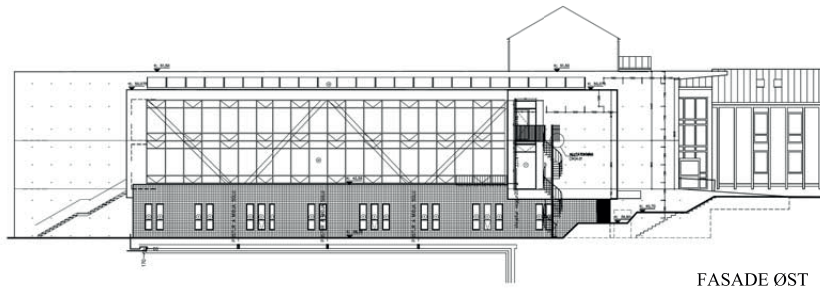
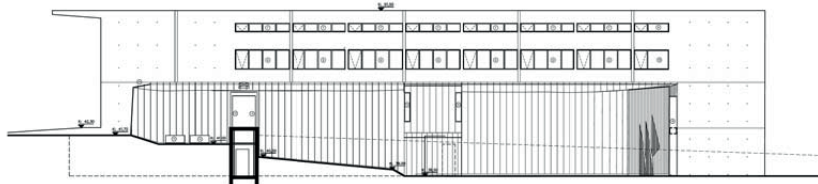


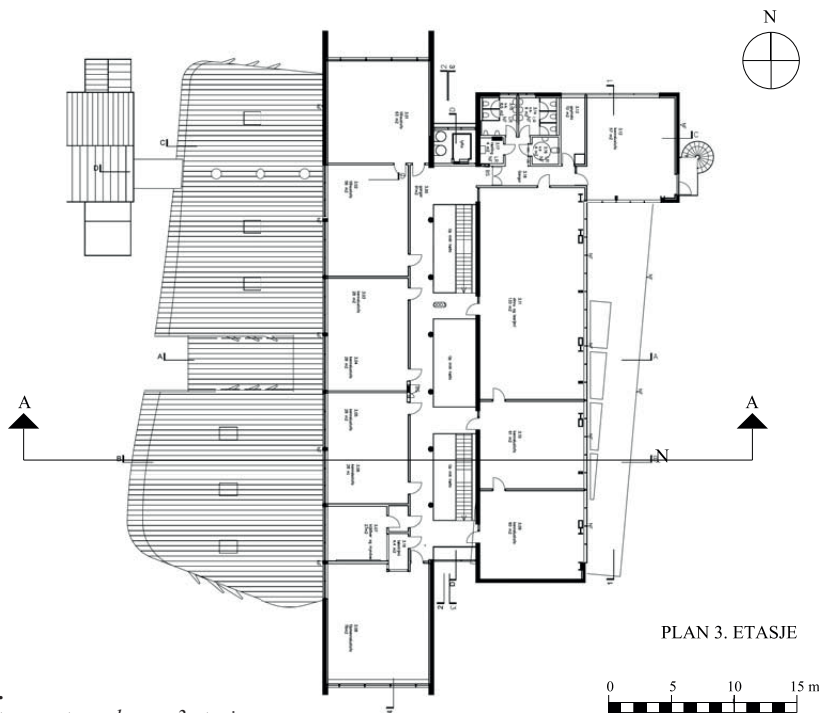
Fig 7.5.19.
Fasade syd og plan av 2 etasje.
Illustrasjon: Batteriet arkitekter Ehf.



FASADE ØST



FASADE VEST



PLAN 3. ETASJE

Fig 7.5.20.
Fasade øst og vest og plan av 3 etasje.
Illustrasjon: Batteriet arkitekter Ehf

Detalj A, B, C; Fliskledd vegg og flatt tak i bibliotek

Yttervegg, gesims og tak

Den første detaljen, merket fig. 7.5.22, viser østvendt vegg og tak på et utbygg som inneholder biblioteket. Detaljen er tegnet slik arkitekten designet dem. Denne ytterveggen er bygget av 200 mm tykk betong, isolert innvendig med murpuss. Betongvegger av denne typen har vært ganske vanlig i Island i lang tid. Erfaringen med bruk av slik yttervegg er tilfredsstillende, spesielt etter at isolasjonsmaterialene ble bedre, og man fikk stoppet alkaliske byggskader, som var ganske omfattende på 1970-tallet.

Utvendig er veggen kledd med fliser. Flisledningen er et kunstverk som allerede er blitt omtalt. Flisene er blå keramiske fliser og sorte steinfliser av kvadratisk format. De ble limt rett på betongveggen med frostfritt murlim. Fugene ble fylt med murmørtel egnet for utvendig bruk. Detalj B og C viser innsetting av vinduer, som er danske HSH metallvindu, som brukes i hele bygget. I denne veggen er vinduet plassert inne i vindusåpningen, som også er kledd med de samme flisene.

Taket er et rettventd kompakt tak med nedløpsrør plassert i en utsparing i ytterveggen. Isolasjonen er 2 x 100 mm polystyren, lagt på betongdekket. Taktekkingen er en PVC-duk dekket med betongheller som er lagt i sandlag. En viktig detalj er utførelsen av gesimsen. Den er bygget opp slik at flisledningen blir trukket opp til den horisontale kanten, som ble belagt med en rad fliser. Taktekkingen ble trukket over halve kanten og klemt fast med metallbeslag under flisledningen på kanten. Fugen mellom flis og beslag, merket nr. 7 på fig. 7.5.22, ble fylt med fugemasse.

Byggskader i konstruksjonen

Kort tid etter ferdigstillingen begynte flisene å løsne fra underlaget. De første flisene som falt av, var på den horisontale kanten. Fotoet i fig 7.5.21. viser hvordan det så ut i 2004, men tilstanden har forverret seg ytterligere siden. Det bør bemerkes at like før flisene skulle settes opp i 2002, foreslo entreprenøren at gesimsen skulle lukkes med et metallbeslag som gikk over kanten. Dette forslaget avviste arkitekten, fordi det ikke passet med uttrykket han var ute etter. Det er meget sannsynlig at et fuktbeskyttende beslag på dette steder ville ha berget dette kunstverket fra en alt for tidlig forvitring.



Fig 7.5.21.

Gesims og tak. Avskallingen startet på kanten. I dag er alle flisene på denne kanten falt av. Årsaken til byggskaden er fukt som har blitt presset inn under de øverste flisene på kanten. Videre blir så avskallinger forsterket av temperaturbevegelser og økt fukttilførsel under slagregn på den sør-østvendte fasaden som er utsettes for mest slagregn.

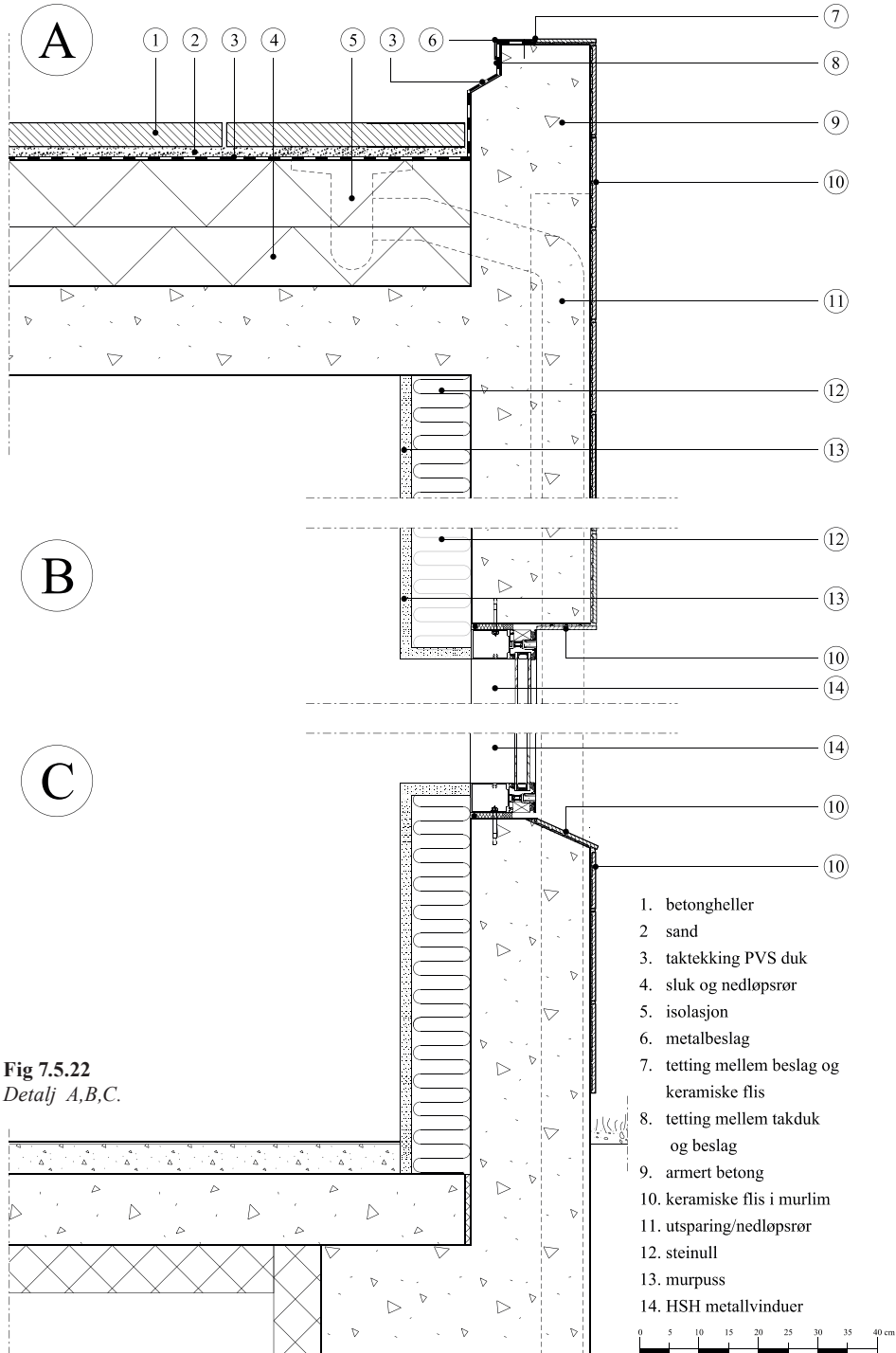


Fig 7.5.22
 Detalj A,B,C.

Detalj D; Overlys i tak over bibliotek

Problematiske overlys i taket over biblioteket er beskrevet i detalj D (fig. 7.5.26). Det er fire slike overlys som former en lang trekant i takflaten. Overlyset stikker ca. 150 mm over takflaten og er nærmest vannrett. I fuktig vær ligger det en vannfilm over glassflaten. Konstruksjonen er laget av en sjakt i betong som er en del av det oppstøpte taket. Vindusinnfestingen er trerammer lagt opp på den lave betongveggen. Taktekkingen er trukket over kanten og lukket med metallprofiler, beslag og vindusforsegling av vanntett fugemasse. Glassruten er bygget opp av tre lag, der et lag er sikkerhetsglass.

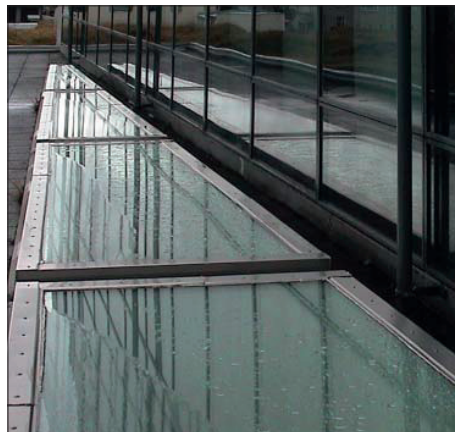


Fig 7.5.23.
Overlys i taket over biblioteket.

Byggskader i konstruksjonen

Det lekker rundt overlyset. lekkasjen beskrives i fig. 7.5.25, mens foto 7.5.24 viser merker etter lekkasjer innvendig.

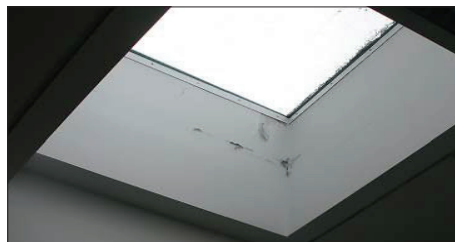


Fig 7.5.24.
Overlys, innvendig. Merker etter lekkasjer ses.

Det er merker etter lekkasje like nedenfor glasset. Dette er fukt som kan komme både fra en eventuell glippe mellom taktekkning og vindusramme og forbi beslag og/eller fugemasse. Den andre lekkasjen viser seg som utfelling der vegg og tak møtes. Dette indikerer at det ligger eller har ligget fukt under isolasjonen. Om dette er byggefukt eller lekkasjer, er ikke godt å vite. Hvor denne fukten kommer inn i konstruksjonen er vanskelig å si uten å fjerne taktekkningen.

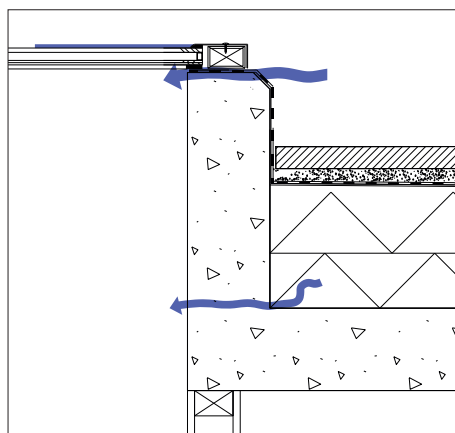


Fig 7.5.25.
Lekkasjer i overlyset. Fukt har kommet inn under toppen og under isolasjonen.

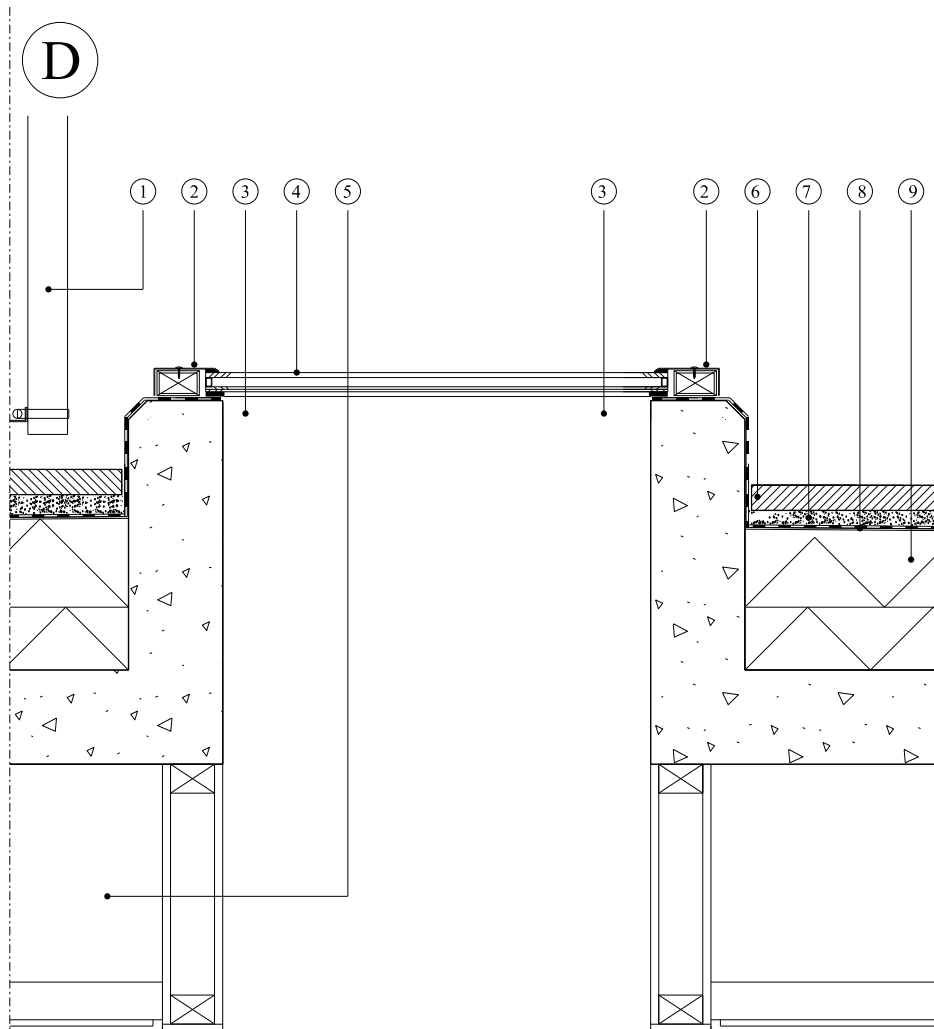


Fig 7.5.26.

Detalj D.

1. nedløpsrør
2. metallbeslag
3. metalforing, del av utbedring
4. thermoglass med sammenlimet sikkerhetsglass
5. nedforet gipsplatehimling
6. betongheller
- 7 sand
8. taktekkning PVS duk
9. isolasjon



Detalj E-G; Store glassvegger i østvendte fasader

Det er tre detaljer som beskriver den store østvendte glassveggen som har flest problemer knyttet til seg. Disse detaljene beskrives i fig. 7.5.28, 7.5.29 og 7.5.30.

Den store glassveggen, som strekker seg over to etasjer, er bort i mot 200 kvadratmeter og stikker ca. 10 cm ut fra fasaden. Glassveggen var et viktig arkitektonisk element allerede i konkurranseforslaget. Bak veggen er det undervisningsrom og datasaler. I følge arkitekten var ideen å skape en transparent bygningsdel, der husets indre liv og konstruksjon ble vist frem for omgivelsene, og hvor studenter og ansatte kunne nyte utsikten. Et middel til å oppnå dette var å legge en toetasjes høy gitterdrager laget av IPE stålprofiler innenfor glassveggen for å bære dekker og taket. Denne gitterdrageren ble laget på et mekanisk verksted og fraktet til byggeplassen.

Utformingen av glassveggen og konstruksjonen var et resultat av et tett samarbeid mellom arkitekten og rådgivende ingeniør i byggeteknikk i arkitektkonkurransen. Allerede da var designteamet oppmerksomme på den store sol- og varmepåkjenningen som en slik glassvegg vendt mot øst og sør ville medføre. Det har kommet fram i prosessbeskrivelsen at planen var å plassere et delvis transparent kunstverk bygget opp av punktraster mellom termoglassrutene, og på den måten skape tilstrekkelig solavskjerming. Arkitekten hadde sett slike løsninger på studiereiser i Europa tidligere. Lufting og kjøling var tenkt som integrert del av det hybride ventilasjonssystemet koblet til datastyrt klimaanlegg. Et viktig ledd i dette var åpningsvinduer plassert nede ved gulv og oppe ved tak, slik det kommer fram i fig 7.5.29. En motordrevet åpningsmekanisme knyttet til klimaanlegget skulle sørge for ventilering når det trengtes. Et forbilde for denne utformingen av vinduene var det danske Bang & Olufsen-bygget, som arkitekten hadde oppsøkt på studietur.

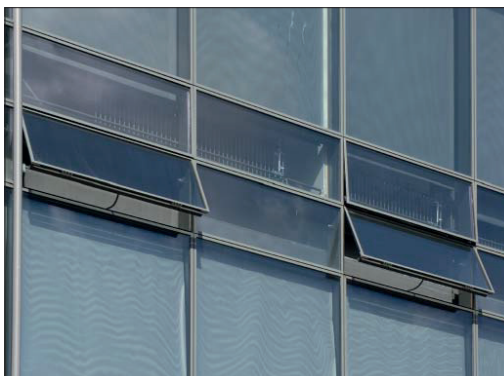


Fig 7.5.27.

Foto som viser felt med åpningsvinduer på etasjeskiller. Vindussystemet er bygget slik at det er ingen utseendemessig forskjell på faste felt og åpningsvindu. Foto: Eirikur Guðjónsson - Privat fotoarkiv.

Byggskader i konstruksjonen

Det er flere tekniske problemer knyttet til denne glassveggen. Noen av problemene gjelder også andre store glassvegger i bygget. Blant disse er overoppheting inne på grunn av ufullstendig solavskjerming og mangelfull åpningsmekanisme

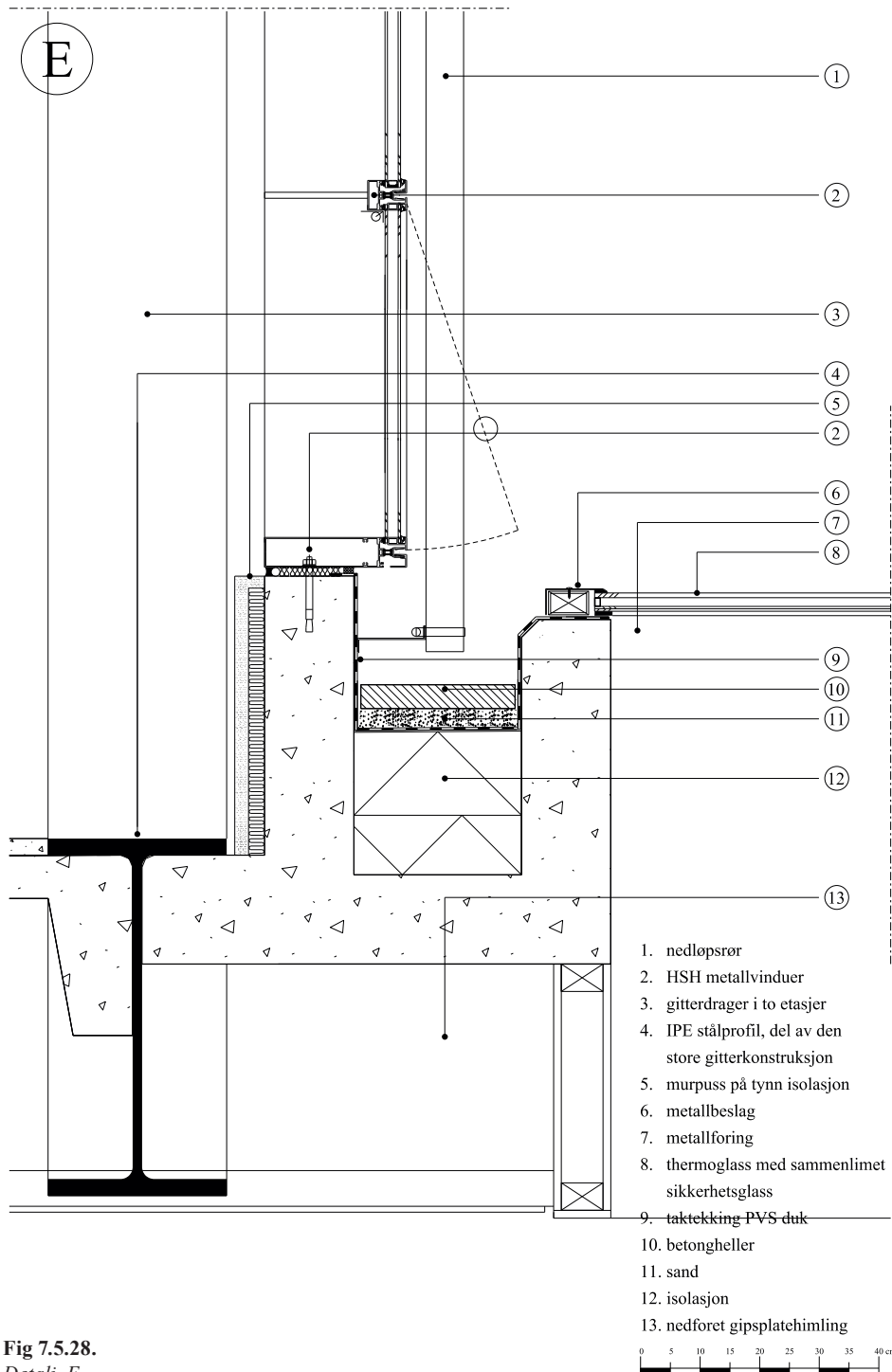
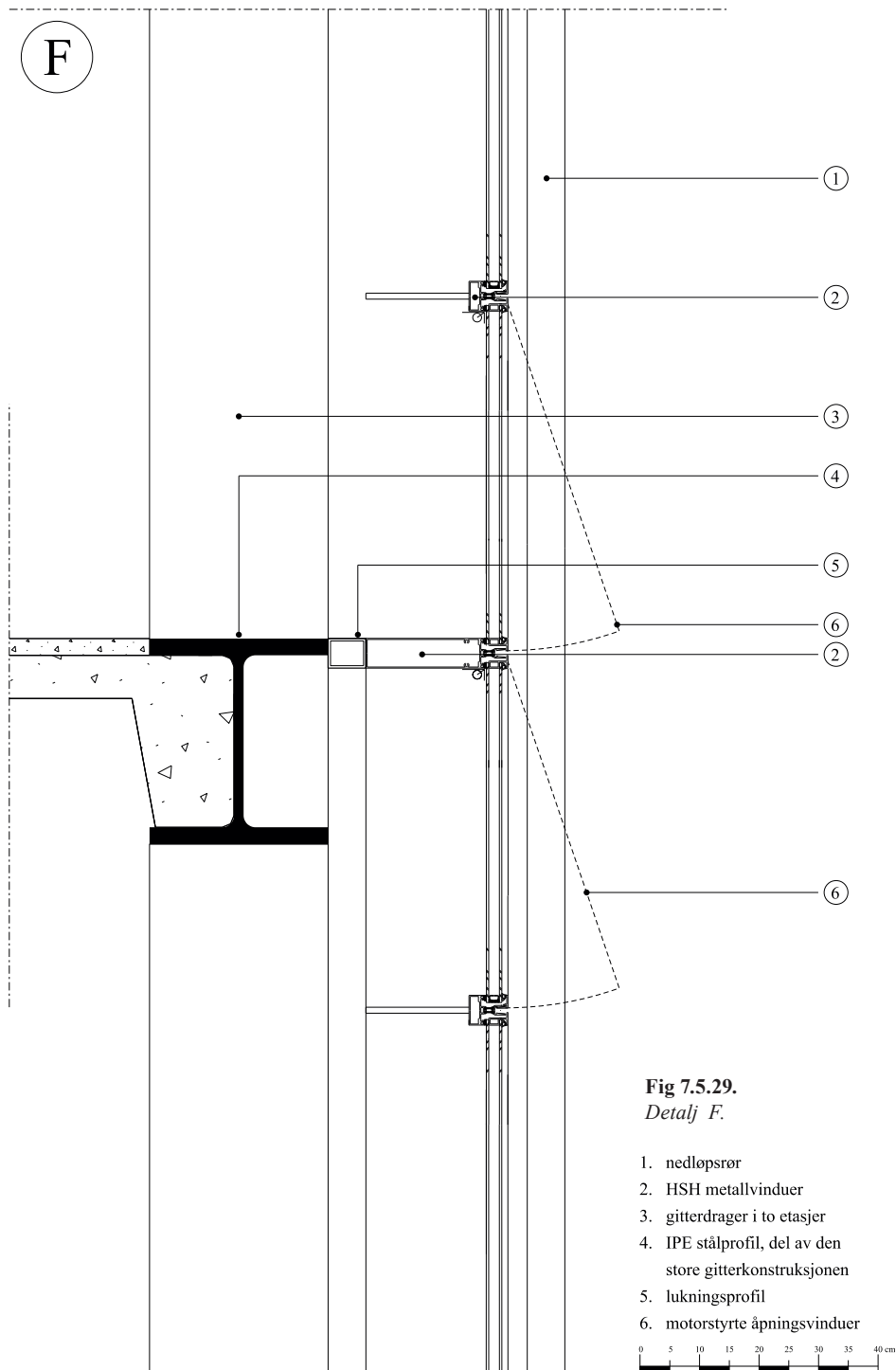


Fig 7.5.28.
Detalj E.



