

Synne Marie Stiegler Hodnungseth
Elise Kornberg
Sjur Filip Vik Haakestad

Loftsutbygging ved bruk av prefabrikkerte takelementer

Utfordringer og fordeler sammenlignet med tradisjonell plassbygging, med utgangspunkt i Sannerkvartalet i Oslo

Trondheim mai 2022



Bacheloroppgave

Onfill projects utilizing prefabricated roof elements

Challenges and advantages compared to traditional site construction, derived from Sannerkvartalet located in Oslo

Synne Marie Stiegler Hodnungseth
Elise Kornberg
Sjur Filip Vik Haakestad

Ekstern veileder ved AF Byggfornylese
Vegard Bjoland

Intern veileder ved NTNU
Jomar Tørset

DATO
20.05.2022

PROSJEKTNUMMER
2022-32

ANTALL SIDER OG VEDLEGG
103 sider, 3 vedlegg

Problemstilling:

Er prefabrikkerte takelementer en praktisk gjennomførbar og smidig byggemetode til loftsutbygging?

Forskerspørsmål:

Hvilke utfordringer gir bruk av prefabrikkerte takelementer sammenlignet med tradisjonell plassbygging?

Hvilke erfaringer knyttes til bruk av prefabrikkerte takelementer i loftsutbygging?

Hva må entreprenøren ta høyde for hvis de skal forbedre boligbygging med prefabrikkerte takelementer til loftsutbygging?

RAPPORTNUMMER
2022-32

GRADERING
Åpen



NTNU

Kunnskap for en bedre verden

Problemdefinering

Ifølge SSB flytter flere og flere fra distriktene og bosetter seg i urbane miljøer, noe som gjør at vi må bo tettere med tiden. For å møte den økte etterspørselen kan byggene som allerede finnes, utnyttes bedre. En metode for å utnytte byggene på, er å utbygge råloftene på borettslag å gjøre om til nye boenheter. Byggene har midlertid begrensninger i forhold til innvendige høyder, slik at det ofte må søkes dispensasjon fra energikravene og er kostnadskrevenende arbeid. En alternativ metode som vi skal redegjøre for i denne bacheloroppgaven er loftutbygging, der taket rives og det monteres et nytt prefabrikkert takelement. Denne metoden benyttes for Sannerkvartalet som består av 3 blokker i et borettslag med råloft.

Vi sammenligner hvilke fordeler prefabrikkerte takelementer har i forhold til en plassbygd løsning, med hensyn til økonomi og klimautslipp ved Sannerkvartalet. Tanken er at resultatene kan brukes i innkjøpsfasen ved andre loftsutbygginger, for å raskere avdekke om takelementer kan være en aktuell byggemetode.

Oppgaven ble utlyst av AF Byggfornyelse, som samarbeider med prefabrikasjonsleverandøren Ringsaker Vegg og tak, RVT, på prosjektet. Begge aktørene har nytte av arbeidet og er derfor viktige bidragsytere til prosjektet. Andre aktører vil likevel tas med i betraktningen for å sikre at analysen gjøres på et nøytralt datagrunnlag.

En slik utbygging skaper utfordringer knyttet til horisontal- og vertikal stabilitet. Det gjøres derfor en strukturell analyse av Sannerkvartalet. For å se på energieffektivitet skal det gjøres en livsløpsvurderingen gjennom erfaringer fra Sannerkvartalet. Videre redegjøres det for hvor fleksible takelementer kan være i slike utbyggingsprosjekter. Gjennom dette håper vi å kunne spesifikt vise til når de ulike byggemetodene er aktuelle.

Effektmål:

Gruppen har som hovedmål å levere et produkt som AF Byggfornyelse kan benytte seg av i innkjøpsfasen til nye prosjekter der råloft skal bygges om. Forventninger til gruppen generelt er at vi selv skal opparbeide gode kunnskaper rundt metoden og avdekke utfordringer som finnes innen slike utbyggingsprosjekter.

Stikkord:	Keywords:
- Onfill	- Roof stacking
- Påbygg	- Rooftop extension
- Vernestatus	- Vertical extension
- Takombygging	- Rooftop conversion
- Råloft	- Attic conversion
- Prefabrikkerte takelementer	- Loft conversion
- LCA	- Adaptive reuse
- Innkjøpsfase	- Heritage
- Bruksendring	- Listed buildings and conservation status
- Fortetting	- Building transformation
- Urbanisering	- Unused attic space
- Befolkningsvekst	- Prefabrication
- Økende boligpriser	- Prefabricated roof elements
- Ny etasje	- Off-site construction
- Loftsleilighet	- LCA
- Utvidelse	- Procurement phase
- Bygård	- Densification
- Utfordringer med 3D-scan	- Transformation

Fig. 1: Stikkord.

Forord

Denne bacheloroppgaven ble utført ved Institutt for bygg- og miljøteknikk på Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, våren 2022. Bacheloren gir 20 studiepoeng og har en forventet arbeidsmengde på 500 timer gjennom vårsemesteret. Oppgaven dokumenterer arbeidet fra en loft-sutbygging, som bruker prefabrikkerte takelementer til å bygge ut råloftet på tre boligblokker. Hensikten med oppgaven er å sanke mer kunnskap innen bruk av prefabrikkerte takelementer til utbyggingsprosjekt. Intensjonen er å kartlegge hva som har gått bra, redegjøre for forbedringspotensiale til neste prosjekt og samle dette i et skriv.

Opgaven skrives av Elise Kornberg, Sjur Filip Vik Haakestad, og Synne Marie Stiegler Hodnungseth, studenter ved NTNU med en stor interesse innen byggfag. Elise og Synne studerer byggingeniør med spesialisering innen husbyggingsteknikk og konstruksjonsteknikk, mens Sjur fordyper seg i marine systemer og optimering ved Industriell økonomi og teknologiledelse. AF sin oppgave appellerte ettersom Sannerkvartalet er et tverrfaglig prosjekt og gjør det mulig å se på flere aspekter.

Vi retter en stor takk til alle bidragsytere som har kommet med innspill, erfaringer og har gjort det mulig å gjennomføre. Prefabrikasjon er en byggemetode gruppen hadde lite kjennskap til før studie og det er derfor søkt mye støtte fra aktører i industrien. Vi ønsker å takke fagpersonene som er intervjuet og har tatt seg tid til å svare på spørsmål. Deres kunnskap og erfaring har vært uvurderlig. Spesielt vil vi fremheve vår eksterne veileder, Vegard Bjoland, prosjektdirektør i AF Byggfornyelse. Hans bidrag har vært svært verdifullt til arbeidet, derunder problemstillingen og faglige vurderinger. Bastian Solbakken, prosjekteringsleder på Sannerkvartalet, har dedikert mange timer til å veilede, samt gitt oss befarings på byggeplassen. Simen Alhaug fra elementleverandøren, RVT, har besvart spørsmål i flere runder som har gitt et solid grunnlag til oppgaven. Til slutt fremheves vår interne veileder, Jomar Tørset, som har vært en engasjert profil under hele prosessen og gitt oss viktige innspill og hjulpet oss i alle faser av oppgaven. Disse har sammen bidratt til at vi nå sitter igjen med et produkt vi er stolte av å kunne presentere.

Elise Kornberg

Elise Kornberg

20.05.2022

Dato

Sjur Filip Vik Haakestad

Sjur Filip Vik Haakestad

20.05.2022

Dato

Synne Marie Hodnungseth

Synne Marie Hodnungseth

20.05.22

Dato

Sammendrag

Økt etterspørsel av boliger i storbyene gjør det relevant å utnytte allerede eksisterende bebyggelse. Spesielt i tettbebygde storbyer som Oslo må det gjøres tiltak for å følge den økte befolkningsveksten og urbaniseringen. Endring av bruksareal til nye boliger i eksisterende bygg kan være en bærekraftig måte å opprette flere boenheter i en allerede tettbebygd by. Bacheloroppgaven tar utgangspunkt i hvordan utbyggingen kan gjøres mer effektiv og med mindre risiko.

Målet med bacheloroppgaven er å avdekke kritiske forhold forbundet med prefabrikkerte takelementer i utbyggingsprosjekt. Oppgaven tar utgangspunkt i Sannerkvartalet i Oslo og er et pågående utbyggingsprosjekt, der takelementer blir benyttet til å erstatte et saltak med et mansardtak. Totalentreprenør, AF Byggfornyelse, og elementleverandør, Ringsaker- Vegg og Tak, er begge involvert på prosjektet og har vært spesielt store bidragsytere til bacheloroppgaven. Oppgaven suppleres med erfaringer og holdninger fra bransjen for å vurdere om utfordringene på Sannerkvartalet kan generaliseres, og for å se om utfordringer løses forskjellig. Tilbakemeldingene fra bransjen benyttes til å drøfte hvorvidt Sannerkvartalet har et forbedringspotensiale. Oppgavens funn vil kunne redusere risiko og gi et forbedret beslutningsgrunnlag på om elementer vil være en egnet byggemetode i fremtidige prosjekt.

Bydelene i Oslo bærer preg av ulike typer murbebyggelse fra perioden 1870-1940, som har stort potensiale for loftsutbygging. Murgårdene har ulik stilart på fasade, men er ofte bygget med samme byggemetode, i form av stor vertikal kapasitet og kalde loft. Murgårder egner seg til loftutbygging med bruk av prefabrikkerte elementer. Gjennomførbarheten til prosjektene øker betraktelig, dersom byggene har en enkel eierstruktur. Dette forenkler beslutningsprosessen med å igangsette et prosjekt.

Resultater fra litteraturstudiet, prosjektstudiet og intervjuer viser at prefabrikkerte elementer kan forkorte byggetiden, redusere kostnader, gi økt kvalitet og tilrettelegge for bedre HMS. For at en elementleveranse skal være gunstig bør prosjekter ha tilstrekkelig omfang, med en geometri som tillater flest mulig like elementstørrelser. Utfordringer med å benytte elementer er at eldre bygg ofte har skjevheter. Det er vanskelig å måle inn skjevhetene i tidligfase, samt overføre målene til tegninger nøyaktig. Oppgaven avdekker muligheter for å utbedre byggeprosessen ved enkle tiltak, for å effektivisere arbeidet i videre prosjekter.

Abstract

Due to the increased demand for housing in major cities, it may be possible to utilize existing structures better. Measures must be done, particularly in densely populated places, such as Oslo. To keep up with growing population and urbanization. Increasing the usable area for new dwellings in existing structures, can be a sustainable approach of increasing housing units in a heavily crowded urban area. The bachelor thesis focuses on how to make the development of such projects more efficient, and with less risk than it is today.

The aim of the bachelor thesis is to identify important aspects associated with prefabricated roof elements in development projects. Sannerkvartalet is an ongoing project in Oslo that uses roof elements to replace a sadel roof with a mansard roof. This project is used as a case study. AF Byggfornyelse, a turnkey contractor, and Ringsaker- Vegg og Tak, an element supplier, are both involved in the project and have made significant contributions to the bachelor thesis. The case study is supplemented with industry experiences and attitudes in order to determine whether the challenges at Sannerkvartalet can be generalized and if challenges are solved differently. The industry's feedback is used to discuss if Sannerkvartalet has a room for improvement. The thesis' conclusions will help to reduce risk and provide a better decision base for whether elements are a good construction approach for future projects.

The districts of Oslo are characterized by different types of brick buildings dating from 1870 to 1940. This type of structures have potential and are suitable for attic development. The buildings have various architectural styles, but are often built with the same construction method. Which results in great vertical capacity and cold attics. The feasibility of the projects increases if the buildings are owned by few people – ideally professional. This simplifies the decision-making process of initiating a project.

Prefabricated elements can reduce construction time, save costs, improve quality, and promote better HSE. According to the findings of the literature review, project study, and interviews. A critical part for elements to be favourable is the project's size, with a geometry that allows for as many repeatable element sizes as possible. The use of elements is complicated by the fact that elderly buildings frequently have biases, and deviations may occur. It is difficult to precisely assess these deviations early on, and accurately transfer the measurements to a drawing. The thesis identifies opportunities to improve the construction process through simple measures, allowing future projects to be further streamlined.

Innholdsfortegnelse

Forord	ii
Sammendrag	iii
Abstract	iv
Liste over Figurer	viii
Liste over Tabeller	xi
Terminologi	1
1 Introduksjon	2
1.1 Prosjektbeskrivelse	2
1.2 Avgrensninger og omfang	3
1.3 Sannerkvartalet	4
1.4 AF Byggfornyelse	7
1.5 Om Ringsaker Vegg- og Takelement	7
1.6 Fredensborg AS	8
2 Tilnærming og metoder	9
3 Markedspotensiale for loftsutbygging med prefabrikkerte takelementer	10
3.1 Hvilke bygg egner seg for loftsutbygging?	10
3.2 Foreligger det egentlig et ønske om å fortette?	12
3.3 Kan råloftene utbygges mer effektivt?	14
4 Byggteknisk	16
4.1 Rehabilitering av murgård	16
4.2 Typiske skader på murgårder og tilpassede løsninger	19
4.3 Søknadsprosess og kulturminneloven	21
4.4 Teori om råloft	21
4.5 Aktuelle byggemetoder i utbyggingsprosjekt	22
4.6 Prefabrikkerte takelement	22
5 Byggtekniske føringer	24
5.1 Loftsutbygging fra råloft til nye boenheter	24
5.2 Inneklima - Problemer og tiltak	24

5.3	Tekniske installasjoner	24
5.4	Brannteknisk utbedring av råloft	27
5.5	Klimaeksponering	31
5.6	Planlegging av rehabiliteringen	31
5.7	Oppbygningen av RVT sine elementer	33
5.8	LCA - Livsløpsanalyse	37
5.9	Verdier og koeffisienter	39
5.10	LCA-vurderinger	40
6	Dimensjoneringsforhold	45
6.1	Grunnlag for dimensjonering	45
6.2	Bæresystemer i gamle bygårder	46
6.3	Påvirkning på den eksisterende konstruksjonen	47
6.4	Stabilitet i grunn	48
6.5	Laster	51
6.6	Takelementer	55
6.7	Bæring av takelementene	57
7	Valg av byggemetode	65
7.1	Introduksjon	65
7.2	Ulikheter med takelementer opp mot tradisjonell plassbygging	65
7.3	Erfaringer fra Sannerkvartalet knyttet til bruk av prefabrikkerte takelementer	71
7.4	Hva må entreprenøren ta høyde for hvis de skal forbedre loftsutbygging med prefabrikkerte takelementer?	79
7.5	Erfaringer i Skandinavia med bruk av prefabrikkerte takelementer til utbygging av råloft	80
7.6	Erfaringer i Østerrike med bruk av prefabrikkerte takelementer i råloftsutbygginger	87
8	Oppsummering	95
9	Konklusjon	96
9.1	Svakheter ved oppgaven	96
9.2	Videre arbeid	97
10	Til ettertanke	99
	Referanseliste	100
	Vedlegg	104

A	Kontaktede og aktuelle prosjekter	104
B	Artikkel	106
C	Plakat	106

Liste over Figurer

1	Stikkord.	i
2	Onfill mellom to nabobygg [18].	2
3	Riegelstein dekke	4
4	Status fra Christies gate. Elementene har kledning utvendig.	5
5	Status fra Sannerengata. Elementene mangler innvendig og utvendig kledning.	5
6	Status fra Dælenengata. Elementene er ikke montert.	6
7	Charlottehaven. Foto: Lundgaard & Tranberg Arkitekter	6
8	Snitt av takkonstruksjonen.	7
9	Et eksempel på en loftsombygging i Gussstrasse, Wien. Av BMW Arkitekten [54].	10
10	Dapontestrasse, Wien. Av BMW Arkitekten [81].	11
11	Böcklinstrasse, Wien. Av BMW Arkitekten [48].	11
12	Skisse av påbygg med ny etasje av buet tak på Barkaleitet. Flere bilder i kapittel 7.5, figur 78.	13
13	Thiisgården, et næringsbygg har utbygd ny etasje [74].	14
14	Hull i takelement tilpasset luftkanalene.	17
15	Eksisterende situasjonsplan for Sannerkvartalet [30].	18
16	Typisk murgård fra 1800-tallet [14]	18
17	Saltutslag som følge av fuktskade i murgård [47]	20
18	Malingsflass som følge av fuktskade på murgård [22]	20
19	Saltsprenging som følge av krystallisering i materialet [23]	20
20	Avtrekksmengder for bolig Tabell 14 [2].	26
21	Branntekniske tiltak fra TEK 17 [16]	27
22	Sprinkler for en typisk boligblokk. [16]	28
23	Brannteknisk utbedring av murgård fra 1870-1940. [17]	29
24	Branntegning for Dælenengata. [79]	30
25	Brannalarmanlegg for Christies gate. [79]	31
26	Elementfasade Christiesgate [AF Byggefornyelse]	33
27	Elementfas Dælenengate[AF Byggefornyelse]	34
28	Elementfasade Sannerengata [AF Byggefornyelse]	34
29	Tverrsnitt av elementet fra RVT [AF Byggefornyelse]	35
30	Detaljtegning av knekken i elementet fra RVT [AF Byggefornyelse]	36
31	Detaljtegning montasje av element på eksisterende bygg. [AF Byggefornyelse]	36
32	Detaljtegning av elementskjøt. [AF Byggefornyelse]	37
33	Tabell for levetiden til byggprodukter opp imot slitasje [13]	38

34	Tabell for faktorer som spiller inn ved faktormetoden for estimering av levetid [13]	38
35	Formel for normalisert kuldebro [6]	39
36	Illustrasjon av gammelt og nytt tak på Sannerkvartalet.	41
37	Murgård fundament [69]	46
38	Murgård bæresystem tak [69]	46
39	Oversiktskart over løsmasser Oslo [61]	48
40	Tegnforklaringer [52]	49
41	Nærmere oversikt over Sannerkvartalet, tegnforklaringer figur 40 [52]	49
42	Bilde over utgraving heissjakt	50
43	Egenlast i bygningsdeler [3]	51
44	Brukskategorier [62]	52
45	Nyttelast [62]	52
46	Et utdrag av tabell NA.4.1(901) [63]	53
47	Vindlast på bygning [5]	54
48	Lastverdier fra Sannerkvartalet	55
49	Ulike lastkombinasjoner STATCOM regner på	56
50	Brudd og bruksgrense	57
51	Bæring på endeleilighet Christies gate	58
52	Bæring på midtleiligheten på Christies gate	59
53	Tverrprofil av stålbelegget	59
54	Stålfot	60
55	Bæring av takelementer i Sannergata	60
56	Bæring av takelementer i Dælenenggata	61
57	Sprang mellom flenser rundt søylepunkt	62
58	Sprang mellom flenser rundt søylepunkt	62
59	Detalj av knekken benyttet på Mimers gate	63
60	Bæresystem på Mimers gate	64
61	Elementet leveres med overlengde på finer og vindsperre for å tilpasse avviket på bygget	72
62	Detalj som viser oppbyggingen av overgang mellom elementer der bygget trapper ned.	72
63	Den faktiske kotehøyde fra originale tegninger stemte ikke overens. Hentet fra "Lessons Learned" – en evalueringsrapport gjort av AF i løpet av prosjektet.	73
64	Lemmer på stillaset som kan åpnes, foldes sammen og skyves til side på skinner.	74
65	Påforet tregulv	74
66	Justering av svill	75
67	Teknisk sjakt som må legges innover på taket på grunn av kolliderende taksperre	76

68	Tilpasning av styresvill ved trapping	77
69	Utklipp fra BIM-modell av Christies gate 19.	77
70	Nært utklipp fra BIM-modellen som viser hva som var tenkt med overgangen fra gesimsen.	78
71	Gesims overgang ved trapping av byggene	78
72	Gesims overgang ved trapping av byggene	79
73	Detaljer fra et utbyggingsprosjekt i Østerrike med ståldragere og elementer. Hentet fra [18].	80
74	Majorstuveien 35, utbygging med buede stålelementer. Foto: Christian Borhaven arkitekter	81
75	Snitt illustrasjon av Majorstuveien 35. Bilde: Christian Borhaven Arkitekter . . .	82
76	Mansardtak-påbygg med treelementer og arker. Modell av Mimersgade. Ak83 arkitekter.	83
77	Et eksempel på et element i produksjon for Mimersgade. Foto: Taasinge Elementer	84
78	Bæresystem i stål er montert og protekket mot eksisterende flatt-tak på Barkaleitet borettslag. Foto: Jarl Høve	85
79	Illustrasjon av Kjellankvartalet som viser en komplisert grad med mange møtende vinkler. Foto: Borhaven Arkitekter	86
80	Rosenkrantzgate 21. Snitt av sal- og mansardtak, sperreplan og oversiktsbilde av brannskader. Bilder fra Neteland Entreprenør	87
81	Påbygg med isolerte treelementer og massivtre i etasjeskillere: Grangasse i Wien. Foto: OBENAUF	88
82	Grangasse i Wien ferdigstilt. Foto: OBENAUF	88
83	Et utklipp av loftsutbyggingsprosjekter i Wien. Foto: Architekt Haas	89
84	Knevegg i et eldre bygg. Bilde før taket er revet.	90
85	Trestokk-gulv. Foto: OBENAUF	91
86	Armert tregulv. Foto: OBENAUF	91
87	Sikring rundt bygget monteres etter at taket er revet. Foto: OBENAUF	92
88	Fugleperspektiv av et revet loftstak, fra Julius Tandler Platz Foto: OBENAUF . .	92
89	Collage fra ulike prosjekter. Foto: OBENAUF.	93
90	Montering av brannvegger ved tre forskjellige prosjekter. Foto: OBENAUF.	93
91	Stålrammer og elementer montert på ulike prosjekter. Foto: OBENAUF	94
92	En matrise for hvordan kompetanse må utvikles over tid [55].	99

Liste over Tabeller

2.1	Søkeord benyttet i litteratursøk	9
3.1	Fordeler med prefab	15
3.2	Ulemper med prefab	15
5.1	U-verdier for RVT sine bygningselementer	39
9.1	Østerrikske aktører med erfaring innenfor loftsutbygging	98
A.1	Avdekkede prosjekter	104
A.2	Kontaktede elementleverandører	104
A.3	Kontaktede entreprenører	105
A.4	Kontaktede arkitekter	105
A.5	Oversikt over kontaktede byggherrer	106

Terminologi

Forkortelser

AF BF	AF Byggfornyelse
RVT	Ringsaker vegg- og takelementer
PBE	Plan- og bygningsetaten
BA-næringen	Bygg- og anleggsnæringen
BREEAM	Miljøsertifisering av bygg
LCA	Livsløpsvurdering
TEK	Teknisk forskrift
TE	Totalentreprenør
NTNU	Norges Teknisk-Naturvitenskaplige Universitet
GU	Vannavisende gipsplate
LMA	Loan Market Association
SJA	Sikker jobbanalyse
Derlick	Derlick arkitektfirma
EPD	Environmental Product Declaration
NBI	Norges byggforskningsinstitutt
DNB	Den Norske Bank
TE	Totalentreprenør
HMS	Helse, miljø og sikkerhet
HSE	Health and Safety Executive

Begreper

Fortetting	Utnytte ledige areal i allerede utbygde bofelt
Infill	Utnytte tomrom mellom eksisterende bygninger
Refill	Ombruk av bruksområdet og areal til eksisterende bygninger
Onfill	Rive taket og bygge på nytt bebolig areal i høyden på et eksisterende bygget
Byggfakta	Norges største database med prosjekter i Norge
Loft	Sekundæretasje plassert over siste hovedetasje, som er helt eller bare delvis omsluttet av takflater
Stedslaster	Snø- og vindlast, som avhenger av geografisk posisjon
Loftutbygging	Generelt utbygging av loft til bolig- eller næringsformål.
Precut	Ferdig kuttete materialer
Shimsing	Bruk av kiler for å rette opp
Elementer	Bygningsselementer er prefabrikkerte elementer av tre til tak, vegger og etasjeskillere.
FEM-program	"Finite element analysis", et design og beregningsprogram som gir endelige elementmetoder
Gul liste	Byantikvarens oversikt over eiendommer med vernestatus i Oslo

1 Introduksjon

Dette kapittelet gir en introduksjon til bacheloren og en beskriver bakgrunnen til oppgaven.

1.1 Prosjektbeskrivelse

Det er i dag et voksende behov for økt antall boliger i storbyene, som følge av befolkningsvekst og urbanisering. For å dempe trykket på de eksisterende bydelene, kan den eksisterende bygningsmassen utnyttes bedre. Det å benytte eksisterende bygg i stedet for å rive har også miljømessige fordeler.

Det finnes flere måter å fortette på [21]:

- Plassere nybygg i bakgårdene til eksisterende bygninger og dermed skape en horisontal utvidelse.
- Infill er en metode å bygge i tomrommet mellom eksisterende bygninger i byen. Et godt eksempel er initiativet tatt av byen Köln, kalt "Baulückenprogramm", hvor 20 000 nye boliger ble bygget [59].
- Rive eksisterende bygninger med lav tetthet og erstatte dem med en tettere struktur.
- Refill deler opp innvendige arealer i eksisterende bygg ytterligere, og smartere for å øke antall boliger [19].
- Transformere råloft til beboelige areal. Dette kan gjøres ved å bygge innenfor det eksisterende taket.
- Onfill river taket for å endre takformen eller å legge til ytterligere etasjer på eksisterende bygning. Vist i figur 2 [21].

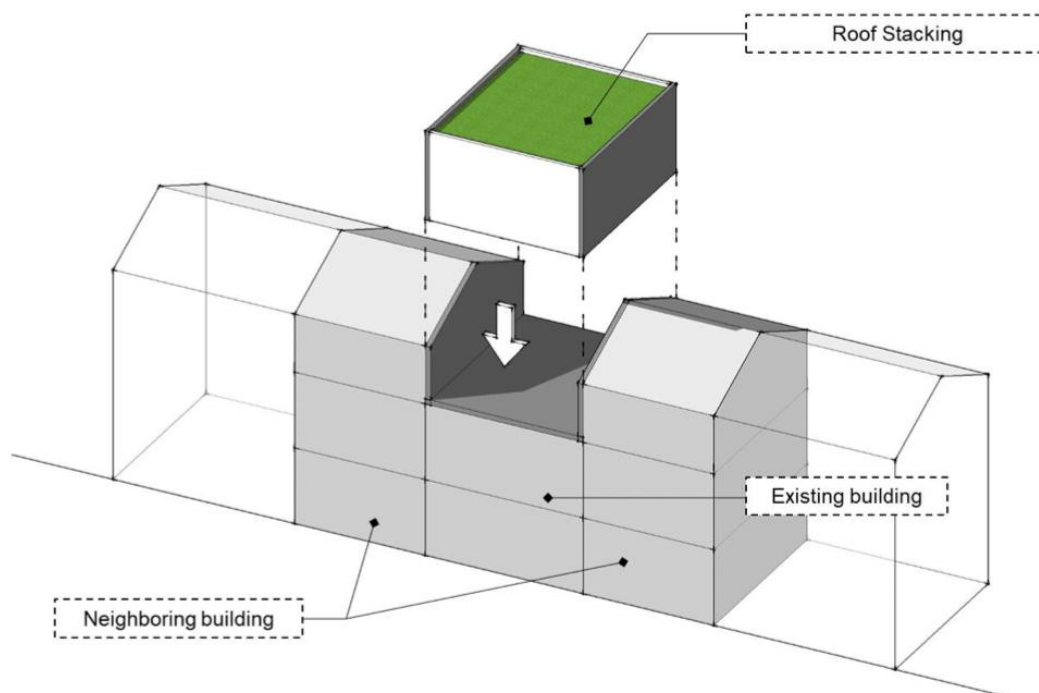


Fig. 2: Onfill mellom to nabobygg [18].

Fortettingsmetoden som beskrives i oppgaven er den sistnevnte av punktene; der taket rives og erstattes med en annen takform. I denne sammenheng undersøkes det om prefabrikkerte elementer kan være en aktuell byggemetode.

Prefabrikkering er en byggemetode som er mye brukt, men fåtallet har erfaring med hvordan elementer kan benyttes til loftsutbygginger. Bruk av elementer kan bidra til en utbygging som er kostnadseffektiv, rask og med høy kvalitet gjennom kontrollerte produksjonsforhold. Ved å flytte produksjonen fra byggeplassen til verksted vil det øke nøyaktigheten i utførelsen på elementet. Og redusere forstyrrelser, spesielt dersom det er bebodd oppussing. [71]

Prefabrikkerte takelementer er anvendt på Sannerkvartalet; tre utleie-bygårder i den nordlige delen av Grünerløkka i Oslo. Byggherre, Fredensborg AS gjør om råloftene til 19 nye leiligheter, med AF Byggfornyelse som totalentreprenør og Ringsaker Vegg- og Takelement, RVT, som elementleverandør. Det sees på sammenlignbare prosjekter og erfaringene fra disse, som brukes til å underbygge funnene gjort fra Sannerkvartalet. Ved bruk av prefabrikkerte elementer får byggherre leid ut bygget raskere og til høyere kvalitet. Beboerne blir eksponert for mindre støyende arbeid og utførelsen får bedre kvalitet.

Det er flere utfordringer med å benytte prefabrikkerte takelementer til loftsutbygging. Blant annet har eldre bygg skjevheter, mangelfull dokumentasjon og det er kort tid fra entreprenørens tilbud til bygging. Ved mangelfull dokumentasjon menes det blant annet geotekniske vurderinger, prosjekteringstegninger fra RIB og ARK. I tillegg bør materialbruk i den eksisterende bygningen dokumenteres. Uforutsette skader på bygningen kan utsette byggeprosessen og skape utfordringer for aktørene. Prosjektene må ha tilstrekkelig omfang for at det skal være aktuelt å bruke prefabrikasjon. (Møte, Solbakken. Bastian, AF, 11.03.22)

Opgaven belyser viktige fordeler og ulemper forbundet med elementer sammenlignet med plassbygging. I tillegg redegjøres det for hvilke løsninger som er valgt. Grunnen til at AF ønsker å kartlegge erfaringene gjort ved Sannerkvartalet, er at det kan gi et bedre vurderingsgrunnlag til å avgjøre når det vil være fordelaktig å benytte prefabrikkerte elementer i et utbyggingsprosjekt. Ved å samle erfaringer fra Sannerkvartalet og lignende prosjekt i bransjen, er håpet å bidra til en mulig implementering av en kostnadseffektiv byggemetode av nye boliger for å møte den forventede befolkningsøkningen.

Problemstillingen;

”Er prefabrikkerte takelementer en praktisk gjennomførbar og smidig byggemetode til loftsutbygging?”

Forskningsspørsmålene;

- Hvilke utfordringer gir bruk av prefabrikkerte takelementer sammenlignet med tradisjonell plassbygging?
- Hvilke erfaringer knyttes til bruk av prefabrikkerte takelementer i loftsutbygging?
- Hva må entreprenøren ta høyde for hvis de skal forbedre boligbygging med prefabrikkerte takelementer til loftsutbygging?

1.2 Avgrensninger og omfang

Opgaven er avgrenset som følger:

- Det fokuseres på utbygningsprosjekter der et skråtak rives og blir erstattet av et annet type skråtak.
- Det sees kun på takelementer og bæresystemet knyttet til dette. Dette utelater eksempelvis veggelementer.

- Oppgaven tar i hovedsak utgangspunkt i Sannerkvartalet. Det sees også på Sannerkvartalet opp mot andre utbyggingsprosjekter.
- Oppgaven begrenser seg til Norge, nærmere bestemt Oslo. Men beskriver også løsninger og erfaringer fra loftsutbyggingsprosjekt i Europa.
- Det redegjøres for hvordan en enkel LCA-analyse kan gjennomføres, basert på erfaring fra prosjektet og utelater omfattende beregninger av energieffektiviteten til bygården. Slike beregninger forutsetter at det er tilstrekkelig med veiledning og ressurser.
- Oppgaven fokuserer på tradisjonelle treelementer, ettersom dette benyttes på Sannerkvartalet. Dette utelater eksempelvis massivtre.
- Det foretas ikke nye styrkeberegninger, siden dette allerede er gjort. AF vil ikke ha optimal nytteverdi av et nytt forslag til beregninger for Sannerkvartalet, samt at tverrfagligheten til oppgaven ikke tillater å gå i dybden.
- Oppgaven ekskluderer en kvantitativ kostnadsanalyse for både plass- og elementbygging. Årsaken til dette er mangelfull data og stor variasjon blant prosjektene.

1.3 Sannerkvartalet

Sannerkvartalet består av tre bygårder fra 1937 i bydelen Grünerløkka, Oslo. Bygningene er tegnet av arkitektene, Gundolf Blakstad og Herman Munthe-Kaas [30]. Prosjektet omfatter bruksendring av loftsarealet og etablering av nybygg. Gjennom bruksendringen opprettes det nye boenheter på loft, samtidig som at det opprettes nye boenheter i tilbygget. Totalt sett får Sannerkvartalet 38 nye boenheter. I tillegg til utbygging av taket, skiftes det vinduer og etterisoleres på resten av bygningen. Bygget i Sannergata har fem etasjer, samt loft og underetasje. Dælenenggata har sju etasjer og Christies gate har mellom fem til seks etasjer, avhengig av trappingen. I tillegg kommer den nye loftsetasjen. Typisk planløsning for loftsetasjen i Dælenenggata består av seks leiligheter pr. etasje med en sentrert trapp i hver leilighet. Sannergata har åtte leiligheter fordelt på fire trappeoppganger og to rømningsveier. Christies gate åtte leiligheter med fem trappeoppganger. Murgårdene er konstruert med bærende ytter- og innervegger av mur, etasjeskillere av riegelsteiner med påstøp, se figur 3, og betongskillevegger. Bygget er ikke oppført i Byantikvarens gule liste. Prosjektet startet opp i 2014, og selve byggeprosessen begynte juli 2021 og har en planlagt byggetid på 24 måneder, med ferdigstillelse i juli 2023. [30, 79]

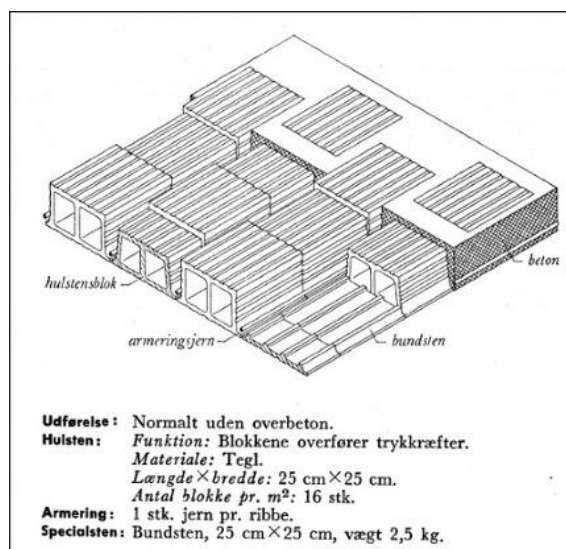


Fig. 3: Riegelstein dekke

Prosjektet er i skrivende stund fordelt på tre ulike faser. Bygget i Christies gate er kommet lengst i prosessen, deretter Sannergata og til sist Dælenenggata. I Christies gate er elementene godt implementert i den eksisterende konstruksjonen og det er påbegynt prosesser for å ferdigstille de nye boligene. Ved Sannergata er elementene montert og det er startet opp innvendig arbeid, som varme i gulvet og tilpasninger på elementet etter eksisterende ventiler. Dælenenggata har revet ferdig og begynt montering av styresvill og bæresystem. Overskuddsmateriale er samlet til gjenbruk eller kastet.



Fig. 4: Status fra Christies gate. Elementene har kledning utvendig.

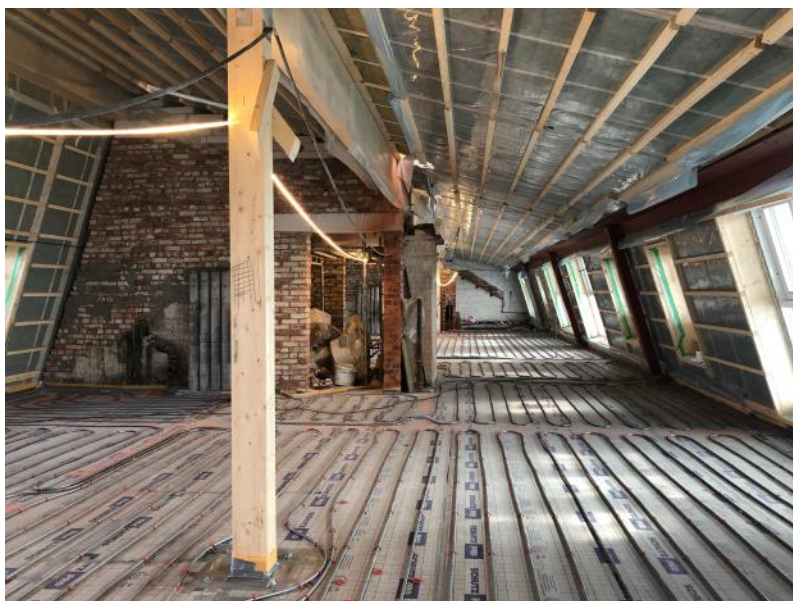


Fig. 5: Status fra Sannergata. Elementene mangler innvendig og utvendig kledning.



Fig. 6: Status fra Dælenenggata. Elementene er ikke montert.

Den nye takkonstruksjonen hever mønet med cirka 1,6 m. Mansardtaket ivaretar eksisterende gesims og gjør at sikten fra gata er tilnærmet lik som i dag. Utformingen løser problematikken med de strenge reguleringsplanene fra Oslo kommune angående fasadeendring. I følge Derlick Arkitekter, som var arkitekten i forprosjektet, ble Charlottet haven i Danmark brukt som forbildeprosjekt, se figur 7. Prosjektet bestod av et påbygg på 2 etasjer. [30]



Fig. 7: Charlottet haven. Foto: Lundgaard & Tranberg Arkitekter

Murgårdbebyggelsen er påvirket av den såkalte Berlinerarkitekturen og er helt unik fra byggeskikken ellers i Norge. Karakteristiske tegn på denne byggestilen er rette kvartaler, karnapper, brutte hjørner og detaljer i fasaden til utsmykning, inspirert fra tidligere epoker [57]. De nevnte kjennetegnene bærer preg av fokus på fasade og var bevisst brukt for å skape en opplevelse. Fargebruk og estetiske detaljer er nøye utvalgt fra gateperspektiv og gjør det gunstig for Sannerkvartalet med en takkonstruksjon som ikke avviker fra reguleringene [57].

1.6 Fredensborg AS

Fredensborg Bolig er en av Europas største byggherrer, også for Sannerkvartalet. De har mye erfaring med bruk av prefabrikkerte elementer og moduler på nybygg. I tillegg til å ha vært med på en del påbyggingsprosjekter. Sannerkvartalet er eneste prosjekt der skråtak erstattes med et nytt element. De sier midlertid at de disponerer bygårder der en tilsvarende utbygging er aktuell. Fredensborg meddeler at de ser nytten av å effektivisere utbyggingen av bygårdene. [83]

Heimstaden er et boligeiendomsselskap som anskaffer utvikler og forvalter eiendom. Heimstaden drifter og vedlikeholder bygningene, mens Fredensborg eier. I dag disponerer Heimstaden over 100.000 leiligheter i Norge og utlandet. Samlet markedsverdi på eiendomsporteføljen og andre investeringer er nærmere 150 milliarder kroner, og med leieinntekter på nesten åtte milliarder i året. [43]

2 Tilnærming og metoder

Opgaven har benyttet kvalitative metoder, for få et overordnet syn på en kompleks byggemetode. Forskningsmetoder benyttes for å teste ut prinsipper, finne holdbare påstander og sikre argument. I tillegg ble det vurdert som lite hensiktsmessig å benytte kvantitativ metode, siden prosjektene av denne typen er komplekse og unike, og et resultat vil derfor være vanskelig å generalisere.

Opgaven baserer seg på et litteraturstudie, prosjektstudiet Sannerkvartalet, supplert med semistrukturerte individuelle intervjuer. Intervjuobjektene er aktuelle fagpersoner og aktører som har vært involvert ved lignende prosjekter som Sannerkvartalet. I tillegg har vi fått tilgang til Sannerkvartalet sin digitale dokumentsamling, samt fått tegninger fra andre aktører. Samhandling mellom aktører med denne fremgangsmåten gir en helhetlig og praktisk forståelse til å kunne redegjøre for prosjektet i dybden. I etterkant av intervjuene har det oppstått behov for ytterligere informasjon og dermed utvekslet gjennom e-post. En styrke med å bruke flere kilder til datainnhenting er at det oppnås et bredere spekter av utfordringer innunder problemstillingen. Dette styrker også synspunktene i oppgaven. Tilsendte dokumenter bekrefter data som er innhentet gjennom intervju og observasjon. [70]

Et litteraturstudie kartlegger generell informasjon og fremhever viktige konsept innenfor et forskningsfelt. Litteraturstudiet ble brukt til å få en oversikt over temaet og for å kunne stille nyanserte og reflekterte spørsmål til intervjuobjekter. Litteratursøket baserer seg på informasjon hentet fra Oria, Scopus, NTNUopen og Google Scholar, med søkeordene oppgitt i tabell 2.1. Dette studiet er brukt til finne relevante prosjekter for å sammenligne Sannerkvartalet med. Fremgangsmåten har vært å ta kontakt med elementleverandører med teknisk godkjenning fra SINTEF. I tillegg har mellomstore entreprenører i Norge blitt kontaktet. Dersom det har vist seg at de kontaktede ikke besitter relevant erfaring, har de i mange tilfeller henvist videre til andre aktører eller prosjekter. På aktuelle referanseprosjekter har arkitekten, RIB og byggherre blitt spurt om de kjenner til andre aktuelle prosjekter. For å sjekke at relevante prosjekter er oppsøkt har vi kvalitetssikret prosjektene opp mot databasen til Byggfakta. En full oversikt over prosjekter er gitt i appendiks A.

Tabell 2.1: Søkeord benyttet i litteratursøk

Norske uttrykk	Engelske uttrykk
Onfill	Roof stacking
Påbygg	Rooftop extension
Vernestatus	Vertical extension
Takombygging	Rooftop conversion
Råloft	Attic conversion
Prefabrikkerte takelementer	Loft conversion
Prefabrikasjon	Adaptive reuse
Innkjøpsfase	Heritage
Bruksendring	Listed buildings and conservation status
Loftsleilighet	Building transformation
Urbanisering	Unused attic space
Befolkningsvekst	Prefabrication
Økende boligpriser	Prefabricated roof elements
Ny etasje	Off-site construction
LCA	LCA
Fortetting	Densification
Bygård	Transformation
Utfordringer med 3D skann	Challenges with 3D-scan
Murbyen Oslo	The town built in masonry, Oslo
Brannsikkerhet	Fire safety

Etter at oppgaven ble fremlagt av AF er det gjort refleksjoner som har påvirket den endelige problemstillingen, dette i samråd med intern og ekstern veileder, for å få størst mulig relevans.

3 Markedspotensiale for loftsutbygging med prefabrikkerte takelementer

3.1 Hvilke bygg egner seg for loftsutbygging?

Det er stor etterspørsel etter boliger i storbyer, men lite tilgjengelig plass. Urbanisering er også en faktor som øker trykket og de sentrale strøkene er mest utsatt. I avgrensingen gitt i kapittel 1.2 er det forklart at oppgaven i hovedsak ser på prosjekter innenfor norden. Problemstillingen gjelder likevel flere steder i verden. For eksempel anslår regjeringen i Storbritannia at det må bygges 300 000 boliger per år for å holde tritt med boligetterspørselen; i dag er verdien omtrent halvert. Innbyggere i London bruker, som resultat av boligmangelen, halvparten av inntekten sin på husleie [73]. I Tyskland bekymres de over samme problemstilling, siden det forventes et behov for 500.000 nye boliger de neste 3 årene. Det er anslått at 85% bor sentralt i Tyskland og det er derfor allerede begrenset med plass [46].

