

Agnete Aas Haukås

Branntryggleik i eit berekraftsperspektiv

Med fokus på rehabilitering av bygningsmassen
og ombruk av bygningskomponentar

Masteroppgåve i Bygg- og miljøteknikk

Rettleiar: Anne Elise Steen-Hansen

Medrettleiar: Thomas Ekrem

Juni 2023

Agnete Aas Haukås

Branntryggleik i eit berekraftsperspektiv

Med fokus på rehabilitering av bygningsmassen og
ombruk av bygningskomponentar

Masteroppgåve i Bygg- og miljøteknikk
Rettleiar: Anne Elise Steen-Hansen
Medretteiar: Thomas Ekrem
Juni 2023

Noregs teknisk-naturvitskaplege universitet
Fakultet for ingeniørvitskap
Institutt for bygg- og miljøteknikk



NTNU

Kunnskap for ei betre verd

Samandrag

Korleis skal branntryggleiken oppretthaldast og forbetrast, utan at det bidreg til utslepp og forverrar klimakrisa? Finnast det potensiale til meir effektiv førebygging av brann, prosjektering av nye tiltak for branntryggleik og utbetring av eksisterande tiltak? Med fokus på rehabiliteringsprosjekt og ombruk av bygningskomponentar utforskar oppgåva korleis brannrådgeving og branntryggleik kan bidra positivt i kampen mot klimakrisa. Alle dimensjonane av berekraft, både miljø, den sosiale og den økonomiske, er essensielle for at desse tiltaka skal fungere i det lange laupet.

Gjennom to delmål prøvar oppgåva å legge til rette for meir berekraftig prosjektering av branntryggleik. Det første målet testar metoden *Holistic Fire Safety* (HFS), altså heilskapleg kartlegging av branntryggleik. Gjennom utprøving og analyse av kartleggingsmetoden, er resultat frå kasusstudie og oppbygginga av metoden diskutert opp mot berekraftsmål og nasjonale retningslinjer.

Det andre delmålet utforskar branntryggleiksbarreirar kring rehabilitering og ombruk. Risikoar, fordelar og effektivisering av ombruk kjem fram gjennom litteratur. Bør ombruk implementerast i risikoanalysar, og korleis? For å svare på deloppgåvene nyttast i hovudsak ulike kvalitative forskingsmetodar. Gjennom eit kasusstudie, dokumentanalyse og litteraturstudium hentast relevant informasjon ut.

Gjennom standardar og regelverk er det eit grunnlag for korleis risiko klassifiserast, materialar sine eigenskapar og kva som er eit akseptabelt sikkerheitsnivå. Det eksistera preaksepterte løysingar for vanlege byggjeteknikkar og bygningar, som skal gje tilstrekkeleg tryggleik mot brann. Utover det prosjekterast sikkerheita mot eit ytingskrav, som også skal gje tilstrekkeleg branntryggleik, men som krev kalkulasjonar eller anna dokumentasjon. Metoden for heilskapleg branntryggleiksstrategi vert utvikla for å gje eit større perspektiv på prosjektering. Det basera seg på ein åttedels risikoindeks som samanliknast med minimumsnivået for sikkerheit. Differansar avdekkjer anten sikkerheitsavvik eller ein overdimensjonert sikkerheitsfaktor.

Konsekvensane av utilstrekkeleg branntryggleik er omfattande i alle aspekt av berekraft. Risikoanalyse må difor stå sentralt for å kunne avgjere kvar det kan vere aktuelt å kutte forbruk, og dermed tryggleikstiltak til fordel for berekraft. Andre gonger hevdast det at regelverket står i vegen for å ta berekraftige val. Utan å forsømme logikk og erfaringsgrunnlag for minimumskrava som er satt i regelverka, må det skapast rom for nye løysingar. Heilskapleg kartlegging branntryggleik kan gje betre oversyn over strategiar brukt, om kompenserande tiltak er effektive eller irrelevante. Med noko tilpassing, betre rettleiing og fokus på brukarvennleg utforming kan det bli eit nyttig verktøy.

Å unngå at byggverk brenn ned er berekraftig for klima, økonomien og det sosiale, men ikkje til ein kvar kostnad. Optimalisering av branntryggleikstiltak kan gje økonomisk vinning og klimagevinst, samstundes som at tryggleiken det skapar gjev sosiale gevinstar. Ombruk og rehabilitering bør vere hovudfokus i byggenæringa framover, det eksistera ikkje nok ressursar til å halde fram utbygging med lineær produksjon og økonomi. Branntryggleik vil krevje resertifisering og tilstandsrapportering av materialar og bygningar før dei kan gjenbrukas. Saman med konstruksjonssikkerheit vil det altså sette nokre krav, grensar og krevje omvegar i somme tilfelle.

Abstract

How should fire safety be maintained and improved, without further contributions to climate change? Are there more efficient methods to prevent fire, while revising existing fire safety measures or designing new ones? While focusing on rehabilitation and reuse of buildings and materials, the thesis explores how the fire safety community can improve in terms of sustainability. All dimensions of sustainability; the social, economic, and environmental aspect must be considered.

Trough two separate goals of study, the main objective is to make sustainable fire engineering manageable. The first part is figuring out if the method of Holistic Fire Safety (HFS), a risk indexed method, is possible to apply to engineering based on the Norwegian guidelines. Trough mapping and analyzing the method, results from the case-project and the structure of the method is discussed, with sustainability in mind.

The second goal is to assess barriers prohibiting reuse and rehabilitation, within fire safety. Risks and benefits of reuse is found trough literature on similar studies and pilot projects. If and how this should be implemented in fire risk analysis is discussed. Qualitative research methods of literature studies, document analysis and a case study are used to gather information to answer questions, leading up to the main objective.

It is trough standards and laws/legislation that the baseline for all fire engineering is made up. How risk is calculated, how materials are tested and documented and what is an acceptable level of security when it comes to risk of fire. There are existing solutions that are pre accepted, for standard buildings and materials. Performance based solutions can be used on non-standardized buildings or parts of the constructions or measures. This must ensure the same safety level, fire engineers use calculations and other tools to document this. Holistic Fire Safety was developed to zoom out and set measures into perspective, while being flexible and easy to apply to all situations. It is based on eight areas of risk and safety measures, that are sorted in a way that should reveal weaknesses when the user compares measures with the baseline.

The consequences of inadequate fire safety can impact all dimensions of sustainability. Risk analysis is therefore essential when it comes to considering reducing measures, in terms of reducing the use of resources. Other times it may be strict frames of law that hinders use of innovative solutions. HFS may work as a reassurance, if skepticism occurs when engineers choose solutions that are not pre accepted. With some adaption, further guidance and made more user friendly – HFS can become a handy tool.

Avoiding fires is also avoiding emissions of greenhouse gases, in addition to avoiding economic and social losses. Fire safety measures is therefore sustainable, but to what extent? An optimal fire safety strategy does not use extensive resources, but provides a sufficient safety level, sufficient being the keyword. Reuse should be in focus, to reduce resources needed and turning the production chain from linear to circular. Alongside construction safety - fire safety will require recertification, research, and guides on how to classify used materials and existing buildings.

Forord

Masteroppgåva stadfestar avslutninga på utdanninga ved Norges teknisk-naturvitskaplege universitet, hjå Institutt for Bygg- og miljøteknikk. Oppgåva inngår i emnet TBA4900 og utgjør 30 studiepoeng. Emnet og tittel for oppgåva er branntryggleik i eit berekraftsperspektiv og speilar emne teke gjennom fleire semester. Ei prosjektoppgåve på same tema, fordjuping i bygningsfysikk, branntryggleik i byggverk og fleire emne over dei fem åra som bygg-student har danna eit breitt kunnskapsgrunnlag som er anvendt i oppgåva. Ho er gjort i samarbeid med *Fire Research and Innovation Centre* (FRIC) (www.fric.no). Forskingssenteret er finansiert via partnerar og Noregs forskingsråd. Program BRANNSIKKERHET, prosjektnummer 294649.

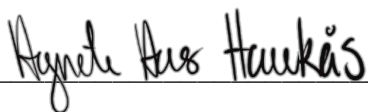
Å sjå kloten varme seg opp, tida renne ut, klimakrisa og konsekvensane av ho var det som drog meg mot å velje ei oppgåve med berekraft som fokus. Ved å kombinere den motivasjonen med interessa for brannfaget var valet openbart.

Ein stor takk rettast til intern rettleiar Anne Elise Steen-Hansen. Som rettleiar, undervisar og motivasjonskjelde har Anne bidrege stort til arbeidet. I tillegg rettast ein takk til Thomas Ekrem og medarbeidarar hjå AFRY, for støtte og hjelp til å skaffe informasjon om eit prosjekt til kasusstudie. Ein siste takk rettast mot familie og venar for støtte på veggen.

Bøker har same fiende som menneskje – eld, fukt, dyr, vêr og sitt eige innhald

- Paul Valéry

Agnete Aas Haukås, Trondheim – Juni 2023



Innhald

Figurar	XI
Tabellar	XII
Forkortingar/symbol	XIII
Definisjonar	XIV
1 Innleiing	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Eksisterande forskning	3
1.3 Målsetting og problemformulering	5
1.3.1 Delmål 1 – Heilskapleg branntryggleik	5
1.3.2 Delmål 2 - Ombruk	6
1.4 Avgrensingar	7
1.5 Disposisjon	8
2 Metodar	9
2.1 Forskingsmetodar	9
2.1.1 Kvantitativ forskingsmetode	9
2.1.2 Kvalitativ forskingsmetode	9
2.2 Val av metodar	10
2.3 Litteraturstudium	11
2.3.1 Litteratursøk	11
2.3.2 Evaluering	12
2.4 Dokumentanalyse	13
2.4.1 Samanlikning	13
2.4.2 Evaluering	14
2.5 Dokumentutvikling	15
2.5.1 Evaluering	17
2.6 Kasusstudie	18
2.6.1 Gjenbrukshuset Festiviteten, Larvik	18
2.6.2 Evaluering	20
2.7 Ombruk av prosjektoppgåve	21
3 Teori	22
3.1 Brannutvikling i byggverk	22
3.1.1 Generelt	22
3.1.2 Brannforlaup i byggverk	23

3.2	Regelverk	25
3.2.1	Lovar	25
3.2.2	Forskrifter	26
3.2.3	Rettleiing til forskrifter	26
3.2.4	Norske og internasjonale standardar	26
3.2.5	Klassifisering	28
3.3	Brannprosjektering	30
3.3.1	Tiltak for branntryggleik	30
3.3.2	Metodar	30
3.3.2.1	Normert prosjektering	30
3.3.2.2	Preaksepterte ytingar	30
3.3.2.3	Ytingsbasert brannprosjektering	31
3.3.2.4	Risikoanalyse	32
3.3.3	Heilskapleg branntryggleiksstrategi	34
3.3.3.1	Generelt	34
3.3.3.2	Målsetting	34
3.3.3.3	Basis skår og reell skår	35
3.3.3.4	Radardiagram	37
3.3.3.5	Risikoindeks	38
3.3.3.6	Oppsummering	39
3.4	Bærekraft	40
3.4.1	Definisjon	40
3.4.2	Miljøpåverknad ved brann	41
3.4.3	Klimapåverknadar ved brann	42
3.4.4	Tiltak	43
3.4.5	Behov i framtida	44
3.4.6	I byggebransjen	45
3.4.7	Robust og berekraftig?	45
3.5	Adaptiv ombruk	48
3.5.1	Bevaring av bygg	49
3.5.2	Strukturell rehabilitering	52
3.5.3	Energieffektivisering og ny teknologi	54
3.5.4	Ombruk av materialar	55
4	Resultat	61
4.1	Resultat frå litteraturstudium	61
4.1.1	Ombruk av bygningskomponentar	61

4.1.2	Rehabilitering av bygningsmassar	63
4.2	Resultat dokumentanalyse	65
4.3	Resultat frå kasusstuide.....	66
4.3.1	Kasusstudie - Festiviteten Larvik HFS.....	66
4.3.2	Festiviteten Larvik, gjenbrukshuset	68
5	Diskusjon	69
5.1	Delmål 1 – Heilskapleg branntryggleik.....	69
5.2	Delmål 2 - Ombruk	73
6	Konklusjon.....	76
6.1	Heilskapleg branntryggleik	76
6.2	Ombruk	78
6.3	Vidare arbeid	79
6.3.1	Materialeigenskapar ved slitasje.....	79
6.3.2	Formuleringar av HFS	79
6.3.3	Rangeringsrettleiing til HFS	82
6.3.4	Risikoindeks.....	83
7	Referansar.....	84
8	Vedlegg.....	94
8.1	Litteratursøk og samanlikning	94
8.2	Resultat frå HFS kartlegging av kasusstudie	94
8.3	Samanlikning av TEK17 og HFS.....	94
8.4	HFS Excel-mal	94

Figurar

Figur 1.1: Prinsipiell skisse av akkumulerte utslepp for eit bygg gjennom si levetid. Med alternativ hendingsforlaup som illustrera konsekvensar ved brann i byggverket. Figur inspirert av (Roberts et al., 2016).	2
Figur 1.2: LSA som inkludera brannkonsekvensar (Roberts et al., 2016)	4
Figur 2.1: Visualisering av filtrering av litteratur, basert på (McNamee et al., 2021).	11
Figur 2.2: Skjermdump frå 8.4. Utdrag frå spørjingane og korleis skårane summerast..	15
Figur 2.3: Skjermdump frå 8.4. Synar korleis vekta og endelege summer er kalkulert. .	15
Figur 2.4: Skjermdump frå 8.4, formatering av vekt-knappane	16
Figur 2.5: Skjermdump frå 8.4. Radardiagram.....	16
Figur 3.1: Branntrekant.....	22
Figur 3.2: Temperaturutvikling gjennom eit brannforlaup, omset frå (H. Buchanan & K. Abu, 2017).....	24
Figur 3.3: Hierarki av regelverket.....	25
Figur 3.4: Mål-matrise for branntryggleiksstrategi (Brzezińska et al., 2019).....	34
Figur 3.5: Eit døme på utfylt radar-graf henta frå <i>Risk Index Method–A Tool for Sustainable, Holistic Building Fire Strategies</i> (Brzezińska & Bryant, 2020).....	35
Figur 3.6: Eit døme på utfylt radar-graf henta frå <i>Risk Index Method–A Tool for Sustainable, Holistic Building Fire Strategies</i> (Brzezińska & Bryant, 2020).	35
Figur 3.7: HFS radardiagram med fargar og norsk forkortingar	38
Figur 3.8: Venn-diagram av dei ulike aspekta av berekraft. Fritt omsett frå (McNamee et al., 2023, 2023)	40
Figur 3.9: Nokre relevante berekraftsmål (FN, 2022)	41
Figur 3.10: Flytskjema av innverknad brann kan ha på miljøet, henta frå (Meacham & McNamee, 2023).....	41
Figur 3.11: CO ₂ -ek utslepp frå brann i eit byggverk, omsett frå (McNamee, 2021).	42
Figur 3.12: Kategorisering av avgjerdsprosessar basert på usikkerheit (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022).	44
Figur 3.13: Venn-diagram av berekraft og robustheit i bygningar, henta frå (Meacham & McNamee, 2023).....	46
Figur 3.15: Strategiske mål for både berekraft og brann, under utvikling av (Meacham & McNamee, 2023). Fullt utvikla konsept vert publisert snart.	47
Figur 3.14: Strategiske mål for branntryggleik (NFPA, 2017).....	47
Figur 3.16: Korrelasjon mellom grad av endring og risiko for verditap (Douglas, 2006). 49	
Figur 3.17: Brannskadar i bygg etter alder, som er meldt inn til forsikringsselskap (BRASK, 2023).....	50
Figur 3.18: Flytskjema for ombrukskartlegging av bygning (Coelho et al., 2020; McNamee et al., 2021).....	52

Figur 3.19: Kategoriar for inspeksjon av branntryggleik (Zahmatkesh & Memari, 2017).	53
Figur 3.20: Oversyn av moglege branntryggleiksoppgraderingar (Zahmatkesh & Memari, 2017).	54
Figur 3.21: Utvida avfallspyramide, utarbeida frå (Bordi & Hasanbegovic, 2023).	56
Figur 3.22: Fargeforklaring og døme på vurdering av ombruk av membranar. Skjermdump frå (Videncenter for Cirkulær Økonomi i Byggeriet, 2021).	57
Figur 3.23: Døme på materiale som eignar seg for ombruk, gipsplater uansett produksjonsår. Skjermdump frå (Videncenter for Cirkulær Økonomi i Byggeriet, 2021).	58
Figur 3.24: Døme på materialet som ikkje eignar seg for ombruk, maling frå 1950-1977. Skjermdump frå (Videncenter for Cirkulær Økonomi i Byggeriet, 2021).	58
Figur 4.1: Utvide avfallspyramide med rangering av ombruk, utarbeida frå (Bordi & Hasanbegovic, 2023).	61
Figur 4.2: Utvida flytskjema for ombrukskartlegging ved enda livsløp for bygning, utvikla og omset frå (Coelho et al., 2020; McNamee et al., 2021).	63

Tabellar

Tabell 1.1: Disposisjon basert på IMRoD-struktur (Senter for faglig kommunikasjon (SEKOM) & NTNU Universitetsbiblioteket, u.å.)	8
Tabell 2.1: Døme på oppsett av samanlikning, utdrag frå vedlegg 8.3	13
Tabell 2.2: Oppsummering av brannkonsept	19
Tabell 3.1: Oppsummering av regelverk og standardar	27
Tabell 3.2: Døme på klassifisering av ulike bygningsdelar	29
Tabell 3.3: Inndeling av branntryggleik i TEK17 (SINTEF Byggforsk, u.å.-b)	32
Tabell 3.4: Dei åtte faktorane for HFS, originalt formulert på engelsk og omset til norsk (Brzezińska & Bryant, 2020).	36
Tabell 3.5: Dei åtte faktorane for HFE, originalt formulert på engelsk og omset til norsk (Brzezińska et al., 2019).	37
Tabell 4.1: Eit utval scenario som visar utslag av kategoriane ulikt vekta.	68
Tabell 6.1: Forslag til formuleringar av HFS	79
Tabell 6.2: Forslag til rettleiing av rangeringar i HFS.	82

Forkortingar/symbol

Forkorting	Omgrep på engelsk	Omgrep på norsk
NTNU	Norwegian University of Science and Technology	Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
HFS	Holistic fire strategy	Heilskapleg branntryggleiksstrategi
PBL	The Planning and Building Act	Plan- og bygningsloven
FSE	Fire Safety Engineering	Branntryggleiksprosjektering
TEK17	Current building regulations in Norway	Gjeldande teknisk forskrift om krav til byggverk og produsentar til byggverk
VTEK	Guidance to current building regulations in Norway	Rettleiing til TEK
FOB	Fire prevention regulations	Forskrift om brannforebygging
CFD	Computational fluid dynamics	Numerisk fluiddynamikk
FEA	Finite Element Analysis	Endeleg element metode
ASET	Available safe egress time	Tilgjengeleg rømmingstid
RSET	Required safe egress time	Krevja rømmingstid
LSA / LCA	Life cycle assessment	Livssyklusanalyse
HFS	Holistic Fire Safety	Heilskapleg branntryggleiksstrategi
HFE	Holistic Fire Engineering	Heilskapleg brannprosjektering
BF85	Building code 1985	Byggforskrift frå 1985
BKL	Fire class	Brannklasse
RIBr	Fire engineer	Rådgivande ingeniør brann
SSB	Statistics Norway	Statistisk sentralbyrå
BIPV	Building integrated photovoltaics	Bygningsintegreerte solceller
BAPV	Building applied photovoltaics	Bygningsanvendte solceller
REBUS	Reuse of Building materials - a USer perspective	Forskningsprosjekt på ombruk av bygningsmaterialar
FRIC	Fire research & innovation center	Senter for forskning og innovasjon på brann

Definisjonar

Norsk	Engelsk	Tyding	Kjelde
Robust	Resilience	«Evnen til sammenkoblede sosiale, økonomiske og økologiske systemer til å håndtere en farlig hendelse, trend eller forstyrrelser (som klimaendringer) ved å respondere eller omorganisere på måter som bevarer deres essensielle funksjon, identitet og struktur. Robusthet er en positiv egenskap når den opprettholder evnen til tilpasning, læring og omstilling.»	(Miljødirektoratet , 2022)
Netto null CO ₂ -utslepp	Net zero CO ₂ -emissions	Tilstand der menneskelige utslipp av CO ₂ balanseres ut av menneskelig fjerning av CO ₂ over en bestemt tidsperiode.	(Miljødirektoratet , 2022)
CO ₂ -ek	CO ₂ -eq	CO ₂ -ekvivalentar er ei eining nytta for å samanlikne oppvarmingspotensialet til dei ulike klimagassane. Til dømes har metan 25 gonger så stort potensiale som CO ₂ , ved å gange opp er det enklare å samanlikne desse i eit klimagassrekneskap.	(Miljødirektoratet , 2022)
Bestanddel	Constituent product	Ein del av eit fast ledd i ein samansetning.	(Det Norske Akademis ordbok, 2014)
Reduksjon og opptak av utslepp	Mitigation	«Et menneskelig inngrep for å redusere utslipp eller forbedre klimagassopptak.»	(Miljødirektoratet , 2022)

Bunden energi /Bundne utslepp	Embodied energy /Embodied emissions	«Energien som inngår i utvinning av råmateriale, transport og framstilling av byggematerialer, energi til oppføring av bygningen og energien til materialer som brukes i utskifting og oppgradering under bygningens levetid. For en bygning er dette det akkumulerte klimafotavtrykket som er bundet i materialer, produkter og byggevarer gjennom utslippene de har under produksjon, vedlikehold og avhending av bygningen.»	(SINTEF, 2016)
Rehabilitering	Rehabilitation	Her brukt som omgrep for istandsetting av eksisteradne bygning, i ein avgrensa periode, til skilnad frå vedlikehald. Termar som nyttast i ulike gradar av rehabilitering illustrerast i 3.5	(Douglas, 2006; Store norske leksikon, 2007)
-	FutureBuilt	Innovasjonsprosjekt med kriterier for berekraftige bygg og byområder.	(FutureBuilt, 2022)
CE-merking	CE marking	«Med CE-merket erklærer produsenten overfor tilsynsstyresmaktene at dei grunnleggjande tryggleikskrava er oppfylte. Det betyr at produsenten forsikrar om at desse krava er varetekne, at produktet er trygt og at dokumentasjon for dette er tilgjengeleg.»	(Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, u.å.)
Bygningskomponent	Building component	Bygningsdel med funksjon	(Byggforskserien , 2023)
Internt ombruk	Internal reuse	Ombruk av bygningskomponentar i eige prosjekt.	(Byggforskserien , 2023)
Lineær industri	Linear industry	Ressurser utvinnast, brukast til produksjon av produkt, fram til produkt blir avfall.	(Byggforskserien , 2023)

Sirkulær industri	Sircular industry	Unngå at ressursar skal ende opp som avfall. Halde materialar i eit sirkulerande kretsloop, slik at det ikkje vert naudsynt å utvinne nye råvarar.	(Byggforskserien , 2023)
-------------------	-------------------	--	--------------------------

1 Innleiing

1.1 Bakgrunn

Kvifor skal branntryggleik også regulerast av berekraftsmål? Er ikkje tryggleik for liv viktigare enn å redusere betongforbruket? Har ikkje byggenæringa derav viktigare ting å fokusere på? Jo. Desverre er det slik at verda er inne i ei klimakrise, der alt og alle må hjelpa med å dra lasset dersom me skal unngå fleire store konsekvensar. Bill Gates seiar det godt med analogien om eit badekar som snart renn over, det hjelp ikkje å justere ned krana – då vil det uansett på eit tidspunkt renne over, krana må skrus heilt av (Gates, 2021).

Å skru krana av tyder her å eliminere alle utslepp. Alt me gjer som kompensera, fjernar CO₂ frå atmosfæren eller karbonfjerning, vil vere å ause ut vatn frå badekaret. Å stå å ause medan krana fyllar etter med vatn, kjem til å kjennast håplaut i lengda. Løysinga må difor væra å skru av krana, deretter ause ut vatnet. Og for at me skal greie å skru av krana i tide, må alle ta i eit tak, alt og alle som står for utslepp.

Det er forståeleg at samfunnet ønskjer å prioritere kva for klima-tiltak me byrjar med, slik at dei ikkje går utover tryggleik og økonomi. Men på eit eller anna punkt må alle tiltak setjast i verk, og då må løysingane vere klare. Det verkar då logisk at bransjane fokusera på sine eigne utslepp og kva dei kan gjera for å eliminere dei, som ein del av eit kollektivt samarbeid om å skru av krana. Derav må også prosjektering av branntryggleik vurderast opp mot sine utslepp, i tillegg til risiko for liv og helse, materielle tap og samfunnsfunksjon, som er dei allmenne måla med branntryggleik.