G

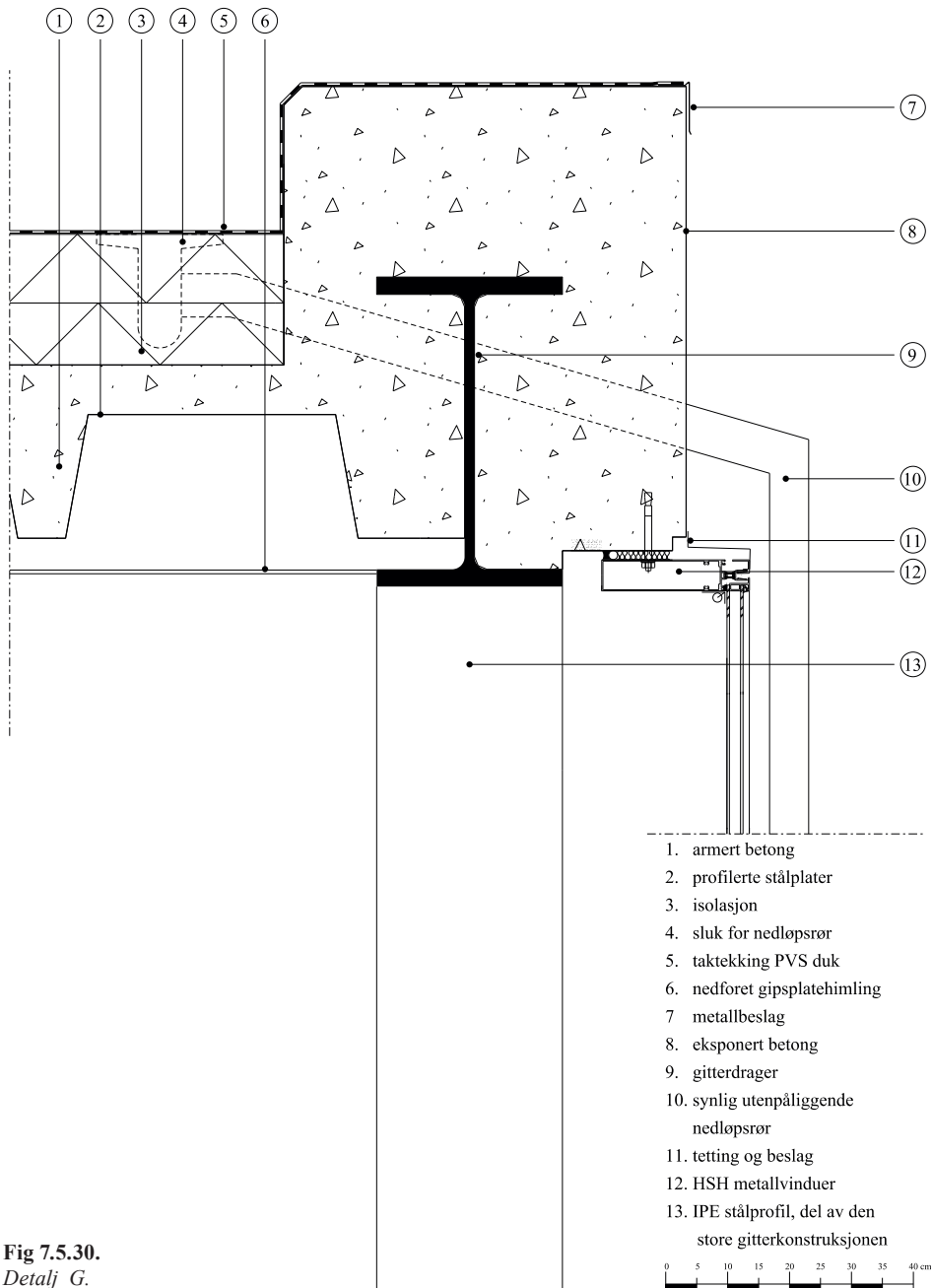


Fig 7.5.30.
 Detalj G.

i åpningsvinduer, samt det ineffektive klimasystemet.

Den motordrevne mekanismen virket dårlig fra starten og ble etter hvert frakoblet. I tillegg er plasseringen og utformingen av åpningsvinduene stikk i strid med brannforskriften, ettersom ild og røyk lett kommer seg i mellom etasjene via åpningsvinduene. Denne problematikken illustreres i fig. 7.5.31 med røde piler. Åpningsvinduene nede ved gulvet er i tillegg ulovlige, åpningen er for stor, bort i mot 20 cm, og uten sikkerhetsavgrensning, som betyr at små individer kan falle ut. En del ruter i åpningsvinduene knuses regelmessig på grunn av feil i åpningsmekanismen. Disse manglene ble bemerket av branntilsynet og bygningskontrollen i en ferdigbefaring høsten 2002, men også under senere befaringer.⁶²

Lekkasjene er et spesifikt problem i den store glassveggen som vender mot øst. Grunnen er at det fra øst og sørøst kommer slagregn. Lekkasjen har vært vedvarende fra byggetiden. Like etter ferdigstillingen forsøkte vindusprodusenten å utbedre lekkasjen, uten å lykkes helt, så derfor lekker det fremdeles. Lekkasjen foregår på to måter. Først er det dryppende vann som renner på innsiden av glasset og nedover srossene under slagregn. Årsaken er antagelig utettheter rundt åpningsvinduene. Den andre formen er fuktskader i kneveggen under vinduet. Der blir fukten suget inn mellom vegg og vindu. En medvirkende faktor er undertrykk ved nedre del av vinduet fremkalt av overtrykk i den glassoverdekkede hallen i midten av bygget.

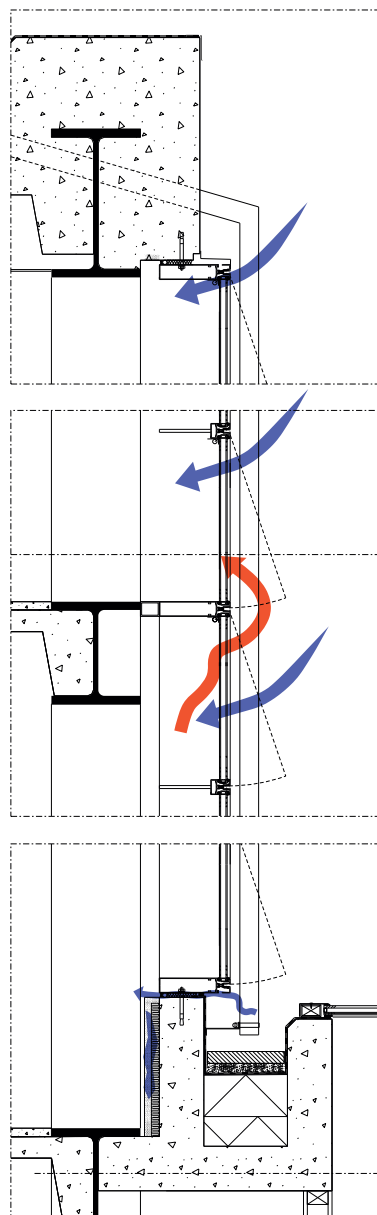


Fig 7.5.31.

Den blå pilen indikerer lekkasjer. Rød pil indikerer spredning av røyk/brann.

62. Flere bemerkninger er blitt gjort om åpningsvinduene. Den siste bemerkningen er fra branntilsynet som undersøkte bygget sammen med bygningskontrollen 25. mai 2004 under en planlagt sluttkontroll.

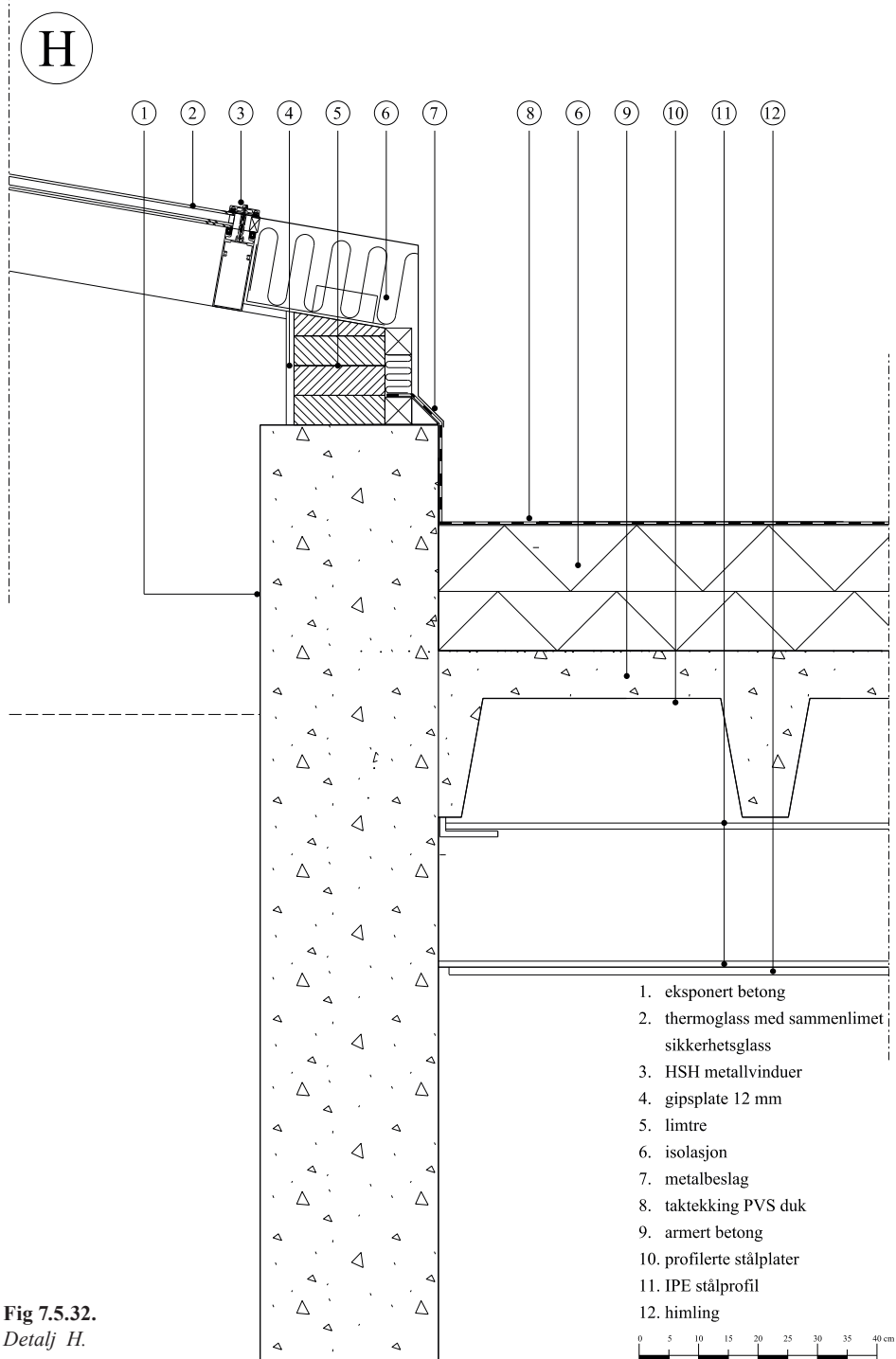


Fig 7.5.32.
Detalj H.

Detalj H-I; Glasstak i mellom lameller

Detalj H og I, se fig 7.5.32 og 7.5.35, viser glasstaket i midten av bygget. Glasstaket er laget av samme type profiler som i øvrige vinduer. Glasstaket har ca. 10 grader helling.

Detalj H viser også det tette taket i denne delen av bygget som er laget av bærende ståldragere og trapesformede stålplater, som brukes som form for betongdekket. Glasstaket strekker seg imellom de to lamellene. Detalj I viser den øvre delen av glasstaket og det tette taket over de andre lamellene. Glasstaket har åpningsluker koblet til det datastyrt klima- og brannalarmsystemet.

Byggskader i konstruksjonen

I begynnelsen lekket glasstaket en del. Håndverkere fra vindusprodusenten drev en stund og utbedret lekkasjer og la om avslutninger og beslag. Den bygde utførelsen er noe annerledes enn den som er tegnet. Det ser ut som glasstaket ikke lekker lenger. Men det er et stort teknisk problem knyttet til glasstaket og hallen i midten av huset; oppdrifts- eller skorsteinseffekten. Nå må det presiseres at skorsteinseffekt er en viktig drivkraft i naturlig ventilasjon, men den kan også forårsake lekkasjer i nedre del av yttervegg- eller takkonstruksjon der det oppstår undertrykk. I dette bygget er det en sterk skorsteinseffekt, blant annet fordi ventilasjonssystemet ikke fungerer.



Fig 7.5.33.
Interiør fra hallen. Alle vegger er av eksponert betong. De fargede glassplatene er en del av et kunstverk.



Fig 7.5.34.
Foto fra taket. Detalj der glasstaket møter tett tak. Påkjenninger viser seg på utsatte hjørner.

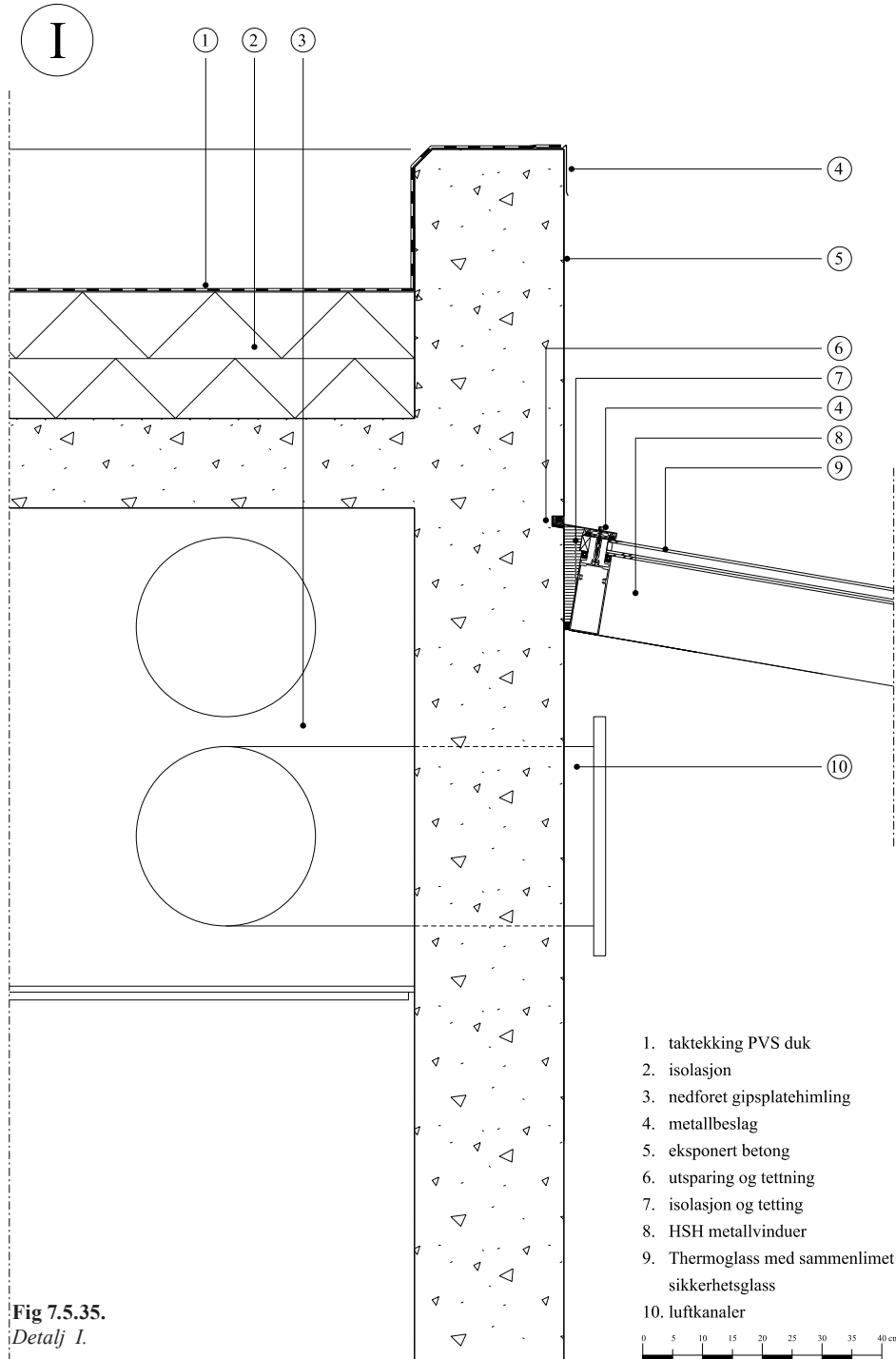
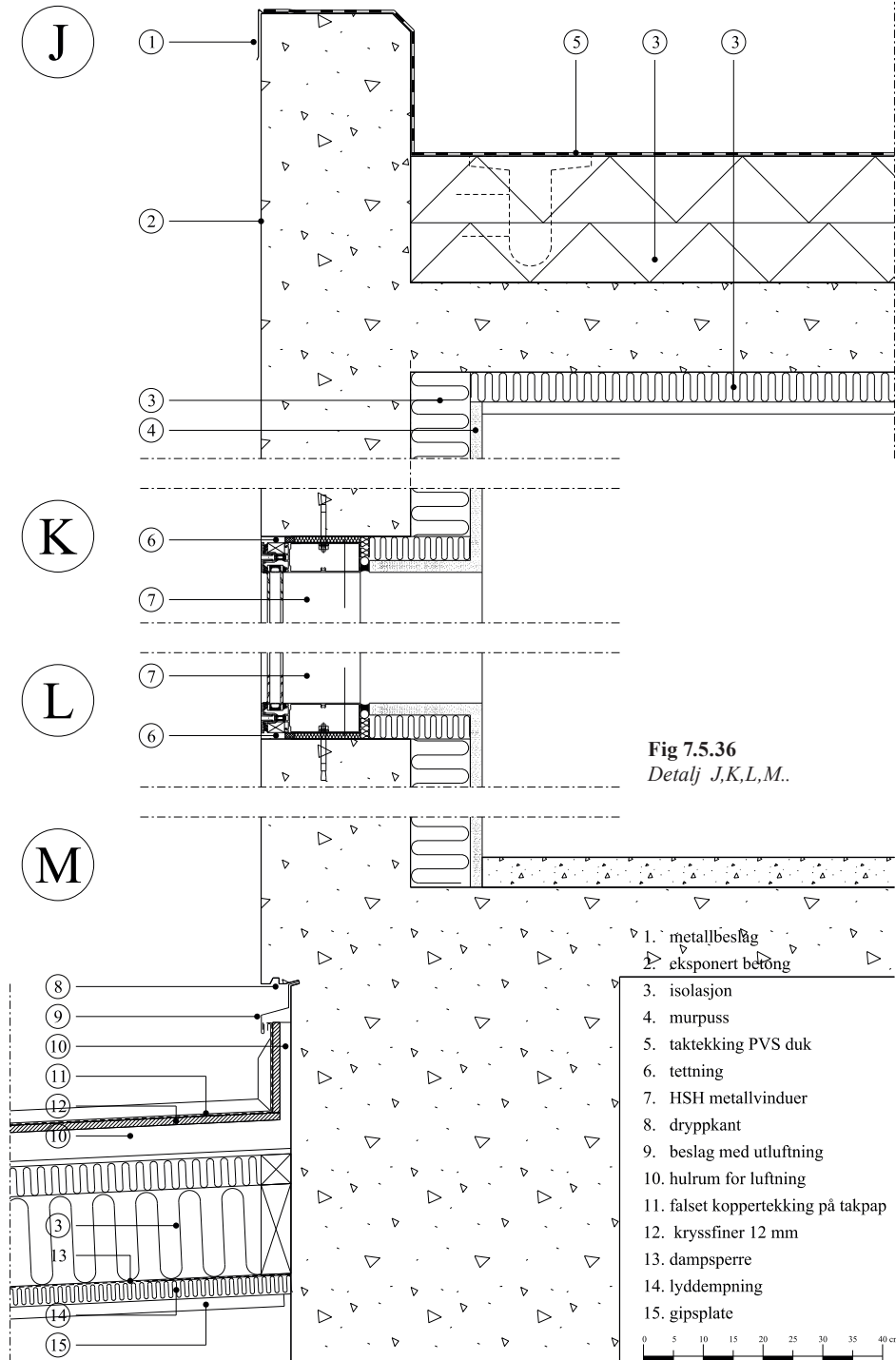


Fig 7.5.35.
 Detalj I.



Detalj J - M; fasade og tak mot vest

Detaljene J til M, se fig. 7.5.36, beskriver en typisk yttervegg og flatt tak. Denne spesifikke detaljen gjelder for vestvendt yttervegg og tak over auditoriene. Her er oppbyggingen av taket den samme som på detalj I. Av interesse er plassering av vinduet ute i fasadeliv på linje med overflaten av betongveggen. Denne måten å plassere vinduet på er et ganske lysende eksempel på minimalistiske detaljer. Vinduet er festet med murbolter med ca. 10 mm fuger rundt, som tettes med mineralull, fugemasse ute og inne og ytterst en neoprenlist. Legg merke til utførelsen innvendig. Veggene er isolert og kledd med 20 mm murpuss, og muren dras inn til vinduskarmen som skjules.

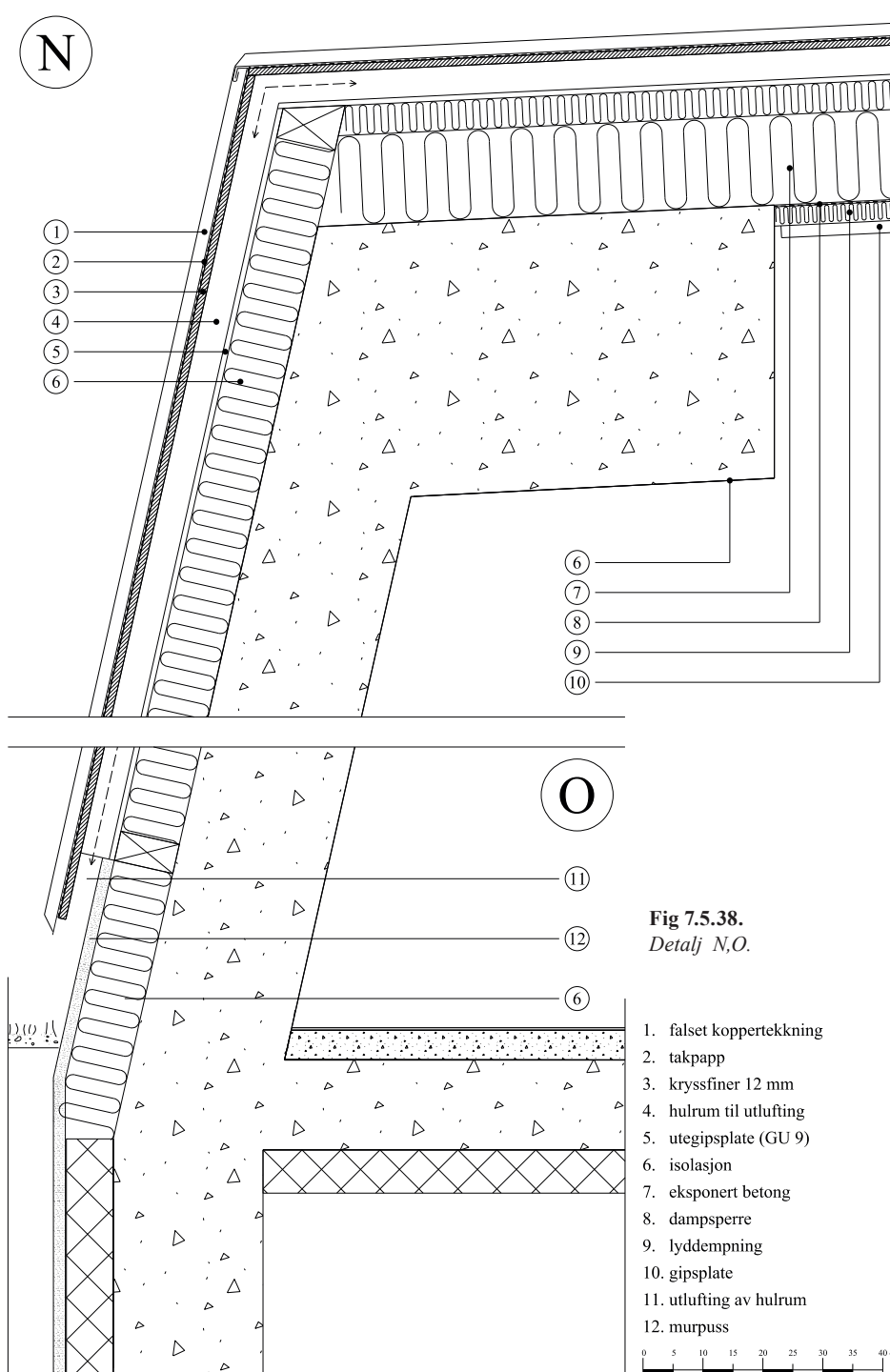


Fig 7.5.37.

Fasade mot vest. Vindusbåndet sitter ytterst i vegglivet. Legg merke til sporene etter forskalingen og forskalingshullene i den eksponerte betongveggen. Etter planen skal disse danne et mønster, men det er også omtrent den eneste ornamentikken som er akseptert i denne estetiske sjangeren. Auditoriene er kledd med stående kobberkledning.

Foto: Eiríkur Guðjónsson - Privat fotoarkiv.

Viktig for uttrykket i vegger av eksponert betong er selvsagt tekstur og tetthet, men også fargen på betongen. I denne type arkitektur er den eneste lovlige ornamentikken sporene etter plateforskalingen og forskalingshullene (staghull hull). Det er svært viktig at hull og spor er i en viss orden. Arkitekten hadde lagt ned et stort arbeid i å legge opp et mønster som var synlig i fasaden. Resultatet viser at entreprenøren ikke har klart å utføre dette.



Detalj N og O; vegger og tak i auditorium

Detalj N-O, se fig. 7.5.38, beskriver konstruksjonen av auditoriene. Det er to slike i bruk i bygget i dag. Planen var at det skulle være tre auditorier av ulik størrelse, bygget inn i den buede formen, som er båndtekt med kobber. Bare to av auditoriene blir brukt i dag, fordi rommet som var planlagt som det minste av auditoriene ikke fungerte, og ble gjort om til lesesal for studentene i stedet. De to fungerende auditorier er med avtrappende sitteplasser. Konstruksjonen er eksponert betong som vises innvendig. Utvendig er denne isolert og båndtekt med kobber både på vegger oppe på en ventilert tregrind. Taket er delvis bygget opp av lett-tak-elementer og stålgitterdragere.

Byggskader i konstruksjonen

Det er ikke registrert tekniske problemer i kobberkledningen, verken i tak eller vegger. Derimot har utførelsen av den eksponerte betongen innvendig flere mangler. Det er flere dobbelkrumme flater med dype misdannelser og store fargeforskjeller, illustrert i fig. 7.5.39 og 7.5.40. Overalt er det utseendemessige skavanker. Disse utseendemessige feilene svekker ikke konstruksjonen, men er ikke pene å se på. De er også vanskelig å reparere, fordi eksponert betong bør se homogen ut for å se bra ut. Den er vanskelig å reparere med murpuss, fordi det vises veldig godt.

Det er innlysende at entreprenøren, som ikke hadde bygget vegger av eksponert betong før, ikke klarte det krevende betongarbeidet. Betongblandingen han arbeidet med var også vanskelig å bruke.



Fig 7.5.39.

Foto som viser mislykket forskalingsarbeid i det store auditoriet. Dype merker etter forskalingen vises, noe som entreprenøren har forsøkt å rette på med en murpuss.



Fig 7.5.40.

En buet vegg i auditoriet. Den eksponerte betongen har dype spor etter mislykket forskaling.

7.5.6. Utbedringer av byggskader

Etter ferdigstillelsen utbedret entreprenøren noen av byggskadene. Blant disse er lekkasjer i glasstaket og de store vinduene på østsiden, der vindusleverandøren forsøkte å utbedre de verste lekkasjene. Ingen utbedringer er blitt gjort på den mest synlige byggskaden; fliskledningen på den østvendte vegg, som faller av. Utviklingen av denne byggskaden beskrives i fig. 7.5.41, 7.5.42, 7.5.43 og 7.5.44.



Fig 7.5.41.

Foto tatt i oktober 2004, to år etter ferdigstillelsen. Enkelte fliser var begynt å falle av, og flest på takkanten.



Fig 7.5.43.

Foto fra mai 2012. Til tross for de skjemmende byggskadene finnes det vakre detaljer.



Fig 7.5.42.

Foto fra august 2006 som viser samme sted. Flere fliser er falt av.

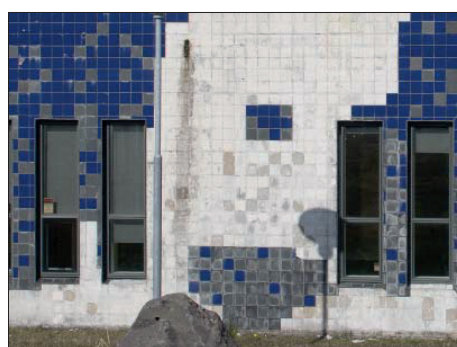


Fig 7.5.44.

Foto fra mai 2012, tatt på samme sted som foto 7.5.41. Store felt er falt av og dette fortsetter.

7.5.7. Refleksjon og sluttbemerkning

I denne undersøkelsen er det blitt spurt om årsakene til byggskadene på Hamar - Islands universitet er å finne i klimapåkjenning på stedet, drivkrefter i byggeprosesser, designideologi og/eller den måten klimaskjermen er prosjektert. Undersøkelsen har påvist flere interessante forhold.