Loftsleiligheter med skråtak begrenser det brukbare arealet, avhengig av takvinkel. Utsyn og dagslys er en viktig bestemmelse i reguleringene, og den horisontale sikten blir ofte begrenset ved takvinduer. En slik takkonstruksjon er mer utsatt for overoppheting på sommeren, sammenlignet med takopplett som gir horisontalt utsyn [24]. Byggemetoden å rive eksisterende tak og legge til eventuelle etasjer fremmes av FN's agendaer som en bærekraftig tilnærming [20].

I Wien er det utbredt med loftsutbygging. I flere tilfeller transformeres taket fra et saltak til et mansardtak, med en stil og form som tilpasses den historiske epoken til bygningen [24]. Schuberth og Schuberth, et Østerriksk arkitektkontor, forklarer på telefon at loftsutbygging er populært i Østerrike siden det frisker opp fasadetrekk, infrastruktur og fellesareal. Disse endringene gir utbygger lov til å bygge på taket så lenge det gjøres under regulert høyde; uten at byantikvaren involveres [24]. Eksempler på hvordan takutbygginger kan løses på en spennende og annerledes måte er vist i figur 9–11. Flere eksempler er vist i kapittel 7.6.



Fig. 9: Et eksempel på en loftsombygging i Gusshaustrasse, Wien. Av BMW Arkitekten [54].



Fig. 10: Dapontestrasse, Wien. Av BMW Arkitekten [81].



Fig. 11: Böcklinstrasse, Wien. Av BMW Arkitekten [48].

Litteratursøket avdekker et stort potensiale og en utbredt kultur i Europa for å utnytte loftsetasjene til fortetting [44, 49, 76, 87]. I følge Fredensborg disponerer også Heimstaden mange bygårder i hele Europa som har potensiale for å bygge ut loftene for å gi bedre utnyttelse av loftet med en ny takkonstruksjon eller flere etasjer.

For Oslo er fortettingmetoden en aktuell strategi, siden etterspørselen er stor og det er dermed høyt trykk på ledig areal. [82]. Kommuneplanen i Oslo fra 2015 belyser dette og skisserer et behov for flere boliger i indre by og ved strategiske knutepunkter. Det er enighet fra politikken å utnytte Oslos ledige loftsarealer.

Forskningen utført av Amer m.fl gir en universell metode som kan brukes til å kartlegge potensialet for loftutbygging i Europa [21]. I Norge har Simonsen gjort et lignende arbeid som Amer m.fl i hans masteroppgave, i samarbeid med OBOS. Han kom frem til at de mest aktuelle boligene var bygårder fra 1890-1920. Bygårdene fra denne perioden har ofte en sentrumsnær beliggenhet og store tørkeloft, som opprinnelig ble brukt til lagring og lignende. Bacheloroppgaven derimot fokuserer på prosjekter der det eksisterende taket rives og gir muligens en annen konklusjon for hvilke bygg som egner seg. I tilfeller der det eksisterende taket beholdes er innvendig høyde en begrensning. Det vil derfor være et større marked for rehabilitering med loftsutbygging, sett opp imot rehabilitering der taket beholdes. Samtidig må det i større grad tas hensyn til byregulering og verneverdi ved riving av tak. Loftskonverteringer i historiske områder er en kompleks og sensitiv oppgave. Den nye bebyggelsen må tilpasses eksisterende bebyggelse og omgivelser [82]. I tillegg er kommunedelplanen, byggehøyder, utnyttelsegrad og kommunens uttalelser om fortetting i området viktige faktorer for hva som er gjennomførbart av loftutbygging. [21, 82]

Rebuilding AS er et arkitektfirma som har spesialisert seg i transformasjonsprosjekter og kartlagt potensielle objekter i Oslo [10]. De forteller på telefon at fremgangsmåten har vært å overlape vernekartene med kommunedelplanene, for å se hvor det kan bygges flere etasjer. I denne kartleggingen har de prøvd å finne bygninger som ikke har et formelt vern, men som står i fare for å bli revet. De sier at så finnes mye bebyggelse utenfor bykjernen som ikke er gullistet, og dermed har potensiale for utbygging av loft. (Telefon, Rebuilding AS, 14.02.22)

Bygg fra etterkrigstiden og frem mot 80-tallet har også potensiale for utbygging. Bydelene preges av drabantbebyggelse med modernistisk stil [82]. I dialog med Plan- og bygningsetaten, PBE, bekrefter de at bygningene egner seg til utbygging. Loftene har lav takhøyde som ikke egnes for boforhold, men som kan utnyttes bedre ved innsetting av nytt tak. Det er et stort marked for utbygging av loft, sett at byggene ikke er vernet. [38]. Bebyggelse etter 1980 er ikke like relevant gjennom det økte fokuset på arealutnyttelse [82].

3.2 Foreligger det egentlig et ønske om å fortette?

OBOS har bygget en stor andel blokker i modernistisk stil utenfor bykjernen i Oslo 3.1. Bygningene egner seg for loftsutbygging, men OBOS mener selv at det vil være krevende å overtale 2/3 av beboerne til å utføre utbyggingen.

Basert på en undersøkelse gjort av Simonsen, svarte 56% av 286 borettslag at den største utfordringen handler om gjennomslag og vedtak innad i boligselskapet. OBOS mener dette skyldes tunge prosesser med å samle full tilslutning fra alle beboere i borettslaget. For å få gjennomslag må det gjennomføres en generalforsamling. Her vil det avdekkes om beboerne er villige til å utføre et utbyggingsprosjekt. Grunner til at beboerne kan stemme imot utbyggingen, er fordi det vil påvirke de på ulike måter. Blant annet kan det hende at fellesarealet blir fordelt på flere eller at de vil plages med støy fra byggeplassen. [82]

Oslo sin strategi og satsingsområde går ut på fortetting av byen. Oslo sin strategi påvirker boligselskapene sine handlinger i liten grad. Det kan likevel oppstå tilfeller der de har behov for inntekter, og kan tjene inn på salg av nye boenheter. Det kan oppstå konflikt dersom borettslaget ikke finner finansieringsmidler til vedlikeholdsprosjektet, og det dermed går utover beboerne sin private økonomi. [82]. Samtidig gir loftsutbyggingen positive bivirkninger for borettslaget. Blant annet generell renovering av eiendommen, installasjon av heis og den økt bokvalitet [24]. Selv om tiltakene kan være gunstige ved mange tilfeller, er det få borettslag som har slått gjennom med utbyggingen. I dialog med de største borettslagene, er det få som har kjennskap til utbyggingsprosjekter. OBOS nevner midlertid Barkaleitet borettslag. Dette borettslaget hadde blant annet behov for omfattende rehabilitering, etablering av balansert ventilasjon og heis. Det ble vedtatt å legge til en ny etasje på eksisterende bygg for å finansiere arbeidet. Se figur 12.



Fig. 12: Skisse av påbygg med ny etasje av buet tak på Barkaleitet. Flere bilder i kapittel 7.5, figur 78.

Suksessfaktoren for Barkaleitet var, ifølge styret, god kommunikasjon med beboerne vedrørende prosjektet. Utfordringer som oppstod var for eksempel saksbehandlingen fra Plan- og Bygningsetaten, PBE, som tok år å ferdigstille. Tematikken i drøftingen var blant flere faktorer takvinkel og utforming. Prosjektet har i etterkant trukket frem som et godt eksempel på loftutbygging grunnet finansieringen, men også prosessen med beboerne.

Det har vært mange konverteringer av mindre råloft til boliger. Dette er dog prosjekter med liten prosjektstørrelse, der taket bevarer. Som regel skjer slike prosjekter når mindre sameier ønsker å heve standarden på bygget og finansierer en slik oppussing gjennom salg av råloftet på bygget. Her er det færre beboere og det kan derfor være lettere å få tilslutning. I følge PBE er aktørene som tar på seg slike prosjekter ofte mindre entreprenør-firmaer, som driver utvikling av eiendom. Dette stemmer godt overens med tilbakemelding gitt fra aktørene som er kontaktet. Som nevnt i kapittel 1.2 går dette ikke noe nærmere inn på.

Det kan altså tyde på at utbygging av råloftene har best forutsetninger der det enten er store økonomiske behov i borettslaget, eller der en bygård eies av én aktør. Ofte har boliger flere eiere, så det kan derfor være naturlig å tenke at bygninger uten boenheter er mer aktuelt til utbygging enn borettslag. Dette gir dog motsatt hensikt, dersom arealene ikke benyttes til boliger. Samtidig som at det er en måte å utnytte arealet på i storbyene generelt. Dette slik at annet ledig areal kan brukes til næringslivet. Det karakteristiske taket for næringsbygg er flatt tak, og går dermed utenfor vårt fokusområde. Et eksempel er Thiisgården på figur 13.



Fig. 13: Thiisgården, et næringsbygg har utbygd ny etasje [74].

Potensialet for å realisere utbygging med ny etasje er størst blant boligbygg med en enkel og profesjonell eierstruktur. Sannerkvartalet er et vellykket prosjekt siden det er én aktør som eier en stor andel av kvartalet. Dette gjør at de kan vedta prosjektet og forenkler beslutningsprosessen.

3.3 Kan råloftene utbygges mer effektivt?

”The last place you want to build a building is on a building site”

—*Alistair Gibb*, fra boken *Off-site fabrication* [41]

I følge en rapport fra SINTEF knyttes det forventninger til at byggeprosesser med prefabrikerte elementer fører til [55]:

- kortere byggetid
- mer effektive og smidige prosesser
- reduserte kostnader
- økt konkurransekraft
- bedre kontroll
- færre arbeidsulykker
- renere bygg
- bedre kvalitet og færre byggskader
- økt levetid

Disse forventningene har satt i gang prosessen med å utvikle konseptet hos store aktører i den norske Bygg- og Anleggsnæringen. Når det snakkes om prefabrikasjon er det ofte som alternativ produksjonsform til plassbygging [55]. Større prosjekter har flere ressurser og kan legge opp til industrialiserte arbeidsmetoder, som drar nytte av digitaliserte verktøy og serieproduksjon [71]. Goodier and Gibb har i sin forskning fra 2007 tatt for seg holdningen til prefabrikasjon i næringen. De var i kontakt med totalt 80 aktører i bransjen. Tilbakemeldingene de fikk baserer seg på hvilke fordeler og ulemper som finnes med byggemetoden. Oversikten er oversatt etter beste evne i tabell 3.1 - 3.2.

Tabell 3.1: Fordeler med prefab

Fordeler	Prosjekterende		Entreprenører	
	% av svar	% som førstevalg	% av svar	% som førstevalg
Redusert byggetid	87	38	92	69
Økt kvalitet	79	28	77	15
Konsistent produkt	77	18	54	0
Mindre feil	79	8	69	0
Økt verdi	51	5	23	0
Bærekraft	49	3	31	0
Redusert byggekost	44	3	15	8
Redusert livsløpskostnad	41	0	15	0
Økt fleksibilitet	33	0	15	0
Økt tilpasningsmuligheter	33	3	0	0
Økt levetid på produkter	28	18	15	0
HMS	18	15	8	8

Kilde: Goodier and Gibb [42]

Tabell 3.2: Ulemper med prefab

Ulemper	Prosjekterende		Entreprenører	
	% av svar	% som førstevalg	% av svar	% som førstevalg
Dyrere	67	54	77	38
Lengre bestillingstid	46	8	62	8
Motstand fra byggherre	38	13	31	23
Mangelfull info	33	5	46	0
Økt risiko	36	0	15	0
Få standarder tilgjengelig	33	3	23	0
Negativt rykte	28	0	46	8
Ikke tilgjengelig lokalt	18	5	15	0
Mangelfull erfaring	11	3	38	15
Utilstrekkelig kvalifisert personell	21	0	23	0
Redusert kvalitet	13	0	15	0
Reguleringer	13	0	31	0

Kilde: Goodier and Gibb [42]

4 Byggteknisk

4.1 Rehabilitering av murgård

Murgårdene bygget i perioden 1870 til 1940 har mange likhetstrekk og kan derfor kobles til rehabiliteringen av Sannerkvartalet. Ved rehabilitering av murgårdene sees det på aktuelle tiltak for utbedring opp mot kostnad og de lokale utfordringene på stedet. Murgårdene kan ha ulike komplikasjoner ut ifra byggemateriale, belastning over tid og geografisk plassering. Å bygge om gamle bygårder forutsetter god planlegging og utførelse. Blant annet vil det være viktig å kartlegge brannsikkerheten til bygget, behov for utskifting av materialer og skjevheter i bygget [14]. Det er komplisert å oppgradere bygninger, slik at de tilfredstiller dagens krav til brannsikkerheten, dette utdypes i kapittel 5.4. Sikkerhetsnivået må tilsvare nivået av de seneste byggereglene, så langt det lar seg gjøre innen en praktisk og økonomisk forsvarlig ramme.

Materialer har ulik levetid og må byttes ut alt etter hvor godt de er vedlikeholdt. Murgårder har evnen til å ta opp de vertikale kreftene godt og har lang levetid. Reisverket i etasjeskillene og taket er bygget i tre, og vesentlig mer utsatt for skade med tiden. For å unngå fuktskader i taket kreves det god lufting og vannavledning.

Geografisk plassering av bygget kan få stor innvirkning på byggets evne til å holde seg vedlike. Setninger i grunnen kan bidra til å skape skjevheter i konstruksjonen som gjør det utfordrende å skifte ut deler av bygningskroppen. Skade på materialene kan være med å forsterke skjevhetene. Videre vil ytre påkjenninger forme og påvirke materialene over tid. [14]

Ved rehabilitering av en gammel bygning kan det oppstå komplikasjoner med bygget, og det er derfor viktig å gjennomføre en tilstandsanalyse i henhold til NS 3424. Tilstandsanalysen er en viktig del i oppstartsfasen siden den avdekker potensielle skader på bygget og tilrettelegger for videre prosjekteringsarbeid 4.2.

Det må tas hensyn til verneverdi og videreføring av det estetiske ved bygningen ved oppgradering av gammel arkitektur. Samtidig som konstruksjonen skal forbedre bostandard og oppnå bedre klimaskall. I enkelte tilfeller vil retningslinjene for bevaring av fasade sette rammene for rehabiliteringen. Bygningene kan være fredet, vernet eller kommunalt listeført og enhver endring utover ordinært vedlikehold må søkes om til kommunen [14]. Dokumentasjon av originaluttrykket bør gjøres før byggestart, for å sørge for at tegningene vil tilbakeføre fasadens antikvariske verdi; med mindre dette ikke er planen. Rehabilitering av vernede bygninger kan motta stønad fra støtteordninger forvaltet av Riksantikvaren. Sannerkvartalet er ikke ført opp på byantikvarens gule liste, men uttaler at de har en viss bevaringsverdi. [30]

Murgårder har evnen til naturlig ventilasjon ved at varm luft trekker opp gjennom konstruksjon og byttes med frisk luft fra ventiler eller huller i konstruksjonen. Oppgraderinger i ytterveggen skaper tettere konstruksjon og hindrer den naturlige ventilasjonen. Det vil si at etterisolering og justering av lekkasjetallene vil føre til at konstruksjonen er avhengig av nytt system for ventilasjon [14]. Når det gjelder Sannerkvartalet vil ikke utbyggingen påvirke byggets naturlige ventilasjon, men føre luftkanalene videre gjennom taket. Takelementet endrer ikke forutsetningene for byggets ventiler. Som vist på bildet 14 er det skåret hull i elementet for at ventilasjonsrørene skal gå helt gjennom taket.



Fig. 14: Hull i takelement tilpasset luftkanalene.

Energieffektiviteten til de eldre bygningene preges av lite isolasjon, naturlig lufting og store kuldebroer i taket som følge av kalde loft. Tidligere har luftlekkasje blitt forbedret ved å etterisolere, samt skifte ut vinduer; noe som potensielt hindrer tilluftsventilene grunnet et mer tett klimaskall. I tillegg har skorsteinene tidligere blitt murt igjen ved flere murgårder og hindrer den naturlige ventilasjonen. Prefabrikkerte takelement er derfor et godt tiltak for bedre energieffektivitet, uten å hindre de naturlige funksjonene i bygningen. Likevel vil det være svært kostbart og krevende å forbedre lekkasjetallene i henhold til dagens krav. Kravene til energieffektivitet gitt i TEK 17 § 14-2 skal tilfredstilles for nye boenheter på loft [30]. Derlick arkitekter på Sannerkvartalet forklarer at leilighetene ikke oppfyller kravene til energieffektivitet etter standarden, fordi det ikke gjøres vesentlige endringer i den eksisterende konstruksjonen. Følgende av dette gjør det omtrent umulig å oppnå energimerking B eller bedre. Det er søkt om fritak fra Plan- og Bygningsetaten sitt notat, § 31-2 ledd fire, som omhandler avvik fra energikrav fra plan- og bygningsloven. Søknaden baserer seg på at leilighetene ikke tilfredstiller kravene i TEK17 sitt kapittel 14. [30]

For utnyttelse av bygget til ny boenhet er det flere retningslinjer. Blant annet skal det tas hensyn til dagslys, utsyn, atkomst, planløsning, installasjoner og bruksarealet [15]. Utbygger gjør smart i å få oversikt over muligheter og begrensninger ved prosjektet. Gamle bygårder kan ha omfattende skader som skaper risiko for kostnadstap. Ved oppretting av nye boliger følger også krav om bod, rømningsveg, endring av fasade [15], som kan skape uforutsette kostnader. Sannerkvartalet har avsatt tilstrekkelig bodareal i byggene for de eksisterende og de nye boenhetene i henhold til TEK17 § 12-10 [30]. Tidligere har bygningene hatt bodareal på loftet, men tross endring i bruksareal er kravene til nødvendig oppbevaringsareal til beboerne opprettholdt. Sannergata og Christies gate har nå bodareal plassert i kjelleren og Dælenenggata både i kjeller og underetasje. I figuren nedenfor 15 vises situasjonsplanen til den opprinnelige konstruksjonen. [14]

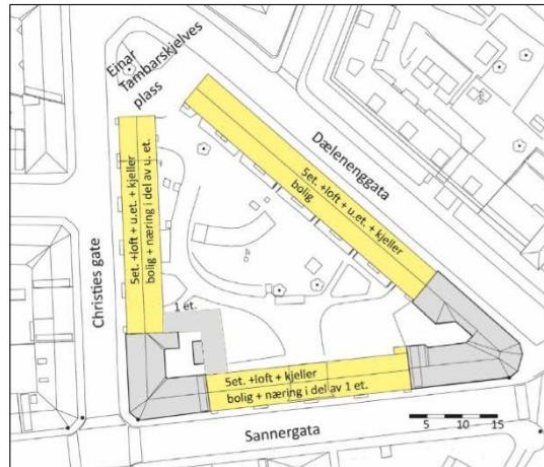


Fig. 15: Eksisterende situasjonsplan for Sannerkvartalet [30]

Under utarbeiding av byggesøknaden er det viktig å studere reguleringsplanen for lokale begrensninger, og notere seg om man er nødt til å søke om avvik fra standarden 4.3. I Sannerkvartalet er det tatt hensyn til reguleringene når det gjelder endring av fasade og sikt fra gaten. De tre bygningene har små ulikheter i konstruksjon, høyde og antall boliger, og det er derfor søkt i tre separate søknader om tiltakene. Bygningene faller likevel under de samme tiltakene. [14, 30]

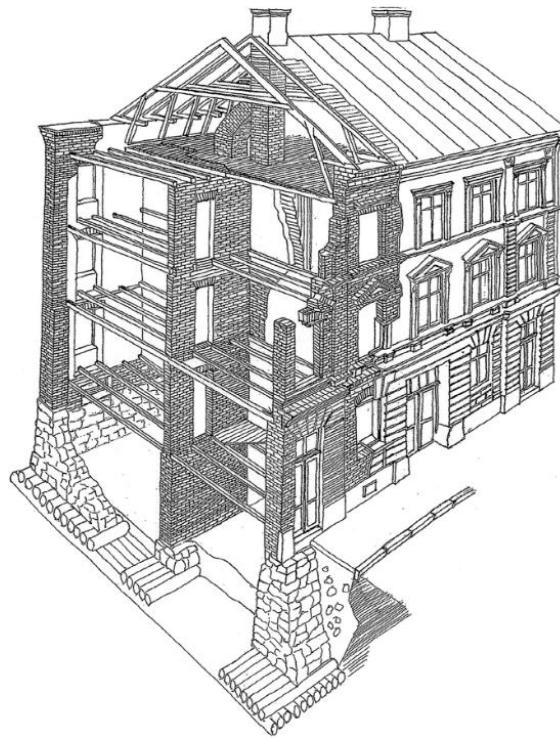


Fig. 16: Typisk murgård fra 1800-tallet [14]

4.2 Typiske skader på murgårder og tilpassede løsninger

Som følge av byggfornyelsesprogrammer fra 1970 til 1990 ble murgårder landet over fornyet [14]. Murgårdene i storbyen har som beskrevet flere naturlige funksjoner som følge av konstruksjonen, og ved utskiftninger kan dette påvirke til å skade bygget. Denne fornyelsen gikk i hovedsak ut på utskifting av vinduer og toalett. Begrensninger i finansieringen satte hinder for å gjøre større fornyelser, som utbedring av skjevheter eller utskifting av materialer. Det har vært tilfeller ved utbedring av materialene, der det ikke er tatt hensyn til brannsikkerhet. En annen type skade som oppstår ved eldre bygninger generelt sett er endringer i fasaden og det arkitektoniske. Etterisolering og utskifting av vinduer fører til tettere klimaskall, kombinert med lukkede luftenventiler og murte skortsteiner som dermed gir oppsamling av vann i konstruksjonen uten nødvendig lufting. Det kan være brukt byggemetoder til takene på de eksisterende murgårdene som ikke er heldig utformet og skaper oppsamling av vann. Dette kan igjen føre til vannlekkasje når taket ikke holder mengden. En siste skade som kan finnes ved eldre murgårder er kondens inne ved de innmurte trebjelkene i muren. Ved mistanke om skader på råbygg, bør det gjennomføres en tilstandsanalyse.

Murbyen Oslo har opprettet en side som søker kontakt med eiere og forvaltere av murgårdene i Oslo. Det kan bestilles befaring som skal bidra med å sikre at murgårdene i byene bevares. Nettsiden gir veiledning rundt problematikken med kjellere, vinduene, fukt, tagging, fasade vedlikehold til overvannshåndtering. [58]

Kjellerne er svært utsatt for fukt. Fuktproblematikken har forverret seg siden bygget var nytt, på grunn av brukendring i kjelleren. Tidligere har kjelleren vært et allsidig bruksområde som både er benyttet til vaskerom, matrom og avfallsrom. Den allsidige bruken har bidratt til en naturlig ventilasjon i kjelleren, som følge av at kjellervinduer og ventiler stod åpne. [58]

Fra grunnen av er det lagt naturstein for å hindre fukt i å sige opp gjennom teglen. Teglsteinen er benyttet i bygningene fordi de er porøse, og sørget dermed for at fukt i konstruksjonen førtes ut og tørket. Et problem som har oppstått med tiden er at terrenget kan ha sunket og at overvannet dermed går forbi naturstein, og når opp til teglen i konstruksjonen. Bruk av kalkmaling til kjelleren har likevel flere fordeler, blant annet at den ikke tetter konstruksjonen men lar fuktighet trekke ut av bygget. Fordeler for inneklimate er at kalken reflekterer dagslys og gir et lysere uttrykk [58]. Kalk i seg selv er basisk og den gir dermed en nøytraliserende effekt på overflaten.

Fuktskadene på bygget kommer som sagt av samlet vann i konstruksjonen som ikke luftes. De fysiske skadene som oppstår ofte i murgårder er saltutslag, nedfall av puss og avflassing på malingen. Malingen sprekker fort opp dersom overflaten bakom er skadet og det samler seg fukt. Skadene oppstår ofte i kombinasjon med dårlig vedlikehold og manglende drenering av overvann bort fra bygningen. Setninger fra bygget kan også gi endring i terrenget i forhold til grunnvannshøyden. På den måten kan vannet med salter som tas opp i materialet krystallisere og trykke på materialet fra innsiden og til slutt sprekke. Det er ikke alltid løsningen å benytte sterke materialer som sement til å fikse problemet. Det som kan oppstå dersom sementen lukker allerede åpne materialer, er at fukten stenges inne og gir skadene nevnt ovenfor i tillegg til dårligere inneklimate. Derfor er kalk å foretrekke foran sement, som gjør det mulig for konstruksjonen å puste bedre. [58]



Fig. 17: Saltutslag som følge av fuktskade i murgård [47]



Fig. 18: Malingsflass som følge av fuktskade på murgård [22]



Fig. 19: Saltsprenging som følge av krystallisering i materialet [23]

For å finne skadene på bygget, har murbyen Oslo [58] ramset opp seks punkter som huskeliste;

- Det er en karakteristisk lukt som oppstår ved råtedannelse på konstruksjon. Det kan både lukte rått eller sopp. Finn ut hva som skaper råtedannelsen i utgangspunktet, og finn en løsning som ventilasjon. Dersom man er usikker kan det være lurt å forhøre seg med rådgiver.
- Gjennom sommeren og frem til vinteren bør alle vinduer og ventiler være åpne. På vinteren er det fordelaktig å ha så mye som mulig åpent, sett at kjelleren ikke får frost.

-
- Bruk såkalte åpne materialer til å vedlikeholde vegger.
 - Sørge for tilstrekkelig drenering bort fra bygget.
 - Ikke lagre objekter som ikke tåler vann ned mot gulvet og inn mot veggen i kjelleren på murgård.
 - Tiltak på eldre murgårder bør utføres av utførende som har erfaring med slike bygninger.

4.3 Søknadsprosess og kulturminneloven

De fysiske begrensningene til bygningen setter rammene for utbyggingen av en eksisterende bygning. Tilstanden til bygget kartlegges og avdekker begrensningene gjennom vernestatus. Ved å dokumentere hvilke rammebetingelser som gjelder, blir det lettere å argumentere for konkrete forslag til kulturminneforvaltningen i tidlig fase. [11]

Rollene i søknadsprosessen fordeles ut ifra kunnskapsområdene til de ulike aktørene. Riksantikvaren har ansvar for at den statlige kulturminnepolitikken blir gjennomført og har et overordnet faglig ansvar for den regionale kulturminneforvaltningen i arbeid med kulturminnevern [11]. Fylkeskommunen har anledning til å foreta midlertidig fredning etter kulturminneloven. Dersom det tilsier at et bygg er under fredning og det ikke er presisert nærmere, forklarer fredningsvedtaket at det ikke vil være lov å rive, flytte, bygge på eller forandre materialer og fargevalg. Dette gjelder andre tiltak utover vedlikehold. Videre står det at slike tiltak krever tillatelse fra myndighetene. Fredningen skal derimot ikke gjøre at kulturminne ikke blir brukt, og det kan derfor gir dispensasjon fra fredningsbestemmelsene så langt det ikke reduserer verneverdien til bygget [11]. Forfatter av søknaden for tiltakene bør gjøre seg kjent med om de samme tiltakene gjelder for flere bygninger. Det gjør jobben enklere, ved at søknadene kan inneholde mye av de samme redegjørelsene og de spares for arbeidskraft. Sannerkvartalet har tre separate søknader, med mange av de samme tiltakene. Gjeldende reguleringsplan for Sannerkvartalet går under kommunedelplanen fra 2015. [30]

En oversikt over alle fredede eiendommer og fredningsvedtak finnes i databasen Askeladden [11]. Det er et nyttig redskap for kulturminneforvaltningen i vurderingen av søknader. Utover dette kan lignende informasjon finnes i Byantikvarens gule liste, som viser vernestatus for eiendommer i Oslo. Sannerkvartalet befinner seg ikke på den gule listen.

I forkant av en byggesøknad anbefales det å arrangere en forhåndskonferanse med Plan-og bygningssetaten der det kartlegges hvilke krav som stilles til søknaden. Det kan lønne seg å redegjøre for hvilke tillatelser kulturminneforvaltningen krever [11]. På Sannerkvartalet er tiltaket delt opp, grunnet bruksendring av loft.

Tiltak som må gjøres rede for i byggesøknaden er løsninger for lyd. På Sannerkvartalet er planområdet i gul og rød sone [30]. Boenhetene har tilgang på stille side mot bakgården, og det stilles krav til at minimum to soverom vender mot denne siden. Tiltaket det søkes for faller innunder bestemmelsene for avvikssonen [30].

På Sannerkvartalet ble det søkt fravik om heis. Den eksisterende situasjonen ble vurdert og avdekket muligheter for etablering av heis i tilknytning til noen av oppgangene. Det ble også avdekket at det ikke var mulighetene for heis i de resterende bygningene. På bakgrunn av dette ble det søkt om fravik i henhold til redegjørelse under om fritak fra TEK17 § 12-3 om krav til heis i byggverk for den eksisterende konstruksjonen. [30]

4.4 Teori om råloft

Ved utbygging av råloft skal det tas hensyn til det arkitektoniske uttrykket dersom det plasseres takopplett og takark. Nye komponenter til konstruksjonen skal tilpasses den eksisterende fasaden, for å ivareta det estetiske. Dette gjøres også for at den nye fasaden ikke skal bryte med omgivelsene [15]. På Sannerkvartalet preges fasaden av rød tegl. Etasjeskillene markeres ved linjer og vinduene rammes inn med mørk farge. Takvinduene er tilpasset vinduene til bygningen, plassert med lik avstand. [30]

Det er viktig å gjøre seg kjent med kravene som følger ved etablering av nye boliger. Det stilles krav til lydisolering mellom de nye boligene, og ned til etasjen under. Kravene som skal oppfylles står beskrevet for lydklasse C i NS 8175 [15]. Beskrivelse av lydisoleringsprosessen er skrevet mer under 5.3.1. Videre stilles det krav til blant annet om brannsikkerhet, rømningsveg, krav til lagringsplass, parkering og universell utforming. Hver nye boenhet må ha tilgang til bod på minst $5m^2$, som har gunstig plassering for eier. I henhold til TEK17 skal alle ha tilgang på tilstrekkelig med utsikt og dagslys. Loftet må ha tilgang på begge deler for å være egnet til boliger. Hvert oppholdsrom må ha vindu som gir utsyn og lyser opp rommet. I mange tilfeller ved utbygging av råloft tilsvarer dette takvinduer. Takvindu kan skape problemer dersom det samles opp snø som igjen samles som vann i konstruksjonen. Det kan gi vanskeligheter for å åpne vinduet på vinterstid. Dersom leiligheten har mangel på dagslys kan det være en løsning med terrasse, som gir større overflate til vinduet. Da er det viktig å videre vurdere plassering av terrassen på taket med hensyn til det arkitektoniske. Loftets areal vil minske ved etterisolering av tak, vegger og gulv. Dette begrenser mulighetene for råloftet, med hensyn til kravene i TEK17.

4.5 Aktuelle byggemetoder i utbyggingsprosjekt

Ved nybygg eller utbyggingsprosjekter finnes det flere alternative byggemetoder som kan benyttes. Metodene varierer i utførelse, dog resultatet ofte har mange likheter. De fleste prosjekter i dag bygges med plassbygd løsning. Det betyr at bransjen har mye erfaring med plassbygging og har dannet gode rutiner i byggeprosessen for å tilrettelegge for dette. Fordelen med plassbygd er at de utførende har muligheten til å tilpasse ujevnheter på byggeplassen uten at det kreves en spesiell løsning. Det kreves ikke samme grad av nøyaktighet på tegninger med plassbygd, som fra en 3D-skanning til modulbygging. Dette er fordi de utførende klarer å kombinere tegningene sine opp imot virkeligheten, dersom det viser seg at oppmålinger er unøyaktige og det må improviseres. Dette er ytterligere krevende å finne nye løsninger for moduler som er spesialtilpasset og i utgangspunktet skal passe bygningen, som forklart i 7.2.3.

Precut er et uttrykk som benyttes for ferdigkappede materialer i bransjen. Ved å få ferdigkappede materialer på byggeplass vil prosessen gå raskere. Ved bruk av precut er det viktig å huske på mål og dimensjonering må være i orden før byggestart, slik at det ikke er gjort endringer etter de ferdigkappede materialene er levert. Precut kan også leveres på overmål slik at man har en toleranse for å justere inn mot skjevheter på byggeplassen.

Modulbygg og prefabrikkerte elementer er to byggemetoder som forbereder produktet på fabrikk og ikke byggeplass. Forskjellen mellom en modul og et prefabrikkert element er at modulene gjerne leveres som hele rom. Det vil si hele deler av bygningskroppen, som til sammen danner et modulbygg. Elementer leveres som en komponent i bygningen, for eksempel yttervegg-, tak- eller gulvelement. Fordelene er derimot ganske like. Begge byggemetoder tilrettelegger for at leverandøren kan sørge for mindre svinn ved byggeplass. Da er det også viktig at leverandøren kontrollerer svinn i tidligere faser av byggeprosessen. Moduler og elementer har en forutsigbar produksjon til byggherren og kort leveringstid. Samt tidsbesparende tid på byggeplassen, ved montering sett opp imot plassbygd. Det er ikke fjernt å kombinere de to byggemetodene med precut, ved at det leveres ferdigkappede materialer til elementleverandørene. Denne løsningen benyttes av RVT til prosjektet Sannerkvartalet. Å sette krav til leverandør av materialene til mindre svinn på fabrikk, vil kunne bidra til bespare miljøet for mye utslipp.

4.6 Prefabrikkerte takelement

Bygninger ferdigstilt mellom 1950-80 tallet har stort varmetap og utgjør en stor del av dagens bebyggelsen i storbyene. I forbindelse med dette vil det være svært nyttig i fremtiden å bytte ut eksisterende tak med nytt tak for å øke energieffektiviteten. [29]. Et forslag til regulering for Sannerkvartalet var å utvide de eksisterende leilighetene ved å øke takhøyden med 1 m. Tiltaket skulle sikre en større andel brukbart areal til de nye leilighetene. Det ble bestemt at en alternativ løsning der taket skiftes ut både ville ivareta omgivelsene bedre enn ved å heve taket, samtidig som at gulvarealet utvides. På denne måten kunne også den eksisterende gesimsen ivaretas. Ut-

formingen på taket er vel så viktig i vurderingen om større gulvareal. Mansardtaket ble utformet med høyeste gesims mot bakgården for å påvirke sikt fra hovedgaten minst mulig. [30]

Foruten å ha innvirkning på energieffektiviteten har også de eldre bygningene kulturverdi og formidler blant annet byggeår, stilart og geografisk lokasjon. Ikke bare vil utbyggingen være et hjem til beboerne, men symboliserer også geografisk plasseringen ved hjelp av utsmykning eller rent praktisk funksjon for konstruksjonen. Trebebyggelse er svært egnet for alle deler av landet, der også flere bygårder er bygget i tre. Ofte sett med færre etasjer og større skjevheter i konstruksjon, sammenlignet med murgårder. Valg av materiale til bygårdene er essensielt for hvilket arbeid som kommer til å prege renoveringen. Vanlige tiltak for renovering av trebebyggelse er utskifting av vinduer, etterisolering og fortetting av kuldebroer. Når det gjelder selve reisverket er det vanskelig å skifte ut enkeltelementer, uten å gjøre drastiske inngrep i bygningen. Utskifting av taket med et takelement vil derfor være en gunstig løsning for en effektiv måte å forbedre energieffektiviteten, samt bevare kulturminne til bygningen.

Prefabrikkerte elementer til prosjekt vil begrense byggeperioden, som vil gagne de utførende, byggherre og beboerne. Det gir bedre flyt i logistikken på grunn av mer forutsigbarhet hos elementleverandør. I tillegg blir elementet spesialtilpasset bygningen etter leverte mål. Dette kan gi komplikasjoner sett opp imot plassbygd med tanke på skjevheter i bygg, eller upresise målinger. Målingene hentes fra de gamle prosjekttegningene og kan avvike noe fra virkeligheten. Det vil derfor gjøre prosessen lettere å inkludere en 3D-skanning av bygningen i startfasen, for å øke detaljeringsgraden på elementet tidlig i prosessen. Mer om dette i kapittel 7.2.1.

I begynnelsen av prosjekt er det lagt opp til at prosjektet planlegges, tegnes og dimensjoneres for så å senere gå til innkjøp av materialer. Ved bruk av elementleverandør krever dette at prosjekteringen ferdigstilles tidligere i prosessen, slik at elementleverandørene kan begynne 7.2.4. Detaljer rundt prosjektet må være satt før leverandøren begynner å bygge, og det kan ikke gjøres drastiske endringer i prosjektet etter byggestart.

Fokus på miljøperspektivet endrer rammebetingelsene til lånet fra banken, mer om grønt lån i 5.10.4). Ved å følge en rød tråd som å stille krav til alle underentreprenører når det gjelder enkle grep for miljøet, kan totalt bidra til mindre utslipp. Det vil også gagne seg for AF som totalentreprenør å engasjere seg for miljøet gjennom enkle grep for å vise standpunkt. Derfor er bruk av prefabrikkerte elementer til å øke utnyttelsen av eksisterende bygg, i stedet for å bygge nytt et miljøtiltak samtidig som at det bidrar til å løse utfordringen med økende vekst i storbyene.

5 Byggtekniske føringer

5.1 Loftsutbygging fra råloft til nye boenheter

Det er flere momenter som må tilrettelegges for ved utbygging fra råloft til bolig. Blant annet skal det finnes løsninger for ventilasjon, bærekonstruksjon, utsyn og dagslys, varmeisolerende tiltak, lydisolering, brannsikkerhet, fuktsikring og atkomst. Videre må det vurderes hvordan dette skal samspille for å ikke skape plassmangel ved plassering av teknisk rom. Utover det rent praktiske for bygningen er det viktig å tenke på det arkitektoniske og bevaring av byggets estetikk. Ved oppstart kan det være lurt å kartlegge disse kravene opp imot brukbart areal og begrensningene til planløsning etter at kravene er innfridd. [15]

De prefabrikkerte elementene er ikke tilpasset skjevheter i bygget, med mindre det gjennomføres en 3D-skanning i forkant av byggeprosessen. For å løse konflikten ble det bygget opp forhøyning på begge sider av veggene til å jevne ut grunnen. Dette sikret en stabil montering og et stabilt resultat, se avsnitt 7.2.3.

Selv om løsningen fungerte i praksis, erfarte de på byggeplassen at den var tidkrevende og komplisert å løse med nøyaktigheten som krevdes. Det ble oppfattet som merarbeid for de på byggeplassen, og de la til at dette var et tydelig forbedringspotensial. Som nevnt tidligere kunne problemet vært løst ved å benytte 3D-skanning i forkant av prosjektet, også for å dokumentere skjevheter i bygget. Dette 3D-skanning skrives mer om i kapittelet 7.2.5.

5.2 Inneklima - Problemer og tiltak

Inneklima i bygningen er viktig å ta hensyn til siden den eksisterende konstruksjonen har naturlig ventilasjon. Det er viktig å ta hensyn til dette fordi dårlig inneklima kan føre til konsentrasjonsvansker, trøtthet, samt hodepine. Redusert inneklima kan føre til at beboerne er lettere mottagelig for sykdom og irritasjon rundt øye, nese og munn. Både dårlig inneklima og støy kan føre til stress og dårlig søvnkvalitet. Derfor er både lydisolering, kort byggeperiode og god lufting viktige løsninger. [12]

Sett at murgårdene er bygget på slutten av 1800- eller mot starten av 1900-tallet, stilles det likevel krav til isolering av lyd, varme og luftkvalitet. For å kartlegge inneklima kan det gjøres observasjoner av symptomer opp imot vedkommendes helsetilstand. Det er gjort lignende undersøkelser for å koble levestandard opp mot omgivelsene, der det viser seg at inneklima og dagslys er viktige faktorer. For å gjennomføre en presis analyse som dette, må alle aktiviteter og omgivelser gjennom dagen observeres. [12]

5.3 Tekniske installasjoner

Funksjonen av de tekniske installasjonene vil påvirke trivselen og levestandarden til beboerne. Installasjonene er derfor en viktig komponent å vedlikeholde etter standardene. Ved bruksendring av areal må det tas hensyn til kravene som følges med. Nye boliger krever nye tekniske rom. Siden funksjonen til det tekniske rommet påvirker omgivelsene til beboerne, bør det legges inn en margin; slik at kravene til ventilasjon overstiges med ca. 20 % (undervisning, Bozena Dorota Hrynyszyn, NTNU, høst 2021). Dette gir aggregatet mer kapasitet enn det den er dimensjonert for. Videre må det tekniske rommet ha tilstrekkelig med areal til å kunne skifte ut eller fikse på installasjonene i ettetid ved vedlikehold og lignende. Ved å tilrettelegge for delt inspeksjonsone mellom aggregatene sparer brukbart areal. Plasseringen av teknisk rom vil ofte være i kjeller eller tak for å ikke bruke av leilighetenes areal. Minimumsareal til teknisk rom er $10m^2 + 1\%$ av BRA. Takhøyden må minimum være 2,5m. [32, 80]

Gjennom Direktoratet for Byggkvalitet, dibk, og teknisk forskrift, TEK17, er det satt mange krav til de tekniske installasjonene i bygget, uavhengig om det gjelder eksisterende- eller nybygg. I dibk sin redegjørelse for teknisk forskrift, § 11-10, forklares det at installasjonene skal prosjekteres og

utføres slik at brannsikkerheten styrkes eller potensiell røykdannelse unngås. [32] Alle tekniske føringer som har en nødvendig funksjon under brann, skal være prosjektert slik at den fungerer uavhengig fra resten av strømmettet i bygningen. [32]. Brannteknisk utbedring av råloft forklares ytterligere i avsnittet 5.4.

På Sannerkvartalet er det tekniske rommet i kjelleren, og har tilstrekkelig kapasitet for både de eksisterende og nye boenhetene. Ved etablering av nye boliger ved Sannerkvartalet er det ikke laget nye tekniske rom i loftsetasjen, men lagt inn enkeltaggregat for hver leilighet (e-post, Margrethe Skomedal, GK Norge, 20.04.20222). Varmeteknisk, sprinkler og strøm er i teknisk tårn som går opp langs trappeoppgangen på begge sider. Størrelse på teknisk rom må sees i sammenheng med plassering av sjakter og geometri for å treffe føringsveier. Størrelsen på aggregatet og andre komponenter dimensjoneres utifra total luftmengde. Plasseringen av ventilasjonsanlegget avhenger også av avstanden til inntak / avkast (luftkvalitet). Kanalene må ha lett tilgjengelighet til teknisk rom. Det er plassbesparende å velge avkast loddrett mot taket.

Sentralt teknisk rom beskriver ett felles teknisk rom, mens desentralt gjelder der tekniske rom er fordelt flere steder i etasjen. Ved bruk av enkeltaggregat er dette en desentralisert løsning. Denne løsningen er benyttet ved Sannerkvartalet. Fordelen med desentralisering er at det sørger for begrenset med leiligheter koblet på samme luftventil, med hensyn til brannsikkerhet 5.4. En annen fordel er at mindre rør er mer tilgjengelig fra leverandørene og mindre kostbare enn spesialtilpassede og omfattende løsninger. Desentralisering er bedre for rehabiliteringsprosjekt, fordi områdene som endres i bruk allerede har en tiltenkt funksjon. Det er derfor kostbart dersom dette nye arealet brukes til felles teknisk rom (e-post, Margrethe Skomedal, GK Norge, 20.04.20222). Desentraliseringen løses i praksis ved at aggregatet implementeres i bodarealet til de nye leilighetene, som det allerede er krav til i TEK17. Ved denne løsningen må det bestilles større mengde rør, men sparer tid og penger på dimensjonering av store ventiler (e-post, Margrethe Skomedal, GK Norge, 20.04.20222). Desentralisering gjør det lettere å justere temperaturen i leilighetene. For nybygg er det ideelt med felles teknisk rom på taket, der det ikke tar opp areal som allerede er tiltenkt en funksjon.