Bygging, transport, riving og ombygging – bygg og eigendomsbransjen er gjennom desse operasjonane den største enkeltkjelda til avfall i Noreg (Direktoratet for byggkvalitet, 2021b). Bygningar krev produkt og dermed eit markant forbruk av råvara. Bygging og transport krev utstyr og straum. Det same gjeld riving, i tillegg til at det slepp ut bundne utslepp som er lagra i materialane.

Ein rapport basert på tal for 2017 konkludera med at bygg og anlegg står for 15,3% av klimagassutslepp i Noreg. I tillegg er det estimert av 40% av energibruken i landet går til drift av bygningar, energiproduksjon står også for klimagassutslepp. Globalt er desse tala høgare, det byggjast ut meir og ein lågare del av energiproduksjonen er grøn. For å skru av krana, analogien frå tidlegare, må heile kloten sikte mot null utslepp og heilgrøn energiproduksjon. Så sjølv om me ikkje står for den største delen av utsleppa, må fokuset vere på utvikling av nullutsleppsteknologi og metodar som kan nyttast på globalt plan.

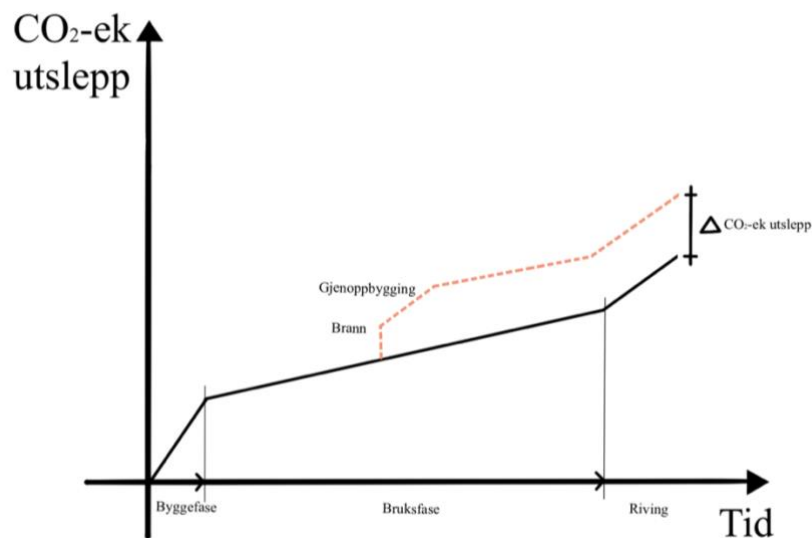
Ein artikkel frå skrivande år påpeikar manglande klimatilpassing i utbygging av infrastruktur og byggverk (Sandberg et al., 2023). Frå ei spørjeundersøking i samband med Klima2050, eit forskingsprosjekt på klimatilpassing, kjem det altså fram at det nedprioriterast blant norske bedrifter. Skadeomfanget blir fort omfattande, kostbare og potensielt fatale dersom me korkje greier å redusere utslepp eller tilpasse oss konsekvensane klimaendringane kjem med.

Oppgåva fokusera på rehabilitering og ombruk, etter tankegangen om å ta vare på det me allereie har. Ved rehabilitering eller ombygging trer dagens regelverk i kraft, dermed må mellom anna branntryggleiken ofte oppgraderast. Dersom me skal utnytte den eksisterande bygningsmassen må han vere trygg nok. SINTEF understøttar at

«Dei mest berekraftige bygga eksistera allereie»

i ein rapport som viser at rehabilitering har halvparten så stor innverknad på miljøet som å byggje nytt (Fufa et al., 2020; Nitter, 2020).

Oppgåva skal ta for seg balansegangen mellom berekraft og branntryggleik. Å overdimensjonere sikkerheitstiltal vil sikra tryggleiken, men vere ressurskrevjande. Låg tryggleik gjer ein høg risiko for brann. Som illustrert i Figur 1.1 skapar ein eventuell brann og gjenoppbygging eit auka klimaavtrykk for ei bygning.



Figur 1.1: Prinsipiell skisse av akkumulerte utslepp for eit bygg gjennom si levetid. Med alternativ hendingforløp som illustrera konsekvensar ved brann i byggverket. Figur inspirert av (Roberts et al., 2016).

Ved å rehabiliterer framfor å rive og byggje nytt, vert utslepp frå deponi og avhending spara, transportkostnadar knytt til riving og nye materialar, utslepp knytt til ressursutvinning og produksjon av materialar. Det er potensiale i kutt av utslepp frå å energieffektivisere eksisterande bygningsmasse, framfor å erstatte med nye bygningar. I tillegg ligg det gevinstar i det sosiale aspektet av berekraft, i eldre bygningar. Å utføre livssyklusanalysar av eksisterande bygningar vil vere eit nyttig verktøy, i tillegg til samfunnsmessige vurderingar.

Endringar må ofte tvingast fram av regelverk og retningslinjer. TEK17 og den nasjonale strategien for sirkulær økonomi krev at ombruks- eller materialgjenvinningsprosenten aukast til 70% for bygg og anleggsavfall (Sandberg et al., 2021).

Dersom byggebransjen framover skal rette fullt fokus mot utbetring av eksisterande bygningsmasse, gjeld det også branntryggleiksrådgiving. Vil preaksepterte og normerte tiltak for tryggleik og prosjekteringsmetodar takle utfordringar knytt til ombruk og eksisterande bygningar? Å skape fleksible, generelle og elastiske areal er essensielt i planlegging av byggverk med lang levetid. Korleis finne kompromiss som ikkje går utover tryggleik eller berekraft?

1.2 Eksisterande forskning

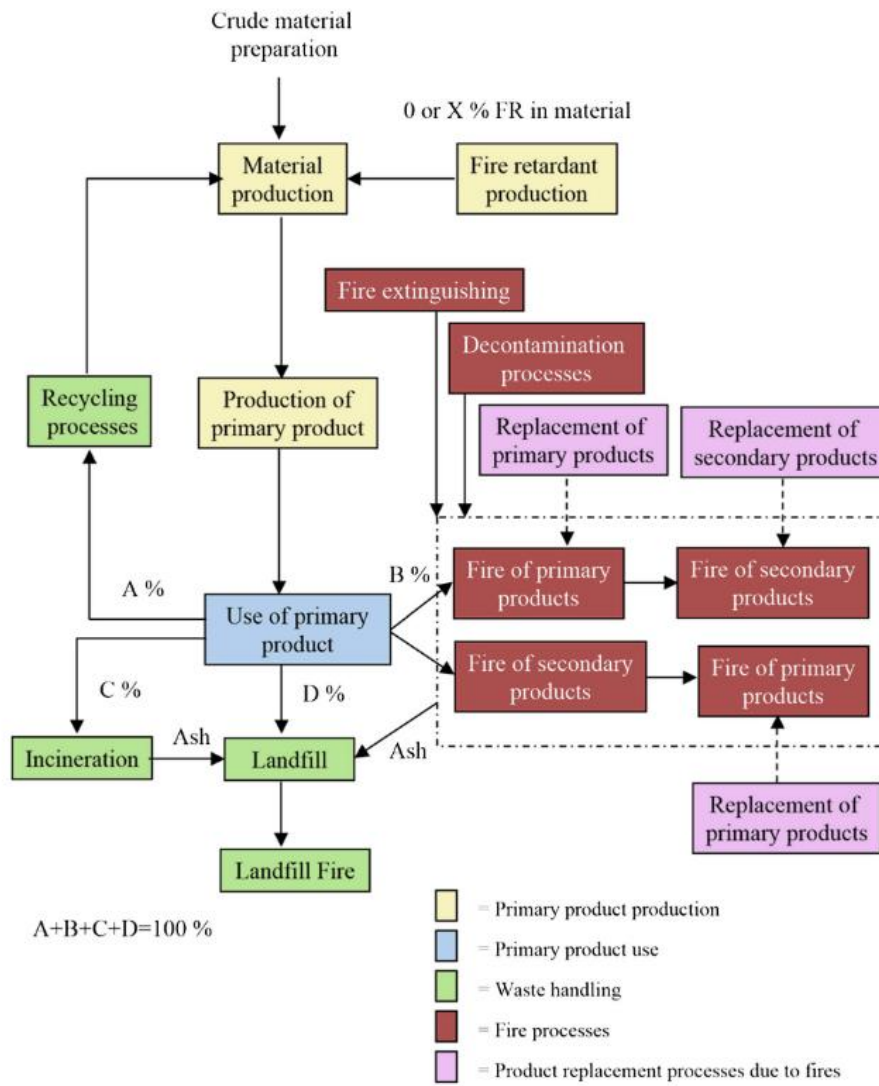
Interessa for å gå over til sirkulær økonomi framfor lineær økonomi, aukar raskare enn forskinga kan gje svar på korleis det skal gjennomførast i praksis (Henke, 2023). SINTEF starta arbeidet med å utvikle ein rettleiar for å føre tilstandsrapport på materialar for ombruk, i samband med forskingsprosjektet REBUS (Reuse of Building materials - a User perspective)(Fufa, 2020; Kron et al., 2022b). REBUS sitt mål er å utvikle kunnskap kring ombruk, for å effektivisere prosessen og utvide moglegheitene for byggebransjen innan sirkulærøkonomi (Henke, 2023). Innan prosjektet er det fem fokusområde; Brukarsnitt, tilgjenge på materialar, livssyklusanalyse, pilotprosjekt og verktøy, samt nettverk og handel. Fleire av REBUS sine resultat er i form av publikasjonar, som har vore nyttige kjelder i oppgåva.

Fleire pilotprosjekt på rehabilitering med fokus på ombruk har den siste tida dukka opp i media. Ein gamal bygard i Trondheim har ved hjelp av eit ombrukskartleggingsverktøy, donor-bygg og tverrfagleg samarbeid (Byggeindustrien, 2022). Det har blitt prosjektert som eit fleksibelt bygg som skal skåre godt i alle dimensjonar av berekraft, der CO₂ rekneskapen etter forventningane skulle halverast samanlikna med scenario der materiala er nye.

Sandberg et al. Nemner fleire digital markeds plassar som har begynt å rulle ballen, Rehub, Loopfront, Resirgel, Ressurssentralen og Finn.no (Sandberg et al., 2021). Vidare nemnast det at DiBK, NGBC, og Statsbygg alle har rettleiing for kartlegging av ombruk. DIPLOM som står for Digital Plattform for Ombruk, er eit partnerskap i regi av Trøndelag fylkeskommune (Trøndelag fylkeskommune, 2023). Nokre av dei involverte partnerane er NTNU og direktoratet for Forvaltning og Økonomistyring. Merking, dokumentasjon eller materialpass til ombruka materialar må mellom anna stadfeste eigenskapar ved brann. Oppgåva vil sjå på om dei originale eigenskapane framleis kan vere gjeldande etter år med bruk og slitasje, eventuelt korleis avvik kan avdekkast.

Ein rapport frå FRIC skildrar korleis brannmotstanden til eldre tredører kan utbetrast, då dei ofte er eit svakt ledd i leilegheitsbygg (Haukø et al., 2022). I 2023 vert boka *Handbook of Fire and the Environment* publisert, og handlar om alt frå korleis måle utslepp, skogbrannar, kjemikaliar i sløkkjemiddel, analyse av innverknad til berekraft og brannmotstand (McNamee et al., 2023; Meacham & McNamee, 2023). Slike rapportar er ettertrakta og oppgåva vil understreke at branntryggleik ved rehabilitering og ombruk er eit viktig premiss for vidareutviklinga av den sirkulære byggjeindustrien.

Livsyklusanalyse (LSA) som inkluderer brannscenario, sjå Figur 1.2, illustrerer dei ekstra utsleppa det førar med seg, å sløkkje, erstatte og dekontaminere (Roberts et al., 2016). Scenarioet visar konsekvensen av låg branntryggleik, etterslep av vedlikehald og rutinar kring tryggleikstiltak. Oppgåva skal byggje vidare på korleis branntryggleiken i eksisterande bygg kan kartleggjast og utbetrast. Jamfør figuren vil netto klimapåverknad av rehabilitering med oppgradering av branntryggleiken, lønne seg.



Figur 1.2: LSA som inkluderer brannkonsekvenser (Roberts et al., 2016)

1.3 Målsetting og problemformulering

Formålet med oppgåva er å eliminere barrierar for rehabilitering, ombruk og berekraftige val innan branntryggleik. I første delmål undersøkast det om ein ny metode for kartlegging av branntryggleiksstrategi og risiko, Holistic Fire Safety (HFS), kan ha fordelar. Ved å teste ut metoden gjennom eit kassustudie og analysere konkrete aspekt av metoden, kan fordelane og ulemperne ved han peikast ut. I andre delmål skal det undersøkjast om branntryggleik er ei barriere for rehabilitering og ombruk, eller om det berre oppfattast slik. Barrierane identifiserast gjennom å kartlegge usikkerheiter som dukkar opp kring branntryggleik ved ombruksprosjekt, samt sjå korleis ombruksaktørar handtera liknande usikkerheiter. I etterkant kan det gje svar på kva for forutsetningar ombruk krev, og korleis dei kan nåast. Til slutt er det eit mål å finne ein måte å implementere eventuelle konsekvensar av ombruk i kartlegginga av branntryggleiksstrategien.

1.3.1 Delmål 1 – Heilskapleg branntryggleik

Holistic fire safety (HFS), er ein kartleggingsmetode for å sjå branntryggleiksstrategien i eit breiare perspektiv og kunne peike ut svake punkt eller risikoar.

Kan HFS leggje til rette for meir berekraftig prosjektering av rehabiliteringsprosjekt?

For å svara på problemstillinga er det to underspørsmål og eit mål for arbeidet som til saman skal kunne skaffe tilstrekkeleg med informasjon.

I. På kva nivå ligg dagens prosjekteringsmetodar?

For å kunne samanlikne eller sjå effekten av metoden, må utgangspunktet identifiserast. Difor må dagens metodar for brannprosjektering leggjast til grunne, før metoden kan stemplast som nyttig. Spørsmålet tek utgangspunkt i regelverk, standardar og typisk framgangsmetodar nytta i dag. Er det rom for berekraftige val? Er det tydeleg kva konsekvensar desse vala førar til?

Spørsmålet skal svarast på ved dokumentanalyse av relevante kapittel i TEK17, VTEK og standardar som seier noko om metodar for branntryggleiksprosjektering, samt brannkonsept frå kassustudie.

II. Kva vil metoden HFS tilføre, av både fordelar og ulemper?

Ved å sette den utvikla metoden i kontekst, er det mogleg å finne openberre og skjulte gevinstar ved metoden. I tillegg må ulemper diskuterast. Nye typar konsekvensar og utfordringar må også setjast lys på.

Gjennom dokumentanalyse av artiklane som presentera metoden og døme på bruk av han gjennom kassustudie, er målet å finne positive og negative effektar. Førre spørsmål ligg til grunne for vurderingane.

→ HFS gaid – mal og rettleiing til bruk, samt forslag til vidare utvikling

Gjennom undermåla til delmål 1, skal det vere mogleg å framstille ein gaid til korleis metoden for heilskapleg branntryggleikskartlegging kan nyttast. Gaiden er forklart gjennom tekst, eit forslag til Excel mal og døme frå kassustudie.

1.3.2 Delmål 2 - Ombruk

Er branntryggleik eit hinder for ombruk eller rehabilitering?

I. Branntryggleik ved ombruk av bygningskomponentar

Ombruk på staden, frå eit donorbygg, i original eller i oppgradert tilstand. Her er det snakk om alt frå vindauge, til kanalar eller alarmsystem. Å kartlegge kva som er brannklassifiseringskrava til ulike komponentar når dei er produserte, og kva ytingar det er krav om at dei tilfredstillar i regelverket, kan gje ein peikepinn på kva som må undersøkjast før dei brukast om igjen. Er det mogleg å seie på førehand kva for slitasje dei vil få gjennom forventa (og ikkje forventa) bruk av bygninga? Eksistera det metodar å restaurere eller oppgradera komponentane? Og er ombruken lønnsam i det totale? Kva står i vegen for at ikkje meir vert brukt om att i dag?

Gjennom rapportar frå pilotprosjekt med ombruk i fokus, litteratur om erfaringar og rettleiing på ombruk hentast det ut informasjon om ombruk av bygningskomponentar. Anna relevant forskning på området kan også setjast inn i kontekst her for å gje svar.

II. Rehabilitering av bygningsmassar

Ombruk i stor skala, altså ombruk av bygningsmasse er ein måte å oppfatte rehabilitering på. Adaptiv ombruk kan vere ei naudsynt løysing i det grønne skiftet, og kva utfordringar bringar det med seg? Korleis kan ein berekonstruksjon brukast om at, eit bygningsskal eller planløysingar utan at risiko for brann er over akseptnivået?

Innsikt gjennom kasusstudie dannar grunnlag til dette delmålet, samt andre kjelder som skildrar erfaringar med rehabilitering.

➔ Forutsetningar for brannsikker ombruksprosjektering i rehabiliteringsprosjekt

Oppsummere funn kring ombruk og kva forutsetningar som må liggje til grunne for at ombruk ikkje skal vere ein brannrisiko. Peike ut svake sider og aspekt som bør undersøkast vidare.

➔ Korleis inkludere ombruk og rehabilitering i HFS

Til slutt er eit mål å kunne implementere også ombruk, på eit vis, inn i metoden for HFS. Det vil vere basert på svar og resultat frå både delmål 1 og 2.

1.4 Avgrensingar

Tid, kapasitet og kunnskapsnivå sett nokre grensar for kva som har blitt undersøkt og tatt med i vurderingane og kva som er skrevet om i oppgåva. Fokuset i oppgåva er først og fremst rehabilitering og ombruk, derav er det ikkje fokusert på korkje nybygg eller nye materialar.

Livssyklusanalyse (LSA) er eit sentralt verktøy i kartlegging av klimafotavtrykk for materialar, bygg eller liknande. LSA er komplekst, det finnast mange ulike metodikkar og grunnlag. LSA er ikkje utgreia om i oppgåva, men nemnt i fleire samanhengar då det er sentralt. Å utføre LSA eller nytte konkrete LSA resultat var ikkje ein del av målsettinga, dermed er det berre tankegangen frå totale utslepp gjennom eit livsløp som er inkludert i oppgåva. Stort sett er det nemnt for å illustrere samanhengar eller konsekvensar i lineær og sirkulærdrift.

Innanfor ombruk er det snakk om både klassifisering og sertifisering av produkt. Det er ikkje fokus på testmetodane som nyttast for å sette stempel på produkt, i oppgåva. Som ein naturleg del av diskusjonen er branntesting av produkt nemnt, men ikkje i detalj.

HFS som er forklart og nytta i oppgåva har også ein liknande variant, *Holistic Fire Engineering* (HFE). HFE fokusera meir på industribygg og er derfor ikkje i hovudfokus i oppgåva, grunna typen bygg som er nytta som kasusstudie. HFE er presentert men det er ikkje lagt inn det same arbeidet i å omsetje og analysere varianten. Mykje er likt, diskusjonspunkta kan derfor gjelde både HFE og HFS.

1.5 Disposisjon

Korleis oppgåva er disponert synast i Tabell 1.1. Det er ein standard struktur der alt grunnlag og vilkår leggjast fram først, deretter forskingsresultat og konkluderande kapittel. Innunder kapitla er det delkapittel som skal bryte opp og strukturere bitane etter tema. Oppgåva har ei todelt problemstilling, derav er både diskusjon og konklusjon todelt. Resultata er sortert etter metodikken som står bak, og tema.

Tabell 1.1: Disposisjon basert på IMRoD-struktur (Senter for faglig kommunikasjon (SEKOM) & NTNU Universitetsbiblioteket, u.å.)

Kapittel	Skildring
Innleiing	Oppgåva sin motivasjon, bakgrunn og kvifor ho er relevant blir lagt fram i innleiinga. I tillegg presenterast ei oversikt over målsetting og formål, avgrensingar og lesarretteiing.
Metodar	Dei vitenskaplege metodane nytta for å komme i mål med resultat skildrast i metodekapittelet. Her vil også relevant informasjon om materiell nytta i metodane leggjast fram.
Teori	Kapittelet teori er grunnlaget som oppgåva byggjar på. Eksisterande kunnskap som er relevant for å løyse og diskutere problematikken i oppgåva presenterast i kapittelet.
Resultat	Alle produkt og resultat frå forskning, lesing og arbeid gjennom metodane leggjast fram i resultatkapittelet.
Diskusjon	Essensen av resultat blir i diskusjonen presentert opp i mot teorien og målformuleringane. Resultata skal tolkast og settast i samanheng.
Konklusjon	Etter diskusjonen skal konklusjonen gje dei endelege svara på problemstillingane. Funn og endelege slutningar vert lagt fram her. Til sist er det nokre punkt for vidare arbeid lista opp.
Vedlegg	Ytterlegare resultat er plassert som vedlegg av praktiske årsaker. Sjå innhaldsliste for oversikt over vedlegg. Dei er referert til i resultatkapittelet.

2 Metodar

2.1 Forskingsmetodar

I kapittelet skildrast metodar brukt for å hente informasjon, analysere og evaluere, samt produsere resultat i oppgåva. Metodane skal vere forklart slik at dei kan etterprøvast, samt oppfattast som kvalifiserte. Dei er basert på anerkjente vitskaplege metodar for forskning. Først er hovudgreinene av forskingsmetodar forklart, deretter anvende metodar.

2.1.1 Kvantitativ forskingsmetode

Ordet kvantitativ kjem frå latinsk opphav og tydar «kor stor» eller «kor mykje», altså ei mengde (Grønmo, 2023b). I samanheng med metode og forskning er det ofte snakk om mengder med data. Det samlast inn data som kan analyserast og gje svar på forskingsspørsmål. Det samlast inn data ved hjelp av undersøkingar i form av observasjon, utspørjing eller analyse av innhald. Innhald kan vere statistikk eller anna data frå databasar. Når data er samla inn kan til dømes tabellanalyse nyttast, korrelasjonsanalyse eller regresjonsanalyse for å hente ut resultat frå samlinga. Val av analysemetode må baserast på kva som skal undersøkjast og korleis variablane kan setjast opp.

Resultat frå kvantitativ forskingsmetoder er ikkje betre enn dataa som blir samla inn. Deira reliabilitet og validitet samt utforminga av metoden og gjennomføring av analysane, avgjer resultatane si troverd (Grønmo, 2023b). Reliabilitet seier noko om kor troverdig dataa er, og kor god metode for innsamlinga er. Validitet er graden av relevans dataa har for den gjeldande problemstillinga. Metoden kan altså bidra til å teste forskingsspørsmål, finne samanhengar og få ei generell oversikt over forhold mellom variablar. Kvantitativ forskning kan også kombinerast med kvalitativ, for å gje eit betre innsyn.

2.1.2 Kvalitativ forskingsmetode

Tekst vil typisk undersøkjast med ein kvalitativ forskingsmetode, framfor kvantitativ (Grønmo, 2023a). Data til bruk i metoden kan hentast gjennom observasjon, intervju, fokusgrupper eller innhaldsanalyse. Dataa vert analysert gjennom å hente ut ulike element og karakteristikkar. Desse funna illustrerast gjerne med figurar eller matriser. Men det kan også diskuterast fram resultat, diskursar.

Metoden nyttast ofte i kasusstudium, eller andre enkelttilfelle. Det er altså mykje informasjon om eit tilfelle, framfor generell informasjon om fleire tilfelle som nyttast i kvantitativ analyse. Målet er å få djup kunnskap heller enn å generalisere. Som nemnt kan det vere av nytte å kombinere kvantitativ og kvalitativ for eit omfattande bilete og forståing av problemstillinga.

2.2 Val av metodar

Ut ifrå problemstillinga og delmål for å svare på ho, kjem det konkrete spørsmål fram. Desse spørsmåla legg grunnlaget for val av metode. Typen informasjon som trengs for å svare på eit spørsmål til problemstillinga er anten analysert frå regelverket, kartlagt gjennom eit litteraturstudium eller innhenta informasjon frå relevante prosjekt.

Det er fleire informasjonskjelder nytta i oppgåva, lagt opp som ein kombinasjon av kvalitativ og kvantitativ. I oppgåva er det i hovudsak kvalitative metodar som er brukt for å gje svar på problemstillinga. Der fleire tilnæringsmetodar dannar ei djup forståing, i ein relevant samanheng. Resultata er difor i form av figurar og diskursar, som nemnt i kapittelet om kvalitative metodar.

Frå tidlegare, i nemnt prosjektoppgåve, var det utført eit litteraturstudium på det overordna emnet. Teori og bakgrunn, samt nytt litteraturstudium, byggjar på dette. Framgangsmåten til metoden er lik, men utført i større omfang og detalj.