Refleksjon over det innovative

Hamar - Islands universitet er et ambisiøst og innovativt byggeprosjekt fra begynnelsen av det 21. århundre. De innovative elementene i bygget er koblet til den overordnede formgivningen, materialbruken og detaljeringen, men også til ambisjonene om å gjøre kunstnerisk utsmykning og avanserte tekniske systemer til en integrert del av arkitekturen. Pådriver for de innovative løsningene var prosjekteringsgruppen med arkitekten i spissen. Viktig medspiller var en ny kunstinteressert rektor. I opposisjon til disse verdiene sto byggherren og prosjektledelsen, som først og fremst var opptatte av å oppfylle lovpålagte krav og å holde byggeprosjektet innenfor begrensede kostnads- og tidsrammer.

Refleksjon over sammenhengen mellom klimapåkjenningen og byggskader

Det som karakteriserer klimaet i Reykjavik er at det blåser mye, og at slagregn fra øst og sør skaper den største klimapåkjenningen. Sammen med fukt skaper temperaturendringer en ekstra påkjenning for klimautsatte bygningsdeler. Registrerte byggskader forekommer også først og fremst i forbindelse med denne klimapåkjenningen. Disse er lekkasjer og avskallinger på bygningsdeler vendt mot øst og syd. Fuktrelaterte byggskader av denne arten er blant de vanligste byggskadene, og er blitt beskrevet i detalj tidligere i avhandlingen.

Det er blitt konstatert at detaljene, der byggskadene oppsto, er blitt bygget slik de var prosjektert. Derfor hevdes det at man her sto overfor typiske eksempler på designforårsakede byggskader som først og fremst stammer fra formgivningen og detaljeringen. Tiltak til å forebygge slike byggskader finnes i mange publikasjoner og veiledninger fra lokale byggforskningsinstitusjoner som norske Sintef Byggforsk. Disse veiledninger angir forsvarlig prosjektering nettopp for å unngå disse mest vanlige byggskadene. Det er blitt konstatert at utformingen av gesimsen bryter med disse veiledninger. Men hvorfor ble ikke denne allment kjente kunnskapen brukt til å forebygge skader, og var den ikke kjent for de prosjekterende? Det mest sannsynlige er at man sto her ovenfor tilsvarende fenomener som i de andre eksempelstudiene; menneskelig likegyldighet eller uvitenhet som teoriene til Aberti (1986) og Kaminetzky (1991) beskriver som hovedårsaken til de fleste byggskader. Denne påstanden blir drøftet ytterligere i kapittel 8.

Hvis dette bygget måles med de vitruviske begrepene; varig, nyttig og vakker, ser

Dristige detaljer

man at de designforårsakede byggskadene angriper varigheten fra første stund. Videre fører dette til at funksjonaliteten svekkes, som til slutt gjør bygget utseendemessig frastøtende.

Refleksjoner over drivkrefter i prosessen

Det spesielle ved byggeprosessen i dette eksemplet er konfliktene mellom nøkkelaktørene: de prosjekterende på den ene siden og byggherren og entreprenøren på den andre siden. Det har kommet frem at byggherren ikke ønsket å bygge et så avansert bygg som de prosjekterende hadde ambisjoner om, og at opphavet til konflikten var ulike prioriteringer om mål og bruk av økonomiske midler. Men Hamar er bemerkelsesverdig av flere grunner. Byggeprosessen fikk en dårlig start etterfulgt av flere uheldige hendelser. Verdifull tid i begynnelsen av prosjekteringen gikk med til å redusere antall kvadratmeter i forsøk på å spare kostnader uten at det høye arkitektoniske ambisjonsnivået samt den tekniske kompleksiteten ble revurdert.

Tidspress preget prosjekteringen. Dette førte til at anbudsmaterialet ble levert med flere feil og mangler. Entreprenøren som fikk oppdraget på grunn av et lavt anbud, manglet erfaring i å bygge et så teknisk avansert og komplisert bygg. Samarbeidet ble etter hvert dårlig mellom prosjekteringsgruppen, prosjektlederen og entreprenøren. Til slutt truet byggherren med å saksøke de prosjekterende. Det bemerkes at det ikke var på grunn av feil og mangler, men på grunn av kostnadsoverskridelser.

Bygningsmyndighetene førte omfattende kontroll og tilsyn med byggesaken, både gjennom kontroll av tegninger og tilsyn med byggeaktivitetene. Det vekker en viss forundring hvor liten forebyggende effekt dette tilsynet hadde på omfanget av byggskader. Dette forhold drøftes videre i kapittel 8.

Det vurderes slik her at en del av manglene ved bygget stammer fra konflikten mellom de prosjekterende og byggherren om mål og midler. Dette gjelder spesielt flere av de utseendemessige skavanker, og da spesielt den eksponerte betongen. Det er stor sannsynlighet for at disse skavankene ikke hadde oppstått hvis byggherren hadde bevilget mer penger til prosjektet. Men dette gjelder ikke de fuktrelaterte byggskadene i klimaskjermen. Det hevdes her at disse byggskadene ville ha dukket opp uansett om byggherren hadde bevilget mer til bygget, fordi årsaken til byggskadene er å finne i måten detaljene er prosjektert på.

Refleksjon over designideologien

Drøftelsen av designideologien har vist at Hamar følger den modernistiske designideologien i alle hovedtrekk. Bygget har store flate tak og takterrasser, store glassvegger vendt mot slagregnet og solpåkjenningen. Utformingen, materialbruken og detaljeringen er minimalistisk og følger ærlighetsprinsippet.

Refleksjon over sammenhengen mellom prosjekteringen og byggskadene

Formgivningen og detaljeringen av de utsatte deler av klimaskjermen anses for å være dristige i forhold til klimapåkjenningen på stedet. Konklusjonen på denne diskusjonen er at hovedårsaken til byggskadene på Hamar er å finne i formgivningen og måten detaljene er utformet. Eksempel på det er utformingen av de store glassveggene og gesimsdetaljene på den fliskledde veggen, men der finner man også husets alvorligste byggskader.

7.6. Avsluttende kommentarer

Målet med undersøkelsen av de fire byggene har vært å lage en helhetlig beskrivelse av hvert enkelt ut fra forskningsspørsmålene, som blant annet er illustrert i fig. 7.1.1. En meget viktig del av studiene har vært å fremskaffe materiale til en sammenfattende konklusjon som gjøres i kapitel 8.

I undersøkelsen av eksemplene har det vært lagt spesiell vekt på å kartlegge den lokale klimapåkjenningen og byggeprosessene, og avgrense og identifisere de viktigste drivkreftene bak årsakene til byggskader i modernistiske byggverk. Dessuten er det lagt ned mye arbeid i å undersøke prosjekteringen, og ikke minst detaljer i klimaskjermen. Dette er blitt gjort ved å studere originale detaljer og utbedrede detaljer. Denne studien har gitt innsyn både i hvordan former og detaljer er designet estetisk og teknisk, men også innsyn i hvordan disse detaljene virker over tid, og hvordan de blir påvirket av de lokale naturkrefter.

Fallingwater er det eldste eksemplet, og anses for å være en slags arketype på kreativ design, og dette bygget legger føringer for vurdering av hva som kan kalles innovativ og dristig design innenfor det modernistiske designparadigmet. Flere bygningsfysiske regler blir brutt i designet, som igjen fører til de byggskadene som er registrert.

Universitetet på Dragvoll er et byggeprosjekt fra 1970-tallet, som i store trekk følger de modernistiske designprinsippene som er drøftet tidligere. Den mest innovative delen av anlegget er den glassoverdekte gaten, som samtidig er den mest problematiske bygningsdelen i forhold til byggskader.

Moholt krematorium stammer fra slutten av 1990-tallet, og vitner om bevisst formgivning i henhold til de modernistiske designprinsippene. Kreativitet og innovativ formgivning preger utformingen av klimaskjermen, som har flere tekniske, risikable detaljer som plages av byggskader.

Hamar – Islands universitet, representerer samtidsarkitektur fra begynnelsen av det 21. århundret. Formgivning, materialbruk og detaljer plasserer bygget i kategorien innovativ modernistisk arkitektur, som trofast følger de omtalte designprinsipper. Byggskadene som plager bygget er knyttet til formgivning, materialbruk og detaljer i klimaskjermen. En tilleggsbelastning er problematisk gjennomføring av byggesaken.

Til slutt: Alle eksemplene er plaget av fuktrelaterte byggskader i klimaskjermen, skader som stammer fra teknisk svake detaljer. Cashs (2003) utsagn om at naturkreftene alltid angriper det svakeste leddet, ser ut til å stemme her. En tankevekker er at i alle eksemplene er det svake leddet konkrete detaljer i klimaskjermen, som er utformet etter de omtalte modernistiske designprinsipper.

Dristige detaljer

DEL IV.

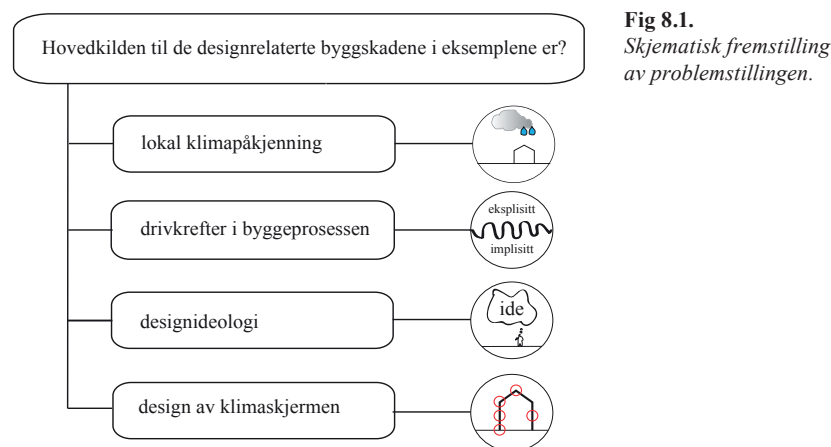
RESULTAT OG ANBEFALINGER

8. Resultat og anbefalinger

8.1. Oversikt

Målet med dette forskningsprosjektet har vært å studere relasjonen mellom arkitektonisk formgivning og designforårsakede byggskader i eksempler på innovativ modernistisk arkitektur.

Fokuset i forskningsarbeidet har vært styrt av et hovedspørsmål og delspørsmål som illustreres i fig. 8.1.



Gjennom delspørsmål er fokuset rettet mot fire kategorier av problemer som i referansene er blitt utpekt som potensielle hoveddrivkrefter eller viktige medvirkende drivkrefter bak opphavet til og utviklingen av designforårsakede byggskader. Her er disse drivkreftene avgrenset til lokal klimapåkjenning, drivkrefter i byggeprosesser (eksplisitte og implisitte), designideologi, som er de mentale rammene som den arkitektoniske formgivningen utføres etter, og til slutt den konkrete designen av klimaskjermen. Denne fokuseringen bygger på eksisterende kunnskap, som ble introdusert i kapittel 1 og beskrevet i dybden i kapittel 3 til og med kapittel 6, og går ut på at de vanligste byggskadene som plager den innovative modernistiske arkitekturen er lekkasjer i klimaskjermen med opphav i mangelfull design og/eller andre problemskapende forhold i en byggeprosess. Metoden som brukes til å utforske dette temaet er kvalitative eksempelstudier.

Gjennom forskningsprosessen er det blitt bygget opp en databank, som i dag inneholder 72 eksempler på arkitekturverk fra hele verden, med registrerte byggskader. For å studere problemet i dybden, ble det valgt ut fire eksempler på innovative modernistiske arkitekturverker fra denne eksempeldatabanken. Disse ble presentert i kapittel 7. I dette kapitlet vil resultatet av eksempelstudiene bli diskutert

med bakgrunn i eksisterende kunnskap presentert foran i avhandlingen.

8.2 De viktigste resultatene

Beskrivelse av de viktigste funnene kategoriseres under fire punkter i samsvar med delspørsmålene illustrert i fig. 8.1.

Et interessant og viktig bevismateriale i utforskningen av eksemplene har vært utbedringer av byggskader, fordi utbedringene av defekte bygningsdeler og detaljer illustrerer klart og tydelig hva som har vært nødvendig av bygningstekniske tiltak for å utbedre byggskader og konstruere en funksjonell klimaskjerm. Viktige bevismateriale har vært analyserapporter utført av eksterne byggskadeeksperter. Slike analyserapporter danner svært ofte utgangspunktet for prosjekteringen av utbedringer av en klimaskjerm. I tre eksempler har utbedringer blitt gjennomført; Fallingwater, universitetet på Dragvoll og Moholt krematorium. Ett av eksemplene, Hamar universitetsbygg, har ikke blitt undersøkt av eksterne byggskadeeksperter andre enn forfatteren, og har heller ikke blitt utbedret. Denne mangelen på utbedringer har derimot gjort det mulig for forfatteren å følge fritt med i husets utviklingsprosess. En har fått lov til å studere hvordan defekte bygningsdeler og detaljer gjennomgår en langsom nedbrytningsprosess, noe som har vært svært lærerikt, ettersom mottoet har vært ”av skade blir man klok”, som ordspråket sier. Men når en blir klok av andres skader, lider en annen, i dette tilfellet eier og brukere av det byggskaderammede huset.

Det presiseres at alle eksemplene på bygg som er blitt undersøkt er plaget av prosessforårsakede byggskader. Dette betyr at byggskadene stammer fra mangelfull bygging og ikke fra mangelfullt vedlikehold, overbelastning eller feil bruk.¹ Dette fremheves spesielt for Fallingwater, som har gjennomgått flere utbedringsrunder, hvorav den siste ble avsluttet i 2005, 70 år etter ferdigstillingen i 1939. I dette eksemplet har nærmest alle utbedringstiltak i byggets levetid vært rettet mot utbedringen av prosessforårsakede byggskader, dvs. skader som stammer fra byggeprosessen som ble oppdaget under byggingen eller like etter ferdigstillingen på 1940-tallet.

Beskrivelsen av de viktigste funnene følger den underinndelingen av hovedproblemet som delspørsmålene illustrerer. Først beskrives og diskuteres funn vedrørende den lokale klimapåkjenningen, deretter fakta om drivkrefter i byggeprosesser etterfulgt av beskrivelse av designideologien, og til slutt diskusjon av det konkrete designet av klimaskjermen og de registrerte byggskadene.

1. Se definisjonen hos Ingvaldsen (2001) og Kvande og Lisø (2006), som deler byggskadebegrepet i tre underkategorier; a) skader som skyldes mangelfull bygging, b) skader som skyldes mangelfullt vedlikehold, og c) skader som skyldes overbelastning eller feil bruk.

8.2.1. Klimapåkjenning

Eksemplene er alle preget av ulike klimapåkjenninger, der hovedvariabelen er ulik geografisk plassering etter bredde- og lengdegrader, avstand fra havet, kotehøyde og miljøet rundt, samt varierende og skiftende klima etter årstider og døgnrytme.

Den største klimapåkjenningen finner man på Fallingwater-tomten i form av fuktpåkjenning fra nedbør samt vanddamp fra elven og fossen under bygget. Vannet som renner ned den tette berggrunnen under bygget skaper også ekstra påkjenning. Temperatursvingninger og UV-stråling i kombinasjon med det fuktige miljøet skaper store påkjenninger på utsatte bygningsdeler, som for det meste er horisontale takflater,

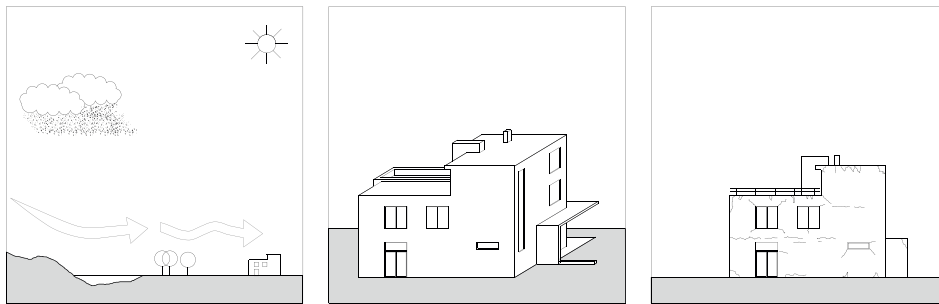


Fig 8.2.

Fukt er den fysiske drivkraft som skaper størst påkjenning på en klimaskjerm på de fleste steder.

takterrasser og overgangsdetaljer mellom vertikale og horisontale flater.

Klimapåkjenningen på Dragvoll og Moholt er omtrent den samme, dvs. ustabil og fuktig klima med en del slagregn fra sørvest. Temperatursvingninger og UV-stråling påvirker og tærer på klimaskjermen og detaljene på de to Trondheimseksemplene.

Klimapåkjenningen i Reykjavik der Hamar universitetsbygg er plassert, er fukt, temperatursvingninger og UV-stråling i tillegg til dels kraftig vind og nedbør som påvirker utsatte bygningsdeler. Samlet sett er den største klimapåkjenningen i Reykjavik, det kraftige slagregnet fra sør og øst, men også temperatursvingninger og UV-stråling, som tærer på utsatte detaljer på fasader vendt mot sør og øst.

Oppsummert er de største klimapåkjenningene i alle eksemplene nedbør, hovedsakelig i form av regn, til tross for de ulike geografiske plasseringene og varierende klima. Sammen med vind og temperatursvingninger fører dette til store fuktpåkjenninger som kommer frem som fuktrelaterte byggskader i teknisk svake detaljer. De detaljer og bygningsdeler som får fuktskader ligger for det meste på klimautsatte sider. Dette viser seg tydeligst i Hamarprosjektet, der lekkasjer er avgrenset mot syd- og

østvendte bygningsdeler påvirket av slagregn og temperatursvingninger. Fuktskadene på Fallingwater er derimot overalt, fordi fuktpåkjenningen kommer fra alle kanter av bygget.

8.2.2. Drivkrefter i byggeprosesser

Undersøkelsen av byggeprosessen til de fire eksemplene har avdekket at prosjektdrivkreftene påvirker opphavet og utviklingen av byggskadene i mindre grad enn man hadde antatt. Derimot er det aktørdrivkreftene som påvirker opphavet til og utviklingen av byggskadene sterkest. Innenfor denne kategorien av drivkraft, er det først og fremst faglige og ledelsesmessige prioriteringer – for det meste tidlig i byggeprosessen, som har størst innvirkning på tilblivelsen av de designforårsakede byggskadene. Dette gjelder for alle eksemplene.

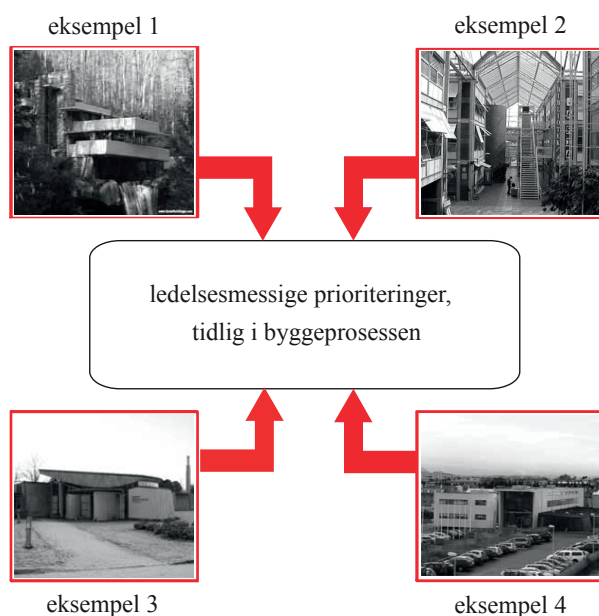


Fig 8.3.

Av drivkrefter i byggeprosesser er det faglige og ledelsesmessige prioriteringer tidlig i en byggeprosess som sterkest påvirker tilblivelsen av de designforårsakede byggskadene.

Det bør bemerkes før dette svaret begrunnes at undersøkelsen av drivkrefter ikke ble begrenset til prosjektdrivkrefter og aktørdrivkrefter slik planen var i begynnelsen av forskningsprosessen. Grunnen til dette var at det ble funnet interessante fenomener vedrørende de ytre drivkreftene, som hjalp til å avgrense og identifisere de mest betydningsfulle drivkreftene.

Men hva var det så undersøkelsen avslørte? Interessante forhold ble avdekket i undersøkelsen av de ulike byggeprosessene, først og fremst i form av mange ulikheter og få likheter i de fire eksemplene. Som et ledd i begrunnelsen for konklusjonen, velges det å dra frem ulikheten, og på den måten resonnerer seg frem til de få

fellestrekk som særpreger prosjektene.

Den første ulikheten tilhører de ytre drivkreftene, her avgrenset til kontroll eller tilsyn i de fire byggeprosessene. Selv om de ytre drivkreftene ble viet begrenset oppmerksomhet, var det ikke til å unngå å legge merke til de store forskjellene mellom hvordan kontrollen ble utført i de fire eksemplene. Dette påpekes ettersom det er en utbredt oppfatning at kontroll, enten i form av offentlig tilsyn eller egenkontroll fra aktørene, er et viktig ledd for å oppnå høyest mulig byggkvalitet og på den måten minimalisere byggsaker.

Undersøkelsen av de fire eksemplene har fått frem tankevekkende fakta i form av to ytterpunkter. Det ene ytterpunktet er Fallingwater, som ble designet og bygget på 1930-tallet oppe i fjellene i Pennsylvania uten registrert offentlig kontroll og tilsyn. Der var det byggherren selv og arkitekten som påtok seg denne rollen. Det andre ytterpunktet er Hamar universitetsbygg fra 2002, som ble bygget i urbane omgivelser i Reykjavik, der bygningsmyndighetene godkjente alle tegninger og førte et aktivt tilsyn med alle ledd i byggeprosessen. En byggeleder utførte tilsyn under utførelsesprosessen på vegne av byggherren, og den utførende entreprenøren ble pålagt av prosjektleder å arbeide etter et godkjent kvalitetssikringssystem. Både Dragvoll universitetsbygg og Moholt krematorium ble gjennomført med normal offentlig kontroll og tilsynsordning fra bygningsmyndighetene i Trondheim, samt tilsyn under utførelsen fra byggherrens side.

Konklusjonen her er at det ser ut som kontrollordninger enten de er i privat regi eller ivaretatt av bygningsmyndighetene, har hatt begrenset forebyggende effekt på byggsakerne i de fire eksemplene. Bruken av kvalitetssikringssystemer hos entreprenøren i Hamarprosjektet hadde heller ikke stor effekt på tilblivelsen av byggsaker. Ettersom dette temaet ikke ble studert nærmere, bør denne påstanden testes i fremtidig forskning.

De andre ulikhetene tilhører prosjektdrivkreftene i form av forskjell i tidsbruken og tidspresset under prosjekteringen og utførelsen. Igjen har vi to ytterpunkter. Først er det Fallingwater som ble designet og bygget under tidspres, hovedsakelig provosert frem av byggherren og sjefsarkitekten, som begge var opptatt av å få bygget ferdigstilt fortrest mulig. Der var det en viktig drivkraft å få bygget publisert for allmennheten. Tidspresset påvirket spesielt medarbeiderne til arkitekten som ble tvunget til å arbeide under et stort press, for det meste provosert frem av sjefsarkitekten, som i tillegg var bortreist i kritiske perioder av designprosessen. Det andre ytterpunktet er Dragvoll universitetsbygg, der de prosjekterende hadde god tid. Hele byggeprosessen tok 10 år, hvorav 6 år ble brukt til planlegging og prosjektering. Dragvoll er selvsagt et mye større bygg enn Fallingwater, men til gjengjeld var designteamet en god del større.

Det er ikke dokumentert at tidspress skapte komplikasjoner i Moholt-prosjektet. Derimot preges designprosessen og utførelsen av Hamar universitetsbygg av tidspress. I dette tilfellet var tiden som var avsatt til prosjekteringen i utgangspunktet normal. Det som derimot skapte problemer var prioriteringer, og hvordan tiden som var til rådighet ble brukt. En god del tid ble brukt til arkitektkonkurransen i starten av prosessen. Da den egentlige prosjekteringen startet, var fokuset fra prosjektleders side på reduksjon av antall kvadratmetere og kostnader, som igjen førte til at den viktige tekniske prosjekteringen startet altfor sent ute i prosessen i forhold til ferdigstillelesdatoen. Den var forhåndsbestemt og kunne vanskelig endres på grunn av skolestart høsten 2002. Det er også interessant å se at arbeidet med å redusere størrelsen på bygget og dermed byggekostnadene, som opptok mye tid og arbeidskraft i starten, fikk liten betydning for den endelige størrelsen og byggekostnadene. Det som ble kuttet vekk av kvadratmetere og kostnader kom i store trekk tilbake senere i prosessen. Det påpekes at merkostnader på grunn av de prosessrelaterte byggskadene er av ukjent størrelse, ettersom det økonomiske oppgjøret for byggesaken ikke foreligger. Her virker det som Flyvbjergs (2005) beskrivelse av bruken av ”bevisste bløffer” i forhold til kostnadsestimatet manifesteres. Hensikten ser ut til å være å få prosjektene igangsatt på grunnlag av for lave kostnadstall, fordi ”det er lettere å be om tilgivelse enn å be om tillatelse”, slik Samset (2001) har påpekt. Disse omstendighetene blir til først og fremst gjennom ledelsesmessige prioriteringer både fra byggherre, prosjektleder og prosjekteringsleder. Dette fører siden til uheldige omstendigheter som kan påvirke opphavet til og utviklingen av de designforårsakede byggskadene.

Fordi tidsaspektet i de fire eksempelstudiene er så ulikt – dvs. at det eksisterer både tidspress og god tid – påstås det her at tidsaspektet isolert sett ikke forårsaker byggskader. Dette er fordi feil og mangler oppstår både i byggeprosjekter med rimelige tidsrammer og hos dem med dårlig tid. Dette har eksempelstudiene avslørt. Det talende eksemplet på dette er universitetet på Dragvoll, der aktørene hadde god tid både til design og bygging. Her ser det ut som akilleshælen er valgene og prioriteringene ledelsen gjør, og da spesifikt hvordan tiden brukes og hva den brukes til.

Den tredje ulikheten er de økonomiske forholdene. I denne sammenhengen bør det nevnes at det ofte påstås at dårlig økonomi og besparelser fører til byggskader.² Det første eksemplet er Fallingwater, der det ikke var mangel på finansielle midler verken til design eller bygging. Det samme gjelder Dragvoll universitetssenter, som ble designet og bygget under akseptable økonomiske betingelser. Visse likheter viser seg i de økonomiske besparelsene for Moholt krematorium og Hamar universitetsbygg.

2. En av dem som påstår dette er Haugestad (1997) som sier at det er et direkte samband mellom designhonoraret og byggskader. Ifølge Haugestads fører lavt designhonorar til mange byggskader og høyt honorar til få byggskader.

I begge eksemplene er byggherren opptatt av å kutte ned på kostnader og vise økonomisk ansvarlighet både under prosjekterings- og i utførelsesfasen. Men sparingstiltakene ser ut til å ha liten økonomisk innvirkning på de endelige kostnadene, fordi det som blir kuttet bort i byggeprosessen kommer tilbake som mangedobbelte utgifter i etterkant. Noe av kostnadene kommer i form av mangler, og annet i form av utbedringer av byggskader og alt for tidlig vedlikehold. Her er derfor konklusjonen den samme som i forrige avsnitt. De økonomiske forhold, isolert sett, forårsaker ikke byggskader. Her er hovedargumentet at feil og mangler oppstår både i byggeprosjekter med rimelig økonomi og i prosjekter med presset økonomi.

Den fjerde ulikheten er kommunikasjonen og konfliktene i de fire eksemplene. Konflikter oppstår i alle prosessene, men i ulik grad og de er av ulik karakter. Konflikten mellom Wright og Kaufman er godt dokumentert i litteraturen, og ser ut til å ha sitt opphav i personligheter og adferd hos to selvbevisste og til dels selvopptatte menn. I Dragvoll-prosjektet hersket spesielle forhold ettersom samarbeidet mellom byggherre, prosjekterende og de utførende beskrives som bra. Det spesielle her er den interne konflikten i arkitektgruppen i form av en konkurranse mellom en sjefsarkitekt stasjonert i København og arkitektmedarbeidere i Trondheim. Denne konflikten ser ut til å ha påvirket faglige prioriteringer i prosjekteringsgruppen til arkitekten. Både i tilfellet Moholt og Hamar har konfliktene kjente trekk i og med at stridslinjen ligger mellom de tre hovedaktørene: byggherren, prosjekteringsgruppen og entreprenøren. Likheten mellom Moholt og Hamar ligger også i at byggherren i begge eksempler er en offentlig forvalter, som tidligere i avhandlingen er blitt beskrevet som et mangedobbelte instans eller ”troll”, der eierskap og ansvar har en tendens til å forvitte.