Utfordringen med luftventilene til rehabiliteringsprosjekt, er at det fra gammelt av er dimensjonert for liten kapasitet. Dersom kapasiteten er tilstrekkelig, kan bygningen få problemer med utvidelse i antallet leiligheter. Videre er mange bygninger i storbyene opplistet i byantikvarens gule liste. Dette gjør bygningen mindre egnet til rehabiliteringen, siden det krever mer arbeid fra aktørene. Sannerkvartalet er ikke ført opp på listen og falt dermed utenfor problematikken. For Sannerkvartalet ble det valgt en løsning med balansert ventilasjon med mekanisk avtrekksventilasjon, i henhold til Norges byggforskningsinstitutt, NBI, 379.310 (e-post, Margrethe Skomedal, GK Norge, 20.04.20222). [9]

Et balansert ventilasjonsanlegg må i henhold til Byggforskblad 552.303 inneholde [9]:

- Ventilasjonsaggregat med tilluftsvifte, avtrekksvifte, varmegjenvinner, filtre samt eventuelt varmebatteri. Boliaaggregater har normalt ikke kjølebatteri.
- Kanalsystem for tilluft og avtrekk, friskluftinntak, avkast og lyddempere
- Ventiler og eventuelt reguleringsspjeld i kanalnett
- Tilhørende automatikk og betjeningspanel

Konseptet balansert ventilasjon skal gi et godt inneklima på en energieffektiv måte. Det går ut på at tilluft blir fordelt i bygningen gjennom kanalene, og avtrekksluft ut gjennom avtrekksventiler på rom med ekstra utsatt luftkvalitet [9]. Ventilasjonsanlegget påvirker energieffektiviteten til bygget gjennom årgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg og energieffektiv viftedrift gitt ved maksimal SFP-verdi (specific Fan Power) ved normalventilasjon [9].

Ved større endringer av ventilasjonen i et bygg, i dette tilfellet råloft, må ventilasjonsanlegget stå til dagens krav for nybygg. Det er mulighet å søke fritak fra dette til kommunen. Det ble søkt om fritak fra TEK17 § 13-13-3, angående ventilasjonsløsninger på Sannerkvartalet. Bygningen oppgraderes

så langt det er forenelig med eksisterende situasjon [30]. Både arbeidsmiljøloven, arbeidstilsynet og folkehelseinstituttet setter høye krav til byggets ventilasjon, som videre er utarbeidet i forskrifter om inneklime og luftkvalitet. Tabell 14 vedlagt 20, viser TEK 17 sine preaksepterte ytelser for luftmengder i avtrekket. Før det skal dimensjoneres for ventilasjon er det viktig å kartlegge uteluftskvaliteten i området eller andre lokale forurensninger. Lokale forurensninger måler ofte i svevestøv PM10 og nitrogendioksid NO₂. [2]

Tabell 14

Preaksepterte ytelser for avtrekksluftsmengder i bolig. Kilde: Veiledningen til TEK17

Rom	Grunnventilasjon	Forsert ventilasjon
Kjøkken	36 m ³ /h	108 m ³ /h
Baderom	54 m ³ /h	108 m ³ /h
Toalettrom	36 m ³ /h	36 m ³ /h
Vaskerom/tørkerom	36 m ³ /h	72 m ³ /h

Fig. 20: Avtrekksmengder for bolig Tabell 14 [2].

Ikke alle faktorer innenfor tekniske installasjoner er mulig å endre på ved rehabilitering av eksisterende bygg. Dersom rehabiliteringen av det eksisterende bygget gjør det mulig å revurdere løsningen for ventilasjon, kan det være fordelaktig å ikke plassere ventilasjonen på solsiden. Dette fordi det er mindre kostnadseffektivt å kjøle ned varmluft enn det er å varme opp luft. Det krever ytterligere strøm, som gjør det mindre energibesparende for miljøet. Når det gjelder varmetekniske rom er ikke dette relevant for rehabilitering, siden det allerede er en eksisterende løsning. Prinsippet følger sentral plassering fremfor desentralisering på nybygg. [9]

Ikke alle faktorer er mulig å endre på ved rehabilitering av eksisterende bygg. Dersom rehabiliteringen av det eksisterende bygget gjør det mulig å revurdere løsningen for ventilasjon kan det være fordelaktig å ikke plassere ventilasjonen på solsiden, fordi det er mindre kostnadseffektivt å kjøle ned varmluft enn det er å varme opp luft. Det krever mer strøm, som gjør det mindre energibesparende for miljøet. Når det gjelder varmetekniske rom er ikke dette relevant for rehabilitering, siden det allerede eksiterer en løsning. Varmeteknisk rom følger prinsippet om sentral plassering, fremfor desentralisering på nybygg.

5.3.1 Lydisolering

Lydmålingene ble gjennomført av akustikkrådgiver, Daniel Stusvik Haug, i én av leilighetene før utbygging. Det var tilrettelagt ved å fjerne tregulvet, slik at kun rådekket var igjen mellom loft og leiligheter under. Rådekket på Sannerkvartalet består av et påstøp med riegelsteiner, som toppes av tregulv. Sementblandingen er ujevn og det er ikke kartlagt spesifikt hvor det er mer eller mindre lydisolert i dekket (e-post, Daniel Stusvik Haug, Brekke & Strand Akustikk AS, 19.04.2022). Det hadde derfor vært ideelt å gjøre oppmålinger ved flere av leilighetene for å optimalisere lydmålingene. På denne måten kunne Brekke & Strand Akustikk fastslått mer spesifikke målinger. Utfordringen ved dette oppstod siden de ikke hadde tilgang på andre leiligheter i etasjene under, som eventuelt kan løses i fremtiden ved å kontakte flere av beboerne lenger i forveien. Resultatene fra lydmålingene ble brukt videre til å dimensjonere tiltak for å tilfredstille kravene til lydisolering i TEK17.

Under lydmålingene ble det ikke avdekket noen ytterligere utfordringer (e-post, Halldór Júlíusson, Brekke Strand Akustikk AS, 19.04.2022). Kommunikasjonen mellom aktørene på byggeplass opplevdes profesjonelt, og de trekker frem både ordene løsningsorienterte og resultatfremmende. Når det gjelder lydisolering til eldre eksisterende bygg, så har Brekke Strand hatt flere lignende prosjekter. Det de erfarer er at etasjeskillerne har mange usikkerhetsmomenter, siden de er bygget i stubbeloftsleire som har mye ulik vekt og oppbygging. Prinsippet følger utfordringen, som også var tilfellet ved Sannerkvartalet, om at det bør gjøres flere målinger på bygningen fordi etasjeskilleren varierer fra bygg til bygg men også innenfor samme bygg.

5.4 Brannteknisk utbedring av råloft

Ved etablering av nye boliger ut fra råloft, stilles det like høye krav som ved nybygg. Skilleveggene i den kommende etasjen skal stå til kravene for EL60 21. Planløsningen til loftet må tilrettelegges for at redningsmannskap effektivt kan komme til skadestedet. I tillegg til å dele opp loftet i brannceller, er det viktig å sikre brannvegger i overgangen mellom tak og yttervegg [16]. Seksjoneringsvegger er typisk for å dele opp bygget. Dersom bygget har høy risikoklasse, må det kunne evakueres horisontalt (Telefon, Hodnungseth. Lars, Branningeniørstudent, 05.05.22). Sannerkvartalet kvalifiseres som risikoklasse 4 [33]. Før 1949 var det ingen krav til oppdeling av loft, noe som tidligere har gjort byggene svært utsatt for spredning av brann. Dersom det oppstår brann må det sørges for at tilgjengelig vann og nødvendig teknisk anlegg opprettholder sin funksjon. [16]

Tabell 232

Oversikt over noen krav til brannsikkerhet som gjelder ved ombygging av bygårder

Kravområde	Krav	Kommentar/vilkår
Rømning	I utgangspunktet kreves to uavhengige trapperom som tilfredsstillende kravene til rømningsvei. Dersom rømning fra vindu eller takterrasse forutsetter assistanse fra brannvesenet, må aksept for dette være gitt i byggetillatelsen. Se Planlegging 321.033 .	Kommunen kan godkjenne én trapp på vilkår, for eksempel at automatisk sløkkeanlegg (sprinkling) installeres i hele bygningen eller at minst ett vindu er tilgjengelig for rednings- og sløkkeinnsats. Se [952] , Planlegging 321.036 og Byggdetaljer 520.391 .
Trapperom	<ul style="list-style-type: none"> – Trapperomdører skal ha tilfredsstillende brannmotstand. – Overflater i trapperommet skal ha minst klasse B-s1,d0. 	<ul style="list-style-type: none"> – Overflatene i trapperom kan ikke være av tre. – I bevaringsverdige bygninger kan deler av opprinnelig interiør bevares, etter nærmere vurdering.
Branncellebegrensende konstruksjoner	EI 60	Kravet om EI 60-konstruksjoner gjelder også skillevegger mellom råloft og loftsleilighet.
Brannvarsling	Man må som regel installere brannalarmanlegg.	Kontakt lokalt brannvesen. Se også [952] .
Slokking	Brannvesenet skal ha tilgang til redning og slokking.	Loftsutbyggingen kan medføre krav om sprinkling av hele bygningen. Se Byggdetaljer 550.365 .

Fig. 21: Branntekniske tiltak fra TEK 17 [16]

Sprinkler brukes som en sikkerhet mot spredning av brann. Det er et lite kostbart tiltak, sammenlignet med hvor stor mye det minsker risikoen for brann. Funksjonskravene i TEK 17 kan kreve installasjon av sprinkleranlegg med hensyn til brann [8]. Også i tilfeller for eksisterende bygninger kan kommunen kreve at det installeres sprinkleranlegg, med hjemmel i plan- og bygningsloven. Dette gjelder spesielt for bygningene som ikke har 2 uavhengige rømningsveier. Siden dette rammer Sannerkvartalet er alle oppganger sprinklet, samt loftsleiligheten. I 1895 ble det innført at bygårder skulle ha to separate rømningsveier. Loven ble opphevet i senere tid, men førte til at enkelte bygg fjernet det ene trapperommet til fordel for større boarealer [50]. Det er ikke krav sprinklerkrav til tiltak i Sannergata 32. For tiltak i Christies gate 19 og Dælenenggata 40 er det krav til sprinkling i alle oppganger og alle etasjer [30]. [8]

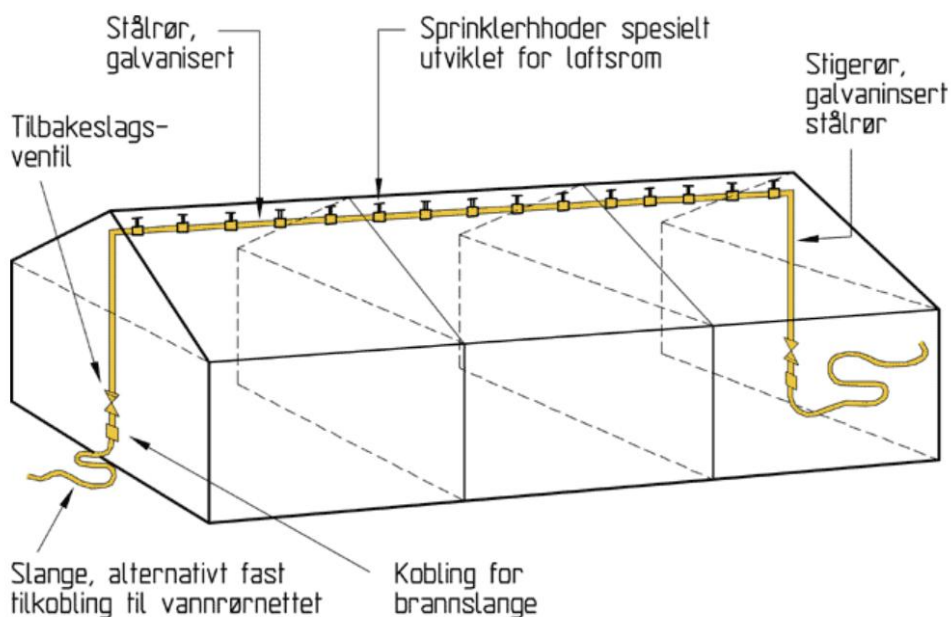
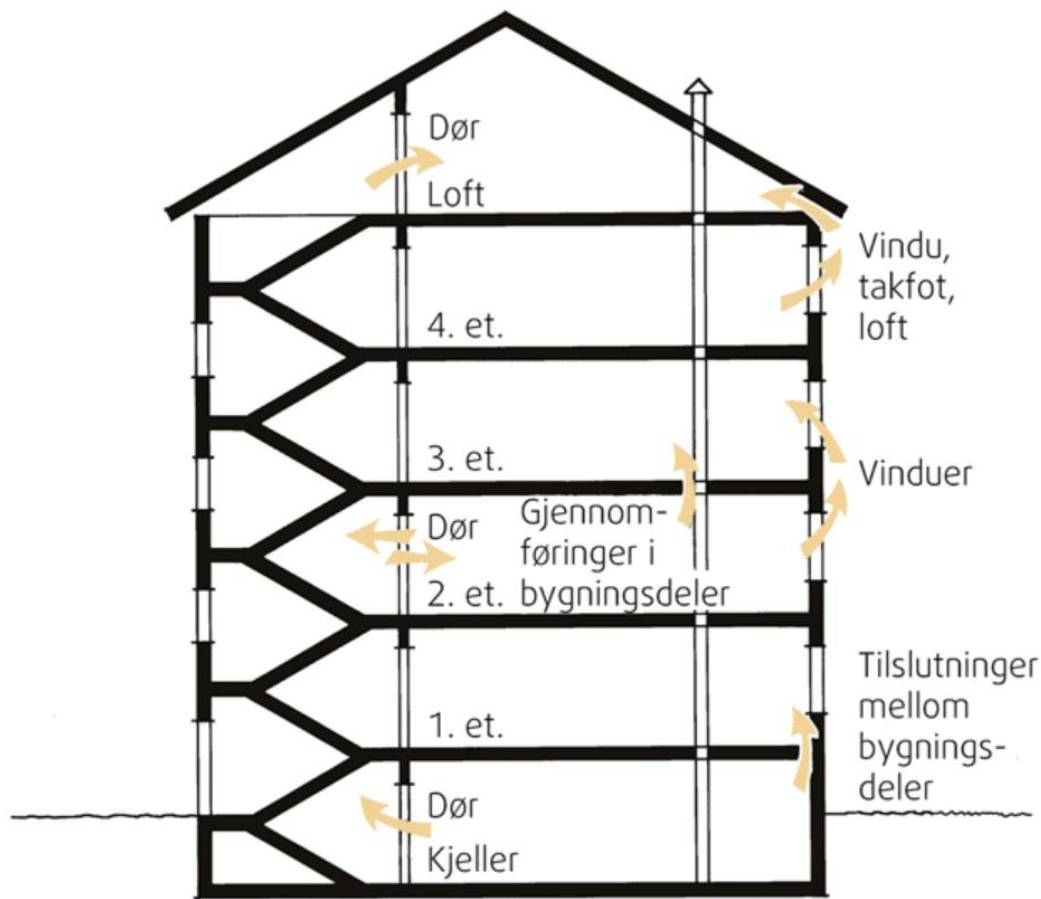


Fig. 52
Prinsipp for ettermontering av sprinkleranlegg i kaldt loft
Eksemplet viser anlegg med mulighet for tosidig vannforsyning.

Fig. 22: Sprinkler for en typisk boligblokk. [16]

Som byggherre er det fordelaktig å gjøre brannvesenet kjent med bygningen og løsninger for brannsikkerhet. På den måten kan slokningen ved brann skje så effektivt som mulig. Følgende punkter kan fungere som huskeliste for informasjon til redningsmannskape [16];

- Bedre tilgjengelighet til brannområdet og nabobygg.
- Bedre tilgang på loftet.
- Ved å kjenne tilgangen på slokkevann, er det en stor fordel for redningsmannskap.



Oversikt over brannteknisk særlig svake punkter i eldre murgårder

Fig. 23: Brannteknisk utbedring av murgård fra 1870-1940. [17]

Materialer og deres egenskaper kan påvirke brannsikkerheten i stor grad. Murgårdene har tradisjonelt sett en oppbygning av bærende og avstivende murverk som har tykkelse på ca. 114 mm [25]. Skillevegger og innvendig vegger er ofte bygget i trevirke, og gjerne med solide dimensjoner. Fra gammelt av kan det være lagt inn ekstra avstand mellom leilighetene som svekker brannmotstanden ut mot veggen; men som potensielt kunne fungere som en ekstra rømningsveg. Dog dimensjonene til treveggene er solide, vil utettheter i konstruksjonen redusere brannmotstanden kraftig. Av estetiske hensyn har det tidligere vært populært å plassere høye vinduer med liten avstand mellom hverandre. Dette øker risiko for spredning til neste branncelle ytterligere, enn dersom vinduene var mer spredt og med flere lag glass. [25]

Mange murgårder får i dag pålagt å gjøre tiltak i kjelleren for å øke brannsikkerheten. Utfordringen er at tiltakene ofte gjelder å tette alle overganger og åpninger med forsegling. I tillegg pålegges det å montere branndører. Mellom gipsen og det eksisterende etasjeskilleren kan det oppstå fukt. Et alternativt tiltak som ikke skaper råtedannelse, er sprinkling. Det er viktig å passe på at utbyggingen ikke utsetter brannsikkerheten til bygget. Løsninger som gjennomføres som branntiltak på eksisterende bygg, må vurderes slik at det øker brannmotstanden og ikke forverrer den. [58]

Ved Sanmerkvertalet har de tre byggene risiko- og brannklasse som følger [30]:

- Sannergata 32: Brannklasse 3, risikoklasse 4 for bolig og risikoklasse 5 for næring i plan 1.
- Christies gate 19: Brannklasse 3, risikoklasse 4 for bolig og risikoklasse 2 for bodareal i kjeller.
- Dælenenggata, eksisterende bygning: brannklasse 3, risikoklasse 4 for bolig.

Det er tilrettelagt for redning via Brann- og redningsetatens stigemateriell og er tilgjengelig fra alle gatene Sannergata, Christies gate og Dælenenggata, samt bakgård [30]. Rømningsveier for de tre byggene er ikke helt like grunnet ulik utforming. Se ?? for rømningsveier på Dælenenggata.

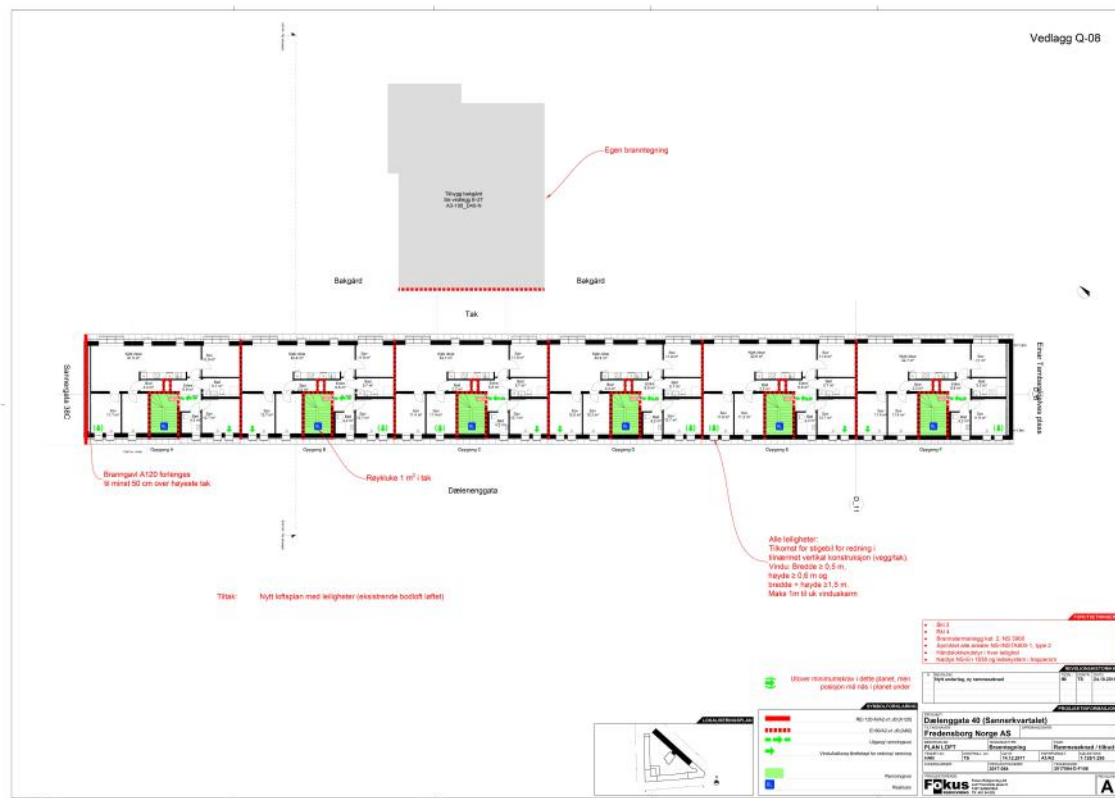


Fig. 24: Branntegning for Dælenenggata. [79]

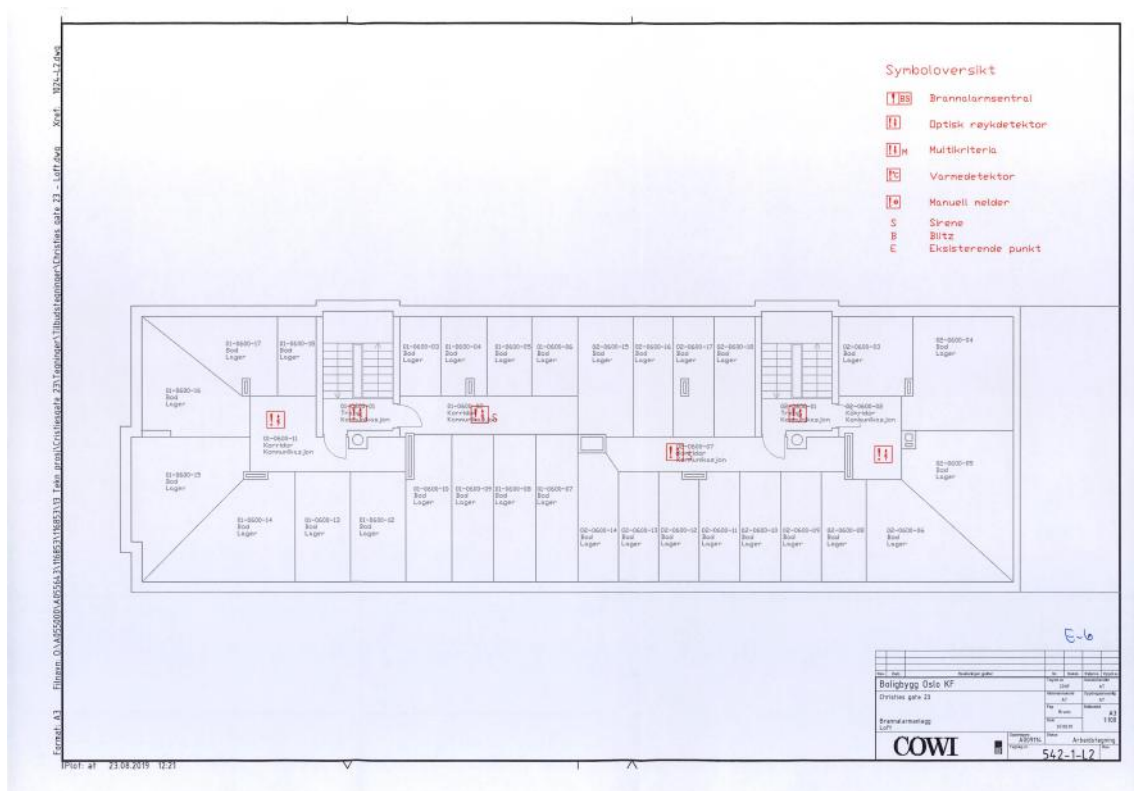


Fig. 25: Brannalarmanlegg for Christies gate. [79]

5.5 Klimaeksponering

Klimaet påvirker bygningenes materialer over tid. Eksponeringen kartlegges for å kunne anslå levetiden til en bygning gjennom hvilke materialer som er brukt og deres egenskaper. Helhetsvurderingen av omgivelsene og inn klima vil sammen være med å bryte ned bygningen. Ved rehabilitering er det derfor viktig å gjøre seg klar over væreksponeringen lokalt for rehabiliteringsprosjektet, og hvordan egenskapene til materialene virker inn i disse omgivelsene. Gjennom programmet Klima 2000 er det mulig å øke bestandigheten mot ytre klimapåkjenninger, samtidig som økt pålitelighet [26]. Programmet skal gjennom 14 forskningsområder gi et grunnlag for mer miljørettede valg som øker levetiden til bygget. Med endringer i været, som følge av forurensningen på jorda, vil byggherre gjøre smart i vurdere sine løsninger og tiltak på prosjektet med fokus på bestandighet. Ved å sikre gode materialer som tåler den lokale eksponeringen og tilfredsstiller funksjonskravene, øker levetiden til bygget, som igjen fører til færre utslipp. [26]

5.6 Planlegging av rehabiliteringen

Tiltak ved rehabilitering av eksisterende bygninger må tilfredstille kravene i TEK17, ifølge plan- og bygningsloven. Alt arbeid som går utover det som kvalifiserer seg som vedlikehold er regnet under denne loven. Det kan likevel gjøres unntak dersom råloft endres i bruk. Og rehabiliteringen fører til tapsprosjekt for å tilfredstille alle krav som endringen berører. For å få fritak må det mottas en vedtekt fra kommunen. [14]

Ved oppstart av rehabilitering, må det komme forslag til restaurering eller utbygging, samt planlegges hvilke tiltak som skal gjennomføres. Videre skal forslagene gjøres om til et byggeprogram, med tydelige mål og krav til endringene som gjøres. Etter byggeprogrammet er godkjent, begynner forundersøkelsen. Det stilles krav til aktørene utifra funksjon til bygget, og jo høyere kulturminneverdien til bygget er. [11]

Byggene på Sannerkvartalet er tilpasset helningen i terrenget fra nord til sør og fører til trapping på Christies gate og Dælenenggata. Høydeforskjellene på konstruksjonen gjør det gunstig å bruke prefabrikkerte tak elementer siden de plasseres leddvis og kan tilpasses nivåene.

5.6.1 Forundersøkelse

I forundersøkelsen må rammebetingelsene til bygget kartlegges. Den bør inkludere en tilstandsrapport, byggets kulturminneverdi og redegjøre for dersom tiltakene gir en bruksendring. Rammebetingelsene for bygget er både de fysiske begrensningene, men også hva som er bestemt i reguleringsplanen. I tillegg bør Forundersøkelsen inneholde et kostnadsestimat, som gir en indikasjon på hvilke utgifter som må påregnes. [11]

Kravene til kompetanse for arkitekt og byggteknisk rådgiver er blant annet [11];

- Erfaring fra tilstandsregistrering
- Innpassing av ny eller endret virksomhet i tilsvarende bygning.
- Kjennskap til vanlig materialbruk for alle innvendige og utvendige overflater.
- Kunnskap om eldre bærekonstruksjoner og fundamentering, og kontrollberegning av dem med utgangspunkt i dagens regelverk.
- Supplerende kompetanse fra bygningsfysiker, brannrådgiver, mykolog og teknisk konservator kan være nødvendig.

Tilstandsanalysen kan deles i tre nivå, der første nivået baserer seg på idéstadiet og viser til observasjoner. Videre er nivå 2 mer detaljert og går i dybden på tegninger, beskrivelser og dokumentasjon. Til slutt er analysenivå 3 spesifikt rettet mot bygningsdelene som har utfordringer ved utføring av tiltakene. Analysenivået avhenger av hvor langt byggeprosessen er kommet. Analysene samles til slutt som en tilstandsregistrering der det er fordelaktig å inkludere blant annet eksisterende bæresystem, materialer og dimensjoner. Samt at det er redegjort for mangler i forhold til lover, og spesielt dokumentert for brannsikkerheten. Potensielle skader på konstruksjon kan forekomme ved fukt over tid, funksjonell svikt på elementer i bygningen og hva slags bruk de ulike rommene har hatt før bruksendring.

Før gjennomføring av tiltakene må det også gjøres en begrunnelse for hver av dem. Det er naturlig å inkludere utfordringer og skader på bygget som er observert i analysedelen. I følge byggforskblad 620.016 kan det være lurt å redegjøre for følgende [11]:

- Har fundamenter eller bærende konstruksjoner skader som medfører at eksisterende bruk ikke kan fortsette?
- Har fundamenter og bærende konstruksjoner kapasitet til planlagt ny bruk?
- Er etasjehøyden tilstrekkelig for horisontale kanalføringer for ventilasjonsanlegg?

5.6.2 Skisseprosjekt

Skisseprosjektet kan leveres som en del av forundersøkelsen eller separat, og skal gå grundigere inn på de tegningene til den eksisterende bygningen. Skisseprosjektet må tilpasses kravene fra plan- og bygningsloven for blant annet brannsikkerhet, men også tilpasses krav til universell utforming. Denne delen kartlegger hvor mye brukbart areal som blir igjen etter tiltakene er utført, med tanke på overnevnte punkter men også i forhold til tekniske føringer i bygningen. Tiltakshaver vurderer om skisseprosjektet tilfredstiller de rammebetingelsene som er satt gjennom økonomiske og praktiske øyne. [11]

5.6.3 Forprosjekt og detaljprosjektering

Hittil i prosjektet er det kartlagt rominndeling og areal, men mangler fortsatt en presis kalkyle av økonomien. I tilfellet Sannerkvartalet, der det utføres en stor bruksendring på bygningsdel, kan det være utfordrende å utføre et presist prisgrunnlag. Kostnadsestimatet kan i disse tilfellene oppnås utifra materialliste og timesarbeid for utførende.[11]

I detaljprosjekteringen utarbeides det et prisgrunnlag basert på NS3420. Ved rehabiliteringsprosjekt er det ikke alltid mulig å benytte standardiserte løsninger, siden prosjektet preges av spesielle utfordringer for den spesifikke bygningen. Derfor bør de tekniske løsningene beskrives i detalj. Vedkommende som utarbeider detaljprosjekteringen vil med fordel ha erfaring fra prosjekt med eldre bygninger for å kunne kartlegge det totale arbeidsomfanget så presist som mulig. [11]

5.7 Oppbygningen av RVT sine elementer

RVT leverer takelementer med bæresystem av limtre, parallellfinér eller konstruksjonsvirke. Elementene leveres ferdig med montert isolasjon og sperresjikt, samt lekter eller taktro som underlag for taktekning. De har mulighet til å bli levert med eller uten himling montert i fabrikk. Takelementene kan ha spennvidder på opptil 12 m og bredder på opptil 4 m. Elementene til Sannerkvartalet ble levert som deler og utgjør til sammen det totale taket. Sannerkvartalet, nærmere bestemt Christies gate, har som følge av terrenget nivåforskjeller på bygningen. Elementene er derfor tilpasset dette ved skjøten som vist på figur 26. De ulike elementene er tilpasset de tre byggene som utgjør Sannerkvartalet, og viser graden av fleksibilitet RVT kan levere. RVT legger opp til at grensesnittet ligger der entreprenøreren ønsker det. På denne måten vet RVT akkurat hva som skal være en del av elementet ved levering. (Møte, Alhaug. Simen, RVT, 31.03.22)

Elementene er basert på bindingsverk. De er en etasje høy og har en bredde på for eksempel sju meter. Elementene inkluderer isolasjonslaget, nye dører, vinduer og fasadeoverflate. I tillegg planlegger noen produsenter å integrere skodder, ventilasjonssystemer og/eller tilførselsledninger i fasadeelementene. [71]

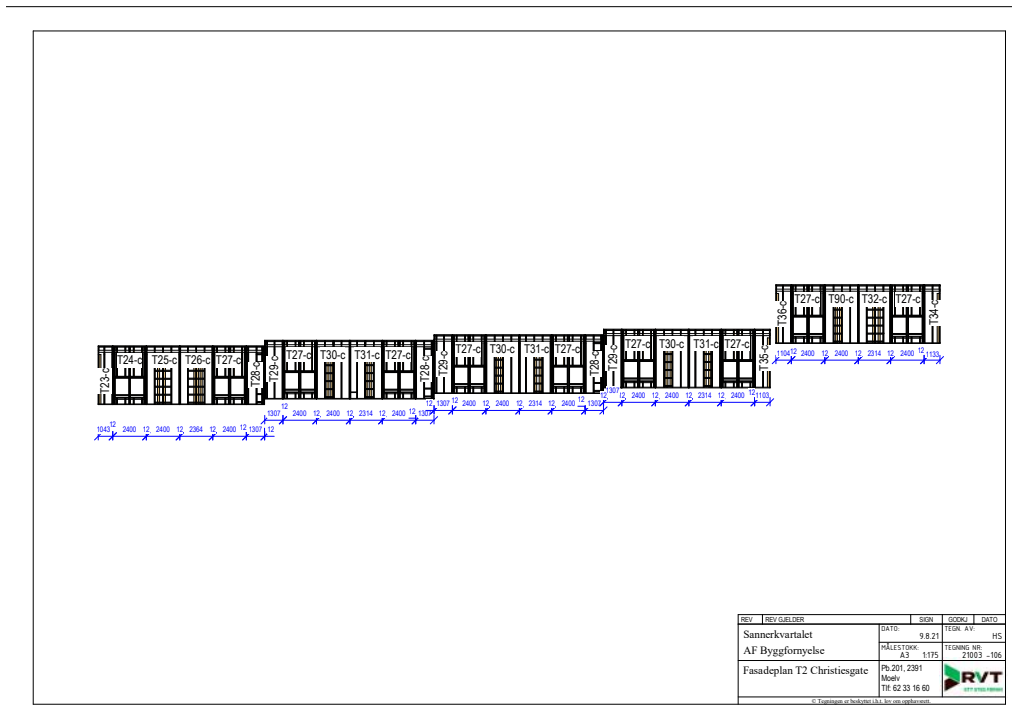


Fig. 26: Elementfasade Christiesgate [AF Byggformyelse]

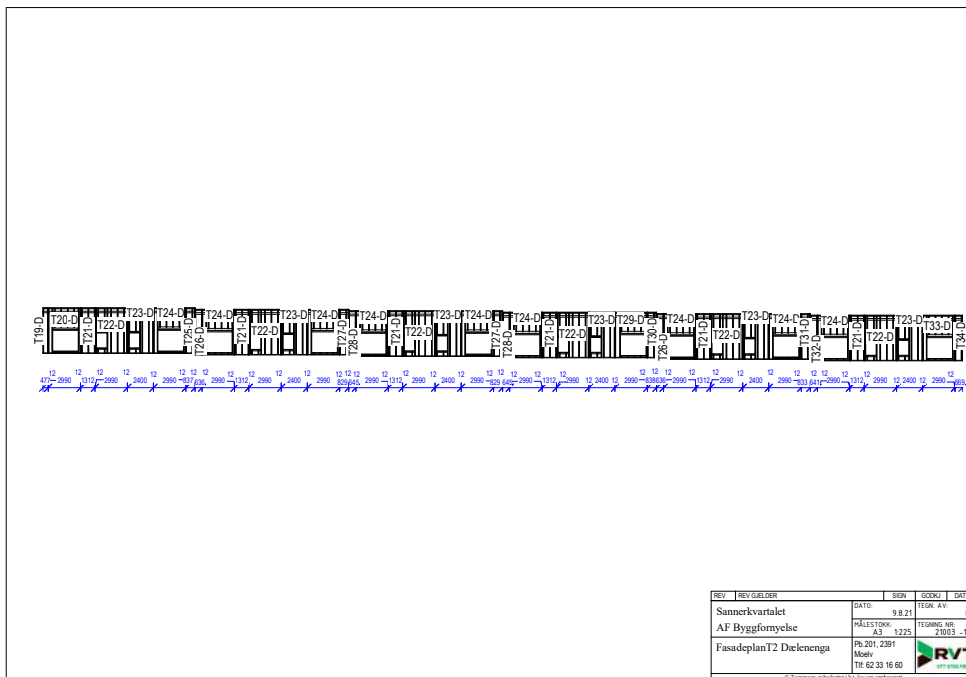


Fig. 27: Elementfas Dælenenggate [AF Byggfornyelse]

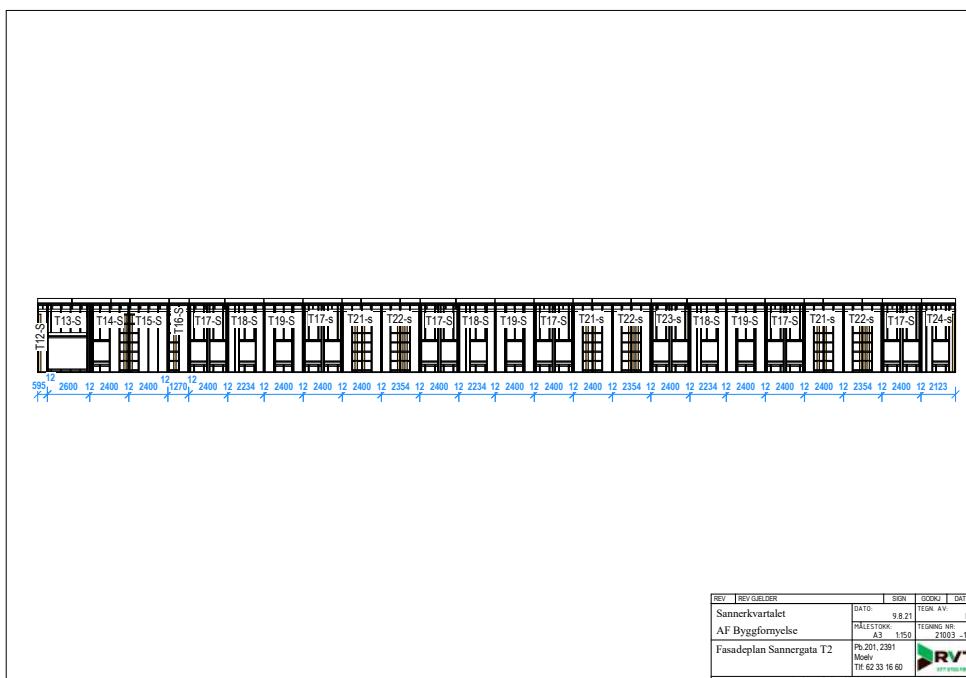


Fig. 28: Elementfasade Sannergata [AF Byggfornyelse]

Konstruksjonen monteres i henhold til detaljene, som igjen følger standarden til SINTEF sin tekniske godkjenning 2542. Forankring av takkonstruksjon skal utføres i henhold til spesifikasjoner som er utarbeidet for hver enkelt leveranse. (Møte, Alhaug, Simen, RVT, 31.03.22)

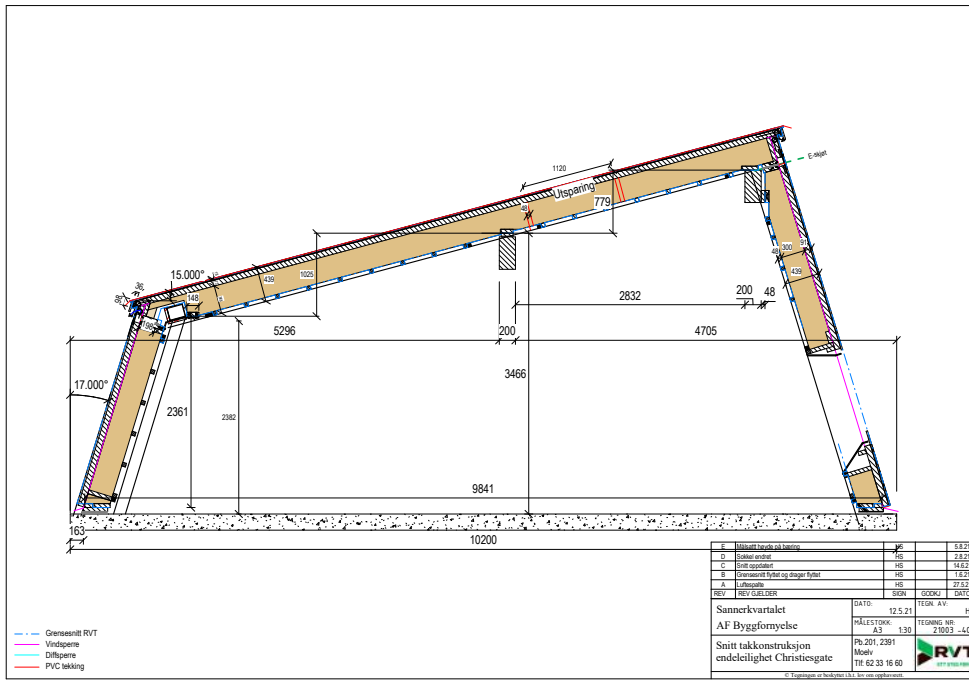


Fig. 29: Tverrsnitt av elementet fra RVT [AF Byggefornyelse]

Tetteløsningene for konstruksjonen gjøres utvendig. På innsiden overlapper grensesnittet, så entreprenøren har ansvaret for å tette. Inn mot vinduene tettes det med diffusjonssperre og teip, ofte gjort av entreprenøren selv. Tetthetskontrollen mot slutten av prosjektet utføres ved å kontrollere et mindre område, for så å kontrollere hele bygget. Testen går ut på å blåse luft inn, og sjekker gjennomtrekk i bygget. (Møte, Alhaug, Simen, RVT, 31.03.22)

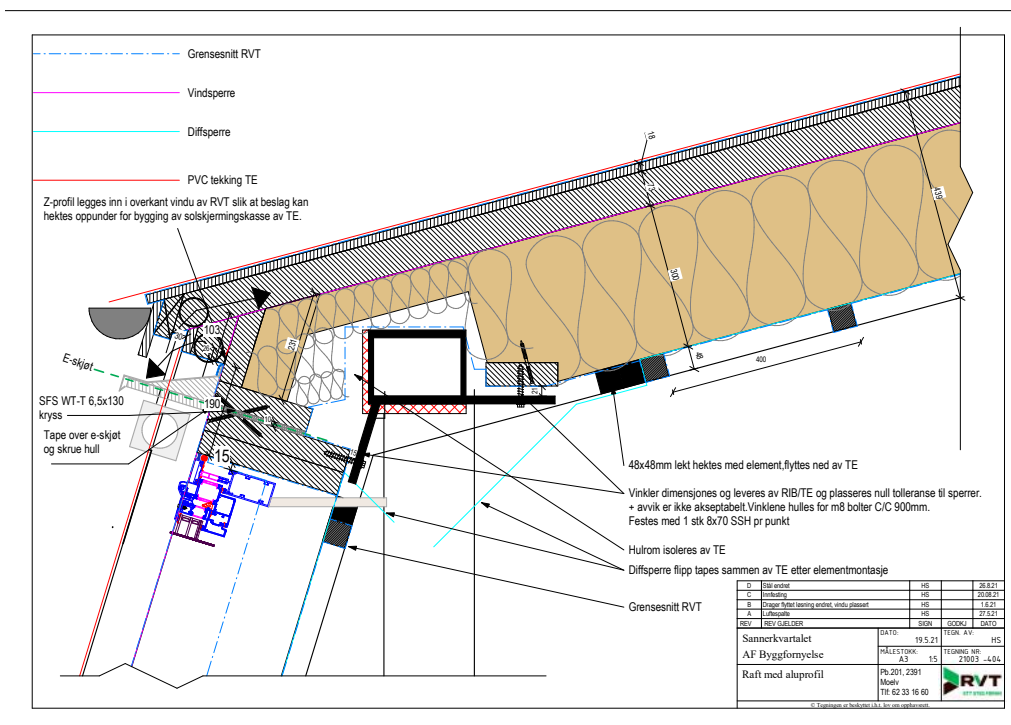


Fig. 30: Detaljtegning av knekken i elementet fra RVT [AF Byggfornyelse]

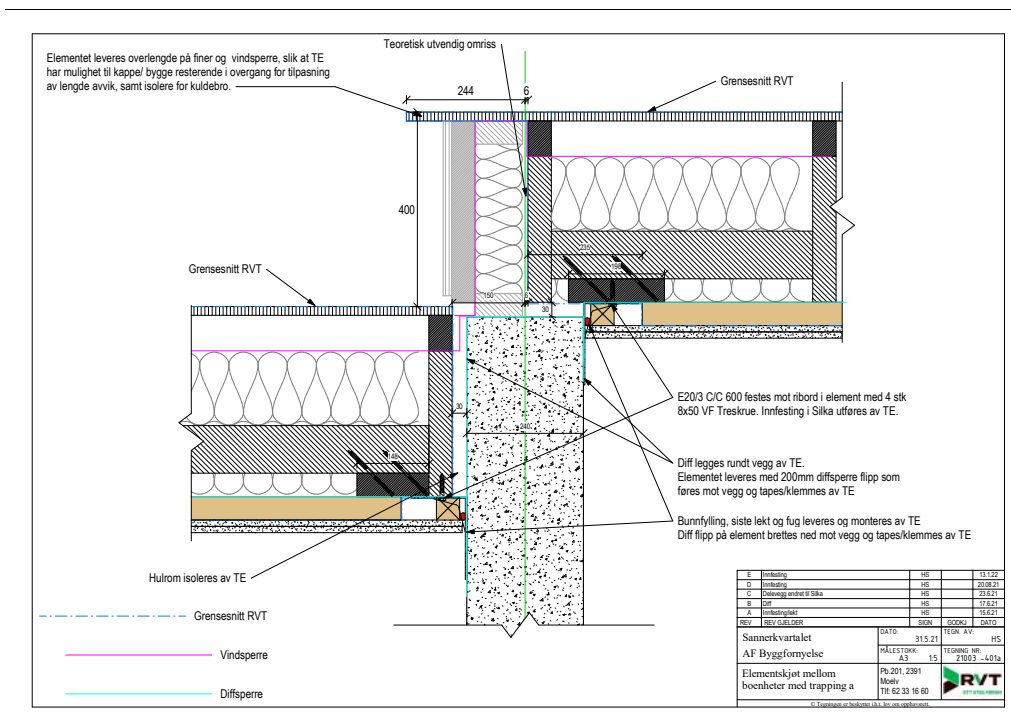


Fig. 31: Detaljtegning montasje av element på eksisterende bygg. [AF Byggfornyelse]

I elementskjøten er det en laftestrimmel som legges inn. Tettheten tas utenfra og teipes på GUen. Mellom hver elementskjøt, der elementene møtes, legges det inn et materiale som presses sammen når elementene skyves mot hverandre. Denne teipen er en Sigaflex. Se elementskjøt på bilde, 32.