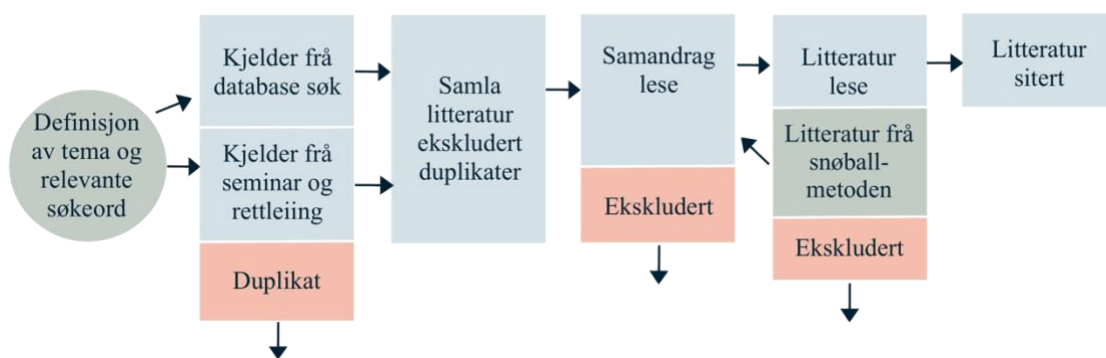
2.3 Litteraturstudium

For å kartleggje kva kunnskap som eksistera kring temaet gjerast eit litteratursøk. Systematisk søking skal sikre at tilstrekkeleg med relevante resultat vert funnet. Ved å dokumentere søk og resultat skal metoden kunne etterprøvast. Metoden gjer dermed eit godt grunnlag for vidare lesing og forskning, samtidig som at den styrkar truverdigeita til oppgåva (Folkehelseinstituttet, 2022). Det er ulike databasar som kan nyttast til søk, og som vil gje ulike resultat. Søket bør delast opp, ved å bruke få og mange ord, synonym og ulike kombinasjonar. Deretter må resultatata vurderast. Dersom for mange resultat må forkastast som irrelevant eller upålitelege, kan ein ny søkestrategi vurderast og prøve han på ny.

Ved å utføre strukturerte søk dannar det seg ei kartleggingsoversikt over eksisterande litteratur på området (Peters et al., 2015). Målet med oppgåva er å sette saman eksisterande informasjon for å oppdage hol i forskinga på det relevante temaet. Med utgangspunkt i kartlegginga leggast det fram anbefalingar for vidare arbeid.

2.3.1 Litteratursøk

Databasane som er nytta i litteratursøket har alle filterfunksjonar og les bolske operatorar. I søka er det nytta det engelske ordet «AND», som tvinger fram resultat som inneheld søkeorda på både sider av operatoren. Hermeteikn er brukt for å få resultat som inneheld eit uttrykk, og ikkje berre orda ulike stadar i teksten. Til dømes «Fire safety», som gjer resultat som har orda i akkurat den rekkefølga, og ikkje tekstar som har «safety» ein stad og «fire» ein annan. Slik er det sikra resultat som inneheld ønska uttrykk, og dermed tema. Vidare hadde databasen *Dimensions* moglegheita til å filtrere søket til «tittel og samandrag». Det gav færre, men meir relevante treff, då søkjemotoren filtrerte ut tekstar som berre nemnar søkeordet i teksten. Dei treffa som stod attende, hadde søkeorda som definisjon på tema og sentrale poeng i teksten. Metoden er illustrert i Figur 2.1.



Figur 2.1: Visualisering av filtrering av litteratur, basert på (McNamee et al., 2021).

Full oversikt over alle søkeord og databasar, samt tal på treff, er lista opp i vedlegg 8.1. Nokre søk på same ord i ulike databasar gav naturlegvis duplikat treff. Desse er ikkje lagt inn i oversikta fleire gonger. Litteratur som var lukka eller utilgjengeleg vert også luka ut i første runde.

Val av søkeord kjem av oppgåva sitt formål om å utforske korleis prosjektere rehabiliteringsprosjekt, på eit berekraftig vis. Derav har sentrale søkeord i første runde vore branntryggleik (fire safety), eksisterande bygningar (existing buildings) og rehabilitering (refurbishment / rehabilitation). Seinare var det eit ønske å utforske djupare kring heilskapleg branntryggleiksprosjektering (holistic fire safety) og ombruk av materialar (reuse). Og nye søk vert difor utført. Alle treff som vert anset som relevante ut ifrå tittel og samandrag vert samla i eit bibliotek, ved hjelp av kjedeføringsprogrammet Zotero. Her vert litteraturen undersøkt vidare, skumlesen og truverda vurdert. I neste omgang vert dei relevante tekstane lest grundigare, og i nokre tilfelle vert snøball-metoden nytta for å finne ytterlegare litteratur. Dei endelege kjeldene er vurdert ved hjelp av T-O-N-E prinsippet, skildra i neste avsnitt. Desse er altså kjeldene som er siterte og henta informasjon ifrå i oppgåva.

2.3.2 Evaluering

Kjelder som syner å vere relevante må vidare vurderast, for å leggje riktig tyngde på funn og konklusjonar. Faktorar som skal vurderast er kvar teksten er publisert, vitskapleg struktur, kvalitet på metodar nytta og litteraturlista som ligg til grunn (NTNU, 2022). T-O-N-E prinsippet er ein god hugserregel. T står for truverd, O for objektivitet, N for nøysemd og E for eigna. For å enklare vurdere og samanlikne, fekk kjeldene ein skår mellom éin og tre, innanfor T-O-N-E eigenskapane. Der éin tydar dårleg, to er middels og tre er ein god skår. Truverd vert vurdert etter forfattar sin etos og framstillinga av teksten. God skår på objektivitet fekk tekstane som hadde påstandar med godt grunnlag, og utan meiningar som verka subjektive. Nøysemd kom an på detaljgraden av undersøking, metodar og skildring. Eventuelle skrivefeil eller andre typar unøyaktigheit spelar også inn på skåren for nøysemd. Siste eigenskap var i kva for grad teksten var eigna til bruk i oppgåva. Her fekk dei som omhandla heilt samsvarande tema god skår og dei som berre hadde få innslag av relevant innhald, dårlegare skår. Alle kjelder som vert evaluert var relevante til ein viss grad. Dei med høg skår utgjer store delar av grunnlaget til oppgåva. Dei med lågare skår hadde anten nokre gode innslag eller eit par synspunkt som var verdt å diskutere.

2.4 Dokumentanalyse

For å svare på problemstillinga er det valt å samanlikne TEK17, brannkonsept i kasusstudie og spørjingane frå kartleggingsmetoden HFS. Før det kan peikast ut positive og negative effektar av HFS, må det stå i perspektiv frå utgangspunktet som er TEK17 i dei fleste tilfelle. HFS skal vere ei fleksibel ramme for prosjekteringsmoglegheiter. Analysar skal vise på kva området TEK17 eventuelt avgrensar eller ikkje legg til rette for andre løysingar.

TEK17 er tilgjengeleg i sin heilskap på nettsida til Direktoratet for byggkvalitet, inkludert VTEK. Der det mest relevante kapittelet er §11tryggleikved brann, i tillegg til §2 Dokumentasjon for oppfyljing av krav og §3 Dokumentasjon av byggevarer.

Gjennom kasusstudie var brannkonseptet tilgjengeleg for analyse, samt brannteikningar som stod i samsvar til konseptet. Malar for brannkonsept er også tilgjengeleg på nett, dei er typisk basert på TEK17 paragrafane.

2.4.1 Samanlikning

Gjennomgang av dei nemnte dokumenta var første steg, for å opprette forståing for formuleringa og samansetninga. Ein simpel metode for kryssreferering vert brukt for å samanlikne oppbygginga av dei nemnte dokumenta. Sidan brannkonseptet var basert på TEK17, var det stort sett samanlikning opp mot HFS spørjingane som var det relevante arbeidet. Metoden skal avdekkje overlappar, avvik og ulikskap mellom spørjingane i HFS og forskrifta TEK17. Formålet med å avdekkje skilnadane er å leggje fram forslag til eit oppsett som harmonera med dei norske normene.

Dei ulike kategoriane i HFS vert tildelt fargar, og spørjingane systematisk nummerering. Deretter vert kapitla og paragrafane i TEK17 som samsvara med HFS kategoriane markert med same farge. Første runde var altså fargekoding for overordna tema hjå begge dokumenta. Deretter vert dei ulike spørjingane frå HFS kategoriane splitta opp og plassert slik at dei samsvara med paragrafane i TEK17. Nokre spørjingar vart plassert ved fleire ulike paragrafar, andre paragrafar vart ståande åleine. Bokstav og talkode på HFS spørjingane gjorde fargar overflødig i det endelege dokumentet, sjølv om dei var eit godt hjelpemiddel i starten. Fargane vart dermed fjerna, som skapa eit ryddigare resultat. Eit tal i parentes bak spørjingane indikera om den gjeldande spørjinga vert plassert hjå fleire paragrafar. Dersom det ikkje står noko i parentes bak, er det einaste staden den spørjinga er plassert. Sjå utdrag frå resultatdokumentet som døme på oppsett i Tabell 2.1.

Tabell 2.1: Døme på oppsett av samanlikning, utdrag frå vedlegg 8.3

§ 11-7. Brannseksjonar	Brannseksjonar	RD.4 Forbetra brannskilje som sikrar områder i bygning med menneskje i, fram til sløkkje og redningsarbeid er utført RD.5 Forbetra brannskilje som legg til rette for å sikre materielle verdier (1)
------------------------	----------------	---

2.4.2 Evaluering

Det å kike på dei norske normene gjennom eit anna oppsett skapar eit kritisk blikk, på begge metodane. Å oppdage eventuelle hol i éin eller fleire av dokumenta er ønskeleg, då branntryggleiksgrunnlag bør dekkje alle relevante aspekt. Dokumentanalyse tvingar ei betre forståing av begge dokumenta, samt brannkonseptet frå kassustudiet. Forståinga og avdekkinga av ulikskap er grunnlaget for diskusjonen av fordelar og ulemper ved HFS. Samanlikninga ved hjelp av fargar gjor det tydelegare korleis dokumenta var bygd opp og kvar dei hadde sine tyngder. Fargane fekk fram ujamne fordelingar og tabellformatet fekk fram manglande postar.

TEK17 og HFS grunnlaget er lagt fram i vedlegg 8.3, og kjelder kan ettersjekkast for reliabilitet. Metoden for samanlikning er mindre nøyaktig, då mykje er opp til brukar sine vurderingar og tolkingar. Språklege misforståingar og eventuelt manglande kunnskap kring moglege løysingar kan vere feilkjelder til ukorrekte tolkingar.

2.5 Dokumentutvikling

Programmet Excel er nyttig for å summe opp tal, kalkulasjonar og visuell framstilling av data. Ettersom ein del av HFS kartlegginga som skal prøvast ut i oppgåva var eit radar-diagram basert på datasett, var det naturleg å nytte Excel. Målet er å effektivisere og gjere tilgjengeleg. HFS metoden vert betre forklart i teorikapittelet 3.3.3. Input av reelle verdiar og verdi for basis, vert fylt inn av brukar og summert, sjå Figur 2.2. Deretter kan brukar vel vekt av ulike kategoriar ved å bruke vekt-knappar, som fordelar og gangar opp verdiane med valt vektal, sjå Figur 2.3.

	B	C	D	E	F	G
13						
14			Reell	Basis	Maksimalt	Forklaring
15			=SUMMER(D17:D60)	=SUMMER(E17:E60)	=SUMMER(F17:F60)	
16	TK	Tenningskjelder				
17		Administrerte, enkle, dokumenterte kontrollar	x	x	5	
18		Jamleg testing av elektriske system	x	x	5	
19		Avgrensing av tenningskjelder til egne rom/areal	x	x	10	
20		Spesialiserte metodar for kontroll av / kring tenningskjelder	x	x	5	
21	BM	Brennbare materialar				
22		Administrerte, enkle, dokumenterte kontrollar	x	x	5	
23		Streng kontroll på spesifikasjonar av ledning, innvendig og utvendig	4	4	5	
24		Streng kontroll på spesifikasjonar av teknisk utstyr og lys	x	x	5	
25		Regulert mengde, storleik og plassering av brennbare materialar i fellesareal	x	x	5	
26		Areal utan brennbare materialar i rømningsveggar / Areal med brennbare materialar er kontrollerte og avgrensa	x	x	5	

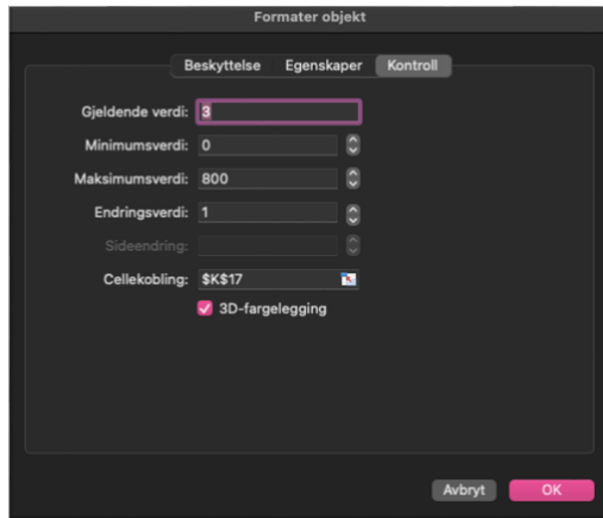
Figur 2.2: Skjermdump frå 8.4. Utdrag frå spørjingane og korleis skårane summerast.

H	I	J	K	L	M	N	O	P
Total reell	Total Basis	Maksimalt	Vekting		Vekt		PM a	PM b
=SUMMER(H17:H60)	=SUMMER(I17:I60)				=SUMMER(M17:M60)		=SUMMER(O17:O60)	=SUMMER(P17:P60)
					=K17*0,005		=H17*N17	=I17*N17
=SUMMER(D17:D20)	=SUMMER(E17:E20)	=SUMMER(F17:F20)	3		=M17/SMS15			
					=K22*0,005		=H22*N22	=I22*N22
=SUMMER(D22:D26)	=SUMMER(E22:E26)	=SUMMER(F22:F26)	1					

Figur 2.3: Skjermdump frå 8.4. Synar korleis vekta og endelege summer er kalkulert.

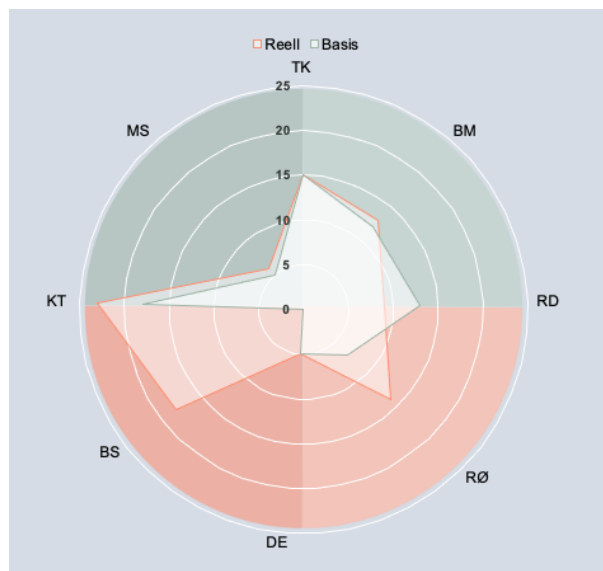
Excel arket er utvikla med tanke på brukaren, som ein mal og forslag til enklare bruk av HFS. Det er lagt inn notat som forklarar kva dei ulike verdiane tydar og korleis brukaren skal nytte arket. Arket står saman med forklarande tekst i oppgåva og vedlegg. Gjennom kasusstudie er arket testa ut. Testing var ein sentral del av utviklinga av arket, for både å avdekkje feil og for å effektiviserer bruk.

Knappane justera ei celle, og kan berre ha endringsverdi lik éin, sjå Figur 2.4. Cellene som knappane kontrollarar er deretter multiplisert med ein faktor på 0,005. Talet 0,005 er valt slik at relevante vektstal, som vist i døme i original bruk, kan nåast. Ulike døme på vektfordeling synast i Tabell 4.1, i resultatkapittelet.



Figur 2.4: Skjermdump frå 8.4, formatering av vekt-knappane

Radardiagrammet kjem av resultatatalet frå dei åtte kategoriene, sjå Figur 2.5. Og er henta frå Bryant sin metode og artikkel (Brzezińska et al., 2019; Brzezińska & Bryant, 2020). Fargane og kategoriene er forklart i teorikapittelet 3.3.3.



Figur 2.5: Skjermdump frå 8.4. Radardiagram.

2.5.1 Evaluering

Store delar av arket skal vere låst for å minimere brukarfeil, men er utan passord. Cellene som er opne er dei brukaren skal fylle ut med eigne tal og knappane for å justere vekt. Diskusjonen kring metoden sin validitet er teken i diskusjonskappitlet i slutten av oppgåva. Utviklinga av arket er direkte basert på omsetjing og tolking gjort i oppgåva, og kan justerast etter korrekturar eller andre formål. Formlar og oppsett er vist her, og dokument er lagt ved oppgåva slik at bruken opp mot resultat kan ettertestast.

2.6 Kasusstudie

Kartleggingsmetoden HFS kan nyttast til å visualisere sikkerheitsstrategien til byggverk. I dokumentanalysen vert metoden omset til norsk, samanlikna overordna med TEK17 og overført til eit automatisert Excel dokument. Ein del av utviklinga av arket og omsetjingane vert enklare utført gjennom prøving av eit prosjekt. Kasusstudie vert ein test på å nytte Excel arket som ein direkte kartlegging av eit brannkonsept etter nasjonale retningslinjer.

Ekstern rettleiar innleia kontakt med ulike rehabiliteringsprosjekt, der både ny brannstrategi og ombruk var relevante tema. Slik vert prosjektet relevant for begge målsettingane i oppgåva. Kommunikasjon med kontaktperson for prosjektet har gått føre seg over e-post. Tilgjengelege dokument var brannkonsept og brannteikningar, sjå oppsummering i Tabell 2.2. I tillegg har rehabiliteringsarbeidet vore dokumentert av utbyggjar, arkitekt og eigar på nett (Alfa Eiendom, 2021; Festiviteten, 2021; MAD arkitekter, 2021). Sidan eigendomen vert lyst ut til sal frå kommunen eksistera det offentleg dokumentasjon på historie, ombyggingsplanar, rapport frå NIKU og verdivurdering (Larvik kommune, 2022). Prosjektet var også omtala på seminar hjå Riksantikvaren i april 2023 (Riksantikvaren, 2023). Festiviteten har også fått tildelt DOGA-merket for verdiskapande ombruk og vern (DOGA, u.å.).

2.6.1 Gjenbrukshuset Festiviteten, Larvik

Brannkonseptet nytta i oppgåva er utarbeida i samanheng med innvendig ombygging av Festiviteten. Lokalet har lang historie i Larvik, men har lenge vert trua med riving grunna mangel på vedlikehald (Festiviteten, 2021; Riksantikvaren, 2023). Bygget vart oppført på 1700-talet som ein kjøpmannsgard, men har vore bygd om fleire gonger i ettertid. Bygget har preg av både nygotisk og sveitserbyggstil. Siste store ombygging var etter krigen, før det stengte på 90 talet grunna slitasje. Fleire gonger har byggverket vore vedtatt revet, men aldri sett i gang. Til slutt selte kommunen eigendommen for ein symbolsk sum, med ein intensjonsavtale om at det skulle oppgraderast og tilbakeførast i stor grad. Ønske var at det skulle bli restaurant, selskapslokale og kontor, som alt skulle stå ferdig til Larvik sitt 350 års jubileum.

Arbeidet med å fjerne råte og hussopp frå dei mange lag med ombyggingar, måtte altså skje på eit års tid (Festiviteten, 2021; Riksantikvaren, 2023). Bygget er i grunnen todelt, ein del murbygg og ein del trebygg. Teatersalen og tilsvarande sonar skulle tilbakeførast på antikvarisk vis, medan andre sonar som skulle ha ny bruk fekk ein tilnæringsstrategi på rehabiliteringa. Dei største utfordringane var å lage ei fungerande planløsning til dei nye bruksområde som tok omsyn til universell utforming og krav frå arbeidstilsynet om lys og dagslys på arbeidsplass, samt toalett per person. Vidare var teknisk ombygging og energioppgradering utfordrande. Nokre krav søkte prosjekterande fråvik frå og fekk godkjent, andre ikkje. Det medførte at det måtte settast inn takvindauger for å sikre nok dagslys i 3. etasje mellom anna. Det fantes allereie holrom i bygget, desse vart nytta til tekniske føringar. Andre tekniske installasjonar vert integrert i bygget etter beste evne.

Tabell 2.2: Oppsummering av brannkonsept

Informasjon	Detaljar
	Areal [m ²] Risikoklasse Brannklasse Personlast
Kjeller	180 2 3 Sporadisk
1. etasje	550 2 og 5 3 <150
2. etasje	550 2 og 5 3 <300
3. etasje	330 2 3 <50
Bygningsbrannklasse (BF85)	Over to etasjer -> BKL 1
Bruksområde	Kontor (1. etasje + 2. etasje + 3. etasje) Selskapslokale + servering (1. etasje + 2. etasje)
Aktive tiltak	Brannalarmanlegg (kategori 2, ref HENVIS) Heildekkande sløkkeanlegg (NS-EN 12845) Naudlys og leiingssystem (Høgtsittande)
Passive tiltak	Brannceller (teknisk rom og trappeløp) Brannvegg (mot nabobygg) Rømmingsvegar (3 stykk)
Rømningsstrategi	Kjeller: Internttrapp 1. etasje: Ut til det fri 2. etasje: To trapperom Tr1 + To internttrapper 2. etasje: To trapperom Tr1??
Brannenergi	Kontor: 511 MJ/m ² (Byggforsk) Kino/Teater: 365 MJ/m ² - vurdert samanliknbart med forsamlingslokale av RIBr <400 MJ/ m ² omhyllingsflate
Brann- og eksplosjonsfarleg vare	Ingen
Spesiell risiko	Ingen
Brann og redningsvesen	Brannstasjon 3,3 km unna Festiviteten <10 minutt utrykkingstid

2.6.2 Evaluering

Festiviteten er av stor relevans for oppgåva, men er også i nyhendebilete og relevant som forbildeprosjekt for arkitektar og utbyggjarar. Ulike bruksområdet, ulike konstruksjonsmateriala og verneverdige aspekt skapar eit komplekst branntryggleiksbilete. Dermed hadde prosjektet fråvik og spesielle omstende som gjorde det interessant å kartleggje strategien gjennom HFS. Som nemnt var kartlegginga av kasusstudiet essensiell i utviklinga av HFS malen. Til dømes var det ikkje intuitivt korleis fasadesprinklaranlegget skulle gje utteljing som ein del av branntryggleiksstrategien, det fekk fram nauda for andre formuleringar og ideen om ekstra spørjingar. Prosjektet hadde fokus på ombruk, som også passa inn i oppgåva.

Sidan prosjekter allereie er gjennomført og kjeldene kjem frå ulike aktørar involverte i prosjektet, er dei mogleg å validera. Sidan prosjektet var i kommunalt eige, eksistera det offentlege planteikningar og prosjektet er godt dokumentert. Når det er sagt, kjem det fram i erfaringar frå ombruksprosjekt at omdømme ofte er ein sentral motivasjon for aktørar til å utføre prosjekt med fokus på ombruk og berekraftige aktivitetar. Utan konkret rapportering på ombruksgrad eller liknande, er det ikkje nok grunnlag til å seie noko om effekten av ombruk her.

Kvart byggeprosjekt er unikt og det er vanskeleg å dra generelle konklusjonar frå eit enkelt prosjekt. Somme utfordringar og læringspunkt er gjentakande på fleire prosjekt, men det er ikkje grunnlag til å dra slike slutningar ut ifrå eit kvalitativt studium. Det som derimot kan leggjast opp mot litteraturstudiet sine funn, frå erfaringar og andre kvantitative studium, kan vere generelle funn.

2.7 Ombruk av prosjektoppgåve

Forskningsarbeid gjort i forkant gjennom litteraturstudium hausten 2022, ligg til grunn for fleire delar av arbeidet i oppgåva (Haukås, 2022). Stoffet har gjennomgått endringar, det er tilføra og lagt til oppdatert informasjon. Punkt som er gjenbruka i ulik grad er kapittel om metodikk om litteraturstudium. Samt teori om berekraft, generell brannteknikk, regelverk og adaptiv ombruk. Det var eit læringsmål å nytte hausten til å gjere seg kjent med tematikken og finne vidare arbeid til masteroppgåva.