Visse likheter viser seg i hvordan ledelsen bemanner og disponerer arbeidskraften i prosjekteringsarbeidet i tre av eksemplene, Fallingwater, Dragvoll og Hamar. I disse eksemplene er ansvaret for viktige deler av prosjekteringen, deriblant kritiske detaljer i klimaskjermen, ivaretatt av noviser med begrenset erfaring fra teknisk prosjektering og detaljering i kompliserte klimaskjerner. I tilfellet Moholt krematorium arbeidet sjefsarkitekten selv på mange av de viktigste tegningene med hjelp fra betrodde medarbeidere.³ Denne arkitekten har lang erfaring og vurderes av kolleger som en meget dyktig formgiver.⁴

Et fellestrekk som karakteriserer alle eksemplene er at prosjekteringen ledes av faglig bevisste sjefsarkitekter med sterke meninger om det overordnede designet og hvordan detaljene bør tegnes og se ut. Disse lederne formidler sine faglige synspunkter ved hjelp av skisser, illustrasjoner og uttalelser. Alle sjefsarkitektene

-
3. Dette kom frem i et intervju med denne sjefsarkitekten den 27. november 2009. Derimot kan det ikke leses ut fra verken prosjektdokumentasjonen, tegningslister eller tegninger hvem som hadde ansvaret for designet av detaljene, fordi det mangler signatur som viser hvem som har utført en tegning og vært ansvarlig.
 4. En beskrivelse som kom frem i samtaler med arkitektkollegaer i Trondheim.

er trofaste modernister og beskrives som meget dyktige formgivere og tegnere. I tillegg til dette formidler en av dem, Frank Lloyd Wright, sine synspunkter gjennom publiserte tekster. Wright er en sentral bidragsyter til utviklingen av de modernistiske designteorier.⁵

Det har kommet frem i undersøkelsen at psykologiske drivkrefter, som stor tiltro til egne faglige ferdigheter og undervurdering av teknisk og økonomisk risiko, er fenomener som finnes i alle eksemplene i en eller annen grad. Tidligere i avhandlingen ble fenomenene ”overdreven optimisme”, og ”hybris” introdusert som underkategorier av aktørdrivkrefter. Det er også blitt påpekt at den selvcentrerte og arrogante Frank Lloyd Wright var plaget av det som Huxtable (2004) kaller ”artistic hubris”, som her kalles ”kunstnerisk overmot”. Han var også meget opptatt av å bli lagt merke til eller bli ”berømt” i henhold til Praks (1984) teori om drivkrefter i arkitektfaget. Det er ikke usannsynlig at de samme psykologiske drivkreftene har påvirket sjefsarkitektene i de andre eksemplene, uten at det kan fastslås her ut fra forskningsmaterialet. Men sannsynligheten er visselig til stede ettersom slike psykologiske fenomener gjerne forbindes med innovativ og risikofylt adferd i arbeidslivet ifølge referansen.⁶

Et interessant forhold dukker opp i undersøkelsen av de fire utførelsesprosessene. Undersøkelsen avslører at det gjøres en hel del feil og mangler ved utførelsen, som medvirker til utviklingen av byggskader og forsterker dem til en viss grad. Det har man konkrete eksempler på fra Fallingwater i oppstøpingen av utkragingen, der entreprenøren ikke tok hensyn til nedbøyinger i betongkonstruksjoner. I Moholt krematorium avsløres det en hel del håndverksmessig slurv, blant annet i utførelsen av taket over seremonirommet. Flere feil gjøres i utførelsen av Hamar, spesielt var det dårlig betongarbeid. Men det blir også avslørt at feil ved utførelsen kun er en medvirkende faktor og ikke det som forårsaker de alvorligste byggskadene. Dette motsier en kjent holdning blant de prosjekterende, som ofte kommer med påstanden om at feil og mangler stammer fra dårlig utført byggearbeid fra de som utfører arbeidet og/eller mangelfullt byggemateriale.

På grunnlag av funn i eksempelstudiene og argumentene foran, hevdes det her at opphavet og hovedårsaken til designforårsakede byggskader ikke er å finne i ytre rammer, mangel på tilsyn, tidspress eller økonomiske besparelser, slik det ofte hevdes. Mangel på godt samarbeid mellom byggherre, arkitekt og entreprenør er heller ikke en hovedårsak. Undersøkelsen avdekker derimot likheter i ledelsesmessige prioriteringer hos prosjektledelsen, og likheter i faglige prioriteringer hos dem som

5. Her er kilden Hearn (2003), som har laget en liste over de viktigste teoretikerne innen arkitektfaget, der Wright troner ganske høyt på listen over modernistiske arkitekturteoretikere.

6. Hayward, Shepherd & Griffin (2006).

leder designarbeidet. Slike ledelsesmessige prioriteringer finnes i alle eksemplene og er til stede i hele prosessen. Det påstås her at det er disse prioriteringene som har skapt forutsetningen for de designforårsakede byggskadene som blir fullbyrdet i det konkrete tekniske designet, og spesifikt i detaljene i klimaskjermen.

8.2.3. Designideologi

Den modernistiske designideologien er et mentalt rammeverk som definerer hva som er akseptabel og ønskelig modernistisk design. Denne ideologien legger opp til konkrete og retningsgivende føringer for formgivning og materialvalg samt detaljering av en klimaskjerm, der de fleste byggskadene oppstår. Konsekvensene av denne ideologien er dristig formgivning, som fører til tekniske svake detaljer som over tid og under den lokale klimapåkjenningen – hovedsakelig i form av nedbør – blir til fysiske byggskader. For å underbygge dette påpekes følgende:

- Alle eksemplene er utformet i henhold til de modernistiske designprinsippene, til tross for 60 års aldersforskjell og ulikt utseende.
- Alle eksemplene er utstyrt med detaljer i klimaskjermen som er utformet i henhold til designprinsippene om rene og glatte former, ærlighet i formgivning og materialvalg og minimalistiske detaljer uten klimabeskyttende bygningselementer.
- Samme type byggskader finnes i klimaskjermene i alle eksemplene, som kan føres tilbake til detaljer som er galt utformet ut fra den lokale klimapåkjenningen og kunnskap om bygningsfysikk, men vel å merke riktig utformet i henhold til de modernistiske designprinsippene.

Den logiske slutningen av disse argumentene er at den modernistiske designideologien, som er det mentale rammeverket som påvirker designet, har innebygde svakheter som skaper grunnlag for opphavet og utviklingen av de designforårsakede byggskader. Argumenter som underbygger denne påstanden finner vi i de enkelte eksemplene og oppsummeres her.

Først har man Fallingwater, som er blitt til et symbol på kreativ arkitektonisk formgivning, mye på grunn av plasseringen ute i naturen over den lille fossen med de store utkragningene, takterrassene og de minimalistiske detaljene. Der utfordres virkelig de etablerte idéene om huset med en meget dristig design som tar lite hensyn til naturkreftene. Bygget er ellers svært moderne i bruken av betong som hovedbyggemateriale. Ærlighetsprinsippet kommer godt til uttrykk i de grove sandsteinsveggene, bruken av betong og detaljene for øvrig. Alle originaldetaljene var knappe og minimalistiske uten klimabeskyttende overgangsledd. Byggskader i klimaskjermen i Fallingwater er lekkasjer i overgangsdetaljer mellom vertikale og horisontale bygningselementer utformet i henhold til de omtalte designprinsippene.

Dristige detaljer

Det andre eksemplet som underbygger påstanden foran finnes i universitetet på Dragvoll, et banebrytende strukturalistisk byggeprosjekt fra 1980-tallet. I dette tilfellet ble inspirasjon til formgivningen hentet i den hvite modernismen og industriell arkitektur. Fellestrekk er store flate tak og dyrkingen av ærlighetsprinsippet, som kommer sterkt til uttrykk når konstruksjonen kles naken i den glassoverdekte gaten. Alle detaljer er knappe og minimalistiske. Byggskader i klimaskjermen i Dragvollbygget er i hovedsak i overgangsdetaljer mellom glasstak og flate tak og i detaljer i yttervegg. Detaljene i dette eksempelet er utformet i henhold til de modernistiske designprinsippene.

Det tredje eksemplet som underbygger påstanden finner vi i Moholt krematorium, der det underlig nok dukker opp visse estetiske likheter med Fallingwater. Likhetene ligger for det meste i estetisk utforming av vegger av sandstein og i utformingen av takkonstruksjoner av betong. Moholt krematorium har store flate tak, men også skrå tak; oppført tretak av samme type som takterrassene i Fallingwater. Ærlighetsprinsippet kommer til uttrykk i vegger med ubehandlet tre, eksponert betong og vegger av naturstein. Alle detaljer er minimalistiske og mange steder uten klimabeskyttende overgangsdetaljer. Byggskader i klimaskjermen i Moholt krematorium relateres til overgangsdetaljer mellom tak og vegg, til taket over seremonirom og detaljer i yttervegg. Detaljene bryter flere bygningsfysiske prinsipper, men er utformet i henhold til de omtalte designprinsippene.

Det siste eksemplet er Hamar universitetsbygg på Island, som i alle hovedtrekk følger det modernistiske designparadigmet. Hamar er tidstypisk arkitektur fra begynnelsen av det 21. århundret i en neo-modernistisk byggestil. Bygningsformene er rene og glatte. Hovedbyggematerialet er eksponert betong. Den dominerende takformen er flate tak. Ærlighetsprinsippet kommer til uttrykk i materialvalget, spesielt den eksponerte betongen. Detaljene er alle minimalistiske. Et fellestrekk er at det mangler klimabeskyttende overgangsdetaljer på de stedene som er mest utsatt for byggskader. Eksempler på dette er overgangsdetaljer mellom tak og vegg som fører til at fliser på kanten på taket og veggen under faller av. De samme manglene er registrert i detaljer i den store østvendte glassveggen, som lekker i slagregn fra øst. I likhet med de andre eksemplene er detaljeringen av klimaskjermen på Hamar universitetsbygg utformet i henhold til de omtalte modernistiske designprinsippene.

Oppsummert: Byggskader i samtlige klimaskjerner kan relateres til estetisk styrt formgivning, som fører til tekniske svake detaljer som igjen ikke tåler den lokale klimapåkjenningen over tid.

8.2.4. Design av klimaskjermen - byggskader

Utformingen av detaljene i klimaskjermen i alle eksemplene er den enkelte faktoren som sterkest påvirker tilblivelsen av byggskadene.

Undersøkelsen av de prosjekterte klimaskjermene i alle eksemplene har vært meget omfattende. En viktig del av dette var studiet av byggskader og utbedringer på grunn av byggskader. Denne undersøkelsen har avslørt klart og tydelig hva som feilte den originale designen og hvorfor byggskadene har utviklet seg.

Første ledd i undersøkelsen var å se på hvordan klimaskjermen ble formet, og om det finnes mønstre og/eller fellestrekk som gir grunnlag for slutninger om årsakene til byggskadene. Først ser vi på formgivningen og deretter på den konkrete detaljeringen sammen med byggskaden. Til slutt blir utbedringen beskrevet. Undersøkelsen sammenfattes i fig. 8.4. der eksempler på originale detaljer vises i sammenheng med de fysiske årsakene og detaljene som er blitt utbedret.

Et fellestrekk i alle eksemplene er til dels store flate tak som er avgrenset med gesims. Av illustrasjonen i fig. 8.4. ser man at de fleste tekniske problemene (byggskadene) er knyttet til fasader og/eller overganger mellom horisontal og vertikal bygningsdel i klimaskjermen. Det påpekes at lekkasjer som kommer frem i flate takkonstruksjoner i de fleste tilfeller stammer fra overgangen mellom tak og vegg. Eksempler på dette er lekkasjer i terrassene på Fallingwater, som i hovedsak er relatert til de minimalistiske detaljene i overgangen mellom terrassegulv og parapet.

En del problemer er knyttet til fasader. Disse er av to hovedtyper. Den ene er lekkasjer rundt vinduer og den andre er skadet fasadekledning. Et karakteristisk trekk er at vinduer er uten omramming, som i den tradisjonelle arkitekturen ble kalt vindusornamentikk, i form av profilert listverk enten av tre, metall, mur eller naturstein. Vinduer er i flere tilfeller plassert ute i ytterveggen, og store vindusfelter er plassert utenpå ytterveggen. Tettinger rundt vinduer er som oftest utført med fugemasse, neoprenlister eller et annet kunstig materiale og uten annen beskyttelse. Flere byggskader relateres til detaljer rundt disse vinduene. Eksempler på dette er lekkasjer i overkant av vinduer i Dragvoll-prosjektet, som vist i fig. 8.4, med piler som illustrerer hvordan fukten trenger inn i konstruksjonen i overkant av vinduet.

Skadet fasadekledning finnes på Moholt krematorium og Hamar universitetsbygg. Skadene på begge steder kan relateres til mangelfulle detaljer. I tilfellet Moholt har utvendig panelkledning blitt utsatt for deformasjon og råte fordi fukt suges inn i endeveden både ved gesimsen og ved bakken (se fig. 8.4.). Problemer i Hamar er fliser som faller av fasaden fordi fukt har klart å trenge seg inn bak flisene. Der er det mangelfull beskyttelse av gesims som er hovedårsaken. Fotografiet i fig. 8.4 viser et

Dristige detaljer

felt der fliser har falt av. Årsaken er at fukt har kommet under flisene, og på grunn av temperaturendringer (frostheving) har flisene siden løsnet fra underlaget.

Et annet kjennetegn er at store glassflater ofte er uten nødvendig beskyttelse mot sollys. Eksempler på dette er de syd- og østvendte glassveggene i Hamar universitetsbygg. Dette har ført til vanskeligheter når det gjelder bruken av rommene innenfor, i tillegg til lekkasjer og andre byggetekniske problemer. I alle prosjektene er det overlys og store glasstak, og i tre av prosjektene er det horisontale overlys, som er svært dristig utformet. Lekkasjer har vært et vedvarende problem i alle overlys i samtlige eksempler. Der er årsaken manglende fuktavvisende former og detaljer som mangler beslag og trinnvis tetting.

På bakgrunn av disse bevisene hevdes det at hovedårsaken til byggskadene i eksemplene er de defekte detaljene som i alle eksemplene var utført slik de ble designet fra arkitektens side.

8.2.5. Utbedringer

Tidligere er det blitt sagt at en viktig kilde i undersøkelsen av årsakene til byggskadene er sammenligninger av originaldetaljer og reparerte detaljer, fordi gjennom slike undersøkelser kommer det klart og tydelig frem hva som var feil med originaldesignet, og dermed hvorfor og hvordan de fysiske byggskadene oppsto. Eksempler på utbedrede detaljer vises i fig. 8.4 for de eksemplene det gjelder.

I sammenligninger av originaldetaljer og reparerte detaljer dukker det opp interessante forhold. Fellestrekk for alle detaljer plaget av byggskader, er at de bryter med godkjente teorier om klimasikker design, samtidig som de følger den modernistiske designideologen der målet er å skape innovativ design som utfordrer det etablerte, men vel å merke også godkjent kunnskap om klimarobust design.

Utbedringer er blitt gjennomført i tre av eksemplene, og følger i alle hovedtrekk godkjent kunnskap om klimarobust design, blant annet trinnvis tetting (totrinns tetting) og beskyttelse av overgangsdetaljer med fornuftig utformet beslag.

Det bør nevnes at det eldste bygget, Fallingwater, har gjennomgått flere utbedringer av prosessforårsakede byggskader i løpet av sine lange levetid. De første utbedringene ble utført like etter ferdigstillingen i 1939 og den siste, som var svært omfattende, ble avsluttet i begynnelsen av det 21. århundret, og omfattet utbedringer av opprinnelige byggskader.⁷ Undersøkelsen av Fallingwater har derfor gitt muligheter til å studere i helhet sammenhengen mellom original design, påkjenninger i løpet av levetiden

7. Se analysen av Fallingwater i kapittel 7.2. Utbedringen gjaldt også feil og mangler ved tidligere utbedringer, samt mangelfullt vedlikehold i løpet av levetiden.

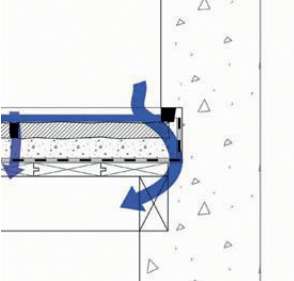
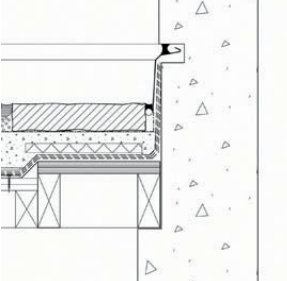
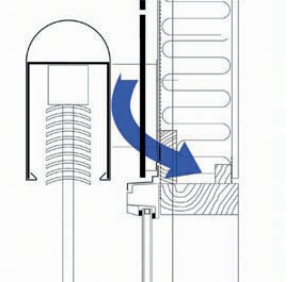
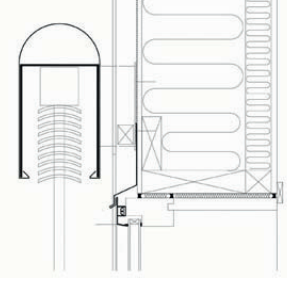
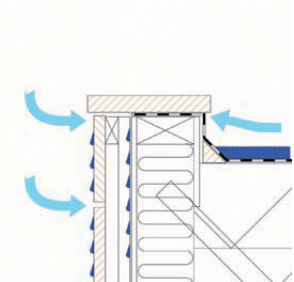
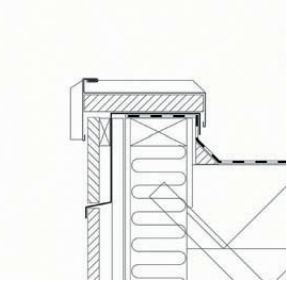
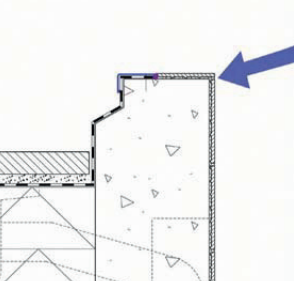

eksempel	defekt original detalj	utbedret detalj
<p>Fallingwater -tak</p> <p>Eksempel på flatt tak/ takterrasser der lekkasjen er i overgangsdetaljen. Årsaken er teknisk oppbygg av gulv og tettingen i skjøter. Utbedringen viser en totrinns tetting i terrassegulvet med drenering og beskyttende beslag over.</p>		
<p>Dragvoll - vindu</p> <p>Eksempel på lekkasje i overkant av vindu. Årsaken er mangelfull beskyttelse over vinduet. Utbedringen viser en helt ny veggkonstruksjon der lekkasjer hindres med tetting og beslag som går høyt opp på veggen.</p>		
<p>Moholt - vegg</p> <p>Eksempel på utsatt trevegg. Årsaken til byggskaden er at fukt trenger inn i bak kledningen og under dekkbordet som er uten beslag. Utbedringen viser beslag på gesims og beslag til å beskytte øvre del av bakveggen.</p>		
<p>Hamar - kant på tak</p> <p>Eksempel på utsatt punkt på en parapet. Byggskaden kommer fra fukt som har trengt seg inn under flisekledningen. Nedbrytningen starter når fukt og temperatur arbeider sammen. Utbedringer er ikke blitt gjort i dette eksemplet.</p>		

Fig 8.4.
Sammenligning av originale detaljer og utbedrede detaljer.

Dristige detaljer

og konsekvenser i form av kostbare utbedringer av byggskader. Utbedringene av Fallingwater ble ekstra kostbare fordi bygget var et fredet monument, og i tillegg var det plaget av alvorlige brister i utkragningene, som i hovedsak også stammet fra det dristige designet.

Utbedringen av Dragvoll har kostet en god del på grunn av at uønskede materialer måtte skiftes ut samtidig som bygget ble oppgradert. Her er grunnen nye forskrifter, som blant annet krever at eternitt skiftes ut med mer miljøvennlige materialer. Hoveddrivkraften bak utbedringene var behovet for å utbedre fuktskader som hadde forårsaket muggsoppvekst i deler av bygget, som derfor ble vurdert som helsefarlig for brukerne.

Utbedringen av Moholt krematorium like etter ferdigstillingen var mindre omfattende, men nye stedsbefaringer utført av forfatteren – den siste i november 2009 – indikerer at bygget trenger konstant vedlikehold, og flere utbedringer relatert til originaldesignet er forestående. I den andre enden har man Hamar universitetsbygg på Island fra 2002, som er i begynnelsen av sitt livsløp. Der har utbedringen enda ikke startet, og derfor er det umulig å si noe om omfanget eller de eventuelle kostnadene som følger av de forestående utbedringene. Derimot blir det interessant å følge med på utviklingen av bygget når utbedringene starter; hvordan de blir utført og hva det kommer til å koste.

8.2.6. Refleksjon og sluttbemerkning

Hovedårsaken til de designforårsakede byggskadene i alle eksemplene som er blitt undersøkt er svake ledd i en klimaskjerm som ikke tåler den lokale klimapåkjenningen, hovedsakelig i form av nedbør, vind og temperaturendringer. Disse svake leddene stammer fra en blanding av dristig formgivning, materialvalg og konkret detaljering, der retningsgivende forutsetninger for estetisk, funksjonell og teknisk utforming hentes i den modernistiske designideologien. Et viktig ledd i dette er faglige prioriteringer som gjøres av den eller de som leder prosjekteringen tidlig i byggeprosessen, og blir fulgt opp i den grad det er mulig gjennom hele prosessen. En del av denne prioriteringen er vektlegging av de estetiske idealene og ignorering av kompetansen på bygningsfysiske påkjenninger. I tillegg er de modernistiske detaljene ofte så minimalistiske og/eller eksakt designet, at de krever ”perfekte forhold” under utførelsen for å fungere. Det motsatte av dette er ”ikke-perfekte forhold”, men det er mange uventede hendelser i en kompleks prosess. Dette er forhold som preger de aller fleste byggeprosjekter. Med andre ord er det modernistiske designet ikke robust i forhold til ”ikke-perfekte forhold” i en kompleks byggeprosess. I tillegg til dette tar det modernistiske detaljdesignet begrenset hensyn til behovet for vedlikehold i løpet av levetiden. Dette er svaret på hva som forårsaker byggskader i innovativ modernistisk arkitektur, og blir diskutert inngående etterpå.

8.3 Diskusjon av resultatene

Diskusjonen av forskningsresultatet utføres med utgangspunkt i delspørsmålene, men også i den sluttbemerkningen foran. I diskusjonen blir følgende tre spørsmål drøftet:

- Hva er det som er nytt i dette forskningsprosjektet?
- Hvordan forholder forskningsresultatene seg til eksisterende kunnskap?
- Hva er signifikansen til forskningsresultatene?

8.3.1. Det nye ved forskningsprosjektet

Det er flere ting som er nye i dette forskningsprosjektet både generelt og spesifikt. Det første som trekkes fram er avgrensningen som kommer gjennom det å fokusere på forholdet mellom arkitektonisk formgivning og byggskader. Ifølge nye litteratursøk, utført av forfatteren, er dette blitt gjort i liten grad innenfor arkitekturforskning og byggskadeforskning.⁸ Den forfatteren som tar opp beslektede temaer er Houghton-Evans (2005), som skriver i generelle vendinger om design og byggskader. Det som skiller Houghton-Evans fra dette arbeidet er bruken av konkrete eksempelstudier til å drøfte forholdet mellom design og byggskader. I tillegg tar Houghton-Evans ikke opp forholdet mellom estetisk formgivning og byggskader. Ut fra dette ser det ut som Josephson og Hammarlunds (1999) påstand om at det mangler studier om forholdet mellom byggskader, forberedelser og design fremdeles er beskrivende for situasjonen innen dette forskningsfeltet.

I nye litteraturstudier viste det seg at begrepet ”designforårsakede byggskader”, som er et hovedtema i avhandlingen, svært sjelden dukker opp i forskningslitteraturen om byggskader eller litteratur om design av bygg og anlegg. Interessante unntak finnes i Ochshorn (2006), som skriver om prosjekterte byggskader i en artikkel om teknologiundervisningen for arkitektstudenter. Bortsett fra dette innspillet dukker begrepet sjelden opp, og helst i forbindelse med artikler forfatteren selv har skrevet eller i artikler som refererer til hans publiserte tekst (Hardarson 2005a). Sagt med andre ord ser det ut som begrepet ”designforårsakede byggskader” i liten grad er blitt drøftet i arkitektur- og byggskadeforskning.

Den forskningsstrategiske tilnærmingen til de fire spesifikke eksempelstudiene av innovativ modernistisk arkitektur er noe som gir forskningsarbeidet en særstilling. Selvsagt har byggskadeproblemer i Fallingwater-eksemplet blitt drøftet i flere vitenskapelige tekster, men det er ikke tilfelle for de andre eksemplene. Det finnes selvsagt en del eksempelstudier av modernistiske bygg i litteraturen, der flere referanser kobles til Docomomo. I den sammenheng påpekes noen sentrale kilder

8. Disse litteratursøkene ble utført våren 2011.

innen det fagfelt som omhandler utbedring av hus bygget i samsvar med prinsippene i modernistisk arkitektur; Macdonald (1996 og 2003) og Normandin, Kindred, Macdonald og Pearce (2007). Men det som er det ekstraordinære med eksempelstudiene som presenteres her, er måten de er konstruert på. Flere påvirkningsfaktorer analyseres parallelt; klimapåkjenninger, drivkrefter i byggeprosesser og designideologi, og ikke minst utforskes detaljering av klimaskjermer. Med andre ord skaper konseptet og detaljeringsnivået i eksempelstudiene en særstilling for dette arbeidet innen arkitektur- og byggskaadelitteraturen.

Den tredje nyheten som bør påpekes er undersøkelsen av forholdet mellom byggskader og den modernistiske designideologien. Her fremheves det mentale rammeverket og de verdinormene som er utgangspunktet for adferd og prioriteringer en arkitekt som leder prosjekteringen av et byggeprosjekt gjør. Selvsagt er det flere forfattere som har påpekt mulig sammenheng mellom verdinormer i arkitektfaget og byggetekniske problemer i modernistisk arkitektur. Her nevnes Alexander (1964), Blake (1977), Wolf (1993), Brand (1994) og til sist Millais (2009). Men ingen av disse referanser har studert i dybden forholdet mellom designideologi, verdinormer og byggskader slik det gjøres i denne avhandlingen. Det hevdes her at dette tilveiebringer ny og interessant kunnskap om arkitektfagets ideologiske grunnlag, som bør vies en viss oppmerksomhet i et fremtidig forskningsprosjekt.

Ut fra dette hevdes det at det med denne avhandlingen er blitt opprettet og avgrenset et nytt forskningsfelt og en ny forskningsdisiplin, som tar fatt i relasjonen mellom arkitektonisk formgivning og designforårsakede byggskader. Her har dette fagfeltet fått arbeidstittelen designpatologi. Designpatologi er et systematisk studium rettet mot forståelse av drivkrefter og hendelser i en designprosess som direkte eller indirekte påvirker årsaken og utviklingen av designforårsakede byggskader.⁹ Designpatologi defineres her som en underkategori av fagdisiplinen bygningspatologi, forklart i kapittel 1.2 foran i avhandlingen.

8.3.2. Forskningsresultatet i relasjon til eksisterende kunnskap

Resultatet av undersøkelsen er at hovedårsaken til designforårsakede byggskader i de fire eksemplene er tekniske svakheter i samtlige klimaskjermer. Disse svakhetene skriver seg fra formgivning og detaljering som mangler styrke og varighet, eller det som Vitruvius kaller "Firmitatis" i forhold til den lokale klimapåkjenningen. Dette fører siden til at klimaskjermen mister sin funksjonalitet eller "Utilitatis" og starter en altfor tidlig nedbrytningsprosess. Her er årsaken mangel på balanse mellom de tre Vitruviske prinsippene Firmitatis, Utilitatis og Venustatis, det som Haugen (1990) kaller varig, formålstjenlig og vakkert. En drivkraft bak er et ønske fra samtlige

9. Definisjonen stammer fra forfatteren og er et forsøk på å avgrense det spesielle fagfeltet denne avhandlingen handler om.

arkitekter om å markere seg igjennom dristig formgivning og utseende, som følger de modernistiske designprinsippene.

Lokal klimapåkjenning

Ikke uventet er nedbør den enkeltstående fysiske faktoren som skaper størst klimapåvirkning og dermed forårsaker de fleste byggskadene i alle eksemplene. Dette er i samsvar med eksisterende kunnskap fra Geving og Thue (2002), Lisø (2006), Kvande og Lisø (2006), og Douglas (2009).

Undersøkelsen har avdekket at arkitekter og andre eksperter i en byggeprosess ikke vier lokal klimapåkjenning og bygningsfysiske krefter tilstrekkelig oppmerksomhet. I de eksemplene som her er blitt undersøkt er det ingen som har tatt ansvaret for dette problemområdet. I enkelte tilfeller står man overfor klar likegyldighet (Alberti 1986, Kaminetzky 1991), som i Fallingwater-eksemplet der arkitekten er opptatt av helt andre ting enn de praktiske konsekvensene av plasseringen av bygget over en foss i et fuktig miljø. Konsekvensen blir et bygg som har vært plaget av fuktskader fra begynnelsen av. Det ser ut som arkitektene for Dragvoll- og Moholt-eksemplene heller ikke viet den lokale klimapåkjenningen nok oppmerksomhet. Bevisene for det er de mange fuktrelaterte byggskadene på utsatte bygningsdeler, spesielt i tak og vegger vendt mot slagregnsretningen. Tilsvarende holdninger ser ut til å prege de som prosjekterte Hamar universitetsbygg. Ut fra dette dras slutningen at ingen aktør i de samlede prosjektgruppene tar eller ville ta ansvaret for bygningsfysiske forhold, inklusivt den lokale klimapåkjenningen, og for å prosjektere en klimaskjerm som både har styrke og er funksjonell i forhold til en gitt påkjenning over tid.