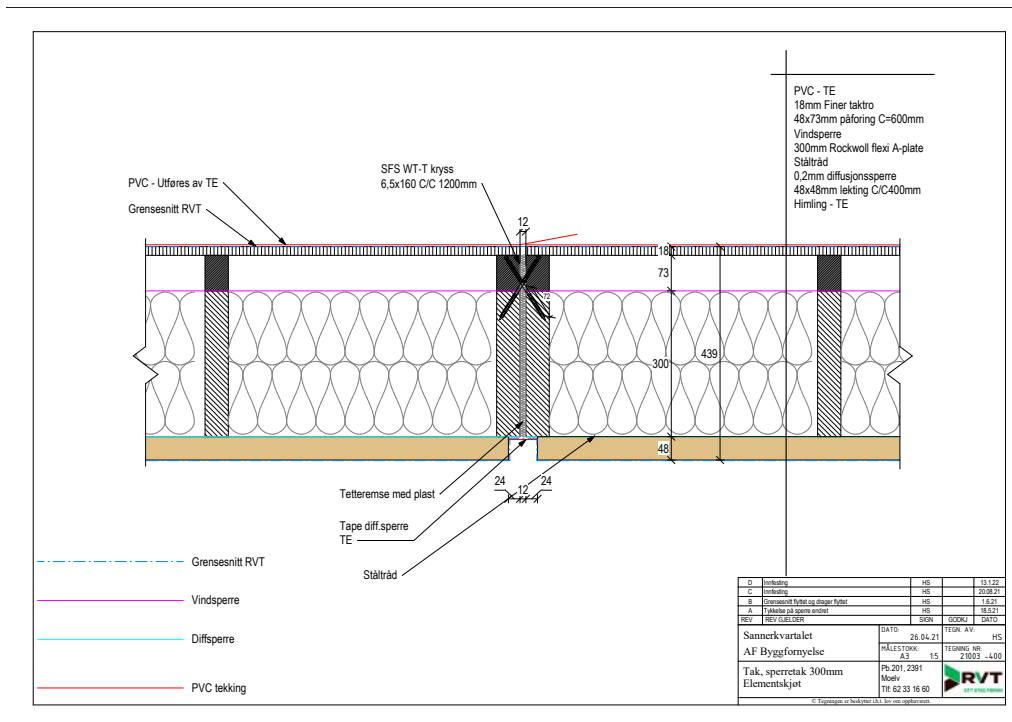


Fig. 32: Detaljtegning av elementskjøt. [AF Byggfornyelse]

5.8 LCA - Livsløpsanalyse

5.8.1 Fremgangsmåte for LCA

I følge byggforsk og tekniske forskrifter knyttes levetiden til bygget opp mot nedbryting av ytelse over tid. Det er flere faktorer som spiller inn på levetiden til bygget. Blant annet materialkvalitet, monteringsutførelse, vannkvalitet og temperatur, slitasje som følge av bruk og alder. Tiltakene som gjøres må kobles mot hva som er forsvarlig å gjøre med bygget utifra tilstanden. Det skilles ofte mellom teknisk, økonomisk og funksjonell levetid. [13]

Tabell 42
Dimensjonerende levetider for byggprodukter (fra EOTA og ISO 15686)

Antatt levetid		Antatte levetider for byggprodukter i ETAG-er ETA-er og hEN-er (år)		
Kategori	År	Reparerbare – lett utskiftbare	Reparerbare, men vanskelige utskiftbare	Faste, ikke utskiftbare
Kort	10	10	10	10
Middels	25	10	25	25
Normal	50	10	25	50
Lang	100	10	25	100

Fig. 33: Tabell for levetiden til byggprodukter opp imot slitasje [13]

Faktormetoden er en måte å estimere levetiden til et bygg. Faktor A-B er knyttet til kvalitet og de tre neste mot klimaeksponering. De to siste går opp imot driftsbetingelser. [13]

$$ELB = RLB \cdot A \cdot B \cdot C \cdot D_{1-3} \cdot E \cdot F$$

Tabell 45
Anslag av verdier for de ulike nedbrytningsfaktorene (tabell 441) ved estimering av levetid for trevinduer i et spesifikt prosjekt

Faktor	Betingelser	Verdi
A	Som referansebetingelsene	1,0
B	Spesielt god (avrundede kanter, god helning på vannbrett, gode beslagsløsninger)	1,2
C	Vindusinnsetting på fabrikk, høyere kvalitet enn i referansebetingelsene	1,2
D ₁	Innemiljø som i referansebetingelsene (ikke aggressivt, liten risk for kondens)	1,0
D ₂	Svært aggressivt utemiljø	0,8
E	Som i referansebetingelsene	1,0
F	Bedre vedlikehold enn i referansebetingelsene	1,2

Fig. 34: Tabell for faktorer som spiller inn ved faktormetoden for estimering av levetid [13]

Environmental Product Declaration, videre kalt EPD, er dokumentsamlinger som redegjør for klimafaktorer for det enkelte materialet. De er også laget for å kunne sammenligne hvilket materiale

som er mer eller mindre miljøvennlig. Det vil si at EPDen forteller litt hvilken miljøprestasjon og livssyklus materialet har 5.10. [36]

For å kunne benytte seg av EPDen til materialene er det viktig å gjøre seg kjent med komponentene og oppbygningen i elementet. Ved å kartlegge komponentene og areal for hvert material kan det regnes på det totale antallet CO2-ekvivalenter. Til å begynne med er det oppgitt i EPDen funksjonell enhet for materialet. Tykkelsen på materialet deles på den funksjonelle enheten, for å finne antallet funksjonelle enheter. Denne verdien multipliseres videre med faktoren fra EPDen, Global Warming Potential. Det totale antallet CO2-ekvivalenter for materialet er funnet, og det kan nå regnes på det totale antallet for alle materialene (undervisning, Bozena Dorota Hrynyszyn, høst 2021). Dette er en enkel måte å gjøre et estimat av livsløpet til en bygningsdel.

$$\text{Antall funksjonelle enheter} = \text{Tykkelse} / \text{Funksjonell enhet}$$

$$\text{Antall CO}_2\text{-ekvivalenter} = \text{Antall funksjonelle enheter} * \text{Global Warming Potential}$$

- Funksjonell enhet
- Global Warming Potential
- Tykkelse
- Oversikt av materialene

5.9 Verdier og koeffisienter

Lekkasjetall på takelementet er beregnet av RIBFY og er essensielt for å kartlegge elementets funksjon i fremtiden. Kuldebroverdiene forteller om det totale varmetapet gjennom elementet og måles i W/m²K. Jo lavere kuldebroverdi elementet kan levere, jo høyere blir energieffektiviteten til bygget. Effekten av utskiftingen av taket kan måles i varmetap. Svakheten i bygg generelt sett er i hjørnene, og det vil alltid oppstå et visst varmetap her. Derfor blir målet å utarbeide minst mulig kuldebroverdi. (Telefon, Lian. Morten, Norconsult, 20.04.22)

$$\psi'' = \frac{\sum_k \Psi_k \cdot l_k + \sum_j X_j}{A_{fl}} \quad (\text{W}/(\text{m}^2\text{K}))$$

hvor:

- ψ'' er normalisert kuldebroverdi (W/(m²K))
- Ψ_k er kuldebroverdien til lineær kuldebro k (W/(mK))
- l_k er lengden av kuldebro k (m)
- X_j er kuldebroverdien til punktkuldebro j (W/K)
- A_{fl} er samlet oppvarmet del av BRA (m²)

Fig. 35: Formel for normalisert kuldebro [6]

Tabell 5.1: U-verdier for RVT sine bygningsselementer

Isolasjonstykkelse [mm]	U-verdi [$\frac{W}{m^2K}$]	
	Konduktivitet 0,037	0,034
300	0,15	0,14
350	0,13	0,12
400	0,12	0,11

Tabell 5.1 angir varmegjennomgangskoeffisienten i henhold til EN ISO 6946 for takelementer [78]. Tabellverdiene forutsetter mineralull med deklart varmekonduktivitet som angitt i tabellen, avstand c/c 600 mm og maks. 48 mm tykkelse på sperrer og åser. Utføring gjøres direkte mot stenderne. Dette vil eventuelt øke U-verdien. [78]

For hver leveranse skal nødvendig varmeisolasjon (U-verdi) til elementene i henhold til TEK 17 være prosjektert og dokumentert for det aktuelle byggeprosjektet. Der elementenes U-verdi er høyere enn kravet som er angitt i TEK for den aktuelle bygningstypen må det utføres varmetaps- eller rammeberegning for det enkelte hus. Angitte U-verdier i tabell 5.1 omfatter ikke kuldebroeffekter av ekstra trevirke rundt vindusåpninger, og så videre. [78]

U-verdien til elementet sammenlignet med plassbygd gir ikke stor forskjell i hverken u-verdi eller kuldebroverdier. Ifølge RVT er elementet mer nøyaktig utført og dermed tettere, siden det er bygget på fabrikk (Møte, Alhaug. Simen, RVT, 31.03.22). Det er likevel vanskelig å måle forskjellene, dersom man ser statistikken for en kort periode. Det lønner seg for energieffektiviteten til bygget å ha valgt element, ved å se på varmetap for en lenger tidsperiode. Det kan likevel være vanskelig å avdekke denne forskjellen. Fordeler og ulemper ved de ulike byggemetodene vil dermed ikke være relevant når det gjelder energieffektiviteten, som ved andre aspekt man vurderer ved valg av byggemethode.

Det er nevnt flere faktorer som påvirker levetiden til elementene. Felles for alle er at alle faktorer og ytre påkjenninger former og spiller inn på materialene og elementet. Likevel har leverandørene satt en standard levetid på komponentene.

5.10 LCA-vurderinger

Alle valg gjennom byggeprosessen kan påvirke levetiden til bygget. Mye av utslippene skjer i startfasen av livet til et bygg. Derfor er det ønskelig å utbedre og vedlikeholde allerede eksisterende bygg. Klimagassregnskap er et estimat som kartlegger det totale utslippet for prosjektet fra vugge til grav. Ved utregning av utslippet finnes det en såkalt EPD for hvert materiale 5.8.1. EPD-en inneholder informasjon om produktets funksjonelle enhet og det globale oppvarming potensialet for den spesifikke varen. For å kartlegge beregningene må det være oppgitt hvor stor mengde av materialet som skal benyttes. For å begynne med klimagassutregningene må det settes opp en materialliste, med mengde per material, finne tilhørende EPD, for så å regne ut. Dersom det er uvisst hvilken leverandør som skal velges, kan det være lurt å sjekke hvilket av materialene som har best EPD. Det vil si minst potensiale for global oppvarming.

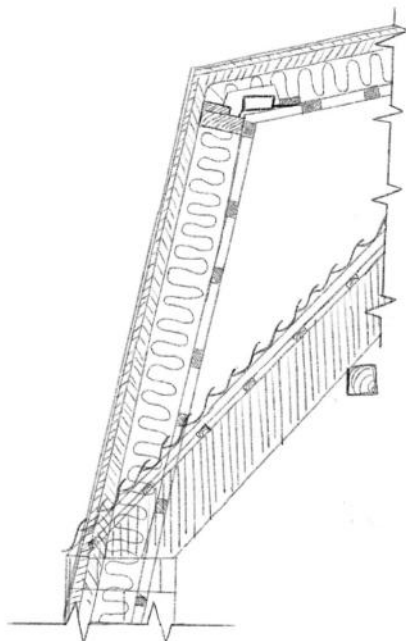


Fig. 36: Illustrasjon av gammelt og nytt tak på Sannerkvartalet.

5.10.1 Klimagassregnskap i program

Oneclick er et ledende program som beregner klimagassregnskap over nett på kun få minutter. Beregningene kan også gjøres for hånd, men programmet gjør det enklere og lite kostbart for aktører å gjennomføre klimagassregnskapet. Oneclick er medlem av World GBC Net Zero Commitment, som kjemper for en nullutslipps byggenæring. Byggenæringen i dag er en stor bidragsyter til klimagassutslipp og det må i fremtiden gjøres mer miljøbeviste valg. [75]

5.10.2 Geografisk lokasjon

Omgivelsene til bygget har stor innvirkning på materialenes levetid. Ulike typer vær fører til ulike nivåer av slitasje på bygget. Alle faktorer spiller inn. Sannerkvartalet ligger i bydelen Grünerløkka i Oslo. Ifølge Köppens klimaklassifisering ligger kysten fra Oslofjorden til og med Troms, innenfor klasse C [53]. Denne beskriver temperaturer ned mot -3 celsius som kan føles kaldere med vind og luftfuktighet. Oslo er en kystby, mer skånet enn andre kystbyer i Norge. Det kystbyene har til felles er høy luftfuktighet, som ofte gir hardere påkjenning på materialer i kledningen. Kombinert med store mengder slagregn vil levetiden til materialene være mindre, enn dersom bygningen befinner seg i et område med mindre nedbør. Oslo har mindre nedbør enn de fleste andre kystbyene til Norge. Når det skal velges materialer til rehabiliteringen bør det tas utgangspunkt i de geografiske omgivelsene, for å øke levetiden så mye som mulig. Ved at levetiden øker, blir det totale klimaavtrykket til bygget mindre. [53]

5.10.3 Materialvalg og gjenbruk

Gjennom god planlegging kan total mengde avfall reduseres. Dette krever blant annet tiltak ved byggeplassen som gjenbruk, gjenvinning og sortering av avfallet. Fra det gjennomsnittlige byggeprosjektet regnes det med 30-35 kg per m^2 BTA. Det er viktig at avfallet deponeres på en forsvarlig måte. Når det gjelder riving av bygg, øker avfallsmengden til 500-1300 kg per m^2 BTA [7]. Derfor bør det legges ekstra vekt på gjenvinning der en eller flere deler av bygget rives.

På byggeplass er det viktig med gode rutiner som tar hensyn til klima. Ved Sannerkvartalet er det kun mulig å sortere avfallet, og det er ikke mulig å benytte en løsning som restavfall. Dette bidrar til miljøvennlig byggeplass. Videre er det brukt materialer fra det eksisterende bygget til nye delen av bygget. Murstein som tidligere har vært skillevegger på loftet, benyttes nå til å bygge videre på trappeoppgangen. For å sikre ryddige forhold er det en søppelsjakt ned fra taket, slik at overflødig materiale lett kan fraktes ned fra bygget. [7]

Tiltaket på Sannerkvartalet berører mer enn 100 m² BRA og utløser dermed krav om avfallsplan gitt TEK17 § 9-6 [30]. Etter TEK17 § 9-7 skal det gjennomføres en kartlegging av bygningsdeler og installasjoner, for å avdekke farlig avfall. Miljøsaneringsrapport følger søknaden som sendes til kommunen for å motta en ferdigattest. I forbindelse med detaljprosjekteringen gjennomførte Sannerkvartalet en mer detaljert miljøsaneringsrapport som følger søknaden om igangsettelse. [30]

Materialenes levetid avhenger av eksponeringen og belastningen de er påført. I enkelte tilfeller er materialer fra rehabiliteringsprosjekt i fin stand og kan potensielt brukes videre. På Sannerkvartalet er det tatt vare på takbjelker fra det eksisterende taket, som kan få nytt liv til for eksempel møbelbygging (Befaring, Bastian Solbakken, AF, 08.04.22). Trevirke har lite skade, og det er ingen grunn til å la det gå til spille. I tillegg er det tatt vare på metaller som kan smeltes om og brukes i nye konstruksjoner. I New Zealand er det avdekket at tømmerkonstruksjoner som er montert på stedet sørger for at prinsippet ”design for demontering” følges (John, Nebel, Perez, & Buchanan, 2009). Prinsippet går ut på at bærende trepaneler og enkelte bygningsdeler kan bevares og gjenbrukes, selv om bygningens levetid er utgått [88].

I prosjektet Sannerkvartalet er det benyttet prefabrikkerte takelementer fra en leverandør som bestiller ferdigkappede materialer. Ved å bruke ferdigkappede materialer blir det lite svinn på fabrikk (Møte, Alhaug, Simen, RVT, 04.04.22). I dette tilfellet kan materialleverandør planlegge hvor mye materiale som går til de ulike kundene, og med god planlegging sørge for at det totalt sett blir mindre svinn enn ved bruk av materialer som ikke er tilpasset. Her er det opptil flere parter å stille krav til hverandre, slik at den totale virkningen fører til et mindre klimaavtrykk.

5.10.4 Grønt lån

Et grønt lån er et bedriftslån som tildeles dersom byggeprosjektet bidrar til å velge klimavennlige løsninger eller som på en annen måte minsker det totale klimautslippet. Dette kan gjøres ved å velge utvalgte materialer, øke energieffektiviteten til bygget eller tilpasse konstruksjonen sine omgivelser.

Mange av bankene setter som kriterium at det må dokumenteres for miljøgevinst for å få tildelt grønt lån. Det oppleves at flere av dem også er dårlig på å konkretisere akkurat hva som skal dokumenteres. Ifølge Loan Market Association, heretter kalt LMA, er det listet opp felles prinsipper for grønne lån til å veilede bedrifter. Hovedprinsippene går ut på at prosjektet skal fokusere på lavere utslipp og klimakompensering [84]. DNB har videreført prinsippene til LMA, til å lage et skriv der de presenterer kravene opp imot bærekraftsmålene til FN. DNB kartlegger hva som er hovedintensjonen med lånet, og om dette møter kravene som er regjort for i internasjonale prinsipper. Kriteriene for en grønn bygning er blant annet klassifisert ”excellent” fra BREEAM, ”Gold” fra LEED og energimerking B eller bedre.

Et miljøsertifisert bygning under kategorien næringsbygg, borettslag og boligsameier har følgende krav [34]:

- BREEAM - minste nivå ”Very good”
- LEED - minste nivå ”Gold”
- Svanemerket
- Energiklasse A eller B

Byggherre legger frem dokumentasjon og søker om grønt lån. Det hadde vært relevant å samle inn informasjon vedrørende hva slags erfaringer de har gjort seg og hvilken klassifisering bygget

måtte ha. Ved å samle informasjon fra byggherre, Fredensborg AS, kunne det blitt avdekket hvor vanskelig de opplevde det å få et grønt lån, samt hvilke opplevelser de har hatt i samarbeid med banken. Til slutt hadde det vært interessant å vite dersom Fredensborg opplever at prosessene er under utvikling, og eventuelle forbedringer de ønsker å ta med seg videre til neste prosjekt. Bankene krever en høy standard til prosjektene, som får innvilget lån. Det kan tenkes at disse kravene er enda vanskeligere å tilfredstille for rehabiliteringsprosjekt. DNB forklarer at lån i forbindelse med renovering og oppussing av bygg kan føre til en årlig reduksjon av energibruk på minst 30%, og er potensielt årsaken til at lånene innvilges tross mangelfull tilfredstillende av krav [34]. AF har midlertidig opplevd at de fleste prosjekt får det grønne lånet innvilget på mildere premisser enn de kravene som er satt (Møte, Bastian Solbakken, AF, 27.04.22). Kriteriene for en grønn bygning er blant annet klassifisert "excellent" fra BREEAM, "Gold" fra LEED og energimerking B eller bedre.

For rehabiliteringsprosjekt er det mer relevant å fokusere på forbedring av energieffektiviteten, enn å oppnå kravet om energimerking. For å oppnå bedret energieffektivitet kreves det økt lufttetthet i konstruksjonen, erstatning av vinduer og dører, oppgradering av varmekilde, ventilasjon og potensielt et bedre alternativ for oppvarming av vann. Videre kan det vises til lavt forbruk av vann og energi i bygningen generelt sett. Energibesparende løsninger og nye løsninger for lagring av energi i bygningen er relevant å vise til når det søkes om grønt lån. Dersom bygningen gjenbraker varme internt, kutter varmealternativer som benytter fossilt brensel og øker utnyttelsen av energien i bygget kan dette være bidrag til et mer miljøvennlig bygg. Entreprenør kan velge løsninger for leasing lokalt ved prosjektet for å unngå lang transportveg. I tillegg vil en slik løsning føre til at bygnæringen trenger færre maskiner, og at en bivirkning kan være mindre produksjon. Løsningen fører til ingen direkte utslipp og dermed ansees som en miljøvennlig alternativ til forflytning av egne maskiner til arbeidet. Når det gjelder transportvalg kan alle aktører i prosjekter bidra til å velge de mest miljøvennlige løsningene, og vil totalt sett minske klimaavtrykket over tid. Forslag til såkalt ren transport er såkalt nullutslippstransport eller klimakompenserende transport. For eksempel maskiner som drives elektrisk. Transportløsninger gjelder også i andre faser av prosessen som frakt, innkjøp og finansiering. [34]

DNB sine tips til dokumentasjon for rehabiliteringsprosjekt for å få innvilget grønt lån er som følger: [34, 37]

- Etterisolering og utskiftning av vinduer og dører
- Oppgradering av varmekilde og ventilasjon
- Oppgradert løsning for oppvarming av vann
- Lavt forbruk av vann og energi i bygningen
- Energibesparende løsninger og nye løsninger for lagring av energi
- Gjenbruk av varme internt
- Bruk av fornybar energi og vise til en eventuell kutt av fossilt brensel
- Øke utnyttelsen av energi i bygget
- Løsninger som viser til null direkte utslipp
- Leasing av byggemaskiner til byggeplassen i stedet for kjøp
- Infrastruktur og transportvalg
- Vannrensing/håndtering av avløpsvann og alle typer avfallshåndtering
- Bærekraftig skogbruk til levering av materialer
- Bærekraftig håndtering av naturressurser

Fornybare energiløsninger er for eksempel:

-
- Solenergi
 - Vindenergi
 - Biomasse eller biogass
 - Gjenbruk av energi
 - Vannkraft og bølgekraft
 - Elektriske varmesystemer
 - Løsning for lagring av energi
 - Fjernvarme

Veiledende dokument om internasjonale retningslinjer for grønt lån er som følger [34]:

- The Ten Principles of the United Nations Global Compact (UNGC) and the Sustainable Development Goals
- United Nations Environment Program Finance Initiative (UNEP FI) - Statement of Commitment
- OECD's Guidelines for Multinational Enterprises
- Equator Principles
- UN Guiding Principles on Business and Human Rights
- Poseidon Principles

For å komme i gang med å tenke mer miljørettet kan organisasjonen ta utgangspunkt i FNs 17 bærekraftsmål [39]. Deretter kan organisasjonen finne det eller de målene som passer til vedrørende virksomhet, og vurder hvordan bedriften kan utgjøre en forskjell. Potensielle forbedringer avdekkes muligens allerede i denne fasen. Det er viktig å prioritere de bærekraftsmålene som er viktig for bedriften. Etter å ha valgt hvilke bærekraftsmål som det ønskes å jobbe videre med kan man: [37]

1. Definere ambisjon og prioritere hva dere skal gjøre mot hvert mål.
2. Implementere målene i organisasjonen og følge opp arbeidet som kreves for å nå målene.
3. Bygge kultur internt og få virksomheten til å jobbe mot deres felles mål.

6 Dimensjoneringsforhold

Denne delen fokuserer på aspektene som legges til grunn rundt en dimensjonering av et loftsutbyggingssprosjekt. Det vil redgjøres for beregninger av takelementer, bæresystem til disse og andre forhold som må tas til betraktning, opp mot det konstruksjonsmessige til det eksisterende bygget.

6.1 Grunnlag for dimensjonering

Beregninger og dimensjonering av stabilitet kommer inn i flere faser av et prosjekt. Etter at planer og tilbud er godkjent, vil både arkitekter og rådgivende ingeniører samarbeide om et funksjonelt og estetisk godt grunnlag. Eksempelvis må bæresystemet fra rådgivende ingeniør for bygg, RIB, tilpasses for å få en god løsning, både i form av materialvalg, utførelse og tilpasninger for de tekniske og arkitektoniske løsningene. [51]

For å finne et godt bæresystem til en konstruksjon blir det gjort beregninger basert på flere faktorer, som blant annet byggets formål og dets laster. Det ses som regel på nytte-, egen-, vind- og snølast, samt en kombinasjon av disse. Grunnforhold blir i tillegg vurdert, da dette er med på å bestemme viktige valg for bæresystem og fundament. [51]

Funksjonskravene til en loftsutbygging vil bestå av å skape beboelig areal med fritt gulvareal, høy takhøyde og fleksibel rominndeling. Det vil derfor være viktig å dimensjonere gode løsninger slik at bærevegger og søyler ikke begrenser funksjonskravene. Andre funksjonskrav innen dimensjonering vil være å hindre skader og deformasjoner på de eksisterende bygningene. [51]

Erfaringer vil kunne gi kunnskap innenfor både utførelsen og økonomi til et lignende prosjekt. Når det gjelder tegningsunderlaget for konstruksjonen kan dette være fordelaktig å introdusere tidlig for entreprenørene. Dermed vil det være lettere å vite hvilke krav som legges til grunn ved en beregning. Involvering av entreprenør i tidligfasen av prosjekteringen vil være ønskelig for å gi en økt sikkerhet og erfaringsutveksling. Som igjen bidrar til en bedre produksjon. Denne problematikken er mest gjeldene for hovedentrepriser, mens totalentreprise gir en mer sømløs prosess. Sannerkvartalet er som nevnt tidligere en totalentreprise. [27, 51]

Materialkunnskap og -bruk er viktig for enhver konstruksjon. Dette innebefatter blant annet miljømessige hensyn, bruks- og styrkeegenskaper, samt kostnadmessige forhold som følge av overnevnte. Både betong, tre og stål har gode bæreegenskaper. Bruken avhenger stort etter bruksområdet. For eksempel styrken, bærekraftighet og økonomien i ethvert prosjekt, da hensiktsmessig bruk og kostnad vil være svært situasjonsbasert. [51]

Stål er et materiale som er lett i forhold til styrken og kan bestilles i mange ulike standardstørrelser. Spesialstørrelser er og mulig, men da med en høyere kostnad. Tre er et godt, lettere og mer klimavennlig materiale Norge har god tilgang til. Det krvees dog økt vedlikehold og større dimensjoner. Massiv- og limtre bæresystemer er tradisjonelt sett noe dyrere enn tilsvarende bæresystem i betong og stål. Økt fokus på det grønne skiftet de siste årene gjør at prisene går ned mot et mer konkurransedyktig nivå [86]. Videre er betong et godt bæremateriale, med god bestandighet og høy trykkfasthet. Utover det kan forhold innenfor vekt på dårlig grunn, samt miljø være begrensende faktorer for bruk av betong. På grunn av nevnte trykkfasthet er det stadig avhengig av betong som byggemateriale og det er stor utvikling innenfor lavkarbonbetong; uten at dette går nærmere inn på i denne oppgaven [1].

Som nevnt er prisnivå en viktig og styrende faktor for materialbruk i ethvert byggeprosjekt. Ved betraktelig prisøkning på både sement og stål fra 01.04.22 påvirkes det på både kort og lang sikt [56]. Videre er materialkunnskap spesielt viktig ved rehabilitering av eldre bygninger. Ved rehabilitering brukes andre løsninger enn det som er praksis i dag. Tidligere ble hus ofte bygget med de materialene som var tilgjengelig, og etterhvert som kunnskapen og importen økte ble det benyttet flere ulike løsninger uten noen særlig form for dokumentasjon eller kontroll. [85]

Som forklart i kapittel 4.3 kan forskrifter og regelverk ha preaksepterte løsninger og forslag til utførelse og beregninger. Byggeforskriftene kan blant annet ha innspill i hva slags materialer som blir valgt til den aktuelle konstruksjonen. Norske standarder inneholder regler når det kommer til produkter, prosjektering og utførelse. Og er et godt veiledningsverktøy. Likevel kan plan- og bygningsmyndighetene se bort fra disse lovene hvis det fremvises at kravene fra forskriftene er tilfredsstillt. [51]

I tilbudsfasen blir det gjort en overslagsberegning på pris utifra tenkte løsninger. Dimensjonerin- gene til løsningen gjøres ikke i tilbudsfasen. Det kan da i etterkant avdekkes ulike problemer eller utfordringer knyttet til bæring, som kan gi økte kostnader. Stabilitet og dimensjonering resulterer ofte i større økonomiske konsekvenser enn det det legges til grunn for i konseptfasen. Det er derfor viktig for entreprenørene og vite prinsippene konstruktøren legger til grunn for når tegningsun- derlaget dimensjoneres. [51]

Videre i dette kapitlet redegjøres det for hva som er gjort av løsninger på Sannerkvartalet. Dette sett i forhold til dimensjonering av elementer og bæresystemet til elementene. Og for å se om det er andre ting som må tas i betraktning ved den eksisterende bygningen. Dette senker eventuell risiko i neste prosjekt.

6.2 Bæresystemer i gamle bygårder

Bæresystemet til en bygning består av flere konstruksjonsdeler som tak og etasjeskillere. Deler av disse konstruksjonsdelene bærer de horisontale lastene, og søyler og bærevegger tar opp de vertikale. Konstruksjonsdelene stiver av bygget og bidrar til at kreftene går ned i fundamentet og grunnen [85]. De klassiske teglbyggene har både bærende ytter- og innervegger i tegl som bærer bjelkelaget og belastninger fra taket. Fundamentene består av større naturstein som vist i figur 37, og i de mest karakteristiske teglbyggene er det også buede hvelv av tegl i kjelleren. Etasjeskillerene er i tre, spent mellom de bærende veggene. Fasadekonstruksjonen har ofte veggsøyler som bæring mellom vinduer. Over vinduene er det bærende bjelker i tegl som fordeler lastene ut til søylene og ned i fundamentet. Taket prosjekteres i tre som støttes opp på ytterveggene vist i figur 38. Det er også vanlig at den bærende muren sin tykkelse er størst nederst og minker jo høyere den kommer, alt fra 60/65 cm til 35/40 cm tykkelse. For at konstruksjonen skulle være stiv i horisontalretning, ble det ofte brukt jernankre. De ble festet i den bærende innerveggen og ut til fasaden. Andre typiske former for horisontalavstivning er innvendig skillerom, trapperom og gavlveggene. [28]

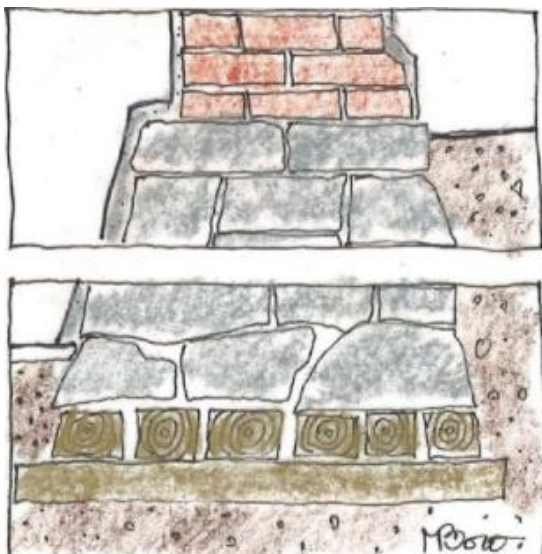


Fig. 37: Murgård fundament [69]

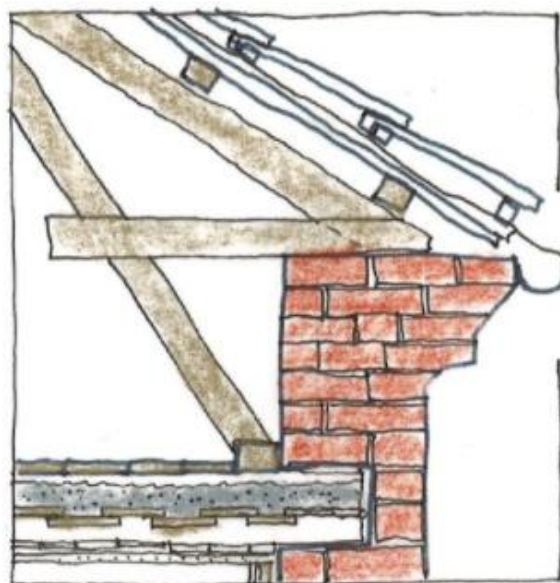


Fig. 38: Murgård bæresystem tak [69]

Sannerkvartalet er ikke et rent teglbygg, men mer en hybrid som består av deler i tegl og betong. I eldre arbeidstegninger er det oppgitt at kjelleren består av et 40 cm betongdekke. Første etasje har 15 cm armert betong og 9 cm gullaugusten, med lufting bak som isolerende element. De bærende ytterveggene er 42 cm med Trondheimshulmur. Dette var en måte å legge teglsteinen på, som var vanlig mellom 1875-1930. Metoden er materialkrevende, men gir god varmeisolering og har gode fuktegenskaper [69]. De bjelkebærende mellomveggene består av 15 cm armert betong, og betongsøyler. Trappesjakt er i armert betong og enstens teglstein, mens skilleveggene består av lettstein (Internt underlag, AF Byggfornyelse, Sannerkvartalet, 03.06.21). Dette ga et innblikk i hvordan konstruksjonen ser ut, som også ble avdekket mer etterhvert som rivingen pågikk. Ved etasjeskillerene så overflaten blant annet ut som et gulvdekke i tre med bærende betong under. Etterhvert som rivingen begynte ble det redegjort for at dekket bestod av tre 700 mm tykke betongdragere i byggets lengderetning. Mellom dragerne var det fylt opp med teglblokker. På bakgrunn av dette hadde ikke etasjeskillerene til loftet like god bæring som opprinnelig antatt. Mer om tilpasning av bæresystem kommer i delkapittel 6.7.

6.3 Påvirkning på den eksisterende konstruksjonen

Å bytte ut en hel konstruksjonsdel til et bygg, vil utsette den for ulike påkjenninger. Utbygging av et råloft til beboelige leiligheter vil øke nyttelasten, og endre egenvekten til selve taket. Det er derfor avgjørende å kjenne den eksisterende konstruksjonen, før det eventuelt blir gjort store endringer, samt legge til rette for at vektendringen for taket blir så liten som mulig.

Erfaringer fra gjennomførte loftsutbygginger er at utskiftningen ikke endrer lastbildet til konstruksjonen i særlig grad. Den økte vekten av taket blir prosjektert inn med lastopptak gjennom nye søyler og bjelker, som følger det eksisterende bæresystemet ned i fundamentet. Murbygg er tunge bygg med god vertikal stabilitet og en utbygging vil gi en lav prosentandels økning av totalvekten til bygget. Likevel er det fortsatt viktig å prosjektere inn lette materialer, slik at det ikke kreves ekstra eller større bæringstiltak enn nødvendig. (E-post, Boserup, Alexander Herman, Jens-Peter Madsen ApS, 27.04.22)

6.3.1 Vertikallaster

Både indre og ytre laster virker på konstruksjonen. De ytre lastene som vind og snølast virker blant annet på taket til bygningen. Lastene vil overføres ned i fasaden og ned i fundamentet ved hjelp av ulike bæresystem. Bestemmelse av hvor de ulike bæresystemene skal plasseres besluttet i samarbeid med arkitekt, og skal primært gi tilstrekkelig bæring med god lastoverføring. [51]

Ved loftsutbygging kan det være ulik motivasjon for å rive en etasje og bygge flere. Det kan opprinnelig være laget en inntrukket etasje der lastbildet ikke føres riktig inn på underetasjene. En ny etasje vil da trekkes ut, for enda større utbygget område. Lastbildet fordeler de vertikale lastene ned i de bærende ytterveggene og gir en riktig lastoverføring, istedenfor ned på etasjeskillerene i toppetasjen. Dette gjør i tillegg at statikken i bygget blir enklere. (Mail, Støen. Fred, Allerio, 14.03.22)

6.3.2 Horisontallaster

Vind er en last som i hovedsak påvirker den horisontale avstivningen til et bygg. En annen kraft som kan påvirke horisontalt er jordskjelv. I Norge har det tradisjonelt ikke blitt bygget jordskjelvsikre bygg, men fra 2010 kom det regelendringer i norsk standard som satte strengere krav til prosjektering med seismiske vurderingskriterier. Regelendringene har dog ikke tilbaketredende kraft, slik at eldre bygninger oppført før nevnte regelendring ikke er utbedret [67, 72]. De horisontalt bærende delene i en konstruksjon finnes i alle konstruksjonsdeler som tak og etasjeskillerene. Sammenlignet med bjelker, plater og buevirke, som holder bygget stabilt sideveis. Prinsippet med horisontalavstivning er å forhindre både sideveis forskyving og eventuell velting. Typiske avstivningselementer er skråbånd, fagverkskonstruksjoner og stive skivekonstruksjoner. [51, 85]

I eldre murbygg er ikke den eksisterende horisontale avstivningen like god på lastoverføring som den vertikale lasten. Ved en loftsutbygging er det tilstrekkelig hvis utbedringer ikke endrer den totale vekten i særlig grad. Dette gjenspeilte seg ved Sannekvartalet, hvor utbyggingen ble holdt så lett som mulig for unngå ekstra utbedringer på horisontalavstivningen. (Møte, Solbakken. Bastian, AF Byggfornyelse)

6.4 Stabilitet i grunn

Grunnforholdene er viktig å undersøke for å forstå hva slags krefter som virker på konstruksjonen i forhold til stabilitet. Setninger kan føre til ulike tvangskrefter som igjen kan resultere i skader på konstruksjonen. Setninger kommer av langdyskomprimering av massen i grunnen, enten i form av grunnvannstigning eller uttørking av den marine leiren. [51]

For flere tusen år siden lå hele Oslo under vann helt opptil en høyde på 220 meter. Dette har ført til at løsmassene i Oslo-området i hovedsak består av havavsetninger i form av leire. Dette kan gjøre stor skade på bygninger i form av setninger og det er større fare for jordskred. Under i figur 39 og 40 er et løsmassekart med tegnforklaring over Oslo. Den mørkeblå streken markerer marin grense, som viser hvor stor del av Oslo som har vært under vann tidligere. Kartet viser deler som består av havavsetninger, avsetninger fra elver og bekker, samt forvitningsmasser. Utover dette er det i nyere tid større mengder fyllmasser på vestkanten av Oslo og mot fjorden. [31, 52]

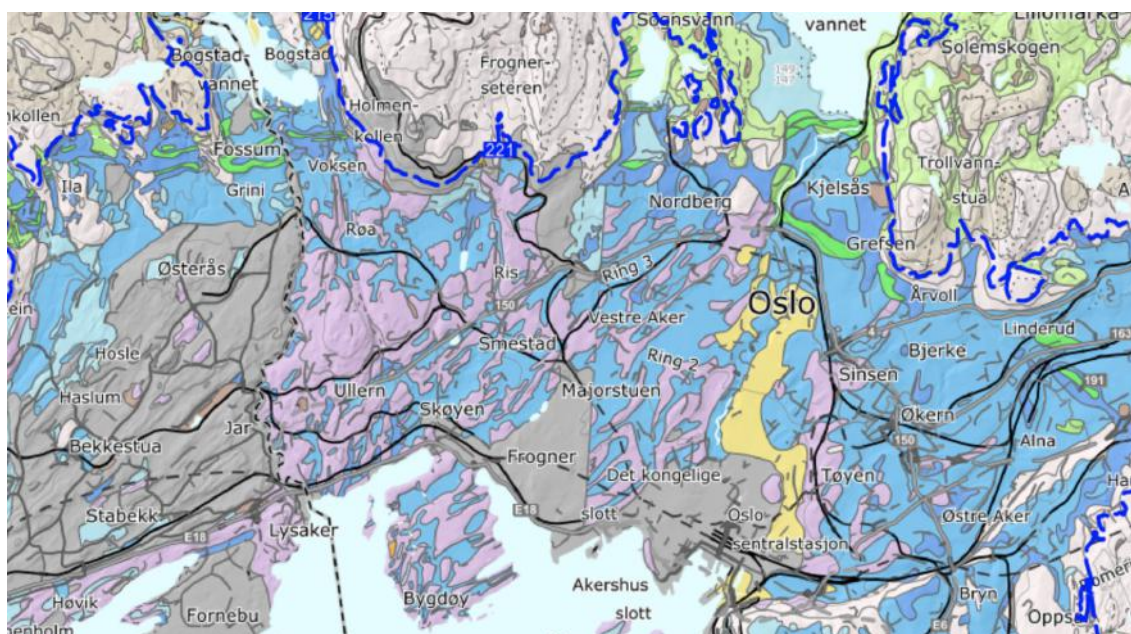


Fig. 39: Oversiktskart over løsmasser Oslo [61]



Fig. 40: Tegnforklaringer [52]

Sannerkvartalet befinner seg i et område blant de tre overnevnte løsmassefraksjonene vist i 41, der det har blitt tatt utgangspunkt i tidligere grunnundersøkelser. Sannerkvartalet ligger i et område med 20-30 m dyp siltig leire. Lagdelingene under er en blanding av fastere masser, antatt til å være sand og grus ned mot fjellet på 34-36 m dybde. Siden bygningen ble bygget i 1937 og frem til i dag er det gjort tilstrekkelig komprimering av underlaget, som gjør at det ikke vil skje videre setninger i dag. Sannerkvartalet befinner seg dermed i en stabil situasjon.