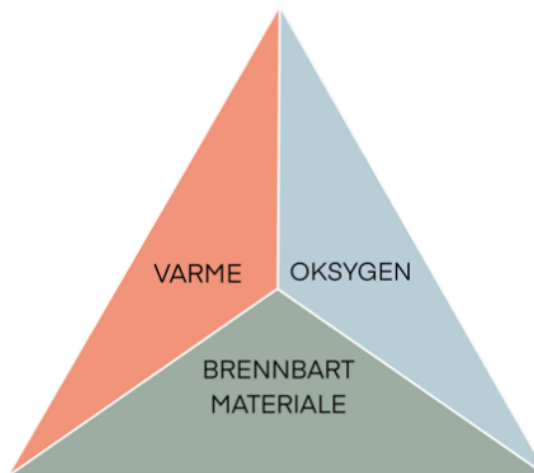
3 Teori

3.1 Brannutvikling i byggverk

3.1.1 Generelt

For å forstå korleis ein førebyggjar brann og redusera skadeomfang, må forståing for korleis brann oppstår og korleis ein brann i ei bygning går føre seg, liggje til grunn. I tillegg til forståing av kjemi, fysikk og materialar sin oppførsel har statistikk og rapportar frå tidlegare hendingar vore essensielt for utviklinga av branntryggleikstiltak opp gjennom tida.

Brannar må innehalde eit brennbart materiale, i anten fast, flytande eller i gass form (Drysdale, 2022). Brennbare materialar er eit breitt omgrep og gjeld alt som under riktige omgivningar vil brenne, reagere med oksygen, danne nye produkt og gje frå seg varme. Reaksjonen er typisk sett i gang ved høg nok temperatur, kva som er høg nok temperatur avheng av kva for materialet det er snakk om. Oksygen, varme og brennbart materiale er altså dei tre elementa som må vera til stades for at ein brann skal starte og oppretthaldast, jamfør branntrekanten i Figur 3.1.



Figur 3.1: Branntrekant

Flammar oppstår når gassar brenn og oksidera (Drysdale, 2022). Dersom flammar frå flytande eller faste materialar synast, er dei først omdanna til gass. Flytande materialar vil koke og dermed fordampe. Materialar i fast form derimot, må gjennomgå ein form for pyrolyse-prosess, det krev meir energi enn å fordampe. Prosessen går føre seg ulikt, etter kva kjemisk oppbygning materialet har. Pyrolyse er definert som kjemisk spalting av eit stoff som er under påverknad av varme, og prosessen er irreversibel (KBT, 2013). For treverk, som er aktuelt å sjå på, skjer det både ein fordampingsprosess og ein nedbryting av kjemisk komposisjon. Det skapar flammar og forkol. Medan andre, plastiske materialar typisk, går gjennom ein forlenga prosess der dei er innom flytande form, før dei når gassform.

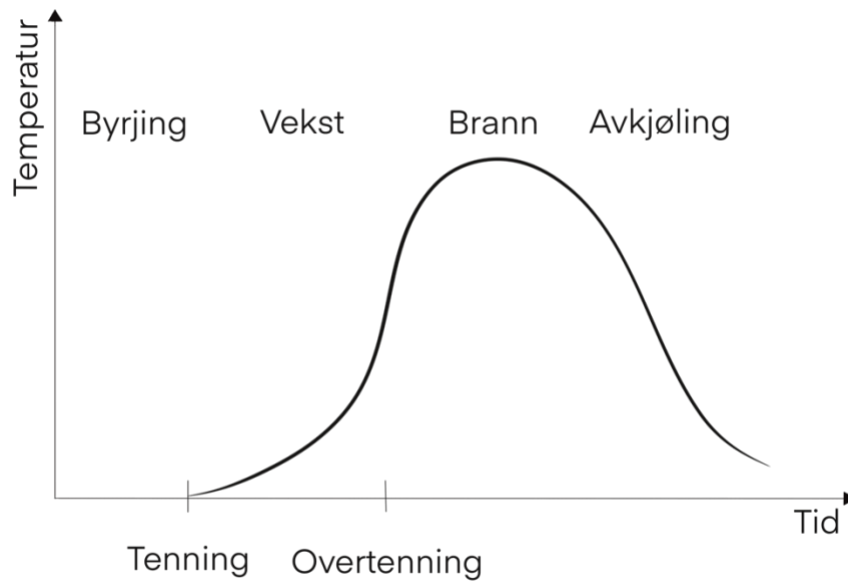
Når eit materiale tek fyr, har det skjedd ei form for tenning. Det er anten ei spontan sjølvtenning (*auto ignition*) eller tenning med hjelp av ei tennkjelde (*pilot ignition*) (Drysdale, 2022). Sjølvtenning oppstår når materialet er varma opp til sin sjølvtenningstemperatur (Friquin, 2022). Medan ein gnist eller ekstern flamme kan vere tennkjelder til manuell tenning. Tenning er altså byrjinga av forbrenningsprosessen. I Noreg er oppstår flest brannar i bustadar, kvar dei vanlegaste kjente årsakene er elektrisk årsak, open eld og brukarfeil (Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, 2022).

Som nemnt må oksygen, varme og eit brennbart materiale vere til stades for å oppretthalde ein brann. Når brann skal sløkkjast, brukast kunnskapen om desse prinsippa til å bryte prosessen. Å fjerne ei side av branntrekanten er i prinsippet det same som å sløkkje brannen. Dermed er det tre grunnleggjande sløkkjestrategiar: Kjøle ned, fjerne oksygen og fjerne brennbart materiale.

3.1.2 Brannforlaup i byggverk

Den vanlegaste årsaka til brannforlaup i bustadar er komfyrbrann, 44% av brannvesenet sine uttrykkingar i 2019 var grunna brannar og branntilløp på komfyr i bustadar (Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, 2019).

Av Figur 3.2 synast forlaupet av brannutvikling i eit rom, frå tenning til den døyr ut (H. Buchanan & K. Abu, 2017). Når brannen er overtent har han nådd eit kritisk punkt i utviklinga, kvar brannen omfattar alle overflatar. Det krev tilstrekkeleg oksygentilførsel og brennbare materialar, utan det vil brannen døyr ut tidlegare. I vekstperioden er brannen typisk avgrensa av mengda materialar, etter han er overtent er det luft eller oksygentilførselen som styrar utviklinga og til sist er det gjenværande brennbare materialar som avgjer kor lang tid det tek før brannen døyr ut.



Figur 3.2: Temperaturutvikling gjennom eit brannforlaup, omset frå (H. Buchanan & K. Abu, 2017)

Vatn er eit gunstig sløkkjemiddel. Det kan både kjøle ned, blautleggje materialar og ta opp plassen til oksygen i lufta (Steen-Hansen, 2022). Det er altså mogleg å nytte vatn til å ha ein effekt på alle sider av branntrekanten. Vatn er eit tilgjengeleg og rimeleg materiale, som heller ikkje er giftig for menneskje eller miljø. Ulemper med vatn brukt til sløkking er at det kan skape vasskadar i trebygningar, samt føre til uønskt korrosjon på metall. I kalde delar av året kan det også vere problematisk at vatn frys ved minusgradar. Vidare kan skum, inertgassar, CO₂ eller andre kjemikaliar nyttast. Dei kan vere effektive sløkkjemiddel men er ofte knytt til miljøforureining. Nyare teknologiar nyttar vasståke som sløkkjemiddel, det har fleire av fordelane til vatn, utan at det krev like stor mengde (Liaøy et al., 2022). Derav blir heller ikkje vasskadar eit like stort problem, som det kan bli ved konvensjonell sløkking med vatn.

3.2 Regelverk

Branntryggleik i eit samfunn er gjensidig avhengig av alle innbyggjarar. Difor er brannførebyggjande tiltak vedtatt i lovverket. Dei aktuelle lovene er plan- og bygningsloven og brann- og eksplosjonsvernloven. Desse legg til rette for førebygging av brann og skal hindre spreing av brann. Saman med lovene er det obligatorisk å følgje forskrifter. Desse er ofte baserte på lovene. Vidare finst det rettleiing og standardar som er nyttige, men ikkje obligatoriske. Sistnemnte gjev preaksepterte ytingar og viser til anerkjende metodar å byggje på. I tillegg kan prosjekterande støtte seg på ein del litteratur, frå forskingsinstitutt eller produsentar, til dømes. Oppbygninga er illustrert i Figur 3.3. Sjå også oppsummering av relevante dokument i Tabell 3.1.



Figur 3.3: Hierarki av regelverket

Lovane og forskriftene som er relevant i prosjekterings- og byggjefasen er plan og bygningslova, Byggesaksforskrifta (SAK10), Teknisk forskrift (TEK17), samt rettleiingar (SINTEF Byggforsk, 2008, 2021a, 2021b). I bruksfasen er det internkontrollforskrifta, brann- og eksplosjonslova, forskrift om brannforebygging, forskrift om organisering av brannvesenet og rettleiingar som styrar. Det er kritisk at føresetnadar og informasjon vert overført frå prosjekteringsfasen over til bruksfasen. Informasjonsflyten legg også grunnlag for ombruksmoglegheitane seinare.

3.2.1 Lovar

Plan- og bygningsloven avgjer regulering og bruk av areal i landet. Loven gjev blant anna krav om risiko- og sårbarheits-analyse av utbyggingsareal, den seier noko om ansvarsrett i byggesaker, krav til produkt brukt i bygningar og krav til tiltak på eksisterande bygg. Brann- og eksplosjonsvernloven har formål å verne om viktige verdiar i samfunnet. Brann, eksplosjon og andre liknande ulykker er ein risiko for liv og helse. Det er også materielle verdiar og miljø me vil verne om, essensiell infrastruktur eller kulturminne til dømes. Kulturminnelova understrekar det nasjonale ansvaret om å ta vare på vår kulturarv og identitet, for å sikre framtidig forståing og virke.

3.2.2 Forskrifter

Teknisk forskrift basera seg på norsk lov og sett minimumskrav til bygningar (Direktoratet for byggkvalitet, 2017b). Forskrifta tek for seg alle aspekt av ein bygge- og prosjekteringssak. Det er hyppig vist til standardar og Byggforskserien i forskrifta. Forskrift om byggesak basera seg også på norsk lov om byggesak, hovudsakeleg pbl (Direktoratet for byggkvalitet, 2011). Forskrifta legg føring for praktisering av lovane innanfor saksbehandling, kvalitetssikring og liknande.

Forskrift om brannforebygging skal som namnet tilseier, forebygge brannar gjennom tiltak med ansvarsfordeling (Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, 2016; Lovdata, 2016). Den bidreg også til minimering av konsekvensar av brann. Brann- og redningsvesenforskrifta sett krav til kommunale tiltak for brann- og redningsteneste. Krava går på utrusting, kompetanse og meldemoglegheit.

Internkontrollforskrifta skal mellom anna førebyggje uønskte hendinga, samt ulykker knytt til normal aktivitet (Arbeids- og inkluderingsdepartementet, 2017). Forskrifta gjeld for fleire typar arbeid, mellom anna dei som er under lov om tilsyn med elektriske anlegg og elektrisk utstyr og brann- og eksplosjonslova. Ansvaret for at internkontroll kan typisk ligge hjå arbeidsgivar, leinga, produsent eller eigar. Forskrifta pliktar at kontrollen vert gjennomgått og følgt opp, samt revidert ved jamne mellomrom. Internkontrollen må inkludere alle gjeldande lovar, til dømes sikkerheitskrav frå brann- og eksplosjonsloven, slik at all sikkerheitstiltak vert følgt opp.

Ei anna relevant forskrift omhandlar kjøp, sal og skildring av materialar, nemleg Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK) (Direktoratet for byggkvalitet, 2016).

3.2.3 Rettleiing til forskrifter

Veiledning til teknisk forskrift (VTEK) rettleiar lesarane til å tolke forskrifta. Rettleiinga har gjerne fleire døme, utfyllande tekst, tall og tabellar. Byggforskserien er basert på TEK, den viser døme og anbefalingar til utføring (SINTEF, 2018). Byggforsk er gyldig som dokumentasjon og underlag i byggesaker, og innhaldet er basert på forskning, teknisk godkjenning og erfaringar frå SINTEF. Serien inneheld blader med anbefalingar innan planlegging, byggdetaljar og byggforvaltning.

3.2.4 Norske og internasjonale standardar

Det er samanheng mellom regelverk og standardar (Standard Norge, 2021). En standard skal gi felles grunnlag for prøving, sertifisering og gi retningslinjer for krav til varar og tenester. Den internasjonale organisasjonen for standardisering står bak ISO-standardar, der dei vanlegaste også er gitt ut som Norsk Standard, med nemninga NS-ISO. Vidare er Norge ein del av den europeiske standardiseringsorganisasjonen CEN, dermed følgjer landet alle europeiske standardar, med nemninga NS-EN. Dei fleste standardar er utvikla internasjonalt og fastsett som europeisk standard, altså NS-EN ISO standardar. Norsk Elektronisk Komité har sine egne standardar, med nemninga NEK. Alle standardar og forskrifter som har vore relevant i arbeidet med oppgåva er lista i Tabell 3.1.

Tabell 3.1: Oppsummering av regelverk og standardar

Litteratur	Kommentar
TEK17 – Byggeteknisk forskrift med veiledning	
SAK10 – Forskrift om byggesak med veiledning	
NEK – Norsk Elektroteknisk komité	
DOK – Forskrift om dokumentasjon av byggevarer	
Internkontrollforskrift	
Forskrift om brannforebygging med veiledning	
Brann- og redningsvesenforskrift	
ISO 16732-1:2012 Fire safety engineering – Fire risk assessment	
NS 3901: 2012: NS 3901: Requirements for risk assessment of fire in construction works	
NS 3424 Tilstandsanalyse av byggverk - Innhold og gjennomføring	Metodikk for tilstandsanalyse
SN-INSTA/TS 950:2014: Fire Safety Engineering. Comparative method to verify fire safety design in buildings.	
SN-INSTA/TR 951:2019: Fire Safety Engineering - Guide for Probabilistic Analysis for Verifying Fire Safety Design in Buildings	
NS-EN 1991-1-2:2002+NA Eurocode 1: Actions on structures	
NS-EN 1995-1-2:2004+NA Eurocode 5: Design of timber structures	
NS-EN 16096 Fredete og verneverdige byggverk	
NS-EN 17840:2023 Performance and condition assessment	Tilstandsanalyse
NS-EN 13501-1:2018 Brannklassifisering av byggevarer og bygningsdeler. Del 1: Klassifisering ved bruk av resultater fra prøving av materialers egenskaper ved brannpåvirkning.	Klassifisering
NS-EN 13501-5:2016 Brannklassifisering av byggevarer og bygningsdeler - Del 5: Klassifisering ved bruk av resultater fra prøving av tak utsatt for utvendig branneksplosjon	Klassifisering

Litteratur	Kommentar
NS-EN 13501-6:2018 Brannklassifisering av byggevarer og bygningsdeler - Del 6: Klassifisering av elektriske kabler basert på prøvning av brannpåvirkning	Klassifisering
NS-EN 13501-2:2016 Brannklassifisering av byggevarer og bygningsdeler. Del 1: Klassifisering ved bruk av resultater fra brannmotstandsprøving, unntatt ventilasjonssystemer.	Klassifisering
NS-EN 13501-3:2005+A1:2009 Brannklassifisering av byggevarer og bygningsdeler - Del 3: Klassifisering ved bruk av resultater fra brannmotstandsprøving av produkter og deler brukt i ventilasjonsanlegg: kanaler og spjeld med brannmotstand	Klassifisering
NS-EN 13501-4:2016 Brannklassifisering av byggevarer og bygningsdeler - Del 4: Klassifisering ved bruk av data fra brannmotstandsprøving av komponenter i røykkontrollsystemer	Klassifisering
NEK 405-3 Kontroll av elektriske anlegg	
NS 3600 Teknisk tilstandsanalyse ved omsetning av bolig	
Prøving av ombrukt tre – terminologi, tilvirking av materialet og generelle regler	Sirkulærøkonomi av tre og evaluering av returtre
Prøving av ombrukt tre – Del 2: Rehnhet – Innhold av jord, maling og metaller	
Prøving av ombrukt tre – Del 3: Renhet – Innhold av farlige stoffer	
Prøving av ombrukt tre – Del 4: Styrkesortering	
Prøving av ombrukt tre – Del 5: Geometriske mål og retthet	
NS 3467:2023 Steg og leveranser i byggverkets livsløp	
FprEN 17680 Evaluation of the potential for sustainable refurbishment of buildings	På høyring

3.2.5 Klassifisering

Klassifisering av bygningsdeler er nøye standardisert, for å skape tydelige retningslinjer. Rangering av materialer etter reaksjon med brann og egenskaper er essensiell i brannteknisk prosjektering av bygninger. TEK17 sine rettleiingar er basert på ytingar etter risiko og brannklasse. Fleire av desse ytingane er direkte klassifisering av materialar nytta i ulike bygningsdeler og areal.

Dokumentasjon av brannmotstand rapporterast i yting og minutt (Direktoratet for byggkvalitet, 2017a). Det er hovudsakeleg bereevne, integritet og isolasjonsevne som testast og dokumenterast. Desse ytingane forkortast høvesvis som R, E og I. Deretter eit tal som fortel kor lenge komponenten kan oppretthalde sin brannmotstand. Talet skrivast i minutt, typiske verdiar er 30, 60, 90 og 120. Ulike typar materialar er merka med noko forskjellige kodar, dei ulike typane er lista i Tabell 3.2.

Materialar sine eigenskapar ved brann klassifiserast gjennom tre kategoriar (Direktoratet for byggkvalitet, 2017a). Først er bidraget til overtente forhold, deretter evna til røykutvikling og til sist evna til utvikling av brennande dropar. Desse markerast med bokstavar og tal. Første kategori har følgjande rangering A1, A2, B, C, D, E og F kvar A1 tydar null bidrag og andre enden av skalaen tydar større og større bidrag til overtent rom. For røykutvikling er det tre moglege klassifiseringar, r1 for lite bidrag, r2 utviklar noko røyk og r3 er utan avgrensing. Liknande klassifiserast brennande dropar og partiklar, d0 for ingen dropar, d1 for noko utvikling og d2 for produkt utan avgrensing.

Trapperom er delt opp i tre kategoriar, Tr1, Tr2 og Tr3. Kvar Tr1 er trapp i trapperom som er branncelle, med varierende brannmotstand etter brannklasse på bygget. Tr2 skil seg frå Tr1 med å grense til ein korridor, som deretter går til nye brannceller, det er altså to dører frå opphaldsrom til trapp. Ved Tr3 er det opp til tre dører frå branncelle til trapperom.

Tabell 3.2: Døme på klassifisering av ulike bygningsdelar

Bygningsdel	Europeisk klassifisering	
	Brannmotstand	Brannpåverknad
Materialar		A2-s1,d0
Overflatar på vegger og himling		
Golvbelegg		Dfl-s1
Taktekking		B _{ROOF} (t2)
Rør og kanalisolasjon		A2 _L -s1,d0
Sandwichelement		B-s1,d0
Kledning	K ₂ 10	A2-s1,d0
Bærande bygningsdelar	R30	
Berande ikkje-brennbare bygningsdelar	R60	A2-s1,d0
Dører - sjølvluukkande	EI ₂ 60-C	
Dører, luker som er røyktette	EI ₂ 60-S _a	

3.3 Brannprosjektering

Uønskt brannar i bueiningar og bybrannar var årsaka til at prosjektering av branntryggleik vert naudsynt i samfunnet. Det byrja med eit anna fokus på byplanlegging, konstruksjonssikkerheit og materialval på bæresystem, og fasadar. Dei siste tiåra har feltet utvikla seg, omfanget har auka og det handlar om meir enn berre materialval.

3.3.1 Tiltak for branntryggleik

Tiltak setjast i verk for å oppretthalde tryggleiken som er ønska eller kravd, i eit bygg (Steen-Hansen, 2022). Dei skal skape meir tid til evakuering ved brann, eller redusere tida det tek å evakuere bygget. Tiltaka grupperast typisk inn i tekniske og organisatoriske tiltak.

Tekniske tiltak kan vere såkalla aktive tiltak, som settast i gang når ein brann har oppstått, eller passive tiltak som er ein del av bygget i seg sjølve. Døme på aktive tiltak er brann- og røykvarsling, sprinkleranlegg og røykventilasjon eller barrierar. Passive tiltak vert innført i prosjekteringa av bygget og kan til dømes vere korte og effektive rømningsvegar, leielys og markeringar, materialval i konstruksjon og overflatar.

Organisatoriske tiltak går føre seg i bruksfasen av bygget og handlar om menneske sin beredskap, ikkje byggverket. Kunnskap om rømningsvegar, ansvarsfordeling, vedlikehaldsrutinar og brannøvingar er tiltak som kan forberede menneske på ein eventuell evakuering- og sløkkje situasjon.

3.3.2 Metodar

3.3.2.1 Normert prosjektering

Byggverk plasserast i ulike risiko- og brannklasser, etter rettleiing til TEK17 (Direktoratet for byggkvalitet, 2017a). Klassane sett dermed krav til yting for dei ulike bygningskomponentane og legg grunnlaget for branntryggleiksprosjekteringa. Risikoklasser går frå 1 til 6, dei baserer seg på karakteristikken til gjestane i bygget. Brannklassane går frå 1 til 4, og baserer seg på risikoklassen og teljande etasjar i bygget, altså handlar brannklasse meir om karakteristikken til byggverket.

Større bygg må ofte delast i seksjonar, og sett dermed krav til separerande bygningsdelar. Rom og bueiningar deles typisk opp i brannceller, medan større deler av bygg vert fastsette som eigne brannseksjonar (SINTEF Byggforsk, 2005). Bueiningar må minimum vere eigen branncelle, dersom det er mange bueiningar i same bygg kan det vere naudsynt å dele i seksjonar med brannceller. Sistnemnte krav kjem an på tida det tek brann- og redningstenesta å nå fram.

3.3.2.2 Preaksepterte ytingar

Forenkla brannteknisk prosjektering følger dei preaksepterte ytingane i teknisk forskrift (Direktoratet for byggkvalitet, 2017b). Desse gjeld for byggverk inntil brannklasse 4, altså 1, 2 og 3, samt for byggverk med maksimalt 16 etasjar. For brannklasse 4, meir komplekse bygningar kan ikkje dei preaksepterte ytingane nyttast. Avvik frå desse må dokumenterast, og alternative løysingar må gje minimum like god yting som den preaksepterte. Ytingane er skildra i rettleiinga til teknisk forskrift. Det er både konkrete tal på avstandar og lengder, men også kodar for brannmotstand, som vist i Tabell 3.2. Andre ytingar er berre skildringar av oppførsel på materialar eller element, eller vilkår.

3.3.2.3 Ytingsbasert brannprosjektering

I komplekse bygg er det ytingsbasert design som er den mest brukte metoden for prosjektering av branntryggleik (H. Buchanan & K. Abu, 2017). Metoden basera seg på ytingskrav for ein komponent eller bygning, i staden for samansett standardiserte design. Med eit mål om sikkerheit, leggast det opp til funksjonskrav som skal ivareta alle mål for branntryggleik. Funksjonskrava krev igjen ei viss yting ifrå materialar og komponentar. Desse ytingane er anten preaksepterte løysingar, rekna ut ved hjelp av godkjente reknemetodar eller eit alternativ design, skreddarsydd for å tilfredsstille dei aktuelle måla.

Sistnemnte nyttas gjerne for å forsvare avvik frå preaksepterte løysningar. Spesielle omstende, økonomi eller auka tryggleik kan vere drivkrafta for å vike frå preaksepterte løysing. For å snu fokuset mot sikkerheit for liv, samstundes nytte innovative løysingar og prosjektere komplekse byggverk er det nødvendig å bruke ytingsbasert design (Wittasek, 2022). Ved korrekt bruk av ingeniør-metodar framfor standardløysingar, er det mogleg å oppnå ønska arkitektur, berekraft og økonomi i tillegg til branntryggleik (Rini et al., 2011).

For å styrke kalkulasjonar og forslag til branntryggleikstiltak kan CFD (Computational fluid dynamics) modellar med ulike simuleringar, samt FEA (Finite element analysis) nyttast. Desse metodane krev kompetanse og erfaring. Men brukt riktig kan dei understøtte hypotesar og gje ei djupare forståing av korleis brannscenario kan gå føre seg. Og i alt styrkar det ytingsbasert prosjektering ved meir realistisk tilnærming, og dannar grunnlag til meir effektive og nyttige sikkerheitstiltak.

Prosjektering av bygningar med ny teknologi, til dømes plusshus, kan ha innverknad på utviklinga av brann, evakuering og kva som er effektiv sløkking (Mikalsen et al., 2019). Bransjen opplev at regelverket og rettleiingar ikkje held tritt med utviklinga av nye produkt og ønskjer. Det er utfordringa med å plassere ansvar for prosjektering og koordinering av fag, ved bruk av nye løysingar. Til dømes solceller og batterilagring av straum produsert av solceller, har ikkje standardiserte testmetodar men nyttast både på og integrert i bygningar i dag.