Men hvorfor denne mangelen på ansvar? Stammer den fra kunnskapsmangel, faglige prioriteringer eller begge deler? En hentydning om situasjonen finner man hos Burke og Yverås (2004), som forteller om manglende faglig ansvar for de bygningsfysiske forholdene i svenske byggeprosjekter. Årsakene er flere, blant annet den at byggherrer ikke vil bruke penger på bygningsfysisk ekspertise, ettersom de tror at slik ekspertise ikke er nødvendig, fordi den blir ivaretatt i selve prosjekteringen.

En del av problemet ifølge Bruke (2009) er at konsulenter, som har fått en viss grunnleggende kunnskap om bygningsfysikk, tror at de forstår fuktproblemer bedre enn de egentlig gjør. Dette viser seg når aktører overvurderer sin kompetanse på området. Denne overvurderingen av egen kompetanse ser ut til å henge i hop med varigheten av utdannelsen og utdannelsesstidspunktet, men også praktisk erfaring. De som har størst selvtillit til egne ferdigheter innen området bygningsfysikk er de som har kortest utdanning.

En kan spekulere i om slik adferd ikke preget Frank Lloyd Wright som designet Fallingwater. Wright hadde meget kort akademisk utdanning bak seg. Han studerte

til sivilingeniør ved universitetet i Wisconsin, en utdanning han ikke fullførte før han begynte å arbeide som arkitektlærling i Chicago, blant annet hos Adler og Sullivan. Etter opplæringstiden startet han siden sin egen praksis kun 26 år gammel.¹⁰ Det er godt dokumentert at Wright hadde stor selvtillit, og var overbevist om egne ferdigheter til å løse både estetiske og tekniske problemer. Dette gjelder også bygningsfysiske problemstillinger som han i grunnen ignorerte, fordi det ikke passet med hans faglige overbevisninger og hans overdrevne fokus på estetikk og utseende. Dette er et mønster som finnes i mange av Wrights byggverk som utviklet klimarelaterte byggskader over tid, ifølge Friedland og Zellman (2006). Det påpekes at disse forhold som nettopp er blitt drøftet vil bli tatt opp til videre diskusjon i kapittel 8.4, som handler om anbefalinger. I følge Yversås (2009) ser det ut som lang erfaring hos en rådgiver ikke nødvendigvis er noen indikator på ferdigheter eller kunnskap til å håndtere fuktproblemer. Årsakene til dette kan være at han eller hun overvurderer egne ferdigheter og ikke innser at egen kunnskap er både mangelfull og foreldet.

Drivkrefter i byggeprosessen

Mange ulikheter og få likheter er det som karakteriserer resultatet av undersøkelsen av drivkreftene i de fire eksemplene. Til tross for dette ser det ut som om visse aktørdrivkrefter som finnes i alle eksemplene kan utpekes som viktig medvirkende faktorer bak de designforårsakede byggskadene. Den drivkraften som skårer høyest er mangelfull faglig ledelse, hovedsakelig i form av prioriteringer og valg gjort av byggherrer og de prosjekterende. Denne konklusjonen er delvis i samsvar med Atkinson (2002), som også utpeker mangelfull ledelse som hovedårsaken til de fleste feil og mangler i nye byggeprosjekter.

Utover dette har undersøkelsen dratt frem at ytre drivkrefter i form av tilsyn og kontroll under en byggeprosess – enten i regi av private aktører eller offentlige myndigheter – i grunnen har hatt liten effekt på årsakene til og utviklingen av byggskadene i de fire eksemplene. Denne konklusjonen er ikke i samsvar med referanser som Jerkø (2004) og Stenstad, Rolstad og Vordahl (2005), som diskuterer nytten av kontroll og tilsynsordninger i alle ledd i byggeprosessen for å forebygge byggskader og øke byggkvaliteten.

Men hvorfor hadde tilsynet i eksemplene så liten forebyggende effekt på utviklingen av byggskadene? Forklaringene kan være flere. Et hint om mulig svar finner vi i synspunkter fremmet av representantene fra bygningsmyndighetene i Reykjavik. De sier at det ikke er bygningskontrollens rolle å blande seg inn i saker rundt byggskader, fordi det er en sak mellom kjøper og selger av varer og/eller tjenester, i dette tilfellet en byggherre og de som er ansvarlige for prosjekteringen og byggingen av et hus.

10. Her har vi flere kilder, blant annet Toker (2003) og Huxtable (2004).

En tilleggsforklaring kom fra en prosjektleder som sa at både de prosjekterende og de utførende hadde skadeforsikring som skulle dekke eventuelle feil og mangler som stammet fra deres arbeid. Dette førte til at man ikke behøvde å bekymre seg så mye for byggskader på forhånd, fordi det kunne ordnes opp med skadeforsikringen etterpå. Holdninger av denne art vekker igjen tanker om prioriteringer fra ledelsen og de prosjekterende. Dette ser ut til å være i samsvar med Josephson og Hammarlund (1998), som påpeker at hovedårsaken til byggskader er manglende motivasjon i alle ledd i byggeprosessen. Videre spekuleres det om svak motivasjon stammer fra mangel på fokus og kunnskap om byggskadeproblemene. Det ville da være i samsvar med Kaminetzky's (1991) teori om likegyldighet og uvitenhet som hovedårsaken til mange byggskader. Konsekvensen av dette blir da at byggskader først og fremst kan forebygges gjennom målrettet utdanning og trening i formgivningsfagene som fokuserer på byggeteknikk, bygningsfysikk og byggskadeproblemer.

Undersøkelsen av prosjektdrivkreftene i form av tid, økonomi og kommunikasjon har vist at det er manglende korrelasjon mellom forskningsresultatet og eksisterende kunnskap, spesielt i forhold til Houghton-Evans (2005), som hevder at hovedårsaken til det aller meste som går galt i en byggeprosess er en blanding av dårlig kommunikasjon, økonomiske besparelser og tidsmangel. Konklusjonen her – i motsetning til referansen – er at tidsfaktoren isolert kun i begrenset grad påvirker utviklingen av byggskader. Argumentet er at byggskader oppstår både i prosjekter med tidspress, som i tilfellet for Fallingwater, og i prosjekter med rimelige tidsrammer, slik tilfellet er med universitetet på Dragvoll.

De økonomiske forholdene, enten i form av besparelse eller god økonomi, ser heller ikke ut til å ha utslagsgivende effekt på tilblivelsen av byggskader. Beviset på dette er de to eksemplene som er blitt gjennomført under gode økonomiske forhold, og de to andre eksemplene som preges av kostnadsutt i byggeprosessen. I tillegg ser det ut til at designhonoraret isolert sett heller ikke har utslagsgivende effekt på tilblivelsen av byggskadene. Denne konklusjonen er ikke i samsvar med Haugestads (1997) påstand om direkte samband mellom honorar og byggkvalitet. Her er beviset det at det i alle eksemplene betales et til dels normalt eller høyt prosjekteringshonorar.

Det tredje forholdet som ikke er i samsvar med eksisterende kunnskap (Houghton-Evans 2005) er at dårlig kommunikasjon er en viktig medvirkende faktor til utviklingen av byggskader. Det har kommet frem at det i alle eksemplene oppstår problemer i kommunikasjonen, men i ulike deler av organisasjonene og mellom ulike aktører. I denne undersøkelsen påpekes problematisk kommunikasjon mellom Wright og hans medarbeidere samt ingeniøren som deltok i prosjektet. Et annet eksempel av samme karakter er brister i intern kommunikasjonen i arkitektgruppen som designet universitetet på Dragvoll. Disse bristene ser ut til å ha større innvirkning på årsakene

Dristige detaljer

til byggskadene enn brister i kommunikasjonen mellom byggherre, designere og entreprenører.

I refleksjon over disse argumentene hevdes det her at hovedårsaken til opphav og utvikling av byggskadene som drøftes i denne avhandlingen, er adferd og beslutninger i form av faglige prioriteringer, hovedsakelig i regi av byggherren og de prosjekterende. Dette bekrefter en av Ingvaldsens (1994) påstander om at størsteparten av de prosessforårsakede byggskadene stammer fra mangelfulle forberedelser og design tidlig i et byggeprosjekt, her spesifikt avgrenset til mangelfull intern kommunikasjon og prioriteringer gjort av ledelsen. Det gjentas at denne konklusjonen vil bli drøftet nærmere i kapittel 8.4 og da i form av anbefalinger.

Designideologi

Undersøkelsen av eksemplene har dratt frem et mønster; tekniske svakheter i dristig og estetisk styrt formgivning og detaljering i en klimaskjerm, som er dårlig utrustet til å tåle den lokale klimapåkjenningen. Denne svakheten er en iboende egenskap i den modernistiske designideologien som finnes i omtrent alle de 72 eksemplene i eksempeldatabanken. Denne svakheten er satt sammen av to forhold; a) idéen om arkitekten som kreativ kunstner og b) det estetiske idealet om den nakne og ærlige arkitekturen, eller det som her er kalt ærlighetsprinsippet.

Denne svakheten er den primære drivkraften som blir forsterket av faglige og ledelsesmessige prioriteringer gjennom hele byggeprosessen, som til sammen forårsaker de designforårsakede byggskadene. Denne primære drivkraften med sine underavdelinger illustreres i fig. 8.5, som også viser hvordan drivkraften kobles til en årsakskjede med opphav tidlig i en byggeprosess og utvikles til en eller flere fysiske byggskader på et konkret byggverk.

Det er flere referanser, blant dem Cuff (1991) og Lawson (1997), som drøfter idéen om arkitekten som kreativ kunstner. En referanse som spesifikt trekkes frem er Prak (1984), som påpeker den sterke psykologiske drivkraften i arkitektfaget som kommer frem i ønsket om å bli oppfattet som kreativ kunstner, fordi det gir høy status blant kolleger og i samfunnet forøvrig. Denne drivkraften løfter kunstneren og degraderer teknikeren, samtidig som den skaper en tilstand av selvsentrisk forfengelighet, der ære og berømmelse blant kollegaer er målet. Ifølge Prak (1984) holdes denne mekanismen i live blant annet av arkitektskolene, kultureliten og media. En konsekvens av dette blir at arkitekter som ønsker å bli oppfattet som kunstnere må introdusere dristige former som vekker oppsikt. Men ifølge Douglas (2007) øker risikoen for byggskader nettopp med slik dristig formgivning.

Opphavet til idéen om arkitekten som kreativ kunstner i modernistisk arkitektur kan ifølge Ochshorn (2006) spores til tidlig modernisme, da arkitekten begynte å gi fra

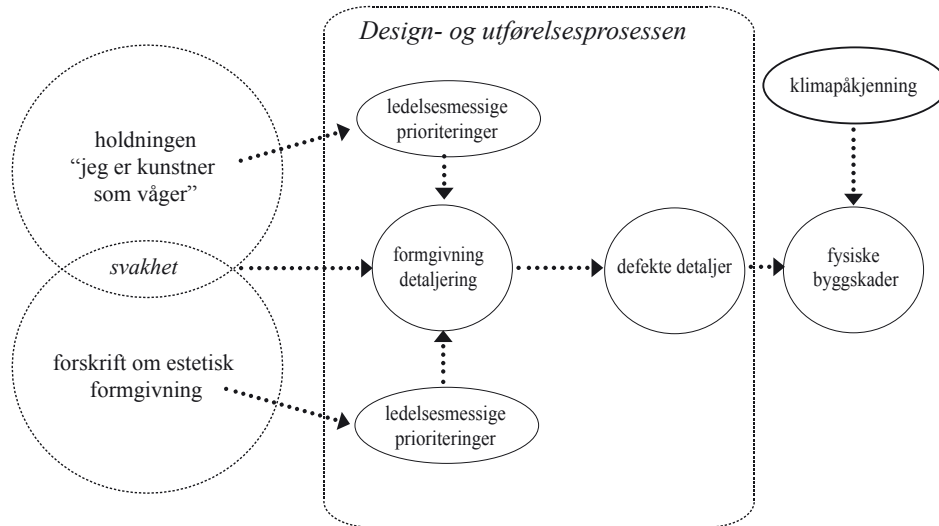


Fig 8.5

Illustrasjon som viser hvordan visse verdinormer i designideologien påvirker opphavet til og utviklingen av den designforårsakede byggskaden i eksempler av innovativ modernistisk arkitektur.

seg ansvaret for det tekniske designet til fordel for opphøyet status som den øverste estetiske formgiveren i et byggeprosjekt. Dette førte så etter hvert til at arkitektene mistet både muligheten og motivasjonen til å involvere seg i byggetekniske spørsmål, som var blitt overlatt til ingeniører. Virkningen av dette ble at arkitekten ikke lenger hadde anledning til å dra lærdom av det praktiske arbeidet på en byggeplass, inklusivt det å lære av og utbedre mistilpasninger (Alexander 1964) som oppstår i byggeprosessen.

Ærlighetsprinsippet er en sentral verdinorm i modernistiske arkitekturteorier. Hearn (2003), som skriver om idéen bak byggverkene, kaller dette prinsippet ærlige konstruksjoner å være tro mot mediet; ”truth to the medium“, der opphavsmannen er arkitekturteoretikeren Viollet-le-Duc (1814-1879). Men de viktigste teoretiske bidragene innen modernistisk arkitektur kommer fra Loos (1908) i kriminaliseringen av ornamentet og Le Corbusier i kravet om en ”ren, nett, klar, ryddig og sunn arkitektur”, satt frem i boken *Vers une architecture* fra 1923. Ifølge Hvattum (2005) var det først og fremst Loos og Le Corbusier som fremmet det estetiske idealet om det nakne bygget, den nakne sannheten, en tilstand av renhet og ekthet, som her omtales som det normgivende og moraliserende ærlighetsprinsippet.

Den konkrete konsekvensen av å følge ærlighetsprinsippet er anvendelsen av eksponert betong, ubehandlet tre, cortenstål som ruster, matallplater med naturlig

farger og selvsagt glass i sin rene form. I detaljeringen av klimaskjermen blir følgene minimalistiske detaljer, der materialer og sammenføyninger eksponeres i samsvar med argumentet til Loos (1908) om at de kriminelle ornamentene må fjernes, fordi de er bare en maske som skjuler de sanne byggkvalitetene, samtidig som de dekket over dårlige materialer og håndverk slik Loos ser det. Men den estetisk styrte eksponeringen av detaljene får også en annen praktisk konsekvens, noe som Hellman (1988) påpeker i sin kjente vitsetegning, der han viser to yttervegger; en tradisjonell og en modernistisk. Den modernistiske veggen er utformet etter ærlighetsprinsippet med den virkningen at alle deler eksponeres, også sprekker, misfarging, tilsmusning og byggskader. Den rake motsetningen er den tradisjonelle veggen der det brukes klassiske bygningselementer; veggsøyler, gavlmotiver, horisontalt og vertikalt listverk rundt åpninger og gesimsbånd som utjevner naturlige tilsmusning, patinering på grunn av aldring og ikke minst leder fukten bort fra fasaden og ikke inn i bygget, slik de modernistiske detaljene har en tendens til å gjøre.

I eksemplene som er blitt undersøkt finner man de samme svakhetene i dristig og estetisk styrt formgivning og detaljering. I Fallingwater kommer dette frem i de store flate takene med utkragning og takterrassene som holdt på å falle av huset i utførelsesprosessen. Dette vises også i de glatte betongoverflatene som sprakk opp, og i de minimalistiske detaljene i overgangene som lakk fra starten av. I Dragvoll universitetssenter viser svakhetene seg i grensesnittet mellom flate tak og glasstak, utformingen og materialvalget i fasadene, og alle de knappe og minimalistiske detaljene i klimaskjermen som ikke tålte fuktpåkjenningen over tid. Denne utformingen førte etter hvert til den helsefarlige muggsoppveksten i innemiljøet, som er blitt drøftet i eksempelstudiet. Svakheter kommer også frem i formgivning og detaljering av seremonirommet ved Moholt krematorium. De viser seg i materialvalget og detaljeringen i fasadene, som er ikke i stand til å tåle den lokale klimapåkjenningen. Hamar universitetsbygg er ikke noe unntak, der svakhetene kommer frem i formgivningen, materialvalget og detaljeringen, som heller ikke tåler klimapåkjenningen og en nedbrytningsprosess starter alt for tidlig.

Disse svakhetene er på ingen måte enestående forhold, men mer et mønster som man finner igjen i mange modernistiske bygg designet i henhold til den omtalte designideologien. Tidlig i denne avhandlingen ble det hevdet at den modernistiske arkitekturen er ufunksjonell og plaget av tekniske problemer. Den har en tendens til å lekke når det regner, bli varm i solskinn og kald under lav temperatur, i tillegg til å relativt hurtig utvikle ytre skavanker ved aldring, en påstand som bygger på Blake (1977), Wolfs (1993), Brand (1994) og Millais (2009). I motsetning til den teknisk svake modernistiske arkitekturen står mange tradisjonelle byggverk med klimaskjerm som tåler det lokale klimaet og er tilpasset den lokale kulturen, som er både formålstjenlige, varige og vakre, til tross for høy alder.

I diskusjonen av klimapåkjenningen foran ble det spurt om årsaken til at arkitekten viet de bygningsfysiske forholdene alt for liten oppmerksomhet. Spørsmålet var om det stammet fra manglende kunnskap eller mangel på ansvar. Her påstås det at det er faglige prioriteringer som er hovedårsaken. Disse prioriteringene starter i den selvsentrerte idéen om arkitekten som kunstner som skaper kunstverker. Men som det allerede er blitt påpekt flere steder i denne avhandlingen, må en bygning tåle å stå ute året rundt. Her ser det ut som den praktiske konsekvensen av å oppfatte byggverker først og fremst som kunstverker kan oppsummeres i en kommentar fra en kvinnelig ektemake til en av Frank Lloyd Wrights byggherrer, som var plaget av lekkasjer: "Well, that's what you get for leaving a work of art out in the rain".¹¹

Så har man på den andre siden den moralske siden av saken. Man kan spørre hvorfor det prosjekteres hus med tekniske svakheter som blottlegger konstruksjonen for ytre påkjenning, og gjør at et byggverk kan utvikle det man kaller "sykt hus-syndromet" over tid. Satt i sammenheng med moralske verdinormer kan det sammenlignes med at foreldre sender et barn, som har medfødte svakheter i immunsystemet, ut i et kaldt og fuktig klima med lite klær på, fordi det er i samsvar med et bestemt skjønnhetsideal. Noen vil kanskje karakterisere dette som uforsvarlighet.

Detaljer i klimaskjermen

De elementene i en klimaskjerm på et modernistisk byggverk som har størst risiko for å utvikle fysiske byggskader er overgangsdetaljer utformet etter ærlighetsprinsippet, fordi slike detaljer har iboende svakheter som igangsetter en skadeprosess under normal klimapåkjenning over tid. Her kan man gjøre bemerkningen til Schwartz (2001), "The Devil is in the Detail", til en veiviser i beskrivelsen av dette problemet.

Men det modernistiske designet av en klimaskjerm har flere negative sider. En av dem er at det er kostbart å bygge første gang og det kan bli svært kostbart å gjøre utbedringer når byggskader rammer. Kostbare restaureringer av problematisk modernistisk arkitektur drøftes blant annet av Macdonald (1995, 2003 og 2007), Tomlow (2006) og Allan (2007).

Undersøkelsen av klimaskjermene i de fire eksemplene har avslørt mange defekte detaljer som faller under karakteristikken over. Eksempler på slike detaljer illustreres i fig. 8.4., som også viser utbedringer av de samme detaljene. I eksemplene finnes defekte detaljer både i fasader og tak, men først og fremst i overganger mellom horisontale og vertikale bygningsdeler i klimaskjermen, dvs. rundt vinduer, overlys og andre utstikkende elementer i en takflate, i en takgesims og avslutning ved bakken. Et karaktertrekk er at det i samtlige eksempler er vinduer uten omramminger, det som i den tradisjonelle arkitekturen ble kalt vindusornamentikk i form av profilert listverk

11. Se Huxtable (2004), side 60.

Dristige detaljer

enten av tre, metall, mur eller naturstein, som tidligere nevnt. Vinduer er i flere tilfeller plassert ute i ytterveggen og store vindusfelter er plassert utenpå veggene. Tettinger rundt vinduer er som oftest utført med fugemasse uten annen beskyttelse. Skadet fasadekledning finnes på Moholt krematorium og Hamar universitetsbygg, som først og fremst stammer fra mangelfull detaljering.

Interessante forhold dukker opp når utbedringer av defekte bygningsselementer og detaljer studeres. Et gjennomgående mønster er at de detaljer som blir plaget av byggskader, uten unntak bryter med teorier om bygningsfysikk og utførelsesmessig sikker design av en klimaskjerm. Et annet vanlig trekk er at utbedringene er svært kostbare. Det er selvsagt Fallingwater et nærliggende men også ekstremt eksempel på. De ekstra omstendighetene stammer fra at huset var blitt fredet og hadde en meget skadet bærekonstruksjon i tillegg til de defekte detaljene i klimaskjermen, som samlet gjorde utbedringene ekstra vanskelige og kostbare. Slike komplekse omstendigheter er ikke noe utenom det vanlige når det gjelder restaurering av modernistisk arkitektur, ifølge Macdonald (1995), som påpeker at denne typen arkitektur dårlig tåler tidens tann og er ekstra kostbar å utbedre autentisk. Grunner til dette er at ingen ordinære byggemetoder kan anvendes, og derfor trengs det spesiell kompetanse for å renovere slike bygninger. Slik kompetanse, både når det gjelder prosjektering og håndverk, er fremdeles en mangelvare. En del av problemet er også at de spesielt produserte industrielle komponentene, som var standardvare når slike hus ble bygget, i de aller fleste tilfeller er gått ut av produksjon og derfor blir både vanskelige og dyrere å fremskaffe.

Men igjen har man en rival som byr på sammenligninger. Det sies å være langt enklere og mye billigere å restaurere et hus bygget på 1700- tallet enn et modernistisk bygg fra 1940- tallet, noe som eieren av eneboligen til Walter Gropius i Lincoln, Massachusetts, erfarte ifølge dette sitatet:

It is far easier to restore accurately a house built in the seventeenth century using historic building crafts than it is to restore a house built in the twentieth century using the products of industrial production.¹²

Forskjellen ligger for det meste i at den tradisjonelle arkitekturen er bygget opp av former som virker fornuftige i forhold til det lokale miljøet, og av materialer – for det meste stein, tre og mur – som finnes overalt og er enkle å bearbeide med lokal håndverkskunnskap, som nesten hvem som helst kan tilegne seg med en viss innsats.

En utvei ut av dette uføret er ifølge Ochshorn (2006) å øke fokuset i fremtiden på klimarobust design i arkitekturundervisningen. Der kan en kilde til ny kunnskap

12. . . . Macdonald, S. (1995), se side 98.

ligge i de mange eksempler på modernistisk arkitektur som er plaget av byggskader, men også i den klimarobuste tradisjonelle arkitekturen, som har tålt tidens tann bra. Og ikke minst i hvordan former og detaljer brukes til å lage arkitektur som er bedre tilpasset (Alexander 1964) for det lokale klimaet, som ifølge ny forskning blir mer ekstremt i fremtiden.¹³ Et middel i arbeidet med å lage mer klimarobuste bygninger i fremtiden kan være å revurdere de modernistiske formgivningsteoriene og ornamentets funksjon i samtidsarkitekturen. Et utgangspunkt for revurdering av formteoriene kan være å studere hvilke former som klarer seg best i lokalmiljøet. Der kan den tradisjonelle folkearkitekturen bli en veiviser i utviklingen. En annen inspirasjonskilde fant forfatteren i Hvattum (2005), hvor ornamentets funksjon drøftes. Ifølge Hvattum er ornamentet et formidrende og ordnede arkitekturelement fordi:

Ornamentet binder sammen på flere nivåer. Helt konkret binder det sammen bygningens ulike deler; kapitèlet med arkitraven, basen med sokkelen.¹⁴

Denne ordnede og sammenbindende funksjonen som et ornament alltid har hatt kan så videre utvikles til å bli et middel for å lage mer klimarobust arkitektur, som samtidig kan bli estetisk rikere og mer miljøvennlig enn den defekte modernistiske arkitekturen som er blitt studert i dette arbeid.

8.3.3. Refleksjon over signifikansen til forskningsresultatene

I begynnelsen av forskningsprosessen så forskningsfeltet ut som et kompleks og uklart puslespill der det manglet flere sentrale biter. Når resultatet nå foreligger og det sammenlignes med eksisterende kunnskap om design og byggskader, stiger det frem et mye klarere bilde enn før. Biter som manglet i begynnelsen har nå falt på plass. Det er beskrivelsen av drivkreftene bak opphavet og utviklingen av designforårsakede byggskader i innovativ modernistisk arkitektur. Dette er ny kunnskap med viss betydning i arbeidet med å motarbeide byggskader i nybygg i fremtiden. Konklusjonen er den at den drivkraften som igangsetter det som til slutt fører til fysisk byggskade i innovativ modernistisk arkitektur er en blanding av to arkitektoniske verdinormer: den selvsentriske idéen om arkitekten som kunstneren som skaper kunstverk underordnet estetiske vurderinger på den ene siden, og det omtalte ærlighetsprinsippet på den andre siden. Når disse verdinormene blir rådende i designet av en klimaskjerm og medfølgende detaljering, som senere blir bygget under “ikke-perfekte forhold” og vel og merke blir påført normal klimapåkjenning fra omgivelsene, så ser det ut som det er overhengende fare for klimarelaterte

13. Et program som har påpekt at klimaet i fremtiden blir mer ekstremt er Klima 2000, et forskningsprosjekt i regi av SINTEF Byggforsk.

14. Hvattum (2005), se side 19.

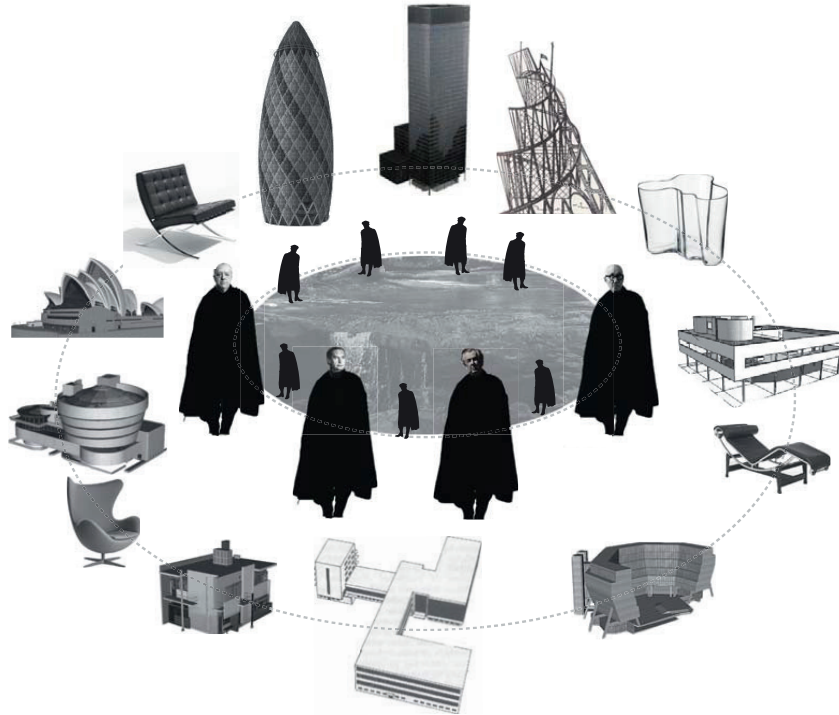


Fig 8.6

Den innflytelsesrike modernistiske designideologien er bygget opp av uttalelser og teorier fra toneangivende representanter, men også av designobjekter og kjente byggverker.

byggskader.¹⁵ Denne drivkraften er funnet i alle eksemplene, men også i mange av byggeprosjektene i eksempeldatabanken. Basert på dette konkluderes det med at denne drivkraften utgjør et gjennomgående mønster.