Det er likevel viktig å ta med seg at det ved stor økning av vekt vil kunne oppstå setninger. I et såpass stort område er det også fare for at det vil kunne skje differensialsetninger. Dette er et resultat av ulike setninger på bakgrunn av varierende avstander til fjell, som gir ulik langtidskomprimering. Tegbygg er ekstra sensitive for setninger som gjør at det ved en loftsutbyggingen er viktig å få en så lett som mulig vektendring. Følgende var det diskusjoner om blant annet hva som var mest fordelaktige materialvalg for Sannerkvartalet. (Møte, Shahrokhi. Farzin, Paya consult)

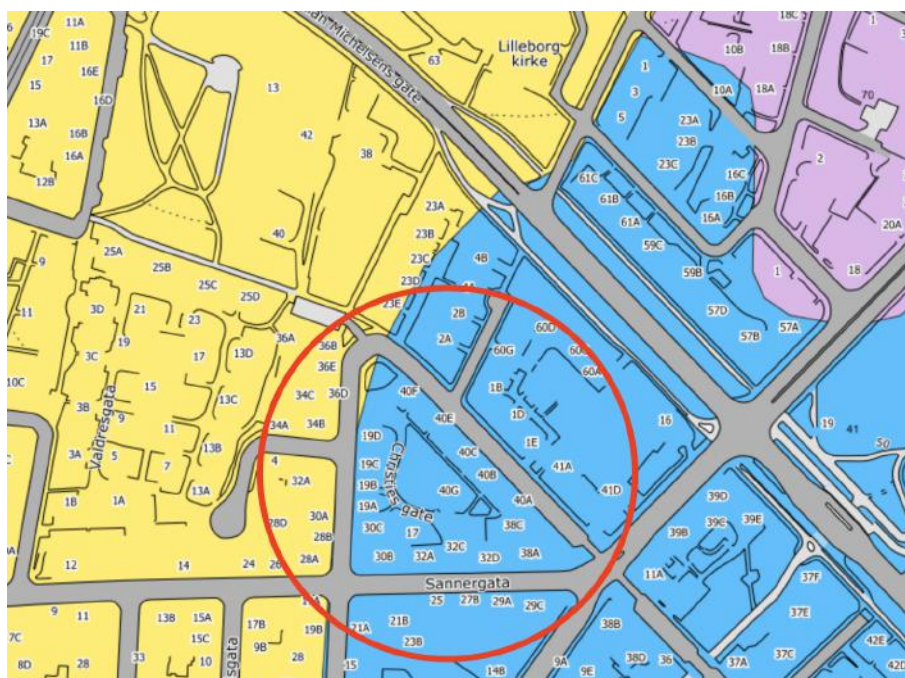


Fig. 41: Nærmere oversikt over Sannerkvartalet, tegnforklaringer figur 40 [52]

Valget av materialer falt på ytbetong, porebetong og silika av kalksandstein, som er mer kompakt i valget av bæresystemet. Til forskjell fra betong med tyngdetetthet på rundt $2000\text{kg}/\text{m}^3$ - $2600\text{kg}/\text{m}^3$, har silika en tyngdetetthet lik $1900\text{kg}/\text{m}^3$. En liten forskjell som gir en sikkerhet når det gjelder vekt. Bruken av dette nevnes mer i kapittel 6.7.

I Sannerkvartalet ble det også prosjektert et nybygg i bakgården som kobles opp mot Dæleneggata. I Christies gate er det i tillegg satt opp nye heissjakter, som ble gravd ut på utsiden av bygget i bakgården. Alt dette er nye konstruksjoner og påvirker videre setninger på det eksisterende underlaget. Nybygget ble av den grunn satt på peler, da dette fordeler lasten fra bygget lenger ned i bakken, og påvirker ikke stabiliteten i grunnen. Heissjaktene på sin side måtte settes på større fundament for bredere lastfordeling. Disse ble i tillegg gravd ut på en spesifikk måte vist i figur 42 for å sikre trygg forankring. Dette går ikke nærmere inn på i oppgaven.

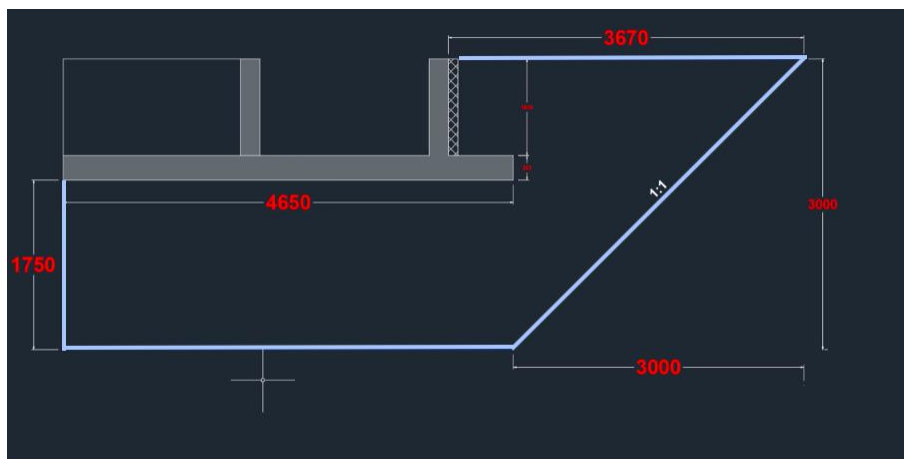


Fig. 42: Bilde over utgraving heissjakt

Ofte vil ikke tidligere tegningsunderlag være fullstendig, noe som gjør at det eksempelvis kan være nødvendig med prøvetaking i kjeller og andre konstruksjonsdeler for å avdekke hva som ligger under.

6.5 Laster

Lastene som virker på en konstruksjon skilles mellom en variasjon i tid og rom. Slik som permanente-, variable- og ulykkespåvirkninger. Dimensjonerende ulykkespåvirkninger vil eksempelvis være jordskjelv, jordskred eller kollisjoner. Laster som varierer i ulike perioder er variable påvirkninger, slik som snø-, vind- og nyttelast. De siste permanente laster, går på vekt som påvirkes permanent [51]. Her legges det til grunn for hvilken laster som beregnes i dimensjonering av takelementene og bæresystemet.

6.5.1 Egenlast

Egenlast er en permanent og bunden last som sier noe om vekten til konstruksjonen eller bygningselementer, se figur 43. Det brukes ved statiske beregninger og generelt ved prosjektering. Egenvekten defineres som materialene som inngår i konstruksjonen og bestemmes av tilhørende tyngdetetthet [kN/m^3] til materialene. Ved skrå tak vil egenlasten være lasten som belaster den skrå flaten. Ved beregninger vil det bli bruk for den horisontale belastningen, slik at det er lettere å tilpasse de andre bygningsdelene. Ved beregning i bruksgrensetilstand vil lasten øke med [3, 62]:

$$1/\cos(\alpha)$$

1 er angitt som egenlasten til taket

α er takvinkelen

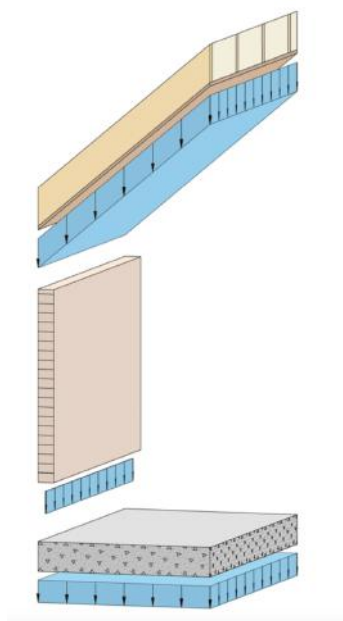


Fig. 43: Egenlast i bygningsdeler [3]

6.5.2 Nyttelast

Nyttelast er en variabel last som virker på etasjeskillerene, eksempelvis personer, møbler og ikke-bærende skillevegger. Nyttelasten er en variabel som bestemmes utfra type bygg som prosjekteres og bruksområder. Nyttelasten består av både en jevnt fordelt last q_k og en punktlast Q_k . Disse variablene hentes fra NS-EN 1991-1-1 og blir kombinert i ulike lastkombinasjoner. Figur 44 viser hvilke kategorier standarden deler prosjekteringen inn i.

Tabell 6.1 – Brukskategorier

Kategori	Spesifikk bruk	Eksempel
A	Arealer for inneaktiviteter og hjemmeaktiviteter	Rom i boligbygg og hus; sengerom og behandlingsrom i sykehus; soverom i hoteller og gjestgiverier; kjøkken og toaletter.
B	Kontorarealer	
C	Arealer der personer kan samles (med unntak av arealer som er definert i kategori A, B og D ¹⁾)	<p>C1: Arealer med bord osv., f.eks. i skoler, kafeer, restauranter, spisesaler, leserom, resepsjoner osv.</p> <p>C2: Arealer med faste seter, f.eks. arealer i kirker, teatre eller kinosaler, konferanserom, forelesningssaler, forsamlingsaler, venterom medregnet forhall på jernbanestasjoner osv.</p> <p>C3: Arealer uten hindringer for personer i bevegelse, f.eks. arealer i museer, utstillingsrom osv., og ankomstområder i offentlige bygg og administrasjonsbygg, hoteller, sykehus, jernbanestasjonshaller.</p> <p>C4: Arealer med mulighet for fysiske aktiviteter, f.eks. dansesaler, gymnastikkrom, scener osv.</p> <p>C5: Arealer som lett overfylles, f.eks. i bygg for offentlig bruk, som konsertsaler, idrettshaller medregnet tribuner og atkomstområder og jernbaneperronger.</p>
D	Forretningsarealer	<p>D1: Arealer i vanlig detaljhandel.</p> <p>D2: Arealer i varehus.</p>
<p>¹⁾ Det gjøres oppmerksom på 6.3.1.1(2), særlig for C4 og C5. Se NS-EN 1990 når det må tas hensyn til dynamiske effekter. For kategori E, se tabell 6.3.</p> <p>MERKNAD 1 Oppdragsgiver og/eller det nasjonale tillegget kan fastsette at arealer som normalt kan settes i kategori C2, C3, C4, avhengig av bruk, kan settes i kategori C5.</p> <p>MERKNAD 2 Underkategorier til A, B, C1 til C5, D1 og D2 kan gis i det nasjonale tillegget.</p> <p>MERKNAD 3 Se 6.3.2 for lagrings- eller industrivirksomhet.</p>		

Fig. 44: Brukskategorier [62]

Disse kategoriene deles videre inn i belastede områder for både den jevnt fordelte- og punktlasten, som bestemmes utfra figur 45 [51, 62];

Tabell 6.2 – Nyttelast på gulv, balkonger og trapper i bygninger

Kategorier for belastede områder	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
Kategori A		
– Gulv	1,5 til <u>2,0</u>	<u>2,0</u> til 3,0
– Trapper	<u>2,0</u> til 4,0	<u>2,0</u> til 4,0
– Balkonger	<u>2,5</u> til 4,0	<u>2,0</u> til 3,0
Kategori B	2,0 til <u>3,0</u>	1,5 til <u>4,5</u>
Kategori C		
– C1	2,0 til <u>3,0</u>	3,0 til <u>4,0</u>
– C2	3,0 til <u>4,0</u>	2,5 til 7,0 (<u>4,0</u>)
– C3	3,0 til <u>5,0</u>	<u>4,0</u> til 7,0
– C4	4,5 til <u>5,0</u>	3,5 til <u>7,0</u>
– C5	<u>5,0</u> til 7,5	3,5 til <u>4,5</u>
Kategori D		
– D1	<u>4,0</u> til 5,0	3,5 til 7,0 (<u>4,0</u>)
– D2	4,0 til <u>5,0</u>	3,5 til <u>7,0</u>

Fig. 45: Nyttelast [62]

6.5.3 Snølast

Snølast i Norge bestemmes i henhold til NS-EN 1991-1-3. For å kunne bestemme lastene snø påfører konstruksjonen er det viktig å vite både takutforming, byggets geometri og hvor bygget befinner seg geografisk i form av kommune og høyde over havet. Dette fordi det er store forskjeller på snømengde fra årstid, lokasjon og klimavariasjoner. For å regne ut snølast brukes følgende fomler:

$$S = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

S er den karakteristiske snølasten på tak.

μ er en formfaktor. Denne kan variere fra ulike deler på taket utfra vinkel. Bestemmes av tabell 5.2 fra NS-EN 1991-1-3

C_e er eksponeringsfaktoren. Den ser på vinden som kan blåse bort snø fra taket

C_t er den termiske faktoren. Denne tar hensyn til dårlig isolerte bygninger, som kan redusere snølasten

s_k er den karakteristiske snølasten på mark på byggestedet, som bestemmes utfra formelen;

$$S_k = s_{k,0} + n \cdot \Delta s_k$$

$s_{k,0}$ hentes fra tabell NA.4.1(901), se figur 46

$n = (H - H_g)/100$ der H er høyde over havet, og H_g er hentet fra tabell NA.4.1(901)

Δs_k er en variabel som er hentet fra tabell NA.4.1(901)

Verdien av S_k skal heller ikke overskride $S_{k,maks}$ [4, 63]

Tabell NA.4.1(901) – Karakteristisk snølast på mark for kommuner og Svalbard

Kommune	$s_{k,0}$ kN/m ²	H_g m	Δs_k kN/m ²	$s_{k,maks}$ kN/m ²
Østfold				
Aremark	3,0	250	0,5	–
Askim	3,0	250	0,5	–
Eidsberg	3,0	250	0,5	–
Fredrikstad	2,5	150	0,5	–
Halden	3,0	150	0,5	–
Hobøl	3,5	150	0,5	–
Hvaler	2,0	150	0,5	–
Marker	3,0	250	0,5	–
Moss	3,0	150	0,5	–
Rakkestad	3,0	250	0,5	–
Rygge	3,0	150	0,5	–
Rømskog	3,0	250	0,5	–
Råde	2,5	150	0,5	–
Sarpsborg	3,0	150	0,5	–
Skiptvedt	3,0	250	0,5	–
Spydeberg	3,0	250	0,5	–
Trøgstad	3,0	250	0,5	–
Våler	3,0	150	0,5	–
Akershus				
Asker	4,0	150	1,0	–
Aurskog-Høland	3,0	250	1,0	6,5
Bærum	3,5	150	1,0	–
Eidsvoll	4,5	250	1,0	6,5
Enebakk	4,0	250	1,0	6,5
Fet	4,0	250	1,0	6,5
Frogn	4,0	150	1,0	–
Gjerdrum	4,5	250	1,0	6,5
Kommune	$s_{k,0}$ kN/m ²	H_g m	Δs_k kN/m ²	$s_{k,maks}$ kN/m ²
Hurdal	5,0	250	1,0	6,5
Lørenskog	4,0	250	1,0	6,5
Nannestad	4,5	250	1,0	6,5
Nes	3,5	250	1,0	6,5
Nesodden	3,5	150	1,0	–
Nittedal	4,5	250	1,0	6,5
Oppegård	3,5	150	1,0	–
Rælingen	4,0	250	1,0	6,5
Skedsmo	4,0	250	1,0	6,5
Ski	3,5	250	1,0	6,5
Sørum	4,0	250	1,0	6,5
Ullensaker	4,5	350	1,0	6,5
Vestby	3,5	150	1,0	–
Ås	3,5	150	1,0	–
Oslo				
0–150 m.o.h.	3,5	–	–	–
151–250 m.o.h.	4,5	–	–	–
251–350 m.o.h.	5,5	–	–	–
> 350 m.o.h.	6,5	–	–	–
Hedmark				
Alvdal	4,0	650	1,0	6,5
Eidskog	3,5	250	1,0	6,5
Elverum	4,0	250	1,0	6,5
Engerdal	4,0	650	1,0	6,5
– nær Trøndelag	4,0	650	1,0	7,5
Folldal	4,0	850	1,0	6,5
– nær Trøndelag	4,0	850	1,0	7,5
Grue	3,5	250	1,0	6,5

Fig. 46: Et utdrag av tabell NA.4.1(901) [63]

6.5.4 Vindlast

Vindlast bestemmes i henhold til NS-EN 1991-1-4. Det er en tidsavhengig variabel som varierer utfra hvor i landet bygningen befinner seg og utformingen av bygget. I standarden finnes ulike lastfaktorer og -kombinasjoner slik at den dimensjonerende lasten kan beregnes. Påvirkninger på konstruksjonen skal vurderes for både innvendig og utvendig trykk.

Innvendig vindtrykk bestemmes ved:

$$w_i = q_p(z_i) \cdot c_{pi}$$

$q_p(z_i)$ er vindkasthastighetstrykket, som kan regnes ut ved $q_p(z) = k_w \cdot v_{2b,0}$

Z_i er referansehøyden for det innvendige trykket

c_{pi} er formfaktoren for det innvendige trykket hentet fra kap.7 i NS-EN 1991-1-4, tilhørende takform det dimensjoneres for

Utvendig vindtrykk:

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$$

$q_p(z_e)$ er topphastighetstrykket

Z_e er referansehøyden for det utvendig trykket

c_{pe} er formfaktoren for det utvendig trykket

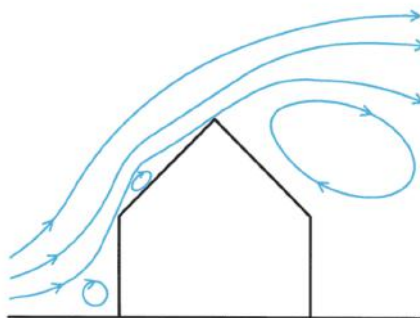


Fig. 47: Vindlast på bygning [5]

Det samlede trykket på en bygning er differansen mellom innvendig og utvendig trykk. Trykk rettet mot en overflate angis med positivt fortegn, mens negativt fortegn vil gi en indikasjon av sug på overflaten, se figur 47. Det er også krefter som virker fra vind på konstruksjonen som enkelt kan bestemmes ved følgende formel:

$$F_w = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref}$$

Alle variablene er avhengig av ulike variabler gitt i NS-EN 1991-1-4

$c_s c_d$ er en konstruksjonsfaktor

c_f er en kraftfaktor

A_{ref} er referansearealet for konstruksjonen eller konstruksjonsdelen.

Denne formelen kan brukes til å regne på kreftene til hele konstruksjonen eller kun en konstruksjonsdel, eksempelvis et tak [5, 64]

6.5.5 Lastkombinasjoner

For dimensjonering av konstruksjonsdeler vil NS-EN 1990 benyttes for ulike lastkombinasjoner. De ulike lastene nevnt over blir multiplisert med en last- og kombinasjonsfaktor (γ_f). Denne tar høyde for de ulike usikkerhetene ved å beregne lastene på en konstruksjon. Det vil bli regnet ut for ulike kombinasjoner, og den dimensjonerende kombinasjonen er den med størst opptredende spenning. [51]

6.6 Takelementer

Beregning av takets bærekonstruksjon blir gjort i henhold til trekonstruksjonsstandarden NS-EN 1995-1-1, samt standardene for snø-, vind- og nyttelast. Der blir det beregnet hvilke belastninger som påføres konstruksjonen, i form av permanente og variable laster. Beregning av disse lastene brukes til å finne en sikkerhetskoeffisient. Sikkerhetskoeffisienten brukes ved dimensjonering av bæresystemene til taket. Ved større konstruksjoner blir det beregnet for hvert enkelt tilfelle, mens ved mindre hus brukes som regel standard dimensjoneringsanvisninger og tabeller fra SINTEF Byggforsk. [35, 66]

6.6.1 Dimensjonering av takelementene

Elementene er dimensjonert på tradisjonell måte med plassbygd sperretak eller veggkonstruksjon med hensyn til snø-, vind- og egenlast. Dimensjoneringen av takelementene deles opp i produksjons-, transport-, og monteringsfase. I produksjonsfasen er det gjort lastberegninger for tak, i transportfasen ses det på krefter som virker på elementet ved heising av og på lastebil. Mens i en monteringsfasen ser man nærmere på kapasitet i forhold til stropping og heising. (Telefon, Steen. Håvard, RVT)

Transport- og monteringsfasen er relativt like. Etter at elementet har ligget flatt under produksjon blir det påvirket av ulike krefter når det flyttes. Det er derfor viktig å ha et godt og stivt element for at det skal tåle disse belastningene. Den største beregningen i disse fasene går på å dimensjonere stropper for heising. Måten dette er gjort på er å ta utgangspunkt i de største elementene i denne produksjonen og gjøre en vektberegning. Det største og tyngste elementet blir da dimensjonerende og en sikkerhet for resten. Videre dimensjoneringsforhold er forklart nærmere i NS-EN 1991-3 [65]. (Telefon, Steen. Håvard, RVT)

I starten av produksjonsfasen prosjekteres det inn hvor de ulike lysåpningene skal være og resten av utformingen til elementene. Dette er for å finne ut egenvekten til elementene som da kan brukes i videre beregninger. Etter dette hentes det inn hvor bygget står geografisk. Med denne informasjonen og standarder, kan vind- og snølast beregnes. Dette er forklart nærmere i kapittel 6.5. Resultatene er vist i figur 48. (Telefon, Steen. Håvard, RVT)

Byggeplass:	Oslo 0-150 m.o.h. [Oslo]	Høyde over havet [m]: 150
Kar. snølast på mark:	3,500 kN/m ² , Topografi: Normal Ce [1]	
Referenshastighet, vind [m/s]: 22	Vindtrykk: 0,896 kN/m ² , II. Landbruksområde, område med spredte små bygninger eller trær.	

Fig. 48: Lastverdier fra Sannerkvartalet

Et viktig moment i dimensjoneringen er at det er tre elementer som utgjør mansardtaket i Sannerkvartalet. To svært bratte elementer og ett som kobler disse sammen. I dimensjoneringen er det kun sistnevnte som er dimensjonert som tak. De to elementene som omfavner det midterste er såpass bratte og med høy vinkel at de blir beregnet som vegger. Takdimensjoneringen blir da gjort for ett element som beregnes som et pulttak. Dette avgjør både verdier for vind- og snølast fra standarden. Og videre blir sidene på elementet kun dimensjonert for vindtrykk og sug. (Telefon, Steen. Håvard, RVT)

Verdier for stedslaster, egenlast og utforming som høyder og vinkler av takelementet blir satt inn i et FEM-program. Programmet RVT benytter seg av er STATCOM. Programvaren går gjennom ulike lastkombinasjoner og finner ut hvilken som er mest stabil i forhold til nedbøying og utnyttelsesgrad. Figuren 49 under viser til ulike dimensjonerende lasttilfeller for beregning av elementer gjort til Sannergata. Videre kan det dimensjonerende lasttilfellet for bruks- og bruddgrense ses i figur 50 (Telefon, Steen. Håvard, RVT)

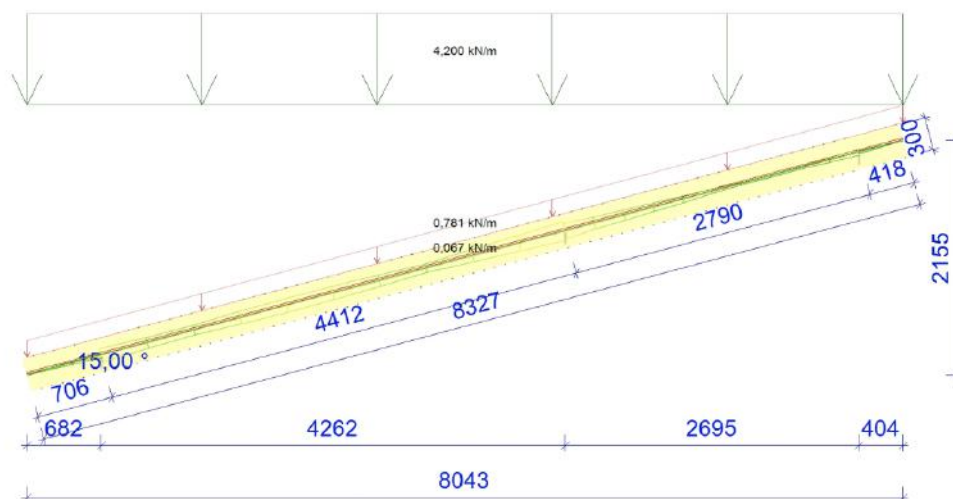
Lastkombinasjoner

- #1 $0,90 \times \text{Permanent} + 1,50 \times \text{Vind [Fra venstre +]}^* \{I\}$ <Brudd. 6.10 -A1.2(A)[EQU:SetA] >
- #2 $1,35 \times \text{Permanent}^* \{P\}$ <Brudd. 6.10a -A1.2(B) [STR/GEO:SetB] >
- #3 $1,35 \times \text{Permanent}^* + 1,50 \times 0,7 \times \text{Snø } [\mu 1] + 1,50 \times 0,6 \times \text{Vind [Fra venstre +]} \{I\}$ <Brudd. 6.10a -A1.2(B) [STR/GEO:SetB] >
- #4 $1,35 \times \text{Permanent}^* + 1,50 \times 0,7 \times \text{Snø } [\mu 1] \{KT\}$ <Brudd. 6.10a -A1.2(B) [STR/GEO:SetB] >
- #5 $1,20 \times \text{Permanent} + 1,50 \times \text{Snø } [\mu 1]^* + 1,50 \times 0,6 \times \text{Vind [Fra venstre +]} \{I\}$ <Brudd. 6.10b -A1.2(B) [STR/GEO:SetB] >
- #6 $1,20 \times \text{Permanent} + 1,50 \times \text{Snø } [\mu 1]^* \{KT\}$ <Brudd. 6.10b -A1.2(B) [STR/GEO:SetB] >
- #7 $1,20 \times \text{Permanent} + 1,50 \times 0,7 \times \text{Snø } [\mu 1] + 1,50 \times \text{Vind [Fra venstre +]}^* \{I\}$ <Brudd. 6.10b -A1.2(B) [STR/GEO:SetB] >
- #8 $1,00 \times \text{Permanent} + 1,50 \times \text{Vind [Fra venstre +]}^* \{I\}$ <Brudd. 6.10b -A1.2(B) [STR/GEO:SetB] >
- #9 $\text{Permanent} + \text{Snø } [\mu 1]^* + 0,6 \times \text{Vind [Fra venstre +]}$ <Bruk. 6.14b -6.5.3 [CHAR] >
- #10 $\text{Permanent} + \text{Snø } [\mu 1]^*$ <Bruk. 6.14b -6.5.3 [CHAR] >
- #11 $\text{Permanent} + 0,7 \times \text{Snø } [\mu 1] + \text{Vind [Fra venstre +]}^*$ <Bruk. 6.14b -6.5.3 [CHAR] >
- #12 Permanent^* <Bruk. 6.14b -6.5.3 [CHAR] >

Fig. 49: Ulike lastkombinasjoner STATCOM regner på

Bruddgrens

#6 $1,20 \times \text{Permanent} + 1,50 \times \text{Snø } [\mu 1]^* \{KT\}$ <Brudd. 6.10b -A1.2(B) [STR/GEO:SetB] > - :{Brudd.}



Bruksgrens

#9 Permanent + Snø [$\mu 1$] + 0,6 × Vind [Fra venstre +] <Bruk. 6.14b -6.5.3 [CHAR] > - :{Bruk.}

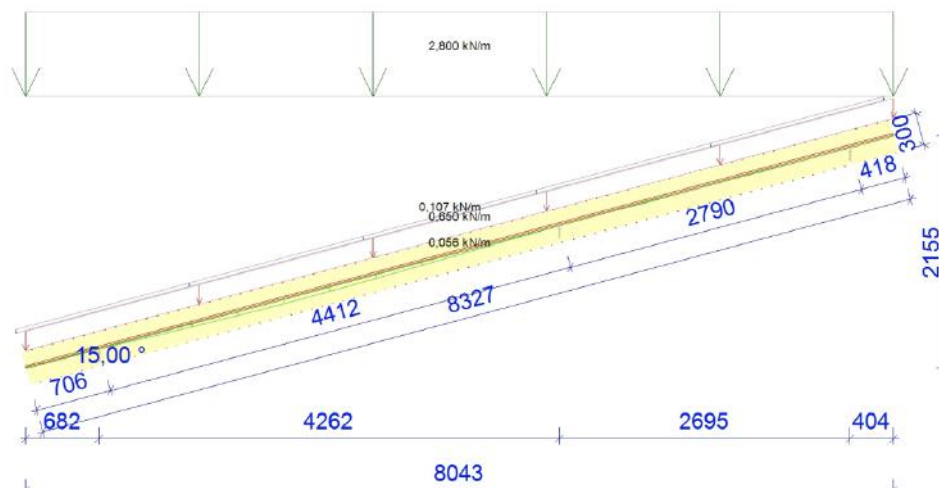


Fig. 50: Brudd og bruksgrense

RVT er ikke delaktig på å dimensjonere bæresystemet til elementene. De sender inn overnevnte verdier til RIB samt tilpasninger som må gjøres i henhold til oppleggspunkter. Eksempelvis vil en ståldrager trenge mer tilpasninger på fabrikk, da det må bores hull til skruer og bolter. Sannerkvartalet ble for eksempel prosjektert med bruk av M8-skruer. Limtre og annet trevirke er mer fleksibelt og må ikke prefabrikeres med festepunkt. (Telefon, Steen. Håvard, RVT, 05.05.2022)

Verdier for hvor stor oppleggsbredde som vil være nødvendig for systemet vil STATCOM regne ut. Programmet oppgir hvor stor bredde som trengs for å unngå knusing. I Sannerkvartalet legges elementene kun på dragere og bæresystemet under blir ikke avgjørende for dimensjoneringen fra RVT. Dimensjonering av bæresystemet kommer i kapittel 6.7. (Telefon, Steen. Håvard, RVT, 05.05.2022).

RVT leverer som regel elementer til nybygg. På nybygg blir det gjort oppmålinger og nøyaktige 3D modeller i Solibri, som det lettere kan tilpasses etter. På et eldre bygg uten oppmålinger må de ta utgangspunkt i en 2D tegning med unøyaktige avstander. Som et resultat av dette prosjekteres det inn overskytende størrelser av finér og vindspærre i overgangen mellom galv- og delvegger på opptil 240 mm for å sikre tilstrekkelige størrelser, mer om dette i 7.3.1. Dette gjør at det ved avvik på byggeplass lettere kan tilpasses på stedet, uten usikkerhet om at det er prosjektert inn for små størrelser. Platene har forøvrig ingen bærende funksjon i elementet og tilpasninger på byggeplassen vil ikke ødelegge sikkerheten bak prosjekteringen. (Telefon, Steen. Håvard, RVT, 05.05.2022)

6.7 Bæring av takelementene

Dimensjonering av takelementene og tall fra elementleverandøren brukes til å prosjektere en løsning på bæresystemet. Bæresystemet må være i stand til å ha tilstrekkelig bæring av elementene, og fordele lasten den påføres ned i konstruksjonen. (Telefon, Steen. Håvard, RVT, 05.05.2022)

6.7.1 Utforming av bæresystemet

I Sannerkvartalet er det tre ulike konstruksjoner, noe som har gitt tre litt forskjellige bæresystem. Elementene ble prosjektert nokså likt, med endringer på mål og andre mindre tilpasninger. (Møte, Shahrokhi. Farzin, Paya consult, 06.05.22)

Christies gate

Felles for alle byggene er at det ble bestemt å benytte langsgående dragere som elementene ble festet til. Dragerne og støttepunktene av disse er det som skiller de tre ulike konstruksjonene. Christies gate var det første bygget som ble prosjektert. Her ble det valgt en løsning hvor dragerne ble festet i gavlveggen ved bruk av stålkonsoller, og støttet opp i bæreveggene som skilte leilighetene og trappoppgangene. (Møte, Shahrokhi. Farzin, Paya consult, 06.05.22)

Det konstruksjonsmessige mest utfordrende for dette bygget, var at den eksisterende loftsetasjen hadde ulike høyder, vist i figur 69 og 70. Dette førte til at dimensjoneringen av bæresystemet ble utregnet i deler. Loftet ble delt opp i ulike konstruksjoner og senere tilpasset hverandre til et helhetlig bæresystem. (Møte, Shahrokhi. Farzin, Paya consult, 06.05.22)

Gavlveggene ble bevart med opprinnelig tegl og bygd opp ytterligere ved hjelp av ytong og silika. Dragerne som ble festet i toppen av gavlveggen bærer mye last fra hele spennet. Festepunktet i gavlveggen vil få en stor punktlast. Det ble da prosjektert inn en vertikalsøyle i veggen ved bruk av u-blokker. U-blokker er av ytong som er porebetong med en tyngdetetthet på 600 kg/m^3 , noe som gjør den svært lett. Inni denne u-blokken blir det lagt o-søyle armering og deretter støpt med betong som gir det en høy styrke. Betong fordeler last med en vinkel på 45° ned i underlaget. Som igjen fører til at den opprinnelige punktlasten blir fordelt på et større område på den eksisterende teglen og gir mindre spenning. (Møte, Shahrokhi. Farzin, Paya consult, 06.05.22)

De tre dragerne i denne konstruksjonen ble dimensjonert etter lasten fra takelementene. To av disse dimensjonert som limtre-bjelker, 190×405 i GL30c vist i figur 51 og 52. Den øverste drageren tar størst del av lasten og har festepunkt mellom to elementer. Drageren i midten av leiligheten støtter opp det store spennet til elementet og fordeler vekten mellom dragerne. Siste drageren som både er festepunkt og bæring av de to elementene nærmest Christies gate, er dimensjonert i stål. Dette er en spesiallaget ensidig HSQ med påsveiset skrå flens vist i figur 53. Dette er valgt fordi en stor andel krefter fra øvrige elementer virker ned på dette oppleggspunktet. Dette førte til en del utfordringer med den arkitektoniske løsningen da det var et stort vindusareal rett under denne stålbjelken. Det måtte av den grunn være et lite tversnitt med stor kapasitet. (Møte, Shahrokhi. Farzin, Paya consult, 06.05.22)

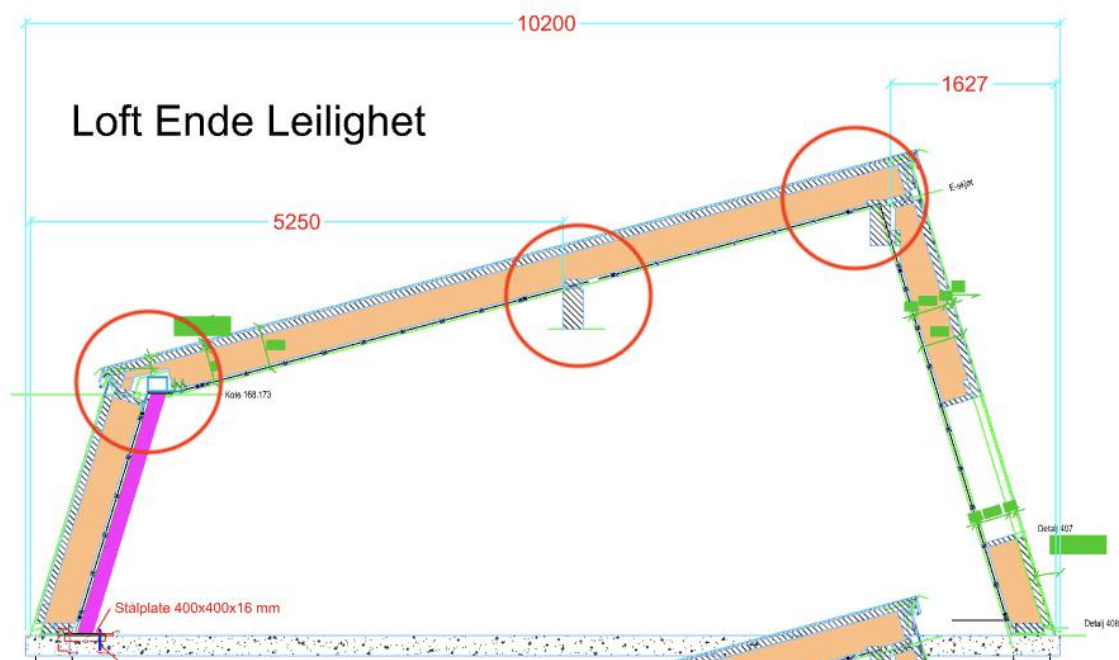


Fig. 51: Bæring på endeleilighet Christies gate

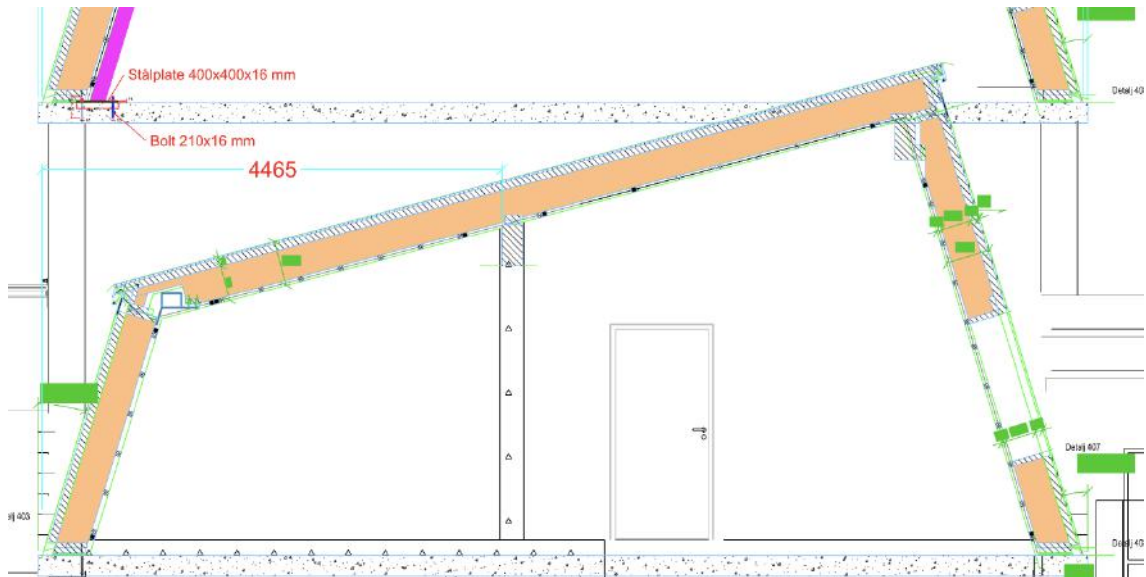


Fig. 52: Bæring på midtleiligheten på Christies gate

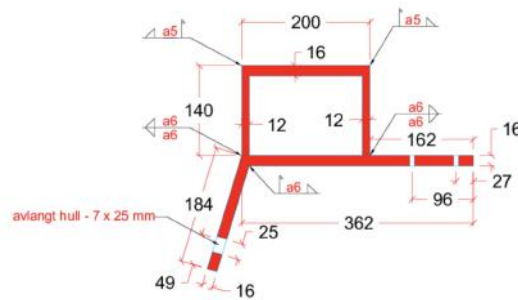


Fig. 53: Tverrprofil av stålbejken

Det var nødvendig at kreftene fra ståldrageren ikke skulle overføres til elementene, men ned i de bærende betongdragerne i etasjeskilleren. For å utbedre dette ble det prosjektert en søyle som støttet opp drageren, markert i rosa på figur 51. Dette var noe problematisk med tanke på det arkitektoniske, i form av å ikke forstyrre rominndelingen. Et annet argument er å få lasten ned i betongdekket. Søylene ble da skråstilt og det måtte prosjekteres en god fotplate for å hindre moment. Søylene ble en enkel HUP-profil, med en oppleggende stålplate på topp på 300x200x12. I bunn en stålplate som tilpasset betongdekket på 400x400x16. Fotplate med bolteplan er vist i figur 54. (Møte, Shahrokhi. Farzin, Paya consult, 06.05.22)

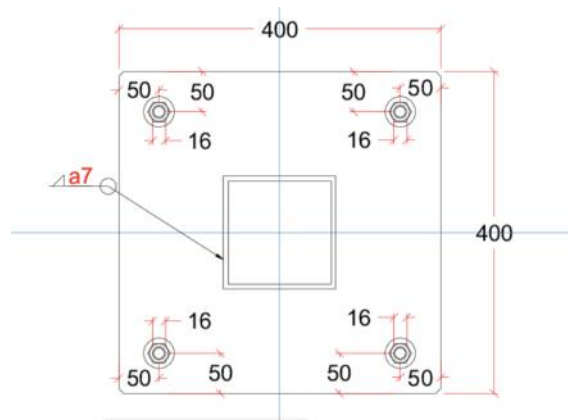


Fig. 54: Stålfot

Sannergata

Dimensjoneringsprosessen til Sannergata ble endret litt fra Christies gate. Dette gjorde at de ulike lastberegningene måtte regnes på nytt. På grunn av praktiske løsninger og erfaringer fra Christies gate ble det valgt og ikke lenger benytte bærevegger i silika. Dette kom av at løsningen førte til flere logistikkutfordringer knyttet til heising og kapasiteten til dekket, mer om dette i kapittel 7. Løsningen ble bærende søyler som støtter dragere, som så gjorde det lettere å skille leilighetene med doble gipsplater. (Befaring, Solbakken. Bastian, AFBF, 08.04.22)

Dragerne er relativt likt dimensjonert som Christies gate, men endring av støttepunkter gjorde at det måtte tilpasses det nye systemet med bærende søyler. Både trappoppgangene og skilleveggene mellom leilighetene er prosjektert annerledes. For at den midterste limtre-drageren skulle få nok støttepunkter, måtte den flyttes fra sin originale posisjon som prosjektert i Christies gate. Tydeliggjort i figur 55. Limtre-bjelkene er dimensjonert for samme styrke som i Christies gate, men har en størrelse lik 200x400 for tilpasning til opplegg. HSQ-bjelken er dimensjonert likt som i Christies gate. (Møte, Shahrokhi. Farzin, Paya consult, 06.05.22)

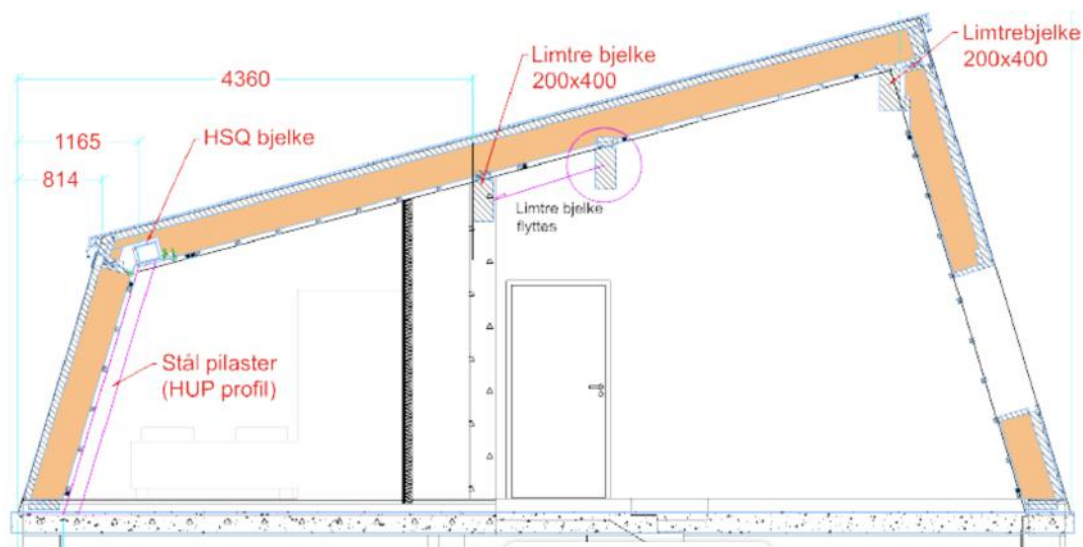


Fig. 55: Bæring av takelementer i Sannergata

Det ble dimensjonert for limtre-søyler som støttepunkter. Det var få søylepunkter og det er da viktig at de får et bredt lastbilde ned. Derfor ble det støpt en betonggrop disse søylene ble festet i, som går ned i betong-drageren i dekket for å få tilstrekkelig bæring. (Møte, Shahrokhi. Farzin, Paya consult, 06.05.22)

Dælenenggata

Dælenenggata har en annerledes dimensjoneringsløsning i forhold til de to overnevnte. Det ble bestemt en limtrebjelke med dimensjonene 215x450 som er en større dimensjon enn i de tidligere nevnte byggene. Grunnen til dette er at spennene er større mellom bærepunktene i dette bygget, og vil da trenge større dimensjon for å ta lasten. Her ble det opprinnelig dimensjonert med stålsøyle, men limtre ble foretrukket av entreprenør. Grunnen bak dette går på den økonomiske risikoen de økte stålpriser og ventetid har gitt. Når prisen på materialer øker underveis i prosjektet vil dette øke den økonomiske risikoen for entreprenøren. Det ble derfor valgt å gå for limtre og det ble da gjort nye beregninger. (Møte, Shahrokhi. Farzin, Paya consult, 12.05.22)

På grunn av spennet er det også prosjektert en 3,7 m høy stålsøyle som står rett på drageren. Det vanskeligste aspektet med dimensjoneringen av denne går på at den blir påvirket av flere momenter. Dette gjorde at stålfoten måtte legges på en betongsokkel på 40mm. Forplaten måtte så tilpasses betongsokkelen for alle skjær og momentkreftene den påfører. Både boltene og betongen må dimensjoneres for skjær, og videre må det implementeres et kjemisk anker mellom stålet og betongen. Se figur 56 for tydeliggjøring. (Møte, Shahrokhi. Farzin, Paya consult, 06.05.22)

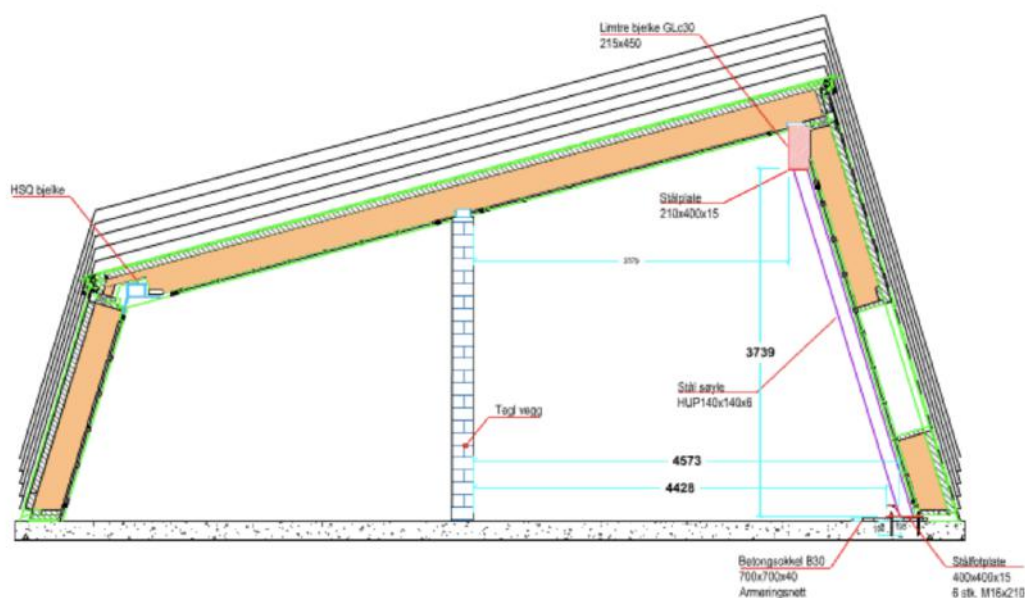


Fig. 56: Bæring av takelementer i Dælenenggata

6.7.2 Utfordringer med utførelsen

Dimensjoneringen har krevd en del arbeid ettersom det ble gjort erfaringer underveis som har endret prosjekteringen. Utover dette har det som tidligere nevnt også vært utfordringer med et ufullstendig underlag fra gamle plantegninger. Dette har ført til endringer fra første prosjekterte plan. Det ble gjort endringer underveis i form av blant annet søyler, bærevegger og tverrsnittsdimensjoner.