Fordelane som kjem med moderne teknologi er til dømes smarte styringssystem, som kan skru av straumuttak før det oppstår kortslutning eller brann i komponentar (Enova, 2022; Olsson & Göras, 2018). Det vil vere gunstig å kunne utnytte straum utanfor typisk driftstid, både økonomisk for brukar og for straumnettets sin kapasitet. Det er frårådd å la maskinar vere i drift om natta, sidan ein eventuell brann vil få større konsekvensar dersom bebuarane søv og dermed er ubevisste. Smarte styringssystem eller stikkontaktar med timer, vil kunne redusere risikoen for slike uheldige situasjonar.

Henta frå Byggforskserien er Tabell 3.3 som visar korleis ulike tema innan brannteknisk prosjektering kategoriserast. Byggforskserien er basert på det nasjonale regelverket, og er utvikla av SINTEF.

Tabell 3.3: Inndeling av branntryggleik i TEK17 (SINTEF Byggforsk, u.å.-b)

Tema	Underkapittel
Brannforlaup	a – Tenning b – Eksplosjon c – Utvikling av brann d – Spreiing av brann e – Strukturell kollaps f – Spreiing til nabobygning
Rømming og redning	g – Deteksjon og varslings h – Reaksjon i – Forfløtting til sikkert sted j – Assistert evakuering
Verdiar	k – Menneskje l – Dyr m – Økonomiske verdiar (bygningen og bygningens innhald) n – Kulturhistoriske verdiar o – Miljøskadar p – Samfunnsfunksjon
Tilrettelegging og tryggleik for sløkjemannskap	q – Innsatstid r – Tilrettelegging rundt bygningen s – Tilrettelegging i bygningen t – Annet teknisk utstyr for sløkjeinnsats u – Bemanning og kompetanse

3.3.2.4 Risikoanalyse

Risikovurdering av branntryggleik i eksisterande byggverk som metode er utvikla av fleire (Bakhtiyari et al., 2022). Å vurdere eigenskapane og eksisterande branntryggleikstiltak i eit byggverk, må peike ut svake punkt og sårbare senario. Bakhtiyari og fleire andre har utvikla poengbaserte matriser for å kjapt vurdere den totale branntryggleiken. Studien understrekar at det må utførast ei fullstendig analyse, og at det er kritisk for å sikre liv og materielle verdiar. Deira system skil mellom byggverk si viktighet med klassifisering: lågt, middels, høgt og kritisk nivå. Deretter er det identifisert 16 parameter som skal sikre to hovudmål; verne om liv og materielle verdiar.

Deteksjon- og varslingsystem, brann- og rømmingsdører, rømmingsforhold og brannseksjonar er nokre av parametrane som hadde størst innverknad på resultat, i studien (Bakhtiyari et al., 2022). Å kome fram til vektal på parametrane var ein essensiell del av arbeidet bak systemet, dei nytta spørjeundersøking og ein ekspert komité. Målet var at resultatet skulle gje grunnlag for ei plan for utbetring, med optimale tiltak.

Ein anna metode legg fram formlar for å rekne ut ein brannrisiko indeks, frå ein referanse risikofaktor etter bruksområdet (Ferreira et al., 2016). Hovudskilje går mellom bustad og sørvisbygg, og tal på etasjar. Vidare er det delfaktorar, branntiltak, som utgjer SF-faktorane. Til saman vil inndata om tiltak og bygninga gje eit risikoindeks. Formålet som drev utforminga av denne metoden var strategisk planlegging og konsekvensutredning av eit bysenter, kvar dei ønska å førebyggje og rehabilitere mot brann og andre katastrofar.

$$FR_{R,bustad} = 0,915 + 0,25 \cdot F_C$$

$$FR_{R,sørvis} = 1,10 + 0,25 \cdot F_C$$

$$F_{C,1-3\ etg} = 1,10$$

$$F_{C,4-7\ etg} = 1,20$$

$$F_{C,8+etg} = 1,30$$

$$SF_P = \textit{Fire propagation}$$

$$SF_E = \textit{Evacuation}$$

$$SF_C = \textit{Fire combat}$$

$$SF_I = \textit{Fire ignition}$$

$$FR_I = \frac{(1,20 \cdot SF_I + 1,10 \cdot SF_P + SF_E + SF_C)}{4 \cdot FR_R}$$

3.3.3 Heilskapleg branntryggleiksstrategi

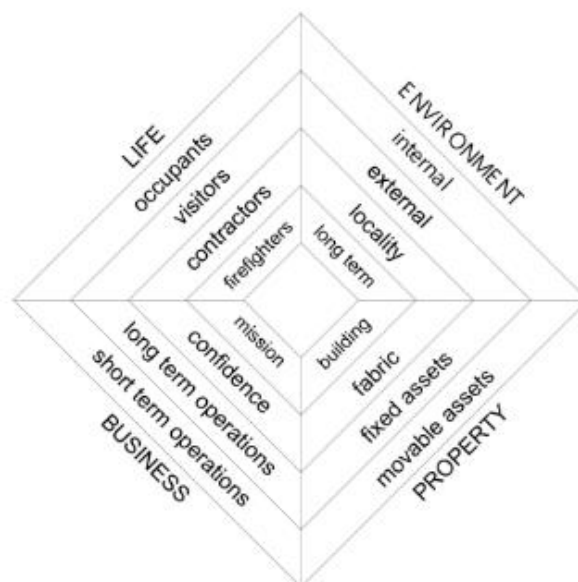
3.3.3.1 Generelt

Heilskapleg branntryggleiksstrategi (*Holistic fire safety* – HFS) vert først utvikla i 2013 for å gje eit breiare blikk på omfanget til branntryggleiksprosjektering (Bryant, 2014; Brzezińska & Bryant, 2020). Formålet var å leggje til rette for eit rammeverk som enkelt kunne reviderast, standardisere format og tilnærming for typar byggverk uavhengig av kvar i verden og å utvide omfanget av branntryggleiksstrategiar. HFS evaluera branntryggleiksstrategiar og kan dermed redusere tid og ressursar som går med til å vurdere ulike strategiar ved utvikling av eit brannkonsept.

Metoden utvidar omfanget med å inkludere risiko vurdering og målsettingar, kanskje kan HFS utvidast til å omfatte enda meir? Etter planane skildra i artikkelen frå 2020 skulle ein mal vere tilgjengeleg på nett, slik at brukaren kunne laste ned og nytte til eigne prosjekt. Det var aldri intensjonen at HFS skulle erstatte brannkonsept, men styrke utviklinga av branntryggleiksstrategiar på eit systematisk vis. Ein anna variant, utvikla av dei same forfattarane er *Holistic fire engineering* (HFE) (Brzezińska et al., 2019). HFE er særleg relevant for komplekse byggverk, med uvanlege risiko-faktorar å som må vurderast, til dømes fabrikkar eller kraftverk.

3.3.3.2 Målsetting

For å leggje riktig fokus i vidare vurdering må det først identifiserast mål og prioriteringar. Ifølgje Brzezińska og Bryant er det fire områder hovudområdet innan branntryggleik; Liv, miljø, verksemd og eigendom. Kva som ligg bak desse termene synast i deira matrise i Figur 3.4 (Brzezińska et al., 2019).

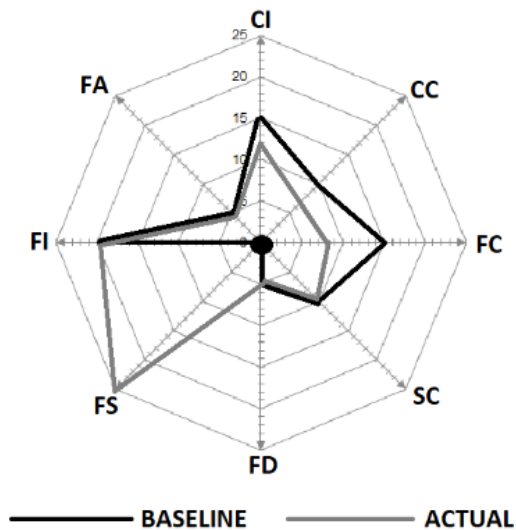


Figur 3.4: Mål-matrise for branntryggleiksstrategi (Brzezińska et al., 2019).

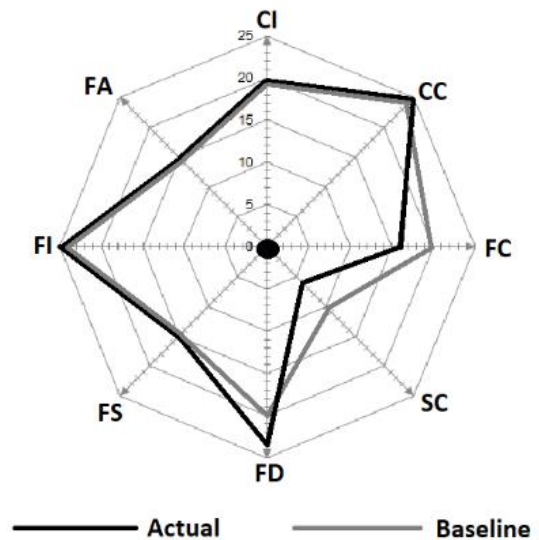
Desse måla legg forventningar kring seinare val av vektal på dei ulike kategoriane av sikkerheitstiltak. Dei kan også hjelpe med å legge retningslinjer kring kva for sikkerheitstiltak som er gunstige.

3.3.3.3 Basis skår og reell skår

Eit skåringsystem basert på åtte faktorar gjer det mogleg å rekne ut ein risikoindeks og visualisere strategien (Brzezińska et al., 2019; Brzezińska & Bryant, 2020). Dei åtte faktorane kan skåre opp til 25 poeng, og vert plassert i eit edderkoppdiagram (radardiagram), sjå Figur 3.5 og Figur 3.6.



Figur 3.5: Eit døme på utfylt radar-graf henta frå *Risk Index Method—A Tool for Sustainable, Holistic Building Fire Strategies* (Brzezińska & Bryant, 2020).



Figur 3.6: Eit døme på utfylt radar-graf henta frå *Risk Index Method—A Tool for Sustainable, Holistic Building Fire Strategies* (Brzezińska & Bryant, 2020).

Kategoriene som er representert i diagrammet er lista opp i Tabell 3.4. Rekkjefølgja er ikkje tilfeldig, men er etter type tiltak.

Tabell 3.4: Dei åtte faktorane for HFS, originalt formulert på engelsk og omset til norsk (Brzezińska & Bryant, 2020).

Original		Omset til norsk	
CI	Control of ignition sources	TK	Tenningskjelder
CC	Control of combustibles	BM	Brennbare materialar
FC	Fire compartmentation	RD	Romdeling
SC	Smoke control systems	RØ	Røykkontroll
FD	Fire detection	DE	Deteksjon av brann
FS	Fire suppression	BS	Brannsløkking
FI	Fire service intervention	KT	Kontakt og tilgjenge for brann- og redningstenesta
FA	First aid firefighting	MS	Manuell sløkking

Tabell 3.5: Dei åtte faktorane for HFE, originalt formulert på engelsk og omset til norsk (Brzezińska et al., 2019).

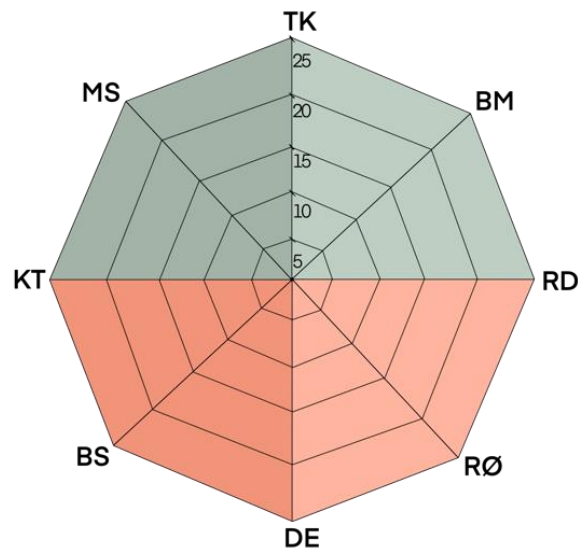
Original		Omset til norsk			
Fire prevention and fire spread limitation	ORG	Organization and management	Førebygging og avgrensing av brann	OA	Organisatoriske tiltak og administrasjon
	LIM	Control of ignition sources and combustible materials		TM	Tennkjelder og brennbare materialar
Fire protection measures	PAS	Fire and smoke spread limitation – Passive systems	Tiltak for brann-sikkerheit	PA	Passive system
	DET	Detection and alarm communication		DA	Deteksjon og alarm
	SUP	Fire suppression		SL	Sløkking
	SC	Smoke control and evacuation		RE	Røykkontroll og evakuering
	MAI	Maintenance of fire precautions and systems		VE	Vedlikehald av system
Firefighting	FB	Fire service intervention	Brann-sløkking	BR	Brann og redningsteneste

For kvart punkt er det fleire spørjingar som kan gje skår opp mot ti poeng, det er mellom fire og seks spørjingar per tema. Alle spørjingane til Tabell 3.4 finnast i vedlegg 8.3.

3.3.3.4 Radardiagram

Skåren vert visualisert i edderkopp-diagrammet som vist i Figur 3.5 og Figur 3.6. Den mørkaste streken *Baseline*, omset til «basis», visar minimumsnivået branntryggleiken bør liggja på. Medan den grå linja *Actual*, omset til «reell», viser dei planlagde eller realiserte tiltaka (Brzezińska & Bryant, 2020).

Punkta er også plassert etter type tiltak. Det gjer det mogleg å sjå allereie på diagrammet kva for strategi som er nytta. I Figur 3.7 er dei ulike kvadrantane farga, grønt i topp, medan botn er raud. Samstundes er høgre side lys og venstre mørk. Dersom diagrammet er tyngre i topp (grønt område) er det større innsats i passive og organisatoriske tiltak, medan et diagram med tyngde i botn (raudt område) vil vere basert på aktive tiltak. Venstre side av diagrammet (mørke fargar) representar brannsløkking, medan høgre (lyse fargar) fokusera på å kontrollere brannutviklinga og strukturell integritet.



Figur 3.7: HFS radardiagram med fargar og norske forkortinger

Store avvik i samanlikning av risiko og sikkerheit, tydar anten for dårleg tryggleik eller overdimensjonert tryggleik. Ingen av desse er optimale, korkje for tryggleiken eller for berekraftig ressursbruk. Brzezińska & Bryant konkludera med at dersom ein slik heilskapleg metode for evaluering vert anerkjent, kan miljøfaktorar enklare implementerast. Dermed kan berekraft bli ein grunnleggjande del av branntryggleiksprosjektering. Det understrekast at metoden bør brukast av ei kvalifisert gruppe, og ikkje enkeltindivid som kan vere subjektive ved rangering.

3.3.3.5 Risikoindeks

Risikoindeksen reknast ut basert på Gretener metoden, altså konsekvens multiplisert med hyppigheit (Brzezińska et al., 2019). Verdien for brannkonsekvensen her kjem av forholdet mellom potensielle konsekvensar og sikkerheitstiltak. Der talet for sikkerheitstiltak kjem frå spørjingane sine resulterande summar, multiplisert med vektal. Det resultera i eit samanlagt tal på både basis og reelle sikkerheitsstrategi. Moglegheita til å vektleggje nokre faktorar meir enn andre gjer at metoden kan tilpassast nasjonale regelverk og rettleiingar, samt tilpassast særeigne situasjonar og risikoar. Dersom alle dei åtte faktorane er vekta likt, vil verdien for $W=0,125$, døme på vektfordelingar synast i Tabell 4.1 i eit seinare kapittel.

Tal for hyppigheit av tenning basera artikkelen på statistikkdata, hovudsakleg henta frå britiske standardar (British Standards Institution, 2019; Brzezińska et al., 2019).

FSRI = Fire strategy risk index / Risikoindeks for branntryggleiksstrategi

FHI = Fire hazard Index / Brannkonsekvens

Fi = Frequency of ignition / Hyppigheit av tenning

PH = *Potential Hazard* /Potensiell konsekvens

PM = Protective Measures / Sikkerheitstiltak

$$PM = \sum_1^8 (W \cdot A)$$

$$FSRI = FHI \cdot Fi$$

$$FHI = \frac{PH}{PM} \cdot 100$$

3.3.3.6 Oppsummering

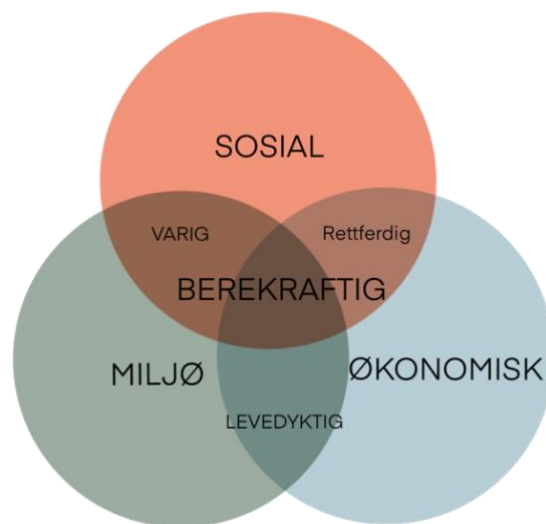
Identifiser først ønskjer og ambisjonar kring objektet som skal sikrast. Sett opp skårar for basisstrategien, etter minimumskrav. Fyll inn dei planlagde tiltaka som den reelle skåren. Radardiagrammet visualiserar kva for type strategi det er, hovudsakleg aktiv, passiv eller organisatorisk. Fråvik frå basis synast, det same gjer kompensasjonar. Ved inndata av potensiell konsekvens og hyppigheit av tenning kan risikoindeks for sikkerheitsstrategien samanlikna med basisstrategien, reknast ut.

- I. Målsetting
- II. Fastsette skåring på reelle og basis tiltak
- III. Radardiagram representasjon
- IV. Kalkulasjon av risikoindeksen for brannstrategien

3.4 Bærekraft

3.4.1 Definisjon

Bærekraft omgrepet har tre dimensjonar; sosiale forhold, miljø og klima, samt økonomi. Figur 3.8 synar korleis desse tre dimensjonane heng i hop, og kva dei saman skapar. Innafor sosial bærekraft vektleggjast helse, utdanning, kultur, meningsfylt arbeid og lite kriminalitet (McNamee et al., 2023, 2023). I økonomien er arbeid, lokalt eige, gode og varierte investeringar alle viktige faktorar. Miljøaspektet er klotens helse, reint vatn og luft, trygg mat, biologisk mangfald, bærekraftig ressursbruk og reduserte utslepp av klimagassar til atmosfæren. Berre løysingar som eksistera i område som alle tre overlappar, vil vere rettferdig, varig og levedyktig. Det handlar om ressursfordeling og bruk, påkjenningar på økonomien og miljøet (FN, 2021). Bærekraft kan definerast som å oppretthalde eit scenario utan å bruke opp resursar eller at det skal skade økosystemet.



Figur 3.8: Venn-diagram av dei ulike aspekta av bærekraft. Fritt omsett frå (McNamee et al., 2023, 2023)

Nokre relevante bærekraftsmål for temaet i oppgåva er vist i Figur 3.9. Branntryggleik spelar inn hos industri, byar og infrastruktur. Både branntryggleikstiltak og konsekvensane av ein brann, hev innverknad på klima, økosystemet til lands og til havs. Det er tydleg at bygningar har stor innverknad på fleire bærekraftsmål. Det kjem fram i ein samandragsrapport, retta mot myndigheiter, at ei mengde reelle tiltak mot klimakrisa er aktuelle i bygningssektoren (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022). Desse tiltaka meina panelet også har innverknad på fleirtalet av bærekraftsmåla. Rapporten viser også eit kostnadsestimat av dei aktuelle tiltaka. Der tiltaket om nye bygningar med betre lågare energiforbruk, er kostbar men har størst potensiale til å redusere utslepp. Dei andre tiltaka dei nemnar er redusert energibehov, effektivisering av teknisk utstyr, lokal fornybar energiproduksjon, oppgradering av eksisterande bygningar og meir bruk av tre som byggemateriale.

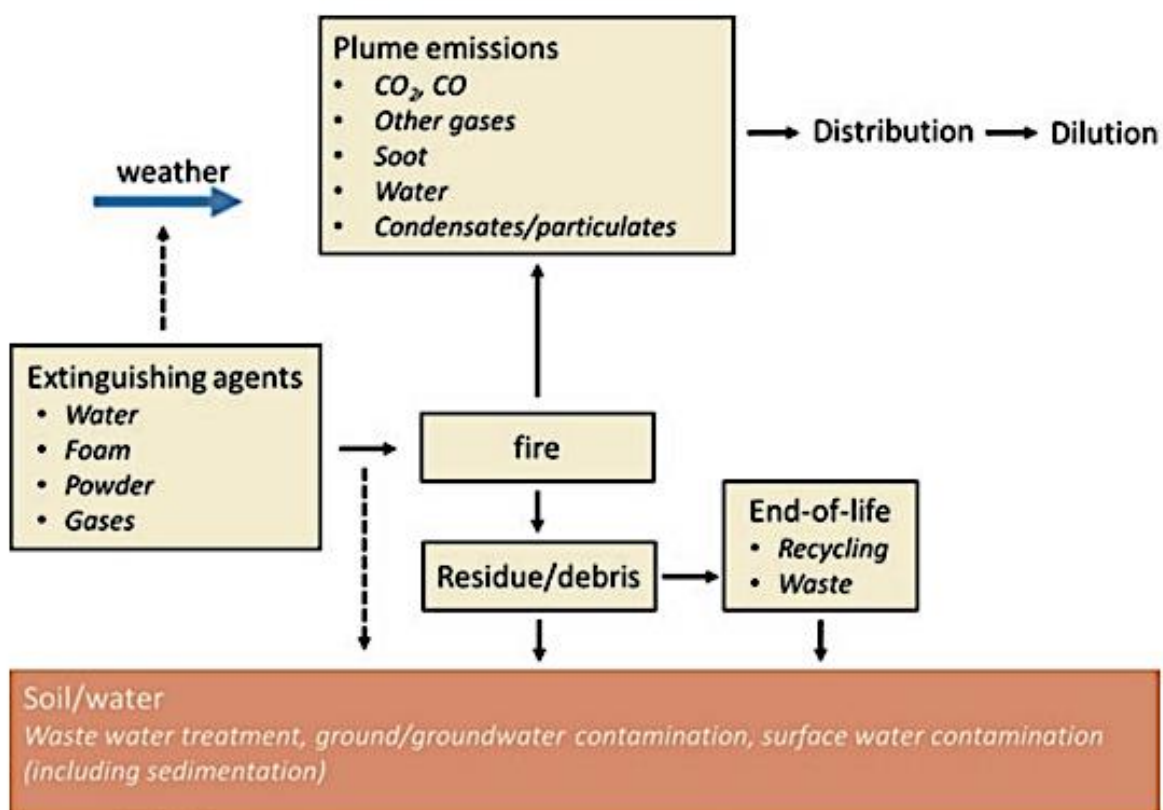


Figur 3.9: Nokre relevante berekraftsmål (FN, 2022)

Dei gode løysningane må bli tilgjengeleg åt alle, og ulikheitene må justerast. Slik det er i dag brukar Noreg ressursane til 3,6 jordklodar fordi me har økonomien til det. Medan India brukar 0,7 jordklodar verdt med ressursar, medan dei må lide meir av konsekvensane. I 2023 var årets overforbruksdag for Noreg 12. April (WWF, 2023). Det tydar at etter første kvartal av året, har me brukt alle ressursane me kan – dersom forbruket skal vere berekraftig. Datoen har hatt ein tendens til å komme tidlegare og tidlegare kvart år.

3.4.2 Miljøpåverknad ved brann

Miljøet, økosystemet, naturen, lufta – tek skade av brannutbrot. Skogbrannar er eit heilt anna tema, men sett poenget på spissen. I samanheng med bygningar er det både brannen, som er ein kjemisk prosess, forsøk på å sløkkje og gjenoppbygging, som skadar miljøet (McNamee et al., 2023). Produkta frå forbrenningsprosessen stig opp med flammene, og spreiar seg i lufta. Seinare vil dei kanskje lande og forureine naturen, i havet og på land. Det same gjeld sløkkjemiddel, andre enn reint vatn, som kan renne og sive ut i natur, elver og hav. Det er altså fleire ledd av brannprosessen som skapar utslepp til ulike miljøområder, det heile er illustrert i Figur 3.10.