Årsaken til at denne drivkraften eksisterer, uavhengig av sted og tid, ligger i hvordan den innflytelsesrike modernistiske designideologien er konstruert med innebygde forsvarmekanismer i form av en selvcentrert og selvhevdende designstrategi, som Alexander (1964) så klart har påpekt. Denne forsvarmekanismen gjør at lærdom vedrørende fysiske byggskader ikke innarbeides i arkitektfagets teoretiske grunnlag, fordi toneangivende representanter for den selvcentrerte designideologien avviser

15. Med begrepet "ikke-perfekte forhold" menes lite forutsigbare forhold i en byggeprosess, der mange ting kan skje som fremkaller vanskelige situasjoner. Eksempler på det er skiftende klima når følsomme bygningsdeler skal settes opp, vanskeligheter med å skaffe bestemte ressurser og/eller uforutsigbare hendelser som påvirker beslutninger og fremdrift i en prosess. En fagterm på en person som skal kunne håndtere slike ufullkomne forhold – som i grunnen er forhold som er vanlige i en kompleks og dynamisk prosess – er Schöns (1983) begrep "den reflekterende praktiker". Det er en profesjonell som handler ut fra en gitt situasjon og er beredt til å endre tidligere innstillinger for å oppnå det beste resultatet.

byggskade som et arkitektonisk problem. Et eksempel på dette er utsagnet ”all god arkitektur lekker”, der lekkasjen bagatelliseres og den gode arkitekturen, som følger den modernistiske designideologien, fremheves. Men denne drivkraften påvirker også adferd til andre aktører i byggeprosjekter; byggherren og byggetekniske eksperter, som heller ikke er i stand til å forhindre klimarelaterte byggskader, fordi de tror at andre – og da spesielt arkitekten – tar ansvaret for å designe et byggverk som tåler en gitt klimapåkjenning. En sterk medvirkende drivkraft til disse tilstandene er generelt manglende kunnskap om bygningsfysikk, men også mangel på et system som motiverer aktøren til å lære av utført arbeid gjennom tilbakemeldinger fra en byggeprosess og ferdigstilte byggeprosjekter.

Den konkrete betydningen av denne konklusjonen er å øke forskning og undervisning innen arkitekt- og ingeniørfagene om prosjektering av klimarobuste bygninger, og utvikle systemer som motiverer sentrale aktører i byggeindustrien til å ta ansvaret for bygningsfysiske problemer og det forestående arbeidet, med den målsetning å minske designforårsakede byggskader.

8.4 Anbefalinger

Anbefalingene tar utgangspunkt i hovedkonklusjonen om nødvendigheten av å øke forskning og undervisning innen arkitekt- og ingeniørfagene og om design av klimarobuste bygninger, samtidig som det utvikles systemer som motiverer sentrale aktører i byggeindustrien til å ta ansvaret for bygningsfysiske problemer og det forestående arbeidet med å minske designforårsakede byggskader. Disse anbefalingene kan iverksettes gjennom to strategiske tilnærminger:

- Tiltak i undervisning og forskning rettet mot holdningsendring og kompetanseheving hos aktører i byggeindustrien.
- Tiltak gjennom offentlig regelverk for å påvirke adferd hos sentrale aktører i byggeindustrien.

De to tilnærmingene kan være sammenfallende ettersom målet i begge tilfeller er det samme, dvs. å redusere omfanget av byggskader. Først skal vi drøfte tiltak rettet mot kompetanseheving og deretter tiltak gjennom regelverket.

Et begrep som kan brukes i arbeidet med å minske byggskader er “robust klimaskjermdesign”, som kan utvikles til en designstrategi i arbeidet med å forebygge byggskader. Men strategien kan også brukes til å designe levedyktige og bærekraftige bygg som trenger mindre vedlikehold sett i et livstidsperspektiv. Referanser som tar opp beslektede termer er Lisø, Kvande og Thue (2005), som drøfter problemer rundt

mangler på klimarobuste bygninger i Norge.¹⁶ Nyttige tips rettet mot undervisning av arkitektstudenter kommer fra Ochshorn (2006), som påpeker viktigheten av å utvikle retningsgivende klimarobuste detaljer som er utførelsesvennlige og tilrettelagt for vedlikehold og utbedringer i et livsløpsperspektiv. Slike detaljer finnes allerede i en viss grad i den norske Byggforskserien, som oppdateres regelmessig.

Utover dette tar anbefalinger om kompetanseheving og holdningsendringer utgangspunkt i forfatterens kjennskap til arkitektbransjen. Viktig er det faktum at ansvarlig for formgivning og prosjektering av detaljer i klimaskjermen – i hvert fall i islandsk og norsk byggeindustri – fremdeles ligger hos arkitekten. Men dette er ikke tilfellet alle steder. Ett eksempel er at det i svensk byggeindustri ikke er arkitekten som designer detaljene, men en teknisk spesialist. Men dette ser ikke ut til å løse problemet, fordi disse spesialistene – i likhet med arkitekten – også strever med å designe robuste klimaskjerner. Dette betyr at anbefalingene i utgangspunktet er rettet mot alle spesialister, arkitekter og ingeniører som driver med design av klimaskjerner. Her er argumentet det samme som før; størsteparten av de prosessforårsakende byggskadene er fuktrelaterte skader i klimaskjermen, som kunne ha blitt minimalisert med klimarobust design, nettopp gjennom arbeidet til de som designer klimaskjermen, uavhengig av hvilken fagdisiplin de tilhører. Det påpekes derimot at man har størst effekt med tiltak rettet mot arkitekten, fordi problemenes opphav er den grunnleggende formgivningen, valget av materialer og de beslutninger arkitekten tar og som omfatter former og utseende.

Et problem som Ochshorn (2006) påpeker og som bør tas med i vurderinger av nyttige tiltak er det faktum at modernistiske klimaskjerner er blitt meget avanserte teknisk sett, men også vanskelige å prosjektere. Et forhold som veier tungt er kravet om energisparende tiltak, som ifølge Burke (2009) øker risikoen for byggskader, fordi spesialistene som designer de energieffektive byggene mangler kunnskap om bygningsfysikk og fuktrelaterte byggskader. Her kan utveien bli en generell kompetanseheving om byggskader og bygningsfysikk, men også spesielle krav til dem som har ansvaret for design av klimaskjermen. Ochshorn (2006) foreslår at man går så langt som å kreve spesifikk sertifisering for dem som kan stå som ansvarlige designere av en klimaskjerm. Et slikt forslag bør vurderes som en del av strategien “robust design av klimaskjerm”.

Den kompetansehevingen og holdningsendringen som her foreslås behøver ikke å koste særlig mye, for i store trekk kan den gjennomføres ved eksisterende universiteter og høyskoler som i dag utdanner arkitekter og ingeniører. Her kan middelet bli bedre informasjon og fagkritisk diskusjon med utgangspunkt i verifisert

16. Lisø, K., & Kvande, T. og Thue, JV (2005): The robustness of the Norwegian Building Stock – a Review of Process Induced Building Defects.

kunnskap om byggskader og bygningsteknikk, men også revurdering av eksisterende formgivningsteorier. Mye av denne kunnskapen finnes i dag og kan formidles av eksperter som allerede arbeider ved vedkommende institusjon. I utgangspunktet behøver denne strategien derfor ikke koste stort mer enn vilje til endringer som fører til holdningsendring.

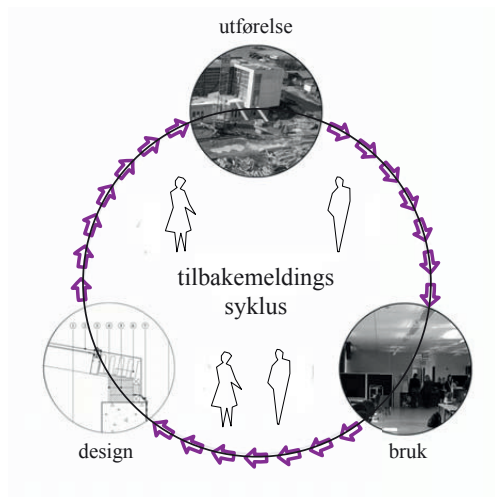


Fig 8.7.

Ide om at det opprettes former for tilbakemeldingssykluser i alle offentlige byggeprosjekter slik at de profesjonelle aktørene får muligheten til å lære av byggskader.

Et ledd i arbeidet med å iverksette strategien om design av mer robuste klimaskjerner er å koble sterkere sammen design, bygging og hus i bruk. Dette betyr å se på prosjekteringen som en del av det å planlegge bruk og vedlikehold i et livssyklusperspektiv, et konsept som er blitt drøftet tidligere i avhandlingen. Med utgangspunkt i Haugens (2008) beskrivelse av en slik livssyklusplanlegging og Burkes (2009) idé om ”tilbakemeldingssløyfe” – som omfatter kompetanseheving hos aktører i et byggeprosjekt der målet er å dra lærdom av tidligere prosjekter og hvordan de virker under fysisk påkjenning – foreslås det her at det utarbeides retningslinjer for en slik tilbakemeldingssyklus, illustrert i fig. 8.7.

Idéen er i bunn og grunn enkel, og bygger på at en arkitekt og/eller andre spesialister først må delta aktivt i byggeprosessen og følge med på hvordan huset virker etter at det er tatt i bruk, for at de skal lære av byggskader. I grunnen burde det være en selvfølge at arkitekter, som en gang i tiden var overbyggmestre på en byggeplass,

blir involvert i hele prosessen. I dag er dette tvert i mot ikke en selvfølge. Men aktiv deltakelse i utførelsen er ikke bare arkitektens sak. Det er byggherren som legger forholdene til rette og den utførende entreprenøren må være samarbeidsvillig. Dessverre viser funn i eksempelstudiene at ikke alle byggherrer og entreprenører er like begeistret for at arkitekten blander seg for mye inn i arbeidet på byggeplassen. Det fikk arkitektene for Moholt krematorium og Hamar universitetsbygg bittert erfare. Her er også en viktig medvirkende drivkraft de mektige kvalitetssikringssystemene, som stammer fra F. W. Taylors (1911) hundre år gamle idéer om effektivisering i industriell produksjon. Hos Taylor og hans etterfølgere er middelet en bevisst arbeidsfordeling mellom ledelse, design og utførelse, fordi det skulle gi bedre resultater og minske menneskerelaterte feil og mangler. Det påpekes og burde være en viss tankevekker at det er sterke ideologiske koblinger mellom tankegodset fra Taylor og den funksjonalistiske ideologien som Le Corbusier og flere ledende modernister utviklet i begynnelsen av det 20. århundre (Caldenby 1980). Resultatet av denne strategien, slik man opplever den i dag, er nettopp denne mangelen på "feedback loop", fordi det anses som uønskelig at designeren blander seg inn i utførelsen. Her er hovedargumentet at en designer ikke skal føre tilsyn med sitt eget arbeid, fordi det gir en mulighet til å feie egne feil og mangler under teppet, som det sies. Er ikke utgangspunktet her idéen at menneskene styres av egeninteresser, prøver å skjule sine feil og mangler og ikke kan dra lærdom av skaden?

Grunnene til at arkitekten og andre designere i større grad burde involveres i utførelsesprosessen er to. For det første er det en viktig del av læringsprosessen, og for det andre er det ikke nok å tegne pene detaljer hvis man ikke vet hvordan de virker i praksis. I tillegg må arkitekten følge med i utførelsesprosessen, siden det kan skje mange ting ute på en byggeplass, noe som kan endre forutsetningen for det originale designet. Erfaringer viser også at innovative byggeprosjekter som bygges i ett eksemplar er vanskelige å ferdigstille feilfrie, til tross for at noen tror på den utopiske idéen om 100 % feilfri design med hjelp av avansert dataverktøy. Der kan aktivt samband mellom de prosjekterende og de utførende forebygge mange fremtidige byggskader. Dette gjelder spesielt detaljer i klimaskjermen, fordi det digitale designverktøyet fremdeles er for ufullkomment til å kunne gjøre dette arbeidet for oss. I tillegg hindrer det den naturlige erfaringsbaserte læringen.

Å dra erfaringer fra bygg i bruk er for mange arkitekter en selvfølge, men ikke for alle. Årsakene til at flere arkitekter ikke følger opp sine bygg og drar erfaringer fra utført design er flere. Mange arkitekter mister rett og slett interessen for bygget etter at den intense og ofte opphetede byggeprosessen er overstått. Gjennom eksempelstudiene har man erfart at ubehagelige erfaringer fra en konfliktfull prosess rett og slett skaper motvilje. Lignende fenomener virker inn på de såkalte stjernearkitektene. Frank Lloyd Wright besøkte visst aldri Fallingwater etter at bygget var blitt publisert i

media. Den engelske stjernearkitekten James Stirling forklarte dette på et humoristisk vis ved å si at ingenting var så dødt som en overstått kjærlighetsaffære, og derfor orket han ikke å besøke sine ferdigstilte byggverker.¹⁷ Men denne mangelen på interesse for oppfølging av byggverker etter ferdigstillelse kan ha sine økonomiske grunner. En forklaring er at byggherren av en eller annen grunn ikke er villig til å stimulere til dette arbeidet gjennom betaling. En mulighet her kan bli å pålegge byggherrer og de prosjekterende å sette av penger til slik oppfølging som en del av et lovpålagt vedlikeholdsprogram. En annen mulighet er å legge slik oppfølging inn i selve designkontrakten. Uansett bør arkitekter og andre designere dra lærdom av egne bygg og andres; om ikke med økonomisk støtte så på frivillig basis, som et ledd i den forestående holdningsendringen og kunnskapshevingen.

8.5 Forslag til videre forskning

Det er et behov for videre forskning innenfor temaet designforårsakede byggskader. Temaet anses for å være viktig på grunn av de store økonomiske interessene som er knyttet til reduksjon av byggskader, men også fordi byggskader fører til usunne og stygge bygg over tid. Kunnskap om byggskader er også en viktig del av det bygningsteknologiske faget ved universiteter og høyskoler som utdanner arkitekter og ingeniører.

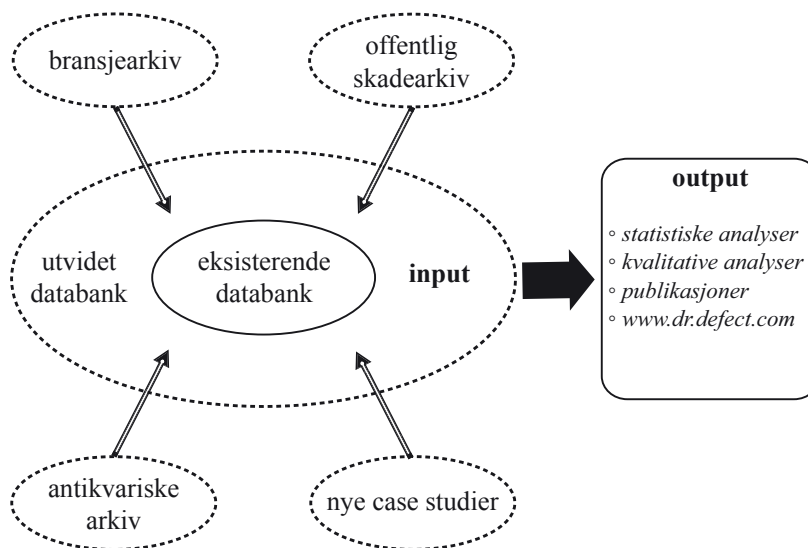


Fig 8.8.
Skjematisk fremstilling av utvidet databank og mulig presentasjon av resultater.

17. Blackwood, M., Bletter, R.H., Connor, R. Filler, M. (Writer) & M. Blackwood (Director). (2003). Stirling, Architecture, Modern -- 20th century -- Great Britain. [New York]: Michael Blackwood Productions.

Dristige detaljer

Forskning om byggskafer er i sitt vesen empirisk forskning som trenger empiriske data, dvs. flere typer informasjon om design, byggeprosesser og bygg i bruk. I dette forskningsprosjektet har det blitt bygget opp en liten eksempeldatabank, som i dag består av kvalitative og kvantitative data fra 72 eksempler.

Kvalitative eksempelstudier har vist seg som en nyttig metode for å få frem kompleks informasjon om komplekse forhold. Men det trengs flere eksempelstudier, spesielt flere typer nybygg og spesielt fra dette århundret. En modell for fremtidige eksempelstudier er å finne i eksempelstudiene som presenteres her.

En viktig del av en utvidet og styrket databank er å samle publiserte artikler om utbedringer av modernistisk arkitektur fra det 20. århundre. Den internasjonale organisasjonen DOCOMOMO har etter hvert bygget opp et større register og mye kunnskap om bevaringsverdige modernistiske byggverk. Antikvariske myndigheter i enkelte land sitter også inne med informasjon om interessante byggeprosjekter. Skadearkiver, som nasjonale forskningsinstitusjoner disponerer, inneholder også verdifull informasjon om temaet. Koblinger til slike databanker ville derfor styrke videre forskning om temaet.

Det foreslås at videre forskning bør ta sikte på utvidelse og systematisering av eksisterende eksempeldatabank, som blir gjort digital og åpen for innsyn for de som trenger informasjon om byggskafer. Deler av arbeidet blir å kartlegge om det finnes andre databanker av lignende karakter og legge forholdene til rette for koblinger til andre interessante informasjonskilder både nasjonalt og internasjonalt. En viktig del av dette arbeidet er å planlegge i detalj mulig nyttige kunnskapsprodukter en utvidet databank. Her nevnes statistiske analyser, kvalitative beskrivelser av casestudier, flere typer publikasjoner og informasjonsformidling via internett.

Deler av de fremtidige studiene omhandler hull og/eller mangler på korrelasjon til eksisterende kunnskap. Blant slike mangler er funn i denne undersøkelsen som påpeker begrenset effekt av kontrollordninger på opphavet til og utviklingen av byggskafer. Dette temaet kan studeres med hjelp av en utvidet databank, men også gjennom kvalitative intervjuer og spørreskjemaundersøkelser rettet mot et større utvalg, gjerne i flere land.

Et annet tema som er aktuelt og interessant er studier av den effekten som kvalitetssikringssystemet har på reduksjon av byggskafer generelt. Det som kunne kombineres med et slikt studium er for eksempel det å studere hvilken effekt bruk av den såkalte BIM-designstrategien kan ha på det å forebygge designforårsakede byggskafer. I tilknytning til slike studier kunne man se på de mulighetene som ligger i dataprogrammer som er i stand til å luke ut mangelfulle detaljer i en klimaskjerm.

Dristige detaljer

DEL V.

KILDER

Litteraturliste

- Adressavisen (2004, 07.07.). Ufør etter muggsoppangrep, *Adressavisen*. Hentet 29.01.2012, fra <http://www.adressa.no/nyheter/trondheim/article16799.ece>.
- Adresseavisen. (2001, 26. februar). *Fortsatt strid om krematoriet*. Hentet 22.05.2012, fra <http://www.adressa.no/nyheter/trondheim/article292751.ece>.
- Ágústsson, H. (1998). *Íslensk byggingararfleifð [Íslandsk byggetradisjon]*. Reykjavík: Húsafríðunarnefnd ríkisins.
- Airport de Gaulle. (2011, 15. august). Paris-Charles de Gaulle Airport. Wikipedia. Hentet 18. 08. 2011, fra; http://en.wikipedia.org/wiki/Charles_de_Gaulle_International_Airport.
- Alberti, L. B. (1986). *De re aedificatoria* [The ten books of architecture].New York: Dover Publications.
- Albjerg, N., Dahl, T., & Friis Møller, W. (2008). *Klima og arkitektur*. København: Kunstakademiets Arkitektskoles Forlag.
- Alexander, C. (1964). *Notes on the synthesis of form*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Allan, J. (2007). Points of Balance-Patterns of Practice in the Conservation of Modern Architecture. *Journal of Architectural Conservation*, 13(2), s. 13-46.
- Almaas, I.H. (2005). Arkitektoniske lengsler [Leder]. *Byggekunst*, XX (4), s. 9-11.
- Americna Psychological Association. (2012). *APA Style*. Hentet 17.05.2012, fra <http://www.apastyle.org/>.
- Amocobygget. (2011, 4. august). Aon Center. *Wikipedia*. Hentet 18. 08. 2011, fra; [http://en.wikipedia.org/wiki/Aon_Center_\(Chicago\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Aon_Center_(Chicago)).
- Andreu, P. (2011). Paul Andreu Architecte. Hentet 18. 08. 2011, fra; <http://www.paul-andreu.com/>.
- Architects, H. L. (2012). *Freie universität Berlin*. Hentet 29.01.2012, fra; <http://da.henninglarsen.com/projekter/0000-0399/0087-freie-universitaet-berlin.aspx>.
- Arge, K., & Bleiklie, S. (2003). *Arkitektonisk kvalitet: en studie av samsillet mellom byggherre ogarkitekt*. Oslo: Norsk form.
- Aristoteles. (2007). *Politica*. Hentet 21.05.2012, fra <http://ebooks.adelaide.edu.au/a/aristotle/a8po/>.
- Armansson, P. (2006). Stefnur og stílar í byggingu Landsbankans [Ismer og stílar í landsbankebygget] In E. Bernharðsson (Ed.), *Landsbankinn 120 ára: Brot úr sögu bankans. [Landsbanken 120 ár: Bankens histori í korte trekk]* (s. 164-167). Reykjavík: Landsbanki Íslands.

Dristige detaljer

- Asbjørnsen, P. C., & Moe, J. (2010). *Norske folkeeventyr*. [Nesøya]: Font.
- Atkinson, A. R. (1999). The role of human error in construction defects. *Structural Survey*, 17(4), s. 231-236.
- Atkinson, A. R. (2002). The pathology of building defects; a human error approach. *Engineering Construction and Architectural Management*, 9(1), s. 53–61.
- Axelsdóttir, I., & Blöndal, Þ. (2010). *Handbók um ritun og frágang [Handbok om skrivning og redigering]*. Reykjavík: Mál og menning.
- Baden-Powell, C. (2001). *Architect's pocket book*. Oxford: Architectural Press.
- Bauman, I. (2008). *How to be a happy architect: Bauman Lyons Architects*. London: Black Dog Publ.
- BBC NEWS. (23 May, 2004). *Paris airport roof collapse kills five*. Hentet. 18. 08. 2011, fra <http://news.bbc.co.uk/2/hi/europe/3739715.stm>.
- Beim, A. (2004). *Tektoniske visioner i arkitektur*. København: Kunstakademiets Arkitektskoles Forlag.
- Berdini, P., & Gropius, W. (1984). *Walter Gropius*. Zürich: Verlag für Architektur Artemis.
- Berulfsen, B., & Gundersen, D. (2001). *Fremmedord og synonymer blå ordbok*. Oslo: Kunnskapsforl.
- Bjerkevoll, P. (2005). *Klimapåkjenninger og prosessforårsakede byggskader*. (Masteroppgave), Trondheim: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi, Institutt for bygg, anlegg og transport.
- Blackwood, M., Bletter, R.H., Connor, R. Filler, M. (2003). *Stirling, Architecture, Modern -- 20th century -- Great Britain [VHS]*. New York: Michael Blackwood Productions.
- Blake, P. (1960). *The master builders*. London: Gollancz.
- Blake, P. (1977). *Form follows fiasco: why modern architecture hasn't worked*. Boston: Little, Brown.
- Blakstad, S. H. (2001). *A strategic approach to adaptability in office buildings*. (Doktoravhandling). 2001:97. Trondheim: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Fakultet for arkitektur og billedkunst, Institutt for byggekunst, prosjektering og forvaltning.
- Blaser, W. (1991). *Ludwig Mies van der Rohe*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Bougadah, H., Sharples, S., Deane, J., & Smith, P. F. (2010). *Environment, technology and sustainability*. London: Taylor & Francis.
- Bourdieu, P., Nicolaysen, B. K., & Wacquant, L. J. D. (1995). *Den kritiske ettertanke: grunnlag for samfunnsanalyse*. Oslo: Samlaget.
- Brand, S. (1994). *How buildings learn: what happens after they're built*. New York: Viking.

- Bratberg, T. T. V., Arntzen, J. G., Eek, Ø., & Isachsen, H. (2008). *Trondheim byleksikon: Klima*. Oslo: Kunnskapsforl.
- Broch, T. (1848). *Lærebog i Bygningskunsten: nærmest bestemt for Den Militaire Høiskoles Elever*. Christiania: Werner.
- Brock, L. (2005). *Designing the exterior wall: an architectural guide to the vertical envelope*. Hoboken, N.J.: Wiley.
- Bugge, A. (1918). *Husbygningslære: murmaterialer, murkonstruktions, træmaterialer, trækonstruktions, jernkonstruktions m. v., statik, byggeledelse, heise- og transportindretninger*. Kristiania: Aschehoug.
- Burke, S. (2009). *Building Physics Tools: Needs, Use and the Lack of Use in the Building Process. Modelling Non-Isothermal Moisture Flow and Frost Penetration*. (Doktoravhandling). Hentet <http://www.fuktcentrum.lth.se/fileadmin/fuktcentrum/PDF-filer/Rapporter/TVBH-1017SB.pdf>.
- Burke, S., & Yverås, V. (2004). A Swedish perspective on the prevention of moisture problems during the building's design phase. *Nordic journal of surveying and real estate research*, 1(1), s. 102-113.
- Byggingarreglugerð (1998). *Byggingarreglugerð : nr. 441/1998 með síðari breytingum [Byggeforskriften: 441/1998 med senere endringer]*. Reykjavik: Umhverfissráðuneytið.
- Byggingarreglugerð (2012). *Byggingarreglugerð: nr. 112/2012. [Byggeforskriften: 112/2012]*. Reykjavik: Umhverfissráðuneytið. Hentet 22.05.2012, fra; <http://stjornartidindi.is/Advert.aspx?ID=6456f377-e3d0-4e10-b504-1c48449e0f83>
- Caldenby, C. (1980). Bostedet som fabrikk. *Byggekunst, nr. 1*(XX - ill), s. 48-49.
- Campbell, R. (1995). Builder Faced Bigger Crisis Than Falling Windows. *The Boston Globe*. Hentet 22.05.2012, fra; <http://www.pulitzer.org/archives/5826>.
- Cash, C. G. (2003). *Roofing failures*. London: Spon Press.
- CIB. (1993). *Building pathology: a state-of-the-art report* (Vol. 155). Rotterdam: The Council.
- Climate of Pennsylvania. (2012, 1. Juli). Wikipedia, The Free Encyclopedia. Hentet 18. 08. 2011, fra http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Climate_of_Pennsylvania&oldid=500246847
- Cold, B., Fathi, H., & Asmervik, S. (1985). *Evaluering av den overdekte gaten på Universitetssenteret på Dragvoll*. (Vol. SFT62 A84007). Trondheim: SINTEF.
- Corbusier, L., & McQuillan, T. (2004). *Mot en arkitektur*. Oslo: Spartacus.
- Croft, W., Jarvis, B., & Yatawara, C. (1986). Airborne outbreak of trichothecene toxicosis. *Atmospheric environment*, 20(3), s. 549-552.
- Cuff, D. (1991). *Architecture: the story of practice*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Dahl, T., & Wedebrunn, O. (2000). *Modernismens bygninger: anvendt teknologi*. København:

Dristige detaljer

Miljø- og Energiministeriet, Skov- og Naturstyrelsen.

Dahle, E. (2009). *Bengt Espen Knutsen: kontinuitetens arkitekt*. Oslo: Pax.

Deplazes, A. (2005). *Constructing architecture: materials processes structures : a handbook*. Basel: Birkhäuser.

Dirckink-Holmferld, K. (2004). *Dansk arkitektur i 250 år*. København: Arkitektens Forlag

Docomomo. (1996). *Docomomo*. Helsinki: Suomen arkkitehtiliitto.

Docomomo. (2011). *Docomomo International*. Hentet 16. 08. 2011, fra; <http://www.docomomo.com/>.

Donahue, J. (Nóvember 1989). Fixing Fallingwater's flaws: the leaks and deteriorating concrete. *Architecture/November*, s. 99 - 101.

Douglas, J., & Ransom, B. (2007). *Understanding building failures*. London: Taylor & Francis.

Dreyfus, H. L., & Rabinow, P. (1982). *Michel Foucault: beyond structuralism and hermeneutics*. Chicago, Ill.: University of Chicago Press.

Dreyfus, H. L., Dreyfus, S. E., & Athanasiou, T. (1986). *Mind over machine: the power of human intuition and expertise in the era of the computer*. New York: Free Press.

Edvardsen, K. I., Ramstad, T. Ø., & Haug, T. (2010). *Trehus* (Vol. 53). Oslo: Sintef Byggforsk.

Eicke-Hennig, W. (2003). Glasarchitektur – Lehren aus einem Großversuch. Hentet 3. april 2006, fra <http://www.energiesparaktion.de/downloads/energiepass/Fachbeitraege/Glasarchitektur.pdf>

Eikeland, P. T. (1998). *Teoretisk analyse av byggeprosesser*. Trondheim: SiB.

Ellefsen, K.O. (1986). Tendenser i Norsk arkitektur 1986. Sprekker i den Norske enigheten. *Byggekunst*, 7/1986, s. N1 - N24.

Emmitt, S., & Gorse, C. A. (2003). *Construction communication*. Malden, Mass.: Blackwell.

Endean, K. F. (1995). *Investigating Rainwater Penetration of Modern Buildings*. Hampshire UK: Gower Publishing.