Videre kan de sveiste dragerne på søylene få noe avvik mellom flensene til de ulike bjelkene ettersom stålet drar seg, se figur 58. Det ble derfor lagt inn en toleranse som en kunne shimse seg opp fra, siden det er mye lettere å bygge opp i forhold til å fikse på sveist stål. (Befaring, Solbakken. Bastian, AF, 08.04.22)



Fig. 57: Sprang mellom flenser rundt søylepunkt

Den ensidige HSQ bjelken med påsveiset skråflens vist i figur 58 er noe som ble diskutert mye av entreprenøren. Det har vært ønsket om å komme opp med billigere løsninger som ville vært lettere å benytte seg av i et nytt prosjekt.

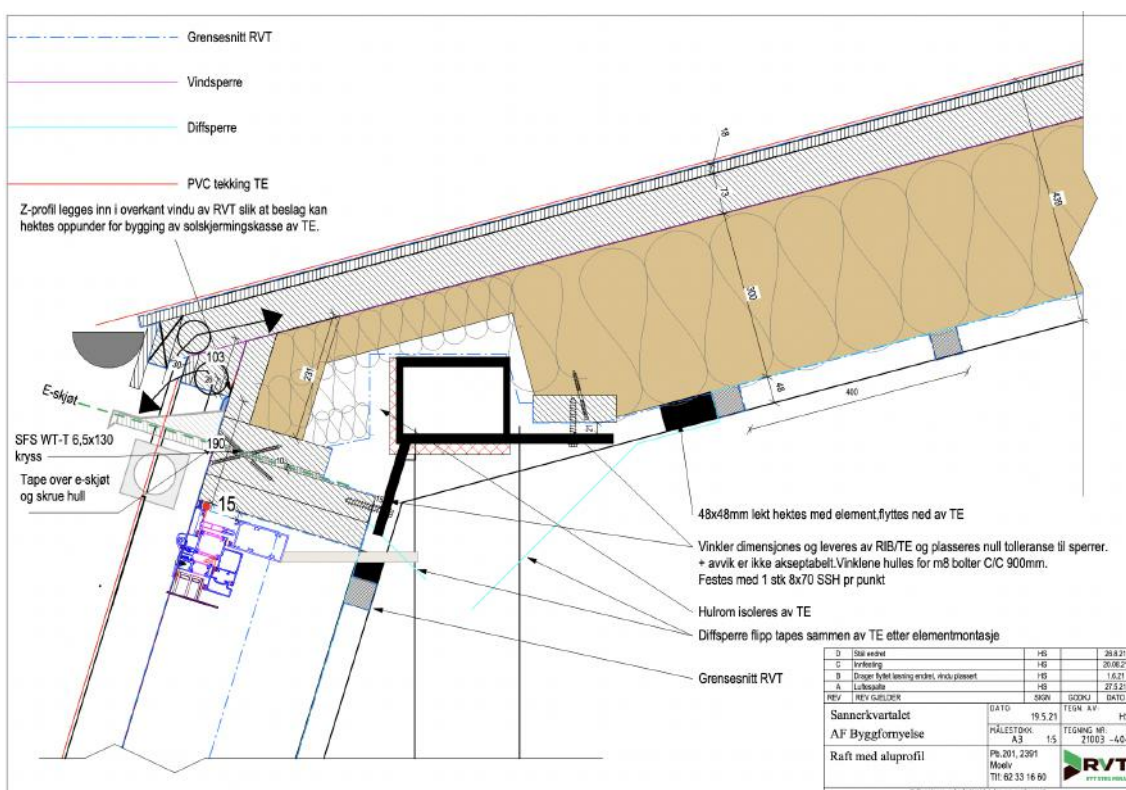


Fig. 58: Sprang mellom flenser rundt søylepunkt

Fra RIB sitt perspektiv var det mest utfordrende med dimensjoneringen tidsperspektivet. Elementene gikk i produksjon før det var begynt riving på byggene. Prosjekteringen av bæresystemet til elementene begynte ikke før det var avklart hva slags bæresystem og materialer byggene hadde.

Dette resulterte i korte tidsfrister for å levere et godt produkt utfra et økonomisk ståsted. Det økonomiske perspektivet fra var at de hadde skrevet under kontrakt med to engasjerte. På bakgrunn av avkortet tidsfrist måtte dette dimensjoneres mye fortere og trengte da doblet arbeidskraft. Det hadde av den grunn vært ønskelig med elementer med enda mer fleksibilitet på byggeplassen slik at i et eventuelt nytt prosjekt trenger ikke bæresystemet på byggeplassen tilpasses elementene, heller omvendt. (Møte, Shahrokhi. Farzin, Paya consult, 12.05.22)

Viktige erfaringer fra RIB til et eventuelt nytt prosjekt blir å dimensjonere et godt bæresystem som har gode festepunkt til elementene. Det kan så bli lettere å dimensjonere stendere og tilpasse konstruksjonen etter dette. (Møte, Shahrokhi. Farzin, Paya consult, 12.05.22)

6.7.3 Andre løsninger for bæresystem

RIBen fra Mimersgade i København er blitt kontaktet, da dette er et lignende prosjekt. Her er det prosjektert et mansardtak, men med en litt annen utforming. Det er ikke valgt dragere som bæresystemet og er av den grunn ulikt Sannerkvartalet. Det ble her heller benyttet knekter for å bolte elementene sammen vist i figur 59. (E-post, Boserup, Alexander Herman, Jens-Peter Madsen ApS)

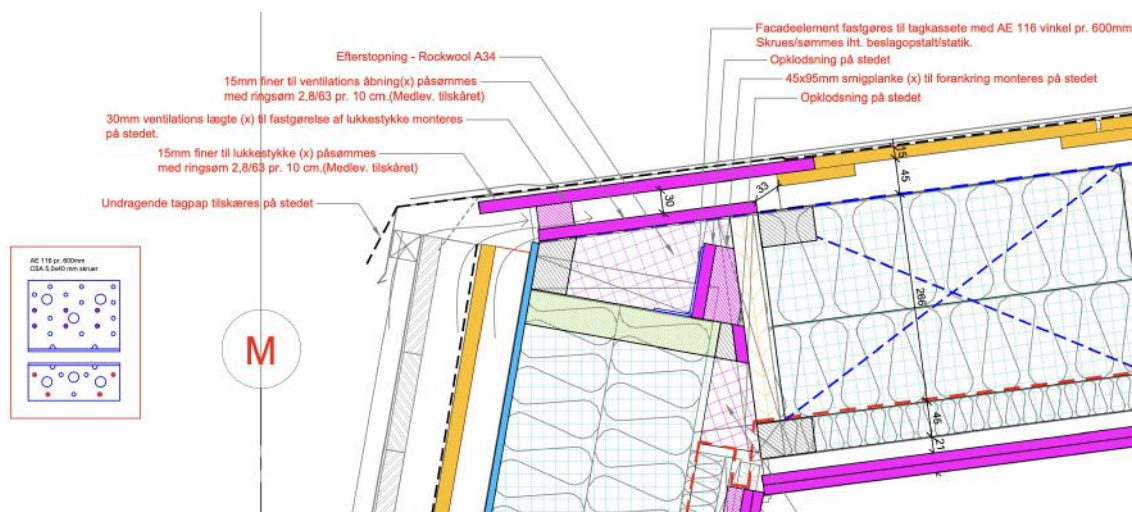


Fig. 59: Detalj av knekken benyttet på Mimers gate

En annen løsning for bæresystem som ble valgt i dette prosjektet er vist i figuren 60. Det ble valgt å lage et tversgående bæresystem, med en fagverks lignende tilpasning. Denne løsningen gjør at det blir flere søylepunkter, noe som kan virke inn på romfølelsen. Dette bæresystemet har et toppunkt midt i konstruksjonen, som gjør at lastene fra elementene automatisk fordeler seg likt på hver side. Statikken til dette bæresystemet er lettere å forholde seg til. Ulempen er at det gir begrensninger for rominndeling og flere søylepunkter i rommet.

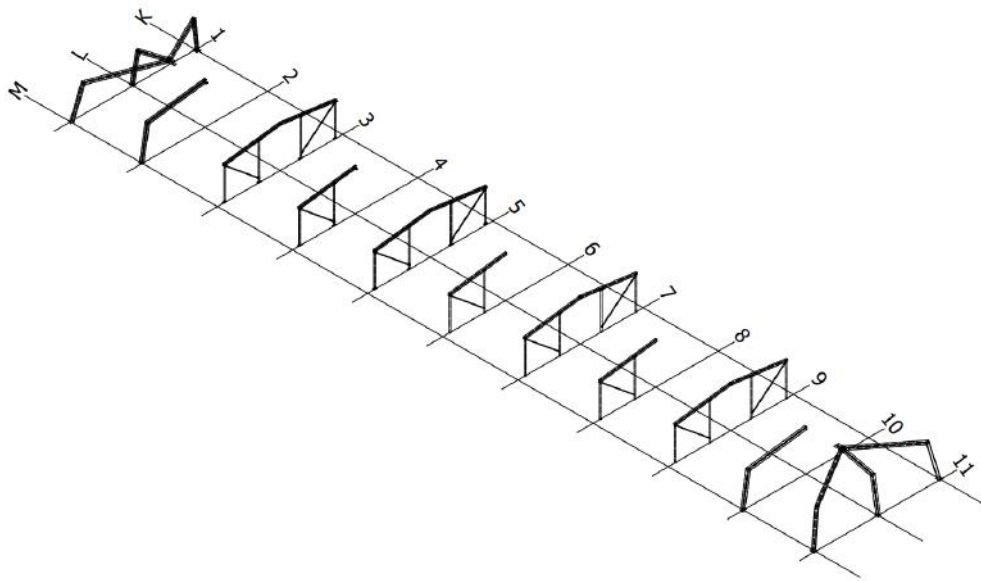


Fig. 60: Bæresystem på Mimers gate

Statikken til bygget består av at takelementene spenner på langs av bygget og overfører horisontale krefter i form av skiver over til betong, stål og fasaden. Fasaden går vertikalt ned og overfører så de horisontale kreftene til styresvillen og takflaten. For å kunne overføre kreftene fra stål må stålet være boltet i underlaget. Denne skjøten overfører da videre strekk og trykkkrefter.

7 Valg av byggemetode

7.1 Introduksjon

Denne delen fokuserer på ulike aspekter rundt valg av byggemetode når det gjelder utbygging av råloft. Som nevnt i kapittel 1.2 så fokuseres det på plassbygging opp mot prefabrikkerte elementer av tre. Det har vært ønskelig med en form for empiri for å kunne belyse de ulike aspektene bedre ved Sannerkvartalet. Det har derfor blitt undersøkt om det finnes andre prosjekter som har møtt på de samme utfordringene som Sannerkvartalet, og om de har løst utfordringene forskjellig. Først introduseres informasjon knyttet til produkt og prosess, og hvilken sammenheng dette har med elementene. Deretter sammenlignes plassbygd og bruk av takelementer. Det redegjøres for utfordringer forbundet med elementmontasjen, som ble erfart på Sannerkvartalet.

7.2 Ulikheter med takelementer opp mot tradisjonell plassbygging

7.2.1 Standardisering og skreddersøm

I litteratursøker dukket det opp aspekter knyttet til variasjonsbegrepet; standardisering og skreddersøm. I samtale med intern veileder og andre eksterne aktører oppfattes dette begrepsparet som motpoler (Møte, Tørset. Jomar, NTNU, 21.02.22). Elementleverandører nevner videre at prefabrikasjon forutsetter en standardisering og at utbygging av råloft potensielt ikke egner seg med elementer. Prosjektet må være av en tilstrekkelig stor størrelse, med en geometri som tillater flest mulig like elementstørrelser. Kapittelet kommer til å vie oppmerksomhet mot hva standardisering kan innebære og kreve. Dette vil bidra til å belyse hva som er mulig og avdekke utfordringer med bruk av prefabrikkert takelementer.

Teknologiutviklingen i byggenæringen utvikler et tøffere og mer globalt marked, og gjør det mer aktuelt å finne mer kostnadseffektive løsninger [40]. Standardisering er en metode som ”reducerer variasjon knyttet til kvalitet, kvantitet og timing” ifølge SINTEF [55]. Denne definisjonen bestemmer dessuten ikke om skreddersøm er mulig å gjennomføre. Med andre ord mener SINTEF at skreddersøm kan standardiseres. Denne industrialiseringen av byggeprosesser går ut på å vurdere produktet, prosessen og de involverte menneskene som er direkte eller indirekte involvert. [55]

Etter teknisk forskrift er takelementene begrenset på størrelse og byggemetode. I tillegg produseres de under kontrollerte forhold på fabrikk, som gir økt kvalitet og forutsigbarhet. Elementene kan spesialdesignes til kundens behov. Jo mer spesielle detaljer og design elementet har, desto mer kompleks blir leveransen for leverandør.

Dagens byggenæring har stor etterspørsel av industrialisering og effektivisering [55]. Moum m.fl hevder at bransjen må bevege seg mot en tilbudsdrivet etterspørsel, dersom industrialisert bygging skal bli en suksess; Det vil si at byggherre velger fra et spekter av løsninger når det gjelder varer. Dette spekteret bestemmes ut ifra leverandørens fleksibilitet for produksjon [55].

Det finnes flere måter for å tilrettelegge for bedre flyt i byggeprosessen [55]. Lean Construction er en arbeidsmetodikk som flere entreprenører har begynt å ta i bruk, for å forbedre planlegging og driften av prosjekter gjennom å ha fokus på følgende:

- Hva er verdien for kunden og hvilke mål skal prosjektet tilfredsstillere?
- Hvilke deler av prosessen skaper verdi i prosjektet og hvilke aktiviteter som ikke bidrar mot målet kan minimeres?
- Ved eliminering av mellomlagring vil produktet kunne flyte i større grad fra en verdiskapende aktivitet til den neste
- Pull-konseptet sikrer at ikke unødvendig arbeid blir utført fordi en påfølgende aktivitet ikke lenger har behov for den.

I prosessen for produktutvikling gjennom Lean skal hver fase, tilbakemeldingen og evalueringssyklus repeteres med samme beslutningspunkter hver gang. Prosessen rundt produktet skal standardiseres, mens produksjonen av det nye produktet er ny for hvert prosjekt. Dette gir muligheter for å standardisere skreddersøm. Diskusjonen blir dermed om industrialiserte byggeprosesser er kompatible med kompliserte utbyggingsprosjekter som er nye mellom hver gang. Flere av tømmerbedriftene som er blitt kontaktet, for eksempel Seltor, stiller seg tvilende til om elementbygging i rehab er egnet. Nesten samtlige av elementleverandørene må drive "tankevirksomhet" ifølge dem selv når de skal svare på om elementer kan egne seg i utbygging av tak. Modum mener at elementproduksjon ville latt seg gjøre, men at teori og praksis sjeldent stemmer overens. AF på Sannerkvartalet og Wolff Svendsen A/S på Mimergade har imidlertid hatt gode erfaringer med prosjektene sine. Det kan dermed tyde på at elementer egner seg for noen prosjekttyper og at det vurderes ulikt innad i bransjen. Dette kan for eksempel være på grunn av at mindre aktører ikke har erfaring og kompetanse for å drive en fremskyndt prosjektering, men det kan også være at en tømmerbedrift besitter svært kvalifiserte tømrere som de heller vil sysselsette. Videre i dette kapitlet redegjøres det for viktige forskjeller mellom plassbygging og prefabrikasjon.

7.2.2 Prefabrikkerte takelementer gir et raskere lukket bygg

En årsak til at prefabrikkerte elementer brukes til prosjekt, er at byggetiden reduseres. Tidskritiske innvendige aktiviteter kan starte tidligere etter at klimaskallet er etablert. En fordel er at det innvendige arbeidet kan gjøres parallelt med montasjen av elementet. Kortere byggetid muliggjør raskere leieinntekter, reduserte finanskostnader og en redusert belastning for beboerne [60, 71]. Dette er spesielt relevant i sentrale strøk. I tillegg vil en større del av arbeidet flyttes vekk fra byggeplassen, som gir mindre støy og kan være spesielt viktig dersom bygården er bebodd under arbeidet. Entreprenøren vil i tillegg ha økonomisk fordel i form av spart mannskap og stillaskostnader. Selv om prefabrikkerte elementer i innkjøp er like dyre, eller dyrere enn materialer til plassbygging, er det lite som skal til for at det resulterer i en billigere total kostnad for alle parter.

7.2.3 Prefabrikkerte elementer behøver et svært nøyaktig underlag

"Det er veldig mye gammelt og dårlig tegningsgrunnlag. Da skannes det bygget, men det er alltid et spørsmål når man skal starte med datafangsten? Det er viktig med en avdekket konstruksjon ved en skanning, men ofte er det så kort tid at man ikke klarer å scanne, produsere modell og så bestille prefab-elementer. Derfor skannes bygget tidlig, men da ender kunde fort opp med en ubrukelig modell."

–Telefon, Gausel. Tommy, Terratec, 23.03.22

Prefabrikasjon krever en tidsriktig og omfattende dokumentasjon av bygningen som skal utbygges. Dersom gulvet er i vater, veggene er i lodd, har hjørner i 90vinkler, og hvis vegger er helt parallelle, så er det lett å se for seg at en prefabrikkerte elementer kan være en gunstig løsning. Utfordringen er at dette sjeldent er tilfellet for rehabiliteringsprosjekt. Ott m.fl peker på at underlag i form av nøyaktige tegninger sjelden er tilgjengelig for eldre bygninger. Bygget kan være påvirket av setninger eller belastning på materialene, som gjør at høydene på bygget ikke er som opprinnelig.

Det kreves en form for datainnnsamling på bakgrunn av dårlig dokumentasjon [71]. 3D-scanning er en metode som kan måle bygninger med høy oppløsning. Avhengig av utstyret som benyttes kan en nøyaktighet i millimeter oppnås. Punktskyen kan kombineres med kameraer, som gjør det mulig å lage fargede punktskyer. En slik punktskymodell kan gjøres om til en BIM-modell. Hvis det ikke gjennomføres en fullstendig skanning, så vil byggherre skyve mye ansvar over på prosjekterende; Siden det allerede er forutsatt at underlag fra byggherre må kontrolleres (Mail, Støen. Fred, Allerio, 14.03.22). Det er også verdt å nevne at det foreløpig er mange som bygger etter arbeidstegninger og ikke etter modell. Da kan det sies at skanningen var forgjeves. De involverte aktørene vil likevel ha glede av en modell for å unngå kollisjoner av tekniske installasjoner.

Den største utfordringen med laserskanning er at alt av tak, vegger, og generelle bygningsmaterialer bør fjernes for å få en skikkelig oppmåling. Samtidig må et anbud gjerne leveres før riving kan

begynne. I en innkjøpsfase der nøyaktig underlag ikke er tilgjengelig, er det nødt å gamble på at ingenting dukker opp etter gitt tilbud. Mer spesifikt i detaljfasen, der elementleveransen påvirkes i større grad.

Etter at tilbudet fra totalentreprenør, TE, er gitt, tar det kort tid fra kontrakten er inngått til bygget skal stå ferdig. Det oppstår dermed et tidspres på prosjekteringen. I de fleste tilfeller der det scannes tidlig i planleggingsfasen, så vil de ulike konstruksjonsdelene være dekt til. De vil ikke være synlig siden det blant annet er boder og innevegger i veien. Tildekkingen gjør at det ikke blir nøyaktige mål mellom innvendige vegger og tykkelser. I tillegg er problemet at bæresystemet, utsparinger og randsoner skal kartlegges, samtidig som at det er vanskelig å få tilgang. Derfor må de modellerende aktørene foreta erfaringsmessig gjettning basert på gitte tykkelser, lengder, omkretser eller avstander.

”I maridalsveien ble det bygd på en etasje for 11 leiligheter med flatt tak og takterrasse. Der så vi på mulighetene for å prefabrikkere. Men det er veldig skummelt. Er det bare noen skjevheter så får man det ikke til. Vi hadde prefab på taksperrer på loftet. Men selv der var det en hæv av justeringer. Teori og praksis – Det er så lite som skal til. ”

–Telefon, Håvi. Lars, Loftsentralen, 24.03.22

Dersom det gjennomføres en skanning av bygningen, nevner flere en frykt for at det likevel oppstår uforutsette faktorer (Telefon, Gausel. Tommy, Terratec, 23.03.22). De påpeker at det så og si alltid vil være en hindring. Hindringene kan avdekkes i en fase av prosjektet der det er for seint å tilpasse en løsning. Derfor er det aktuelt å stille seg spørsmålet når datafangsten skal starte, hvor mye som skal rives og hva som skal kartlegges i forkant. En riktig vurdering på dette stadiet, kan hindre at prosjektering og laserskanning blir bortkastet.

En god skanning av bygningen vil imidlertid bidra til å redusere risikoen for feil i prosjekteringsunderlaget. Den minimerer behovet for å måtte endre detaljer under produksjonen av de prefabrickerte elementene. Etter at inventaret er revet bort, kan det gjøres nye målinger som avdekker avvik fra tegningene. Å foreta en suppleringskann eller kontrollmåle kan dekke behovet bedre. Det er gunstig om elementleverandørene kan operere med en rettefrist fra bestillingen er gjort, til det skal produseres. I mellomtiden kan det avdekkes feil og mangler, slik at elementleveransen kan korrigeres ved behov.

”Min erfaring er at skanning ikke er noe kvikk-fiks. Det å få lagt inn skjevheter i modellen krever mye. Du klarer ikke fange opp at vegger mager ut. Siden det er vanskelig og tidkrevende å tegne det inn, så blir det forenklet. For oss som skal tegne en vegg er ikke 3 cm kritisk. Avviket må være ganske stort for å modellere det inn. Men for de som skal prosjektere stål eller elementer, så må man måle helt nøyaktig. Når det skal lages prosjekteringsunderlag, så behøver man et snitt fra modellen et eller annet sted. Og hvis ting er skjevt, hvor skal det plasseres? Så det er ikke så lett å ta dette på punktskyen.”

–Telefon, Paulshus. Eva M, Hille Melbye Arkitekter, 31.03.22

En annen utfordring som blir belyst i sitatet over er at det er mye rom for feil med å konvertere en punktskymmodell til en BIM-modell. Gamle bygg har store avvik når det gjelder høyder, symmetri og vinkler. Vegger kan blant annet være buede i forhold til en rett senterakse på en vegg. Det vil si at veggen har en utbøyning. Utfordringen her er at en arkitekt eller BIM-aktør må transformere punkter fra en modell, inn i det som blir rette vegger. Målingen er ikke presis nok, og det kan gi avvik på få centimeter. I følge Terratec lar det seg gjøre å modellere en såkalt triangelmodell, som viser utbøyningen (Telefon, Gausel. Tommy, Terratec, 23.03.22). Å modellere inn utbøyninger er tidskrevende arbeid og vil derfor nedprioriteres. RIBen lager sitt underlag basert på en vegg som potensielt ikke er nøyaktig modellert. Deretter produseres det prefabrickerte elementet basert på RIBens sine beregninger. Utførende monterer styreskinnen på byggeplassen, der de tar hensyn til det markerte grensesnittet. Konsekvensene av den mangelfulle nøyaktigheten gir rom for større avvik enn det elementene tolererer.

7.2.4 Prefabrikkerte elementer krever en fremskyndet prosjektering

”Man må helst ligge et halvår i forveien på en helt annen måte enn ved plassbygging på alle detaljer. Det må planlegges på spikeren, før man setter spaden i jorda...”

–Tatt fra Rolfsjord and Iversen [77]

Prefabrikkerte elementer skiller seg spesielt fra tradisjonell plassbygging, ved at det krever en fremskyndet prosjektering med høy detaljeringsgrad. Dette er for at leverandørene skal kunne produsere de prefabrikkerte elementene i tide. Den fremskyndte prosjekteringen kan føre til utfordringer med lang leveringstid. I flere av de oppsøkte prosjektene er prefabrikkerte elementer nedprioritert som følge av manglende tid. En annen utfordring som nevnes er bestilling av vidnuer fra utlandet og tidsnok leveranse. (Telefon, Nielsen. Allan, Oslo Bygg KF, 22.03.22)

RVT opplever at prosjekter med plassbygging prosjekterer i senere fase, enn ved bruk av prefabrikkerte elementer. En slik løsning gjør utelukker muligheten for bruk av prefabrikkerte elementer til prosjektet, siden det er avhengig av et ferdig underlag (Møte, Alhaug. Simen, RVT, 15.03.22). Heimstaden Eiendom mener derimot at prosjekteringen sjeldent endrer seg sent i prosessen, og at mye som regel er avtalt før en entreprenør kontraheres. (Telefon, Enger. Espen, Heimstaden Eiendom, 11.04.22)

I løpet av arbeidet kan det oppstå nye oppdagelser som gjør at tiltenkte løsninger ikke kan gjennomføres. Prosjekteringen kan ikke ta hensyn til alle potensielle utfall. En fremskyndt prosjektering krever en stor økning i koordinering og er tidkrevende. Det forutsetter kompetanse innenfor området og at prosjektet går smertefritt. Det er derimot lettere å løse problemer underveis og tilpasse nybygget den eksisterende konstruksjonen med en plassbygd løsning. Dette fortrinnet kan minskes, når byggenæringen opparbeider mer erfaring rundt bruk av prefabrikasjon.

”Vi er inne i et nytt prosjekt, der ligger vi bak på hva vi skal løse. Det pleier å være motsatt! Prosjektlederen la til grunn våre standardløsninger i prosjektet og visste hva vi krevde for å levere elementer. Da ble det veldig effektivt. ”

–Møte, Alhaug. Simen, RVT, 15.03.22

Den menneskelige faktoren påvirker risiko for feil i prosjektet. Som belyst i sitatet overfor, stilles det krav til entreprenøren på prosjektet, som står ansvarlig dersom det gjøres en menneskelig feil. Dette viste seg å være en suksessfaktor for RVT, men kan også gi komplikasjoner. Problemet oppstår dersom aktører ikke har tilstrekkelig erfaring, kompetanse, tilstrekkelig tid eller utfører gode nok oppmålinger.

7.2.5 Plassbygging gir økt fleksibilitet

”Man kan sitte å prosjektere så lenge man vil, så begynne å bygge, så funker det ikke likevel.”

–Telefon, Strømme. Petter, Byggmester Neteland, 31.03.22

Entreprenører sier at plassbygging gir stor fleksibilitet når det oppstår uforutsette beskaffenheter ved bygget. Årsaken er at kartlegging av underlag er tidkrevende, som nevnt i kapittel 7.2.3. Den prefabrikkerte leveransen har risiko for menneskelig feil ved innmåling og oppmåling. Disse potensielle faktorene gir store konsekvenser for elementene, siden elementene i seg selv er lite fleksible på byggeplassen.

”I Vibesgate 29 rev vi saltaket og bygde på 2 etasjer med 29 leiligheter. Vi trodde langveggene var parallelle, og først etter vi hadde revet ferdig og skulle begynne å bygge opp igjen oppdaget vi at de var helt skjeve. Ved bruk av prefabrikkerte elementer hadde vi fått store problemer

–Telefon, Håvi. Lars, Loftsentralen, 24.03.22

En feilaktig satsing kan utløse et behov for omprosjektering, som nevnt i 7.2.4. Selv om bæresystemet pleier å være i henhold til tegninger, påpeker flere entreprenører at de har opplevd bygg med avvik og rar kombinasjon av byggemetoder. Dette har dermed skapt problemer med manglende restkapasitet for større vertikal last og endring av bæresystem.

7.2.6 Prefabrikkerte elementer gir logistikkutfordringer

Heising av elementene er krevende og gir økt logistikkbehov. Fortettingsprosjekter er unike i den forstand at det er prosjekter som foregår i allerede bebygde områder [82]. En utfordring med en elementleveranse er derfor vanskelig tilkomst. Det kan skyldes beliggenhet, trange gater, behov for å jobbe i høyden eller trikkelinjer og kabler. Dersom det er trikkelinjer, kan det oppstå behov for spesialkran eller alternativ plassering. Dersom dette ikke er mulig stenges og jobben utføres på natten med mobilkran. Hvert løft med elementer er dessuten mer tidkrevende, siden montasjen gjøres stegvis. Dersom løftene foretas på nattestid, vil bruk av prefabrikkerte elementer trolig være en ulempe.

Plassbygging gir redusert sannsynlighet for store forsinkelser, men gir likevel mindre forutsigbarhet for fremdrift (Telefon, Svartdahl. Jens Herman, Oslo Byggentrepør, 22.03.22). I motsetning til elementer gir plassbygging mindre omfattende løft av materialpakker. Plasseringen til materialpakkene planlegges og spres utover dekket i mindre leveranser. Dette gir en enklere og mer håndgripelig logistikk. Med smådeler kan det være lettere å planlegge, og prosjektet blir mindre avhengig av én aktør eller været. Sannsynligheten for at det oppstår leveranseproblemer og forsinkelser vil minske, siden ansvaret fordeles på flere leverandører. Dette gjør at prosjektet ikke er avhengig av én leverandør for å kunne fortsette arbeidet.

”Just-in-time” er et veletablert prinsipp i byggenæringen. Prinsippet går ut på å levere byggematerialer til avtalt tid, for å sikre god flyt i produksjonen. Det krever logistikkplaner og detaljerer om hvordan elementene skal transporteres og håndteres på byggeplassen. Logistikken kan kompliseres dersom avstanden mellom produksjonssted og byggeplass er stor. Ved import fra utlandet vil tidsrommet for å gjøre endringer være mindre; på grunn av frakttiden. [77]

Menneskelige feil blir mer avgjørende ved prefabrikasjon enn plassbygd, siden elementene krever transport til byggeplassen. Elementenes størrelse vil ikke utgjøre en stor del av kostnaden. Derimot vil størrelsen og transporten være svært viktig for både rigg og fremdrift. En forsinkelse på leveransen gir store konsekvenser for fremdriften. Som regel pleier en prefabrikkert leveranse og undersluttet i kontrakten, slik at entreprenøren ikke er ansvarlig ved forsinkelser grunnet leverandøren.

Prefabrikkerte elementer gir økt behov for lagring og transport. Dette gjør organiseringsprosessen mer komplisert og krever også at det finnes oppbevarings- og transportmuligheter. I dialog med elementleverandører heises elementene normalt av lastebilen på riggplassen, for så heises til montering. Det kan leies areal i byggeområdet eller dele overskuddslast på tilgjengelige biler, dersom byggeplassen ikke har tilstrekkelig plass.

De prefabrikkerte elementene vurderes med hensyn på lengde, høyde, bredde og vekt tidlig i byggeprosessen. Dimensjonene er normalt en større utfordring enn vekten [55]. Det blir nevnt av flere elementleverandører at kranen dimensjoneres etter vekten på elementene. Størrelsen til kranen tilpasses etter de prefabrikkerte elementene er produsert.

Det naturlige alternativet til en elementleveranse for totalentreprenøren, vil være plassbygging. Prefabrikasjon er mer risikofylt når det gjelder kostnader siden det deler opp leveransen, prisene endrer seg og det finnes en risiko for å feilberegne produksjonstimer. Dermed skapes det en risiko

for AF forbundet med fremdriften til prosjektet. Delvis fordi de avhenger av underleverandørens delleveranse. Det kan imidlertid bli svært dyrt dersom totalentreprenør har feilprosjektert for eksempel bæresystemet. Dette er belyst i kapittel 7.2.5. Hvorvidt dette er et realistisk scenario har de undertegnede for lite erfaring til å kommentere.

Argumenter fra entreprenører som foretrekker plassbygging er blant annet at det ved en forsinket elementleveranse kan det resultere i stans på byggeplassen. Motargumentet mener en slik forsinkelse vil avdekkes lengde i forkant, som gir de mulighet til å planlegge konsekvensene og løsninger. Totalentreprenør kan dermed argumentere for at plassbygging gir økt risiko sammenlignet med elementer, siden det er krevende å kartlegge hvor lang tid plassbygging tar.

7.2.7 Prefabrikkerte elementer egner seg for noen type tak

Flere elementleverandører hevder at mange typer tak til prefabrikkerte elementer kan utføres. Noen hevder elementproduksjon vil egne seg best til kompliserte takformer. Optimera mener elementene er mest egnet for enkle saltak. RVT, Taasinge, Optimera og Are Treindustrier sier at de klarer å levere elementer til prosjekter med avansert takgeometri, men Optimera mener det ikke er noe de er vant med. Andre ønsker derimot å levere element på de mindre kompliserte bygningsdelene og plassbygge resten av konstruksjonen. Komplisert geometri til taket inkluderer for eksempel elementer med mange vinkler, for eksempel på grunn av arker og grader. Forskjellen kan skyldes manglende erfaring, standarder og prosedyrer; at egenskapene til de ulike byggesystemer gir en annen type fleksibilitet; at programvaren for å prosjektere elementene har varierende funksjonalitet; eller at produksjonsfasilitetene ikke egner seg for knotete elementer.

Avanserte detaljer med mindre grad av standardisering øker prisen på en prefabrikkert leveranse. For eksempel gir skreddersydde elementer i forskjellige størrelser høy ferdighetsgrad, lenger prosjekteringstid, kompleks produksjon og eventuell økt fraktkostnad. Flere leverandører nevner at vinkel øker kompleksiteten og fremhever utfordringer som pakking, transport, heising og stropping, tetting, og praktiske problemstillinger i prosjektering og produksjon. Mange velger derfor å løse dette med å levere disse delene som precut. Det er derfor viktig at leverandør involveres tidlig i prosjekteringen og kan være med å optimalisere konstruksjonen. Dette hindrer økte kostnader etter sendt tilbud.

Fra foregående avsnitt kan det tyde på at elementer egner seg for tak med lange, rette spenn uten mange møtende vinkler. Dette gjør at elementproduksjonen kan standardiseres med flest mulig like elementer, som gir flere potensielle leverandører til å by på prosjektet. I tillegg vil det være lettere å måle opp, prosjektere og montere underlaget som elementene skal plasseres, dersom geometrien på bygget er enkel. Denne utfordringen er beskrevet i detalj i kapittel 7.2.3. Prosjekter med høy himling vil egne seg for elementer, siden plassbygging i et slikt tilfelle krever mye stillas. Dette tilrettelegger for å kunne arbeide flere på samme område. Høyt tak vil gjøre det krevende å løfte opp takbjelkene manuelt, samtidig som det måtte vært et jekkesystem eller en såkalt spidercrane tilgjengelig for å løfte sperrene.

I dialog med entreprenører, som foretrekker plassbygging, fremheves at de også foretrekker samme takformer som elementleverandørene. De mener det overvurderes hvor lang tid det tar og at det ofte lar seg gjøre å løfte sperrene manuelt. Sannerkvartalet har en kombinasjon av de to foregående. Forskjellen ligger i at elementleveransen er av tilstrekkelig volum. Dette er både med tanke på elementleveransen sin kostnad avtar med økt volum, men det må også lønne seg for en totalentreprenør å måle opp, prosjektere et underlag som elementene kan lande på, og lage styreskinnen. Med andre ord er prosjektstørrelse en viktig parameter for om en bør velge elementer i et prosjekt.

7.2.8 Prefabrikkerte takelementer kan løse organisatoriske og finansielle utfordringer

Bruk av prefabrikkerte elementer i prosjekt flytter mye av produksjonen bort fra byggeplass. Dersom entreprenøren ikke har egne håndverkere ansatt i bedriften, kan dette være ugunstig. Dersom de ansatte er sysselsatt og det er mye å gjøre, kan prefabrikasjon fungere som en slags sikkerhets-

ventil i perioder der det er mye å gjøre. Samtidig kan elementer være et fornuftig alternativ til plassbygging dersom totalentreprenøren ikke har egne tømre.

7.2.9 Prefabrikkerte takelementer gir økt kvalitet

Det er kostnader knyttet til kvalitet. Dersom det kan oppnås økt kvalitet til en lavere totalpris, som beskrevet i kapittel 7.2.2, så har det åpenbare fordeler.

Elementer lages under kontrollerte forhold, beskyttet mot vær og vind, og heises på plass slik at bygget tettes fort. Det er enklere å følge en prosess inne i en fabrikk med rutiner og sjekklister, sammenlignet med plassbygging. Flere nevner at det også er mindre sannsynlig å bygge inn fukt og gjøre feil, sammenlignet med byggeplassen. I følge Ott et al. kan fabrikkproduksjon med kvalitetskontroll redusere byggekostnadene basert på menneskelige og materielle feil. Det er anslått at feil i planlegging og installasjon utgjør 20% av globale byggekostnader [71]. Entreprenører som leverer prefabrikkerte takelementer, kan med andre ord selge inn kvalitet som en attraktiv bonus i prosjekter.

7.2.10 Prefabrikkerte elementer kan gi økt HMS

Elementer gir mindre støy på byggeplassen. Dette er spesielt relevant i urbane miljø og områder med bebodde bygårder. Jaillon Poon fremhever at prefabrikasjon kan bidra til forbedret ergonomiske forhold, blant annet ved reduserte støv- og støyproblemer [55].

Prefabrikkerte elementer innebærer tunge løft på byggeplassen. Det er vanskelig å gi en generell beskrivelse av elementer, men tyngre løft kan føre til økt alvorlighetsgrad dersom uhellet er ute. Fordelen med få og tunge løft er at det gir mindre intertransport, mindre arbeid i høyden og løfting for hånd som begge utsetter HMS for arbeiderne. I tillegg vies det ekstra fokus på sikkerhet ved elementheising gjennom en Sikker Jobbanalyse, SJA, som forminsker risiko for skade.

7.3 Erfaringer fra Sannerkvartalet knyttet til bruk av prefabrikkerte takelementer

Denne delen kommer til å beskrive spesifikke erfaringer med bruk av prefabrikkerte takelement på Sannerkvartalet. Metoden med elementer er generelt veldig positivt tatt imot på prosjektet. Mange av de teoretiske utfordringene som er avdekket i dialog med aktører, nevnes i kapittel 7.2.

7.3.1 Underlaget til elementleveransen var gamle tegninger, kvalitetssikret av en scan

Ved prosjektet, Sannerkvartalet, ble arkivtegninger om hvordan bygningen så ut opprinnelig og hvordan det skulle bli sendt til AF. Det ble gjort kontrollmålinger av totalmål ved å skanne gavlveggene og alt utvendig. Målene gjorde det mulig å sjekke at totalmålene på bygget stemte overens med takelementene. Tegningene viste ikke sikkert hvor de innvendige veggene startet og stoppet, samt at tykkelsen var uklar. Etter å ha kontrollert totalmål ble de gamle tegningene benyttet som underlag til elementleverandøren. Med andre ord ble takelementene bestilt før Sannerkvartalet var ferdigprosjektet.

For å håndtere den iboende usikkerheten med mål mellom vegger var løsningen å bestille takelementene på undermål. Denne løsningen gjør det mulig å montere, samt fylle inn siste rest på byggeplassen, samt at det unngås bekymringer rundt for store element. Elementene ble derimot levert med finer på overmål, som kunne tilpasses etter bygget, se figur 61. En lignende løsning ble brukt mellom hver trapping på bygget, se figur 62.