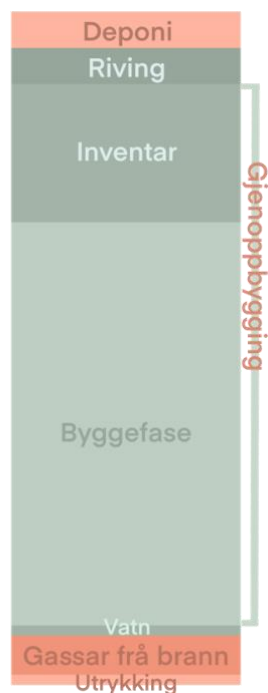
Figur 3.10: Flytskjema av innverknad brann kan ha på miljøet, henta frå (Meacham & McNamee, 2023).

3.4.3 Klimapåverknadar ved brann

Klima påverkast av utslepp av CO₂ og andre drivhusgassar, som igjen varmar opp kloden og endrar klimaet me lev i. Transport, produksjon og drift krev energi, som anten kan vere fornybar eller fossil. Det eksistera ikkje nok fornybar energiproduksjon til å drifte verda slik den fungera i dag, og dermed nyttast fossilt brennstoff til oppvarming og drivstoff. For at overgangen til berre fornybar energibruk skal vere mogleg, må energibehovet reduserast. Difor bør verda nytte færre ressursar, produsere færre produkt som skal fraktast, og som krev energi å montere eller nytte. Desto verre er det når prosessen må gjennomgåast fleire gonger for å erstatte oppbrente produkt. Figur 1.2 synar desse utsleppa (McNamee et al., 2023; Roberts et al., 2016).

Eit par problemstilling dukkar opp gjennom tankesettet skildra over. Skal eigarar investere i brannvern, nytte ressursar til å sikre seg mot brann og tap? Skal bærande konstruksjon overdimensjonerast, og dermed vere skuldig for fleire utslepp, for å hindre eventuelle framtidige tap? Det kan vere ein utfordrande balansegang. Risikoanalysar bidreg med å avgjere kva som er sikkert nok, trygt nok, risikabelt nok. Ei livssyklusanalyse av eit produkt eller av heile bygningar, kan vere eit verktøy for å ta slike avgjerder.

Ut ifrå Figur 3.11 synast dei ulike utsleppa frå ein brann i ei bygning, i forhold til kvarandre (McNamee, 2021). Det kjem tydeleg fram at gjenoppbygging av tapt bygningsmasse og erstatning av inventar er dei største utsleppspostane. Fordelinga skal gje bilete av korleis det fordelar seg, dei nøyaktige tala vil variere frå brann til brann.



Figur 3.11: CO₂-ek utslepp frå brann i eit byggverk, omsett frå (McNamee, 2021).

3.4.4 Tiltak

Den europeiske unionen har utvikla eit klassifiseringssystem for bedrifter, kvar dei må dokumentere og gjere offentleg deira økonomiske aktivitetar (Nilsen & Halleraker, 2022). Formålet er å klassifisere aktivitetane sin berekraft, samanlikna med konkrete mål. Taksonomiordninga skal avdekke potensiell grønvasking av aktivitetar som ikkje er berekraftige. Ordninga er ein del av EU sin grønne vekststrategi. Håpet er at investorar skal få eit klarare bilete av kva det er dei legg pengar i, og at berekraftige selskap skal bli økonomisk styrka. Det skal og fungere som eit insentiv til å legge om til berekraftig drift og produksjon.

Statlege myndigheiter og bygg- og eigendomsnæringa har eit samarbeidsprosjekt kalla Bygg21, som mellom anna skal sjå på løysingar innan berekraft (Bygg21, 2018). Rapporten frå 2018 gir ti kvalitetsprinsipp for berekraftige bygg, og områder.

1. Stimulere kontakt, aktivitet og opplevingar
2. Gode lysforhold og utsyn
3. God luftkvalitet og låg støybelastning
4. Sikkerheit
5. God tilgjengelegheit
6. Lang levetid
7. Smart utnytta areal
8. Utnyttar energi godt
9. Utnyttar ressursar godt og har låge klimagassutslepp
10. Låge kostnader knytt til drift og vedlikehald

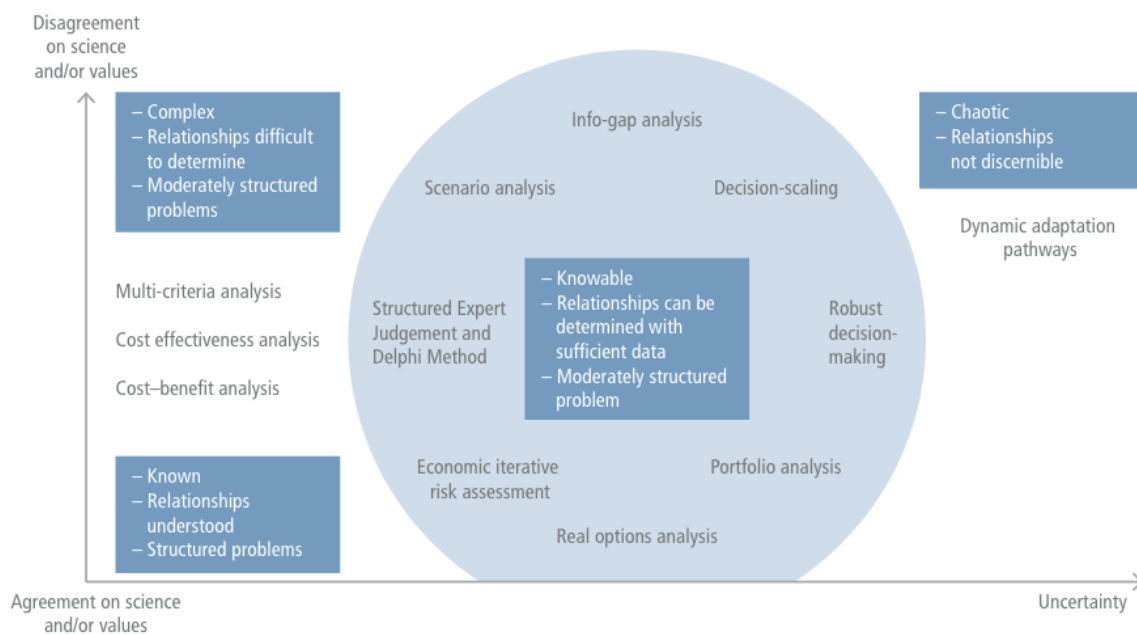
Desse punkta skal saman sikre berekraft innan sosial, økonomisk og klimasektoren. Punkt fire gjeld fleire aspekt av sikkerheit, brann er først nemnt. Ved spørsmål om det er kostnadseffektiv, svarar rapporten tidleg på med at risikoanalyse kan hjelpe å prioritere riktige tiltak. Da ingen tiltak kan bli meir kostbart enn å investere i tryggleiken. Ei god analyse skal gjere det enkelt å velje effektive tiltak. Ei australsk undersøking viser at branntryggleik i bustadar var det bebuarar, eigedomsutviklarar og byggebransjen rangerte som nest viktigaste parameter, når det var snakk om det økonomiske aspektet av berekraft (Tam & Zeng, 2013).

Kortreist er eit nøkkelord med kjenner frå matindustrien, men også hjå andre ressursar. Lokalt ombruk er eit omgrep nytta innan ombruksrehabilitering. Det tydar at du brukar om element i same bygg, framfor å bruke det om på ein anna lokasjon. Årsaka til at lokalt og kortreist er ord med positiv klang, er at dei tydar unngått transport. Av det totale utsleppet til kloten skuldast 15-16%, transportsektoren (FNs klimapanel, 2022) (Ritchie, 2020). Transport, uansett type, kostar vanlegvis pengar. Transport er sjeldan fossilfritt. Å nytte lokale produkt, styrkar lokal økonomi – noko kan ha positiv gevinst hjå det sosiale i eit samfunn.

Energieffektivisering er ein essensiell del av det grønne skiftet. Det er ikkje realistisk at menneskje ikkje skal nytte noko energi i det heile. Men dei naudsynte prosessane kan innoverast slik at dei krev mindre energi, i form av straum, oppvarming eller drivstoff. Det gjeld til dømes oppvarming og kjøling av bygningar, som er 17,5% av det totale utsleppet til kloten (Ritchie, 2020). Somme deler av verda treng betre måtar å kjøle ned bygg på, medan i nordlege land er det vanlegare å ønske betre oppvarmingsmoglegheiter, effektivt og rimeleg. Uavhengig er isolasjon kritisk, for å anten halde varmen inne eller ute. Noko som også er eit av klassifiseringspunkta for brannmotstand i element.

Når det kjem til å ta val som skal gje best utslag i eit klimarekneskap er det sjeldan enkelt å finne ein fasit eller enkel rettleiar. Nokre kjente forhold kan ha allmenne anerkjente «riktige» val. Men desto større usikkerheit det er, eller ueinigheit mellom fagpersonar, desto vanskelegare er det å navigere seg mellom val (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022). Det internasjonale panelet på klimaendringar har illustrert dette i Figur 3.12 og plassert dei ulike metodane i grafen. Tiltaka som diskuterast i oppgåva rangerar frå kjent til stor usikkerheit. Midt i figuren ser me mellom anna analyse av scenario, som er ein vanleg metode i branntryggleiksprosjektering. Det er også i dette område av usikkerheit og ueinigheit i målsetting, metodane i oppgåva kjem til å høyre heime. Nok data gjer eit grunnlag til å kartlegge forhold og problema kan strukturert tilstrekkeleg.

Categorisation of climate change decision tools against the decision-making process



Figur 3.12: Kategorisering av avgjerdsprosessar basert på usikkerheit (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022).

3.4.5 Behov i framtida

Statistikk og prognosar frå Statistisk sentralbyrå (SSB), visar eit estimat på korleis befolkninga kjem til å sjå ut i framtida. SSB skriv at framtida vil vere prega av lågare folkevekst, eldrebølgje og innvandring (SSB, 2020). Der innvandring kjem til å kompensere for få fødsjar. Vidare finst det statestikk på kva for type hushaldar befolkninga fordelar seg mellom, familie eller åleinebuande. I 2022 er det registrert 2,5 millionar hushaldar i Noreg. Talet på åleinebuande aukar, og bikka en million i 2021 (Sørlien, 2022). Desse tala kan nyttast til å estimere behov for bustadar, arbeidsplassar og skuleplassar til ei framtidig befolkning. SSB har også kartlagt regionale befolkningsframskrivingar, som kan hjelpe med å sjå forut korleis befolkninga vil fordele seg framover.

3.4.6 I byggebransjen

21% av dei globale drivhusgass utsleppa i 2019 kom frå bygningssektoren. Der 57% av dei var indirekte utslepp frå straum og varmeproduksjon (F. et al., 2022). 24% var direkte utslepp produsert lokalt og 18% var bunden utslepp hovudsakleg frå betong og stål. Det aller meste av dette var utslepp i form av CO₂, heile 95%. Dersom det berre fokuserast på utslepp av CO₂ er bygningar skyldig 31% av det globale utsleppet av CO₂. Resterande gassar konverterast vanlegvis til CO₂-ek, da dei typisk skadar meir men utgjør eit lågare volum. CH₄, metan og N₂O, betre kjent som lattergass er dei andre nemnte gassane frå bygningsektoren.

Heilskapleg brannprosjektering er nemnt i førre kapittel, omgrepet er relevant også for generell prosjektering. Det kan vere utfordrande å stadfeste nøyaktig tal på redusert pris og materialbruk på heilskaplege løysingar framfor standardisert utføring. Gjennom reduserte driftskostnader, utgifter nytta til vedlikehald og reparasjonar, samt utgifter og materialbruk knytt til bruksendring kan det akkumulere unødige summar og forbruk (SINTEF Byggforsk, 2021a). Eit døme er å installere automatisk sløkkjeanlegg til tross for at det ikkje er krav om det i alle bygningar, det kan kompensere for andre kostbare eller krevjande branntekniske tiltak. Sprinklaranlegg er også vist å vere eit fleksibelt inventar, som kan stå i ulike utformingar av same bygg. Ulike branntryggleiksstrategiar kan justerast slik at det nyttast ønskelege sikkerheitstiltak, ikkje nødvendigvis preaksepterte løysingar, og framleis oppretthalde sikkerheitsnivået som det er krav om.

Ved prosjektering av større byggverk bør fleksibilitet og generalitet stå i fokus, da dei typisk vil endre bruksområde fleire gonger i si levetid (Olsson & Göras, 2018). Det kan vere taktisk å tenke gjennom moglege framtidige bruksområde, sjølv om det er vanskeleg å sjå forut. Det nemnast at eit generelt sprinklaranlegg med tilstrekkeleg dimensjonar, kan sikre ulike bruksfasar. Det same gjeld ventilasjonsanlegg, avstand til rømningsveg og dimensjonar på rømningsveg. Slike krav som vil endrast i takt med bruksområdet og densitet av menneske, må særleg vurderast. Endring av brannenergi vil gje andre krav til branncelleavgrensing til dømes.

Utvikling i teknologi, byggeskikk og levestandard har drevet frem innovative løysningar for branntryggleik (Zahmatkesh & Memari, 2017). Det er både fordelar og ulemper med å implementera dei nye løysingane i eksisterande byggverk. Å nytte ein kombinasjon av fleire tiltak, visar seg å ha god effekt. Nokre av teknologiane som eksistera i dag er brannsikre boksar til stikkontaktar, framfor plastikk som tradisjonelt er nytta, automatisk sprinklaranlegg, automatiske vassdampsanlegg, brannslukkingssystem med vatn og nitrogen, branngardiner og meir.

3.4.7 Robust og berekraftig?

At eit bygg er robust tydar at det kan både handtere og komme seg igjen etter uønskte hendingar, slik som brann (Meacham & McNamee, 2023). Dei har også evne for å tilpasse seg og vere førebudd på diverse hendingar. Medan berekraftige bygg har reduserte klimagassutslepp, grønne energikjelder og redusert materialbruk. Desse to målsettingane kan fort hamne i konflikt med kvarandre. Men når dei overlappar og harmonera, får me berekraftige og brannmotstandsdyktige bygningar (Sustainable and Fire Resilient Built Environment – SAFR-BE). Fokuspunkta til dei to målsettingane, berekraft og robustheit, er illustrert i Figur 3.13.



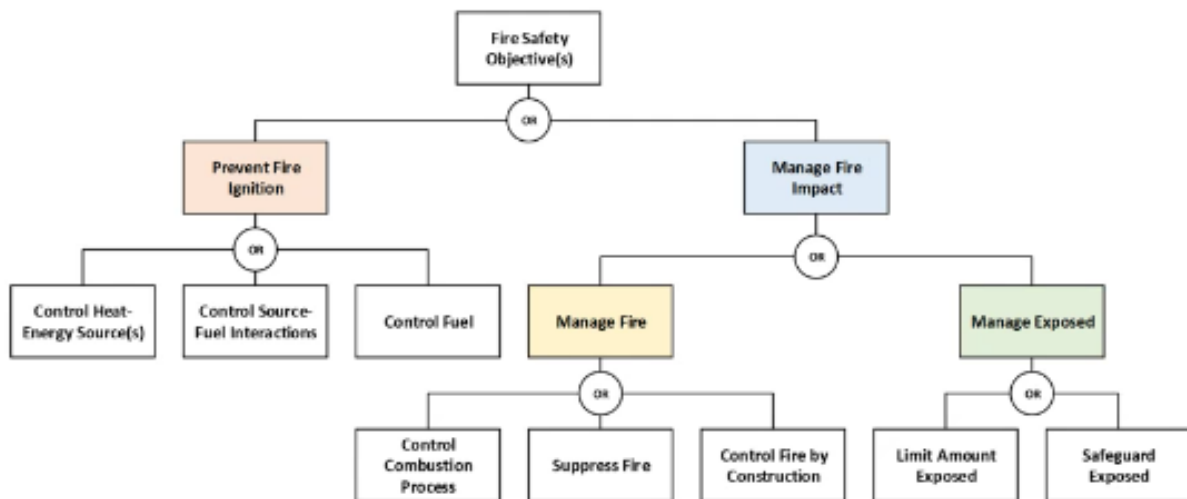
Figur 3.13: Venn-diagram av berekraft og robustheit i bygningar, henta frå (Meacham & McNamee, 2023).

Innanfor berekraft er det ønskeleg å redusere energibruk, derunder bruke fornybare energikjelder og redusere naudsynt energibruk. Klimagassar som er bunde i materialane me brukar er ei potensiell kjelde til utslepp, å vere merksam på kva for materialar som nyttast og korleis dei handterast etter bruk er difor ein del av målsettinga for å redusere utsleppa. Brann eller andre naturkatastrofar kan øydelegge for desse strategiane, å byggje robust nok til å unngå store konsekvensar er difor eit berekraftstiltak. Her er det delt opp i tilgjenge på staden, i form av vatn og for naudetatar. Siste kategori omfattar konsekvenshandtering og tryggleik ved katastrofar.

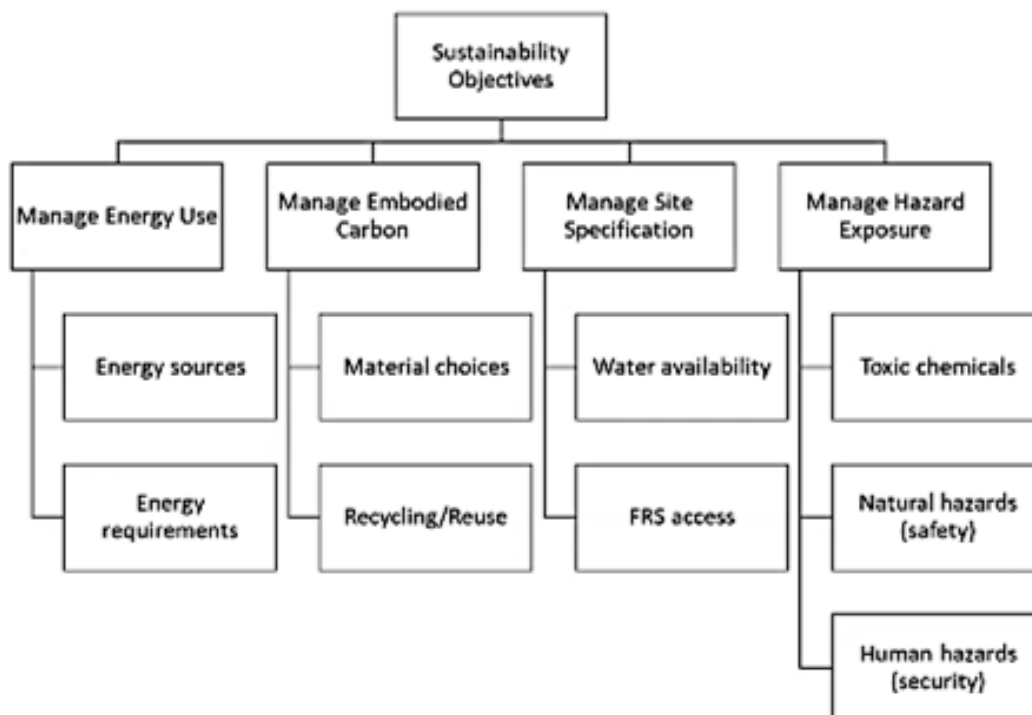
SAFR-BE filosofien omfattar både bygningar og bygde miljø (Meacham & McNamee, 2023). Eit ivrig fokus på berekraftige bygningar har ført til uheldige brannulykker, som følge av lite robust bygningsteknologiar. Ei bygning som hamnar innafor SAFR-BE definisjonen vil ha effektiv ressursbruk og låge klimagassutslepp, samstundes som at ho er robust mot intern og ekstern brann. Det meina forfattarane er heilskapleg bygningsdesign.

Byggverk som har ein robust og fleksibel konstruksjon, har typisk eit høgare klimagassutslepp frå produksjon men vil ikkje krevje omfattande rehabilitering i levetida (Fischer & Varma, 2015). Det å vurdere ytre påverknadar som brann og andre naturkatastrofane i ei livsløpsanalyse vil gje eit betre bilete av nødvendig robustheit for å verne om konstruksjonen med bunden energi og utslepp. Ein rapport fastslår at CO₂-ek for sprinklaranlegg er neglisjerbar samanlikna med konsekvensane av ein brann (Fischer & Varma, 2015; Gritz et al., 2009). det var anteke utslepp kring 4,0 kg CO₂-ek/m² for sprinklaranlegg installasjon og 30-40 kg CO₂-ek/m² spart sidan brannrisikoen vert senka. Dei konkludera med at risikohandtering bør vere vurdert som berekraftig design, grunna desse tala.

Målsetting for branntryggleik frå NFPA (National Fire Protection Association) er illustrert i Figur 3.14. Det er først og fremst ønskeleg å unngå brannar. Dersom ein brann oppstår er det ønskeleg å avgrense både brannen og eksponering for brann. Det utviklast eit tankesett i samband med SAFR-BE prosjektet, som kombinerer målsetting for både branntryggleik og berekraft som i Figur 3.15 (Meacham & McNamee, 2023). Oppgåva fokuserer på å handtere bundne utslepp, boks to, og å handtere sikkerheit som skildra i boks fire. I første omgang er det danna eit kart over berekraftsmål med omsyn til brann. Fullstendig og endeleg rapport på temaer ikkje publisert i skrivande stund, men omhandlar strategiar for å oppnå både målsettingar.



Figur 3.15: Strategiske mål for branntryggleik (NFPA, 2017).



Figur 3.14: Strategiske mål for både berekraft og brann, under utvikling av (Meacham & McNamee, 2023). Fullt utvikla konsept vert publisert snart.

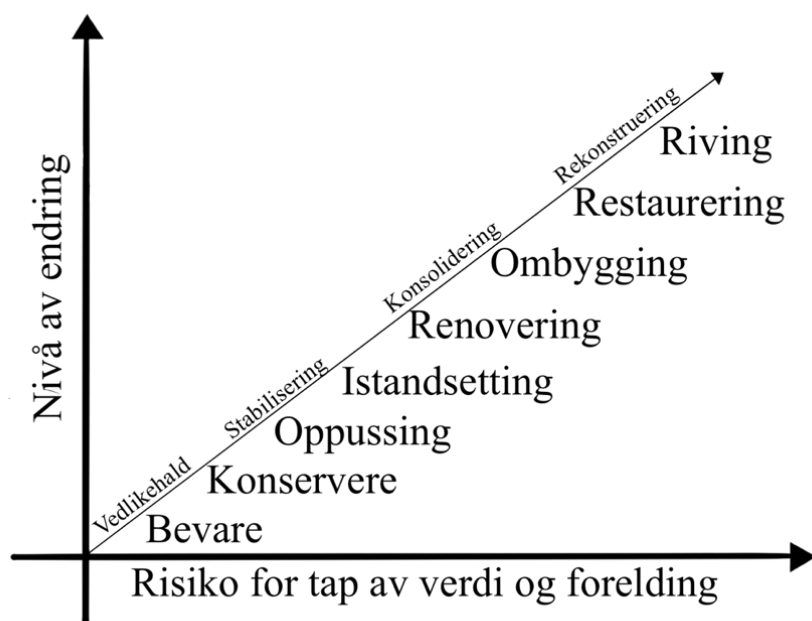
3.5 Adaptiv ombruk

Adaptiv ombruk av bygningar, er kunsten å gi nytt liv til eksisterande bygningsmasse (Devi & Sharma, 2019). Å fokusere på rehabilitering vil redusere produksjon av avfall. Det er økonomisk lønnsamt, energisparande og kan gje ein sosial gevinst, i form av kulturminne og historie knytt til bygningane. Det vil ofte krevje ombygging eller rehabilitering av objekt for å ivareta branntryggleiken, i tillegg til å utbetre kvaliteten til bygningane. Det er særleg sosiale konsekvensar av ein brann i eit bygg som er eit kulturminne eller på anna vis nært knytt til befolkninga. 30-40% av bygningsmassen i Europa er i klassifiseringa eldre, historiske bygningar. Dei er typisk bygd før 1945 og er ineffektive med tanke på oppvarming og drift.

Det er naudsynt å nytte eksisterande bygningsmassar så godt som rå. Etter FutureBuilt sine tre pilarar, kan ombygging av massen enklare strukturast. Generalitet, fleksibilitet og elastisitet skal gje bygningar lange liv, utan ressurskrevjande endringar (Sandberg et al., 2021). Ombyggingar bør altså fungere for meir enn sitt eige formål. Generalitet skal skape fleirbruk av areal, fleksibilitet skal lage rom for andre eigenskapar og gjennom elastisitet skal bruksareal kunne variere.

Fleksibilitet og generalitet omhandlar det innvendige (Bjørberg, 2023). Takhøgde, bereevne og spennlengder, geometri og liknande er indikatorar på kor fleksibelt eller generelt eit bygg er. Sjølve bygninga, skalet og fundamentet, samt tomte indikera kor elastisk eit bygg kan vera.