Feld, J. (1968). *Construction failure*. New York: Wiley.

Flikke, G. (2000, 20. juli). Skandalen på Moholt (leder). *Adresseavisen*. [Trondheim].

Flyvbjerg, B. (1991). *Rationalitet og magt*. København: Akademisk Forlag.

Flyvbjerg, B. (1993). *Sokrates brød sig ikke om case metoden-hvorfor skulle du så?* Aalborg: Institut for Samfundsudvikling og Planlægning, Aalborg Universitetscenter.

Flyvbjerg, B. (2001). *Making social science matter: why social inquiry fails and how it can succeed again*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Flyvbjerg, B. (2003). Delusions of success. *Harvard Business Review*, 81(12), s. 121-122.
- Flyvbjerg, B. (2005). Design by deception: The politics of megaproject approval. *Harvard Design Magazine*, 22, s. 50-59.
- Flyvbjerg, B., Bruzelius, N., & Rothengatter, W. (2003). *Megaprojects and risk: an anatomy of ambition*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ford, E. R. (1990). *The details of modern architecture*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- FOR 2010-03-26 nr. 488: Forskrift om byggesak (byggesaksforskriften). Hentet 22.05.2012, fra: <http://www.lovdata.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-20100326-0488.html>.
- Fossanger, H., Elvegård, R. (2004). En våt drøm: Snublet Dragvoll i arkitektens visjon? *Under dusken*, 90(4), s. 22-25.
- Friðriksson, S. J. (1997). *Verkfæri gæðastjórnunar [Verktøy i kvalitetssikring]*. Reykjavik: Framtíðarsýn.
- Friedland, R., & Zellman, H. (2006). *The Fellowship: The untold story of Frank Lloyd Wright & the Taliesin Fellowship*. New York: Regan.
- Geving, S. (2005). Fukt i bygninger Teorigrunnlag. Byggdetaljer 421.132. *Byggforskserien*. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Geving, S., & Thue, J. V. (2002). *Fukt i bygninger*. Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.
- Giovannini, J. (1999). The Architecture of Sir Norman Foster. *The Pritzker Architecture Prize*, Hented [16.08.2011] http://www.pritzkerprize.com/sites/default/files/file_fields/field_files_inline/1999_essay.pdf
- Gjestland, M. (2003). *Programmering: definer og beskrivelse av byggeprosjekter*. Trondheim: NTNU.
- Gluch, P., Josephson, P-E. . (1999). Evaluation of methods for studying environmental errors in building and civil engineering projects. *Proceedings of the Nordic Seminar on Construction Economics and Organization 12-13 April 1999*. s. 137-144.
- Gordon, J. E. (2003). *Structures: or why things don't fall down*. Cambridge, MA: Da Capo Press.
- Granum, H., & Lundby, S. E. (1958). *Trehus* (Vol. 8). Oslo: I kommisjon hos Tanum.
- Gray, C., & Hughes, W. (2001). *Building design management*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Greve, B. (1905). Den tekniske høiskole. *Teknisk ugeblad*, 23(45), s. 449 - 454.
- Gullestad, M. (2002). *Det norske sett med nye øyne: kritisk analyse av norsk innvandringsdebatt*. Oslo: Universitetsforl.
- Gunnarsdóttir, G. G., & Stefánsson, H. (1987). *Kvosin: byggingarsaga miðbæjar Reykjavíkur [Kvosin: bygningshistorie for sentrum av Reykjavík]*. Reykjavík: Torfusamtökin.

Dristige detaljer

- Gunnarsjaa, A. (1999). *Arkitekturleksikon*. Oslo: Abstrakt forlag.
- Gåsbak, J. (1996). Skader i kompakte tak. Årsaker og utbedring. Byggforvaltning 725.118. *Byggforskserien*. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Gåsbak, J. (2008). Utbedring av skader i skrå tretak med kaldt loft. Byggforvaltning 725.117 *Byggforskserien*. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Hakonsen, F. (2008). Treets ornamentale liv. I K. E. Larsen & F. Hakonsen (Red.), *Kledd i tre: tre som fasademateriale* (s. 21-28). Oslo: Gaidaros forl.
- Hall, P. (1981). *Great planning disasters*. Harmondsworth: Penguin Books.
- Hansen, G. (2001). *Byggeprosessens mål og rammer*. Trondheim: SINTEF Arkitektur og byggeteknikk.
- Hardarson, Æ. (2005a). All Good Architecture Leaks - Witticism or Word of Wisdom. I K. Kähkönen (Red.) *11th Joint CIB International Symposium Combining Forces - Advancing Facilities Management and Construction through Innovation*, (s. 426 - 427). Helsinki: VVT - Technical Research Centre of Finland and RIL - Association of Finnish Civil Engineers. Hentet 23.05.2012, fra <http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB6812.pdf>.
- Hardarson, Æ. (2005b). Arkitekter og lykken. *Arkitektnytt*, 9, s. 28.
- Harris, S. Y. (2001). *Building pathology: deterioration, diagnostics, and intervention*. New York: Wiley.
- Hatje, G. (1963). *Encyclopaedia of modern architecture*. London: Thames and Hudson.
- Haugen, E. H. (2005). *Mikrobiologiske undersøkelser av inneklimate ved Dragvoll, NTNU, bygg 1,2,3,4,5,6,7,8,10 og 12. Kontroll etter tiltak*. SINTEF. Hentet 22.05.2012. fra; http://www.ntnu.no/universitetsavisa/rapport_23.06.05/rapport_mikrobiologi_dragvoll.PDF.
- Haugen, T. (1990). *Bygningsforvaltning* (Vol. 1990:8). (Doktoravhandling). Trondheim: Institutt for husbyggingsteknikk, Norges tekniske høyskole.
- Haugen, T. (2008). *Forvaltning, drift, vedlikehold og utvikling av bygninger* (Vol. 1). Trondheim: Tapir akademisk forl.
- Haugestad, E. M. (1997). Det økonomiske rom for arkitektonisk form. *Arkitektnytt* nr. 16-97. s. 16 - 17.
- Hayward, M. L. A., Shepherd, A., & Griffin, D. (2006). A hubris theory of entrepreneurship. *Management Science*, 52(2), s. 160-172.
- Hearn, M. F. (2003). *Ideas that shaped buildings*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Heller, R. M., Sasson, J. M., & Heller, T. W. (2003). Mold: "Tsara'at," Leviticus, and the History of a Confusion. *Perspectives in biology and medicine*, 46(4), s. 588-591.
- Hellman, L. (1988). *Architecture for beginners*. New York: Writers & Readers.
- Heyer, P. (1978). *Architects on architecture: new directions in America*. New York: Walker.

- Hoffmann, D. (1978). *Frank Lloyd Wright's Fallingwater : the house and its history*. New York: Dover Publications.
- Holmgren, J., Vesterlid, A., & Landmark, O. (1945). *Husbygging*. Oslo: Aschehoug.
- Horjen, F. (2001). *PBL-97 i et huseierperspektiv: hvordan bedre dialogen mellom berørte parter og lovgiver i plan- og bygningslovprosessen?* (Doktoravhandling). 2001:77 Trondheim: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Fakultet for arkitektur, plan og billedkunst, Institutt for bygningsteknologi..
- Houghton-Evans, R. W. (2005). *Well built?: a forensic approach to the prevention, diagnosis and cure of building defects*. London: Riba Enterprises.
- Huxtable, A. L. (2004). *Frank Lloyd Wright*. New York: Lipper/Viking.
- Hvattum, M. (2005). Den nakne sannhet.: Et essay om ornamentikk og arkitektur. *Byggekunst*, XX (4), s. 14-19.
- Ingvaldsen, T. (1994). *Byggskadeomfanget i Norge: utbedringskostnader i norsk bygge-/eiendomsbransje - og erfaringer fra andre land*. Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.
- Ingvaldsen, T. (2001a). *Skader på bygg: grunnlag for systematisk måling*. Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.
- Ingvaldsen, T. (2001b). Byggforsk informerer om ny ”Byggskaderapport” *Byggeindustrien*. Oslo: Bygg og anlegg media.
- Ingvaldsen, T. (2008). *Byggskadeomfanget i Norge (2006): en vurdering basert på et tidligere arbeid og nye data*. Oslo: SINTEF byggforsk.
- Ishak, S. N. H., Chohan, A. H., & Ramly, A. (2007). Implications of design deficiency on building maintenance at post-occupational stage. *Journal of Building Appraisal*, 3(2), 115-124.
- Jerkø, S. (2004). *Bygningslov for bedre bygg?: sammenligning av bygningslovgivningen i Norden*. København: Nordisk Ministerråd.
- Jerome, P., Weiss, N., & Ephron, H. (2006). Fallingwater Part 2: Materials-Conservation Efforts at Frank Lloyd Wright's Masterpiece. *APT bulletin*, 37(2/3), s. 3-11.
- Jóhannesson, D. (2000). *A Guide to Icelandic architecture*. Reykjavík : Association of Icelandic Architects.
- Johansson, R. (2003). *Case study methodology reflected in architectural research*. Paper presented at the Four Faces—The Dynamics of Architectural Knowledge. The 20th EAAE Conference Stockholm
- Jonsson, T. (1985). *Veðurfar á höfuðborgarsvæðinu [Klimaet i Reykjavík]*. Reykjavík: Veðurstofa Íslands [Metrologiskt institutt i Island].
- Josephson, P. E., & Hammarlund, Y. (1999). The causes and costs of defects in construction: A study of seven building projects. *Automation in Construction*, 8(6), s. 681-687.

Dristige detaljer

- Kahneman, D. (2003). Maps of bounded rationality: A perspective on intuitive judgment and choice. In T.Frängsmyr (Ed.), *Les Prix Nobel: The Nobel Prizes 2002* (pp. 449 – 489). Stockholm: Nobel Foundation. Hentet 22.05.2012, fra http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/economics/laureates/2002/kahnemann-lecture.pdf
- Kahneman, D., & Lovallo, D. (2003). Response to Bent Flyvbjerg. *Harvard Business Review*, s. 122.
- Kaminetzky, D. (1991). *Design and construction failures: lessons from forensic investigations*. New York: McGraw-Hill.
- Kapelrud, A. S. (1943). *Hammurabis lov*. Oslo: Tanum.
- Kaufmann, E. (1986). *Fallingwater: a Frank Lloyd Wright country house*. London: Architectural Press.
- Khisty, C. J., & Mohammadi, J. (2001). *Fundamentals of systems engineering: with economics, probability, and statistics*. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall.
- Knutsen, U. (2011). *Litteraturhenvisninger etter APA, 6. utgave*. Oslo: Høskolen i Oslo. Hentet 17. 05.2012, fra <http://www.jbi.hio.no/bibin/KoG/kat/APA.pdf>.
- Kuhn, T. S. (1962). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Kuhn, T. S. (2002). *Vitenskapelige revolusjoners struktur*. Oslo: Spartacus.
- Kultermann, U. (1993). *Architecture in the 20th century*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Kvale, S. (1997). *Det kvalitative forskningsintervju*. Oslo: Ad notam Gyldendal.
- Kvalvik, M., & Noreng, N. (2011). Oppføret tretak på dekke av betong. Utbedring og ombygging. Byggforvaltning 725.115. *Byggforskserien*. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Kvande, T. (2007). Totrinnstetning mot slagregn på fasader. Luftede kledninger og fuger. Bygdetaljer 542.003. *Byggforskserien*. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Kvande, T., & Lisø, K. R. (2004). Skader i tilknytning til beslag mot nedbør. Årsaker og utbedring. Byggforvaltning 720.415. *Byggforskserien*. Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.
- Kvande, T., & Lisø, K. R. (2006). Byggskader. Oversikt Byggforskserien. Byggforvaltning 700.110. *Byggforskserien*. Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.
- Kvande, T., Lisø, K. R., Hygen, H. O., Kristensen, T., & Brevik, B. G. (2007). Klimadata for dimensjonering mot regnpåkjenning. Del I og II. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Larkin, D., & Pfeiffer, B. B. (1993). *Frank Lloyd Wright: the masterworks*. London: Thames and Hudson.
- Larsen, H. (1970). *Universitetet i Trondheim: beskrivelse av konkurranseprosjekt tildelt 1. premie*. [s.l.]:[s.n.].
- Larsen, H. J. (2004). Beslag mot nedbør. Bygdetaljer 520.415. *Byggforskserien*. Oslo: Norges

- byggforskningsinstitutt.
- Lawson, B. (1990). *How designers think*. Oxford: Butterworth Architecture.
- Le Corbusier & Blake, P. (1963). *Le Corbusier: architecture and form*. Harmondsworth: Penguin Books.
- Le Corbusier & McQuillan, T. (2004). *Mot en arkitektur*. Oslo: Spartacus.
- Le Corbusier, & Saugnier. (1922). *Vers une architecture*. Paris: Les éditions G. Crès et Cie.
- Lem, J. (1996). *Verden hvorhen?* Oslo: Aquarius forl.
- Levy, M., & Salvadori, M. (2002). *Why buildings fall down: how structures fail*. New York: Norton.
- Lisø, K. R. (2006). *Building envelope performance assessments in harsh climates: methods for geographically dependent design..* (Doktoravhandling). 2006:185. Trondheim : Norwegian University of Science and Technology, Faculty of Engineering Science and Technology, Department of Civil and Transport Engineering.
- Lisø, K.R., Kvande, T. and Thue, J.V. (2005). The Robustness of the Norwegian Building Stock - a Review of Process Induced Building Defects. *Proceedings on the 7th Symposium on Building Physics in the Nordic Countries*. Reykjavik: The Icelandic Building Research Institute; Reykjavik Iceland 2005 : Royal Institute of Technology.
- Loos, A., & Opel, A. (1998). *Ornament and crime: selected essays*. Riverside, Calif.: Ariadne Press.
- Lovallo, D., & Kahneman, D. (2003). Delusions of success. How optimism undermines executives' decisions. *Harvard Business Review*, 81(7), s. 56-63.
- Love, K. (Writer). (2006). *Saving Fallingwater*. [S.l.] : Kenneth A. Love International.
- Lund, N.-O. (1996). *Arkitekt Henning Larsen*. København: Gyldendal.
- Lusparken Arkitekter (2000). Moholt krematorium, *Byggekunst*, 82(3), s. 12–16.
- Lög um mannvirki (2010). *Lög nr. 160 28. desember 2010. Lög um mannvirki. [Lov om bygg- og annlegg]*, Reykjavik: Stjórnartidindi. Hentet 22. 05. 2012, fra; <http://www.althingi.is/lagas/nuna/2010160.html>.
- Lög um skipan opinberra framkvæmda (2001). *Lög nr. 84/2001 31. maí 2001. Lög um skipan opinberra framkvæmda. [lov om offentlig anskaffelse]*. Reykjavik: Stjórnartidindi. Hentet 22. 05. 2012, fra; <http://www.althingi.is/lagas/nuna/2001084.html>.
- Macdonald, S. (1996). *Modern matters: principles and practice in conserving recent architecture*. Shaftesbury: Donhead.
- Macdonald, S. (2003). *Concrete: building pathology*. Oxford: Blackwell Science.
- Magnussen, K. M., Johan (2005). Muggsopp i bygninger Forekomst og konsekvenser for inneklimaet. Byggforvaltning 701.401. *Byggforskserien*. Oslo: SINTEF Byggforsk.

Dristige detaljer

- McCarter, R. (1994). *Fallingwater: Frank Lloyd Wright*. London: Phaidon.
- Meland, S. I. (2008, 29. mars). Dragvoll-bygg må saneres for sopp. *Adressa*. Hentet 29.01.2012, fra <http://www.adressa.no/nyheter/trondheim/article1055691.ece>.
- Mikami, Y. (2001). *Utzon's sphere: Sydney Opera House - how it was designed and built*. Tokyo: Shokokusha.
- Millais, M. (2009). *Exploding the myths of modern architecture*. London: Frances Lincoln.
- Moum, A. (2008). *Exploring relations between the architectural design process and ICT: Learning from practitioners' stories*. (Doktoravhandling). 2008:217. Trondheim: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Fakultet for arkitektur og billedkunst, Institutt for byggekunst, prosjektering og forvaltning..
- Moussavi, F., Kubo, M., & Hoffman, J. S. (2006). *The Function of ornament*. Barcelona: Actar.
- Murphy, S. (2007, November 6). MIT sues Gehry, citing leaks in \$300m complex. Blames famed architect for flaws at Stata Center. *The Boston Globe*. Hentet 13-03-2011, fra http://www.boston.com/news/local/articles/2007/11/06/mit_sues_gehry_citing_leaks_in_300m_complex/?page=1.
- Murray, P. (2004). *The saga of Sydney Opera House: the dramatic story of the design and construction of the icon of modern Australia*. London: Spon Press.
- Møller, H. S. (1997). Interview with architect Sverre Fehn. *Living Architecture : Scandinavian Design*, 15 1997, s. 211-213.
- NCDC. (2011, 17. august). *National Climatic Data Center*. Hentet 18. 08. 2011, fra <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/ncdc.html>.
- Neuman, W. L. (2003). *Social research methods: qualitative and quantitative approaches*. Boston: Allyn and Bacon.
- Noach, K. G. (1992). *Om arkitektur i Norden: noen forelesninger, NTH 1989/92*. Trondheim: NTNU.
- Nolting, T. (1998). Der erste Traum des Menschen. *Der Architekt (Bundes Deutscher Architekten BDA)*, 10, 1998, s. 546-547.
- Norberg-Schulz, C. (1980). *Meaning in western architecture*. London: Studio Vista.
- Norberg-Schulz, C. (1997). *Øye og hånd: essays og artikler : ny rekke*. Oslo: Gyldendal.
- Norberg-Schulz, C., Postiglione, G., & Fehn, S. (1997). *Sverre Fehn: samlede arbeider*. Oslo: Orfeus.
- Noreng, K. (2007). Kompakte tak. Byggedetaljer 525.207. *Byggforskserien*. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Normandin, K. C., Kindred, B., Macdonald, S., & Pearce, J. (2007). *Conservation of modern architecture*. Shaftesbury: Donhead.

- Norske arkitekturkonkurranser (1995/4). Krematoriet på Moholt – Trondheim. *Arkitektnytt* nr. 4, 1995, 331. Oslo: Norske arkitekters landsforbund.
- Nygaard, M. (1997). Datamaskinens inntog. *Byggekunst*, 79 (4), s. 12-19.
- Ochshorn, J. (2006). Designing Building Failures. I D. Oakley & R. Smith (Red.), *Proceedings of the 2006 Building Technology Educators' Symposium: August 3-5, 2006*. (s. 313-327). University of Maryland, School of Architecture Planning and Preservation. Hentet 24.01.2011, fra <http://www.ochshorndesign.com/cornell/writings/failures.html>.
- Ocón Fernández, M. (2004). *Ornament und Moderne: Theoriebildung und Ornamentdebatte im deutschen Architekturdiskurs (1850-1930)*. Berlin: Reimer.
- Oksholen, T. & Oftedahl, L. (2006). Mellom marmor og gråstein. *Gemini*, 2006(4). Hentet 22.05.2012, fra <http://www.ntnu.no/gemini/2006-04/30-36.htm>.
- Palladio, A. (1997). *The four books on architecture*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Petroski, H. (1994). *Design paradigms: case histories of error and judgment in engineering*. Cambridge: Cambridge University Press.
- PLB (1997). *Plan- og bygningsloven (1985)*. Oslo: Norsk byggtjenestes forlag.
- Pogrebin, R. & Zezima, K. (2007, 7. november). M.I.T. Sues Frank Gehry, Citing Flaws in Center He Designed. *The New York Times*. Hentet 17.8.2011, fra <http://www.nytimes.com/2007/11/07/us/07mit.html>.
- Prak, N. L. (1984). *Architects: the noted and the ignored*. Chichester: Wiley.
- Ramsdal, I. M.R. (2007, 10. april). Anbudskrig gir dårlig innelima. *Aftenposten*, Hentet 24.10.2011, fra <http://www.aftenposten.no/nyheter/iriks/article1727581.ece>.
- Rand, A. (1943). *The Fountainhead*. Indianapolis: Bobbs-Merrill.
- Reftel, K., Reftel, M., & Siuerin-Lönnqvist, F. (2009). *Bibelen*. Oslo: Bibelselskapet.
- Risebero, B. (1995). *Vestens arkitekturhistorie*. Saltrød: Forsythia.
- Rose, W. B. (2005). *Water in buildings: an architect's guide to moisture and mold*. Hoboken, N.J.: Wiley.
- Ross, P. (1997). The relationship between building structure and architectural expression, implications for conservation and refurbishment. I M. Stratton (Red.), *Structure and Style, Conserving 20th Century Buildings*. (s. 143-163). London: E & FN Spon.
- Rossmann. (1998). Das Leckgeschlagen Flaggschiff. *Der Architekt (Bundes Deutscher Architekten BDA)*, 10(9), s. 558-559.
- Rustad, R. (2009). "Hvad er tidsmessig arkitektur?": en undersøkelse av arkitekturens diskursive rammer gjennom tre arkitektkonkurranser og tre tidssnitt. (Doktoravhandling). 2009:72. Trondheim: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Fakultet for arkitektur og billedkunst, Institutt for byggekunst, historie og teknologi.

Dristige detaljer

- Samset, K. (2001). *Prosjektvurdering i tidligfasen: fokus på konseptet*. Trondheim: Tapir.
- SBED. (1994). *Universitetsentret på Dragvoll: del 1. Ferdigmelding nr. 233*. Oslo: Statens bygge- og eiendomsdirektorat.
- Schafter, D. (2003). *The order of ornament, the structure of style: theoretical foundations of modern art and architecture*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Schinkel, K. F. (1982). *Collected architectural designs*. London: Academy Editions.
- Schmitt, E., Durm, J., & Ende, H. (1881). *Handbuch der Architektur*. Stuttgart/Leipzig.
- Schwartz, T., A. (2001). When Bad Things Happen to Good Buildings. *Architecture Week*. 04 April 2001, B1.2. Hentet 22.05.2009 fra; http://www.architectureweek.com/2001/0404/building_1-1.html
- Schön, D. A. (2001). *Den reflekterende praktiker: hvordan professionelle tænker, når de arbejder*. Århus: Klim.
- Semper, G. (1989). *The four elements of architecture and other writings*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Sharp, D., & Gropius, W. (1993). *Bauhaus, Dessau: Walter Gropius*. London: Phaidon.
- Siedler, E. J. (1932). *Die Lehre vom neuen Bauen: ein Handbuch der Baustoffe und Bauweisen*. Berlin: Bauwelt-Verlag.
- Silman, R. (2000). The Plan to Save Fallingwater. *Scientific American*, 282(3), s. 88-95.
- Skriver, P. E. (1980). Trondheim Universitet: Arkitekter: Henning Larsen's Tegnestue. *Arkitektur DK*, (4), s. 141 - 145.
- Snow, C. P. (1961). *The two cultures and the scientific revolution*. New York: Cambridge University Press.
- Solberg, H., & Suul, T. (1999). *Arkitektur i 1000 år: en arkitekturguide for Trondheim*. Trondheim: Trondhjems arkitektforening.
- Stenstad, V., Rolstad, A. N., & Vordahl, R. (2005). *Kompetanseoverføring for reduksjon av byggefeil: forprosjekt til Byggekostnadsprogrammet*. Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.
- Stratton, M. (1997). *Structure and style: conserving twentieth century buildings*. London: E & FN Spon.
- Streeter, J. (1996). Mosaic-Clad Concrete. Recent Research. I Macdonald, S. (Red.), *Modern matters: principles and practice in conserving recent architecture*. Shaftesbury: Donhead.
- Sully, N. (2009). Modern Architecture and Complaints about the Weather, or, 'Dear Monsieur Le Corbusier, It is still raining in our garage...'. *M/C Journal*, 12(4).
- Sverre Fehn. (2011, 4. august). *Wikipedia*. Hentet 25.05.2012, fra <http://en.wikipedia.org/wiki/>

Sverre_Fehn.

- Tafel, E. (1985). *Years with Frank Lloyd Wright: apprentice to genius*. New York: Dover.
- Taylor, F. W. (1911). *The Principles of scientific management*. New York: Harper & Brothers.
- Taylor, F. W., & Sangolt, L. (2006). *Prinsippene for vitenskapelig arbeidsledelse*. Kristiansand: Høyskoleforl.
- The Pritzker Architecture Prize. (1999). *Norman Foster 1999 Laureate: Biography*. Hentet 16. 08. 2011, fra http://www.pritzkerprize.com/laureates/1999/_downloads/1999_bio.pdf.
- Thiis, T. K. (2005). Klimaundersøkelser. Planløsning 311.109. *Byggforskserien*. Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.
- Thue, J. V. (2008). Trefasader, Bygningsfysiske hensyn. I K.E. Larsen & F. Hakonsen (Red.), *Kledd i tre: tre som fasademateriale* (s. 71-84). Oslo: Gaidaros forl.
- Tietz, J., Hoffmann, W., & Meuser, P. (2000). *Arkitekturens historie i det 20. århundret*. Köln: Könemann.
- Toker, F. (2003). *Fallingwater rising: Frank Lloyd Wright, E.J. Kaufmann, and America's most extraordinary house*. New York: Alfred A. Knopf.
- Tomlow, J. (2006). Building Science as Reflected in Modern Movement Literature. I J. Tomlow (Red.) *Climate and Building Physics in the Modern Movement, The 9th International DOCOMOMO Technology Seminar, Schminke House, Löbau, Germany, Juni 24/24 2005* (s. 61-68). Zittau/Görlitz: University of Applied Science Zittau/Görlitz.
- Tomlow, J. (2007). Bauphysik und die technische Literatur des Neuen Bauens. *Bauphysik*, 29(2), s. 146-158.
- Torres, P. (2004). *Case Study: The New Terminal 2E at Paris-Charles de Gaulle Airport*. Hentet 15. 09. 2006 fra; 18.08.2011, fra; http://ardent.mit.edu/airports/ASP_exercises/ASP%20Torres%20CDG2ENew.pdf.
- Vidor, K. (Regissør), Rand, A. (forfatter). (2006). *The Fountainhead*. Burbank, Calif.: Warner Home Video.
- Viollet-le-Duc, E. E. (1874). *How to build a house: an architectural novelette*. London.
- Viollet-le-Duc, E.-E., & Hearn, M. F. (1990). *The architectural theory of Viollet-le-Duc: readings and commentary*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Vitruvius Pollio, M. (1960). *De architectura*. New York: Dover.
- Vitruvius Pollio, M., Rowland, I. D., Howe, T. N., & Dewar, M. J. (1999). *De architectura*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Wake, W. K. (2000). *Design paradigms: a sourcebook for creative visualization*. New York: Wiley.
- Watt, D. S. (1999). *Building pathology: principles and practice*. Oxford: Blackwell Science.

Dristige detaljer

- Watt, D. S. (2007). *Building pathology: principles and practice*. Oxford: Blackwell.
- Wedeburn, O. (1998). *Modern movement Scandinavia: vision and reality*. Århus: Fonden til udgivelse af Arkitekttidsskrift B.
- Weiss, N., Jerome, P., & Gottlieb, S. (2001). Fallingwater Part I: Materials-Conservation Efforts at Frank Lloyd Wright's Masterpiece. *APT bulletin*, 32(4), s. 44-55.
- Wolfe, T. (1983). *From Bauhaus to our house*. London: Abacus.
- Wood, J. G. M. (2005). Paris airport terminal collapse: lessons for the future. *Structural Engineer*, 83(5), s. 13-14.
- WPC-Fallingwater. (2011). Chronology of construction. *The Building*. Hentet 18.08. 2011, fra <http://www.wpconline.org/fallingwater/building/chronology.htm>.
- WPC-Fallingwater. (2011). TheStory of Fallingwater. *The Building*. Hentet 18.08. 2011, fra <http://www.wpconline.org/fallingwater/building/chronology.htm>.
- WPC-Fallingwater. (2012). The Architect. Frank Lloyd Wright 1967 - 1959. *The Architect*. Hentet 11.10. 2011, fra <http://www.wpconline.org/fallingwater/flw.htm>
- Wright, F.L. (1943). *An autobiography / Frank Lloyd Wright*. New York : Duell, Sloan and Pearce
- Yin, R. K. (2003). *Applications of case study research*. Thousand Oaks, Calif.: Sage Publications.
- Yin, R. K. (2003). *Case study research: design and methods*. Thousand Oaks, Calif.: Sage.
- Ytterbø, I. (1986). *Hvordan unngå byggskader*. Trondheim: Institutt for bygningsteknologi, Arkitektavdelingen, NTH.
- Yverås, V. (2009). *Performance Indicators. A performance prediction method for moisture safety design*. (Doktoravhandling). Hentet 16.05.2012, fra <http://www.sbuf.se/ProjectArea/Documents/ProjectDocuments/C8DF8367-A471-41A8-8E1D-01CD9AD40AE6%5CFinalReport%5CSBUF%2011227%20Slutrapport%20Doktorsavhandling%20Performance%20Indicators.pdf>
- Yverås, V. (2009b). *Performance indicators: a performance prediction method for moisture safety design*. Diss. (sammanfattning) Göteborg : Chalmers tekniska högskola, 2009. Göteborg. Hentet 24.01.2011, fra <http://www.sbuf.se/ProjectArea/Documents/ProjectDocuments/C8DF8367-A471-41A8-8E1D-01CD9AD40AE6%5CFinalReport%5CSBUF%2011227%20Slutrapport%20Doktorsavhandling%20Performance%20Indicators.pdf>.
- Zalivako, A. (2006). The Modern Movement and the Flat Roof Discussion. I J. Tomlow (Red.) *Climats and Bulding Physics in the Modern Movement*, Proceedings of the 9th International DOCOMOMO Technology Seminar; Schminke House, Löbau, Germany, Juni 24/24 2005. (s. 61-68). Zittau/Görlitz: University of Applied Science Zittau/Görlitz.