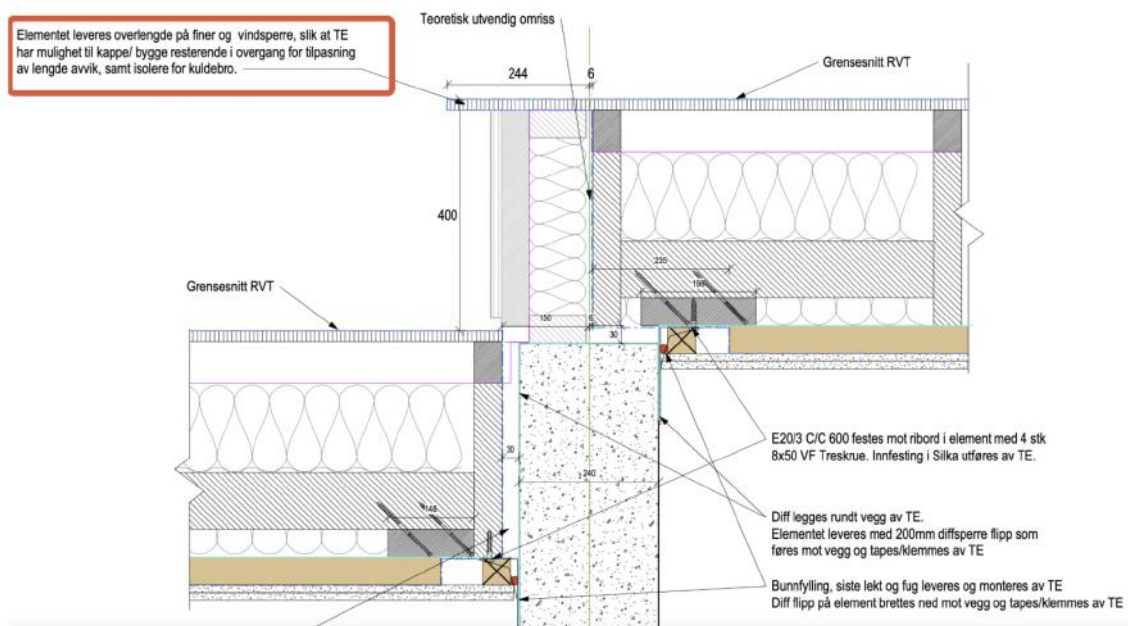


Fig. 61: Elementet leveres med overlengde på finer og vindspærre for å tilpasse avviket på bygget

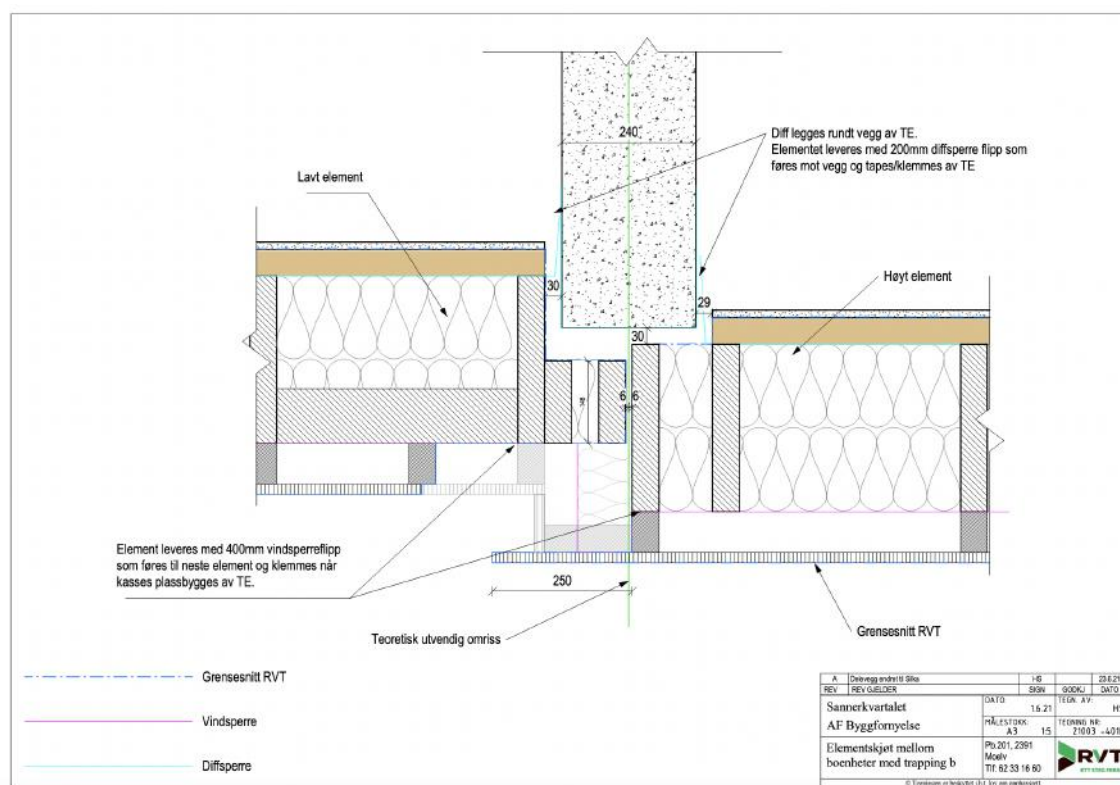


Fig. 62: Detalj som viser oppbyggingen av overgang mellom elementer der bygget trapper ned.

Ved Sannerkvartalet var det utfordringer med feil kartlagte kotehøyder. Det registrerte avviket var på omtrent 20 cm, se figur 63. Sannerkvartalet konstruert med dekkeforkanter helt ut til yttervegg, noe som ellers ikke er vanlig. Synlige dekkeforkanter tilrettelegger for at det kunne vært målt opp høyder på forhånd. Resten av byggene hadde ikke problemer med oppmålingene da det var like avstander på blant annet trappeopp ganger i utstrekningene. (Møte, Solbakken. Bastian, AF, 05.02.22)

Kart og terreng – Scan av bygg og utomhus



- Feil kotehøyder i rammesøknad

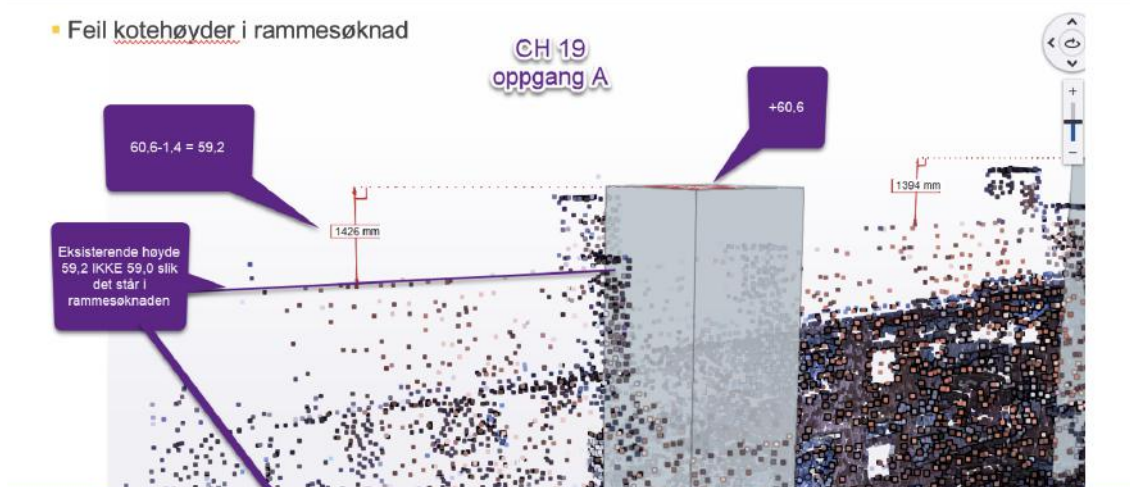


Fig. 63: Den faktiske kotehøyde fra originale tegninger stemte ikke overens. Hentet fra "Lessons Learned" – en evalueringsrapport gjort av AF i løpet av prosjektet.

Det viste seg at en gavlvegg var parallellforsjøvet. Forskyvningen ble målt til 5 cm fra et glippe mellom elementet og veggen. Der drager er festet i dekkeforkant, oppstod det en glippe på omtrent 30 cm. Det er likevel en lettere prosess å tilpasse en glippe på få cm ved å legge inn litt isolasjon, enn å måtte kutte elementet hvis de er for store. Entreprenør var dermed litt heldig at prosessen på Sannerkvartalet gikk smertefritt. (Møte, Solbakken. Bastian, AF, 05.02.22)

7.3.2 Tak-over-tak stillas

Det ble bestemt i tidlig fase at det skulle brukes tak over tak- stillas til Sannerkvartalet. Taket på stillaset lå på skinner og hadde glidelås på faste intervaller, som kunne åpnes opp og foldes sammen; se figur 64. På denne måten kunne stillaset skyves til side og åpnes opptil seks meter. Ved bruk av denne løsningen minsket risiko for påkjenninger på leilighetene i etasjen under loftet. Elementene ble midlertidig begrenset i bredden etter mulige åpninger på stillaset. Størrelsen på elementene begrenser også etter mulighetene for transport. (Møte, Solbakken. Bastian, AF, 30.02.22)

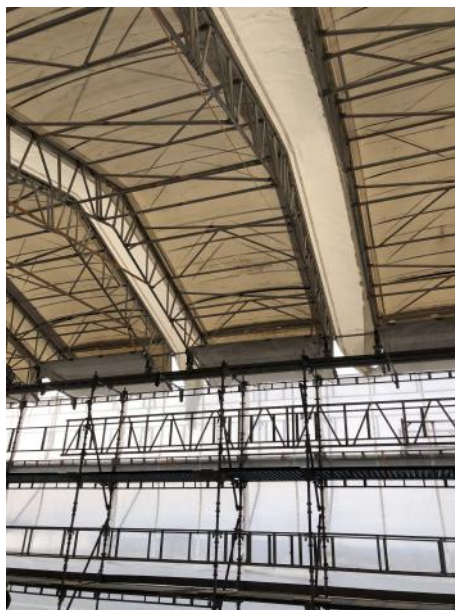


Fig. 64: Lemmer på stillaset som kan åpnes, foldes sammen og skyves til side på skinner.

Gulvet på Sannerkvartalet har opprinnelig et påforet tregulv over betonggulvet, som vist på figur 65. På Christies gate, der byggeprosessen begynte, ble gulvet revet før takelementene var montert, men etter at stillaset var kommet på plass. Denne overgangen viste seg å gi uheldige bivirkninger til etasjen under, da det oppstod kondens. Som følge av dette la de isolasjonsmatter på gulvet. Ulempen med denne løsningen var at de utførende var nødt til å gå på isolasjonen for å komme seg rundt på byggeplassen. Når det gjelder de to neste bygningene avventet de prosessen med å rive gulvet til senere, først når takelementene var montert. Som gjorde at det ikke lenger oppstod kondens i etasjen under. Derfor erfarer det at gulvisolasjon ikke bør fjernes før de prefabrikkerte takelementene er montert. (Møte, Solbakken. Bastian, AF, 30.02.22)



Fig. 65: Påforet tregulv

7.3.3 Tidskrevende å montere styresvill

På Sannerkvartalet ble det montert en styresvill som elementene lander på ved gesimsen. Styresvillen ble vatret opp med minimum avstand til dekket på 30 mm for å få korrekt oppbygning og høyder til vinduer. Målingene ble gjort i henhold til tegninger fra elementleverandøren, RVT. AF

fokuserte på å montere styreskinnen i riktig høyde og rette opp skjevhetene. Under montasje var det få tilpassingsproblemer. RVT som monterte takelementene forteller styresvillen passet fint og at det ikke var noen ytterligere monteringsproblemer. (Møte, Solbakken. Bastian, AF, 1.03.22)

Utarbeiding av skinnene krevde en del jobb. På grunn av store skjevheter mellom ytterveggene var det vanskelig å få bunnsvillene korrekte. Treklosser ble brukt til å justere det eksisterende dekke og finjustert med plastshimser. Monteringen av styreskinnen tok omtrent 1 time på 3 løpemetere bunnsvill, inkludert isolering på undersiden. Det ble også brukt tid på å kontrollere høydene i sammenheng med de andre oppleggspunktene. Årsaken til fokus på dette, var for å slippe problemer med monteringen av takelementene.



Fig. 66: Justering av svill

7.3.4 Utsparinger for tekniske føringer var ikke tilstrekkelig planlagt

Det var ikke mulig å prosjektere hull i takene på de prefabrikkerte takelementene til viderføring av tekniske sjakter, fordi målene på de innvendige veggene ikke var nøyaktige. AF nevnte forøvrig at denne oppmålingsprosessen ikke var verdt tiden og detaljgraden det krevde, siden det mest sannsynlig vil oppstå komplikasjoner uansett (Befaring, Solbakken. Bastian, AF, 8.04.22). Løsningen ble dermed at hullene for lufting av kloakkrør og naturlig ventilasjon ble kuttet ut i ettertid med motorsag på byggeplassen. Grensesnitt for utskjæringer i elementene kunne med fordel vært koordinert med tanke på sperreplassering. Årsaken er at rørene gikk opp langs eksisterende trappesjakt og traff en takspærre der utsparingene i takelementene burde ha vært. Dette oppstod fordi takelementene ikke var tilpasset og planlagt for dette. Konsekvensen var at rørene ble trukket ut fra veggen langs taket, se figur 67. Siden taket hadde hems, tok dette opp noe av rommet. Ved nye prosjekt kan ventilasjonen med fordel tilpasses i tidligere fase. Utfordringen med dette vil være kompleksiteten rundt plassering av utsparingene. Det er vanskelig og speisaltilpasse et takelement etter upresise innvendige målinger. Å kutte utsparingen på fabrikk kunne dermed føre til at en utsparing blir feilplassert. (Befaring, Solbakken. Bastian, AF, 8.04.22)

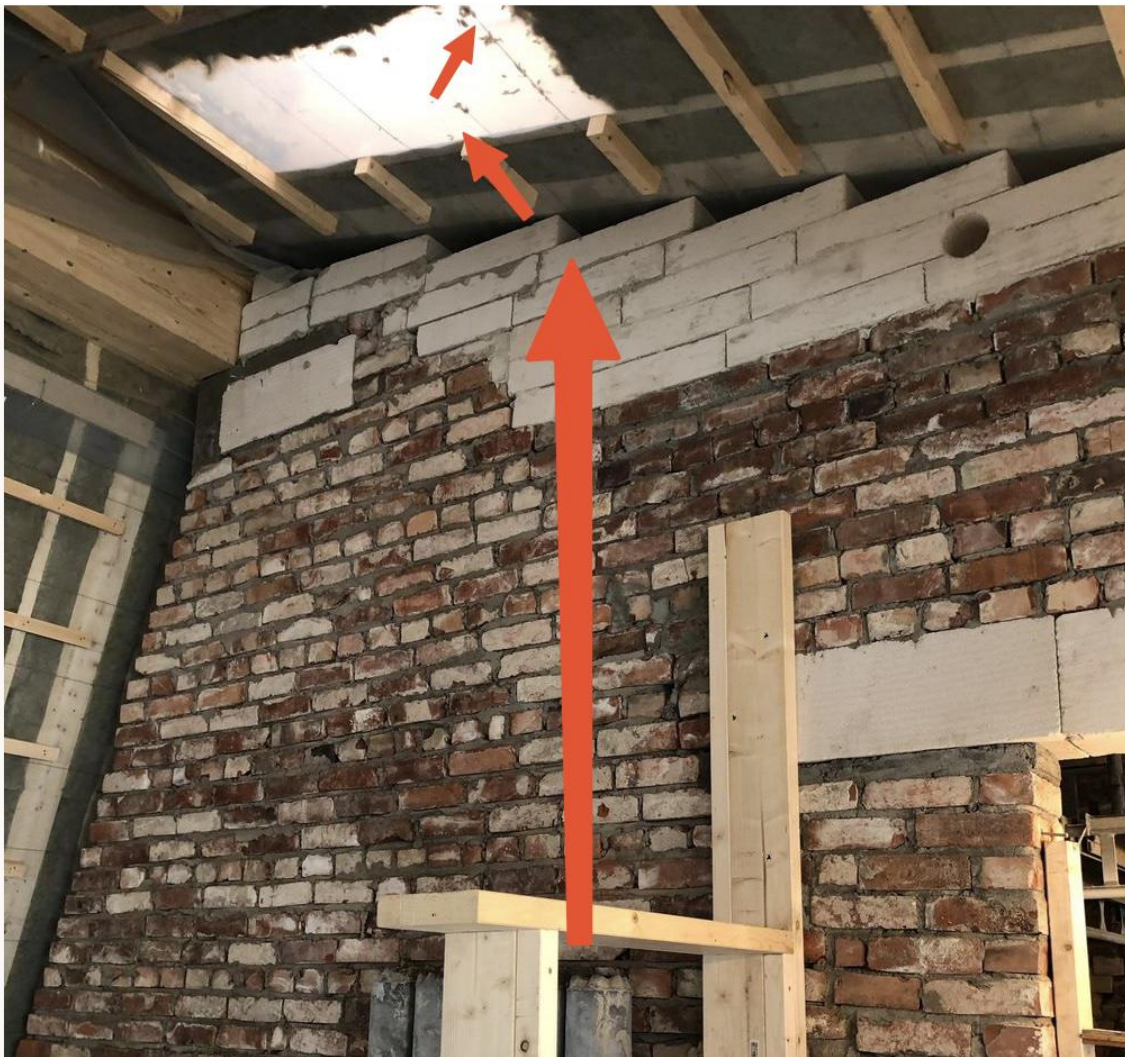


Fig. 67: Teknisk sjakt som må legges innover på taket på grunn av kolliderende taksperre

7.3.5 Lang leveringstid på vinduer

For prosjektet Sannerkvartalet oppstod det utfordringer med å få vinduer fysisk levert i tide til elementleverandøren, RVT, sin fabrikk. Dette førte til at vinduer som kunne vært montert ved tidsnok levering, nå måtte monteres på byggeplassen. Negative bivirkninger angående dette er blant annet mindre plass, mer logistikkutfordringer og arbeid i høyden. (Befaring, Solbakken. Bastian, AF, 8.04.22)

7.3.6 Trappinger på Sannerkvartalet ga utfordringer ved gesims

Et av byggene på Sannerkvartalet, Christies gate, er langt og tilpasset et skrånende terreng ved å trappe etasjene i ulike intervall. Dette ble tatt høyde for med styresviller slik som vist på figur 68. (Befaring, Solbakken. Bastian, AF, 8.04.22)



Fig. 68: Tilpasning av styresvill ved trapping

Ved høydeutrappingen oppstod det problemer i grensesnittet mellom takelementene. Overgangen i elementskjøten måtte isoleres for å unngå kuldebro. Dette tilpasningsprosessen og monteringer var i følge AF mye arbeid. Overgangen avviker fra det som ble planlagt i modellen gjennom forprosjektet. Som vist på figur, 70, var det tenkte at takelementene skulle gå parallelt ned på hver av sine høyder. (Befaring, Solbakken. Bastian, AF, 8.04.22)



Fig. 69: Utklipp fra BIM-modell av Christies gate 19.

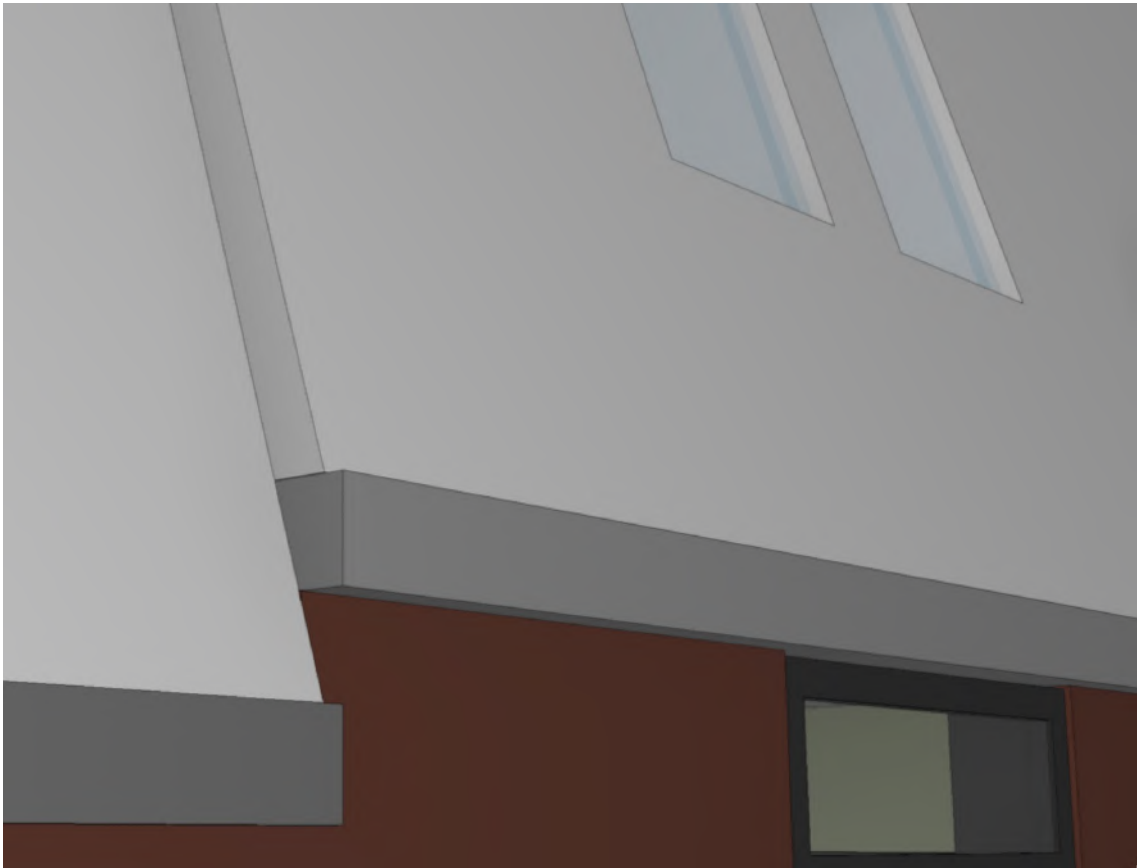


Fig. 70: Nært utklipp fra BIM-modellen som viser hva som var tenkt med overgangen fra gesimsen.



Fig. 71: Gesims overgang ved trapping av byggene



Fig. 72: Gesims overgang ved trapping av byggene

7.3.7 Brannvegger ble montert etter de prefabrikkerte takelementene på Sannerkvartalet

Totalentreprenøren, AF, valgte å ikke levere prefabrikkerte brannvegger til Sannerkvartalet. Dette grunnet frykten for små avvik, som igjen ville vært kritisk for brann sikkerheten. Som resultat av dette ble det valgt å mure opp brannveggene med Silka-blokker og med gammel teglstein fra rivemassene. Skilleveggene var ment å stå ferdig da elementene ble montert, men AF formidler at dette utviklet seg til en fordel. Det å la skilleveggene mangle den øverste delen, gjorde at de kunne tilpasse skilleveggen elementet. Som hadde gitt takelementene mindre margin på nøyaktighet. (Befaring, Solbakken. Bastian, AF, 8.04.22)

7.4 Hva må entreprenøren ta høyde for hvis de skal forbedre loftsutbygging med prefabrikkerte takelementer?

For å svare på hva entreprenøren må ta høyde for, vil det oppsummeres fordeler og ulemper fra kapittel 7.2, samt erfaringene gjort ved Sannerkvartalet, beskrevet i kapittel 7.3.

Det er en rekke faktorer som avgjør om elementer er en aktuell byggemetode. Elementproduksjon gir et raskere lukket bygg med høyere kvalitet og bedre HMS. Samtidig kreves det et svært nøyaktig underlag, økt logistikk med kran og riggplass og en fremskyndt prosjektering. Andre forhold som bør vurderes er prosjektstørrelse, riggplass, kompetanse, transportkostnad og årstid.

Elementer er stive og har strenge toleranser, som krever en nøyaktig oppmåling med hensyn på symmetri, vinkler, og høyder. Hovedutfordringen er at det finnes mange skjeve bygg med gammelt

og dårlig tegningsunderlag. Å kartlegge eksisterende konstruksjoner med tilstrekkelig nøyaktighet for en elementleveranse er krevende. Dette er fordi aktørene ikke har tilgang på bygningen før det er sent i prosjekteringsfasen. Det at Sannerkvartalet gjorde seg erfaringer underveis og var heldig med beslutningsgrunnlaget, er en plassbygd løsning i større grad forskånet mot.

Prosjekteringsavvik kan oppstå som resultat av mangelfull kartlegging. Det tar tid å tegne inn feil og skjevheter til bygningen. En komplisert takkonstruksjon med mange vinkler kan derfor være risikabelt å prefabrikkere dersom det ikke er mulig å kontrollere underlaget. Selv om det går an å modellere og produsere elementer etter dette, så kan det være lite som skal til før det oppstår et stort behov for tilpasninger og problemer under selve montasjen. Dersom viktige bærepunkter skal baseres fra en punktsky er det viktig med avklaringer på nøyaktighet – både når det kommer til innmåling, men også modellering.

For å trygge en elementleveranse bør det sørges for at prosjekteringen er ferdig i tide. Dette kan gjøres ved grundige og gjennomtenkte oppmålinger, ved bruk av for eksempel laserskanning, og med en tydelig strategi på hva som skal måles og hvordan. Boder mot vegger som er viktig for oppmålingen bør undersøkes for fjerning. Beboerne som berøres må følgelig få erstattet boden midlertidig. For å minimere ytterligere risiko, kan det implementeres et tilpasningsfelt mot eksisterende vegger. Dette feltet plassbygges, og på denne måten gir en seg selv toleranse for avvik i underlaget og det reduserer behovet for en svært nøyaktig oppmåling av skjeve vegger. En slik planlegging øker sjansen for en smidig montasje med mindre risiko.

Generelt vil en elementleveranse ha behov for god planlegging. Det må derfor sørges tilstrekkelig tid i tilbudsfasen og prosjekteringen for gode avklaringer og kontrollmålinger. I tillegg bør leveringstider for materialer kartlegges, og siden det er få aktører i bransjen som ønsker å levere prefabrikerte elementer bør også produksjonskapasitet hos leverandør bekreftes. Andre stikkord som er viktige å avklare er rekkefølge, ansvar og ledelse. Hva må gjøres når av hvem? Hvilken ansvarsdeling er det mellom produsent og entreprenør?

7.5 Erfaringer i Skandinavia med bruk av prefabrikerte takelementer til utbygging av råloft

Det er få virksomheter i Norge som har erfaring med store loftutbyggingsprosjekter der det lages et nytt skråtak. Litteraturstudiet klarte kun å avdekke ett prosjekt som benytter prefabrikasjon i utbygging av loft, se figur 73. Årsaken til at metoden er lite brukt kan skyldes at få bygg egner seg til dette, som beskrevet i kapittel 3.1. Kombinert med at beslutningsprosessen for å gjennomføre prosjektene kan være vanskelige, som beskrevet i kapittel 3.2.



Fig. 73: Detaljer fra et utbyggingsprosjekt i Østerrike med ståldragere og elementer. Hentet fra [18].

Elementleverandører får sjeldent forespørsel om å prise prefabrikert skråtak i påbyggingsprosjekter.

Det har også vært vanskelig å komme i kontakt med entreprenører som har erfaring med større utbygginger av loft. Når slike prosjekt først utføres, har de trolig ikke erfaring med elementer i forbindelse med utbyggingsprosjekt. Mangel på erfaring gjør at bruk av prefabrikkerte elementer ikke blir vurdert som alternativ til byggemetode ved prosjektstart. Dette forklarer også hvorfor elementleverandører ikke har mye erfaring med denne typen prosjekter.

Enkelte elementleverandører benytter oppsøkende salg. De tar kontakt med prosjekter der det er aktuelt å by. Flere av elementleverandørene sier imidlertid at ordreboken er full, og at de med full produksjon heller fokuserer på standardiserte leveranser. Dette kan være en til forklaring på hvorfor det er få tak som utbygges med prefabrikkerte takelementer.

Det er avdekket tre skandinaviske prosjekter som benytter elementer i utbygging. Sannerkvartalet og Majorstuveien 35 i Oslo, samt Mimergade i København, se figur 74-77. Majorstuveien 35 brukte buede stålelementer, mens Mimergade brukte elementer med innebygde arker i elementene.



Fig. 74: Majorstuveien 35, utbygging med buede stålelementer. Foto: Christian Borhaven arkitekter



Fig. 75: Snitt illustrasjon av Majorstuveien 35. Bilde: Christian Borhaven Arkitekter

Majorstuveien 35 var et påbyggprosjekt med 2 etasjer. Det ble brukt prefabrickerte buede stålelementer i form av et mansardtak. Slike konstruksjoner er hele, og burde hatt et nøyaktig tegningsunderlag. Arkitekten på prosjektet fortalte at det største problemet var at det ikke var godt nok målt opp. Arkitekten mente at det ikke var tid til å måle opp ordentlig, siden boder var i veien. Siden de målte opp bygget før bodene var revet, ble skjevheter ikke tatt hensyn til. På grunn av at bæresystemet var prosjektert med knappe marginer ble det en utfordring å få alt til å passe.



Fig. 76: Mansardtak-påbygg med treelementer og arker. Modell av Mimersgade. Ak83 arkitekter.



Fig. 77: Et eksempel på et element i produksjon for Mimersgade. Foto: Taasinge Elementer

På Mimersgade er øverste etasje skiftet ut med betongdekker, det er montert prefabrikkerte stålrammer, og gjennomføres i skrivende stund montasje av trelementer. Takformen er av typen mansard med helalm på gavlveggene. Elementene er produsert av Taasinge Elementer, som er elementleverandøren ved Sannerkvartalet, RVT. Totalentreprenør ved Mimersgade, Wolff Svendsen, har foreløpig ikke opplevd problemer med montasjen av takelementene. Det legges frem at forarbeidet var planlagt og godt prosjektert, slik at alle mål passet. (Telefon, Svendsen. Wolf, TE ved Mimersgade, 03.03.22)

Siden det er få aktuelle prosjekter å sammenligne med i Norge, er det kontaktet aktører som har vært involvert i generelle påbyggprosjekter. Selv om prosjektene ikke er direkte sammenlignbare, anses noen av tilbakemeldinger som relevante; ettersom de deler mange av de samme utfordringer som oppleveres med elementer i et loftutbyggingsprosjekt. Alle prosjektene er listet opp i appendiks A i tabell A.1.

Alliero er en av flere mindre entreprenører som har mye erfaring med påbygg som går flatt til flatt. Fremgangsmåten er å skjære firkantede hull i taktekingen utifra det de gamle tegningene viser at det skal være bærepunkter. Deretter settes stålsøyler ned og boltes fast i det eksisterende taket. Deretter tekkes stålsøylene midlertidig, for så å montere takelementene. Til slutt fjernes det gamle taket, slik at klimaskallet til bygningen står tett gjennom prosessen. Byggemetoden er blant annet

gjort på Barkaleitet borettslag, se figur 78.



Fig. 78: Bæresystem i stål er montert og protekket mot eksisterende flatt-tak på Barkaleitet borettslag. Foto: Jarl Høve

”Vi gjennomførte en skanning av bygget i forkant. Men det oppstod trøbbel med overføringen til tegninger - arkitekten klarte ikke å få med seg alle vinklene og detaljene. Hele laserskannen endte opp med å være ubrukelig, så vi måtte bruke eksisterende tegninger og målinger og gjennomføre dette på byggeplassen. Å måle på stedet er en krevende jobb og lite effektivt. Du har et dekke du skal bygge på som er skjevt i alle retninger. Hvor skal man gå utifra? Det er utrolig vanskelig å holde seg innen kotehøyder, få alle vinkler til å møte, og så videre. ”

–Telefon, Strømme. Petter, Byggmester Neteland, 31.03.22

Neteland Entreprenør var totalentreprenør på Kjellandkvartalet. Dette kvartalet består av en gruppe bygårder fra vidt forskjellige tidsepoker, etablert på varierende forutsetninger og i ulik forfatning [45]. Darres gate 2a fikk taket fjernet og ble gjenoppbygd med ny konstruksjon for å få plass til leiligheter over to plan.

Det ble brukt en kombinasjon av stålrammer som ble sveist og heist opp. Samt precut Kerto-bjelker som ble tilpasset på byggeplassen. Takkonstruksjonen i Darres gate 2a var vanskelig å prosjektere, men enda vanskeligere å bygge [45]. Bygningen hadde lang takgrad med forskjellige vinkler, se figur 79. Den hadde også setninger som utgjorde 30 cm høydeforskjell på en etasje og stod skjevt i alle retninger. Skjevhetene og problematikken med å måle inn dette gjorde at elementer ikke ble vurdert som et alternativ.

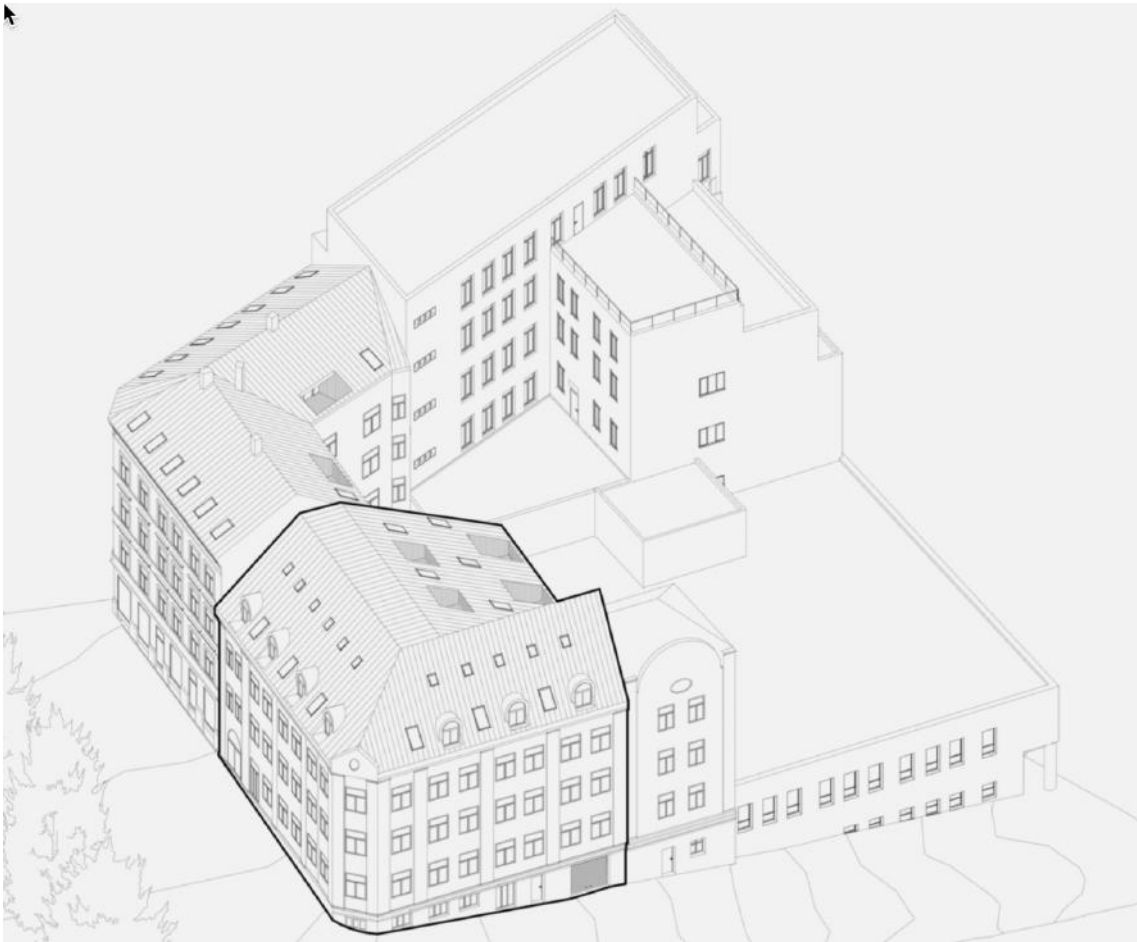


Fig. 79: Illustrasjon av Kjellankvartalet som viser en komplisert grad med mange møtende vinkler.
Foto: Borhaven Arkitekter

Et annet prosjekt som Neteland Entreprenør har utført er i Rosenkrantzgate 21. Eksisterende tak rives og erstattes med et identisk tak, på bakgrunn av alvorlige konstruktive feil, samt brannskader, som vist i figur 80. Takformen er av både saltak og mansardtak med sideforskjøvet midtlinje og mange arker, takoppløft og en tilkobling på et eksisterende tak. Det er bestilt precut tresperrer på overmål, som kuttet til og felles inn i ståldragere. (E-post, Neteland Entreprenør, 07.02.22).

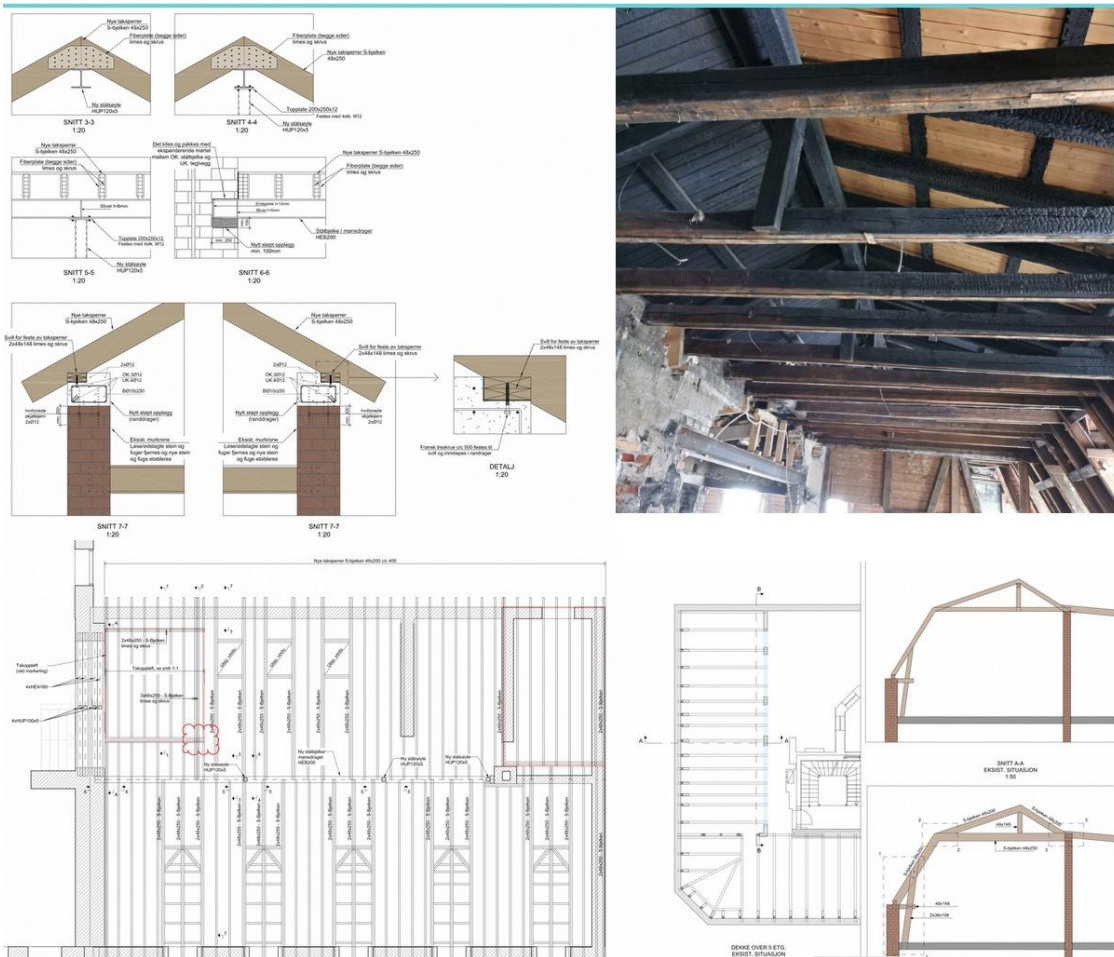


Fig. 80: Rosenkrantzgate 21. Snitt av sal- og mansardtak, sperreplan og oversiktsbilde av brannskader. Bilder fra Neteland Entreprenør

7.6 Erfaringer i Østerrike med bruk av prefabrikkerte takelementer i råloftsutbygginger

Opgaven har fokusert på Sannekvartalet og prosjekter i fortrinnsvis Norge. I foregående kapittel ble det også avdekket et prosjekt i Danmark. Siden dette ga nyttig kunnskap ble det foretatt et søk om det fantes aktuelle prosjekter i Europa. Sent i oppgaveskrivingen ble det funnet et prosjekt i Grangasse i Wien, Østerrike, med en totalentreprenør som heter OBENAUF. Prosjektet består av 11 utleieleiligheter fordelt over to plan på toppen av det eksisterende bygget, se figur 81-82. OBENAUF har 15 år erfaring med loftskonverteringer ved bruk av prefabrikkerte elementer. [68].



Fig. 81: Påbygg med isolerte treelementer og massivtre i etasjeskillere: Grangasse i Wien. Foto: OBENAUF



Fig. 82: Grangasse i Wien ferdigstilt. Foto: OBENAUF

Etter oppdagelsen av OBENAUF viste det seg at det var en rekke andre aktører i Østerrike som driver med industriell utbygging av råloft, se bilde 91 for noen av prosjektene til arkitekten Architekt Haas. Innenfor rammen av oppgaven ble kun OBENAUF kontaktet og det ble valgt å ikke ytterligere samle erfaringer fra Østerrike. Det vises til tabell 9.1 i kapittel 9.2 for et utvalg av noen aktuelle aktører.



Fig. 83: Et utklipp av loftsutbyggingsprosjekter i Wien. Foto: Architekt Haas

”I think the key with working with prefab on existing buildings is that you have to get a very clear picture of what's there and how to connect the new structure to it. That's a key knowledge we have developed over the last 10 years and it's one of the pillars of our success. ”

– Telefon, Krabbe. Peter, OBENAUF, 04.05.22

OBENAUF sitt første steg i en elementleveranse til et loftsutbyggingsprosjekt er å lage en svært nøyaktig BIM-modell fra en 3D-skanning. De bruker dette som basis for tegningene sine i ArchiCAD, hvor de mener det er lettere å modellere inn skjeve og buede vegger. En punktsky vil imidlertid alltid inneha støy, og de mener det krever erfaring for å filtrere ut det som ikke er viktig å ta med. De hevder å ha opparbeidet seg kunnskap om dette slik at de klarer å få svært nøyaktige målinger som kan brukes for prefabrikasjonen.

Før taket rives har de planlagt mest mulig. I Wien har loftsetasjene ofte en knevegg på 1–1,8 m høyde, slik vist i figur 84. Gulvet i bygg i Østerrike har som regel et tretak av gamle trestokker på loftet, slik vist på figur 85. Hele gulvet får derfor en armert påstøp på det eksisterende tregulv for å få et såkalt kompositt-tretak, se figur 86. I Wien gjøres dette også med tanke på seismisk sikkerhet.



Fig. 84: Knevegg i et eldre bygg. Bilde før taket er revet.



Fig. 85: Trestokk-gulv. Foto: OBENAUF



Fig. 86: Armert tregulv. Foto: OBENAUF

Søylepunkt klargjøres før taket rives. I noen tilfeller åpnes taket på begrensede steder for å ta stålet igjennom, for eksempel dersom kneveggen er lav. Utskjæringene dekkes til i disse tilfellene med presenning. Andre ganger avsluttes søylene under taket, men med boltede forbindelser som er enkelt å skjote på etter at taket er revet. Deretter tekkes loftsgulvstøpen med en smøremembran, og det etableres drenering. Til slutt rives taket uten at det er tak-over-tak stillas, og det etableres sikring for å hindre at noe faller ned, slik vist i 87-88.



Fig. 87: Sikring rundt bygget monteres etter at taket er revet. Foto: OBENAUF



Fig. 88: Fugleperspektiv av et revet loftstak, fra Julius Tandler Platz Foto: OBENAUF

Montering av stål, etasjeskillere, takelementer, innvendige skillevegge, samt brannvegger skjer som regel på 2-3 uker, i følge OBENAUF. Monteringstiden er dog avhengig av prosjektstørrelse. Elementene heises direkte fra lastebilen, se bilde 89-90. De isolerte takelementene har elektriske føringar og rør i seg, slik at prosjektet får raskest mulig ferdigstilling.



Fig. 89: Collage fra ulike prosjekter. Foto: OBENAUF.



Fig. 90: Montering av brannvegger ved tre forskjellige prosjekter. Foto: OBENAUF.