Adaptiv ombruk eksistera i ulik grad av endring, frå enkelt vedlikehald til total rekonstruering (Douglas, 2006). Figur 3.16 viser samanhengen mellom endring og risiko for tap, tap av verdi i form av materialar og sosiale verdiar. Målet med adaptiv ombruk er at brukar kan få nytte ut av eigendomen over lengre tid. Generelle reperasjonar og vedlikehald må utførast. På eldre byggverk kan typisk damptetting forbetrast, treverk konserverast og berekonstruksjon styrkast, altså strukturell oppgradering. Å unngå riving er å føretrekke. Det sparar energibruk i form av avfallshandtering, frakt av avfall og eventuelle forureinande stoffar som sleppast ut ved riving av materialar. Eit anna syn på spørsmålet om riving er at det eksisterande byggverket kan stå i vegen for tomte sitt potensiale. Altså at det å ikkje rive byggverket, hindrar effektiv utnytting av arealet. I somme tilfelle vil det også vere manglar og strukturelle feil hjå byggverket som vil vere meir ressurskrevjande å løyse, enn å rive.



Figur 3.16: Korrelasjon mellom grad av endring og risiko for verditap (Douglas, 2006)

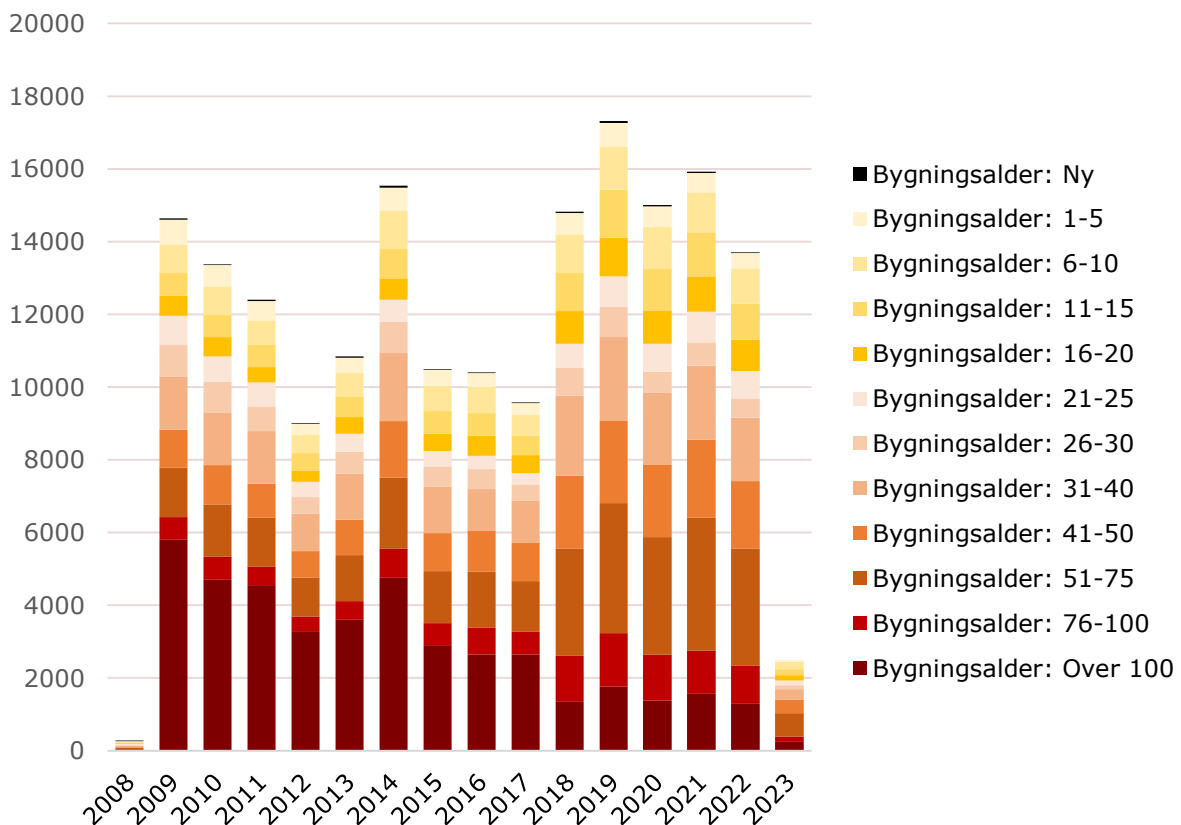
3.5.1 Bevaring av bygg

Istandsetting, rehabilitering eller restaurering er måtar å bevare eit eksisterande byggverk på (Riksantikvaren, 2009). Restaurering kjem av latinsk og tydar oppattføre eller reetablering (Tschudi-Madsen, 2023). Der istandsetting er å utføre reparasjonsarbeid slik at bygningen når eit tåleleg vedlikehaldsnivå, medan restaurering er å tilbakeføre eit bygg til original, eller tidlegare tilstand (Riksantikvaren, 2009). Rehabilitering og restaurering er oftare brukt i samanheng med antikvariske objekt.

Målet med bevaring er å forlenge levetida til byggverket, altså den totale levetida til bygget. Bjørberg listar opp ulike typar levetid for eit bygg; teknisk, funksjonell, økonomisk, estetisk og total levetid (Bjørberg, 2023). Teknisk går på komponentar og materialar som har ei yting dei skal oppretthalde, levetida på desse er sjeldan eksakt. Funksjonell levetid går på bygget si yting, opp mot funksjonskrav i teknisk forskrift. Økonomisk levetid er når kostnaden for å vedlikehalde blir større enn nytten. For ikkje å gløyme estetisk, som ofte vert ei avgjerande levetid for nokre typar byggverk. Den totale levetida er altså ein sum av desse, avheng av planlegging og eksterne faktorar som reguleringsplanar og økonomien i marknaden.

Devi & Sharma peiker på fleire typiske brannfeller eller strukturelle aspekt som kan ha innverknad på utvikling av brann i eldre bygningar (Devi & Sharma, 2019). Dei nemnar utsparringa eller utette dører, veggjar utan isolasjon, holrom i etasjeskillar eller veggjar, opne trappeløp, opne takkonstruksjonar og at bygningane typisk ikkje har brannceller, slik dei fleste moderne bygg har. Typisk er det store opne rom, gjerne over to etasjar, medan korridorar og gangar er smale. Rapporten viser nokre døme på brannhinder som kan implementerast i tak og etasjeskillar for å avgrense spreinga av brann gjennom holrom i konstruksjonen. Stenstad peikar på mykje av det same når det kjem til endre murgardar, altså vanskelege rømningsforhold, svake punkt i konstruksjonen som holrom og gjennomføringar, brennbare overflatar i rømningsveg og utfordrande tilgjenge for rednings- og sløkkjearbeid (Stenstad, 1983).

Ut ifrå BRASK, database for brannskadestatistikk visar Figur 3.17 sakar som er meldt inn til skadeforsikringsselskap (BRASK, 2023). Frå 2009 av vert «bygningssalder» lagt til som kategori, derav få data frå 2008 og tidlegare. Det er eit avgrensa datasett, det dekkjer ikkje heile det norske Markedet og inneheld berre skadar som har resultert i erstatning. Statistikken er dermed ufullstendig, men skal kunne vise eit godt nok bilete av skadeutviklinga. Trendane som er synlege frå diagrammet er at den eldste bygningssalderen lenge dominerte skadestatistikken, men etter 2017 utgjør desse mindre av totalen. Der går skiftet over til at bygningar mellom 51 og 75 år gamle er den dominerande klassen. Desse tala må og sjåast ut i frå kor mange bygningar det eksistera i kvar av desse aldersgruppene.



Figur 3.17: Brannskadar i bygg etter alder, som er meldt inn til forsikringsselskap (BRASK, 2023).

Å bevare eldre bygg har også ein positiv effekt på den sosiale berekrafta, då dei psykologisk sett kan trygge menneske med å vere bestandige og karakteristiske (Scottish Civic Trust, 1981). Vidare på det aspektet av berekraft vil det å gje liv til forlata byggverk eller bydelar, skape trivsel blant bebuarane i området (Douglas, 2006). Det skapar eit større spelerom/byrom å utnytte eksisterande areal på eit produktivt vis. Å rehabiliterer byggverka til akseptabel standard vil også gje helsegevinstar, grunna betre inneklima. Inneklima er ein sum av dagslys, luftkvalitet, temperatur og komfort. For å vurdere gunstige vedlikehaldstiltak er kostnad distribusjonsmodellar utvikla og analyser på sannsyn av skadar utført (Kim et al., 2019). Data frå undersøkinga bak modellen viser at vedlikehald av elektrisk anlegg og branntryggleik har høg førekomst, men låge kostnader.

Det er fleire hindringar som kan føre til at det ikkje gjenbrukas bygningar (Bruce et al., 2015). Barrierar som ønskje om opne planløyningar, giftige stoffar i eksisterande byggverk, over-estimerte kostnader knytt til energioppgraderingar og nytt regelverk som omfattar auka branntryggleik, gjer at somme vel å rive og byggje nytt. Det gjeld spesielt byggverk der eigarar ikkje har kunnskap nok til å sjå forbi hindringane. Ofte er bygningane med fleire av desse hindringane, utan bebuarar eller leigetakarar. Utan eigarskap og vedlikehald søkk sjansane ytterlegare for at desse byggverka nokon gong vert sette i stand igjen.

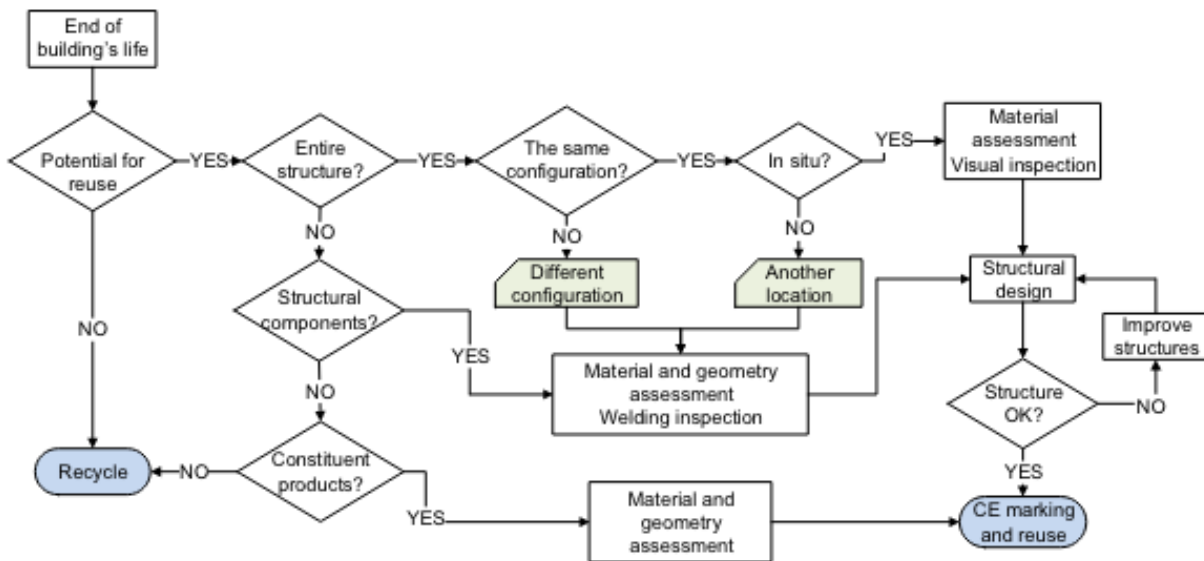
Ein framgangsmetode for inspisere branntryggleik i bustadar, utan å sjå på det strukturelle, er å undersøkje moglegheita for å slukke, brannspreiing og varsling (Zahmatkesh & Memari, 2017). Sløkkeapparat og installasjonar bør plasserast stadar der sjansen for brannutvikling er størst. Identifisere eventuelle opningar eller hol i tak og vegger, som kan bidra til at brann spreiar seg. Gips eller andre materialar som forsinkar brannspreiing vurderast implementert. Å leite seg fram til kvar røyk vil stige og leggje seg, kan gje ein peikepinn på kvar røyk-detektorar bør plasserast, og kva for alarmsystem som trengst. Til saman vil desse vurdering gje eit grunnlag for å velje gode reetableringsmetodar for branntryggleik.

Etter NS 3600 har tilstandsanalyse av branntekniske forhold ei sjekklister med åtte punkt som kan nyttast til bustadar av ulik storleik (Norsk Standard, 2018). Det er kommentert at nyare bygg kan ha andre kompensierende tiltak og at lista ikkje garantera at alle sikkerheitsavvik identifiserast. Lista er kort summert opp under, der punkt 1.-5. gjeld alle bustadar og dei siste berre bustadar med utgang frå 2. etasje og opp.

1. Røykvarslar i samsvar med forskriftskrav?
2. Sløkkjeutstyr i samsvar med forskriftskrav?
3. Rømmingsveg under terreng i samsvar med forskriftskrav?
4. Rømmingsveg frå 2. etasje og oppover, i samsvar med forskriftskrav?
5. Branncelle mot rømmingsveg eller anna brukseining?
6. Røykvarslaren i rømmingsveg?
7. Uavhengige trapperom eller rømmingsveg i samsvar med forskriftskrav?
8. Dokumentasjon på branntryggleik?

Ut ifrå sjekklister og ei totalvurdering kan bustaden få tilstandsgrad TG 0 for alle krav tilfredsstilt eller TG 3 for avvik og manglar.

I byggforsksblad 321.025 og 321.026, oppdatert i 2021 står det at unntak frå forskriftskrav kan godkjennast dersom det hadde ført til konsekvensar med tanke på verneomsyn, og det ikkje går utover tryggleiken (SINTEF Byggforsk, 2021). TEK17 forskrifta trer i kraft ved bruksendring eller hovudombygging, og søknadsprosessen for dispensasjon frå forskriftskrav har typisk vore ei hindring for rehabilitering av eksisterande bygningar (Riksantikvaren, 2023). 1. januar i 2023 endra formuleringa på §31-4 i pbl seg (Lovdata, 2023). Ordlyden seier at det skal leggjast vekt på alder, formell vernestatus, type, formål, plassering, varigheita av tiltaket og noverande teknisk tilstand når det kjem til unntak frå teknisk forskrift. Det skal vere forsvarleg ut ifrå helse, miljø og sikkerheit, samstundes bør unntaket redusere negative konsekvensar og gje fordelar.



Figur 3.18: Flytskjema for ombrukskartlegging av bygning (Coelho et al., 2020; McNamee et al., 2021).

3.5.2 Strukturell rehabilitering

Ny bruk av byggverk kjem med fleire endringar, estetiske, funksjonelle og moglege endringar på strukturen. Endra bruk kan føre til strengare krav til brannmotstand (Douglas, 2006). Douglas nemnar fleire punkt som bør undersøkjast for å stadfeste den strukturelle bestandigheita, og dermed bereevna til konstruksjonen. Tilstand på alt som understøttar bærnde veggjar, til dømes etasjeskillar, må undersøkjast. loft som grensar mot fleire rom må vere tilstrekkeleg tetta, for å eliminere risiko for at brann spreier seg gjennom loftet. Vidare nemnast gavlvegg og pipe som andre kritiske punkt.

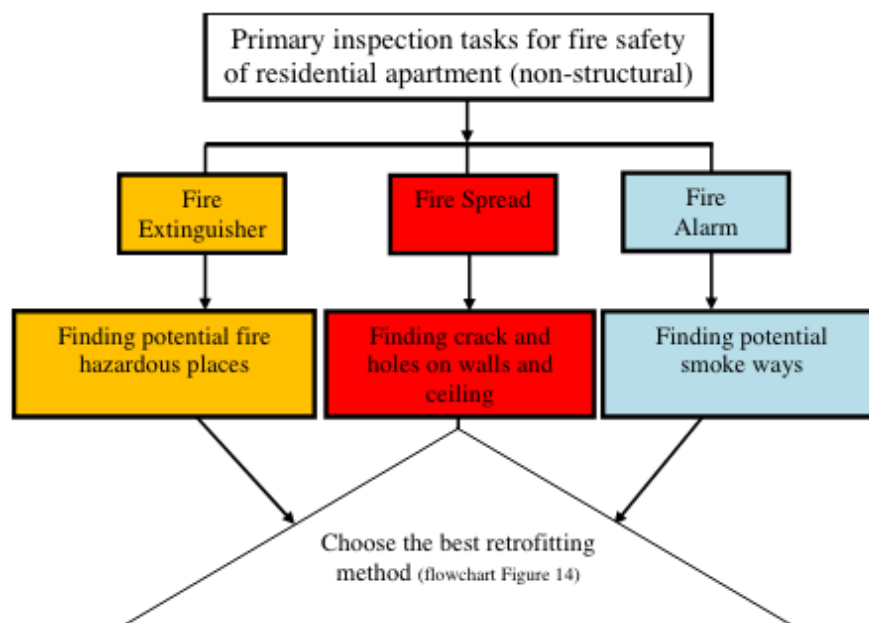
Å auke tal på seksjonar eller brannceller kan vere eit tiltak for branntryggleik i konstruksjonar (Zahmatkesh & Memari, 2017). Bærnde element, søyler og bjelkar, kan isolerast eller på anna vis brannbeskyttast for å forlenge bereevna til konstruksjonen under brannpåkjenning. Generelt vil isolering avgrense varme- og brannutvikling.

Bygningar kan bli utsett for både store og små brannforlaup i si levetid, gjennom analyse av berekonstruksjon kan skadeomfanget stadfestast (Vijay & Gadde, 2021). Bjelkar eller søyler som har vorte utsett for brannpåverknad kan ha redusert tversnitt og dermed redusert bereevne. Det er nemnt teknikkar som nyttar kjemisk effekt av å reinse element med natrium bikarbonat, betre kjent som natron, for å fjerne oske og kol før elementet restaurerast eller ombrukas. Slike omfattande restaurasjonar er ikkje vanleg men nytta på freda kulturminne eller andre byggverk som er utfordrande å erstatte.

Både omprosjektering og bruksendring kan vere søknadspiktig, dersom brannkonseptet og hovudstrategi endrast (SINTEF Byggforsk, 2021b). Spesielt bruksendring, der tal på personar i bygget, aktivitetar og inventar endrast, vil krava fortryggleikendrast. Sidan tal på personar og brannlast er dimensjonerande faktorar vil det ha innverknad på risikokalkulasjonar. Vidare kan også erfaring frå bruk gje indikatorar på kva for tiltak som fungera og ikkje.

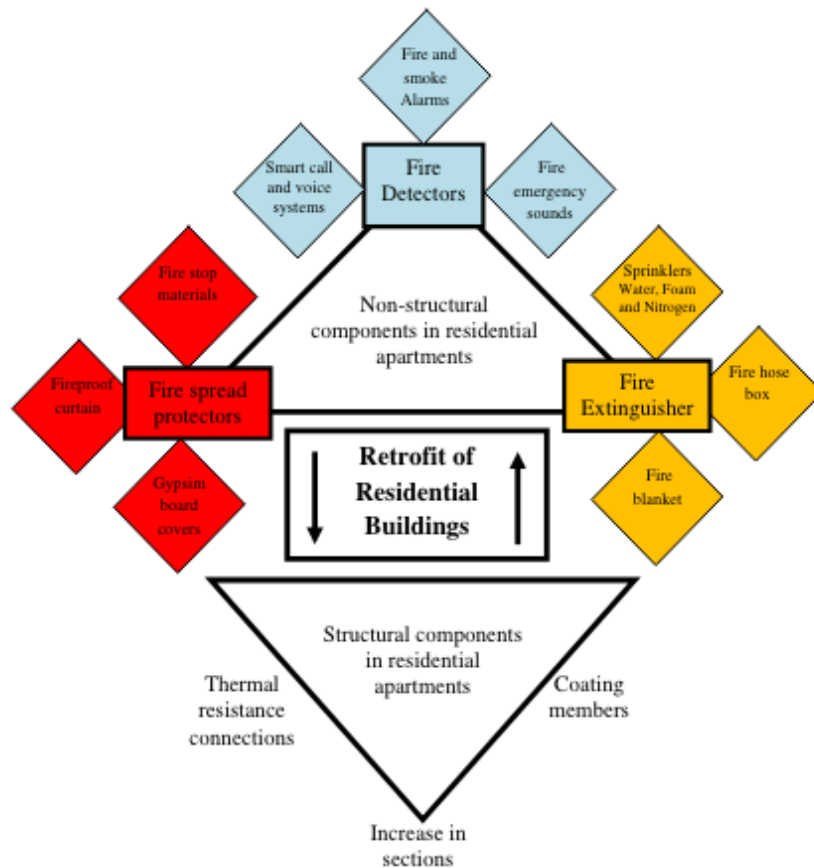
Eit døme på konsekvensar av bruksendring er midlertidige konstruksjonar eller inndelingar av opne rom og atrium (Chow & Li, 2007). Ei bruksendring skildra i rapporten til Chow & Li innebar endring av forventta mengde menneskje og karakteristikk, samt utforminga av areala. Rapporten tek for seg ulike senario i eit kjøpesenter, der numerisk analyse viste at evakueringstida blei tredobla dersom arealet ukritisk vert nytta til andre formål. Problemet kunne løysast med fleire utgangar, men det viste seg at det allereie var fleire av utgangar som var låst for publikum. Brann dørene var utstyrt med automatisk alarmsystem, men grunna falske alarmer blei systemet skrudd av i fleire tilfelle og dørene sperra. Ei foreslått løysing var å sette restriksjonar på mengda menneskje som kunne besøke kjøpesenteret om gongen.

Ein artikkel skildrar tre hovudkategoriar som bør undersøkjast for brestande branntryggleik (Zahmatkesh & Memari, 2017). Artikkelen er sikta mot leilegheitsbygg, men tenkjesettet kan overførast til andre typar bygg. Som vist i er dei tre kategoriane brannsløkking, brannspreiing og brannvarsling. Dersom potensielle brannfarar identifiserast, usikre holrom eller utette skilje, eller kvar røyk truleg vil leggje seg, er det lettare å finne riktige tiltak.



Figur 3.19: Kategoriar for inspeksjon av branntryggleik (Zahmatkesh & Memari, 2017).

Neste figur viser døme på tiltak innanfor dei ulike kategoriane, som kan etterinstallerast (Zahmatkesh & Memari, 2017). Også er strukturelle inngrep som isolasjon, seksjonering og kledning lista opp i ein eigen trekant. Figuren viser oversiktleg moglege tiltak, innafor to rammesett, strukturell og ikkje-strukturelle oppgraderingar.



Figur 3.20: Oversyn av moglege branntryggleiksoppgraderingar (Zahmatkesh & Memari, 2017).

3.5.3 Energieffektivisering og ny teknologi

Utforming av ei bygning er ein essensiell del av passive energitiltak. Til dømes er det ønskeleg at bygg er kvadratiske (Anda & Bjelland, 2013), minimere utstikk og gjere bruksarealet så kompakt som mogleg (Nordløyken et al., 2016). Oppgradering av teknisk utstyr som ventilasjon og oppvarming, vil betre inneklima og miljø. Eldre byggverk har vanlegvis naturleg ventilasjon, som tydar opne luftkanalar, som kan bidra til spreining av brann frå eit rom til eit anna. I dag byggjer bransjen tette byggverk, med låge lekkasjetal, det gjer betre varmekomfort og sikkerheit mot fuktskadar i tillegg til branntryggleik (Blom & Uvsløkk, 2012). Nyare teknologi sørge for meir effektiv utnytting av straum, som senkar energibehovet til bygget.

Nyare teknologiar kan implementerast i eksisterande bygg, til dømes energiproduksjon eller forseinking av vatn. Merksemd bør rettast på alle endringar som he innverknad på bygningsfysikken. Det kan oppstå krasj mellom gamal og ny bygningsteknikk. Grøne og gråblå tak har fleire fordelar, det fordøyar nedbør og fungera som ekstra isolasjon på taket. Frå branntryggleiksperspektivet er det nokre ulemper (Hoskins & Homer, 2015). Det vil vere ein tyngre takkonstruksjon, som vil krevje ekstra støtte dersom den skal halde ut like lenge ved ein eventuell brannpåkjenning. Vidare bør det leggest til rette for røyklukar på det grønne taket, utan at det bidreg til meir brannutvikling, takvindaug er ei moglegheit.

Rapporten til Hoskins & Homer konkludera med at berekraftig design ikkje treng å medføre nedsett sikkerheit, men tiltak må utførast. Det er ikkje dokumentert ein aukande risiko for brann i bygningar med solceller (Nordløykken et al., 2016). Det er sløkking av ein eventuell brann som bør tas omsyn til ved prosjektering av bygningsintegreerte eller ettermonterte solceller. Solceller kan anten klassifiserast som bygningsintegreerte (BIPV) eller utanpåmonterte (BAPV), uavhengig må dei oppfylle krav i både byggteknisk forskrift og forskrift om elektrisk lågspenningsanlegg (NEK400)(Gullbrekken, 2022).