Kilder

Dristige detaljer

Illustrasjoner

- Albjerg, N., Dahl, T., & Friis Møller, W. (2008). *Klima og arkitektur*. København: Kunstakademiets Arkitektskoles Forlag.
- Almaas, I.H. (2005). Arkitektoniske lengsler[Leder]. *Byggekunst, XX* (. 4), s. 9-11.
- Baden-Powell, C. (2001). *Architect's pocket book*. Oxford: Architectural Press.
- Bauman, I. (2008). *How to be a happy architect: Bauman Lyons Architects*. London: Black Dog Publ.
- Bardini, P., & Gropius, W. (1984). *Walter Gropius*. Zürich: Verlag für Architektur Artemis.
- Blaser, W. (1991). *Ludwig Mies van der Rohe*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Bolender, Ronald (fotograf). [Foto av Fallingwater, USA], [Online Image]. Hentet 18. mai 2012 fra; <http://www.bolender.com/Frank%20Lloyd%20Wright/Fallingwater/June%2030%202004%20visit%20to%20Fallingwater/June%2030%202004%20visit%20to%20Fallingwater.htm>.
- Bougdah, H., Sharples, S., Deane, J., & Smith, P. F. (2010). *Environment, technology and sustainability*. London: Taylor & Francis.
- Brock, L. (2005). *Designing the exterior wall: an architectural guide to the vertical envelope*. Hoboken, N.J.: Wiley.
- Cambridge2000.com (2003). Poissy, France: Villa Savoye [Foto av hovedfasaden]. Hentet 15. mai 2012 fra; <http://www.cambridge2000.com/gallery/html/PC1913149.html>.
- Cuff, D. (1991). *Architecture: the story of practice*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Deplazes, A. (2005). *Constructing architecture: materials processes structures: a handbook*. Basel: Birkhäuser.
- Duncan C. (fotograf). (2008). [Paris Charles de Gaulle Terminal 2E], [Online Image]. Hentet 18. mai 2012 fra; <http://www.flickr.com/photos/duncan/2906887942/>
- Eikeland, Per T. (2003). Fra konsept til vellykket prosjekt i BA. Risikofordeling rundt de forskjellige kontraktsformer. Foredrag på kurs ved NTNU, Trondheim. .
- Endean, K. F. (1995). *Investigating Rainwater Penetration of Modern Buildings*. Hampshire UK: Gower Publishing.
- Fallingwater (foto). (2005). [foto av Fallingwater]. Hentet 15. mai 2012 fra; <http://www.cambridge2000.com/gallery/html/P9098893e.html>.
- Foster+Partners (1988-1993). Business Promotion Centre, Duisburg, Germany, 1988-1993. [foto av fasade]. Hentet 13. juli 2012 fra; <http://www.fosterandpartners.com/Projects/0459/Default.aspx> .
- Frederick Winslow Taylor (foto). [Ukjent fotograf], [Online Image]. Hentet 18. mai 2012 fra; <http://>

Dristige detaljer

www.12manage.com/methods_taylor_scientific_management.html.

Frederick Winslow Taylor (foto). [Ukjent fotograf], [Online Image]. Hentet 13. juli 2012 fra; http://www.pbs.org/wgbh/theymadeamerica/whomade/taylor_hi.html

Frederick Winslow Taylor [Ukjent fotograf], [Online Image]. Hentet 01. juli fra; http://www.12manage.com/methods_taylor_scientific_management.html

Friedland, R., & Zellman, H. (2006). *The Fellowship: The untold story of Frank Lloyd Wright & the Taliesin Fellowship*. New York: Regan.

Gawlik, K (forfatter) Robinson, J. (fotograf) (2003). Doing it better than Wright. Fallingwater, one of the greatest American architectural achievements, is renovated. Hentet 13. juli 2008, fra; <http://www.professionalroofing.net/article.aspx?id=220>.

Geving, S., & Thue, J. V. (2002). *Fukt i bygninger (Vol. 50)*. Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.

Gunnarsjaa, A. (1999). *Arkitekturleksikon*. Oslo: Abstrakt forlag.

Haugen, T. (2004). Gjennomførings modeller i byggesaker. Avtaleformer og kontrakter.

Hatje, G. (1963). *Encyclopaedia of modern architecture*. London: Thames and Hudson.

Haugestad, E. M. (1997). Det økonomiske rom for arkitektonisk form. *Arkitektnytt* nr. 16-97.

Hedrich-Blessing (fotograf). (1938). Frank Lloyd Wright. [Foto av Frank Lloyd Wright og medarbeidere]. *Architectural Forum* - Januar 1938.

Hellman, L. (1988). *Architecture for beginners*. New York: Writers & Readers.

Henry Ford Collecton - Ford Assembly lines [Online Image]. Hentet 13. juli. 2012 fra; http://www.autolife.umd.umich.edu/Labor/L_Overview/Ford_Assembly_Lines.htm

John Hancock Tower Boston (2006, 29. okt). Wikipedia. [Foto av hele bygget], [Online Image]. Hentet 1. 07. 2012 fra; http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:John_Hancock_Tower_Boston.jpg.

John Hancock Tower, Boston, Massachusetts (2009, 29. sep). [Foto av utsnitt av glassfasade], [Online Image]. I Hentet 1. juli 2012 fra; <http://www.flickrriver.com/photos/freefoto/4009472744/>.

Josefson, B. T. (fotograf). (2000 - 2002). [Hamar - Islands universitet. Foto fra byggeprosessen.]

Kaufmann, E. (1986). *Fallingwater: a Frank Lloyd Wright country house*. London: Architectural Press.

Klimasoner (2012,05 juni). Wikipedia. Hentet 5. mai 2012, fra; <http://no.wikipedia.org/wiki/Klimasoner>.

Kvande, T. (2007). Totrinnstetning mot slagregn på fasader. Luftede kledninger og fuger. Byggdetaljer 542.003. Byggforskserien. Oslo: SINTEF Byggforsk.

Kvande, T., & Lisø, K. R. (2006). Byggskader. Oversikt Byggforskserien. Byggforvaltning 700.110. Byggforskserien. Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.

- Larsen, H. J. (2004). Beslag mot nedbør. Byggedetaljer 520.415. Byggforskserien. Oslo: Norges byggeforskningsinstitutt.
- Le Corbusier, & Saugnier. (1922). *Vers une architecture*. Paris: Les éditions G. Crès et Cie.
- Le Corbusier. [Ukjent fotograf], [Online Image]. (2012, 01, juli). Hentet 01. juli 2012, fra; <http://butdoesitfloat.com/filter/le-corbusier>.
- Levy, M., & Salvadori, M. (2002). *Why buildings fall down: how structures fail*. New York: Norton.
- Lisø, K. R. (2006). *Buildingenvelopeperformanceassessmentsinharshclimates: methods for geographicallydependentdesign*. 2006:185, Norgesteknisk-naturvitenskapeligeuniversitet, Trondheim.
- Lowry, P. (forfatter/fotograf).(2001) [Foto i en artikkel om utbedring av Fallingwater], [Online Image]. Hentet 1. 07. 2012 fra; . Foto: <http://old.post-gazette.com/lifestyle/20011208lowry1208fnp3.asp>.
- Lund, N.-O., &Larsen, H. (1996). *Arkitekt Henning Larsen*. [København]: Gyldendal. Lund, N.-O., &Larsen, H. (1996). *Arkitekt Henning Larsen*. [København]: Gyldendal.
- McCarter, R. (1994). *Fallingwater: Frank Lloyd Wright*. London: Phaidon.
- Mikami, Y. (2001). *Utzon's sphere: Sydney Opera House - how it was designed and built*. Tokyo: Shokokusha.
- Møller, H. S. (1997). Interview with architect Sverre Fehn. *Living Architecture, Scandinavian Design*, (15) 1997, s. 211 - 213.
- Noreng, K. (1996). Dampsperrer i tak. Informasjonsblad nr. 7. Hentet 18. mai 2012 fra; <http://www.tpf-info.org/pdf/TPF%20nr.%207.pdf>.
- NTNU Info/ Mentz Indergaard (fotograf). Hovedbygningen, Gløshaugen. [Online Image]. Hentet 11. juli 2012 fra; <http://www.ntnu.no/bilder/bygninger/>
- Nygaard, M. (1997). Datamaskinens inntog. *Byggekunst*, 79 (4), s. 12-19.
- Oksholen, T & Oftedahl, L. (2006). Mellom marmor og gråstein. *Gemini 2006* (4). Hentet 22.05.2012, fra; <http://www.ntnu.no/gemini/2006-04/30-36.htm>
- Palladio, A. (1997). *The four books on architecture*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- S.B. (1993). Business Promotion Centre in Duisburg. *DETAIL 1993*, (3), s 292 -296.
- SBED. (1994). Universitetssentret på Dragvoll: del 1. SBED Ferdigmelding nr. 233. Oslo: Statens bygge- og eiendomsdirektorat.
- Seagram Bygget i New York (2008, 30. april). Wikipedia. [Foto av hele bygget], [Online Image]. Hentet 15. mai 2012 fra; http://en.wikipedia.org/wiki/File:NewYorkSeagram_04.30.2008.JPG.
- Skriver, P. E. (1980). Trondheim Universitet: Arkitekter: Henning Larsen's Tegnestue. *Arkitek-*

Dristige detaljer

tur DK, nr. 4 1980, s. 141 - 145.

Tafel, E. (1985). *Years with Frank Lloyd Wright: apprentice to genius*. New York: Dover.

Tietz, J., Hoffmann, W., & Meuser, P. (2000). *Arkitekturens historie i det 20. århundret*. Köln: Könemann.

Torres, P. (2004). Case Study: The New Terminal 2E at Paris-Charles de Gaulle Airport. Hentet 15. 09. 2006 fra; http://ardent.mit.edu/airports/ASP_exercises/ASP%20Torres%20CDG2E-New.pdf.

TV- Trøndelag (2000). *Moholt krematorium*. [Reportasjer om byggeprosjektet fra 2000]. Trondheim: TV- Trøndelag

Universitetssentret på Dragvoll (2012, 15. juni). [Flyfoto fra Google Earth, 63°24'29.84"N, 10°28'7.47"E]. Hentet 15. juni 2012 fra; Google Earth.

Viollet-le-Duc, E.-E., & Hearn, M. F. (1990). *The architectural theory of Viollet-le-Duc: readings and commentary*. Cambridge, Mass.: MIT Press.

Vitruvius Pollio, M. (1960). *De architectura*. New York: Dover.

Weiss, N., Jerome, P., & Gottlieb, S. (2001). Fallingwater Part 1: Materials-Conservation Efforts at Frank Lloyd Wright's Masterpiece. *APT bulletin*, 32(4), s. 44-55.

Weißenhofsiedlung, Stuttgart [ukjent fotograf].(1927). [Foto av området], [Online Image]. Hentet 01. juli 2012 fra; http://www.woch2wei.at/WAGNER_WERK/moderne_gruesse.html.

Ytterbø, I. (1986). *Hvordan unngå byggskader*. Trondheim: Institutt for bygningsteknologi, Arkitektavdelingen, NTH.

Zalivako, A. (2006). The Modern Movement and the Flat Roof Discussion. J. Tomlow (Red.) *Climats and Bulding Physics in the Modern Movement, konferansepublikasjon, The 9th International DOCOMOMO Technology Seminar, Schminke House, Löbau, Germany, Juni 24/24 2005* (s. 61-68). Zittau/Görlitz: University of Applied Science Zittau/Görlitz.

Liste over illustrasjoner

1. Innledning	17		85
Fig. 1.1. Modernistisk arkitektur	17	Fig. 3.22. Adolf Loos	85
Fig. 1.2. Kvalitetskurven	19	Fig. 3.23. Steiner - villa i Wien	85
Fig. 1.3. Byggskadekostnader	19	Fig. 3.24. Hellmans humoristiske tegning	87
Fig. 1.4. Spiralbelte av hendelser	21	Fig. 3.25. Weißenhofsiedlung i Stuttgart	88
Fig. 1.5. Tilpasset - Mistilpasset	23	Fig. 3.26. Selvgrodd arkitektur	89
Fig. 1.6. Teoretisk fokus	27	Fig. 3.27. Villa Savoye	89
Fig. 1.7. Eksisterende kunnskap- tidslinje	28	Fig. 3.28. Debatten om det flate taket	91
Fig. 1.8. Klassisk arkitektur, snitt	30	Fig. 3.29. Grustak	91
Fig. 1.9. Klassisk arkitektur- detaljer	31	Fig. 3.30. Oppført og luftet flatt tak	91
Fig. 1.10. NTHs hovedbygg	33	Fig. 3.31. Farnsworth-huset	93
Fig. 1.11. Klassisk arkitektur	34	Fig. 3.32. Detalj i Farnsworth-huset	93
Fig. 1.12. Adolf Loos	36	Fig. 3.33. BPC i Duisburg	94
Fig. 1.13. Le Corbusier	36	Fig. 3.34. Plan av BPC	94
Fig. 1.14. Frederick Winslow Taylor	37	Fig. 3.35. Detalj av BPC	94
Fig. 1.15. Modernistisk hus av Le Corbusier	37	Fig. 3.36. Operahuset i Sydney	96
Fig. 1.16. Problemstillingen	50	Fig. 3.37. Guggenheim-museet i Bilbao	96
		Fig. 3.38. Stata Center på MIT	98
2. Forskningsmetode	53	4. Klimapåkjenning og design	101
Fig. 2.1. Spiralbelte av hendelser	53	Fig. 4.1. Klimapåkjenning og design	101
Fig. 2.2. Retrospektiv forskning	54	Fig. 4.2. Seagram bygget i New York	103
Fig. 2.3. Triangulering - synsvinkler	56	Fig. 4.3. Detalj i Seagram bygget	103
Fig. 2.4. Kildetriangulering	56	Fig. 4.4. Sacroboscoa klimasoner	104
Fig. 2.5. Forskningsprinsippet	58	Fig. 4.5. Köppens klimasoner	105
3. Innovativ modernistisk arkitektur	67	Fig. 4.6. Slagregnkart for Norge	106
Fig. 3.1. Innovativ moderne arkitektur	67	Fig. 4.7. Klimagraf for Reykjavik	107
Fig. 3.2. Landsbanken i Reykjavik	69	Fig. 4.8. Klimakart for UK	108
Fig. 3.3. Historisme og modernisme	70	Fig. 4.9. Iglo	109
Fig. 3.4. Flettverkskonstruksjon	72	Fig. 4.10. Islandsk langhus	109
Fig. 3.5. Solid konstruksjon	72	Fig. 4.11. Tradisjonelle bygg i Europa	110
Fig. 3.6. Tre moderne arkitekturverker.	74	Fig. 4.12. Tradisjonelle bygg Nord Afrika	110
Fig. 3.7. Ismene i det 20. århundre	76	Fig. 4.13. Arkitektur fra tropiske strøk	111
Fig. 3.8. "Neues Bauen"	76	Fig. 4.14. Villa Gropius i USA	111
Fig. 3.9. Funksjonalisme	77	Fig. 4.15. Modernistisk villa i Reykjavik	111
Fig. 3.10. The International Style	77	Fig. 4.16. Tak-utstikk for beskyttelse	112
Fig. 3.11. Konstruktivisme	77	Fig. 4.17. Beslag over parapet	112
Fig. 3.12. Brutalisme	78	Fig. 4.18. Ett- og totrinns tetting	113
Fig. 3.13. Organisk arkitektur	78	Fig. 4.19. Totrinns tetting	113
Fig. 3.14. Strukturalisme	78	Fig. 4.20. Detaljen er fra et nytt hus	114
Fig. 3.15. Postmodernisme	79	5. Drivkrefter i byggeprosessen	117
Fig. 3.16. Dekonstruktivisme	79	Fig. 5.1. Oppdeling av kjerneprosessen	119
Fig. 3.17. High-tech-arkitektur	79	Fig. 5.2. Kostnader og påvirkninger	121
Fig. 3.18. Minimalisme	80	Fig. 5.3. De fire hovedaktørene	123
Fig. 3.19. Poetisk modernisme	80	Fig. 5.4. Kaufmann og Wright	125
Fig. 3.20. Hedmarksmuseet på Hamar	83	Fig. 5.5. Arkitekten og byggherregruppen	125
Fig. 3.21. Pompidou senteret	84	Fig. 5.6. Byggherretrollet	126

Dristige detaljer

Fig. 5.7. Gjennomføringsmodeller	132	Fig. 7.2.5. Hovedfundamentene	219
Fig. 5.8. Mannen med stoppeklokken	134	Fig. 7.2.6. Hovedbærelinjer	219
Fig. 5.9. Fords samleband	134	Fig. 7.2.7. Fallingwater fra luften	220
Fig. 5.10. Livssyklusperspektiv	136	Fig. 7.2.8. Kartutsnitt av Pennsylvania	221
Fig. 5.11. Arkitekten som nettverksaktør	144	Fig. 7.2.9. Kartutsnitt av Mill Run	221
Fig. 5.12. En ulykkelig yrkesgruppe	150	Fig. 7.2.10. Tidslinjen for Fallingwater	222
Fig. 5.13. Frank Lloyd Wright	154	Fig. 7.2.11. Byggherren og arkitekten	223
Fig. 5.14. Sverre Fehn	155	Fig. 7.2.12. Wright og lærlingene	225
Fig. 5.15. Drivkrefter i arkitektfaget	159	Fig. 7.2.13. Fallingwater under bygging	227
6. Byggskader	163	Fig. 7.2.14. Wright på forsiden av Time	229
Fig. 6.1. Byggskadebegrepet	163	Fig. 7.2.15. Utbedring av Fallingwater	231
Fig. 6.2. Byggskademodell	166	Fig. 7.2.16. Plassering av detaljer	233
Fig. 6.3. Byggskade diagram	167	Fig. 7.2.17. Fasade og plan	234
Fig. 6.4. Oppdagelse av byggskader	168	Fig. 7.2.18. Snitt og plan	235
Fig. 6.5. Byggskader og fukt	169	Fig. 7.2.19. Fuktttransport i detalj B	236
Fig. 6.6. Fuktkilde og fukttransport	170	Fig. 7.2.20. Beslag under murkronen	236
Fig. 6.7. Fuktpåkjønning	172	Fig. 7.2.21. Detalj A, B, C	237
Fig. 6.8. Innemiljøet og fukt	172	Fig. 7.2.22. Fuktproblemet i detalj D	238
Fig. 6.9. Lufttrykkforskjeller	173	Fig. 7.2.23. Detalj D	239
Fig. 6.10. Byggskader etter bygningsdeler	175	Fig. 7.2.24. Detalj E og F	241
Fig. 6.11. Byggskader i skrå tak	175	Fig. 7.2.25. Glass i stein	242
Fig. 6.12. Byggskader i flate tak	175	Fig. 7.2.26. Utkragede terrasser	242
Fig. 6.13. Eksempel på lekkasjer i flatt tak	177	Fig. 7.2.27. Detalj G	243
Fig. 6.14. Byggskader i yttervegg	179	Fig. 7.2.28. Huset fra broen	244
Fig. 6.15. Yttervegg av eksponert betong	180	Fig. 7.2.29. Detalj J, K og L	245
Fig. 6.16. Fliskledd yttervegg	180	Fig. 7.2.30. Foto fra stuen i 1. etasje	246
Fig. 6.17. Panelkledd yttervegg	180	Fig. 7.2.31. Fuktp problemer i terrasser	246
Fig. 6.18. Babels tårn	190	Fig. 7.2.32. Detalj M,N og O	247
Fig. 6.19. Det skjeve tårnet i Pisa	194	Fig. 7.2.33. Trappen ned til elven	248
Fig. 6.20. John Hancock tårnet i Boston	195	Fig. 7.2.34. Detalj H og I	249
Fig. 6.21. Utsnitt av glassfasade	196	Fig. 7.2.35. Detalj Au, Bu og Cu	251
Fig. 6.22. Detalj av glassrute	196	Fig. 7.2.36. Taktekkingsarbeid	252
Fig. 6.23. Terminal 2E i Paris	200	Fig. 7.2.37. Detalj Eu og Fu	253
Fig. 6.24. Interiørfoto fra Terminal 2E	200	7.3. Universitetsenteret på Dragvoll	257
Fig. 6.25. Snitt i Terminal 2E	201	Fig. 7.3.1. Universitetsenteret på Dragvoll	257
Fig. 6.26. Byggforsks kostnadsmodell	204	Fig. 7.3.2. Foto av Dragvoll fra 1980	258
Fig. 6.27. Gjennomsnittsbygget	204	Fig. 7.3.3. Det arkitektoniske konseptet	259
Fig. 6.28. Amoco tårnet	204	Fig. 7.3.4. Snitt gjennom Del 1	260
7. Eksempelstudier	209	Fig. 7.3.5. Konstruksjonsprinsippet	260
Fig. 7.1.1. Diagram av problemstillingen	209	Fig. 7.3.6. Fasade mot sør	261
Fig. 7.1.2. Oversikt over databanken	211	Fig. 7.3.7. Glasstaket og knutepunkter	261
Fig. 7.1.3. Analysekonseptet	213	Fig. 7.3.8. Kartutsnitt av Norge	263
7.2. Fallingwater	215	Fig. 7.3.9. Kartutsnitt av Trondheim	263
Fig. 7.2.2. Fallingwater fra fossen	215	Fig. 7.3.10. Tidslinjen for Dragvoll	264
Fig. 7.2.2. Perspektivtegning av huset	216	Fig. 7.3.11. Foto fra utførelsen	269
Fig. 7.2.3. Stein og puss	218	Fig. 7.3.12. Taket på bygg 2	271
Fig. 7.2.4. Snitt i hovedbygget	218	Fig. 7.3.13. Utbedring av skadet vegg	271
		Fig. 7.3.14. Utbedringer 2010	271
		Fig. 7.3.15. Plassering av detaljer	272

Fig. 7.3.16. Plan av 1. etasje	273	Fig. 7.4.30. Detalj J og K	318
Fig. 7.3.17. Fasade mot vest	273	Fig. 7.4.31. Detalj H og I	319
Fig. 7.3.18. Problemer over vinduer	274	Fig. 7.4.32. Detalj F og G	320
Fig. 7.3.19. Detalj A, B og C	275	Fig. 7.4.33. Problemer i tak eremnirommet	321
Fig. 7.3.20. Lekkasje i glasskarnapp	276	Fig. 7.4.34. Problemer i overlys	321
Fig. 7.3.21. Lekkasje i vegg	276	Fig. 7.4.35. Detalj Au, Bu,Cu og Du	323
Fig. 7.3.22. Detalj D og E	277	Fig. 7.4.37. Detalj Eu	325
Fig. 7.3.23. Tegning av glasstaket	278		
Fig. 7.3.24. Glasstaket og detaljer	279	7.5. Hamar - Islands universitet	329
Fig. 7.3.25. Kneveggen	280	Fig. 7.5.1. Hamar – Islands universitet	329
Fig. 7.3.26. Lekkasje i knevegg	280	Fig. 7.5.2. Hamar, inngangsside	330
Fig. 7.3.27. Detalj F	281	Fig. 7.5.3. Isometrisk tegning av anlegget	331
Fig. 7.3.28. Detalj G	282	Fig. 7.5.4. Snitt i gjennom bygget	332
Fig. 7.3.29. Problemer i åpningsluke	282	Fig. 7.5.5. Huset fra sydøst	333
Fig. 7.3.30. Problemer i topp	282	Fig. 7.5.6. Kartutsnitt av Island	334
Fig. 7.3.31. Detalj H	283	Fig. 7.5.7. Kartutsnitt av Reykjavik	334
Fig. 7.3.32. Nytt tak- Bygg 1	284	Fig. 7.5.8. Tidslinjen for Hamar	335
Fig. 7.3.33. Ny fasade- Bygg 1	284	Fig. 7.5.9. Graving av byggegropen	346
Fig. 7.3.34. Detalj Au,Bu,Cu og Eu	285	Fig. 7.5.10. Arbeid med fundamenter	346
7.4. Moholt krematorium	289	Fig. 7.5.11. Betongarbeid i sluttfase	347
Fig. 7.4.1. Moholt krematorium - vinter	289	Fig. 7.5.12. Oppbyggingen av betongdekket	347
Fig. 7.4.1. Moholt krematorium	290	Fig. 7.5.13. Åpningsseremonien	348
Fig. 7.4.3. Det arkitektoniske konseptet	291	Fig. 7.5.14. Fra datasal i 2. etasje	350
Fig. 7.4.4. Fasade mot nord	292	Fig. 7.5.15. Hallen i midten av bygget	351
Fig. 7.4.5. Fasade mot øst	292	Fig. 7.5.16. Plassering av detaljer	352
Fig. 7.4.6. Veggen og vannrennesystemet	293	Fig. 7.5.17. Fasade mot nordøst	353
Fig. 7.4.7. Utsnitt av fasade	293	Fig. 7.5.18. Fasade mot sydvest	353
Fig. 7.4.8. Deler av fasade mot øst	294	Fig. 7.5.19. Fasade og plan av 2 etasje	354
Fig. 7.4.9. Kartutsnitt av Norge	295	Fig. 7.5.20. Fasade og plan av 3 etasje	355
Fig. 7.4.10. Kartutsnitt av Trondheim	295	Fig. 7.5.21. Gesims og tak	356
Fig. 7.4.11. Tidslinjen. for Moholt	296	Fig. 7.5.22. Detalj A, B og C	357
Fig. 7.4.12. Skadet murpuss	302	Fig. 7.5.23. Overlys i taket over biblioteket	358
Fig. 7.4.13. Lekkasje i tak	304	Fig. 7.5.24. Problemer i overlys	358
Fig. 7.4.14. Utvendig treverk	304	Fig. 7.5.25. Lekkasje i overlys	358
Fig. 7.4.15. Byggematerialer til utbedring	305	Fig. 7.5.26. Detalj D	359
Fig. 7.4.16. Utbedring av trevirket i taket	305	Fig. 7.5.27. Glassvegg	360
Fig. 7.4.17. Snitt som viser detaljer	306	Fig. 7.5.28. Detalj E	361
Fig. 7.4.18. Plan av første etasje	307	Fig. 7.5.29. Detalj F	362
Fig. 7.4.19. Fasade mot vest	307	Fig. 7.5.30. Detalj G	363
Fig. 7.4.20. Detalj A, B, C og D	309	Fig. 7.5.31. Problemer i glassfasade	364
Fig. 7.4.21. Deler av fasade mot vest	310	Fig. 7.5.32. Detalj H	365
Fig. 7.4.22. Detaljutsnitt fra yttervegg	310	Fig. 7.5.33. Interiør fra hallen	366
Fig. 7.4.23. Problemer i yttervegg	311	Fig. 7.5.34. Foto fra taket	366
Fig. 7.4.24. Detalj L, M, N og O	312	Fig. 7.5.35. Detalj I	367
Fig. 7.4.25. Fuktskader i fasade	313	Fig. 7.5.36. Detalj I, J, K, L og M	368
Fig. 7.4.26. Utenpåliggende vindu	313	Fig. 7.5.37. Fasade mot vest	369
Fig. 7.4.27. Detalj P og R	314	Fig. 7.5.38. Detalj N og O	370
Fig. 7.4.28. Fuktpåkjønning i fasade	315	Fig. 7.5.38. Mislykket forskalingsarbeid	371
Fig. 7.4.29. Detalj E	317	Fig. 7.5.40. Forskaling med skavanker	371
		Fig. 7.3.43. Fliskledd vegg, utsnitt	372

Dristige detaljer

Fig. 7.5.41. Flisledde vegg 2004	372
Fig. 7.5.42. Flisledde vegg 2006.	372
Fig. 7.5.44. Flisledde vegg 2012	372

8. Resultat og anbefalinger **379**

Fig. 8.1. Problemstillingen	379
Fig. 8.2. Klima- design - skader	381
Fig. 8.3. Drivkrefter i byggeprosesser	382
Fig. 8.4. Originale - og utbedrede detaljer	391
Fig. 8.5. Opphavet til byggskader	399
Fig. 8.6. Modernistisk designideologi	404
Fig. 8.7. Tilbakemeldingssykluser	407
Fig. 8.8. Utvidet eksempeldatabank	409