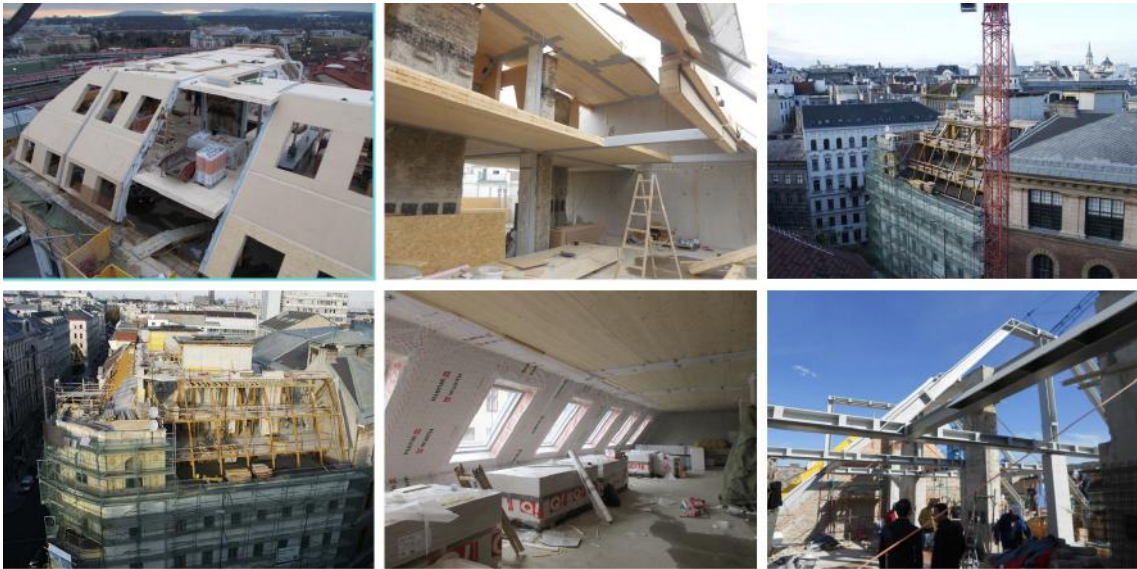


Fig. 91: Stålrammer og elementer montert på ulike prosjekter. Foto: OBENAUF

8 Oppsummering

Bygningskroppen til murgårder fra 1870-1940 er ofte identisk, siden det ble brukt tilsvarende teknikker. Løsningen til de ulike varierer fra bygg til bygg, utifra tidsepoke og hvilken kunnskap som var tilgjengelig. Tidsepoken påvirker også fasade, materialvalg og utforming. En stor andel av bygningene har derfor samme utfordringer når det gjelder fukt, levetid på materialer og høye lekkasjetall. Oppgaven baserer seg på utfordringer knyttet til Sannerkvartalet som ble bygget i 1937. Murgårdene fra perioden er blant annet kjent for bygningens naturlige ventilasjon, som skapes av oppbygningen av komponentene i veggen og materialvalg. Videre har mange av murgårdene kaldt loft, inkludert Sannerkvartalet, som påvirker energieffektiviteten til huset. Murgårdene har høy u-verdi sammenlignet med dagens krav, og justeres i positiv retning mot kravene ved utskiftningen av taket. Utskiftning av vinduer og etterisolering er med å minske u-verdien. Før det velges bygg til rehabiliteringsprosjekt, er det viktig å sette seg inn i utfordringene til bygget gjennom en tilstandsanalyse. Totalentreprenør og byggherre gjør smart i å bli kjent med reguleringsplaner og kravene som gjelder til bygget når det står ferdig etter rehabiliteringen.

Det er ulike aspekter innen dimensjonering som må legges til grunn ved en loftsutbygging. Standarden til bæresystemer på eldre bygårder varierer. Materialvalg og tilstanden er ikke godt dokumentert og kunnskapsnivået rundt bæring og materialer har økt siden 1900-tallet. Dette gjør at utregningene er unike for hvert enkelt bygg, både i form av geotekniske undersøkelser, det bærende til konstruksjonen og den ekstra vekten loftsutbyggingen påfører. Sannerkvartalet har dårlig dekke i loftsetasjen, som gjør at bæringen må tilpasses de ytre parameterne. Grunnforholdene i Oslo består både av havavsetninger og forvitningsmateriale som begrenser en loftsbygging i form av vekten. Samarbeid og tidlig prosjektering er viktig for at bæresystemet skal opprettholde de ulike funksjonskravene til elementene.

Valg av byggemetode kan ha stor innvirkning på flere deler av prosessen ved rehabilitering. Det lønner seg å undersøke hvilken byggemetode som velges i forhold til kvalitet, fleksibilitet og tilgjengelige arbeidstegninger. Forutsetningene kan både begrense kvaliteten på prosjekteringen og gi nye utfordringer knyttet til bygget spesifikt. Byggemetoden bestemmer også i hvilken fase av prosjektet de ulike aktørene engasjeres.

Elementbygging kan være svært gunstig, men krever samtidig at entreprenør håndterer utfordringene forbundet med byggemetoden. Elementproduksjon gir et raskere lukket bygg med høyere kvalitet og bedre HMS. Samtidig kreves det et prosjekt med tilstrekkelig stor størrelse og med en geometri som tillater flest mulig like elementstørrelser. Elementer har strenge toleranser og produseres lenge før montering, noe som krever en nøyaktig oppmåling med hensyn på symmetri, vinkler og høyder. Å kartlegge eksisterende konstruksjoner med tilstrekkelig nøyaktighet for en elementleveranse er krevende. Dette er fordi boder og annet bygningsmessig inventar ikke er fjernet før det ofte er for sent, samtidig som man har behov for en fremskyndt prosjektering. Andre utfordringer som må håndteres er økt logistikk med kran og riggplass. Den menneskelige faktoren vil også være viktig å hensynta, ettersom en elementleveranse stiller høyere krav til kompetanse og evne til å unngå at oppgaver og viktige grensesnitt ikke faller mellom to stoler.

9 Konklusjon

Resultater fra litteraturstudie, prosjektstudie og intervjuer viser at prefabrikkerte elementer kan forkorte byggetiden, redusere kostnader, gi økt kvalitet og tilrettelegge for bedre HMS. Videre er det fordelaktig at det eksisterende bygget står uten tak i kortest mulig tid. Dette vil redusere byggetid, det oppleves lettere for beboerne, som unngår lange perioder med støy fra byggeplass, og bygget får et redusert energitap. Elementene gjør det mulig å planlegge prosessene rundt montering i større grad, siden de allerede er utført og dimensjonert på forhånd. Før valg av byggemetode, kan det kan det være lurt å gjøre seg vurderinger på hvilke forutsetninger som kreves. Blant annet stilles det høye krav til energieffektivitet, universell utforming for tilgjengelig boenhet, brannsikkerhet og fasadekrav ved bruksendring i eldre bygninger og omgjøring av fasade. Derfor må det tilrettelegges for at kravene blir tilfredsstillende utifra betingelsene og tilstanden på bygget. I prosjekteringsfasen er det viktig å involvere alle aktører, slik at elementene optimalt tilpasses det byggetekniske og utforming av bæring.

Byggemetoden egner seg best til prosjekter med enkel eierstruktur og få eiere. Det er avdekket at flere aktører mener det er vanskelig å få gjennomslag på loftutbygging i borettslag og at dette minsker potensialet for byggemetoden. Dersom det settes igang tidligere dialog og god kommunikasjon med beboerne i tidligfase økes gjennomførbarheten til prosjektet. Gjennom å få mer informasjon stiller beboerne seg muligens mer positiv til utbyggingen. Dette gjør at utbyggingen kan få medhold hos beboerne med potensielt færre klager. En positiv bivirkning av å ha god kommunikasjon med beboerne er at flere av leilighetene potensielt er tilgjengelig for lydmåling. Mer nøyaktige målinger gir bedre dimensjonering for å sikre bokvaliteten til beboerne.

Utfordringer med bruk av elementer knyttet til rehabilitering er at eldre bygninger har allerede eksisterende skjevheter og mangler. På Sannerkvartalet måtte det eksisterende bygget tilpasses elementet, og ikke motsatt. Dermed blir det ekstrakostnader dersom løsninger endres. Eldre bygninger mangler ofte fullstendige arbeidstegninger og samstemmer ikke alltid med virkeligheten. Dette gjør det vanskelig å få oversikt over den eksisterende konstruksjonen, og å konkludere med et bestemt bæresystem til loftsutbygging. Der dette må ses på utfra hvilken forutsetninger som legges til grunn.

Loftsutbygging er en spennende fortettingsmetode, og oppgaven konkluderer med at bruk av elementer kan være en spennende byggemetode dersom utfordringene løses tilfredsstillende. Rotårsaken til mange av utfordringene ligger i at det er dårlig underlag. Det bør derfor legges innsats og penger i en god oppmåling, og gjerne en 3D-scan. Oppmålingen må tilrettelegges ved å fjerne boder eller annet bygningsmessig inventar som er i veien tidlig. Dette bør kommuniseres til byggherre.

En tidlig og nøyaktig scan vil gjøre en fremskyndt prosjektering mindre omfattende, prosjekterende må ta høyde for færre ting, og mye usikkerheten blir dermed borte. Det kan derfor redusere ekstraarbeid knyttet til omprosjektering. Det gir også potensiale for økt prefabrikasjon, som blant annet montering av prefabrikkerte brannvegger, som er gjort på andre prosjekter.

9.1 Svakheter ved oppgaven

AF har svært gode erfaringer med prosjektet Sannerkvartalet. Gjennom dette har byggemetoden som er benyttet blitt omtalt svært positivt. I tillegg har RVT dedikert mye tid ved å delta på møter. Dette gjør at intervjuobjektets perspektiv i større grad kan påvirke oppgaven. Positiviteten rundt prefabrikkerte takelementer kan overskygge de potensielle utfordringene som er til stede. Likevel har intervjuene avdekket utfordringer, som er kartlagt til tross for positiv omtale av elementbygging. Svakheten minimeres også ved at det er tatt kontakt med flere tømmerbedrifter, som kun driver med plassbygging, for å høre deres synspunkt om prefabrikkerte elementer. I tillegg vektlegger vi at RVT er en av få aktører i Norge, som hittil har gjennomført et slikt prosjekt med suksess.

En utfordring som ble oppdaget underveis i litteraturstudiet, var mangel på relevant litteratur innenfor fagområdet. Prosessen med å finne lignende prosjekter til sammenligning var vanskelig, og det ble avklart tidlig at metoden er lite brukt i Norge til rehabilitering av bygg. Utover i

skrivefasen er det oppdaget at andre land er kommet lenger når det gjelder bruk av prefabrikkerte elementer til rehabilitering. Mangel på litteratur førte til at det ikke var tilstrekkelig informasjon til sammenligningsgrunnlag for Sannerkvartalet opp imot andre prosjekt. Videre er det også kommet frem til grunnlaget for å avdekke hvilken metode som er best, ikke er bra nok utifra grunnlaget som fantes. Dette går ut på at vi ikke er tildelt håndfaste verdier fra eksterne aktører, som ønsker å dele, men som ikke har nok kunnskap innenfor dette området. Avslutningsvis er det verdt å redegjøre for at oppgaven er skrevet av tre personer med ulike fagfelt. Dette skaper både en unik tverrfaglighet til oppgaven, og et bredt spekter av kunnskap om temaet. Samtidig som at det da krever at oppgaven har mindre fokus og detaljorientering på hver enkelte del. Oppgaven i seg selv passer fint til den tverrfaglige fordelingen, i og med at det gjenspeiler flere spekter av prosjektet, Sannerkvartalet.

9.2 Videre arbeid

Erfaringer fra Sannerkvartalet er ikke nødvendigvis direkte overførbare til andre prosjekter. Det er derfor forsøkt å se prosjektet i sammenheng med andre. Ønsket er at alle lesere av oppgaven vil få glede av den og inspireres til å velge rehabilitering foran nybygg, og bidra til en effektivisering av denne prosessen. Det vil også bidra til å bevare kulturminne, øke levetiden til bygget som forminsker klimaavtrykket over tid og lette på det økende trykket fra urbaniseringen. AF Gruppen, sammen med RVT, går i dette tilfellet foran som eksempel for andre aktører i Norge. Oppgaven synliggjør hvilke erfaringer som ble gjort, slik at det blir lettere for lignende prosjekt i fremtiden.

Før valg av byggemetode, kan det kan det være lurt å gjøre seg vurderinger på hvilke forutsetninger som kreves. Blant annet stilles det høye krav til energieffektivitet, universell utforming for tilgjengelig boenhet, brannsikkerhet og fasadekrav ved bruksendring i eldre bygninger og omgjøring av fasade. Derfor må det tilrettelegges for at kravene blir tilfredsstilt utifra betingelsene og tilstanden på bygget. I prosjekteringsfasen er det viktig å involvere alle aktører, slik at elementene tilpasses tilstrekkelig det byggetekniske og utforming av bæring.

Dersom nye prosjekter skal ha mansardtak bør det undersøkes om det er mulig å heise opp et tverrramme bæresystem i stål. Utfordringen vil være plassering av søylepunkt, men fordelene er at stålleveransen sannsynligvis vil bli billigere siden det unngås behov for dyr spesiallaget hatteprofil.

Til videre arbeid ville det vært interessant å inkludere en livsløpsanalyse tidlig i byggeprosessen. En slik analyse kan kartlegge mest miljøvennlig materialvalg for prosjektet og eventuelt avdekke hvor stort klimaavtrykk bygget har før og etter rehabilitering, sammenlignet med det opprinnelige. En spennende vinkling fra en slik måling kan være hvor mange år det tar før utskiftningen av taket gir klimagevinst.

Miljømessige fordeler kan brukes som dokumentasjon til å få innvilget grønt lån. Det erfares at grønt lån innvilges for prosjekt, til tross for at ikke alle krav er tilfredsstilt. Kompetansen rundt grønt lån i bransjen er under utvikling og bankene vil muligens stille strengere krav til prosjekt i fremtiden. Planlegging av håndtering på byggeplass og god gjennomføring kan minske klimaavtrykket til bygget. Dokumentasjon fra en livsløpsanalyse vil kunne benyttes til å få innvilget grønt lån.

Det bør legges penger i en skan, som må tilrettelegges for ved å tydelig kommunisere til byggherre at boder og annet bygningsmessig inventar må fjernes tidlig. Dette gjør at en fremskyndt prosjektering er gunstig, ettersom aktøren slipper å ta høyde for mange eventualiteter. Videre vil det redusere ekstraarbeid knyttet til omprosjektering. I tillegg vil det tilrettelegges for at en større del av arbeidet kan prefabrikeres, for eksempel brannvegger.

Ved bruk av prefabrikkerte elementer er det en fordel å avklare grensesnittet i tidlig prosjekteringsfase. Dette medvirker at planene lettere kan løses som planlagt under byggeprosessen. Det krever god kommunikasjon mellom bestiller, kunde, leverandør, prosjekterende og utførende. Nøyaktig oppmålinger vil gjøre prosessen enklere.

Underveis og etter prosjektslutt er det aktuelt å videreføre nyttige erfaringer gjort ved hver del i form av en beslutningslogg. Dette innebærer å dokumentere løsninger fra de ulike aktørene, men

også avdekke utfordringer som er oppstått. Grundig erfaringsutveksling skaper trygge relasjoner og roller på byggplassen, som igjen gir prosjektet på best tenkelig måte.

Det kan undersøkes ytterligere om limtre er et egnet materiale for bæresystemet. Dette kan gjøres i samarbeid med aktører som Splitkon. Splitkon ble kontaktet gjennom oppgaven for å drøfte om det fantes aktuelle løsninger for bæresystemet, men forklarte at de på grunn av svært høyt trykk ikke hadde tilgjengelige ressurser. Vi ser likevel for oss at det kan utvikles løsninger for å lage egnede tresperrer som elementene kan legges mellom, og på denne måten unngås problemstillingen om at en drager ved mansardknekk dekker til sikten for vinduer.

Loftsutbygging er som nevnt populært i Sentraleuropa, og spesielt i Østerrike. På grunn av begrensningene lagt i oppgaven ble det ikke fokusert på prosjektene her. Videre arbeid innen dette feltet kan være å undersøke nærmere hvilke erfaringer som er gjort i utlandet, og se hvordan dette kan kobles opp mot industrien i Norge. I tabell 9.1 er det oppgitt østerrikske aktører med erfaring på industriell loftsutbygging. Dersom det skal foretas nye loftsutbygginger med elementer i Norge, kan det være aktuelt å ta kontakt med disse aktørene, eller bruke tabellen som et utgangspunkt for videre forskning.

Tabell 9.1: Østerrikske aktører med erfaring innenfor loftsutbygging

Firma	Type	Nettside
Raunicher + partner ZT-GmbH	RIB	www.raunicher-partner.at/
BUBELEICHHORN ZT GmbH	RIB	www.bubeleichhorn.at/
Karlheinz Wagner	RIB	www.karlheinzwagner.at/
Acham Ziviltechnikerbüro ZT	RIB	www.acham.co.at/
Schinnerl metallbau	Stål leverandør	www.metallbau-schinnerl.at
Obenauf	ARK/TE	www.obenauf.at/gu/projekte/
Architekt HAAS	ARK	www.architekthaas.at/
Aichberger Architektur ZT	ARK	www.aichberger-architektur.at/
HMA	ARK	www.hma.at/
Timo Huber + Partner Architekten	ARK	www.huber-zt.at/
a2k	ARK	www.a2k.at/projekte?category=Wohnen
Arch DI Winfried Schuh	ARK	www.hausverstand.com/en/about-us/
opu Architekten	ARK	www.opu-architekten.com/projekte/
Chociwski	ARK	www.chociwski.at/projekte/
Weinmann & Partne	ARK	www.weinmann.at/projekte/
Liegler Takeh Architekten	ARK	www.lt.at/projekte/
Arkan Zeytinoglu	ARK	en.arkan.at/projects/

10 Til ettertanke

Lean-tankegangen handler om prosjektledelse, og skal bidra til å øke den økonomiske lønnsomheten i prosjekter, redegjort for tidligere i kapittel for standardisering av skreddersøm 7.2.1. Samtidig sikrer Lean-tankegangen en videreføring av erfaringer, der ansvarlig gruppe for prosjektet lærer fra sine og andres tidligere erfaringer. [55].

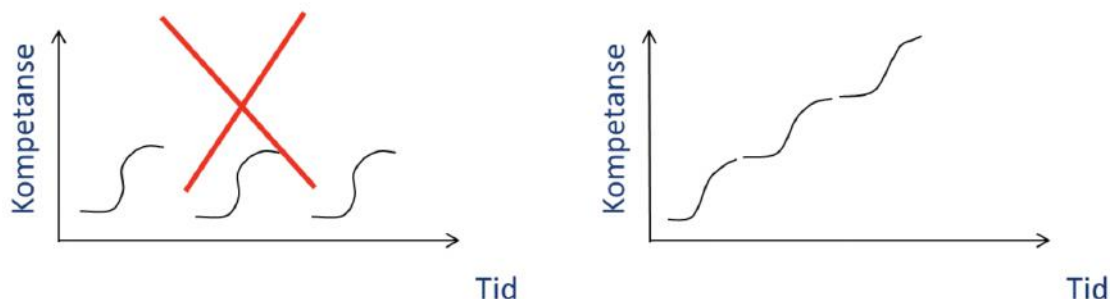


Fig. 92: En matrise for hvordan kompetanse må utvikles over tid [55].

Etter å ha bearbeidet erfaringer fra ulike aktører foreslås det at Lean-prosessen flyttes til en tidligere fase av prosjektet. Gevinsten av å bruke Lean i tidligfase kan oppleves større, sammenlignet med å bruke Lean-prinsippet under selve produksjonen. Utifra erfaringene som er gjort under skriving av denne oppgaven kommer det frem at byggenæringen har forbedringspotensiale når det gjelder gode erfaringsskriv.

For eksempel kan det opprettes en beslutningslogg i løpet av tilbudsfasen, med begrunnelse for materialvalg. På Sannerkvartalet ble det diskutert en løsning for dette, og dermed gjort enkle overslag som viste fordeler ved elementproduksjon opp imot plassbygd. En tydeligere beslutningslogg kunne gitt et bedre innblikk i argumentene. Argumentene ville vist hva som er lagt til vurdering og hvilke tanker som er reflektert rundt. Disse refleksjonene vil styrke diskusjonene for fremtidige grupper, som skal gjennom samme prosess. Samtidig som at kunnskapen systematiseres og prosesser og valg dokumenteres. En slik løsning vil også gjøre organisasjonen uavhengig av nøkkelpersoner som besitter erfaring fra prosjektet. Det oppleves at erfaringsskrivet kan dra nytte av å samle erfaringer fra alle deltagende aktører, for å optimalisere produktet.

Referanseliste

- [1] 37 PDF Lavkarbonbetong (2020). URL: <https://betong.net/nettbutikk/nb-publikasjoner/37-pdf-lavkarbonbetong-2015-gratis-nedlasting-klikk-les/>.
- [2] 421.503 Luftmengder i Ventilasjonsanlegg. Krav Og Anbefalinger - Byggforskserien. URL: <https://www.byggforsk.no/dokument/2753/luftmengder%5C.i%5C.ventilasjonsanlegg%5C.krav%5C.og%5C.anbefalinger>.
- [3] 471.031 Egenlaster for Bygningsmaterialer, Byggevarer Og Bygningsdeler - Byggforskserien. URL: <https://www.byggforsk.no/dokument/215/egenlaster%5C.for%5C.bygningsmaterialer%5C.byggevarer%5C.og%5C.bygningsdeler%5C#>.
- [4] 471.041 Snølast På Tak. Dimensjonerende Laster - Byggforskserien. URL: <https://www.byggforsk.no/dokument/216/snoelast%5C.paa%5C.tak%5C.dimensjonerende%5C.laster>.
- [5] 471.043 Vindlaster På Bygninger - Byggforskserien. URL: <https://www.byggforsk.no/dokument/3118/vindlaster%5C.paa%5C.bygninger>.
- [6] 472.001 Kuldebroer. Typer, Konsekvenser Og Bruk Av Normalisert Kuldebroverdi - Byggforskserien. URL: <https://www.byggforsk.no/dokument/5206/kuldebroer%5C.typer%5C.konsekvenser%5C.og%5C.bruk%5C.av%5C.normalisert%5C.kuldebroverdi>.
- [7] 501.101 Planlegging Og Bygging Med Lite Avfall - Byggforskserien. URL: <https://www.byggforsk.no/dokument/231/planlegging%5C.og%5C.bygging%5C.med%5C.lite%5C.avfall>.
- [8] 550.361 Sprinkleranlegg - Byggforskserien. URL: <https://www.byggforsk.no/dokument/510/sprinkleranlegg>.
- [9] 552.303 Balansert Ventilasjon i Småhus - Byggforskserien. URL: https://www.byggforsk.no/dokument/529/balansert_ventilasjon_i_smaahus.
- [10] 6. Ida Winge Andersen. Apr. 2022.
- [11] 620.016 Større Tiltak i Eksisterende Bygninger. Planlegging Og Gjennomføring - Byggforskserien. URL: <https://www.byggforsk.no/dokument/618/stoerre%5C.tiltak%5C.i%5C.eksisterende%5C.bygninger%5C.planlegging%5C.og%5C.gjennomfoering>.
- [12] 700.100 Inneklima i Eksisterende Boliger. Problemer Og Tiltak - Byggforskserien. URL: <https://www.byggforsk.no/dokument/628/inneklima%5C.i%5C.eksisterende%5C.boliger%5C.problemer%5C.og%5C.tiltak>.
- [13] 700.307 Definisjoner, Etablering Og Bruk Av Levetidsdata for Bygg Og Bygningsdeler - Byggforskserien. URL: <https://www.byggforsk.no/dokument/3208/definisjoner%5C.etablering%5C.og%5C.bruk%5C.av%5C.levetidsdata%5C.for%5C.bygg%5C.og%5C.bygningsdeler>.
- [14] 700.601 Eldre Murgårder – Planlegging Av Rehabilitering Og Oppgradering - Byggforskserien. URL: <https://www.byggforsk.no/dokument/641/eldre%5C.murgaarder%5C.planlegging%5C.av%5C.rehabilitering%5C.og%5C.oppgradering>.
- [15] 700.613 Ombygging Av Eldre Loft Til Bolig - Byggforskserien. URL: <https://www.byggforsk.no/dokument/643/ombygging%5C.av%5C.eldre%5C.loft%5C.til%5C.bolig>.
- [16] 720.311 Brannteknisk Utbedring Av Bygninger Med Kaldt Loft - Byggforskserien. URL: <https://www.byggforsk.no/dokument/3064/brannteknisk%5C.utbedring%5C.av%5C.bygninger%5C.med%5C.kaldt%5C.loft>.
- [17] 720.315 Brannteknisk Utbedring Av Murgårder Fra Perioden 1870-1940 - Byggforskserien. URL: <https://www.byggforsk.no/dokument/3033/brannteknisk%5C.utbedring%5C.av%5C.murgaarder%5C.fra%5C.perioden%5C.1870-1940>.
- [18] Mohamed Amer. 'DenCity: A Methodology to Design Cost-Optimal Zero-Energy Lightweight Construction for Roof Stacking'. PhD thesis. Nov. 2019. DOI: 10.13140/RG.2.2.32524.33923.
- [19] Mohamed Amer and Shady Attia. ROOF STACKING: Learned Lessons from Architects. Tech. rep. SBD Lab, June 2017.
- [20] Mohamed Amer, Ahmed Mustafa and Shady Attia. 'Conceptual Framework for Off-Site Roof Stacking Construction'. In: *Journal of Building Engineering* 26 (Nov. 2019), p. 100873. ISSN: 2352-7102. DOI: 10.1016/j.jobbe.2019.100873.

-
- [21] Mohamed Amer et al. 'A Methodology to Determine the Potential of Urban Densification through Roof Stacking'. In: *Sustainable Cities and Society* 35 (Nov. 2017), pp. 677–691. ISSN: 2210-6707. DOI: 10.1016/j.scs.2017.09.021.
- [22] EPS Fuktsikring Midt-Norge ASPublisert. *Han har sett fuktskader i hus du kan få mareritt av*. Dec. 2019. URL: <https://trondheim24.no/sponset-sak/han-har-sett-fuktskader-i-hus-du-kan-fa-mareritt-av/>.
- [23] EPS Fuktsikring Midt-Norge ASPublisert. *Han har sett fuktskader i hus du kan få mareritt av*. Dec. 2019. URL: <https://trondheim24.no/sponset-sak/han-har-sett-fuktskader-i-hus-du-kan-fa-mareritt-av/>.
- [24] Michael Birkner. 'Gelddruckmaschine oder Sorgenkind? : eine Betrachtung der Motivation von Dachausbauten in Wien samt möglichen Problemstellungen'. Thesis. Wien, 2017. DOI: 10.34726/hss.2017.42608.
- [25] *Brannteknisk Utbedring Av Råloft*. 2001.
- [26] Byggforsk, Stig Geving. *Klima 2000- Klimatilpasning Av Bygningskonstruksjoner*. 2005.
- [27] *Byggordboka - Entreprenseformer*. URL: <https://www.byggordboka.no/artikkel/les/entreprenseformer>.
- [28] Cecilia Bjork. *På Bygges Staden*. Svensk Byggtjänst. 2018.
- [29] Ulrich Dangel. 'Building in Existing Fabric'. In: *Building in Existing Fabric*. Birkhäuser, Dec. 2016, pp. 160–165. ISBN: 978-3-0356-0863-2. DOI: 10.1515/9783035608632-025.
- [30] Derlick. *Derlick Saksinnsyn*. 2018.
- [31] *Det usynlige, viktige Oslo*. Feb. 2020. URL: <https://magasin.oslo.kommune.no/byplan/det-usynlige-viktige-oslo>.
- [32] *Direktoratet for byggkvalitet*. URL: <https://dibk.no/regelverk/tek/3/11/iii/11-10/>.
- [33] *Direktoratet for byggkvalitet*. URL: <https://dibk.no/regelverk/tek/3/11/i/11-2/>.
- [34] DNB. *DNB Grønt Lån*.
- [35] Knut Ivar Edvardsen. *Trehus*. SINTEF akademisk forlag, 2014.
- [36] *EPD Norge - Forsiden*. URL: <https://www.epd-norge.no/>.
- [37] *Få bærekraft inn i forretningen på en enkel måte*. URL: <https://danskebank.no/nyheter/tips-og-raad-til-din-bedrift/baerekraft-inn-i-forretningen>.
- [38] Thomas Flotzinger. 'Dachausbau bei kommunalen Wohnbauten der Nachkriegszeit in Wien'. Thesis. Wien, 2018. DOI: 10.34726/hss.2018.60960.
- [39] *FNs bærekraftsmål*. URL: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal>.
- [40] *Forskningsrapport: Industrialisering av byggeprosesser*. Apr. 2018.
- [41] Alistair G. F. Gibb. *Off-Site Fabrication: Prefabrication, Pre-assembly and Modularisation*. John Wiley & Sons, Oct. 1999. ISBN: 978-0-470-37836-6.
- [42] Chris Goodier and Alistair Gibb. 'Future Opportunities for Offsite in the UK'. In: *Construction Management and Economics* 25.6 (June 2007), pp. 585–595. ISSN: 0144-6193. DOI: 10.1080/01446190601071821.
- [43] *Heimstaden – Les om oss, vår visjon og kjerneverdier*. URL: <https://heimstaden.com/no/om-oss/>.
- [44] Stefan Jaksch, Angelika Franke and Martin Treberspurg. *A TIMBER BASED ATTIC EXTENSION SYSTEM FOR SUSTAINABLE URBAN DENSIFICATION*. Aug. 2016.
- [45] Trond Joelson. *Kiellandkvartalet*. Mar. 2019. URL: <https://www.bygg.no/article/1386660/>.
- [46] Tobias Just and Wolfgang Maennig. *Understanding German Real Estate Markets*. Springer, Oct. 2016. ISBN: 978-3-319-32031-1.
- [47] *Kapillær fuktsikring eller drenering*. URL: <https://fuktstopper.no/fukt-i-kjeller/kapillaer-fuktsikring-eller-drenering/>.
- [48] Markus Kaplan, Andreas Votzi and Tomas Rataj. *Roof Construction Böcklinstraße, Vienna*. 2020-04-16T15:03:40.364984. URL: <https://bwm.at/en/projects/dachausbau-bocklinstrasse/>.
-

-
- [49] Xaver Kollegger. 'Dachgeschoßausbau in Holzbauweise von Wiener Wohnbauten der Jahre 1945 bis 1969'. Thesis. 2014. DOI: 10.34726/hss.2014.27470.
- [50] Martin Kristoffersen. 'Brannsikring og bevaring av eldre murgårder og trapperomsløsninger'. In: (), p. 27.
- [51] Per Kr. Larsen. *Konstruksjonsteknikk, -Laster Og Bæresystemer*. 2. utgave. Trondheim: Tapir Akademiske Forlag, 2008.
- [52] *Løsmasser*. URL: https://geo.ngu.no/kart/losmasse%5C_mobil/.
- [53] Jostein Mamen. 'Köppens klimaklassifisering'. In: *Store norske leksikon* (May 2021).
- [54] Massimiliano Marian and Durdica Glavina. *Roof Expansion Gußhausstraße*. Oct. 2021. URL: <https://bwm.at/en/projects/dachgeschossaufbau-gusshausstrasse/>.
- [55] Anita Moum et al. *Industrialisering Av Byggeprosessen - Status Og Trender*. SINTEF akademisk forlag, 2017. ISBN: 978-82-536-1559-2.
- [56] Magnus Ekeli Mullis. *Ekstreme prisøkninger på byggevarer bidro til at firmaet til Kristoffer (32) gikk konkurs*. Mar. 2022. URL: <https://www.nettavisen.no/5-95-432450>.
- [57] 'Murbyen (Oslo)'. In: *Wikipedia* (Feb. 2022).
- [58] *Murbyen Oslo*. URL: <https://www.murbyenoslo.no>.
- [59] . *Mut zur (Bau)lücke*. URL: <https://baukultur.nrw/artikel/mut-zur-bau-lucke/>.
- [60] Araz Nasirian, Mehrdad Arashpour and Babak Abbasi. *Multiskilled Human Resource Problem in Off-Site Construction*. July 2018. DOI: 10.22260/ISARC2018/0141.
- [61] *Nasjonal Database for Grunnundersøkelser*. URL: https://geo.ngu.no/kart/nadag%5C_mobil/.
- [62] *NS-EN 1991-1-1:2002+NA:2019*. URL: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1015211>.
- [63] *NS-EN 1991-1-3:2003+A1:2015+NA:2018*. URL: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1004200>.
- [64] *NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009*. URL: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=392208>.
- [65] *NS-EN 1991-3:2006+NA:2010*. URL: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=418956>.
- [66] *NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010*. URL: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=436137>.
- [67] *NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2021*. URL: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1365300>.
- [68] OBENAUF. *TECHNIK*. 2022. URL: <https://www.obenauf.at/gu/technik/>.
- [69] Skrevet av Olle Christer Stenby / Oppdatert 31.05.2021. *Eldre yttervegger av tegl - Bygg og Bevar*. URL: <https://www.byggogbevar.no/pusse-opp/mur/artikler/eldre-yttervegger-av-tegl>.
- [70] Torstein Østnor. 'Massivtre og Plastøst betong: en casestudie - forskjeller, erfaringer og forbedringspotensial'. In: (2018).
- [71] Stephan Ott, Stefan Loebus and Stefan Winter. 'Vorgefertigte Holzfassadenelemente in der energetischen Modernisierung'. In: *Bautechnik* 90.1 (2013), pp. 26–33. ISSN: 1437-0999. DOI: 10.1002/bate.201330024.
- [72] Nina Øystad-Larsen. 'Teorigrunnlag, regelverk og beregninger'. In: (2010), p. 272.
- [73] Blue Future Partners. *Top 7 Startups Building Prefab Family Homes*. Feb. 2020. URL: <https://medium.com/blue-future-partners/top-7-startups-building-prefab-family-homes-7b6cbaa70cc2>.
- [74] Eva Paulshus. *Thiisgården*. 2014.
- [75] *Programvare for Livssyklusanalyser (LCA) Innen Byggebransjen - One Click LCA® Software*. URL: <https://www.oneclicklca.com/no/programvare-for-livssyklusanalyser-innen-byggebransjen>.
- [76] Romina Paula Risetto. 'Evaluation of Wood Constructions' Performance for Rooftop Extensions'. Thesis. Wien, 2018. DOI: 10.34726/hss.2018.41792.
-

-
- [77] Haakon Rolfsjord and Niklas Lyngvær Iversen. *Bruk av prefabrikkerte bygningsmoduler av tre - Erfaringer fra norske byggeprosjekt*. In: *Use of timber-framed modules - Experiences from Norwegian construction projects* (2018).
- [78] RVT SINTEF Teknisk Godkjenning (TG) SINTEF Certification. URL: <https://www.sintefcertification.no/portalpage/index/56>.
- [79] Saksinnsyn - Plan- Og Bygningsetaten, Oslo Kommune. URL: <https://innsyn.pbe.oslo.kommune.no/saksinnsyn/casedet.asp?caseno=201815481>.
- [80] Tarjei Samuelson. *Hvor stort bør det tekniske rommet være?* URL: <https://blogg.vb.no/proff/hvor-stort-bor-det-tekniske-rom-vere>.
- [81] Heide Schicht and Christian Burggraf. *Roof Expansion Dapontegasse*. 2022-04-27T13:08:03.561037. URL: <https://www.bwm.at/en/projects/dapontegasse/>.
- [82] Lars Simonsen. *Fortetting i boligselskaper: Muligheter og utfordringer sett fra boligselskapenes side*. In: (2019).
- [83] Tonje K. Tellefsen. *Norges største utleiekonger*. Jan. 2021. URL: kapital.no/reportasjer/naeringsliv/-2021/01/14/7605477/norges-storste-utleiekonger.
- [84] The loan market. *The Loanmarket*. 2019.
- [85] Jan Vincent Thue. *hus*. In: *Store norske leksikon* (Aug. 2021).
- [86] Tekst og foto: Line Venn. *Fra furuhelvete til himmelsk vekst*. Feb. 2021. URL: <https://www.trenytt.no/norsk-limtre/fra-furuhelvete-til-himmelsk-vekst/677615>.
- [87] Barbara Weber. *Open up - ein Dachgeschoßausbau eines Wiener Gründerzeitgebäudes mit dem Fokus auf effiziente Stadtverdichtung und urbane Nachhaltigkeit*. Thesis. 2014. DOI: 10.34726/hss.2014.24206.
- [88] Forest & Wood. *New Zealand Dokument*. 2012.

Vedlegg

A Kontaktede og aktuelle prosjekter

Tabell A.1: Avdekkede prosjekter

Prosjektnavn	Arkitekt	RIB	Entreprenør	Merknad
Sanmerkvarialet	Derlick / Gorilla Studio	Paya Solution AS	AFBF	Mansardtak med prefab
Mimers gate	Ak83 arkitekter	Jens-Peter Madsen ApS	Wolff Svendsen	Mansardtak med prefab
Charlottehaven	LT Arkitekter	Erik Petersen ApS	MT Højgaard	Mansardtak
Majorstuveien 35	Christian Borhaven	Pro Plan AS	Gutta i Slaget	Buet mansardtak med lett-tak
Kjellankvarialet	Hille Melby Arkitekter	Sør Consult	Neteland Entreprenør	Komplisert tak plassbygd m/ precut
Thiisgården	Hille Melby Arkitekter	Aas Jacobsen	Håndverkerkompaniet	Flatt til flatt
Rosenkrantz' gate 19-21	Aart Architects	Sør Consult	Neteland Entreprenør	Mansard og saltak
Maridalsveien 9-11	SJ Arkitekter	Norconsult	Netland entreprenør	Saltak til flatt tak
Vibesgate 29	Grape Architects AS	WSP Engineering	Oslo byggentreprenør	Saltak til flatt tak
Thulstrups gate 5A-7B	Derlick	Pro Plan AS	Jaco	Flatt tak med ny inntrukket etasje
Huitfeldts Gate 19	R21 Arkitekter	Ing. Jan Erik Gauksrud AS	Oslo byggentreprenør	Flatt tak m/ ny inntrukket etasje
St. Olavs Gate 28-30	Dyrø & Moen AS	Dr.techn. Kristoffer Apeland	Oslo byggentreprenør	Flatt tak m/ ny inntrukket etasje
Stengata 36B	R21 Arkitekter	Bjørnstad prosjektering	Urban Entreprenør	Saltak til flatt tak
Sofienberggata 7 A-E	Gottlieb Paludan Architects	-	HAB Construction	Skråfasade med prefab
Grangasse	ARTEC Architekten	OBENAUF	OBENAUF	Wien. Mansardtak med prefab
Große Sperrgasse 18	OBENAUF	OBENAUF	OBENAUF	Wien
Gußhausstraße	BWM Architekten	Thomas Lorenz ZT	Tilz & Partner Bauconsult	Wien. Mansardtak
Dapontgasse	BWM Architekten	KS Ingenieure ZT	-	Wien
Böcklinstraße	BWM Architekten	-	-	Wien

Tabell A.2: Kontaktede elementleverandører

Firma	Person	Stilling
RVT	Simen Alhaug	Prosjektleder
Taasinge Elementer	Allan Nykær Rosenhøj	Kundesjef
Halogaland Element (LNS)	Jon R. Olsen	Prosjekteringsleder
Optimera	Kjetil Stensholt	Salgssjef Byggsystemer
Tiberi	André Berntsen	Prosjektleder
Innlandet Elementfabrikk	Stian Sandermoen	Daglig leder
Byggmann	Jan Lillenes	Produksjonssjef
Lättelement	Olov edlund	Prosjekteringsjef
Skanska Husfabrikken	Egil Henning	Prosjektsejef
Husvik	Vita Brüvele	Teknisk sjef
Støren treindustri	Per Gunnar Nordløyen	Teknisk sjef
Are Treindustrier	Hans Martin Andersen	Direktør konstruksjon & produktutvikling
Martinsons	Jonas Lindgren	Key Account Manager
Norsk massivtre	Knut Lundem Hougsrud	Salgsansvarlig tak, etasjeskille, balkong
Splitkon	Sentralbord	
Rebelijo	Reidar Langmo	Daglig leder
Lett-tak Systemer	Gitte Manvik	Teknisk sjef
Lindbäck	Andreas Häggström	Strategisk kjøper
Jatre	Odd-Allan Gjendem	Avdelingsleder element
Senja Elementer	Hermann Kristiansen	Hermann Kristiansen
Overhalla hus	Knut-Erik Henrikø	Salgsleder proffmarked
Ferdighus	Ole-Martin Larsen	Daglig Leder
Skandek	Rune Ø. Svensson	Teknisk konsulent & projektering
JBL-Kviste	John Larsen	
Jysk element	Sentralbord	

Tabell A.3: Kontaktede entreprenører

Firma	Person	Stilling	Erfaring
AF BF	Vegard Bjoland	Prosjektdirektør	Sannerkvartalet
	Bastian Solbakken	Prosjekteringsleder	Sannerkvartalet
Vedal	Paal Andre Slette	Prosjektleder	Telegrafbygning
	Svein Granli	Byggherrerrepresentant	Stortorvet 7
PEAB	Eirik Fjellheim	Kalkylesjef	Priset Sannerkvartalet
Wolff Svendsen	Mads Skov Christensen	Byggeleder	Mimers gate
Moderne byggfornyelse	Nadine Wendler	Kalkylesjef	Kun der loftstak bevares
HAB Construction	Jonas Haarseth	Prosjektleder	Sofienberggata 7 A-E
Seltor	Stian Råmunddal	Konsernleder	Lite/ingenting
Aktiv bygg	Amund Alm	Daglig leder	Lite/ingenting
Neteland Entreprenør	Petter Strømme	KAM/Prosjektleder	Flere, se tab. A.1
MT Højgaard	Hanne Olsen	Sekretær	Var på prosjektet
Byggimpuls	Philip Van de Velde	Avdelingsleder Prosjekt	Lite/ingenting
Alliero	Fred Støen	Prosjektleder	Lite/ingenting
DVS entreprenør	Leif Erik Mortensen	Daglig leder	Lite/ingenting
Oslo Entreprenørbedrift	Thomas Jacobsen	Daglig leder	Kun der loftstak bevares
Oslo Byggentreprenør.	Jens Herman Svartdahl	Daglig leder	Flere, se tab. A.1
Oslo Entreprenør	Sentralbord		Lite/ingenting
Front Entreprenør	Tore Møll	Daglig leder	Lite/ingenting
Loftsentralen	Lars Håvi	Partner/prosjektleder	Stensgata 36
Obenauf	Peter Krabbe	Teknisk sjef	Wien
Asker Entreprenør	Øyvind Velsand	Avdelingsleder	Lite/ingenting
Donar Entreprenør	Alen Begic	Daglig leder	Lite/ingenting
Håndverkskompaniet	Wenche Remme	Økonomiansvarlig	Lite/ingenting
Bjerkland Bygg	Espen Bjerknes	Prosjektleder	Lite/ingenting
Bundebygg	Øyvind Kvarme	Markedssjef	Lite/ingenting
Stoltz Entreprenør	Per Christian Stoltz	Adm. dir.	Lite/ingenting
Constructa	Sentralbord		Lite/ingenting
Backe Prosjekt as	Bjørn Tore Hagness	Adm. dir.	Lite/ingenting
Lindal Gruppen	Helena Guttormsen	Sekretær	Lite/ingenting
Ruta Entreprenør	Ole Petter Olsen	Leder Byggfornyelse	Lite/ingenting

Tabell A.4: Kontaktede arkitekter

Firma	Person	Stilling	Erfaring
Derlick	Anett Bjerke	Daglig leder	Sannerkvartalet
Studio Gorilla	Håkon Berger	Arkitekt MNAL / Partner	Sannerkvartalet
Hille Melby	Eva M. Paulshus	Sivilarkitekt	Flere, se tab. A.1
	Ingvil Arntzen	Daglig leder	
a83 arkitekter	Lars Levin	Ansvarlig arkitekt / Partner	Mimers Gate
Rebuilding	Wenche Andreassen	Arkitekt MNAL / Partner	-
Christian Borhaven Arkitekter	Christian Borhaven	Daglig leder	Flere, se tab. A.1
MAD Arkitekter	Cecilie Schjetlein Sundt	Architect	
LT Arkitekter A/S	Filip Heiberg	Konstruktør	Charlottehaven
Dark arkitekter	Caroline Damhaug	Arkitekt	Stortorvet 7
SCHUBERTH UND SCHUBERTH	Sentralbord	Arkitekt	Julius Tandler Platz
ARTEC Arkitekten	Eva-Maria Hanser	Arkitekt	Grangasse
BWM Arkitekten	Sentralbord		Flere, se tab.

Tabell A.5: Oversikt over kontaktede byggherrer

Firma	Person	Stilling
Bonum	Jens Kristian Skjerven	Prosjektsjef
	Andreas Brotke	Adm. Dir.
OBOS	Øyvind Bodsberg	Teknisk sjef
TOBB	Jørgen	
BOB	Sentralbord	
BATE	Sentralbord	
SIO	Stian Garberg	Prosjektsjef utbygging
Merkantil Bygg	Aleksander Holmsen Lepore	Prosjektleder
Maya Eiendom	Per Kristian Strutz	Prosjektleder
Bjerke Eiendom	Sentralbord	
Barkaleitet borettslag	Grethe Stang	Styreleder
	Jarl Høve	Byggherrerepresentant
Oslo boligbygg KF	Allan Nielsen	Byggherrerepresentant
Höegh Eiendom	Øyvind Meyer Kristiansen	Prosjektleder Oslo
PEAB Eiendomsutvikling	Anita Rogne	Administrasjonskoordinator

B Artikkel

C Plakat