3.5.4 Ombruk av materialar

For å avgrense unødvendig ressursbruk snur byggebransjen seg til ombruk av materialar. For å illustrere tankesettet bransjen må vendas mot, for å snu frå lineær til sirkulærøkonomi, er ein utvida versjon av avfallshierarkiet utvikla og synast i Figur 3.21. Original produktdokumentasjon, dersom tilgjengeleg, er eit optimalt utgangspunkt til vurdering av eigenskapar før vidare bruk (Plessner, 2022). SINTEF, som ein del av forskingsprosjektet REBUS, har utvikla ein rettleiar for dokumentasjon av yting av brukte materialar, før ombruk (Kron et al., 2022a). Rettleiaren dekkjer alt frå vindaug til VVS utstyr. Den er eit utgangspunkt for ei sjekklister som ser på kritiske eigenskapar som oppbygging, brannklasse, lydreduksjon, helse- og miljøskadelege stoff, generell tilstand og meir. Det er anbefala dokumenteringsmetodar til dei ulike eigenskapane. I nyare tid har det dukka opp bedrifter som tilbyr verktøy og rettleiing innan ombruk. Selskapet Loopfront har ein digital plattform for kartlegging, logistikk og dokumentasjon av ombruk for kundane sine (Loopfront, 2021).



Figur 3.21: Utvida avfallspyramide, utarbeida frå (Bordi & Hasanbegovic, 2023).

Frå 1. juli 2023 vert det pålagt å utføre ombrukskartlegging av bygg som skal rivast eller rehabiliterast i stor grad (Byggforskserien, 2023; Segtnan, 2023). Byggforskbladet som skal rettleie kravet er allereie publisert, utarbeida av SINTEF og Resirqel. Råd og døme på korleis eigna komponentar kan identifiserast er inkludert i byggforskbladet.

Andre metodar for å få ombruksballen til å rulle er ein digital rettleiar frå direktoratet for byggkvalitet (Direktoratet for byggkvalitet, 2021a). Gjennom input om alder på byggevarer, eventuelt dokumentasjon eller sertifisering, samt andre opplysningar om byggevarene skal rettleiaren gje svar på om du kan selje vara. Først skal det stadfestast at det er ei byggevare det er snakk om, og omgrep forklarast gjennom døme. Dersom svaret er ja, er neste spørsmål om produktet skal ombrukas eller gjenvinnast. Også her forklarast omgrepa slik at det ikkje skal vere forvirring. Dersom svaret er at produktet skal ombrukas utan endringar er neste spørsmål kva som skal skje med vara. Her skiljes mellom internt ombruk, omsetting av byggevarer og kjøp av byggevare. Neste steg er om brukar ønskjer å CE-merke produktet, og det understrekast at det er frivillig å gjera det. Vel ein å frivillig CE-merke vert brukar bedt om å skaffe ny dokumentasjon på produktet og visar til byggevareforskipta (DOK). Dersom brukaren vel at han ikkje ønskjer å CE-merke vert endeleg utslag at produktet må nyttast i samsvar med krava i TEK17.

DIBK refererer også til andre kjelder som kan hjelpe på vegen. Ein link går til ei dansk side kalla *Materialeatlas*, altså eit atlas for ombruksmoglegheiter for materialar (Videncenter for Cirkulær Økonomi i Byggeriet, 2021). Brukaren kan velje å sortere ut relevante materialar gjennom kategori eller søkjeord. Sida visar kategoriserte men generelle produkt som til dømes membranar, som vist i Figur 3.22. Det gjeld for tidsepoken fram til 1919 og fleire typar membranar. Gjennom eit trafikkllys, der grøn tydar uproblematisk, gul tydar kanskje og rødt tydar at det ikkje er mogleg, visualiserar sida om materialet kan ombrukas eller ikkje. Først er det ein generell kategori, kan det brukast om igjen direkte eller kan det gjenvinnast. Deretter er eigenskapane til materialet sin innverknad på inneklima, eksternt miljø og arbeidsmiljø visualisert med trafikkljysfargar. Til slutt er det lista opp eventuelle farlege stoffar brukar må vere oppmerksom på.



Figur 3.22: Fargeforklaring og døme på vurdering av ombruk av membranar. Skjermdump frå (Videncenter for Cirkulær Økonomi i Byggeriet, 2021).

MALING PÅ OVERFLADER År: 1950 - 1977	
Direkte genbrug	⊗
Genanvendelse	⊗ ⓘ
Indeklima	●
Eksternt miljø	●
Arbejdsmiljø	●
Farlige stoffer	Polychlorede biphenylar Asbest Bly Cadmium Krom Kobber Nikkel Zink Arsen Kviksølv Kulbrinter Chlorparaffiner (kortkædede) Bromerede flammehæmmere

Figur 3.24: Døme på materialet som ikkje eignar seg for ombruk, maling frå 1950-1977. Skjermdump frå (Videncenter for Cirkulær Økonomi i Byggeriet, 2021).

GIPSPLADER År: 0 - 2020	
Direkte genbrug	●
Genanvendelse	●
Indeklima	●
Eksternt miljø	●
Arbejdsmiljø	●
Farlige stoffer	

Figur 3.23: Døme på materiale som eignar seg for ombruk, gipsplater uansett produksjonsår. Skjermdump frå (Videncenter for Cirkulær Økonomi i Byggeriet, 2021).

EU godkjente i 2020 ein standard, *European Assessment Document for Re-cycled clay masonry units* (Slapø, 2021). Som tittelen seier er det ein standard for dokumentasjon av ombruka tegl sine eigenskapar. Det tydar at brukt tegl etter standarden kan bli CE-merka, som igjen gjer at han kan seljast vidare i EU, samt EØS. Framgangsmetoden for utarbeidinga av standarden var å kartleggje alle typar skade tegl kan få, gjennom bygging og produksjon, samt demontering. Dei identifiserte skadane og deira omfang danner grunnlaget for dokumentasjon før vidare bruk.

Ulike typar tegl, frå ulike tidsaldrar og ulike byggeskikkar, vil egne seg ulikt. Svak mørtel kan reinsast av og gjere teglsteinane klar til å leggjast på ny. Medan nyare og robuste teglveggar kan delast opp i element og nyttast i nye fasadar. Teglstein har også potensiale til gjenvinning i ulike formar, noko som er eit steg lengre ned på avfallspyramiden. Andre materialar som er egna for ombruk er prefabrikkerte stål- og betongkonstruksjonar, massivtre og limtrekonstruksjonar, takstein og tekniske installasjonar som er relativt nye (Byggforskserien, 2023).

Ein rapport frå FRIC angåande oppgradering og ombruk av eldre dører har konkrete forslag til utbetring (Haukø et al., 2022). Det går i isolering og tetting av dør og ramme, samt minimere opningar. Handtak må tole høg temperatur og hengslar må vere robuste. Formålet er å hindre røykspreiing, sikre isolerande evnar og enkel rømming gjennom dørene.

Ein artikkel om ombruksprosjekt konkludera med at Noreg framleis er i eit pilotstadium når det kjem til renoveringsprosjekt med ombruk (Sandberg et al., 2021). Vidare er det hevda at det er FutureBuilt sine sirkulær-kriteria som er drivar for ombruk i dag. Lenge har juridiske og politiske rammar vore avgrensande for ombruksmoglegheiter. Økonomi er ofte faktoren som får siste orden i vanskelege avgjerder. Derav er det viktig å vise effekten av ombruk, konkret, gjennom referanseverdier på kostnader og kutta utslepp.

Læringspunkta frå pilotprosjekta i artikkelen referert til, er kortfatta at målsetting, krav, omdømme, eldsjeler, fleksibilitet og økonomi er suksessfaktorar (Sandberg et al., 2021). For å djupe ut er dei fleste ombruksprosjekt drevet av mål om å oppnå FutureBuilt status eller konkrete mål om reduserte utslepp. Å oppnå desse måla skapar godt omdømme og er ein indirekte motivasjon for fleire aktørar. Derav er det kritisk at faktiske resultat vert målt, og ikkje berre ønskja målsetting. Faktorar som reduserte kostnader, kutta utslepp og ombruksandel, vil gjere samanlikning enklare.

Ein ser tydelegare etter utførte prosjekt at det lønner seg å starte øvst i avfallspyramiden, sjå Figur 3.21. Å bevare vil typisk ikkje skape kostnader i form av frakt, logistikk og oppbevaring, samt materialar og produksjon (Sandberg et al., 2021). Unntak er dersom element midlertidig må flyttast på eller rehabiliterast. Intern ombruk er altså å føretrekke, eller så lokalt som mogleg. Ei utfordring er at dei fleste eksisterande bygningar ikkje er konstruert for å dekonstruerast. Demontering vil ofte vere tidkrevjande, og i somme tilfelle ressurskrevjande. Lærdommar kring demontering har skapt eit aukande fokus på å konstruere byggverk som kan demonterast, på enklare vis.

Usikkerheit kring ytingane til element som skal brukast om at, er allereie nemnt. Pilotprosjekta konkludera med at dokumentasjon og standardiserte testmetodar er essensielt (Sandberg et al., 2021). Vidare at det er naudsynt med eit samarbeid på tvers av verdikjeda, frå produsent til forbrukar. Materialane bør kunne sporast, materialpass nemnast som døme på eit vis å sikre at dokumentasjon følgjer produktet. Vidare krev det at prosjekterande i alle fasar av prosjektering, er opne for endringar. Ombruksmarknaden vil ikkje vere like stabilt som aktørar er vand med frå lineære økonomi-kjedar. Tidspunkt for leveranse, tilstand, volum og andre eigenskapar kan endre seg. Derav må designfasen vere fleksibel.

I eit foredrag om kvifor det er naudsynt med digital struktur for å lukkast med ombruk, nemnast volum, kostnad og pålitelegheit som tre nøkkel kriteria (Mason, 2023). Det må vere tilstrekkeleg med volum av materialar å arbeide med, nok å bruke om for at det skal vere nyttig. Det må investerast litt for å effektivisere på sikt, nett no er det ei utfordrande omvending. Og materielldata, prosessdata og dokumentasjon i ettertid er viktig, slik skapast eit system bransjen kan stole på. Dei tre punkta som vert nemnt som barrierar var økonomi, kultur og regelverk. Demontering framfor riving er tidkrevjande og dermed kostbart, sjølv om prosjektet sparar peng på materialbruk kan altså totalsummen vere større. Kulturen i dag, og dei siste tiåra har vore bruk og kast. Den mentaliteten må snuast, og bransjen må opparbeide seg nye erfaringar kring ombruk i staden. Regelverket kan også oppfattast som ei barriere for mange. Nasjonale berekraftsmål har satt rørsle i revisjonar i lovverk og forskrift kring ombruk, samtidig som norske og europeiske standardar på tema er under arbeid.

Når det kjem til ombruk av teknisk utstyr og system, til dømes branndetektorar og alarmsystem, er det liknande vurderingskriter å gå gjennom. Økonomi og estetikk vil ofte vere naturleg å dømme etter, i tillegg til alder og teknisk tilstand (Bordi & Hasanbegovic, 2023). Vidare bør vedlikehaldshistorikk, om tilgjengeleg, leggjast vekt på. Produkt må sjølvsagt vurderast opp mot funksjons- og sikkerheitskrav. Til slutt kan ei vurdering av praktisk gjennomføring og det heilskaplege, gjort av nokon med kompetanse, vere avgjerande.

For at ombrukskartlegging ikkje skal bli ein for omfattande prosess, kan ei liste over indikatorar som klassifiserer produkt som ueigna, vere ein fordel å ha. Til tekniske utstyr var til dømes synleg skade, redusert effekt, gamal teknologi, manglande CE merking eller miljøgiftig innhald teikn på at produktet er ueigna til ombruk (Bordi & Hasanbegovic, 2023). I byggforskbladet 700.803 listar dei observasjonspunkt som markering(klassifiseringstempel), materialsamansetting, utforming, funksjon, mengd, storleik og vurdering av tilstand, restlevetid og kor enkelt eller vanskeleg produktet kan demonterast (Byggforskserien, 2023).

Mykje av dei same sjekkpunkta gjeld for andre komponentar enn tekniske, altså utan synlege skadar, forventta lang levetid, lett å demontere, utan helse- eller miljøskadelege stoff, standard dimensjonar og stort kvanta (Byggforskserien, 2023). Vidare kan også antikvarisk eller økonomisk verdi vurderast. Miljøverdi kan også takast med i vurderinga, altså om det vil krevja store utslepp å erstatte komponenten. Om synlege eller kjente skadar derimot, seier byggforskbladet på ombrukskartlegging følgjande:

«Bygningskomponenter som har vært utsatt for større belastning enn de i utgangspunktet er lagd eller prosjektert for å tåle, kan ha skader som gjør at de ikke bør ombrukes i nye konstruksjoner. Eksempler på slike belastninger er jordskjelv, eksplosjon, overbelastning, dynamiske laster og brann. Et unntak kan være ombruk gjennom nedsirkulering, der det ikke er behov for de originale egenskapene.» (Byggforskserien, 2023).

4 Resultat

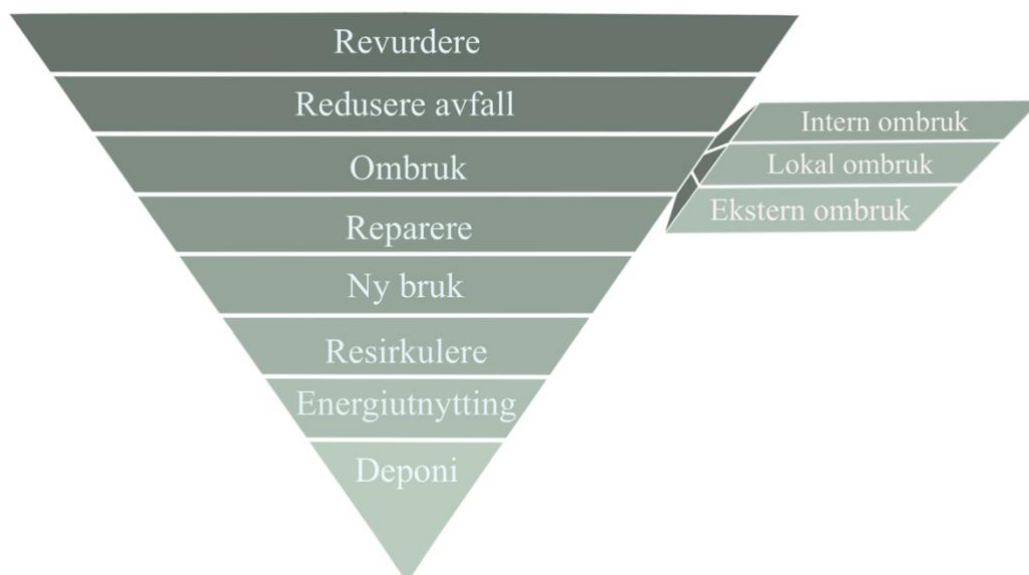
4.1 Resultat frå litteraturstudium

Funn frå rapportar og artiklar om branntryggleik ved rehabilitering og ombruk, er presentert i teorikapittelet. Her er resultat samla for å svare på problemstilling og spørsmål stilt i innleiinga.

4.1.1 Ombruk av bygningskomponentar

Avfallspyramiden skapar eit tankesett som redusera avfall og fremmar sirkulærøkonomi, sjå Figur 4.1.

- Revurdere – Å skape rom for å vurdere på ny, kan gje komponentar nye sjansar. Forhasta slutningar og nytt-er-betre tankegang kan føre til unødig avfall.
- Redusere avfall – Må alt skiftast ut, eller held det å skifte slitte eller øydelagde komponentar?
- Ombruk – Kan komponenten nyttast éin gong til, i eit anna miljø eller bygg?
- Reparere – Er det mogleg å setje i stand at komponenten? Er det redusert yting, funksjon eller kosmetisk som skapar eit ønskje om utskifting? Kan produsent eller andre med kompetanse oppsøkast og ta del i avgjerda?
- Ny bruk – Kan komponenten heilt eller delvis få ein ny funksjon?
- Resirkulere – Kan materiala som komponenten er bygd opp av rekonstruerast og danne noko nytt?
- Energiutnytting eller deponi – Dersom ingenting over er mogleg, avheng det av type materiale og tilgjenge, kva for avhending komponenten går til.



Figur 4.1: Utvide avfallspyramide med rangering av ombruk, utarbeida frå (Bordi & Hasanbegovic, 2023).

Sidan manglande kompetanse og usikkerheit verkar som ei vanleg barriere, er dei ulike ombruksrettlearane til nytte. DIBK sin gaid på ombruk og omsetting av materialar er ein snarveg framfor å navigere seg i regelverket, med tydlegare og rettleiande språk og tekst. Materialatlasen er eit oppslagsverk som reduserer tid brukt til å lese seg opp på materialar og deira eigenskapar. For å ta raske val eller overslag på ombruksprosent, kan atlasen vere eit nyttig hjelpemiddel.

Ut frå dei standardane som allereie er utarbeida, samt dei er under arbeid, dannast eit grunnlag for val og rådgivande vurderingar. Det er essensielt å ha anerkjente kjelder og rettleiing, når det eksistera usikkerheit på tema. Det same gjeld sertifisering, CE-merking og produktblad som kan understøtte eigenskapar og tryggje at materialar har tilfredsstillande yting.

Suksesskriteria for effektivt ombruk er lista opp under (Sandberg et al., 2021). Desse heng saman og handlar alle om at eit ønskje om sirkulærproduksjon. Det finnst ulike motivasjonsdrivarar for å setje i gang eit ombruksprosjekt. Frå start må alle involverte vere forberedt på at det vil ta meir tid enn eit typisk moderne byggeprosjekt, det vil krevje fleksibilitet av alle partar og det vil sannsynlegvis oppstå logistikkproblem. Tid og problem kostar pengar, dermed vil ikkje ombruk alltid vere det rimelegaste valet, sjølv om ein investera i færre nye materialar. For å tilfredsstillast materialkrav bør det vere dialog med produsentar eller distributørar for å kunne hente naudsynt informasjon om ytingane til produkt.

- Tidleg målsetting
- Krav om ombruk
- Fleksibilitet i prosessen
- Sette av tid
- Økonomisk spelerom
- Dialog med produksjonskjeda

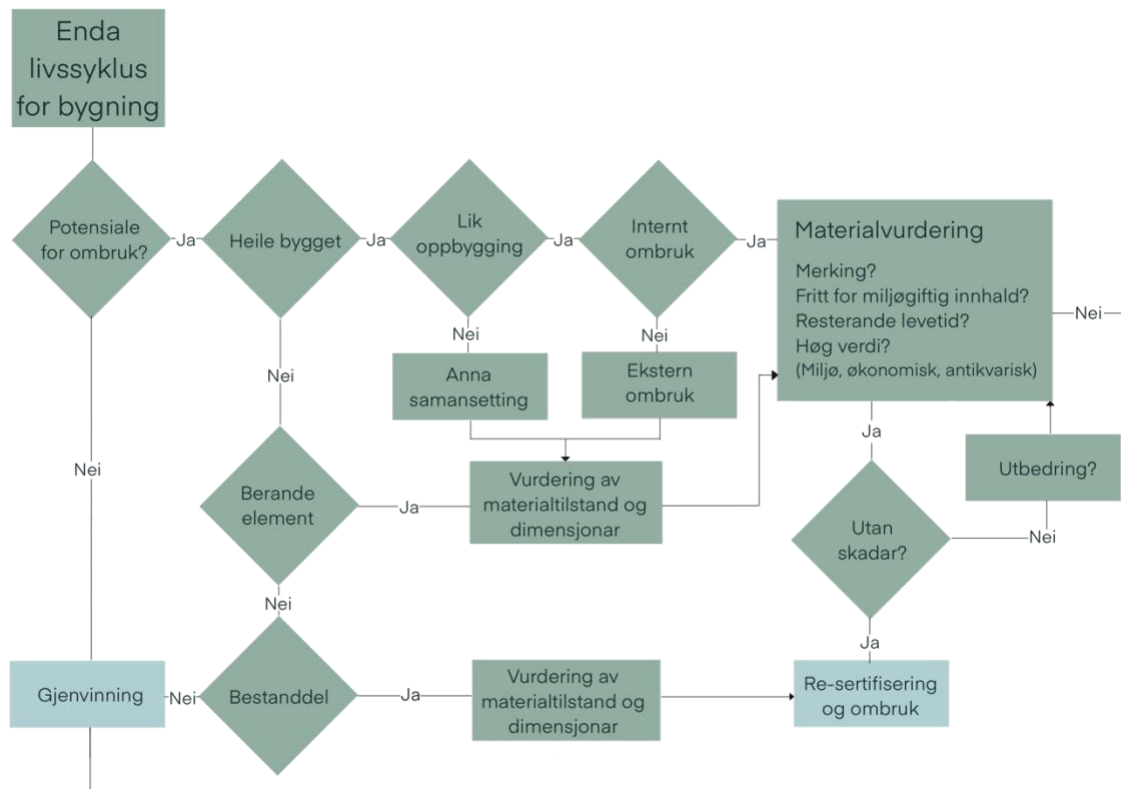
Røde flagg for ombruk av teknisk utstyr (Bordi & Hasanbegovic, 2023).

- Synleg skade
- Redusert effekt
- Utdatert teknologi
- Manglande CE-merking
- Miljøgiftig innhald

Røde flagg for ombruk av andre komponentar (Byggforskserien, 2023).

- Synleg eller kjent skade
- Manglande merking
- Miljøgiftig innhald
- Vanskeleg å demontere
- Lite kvanta
- Låg resterande levetid
- Låg verdi (miljø, økonomisk eller antikvarisk)

Utfordringane i prosessen kan altså vere mange. Interne og eksterne krav, målsetting og motivasjon er difor kritisk for at prosjektet skal gjennomførast. For å summere opp desse kriteria og prosessen, er Figur 4.2 utvikla frå eit flytskjema originalt brukt for ombruk av stålprodukt (Coelho et al., 2020).



Figur 4.2: Utvida flytskjema for ombrukskartlegging ved enda livsløp for bygning, utvikla og omset frå (Coelho et al., 2020; McNamee et al., 2021).

4.1.2 Rehabilitering av bygningsmassar

Det er økonomisk lønnsamt, energisparande og kan gje ein sosial gevinst, i form av kulturminne og historie knytt til bygningane. Generalitet, fleksibilitet og elastisitet skal gje bygningar lange liv, utan ressurskrevjande endringar (Sandberg et al., 2021).

På eldre byggverk kan typisk dampetting forbeholdt, treverk konserverast og berekonstruksjon styrkast, altså strukturell oppgradering. I somme tilfelle vil det også vere manglar og strukturelle feil hjå byggverket som vil vere meir ressurskrevjande å løyse, enn å rive.

Dei nemnar utsparringa eller utette dører, veggjar utan isolasjon, holrom i etasjeskillar eller veggjar, opne trappeløp, opne takkonstruksjonar og at bygningane typisk ikkje har brannceller, slik dei fleste moderne bygg har. Typisk er det store opne rom, gjerne over to etasjar, medan korridorar og gangar er smale.

Stenstad peikar på mykje av det same når det kjem til endre mur-gardar, altså vanskelege rømningsforhold, svake punkt i konstruksjonen som holrom og gjennomføringar, brennbare overflatar i rømningsveg og utfordrande tilgjenge for rednings- og sløkkjearbeid (Stenstad, 1983).

Barrierar som ønskje om opne planløysingar, giftige stoffar i eksisterande byggverk, overestimerte kostnader knytt til energioppgraderingar og nytt regelverk som omfattar auka branntryggleik, gjer at somme vel å rive og byggje nytt.

Spesielt bruksendring, der tal på personar i bygget, aktivitetar og inventar endrast, vil krava fortryggleikendrast. Sidan tal på personar og brannlast er dimensjonerande faktorar vil det ha innverknad på risikokalkulasjonar. Vidare kan også erfaring frå bruk gje indikatorar på kva for tiltak som fungera og ikkje.

4.2 Resultat dokumentanalyse

Samanlikning av HFS sine vurderingskriteria og det norske regelverket si oppbygging og TEK17 anbefalingar. HFS skal kunne brukast i samband med ulike nasjonale retningslinjer. TEK17 er detaljert, og har rettleiing til alle punkt i regelverket, derav mange spesifikke underpunkt. HFS derimot er eit spørjeskjema av dei samanlagte tiltaka, som skal danne eit bilete av dei generelle branntryggleiksstrategiane. Brannkonsept skal typisk skildre desse strategiane, men nyttar TEK17 og andre rettleiingar som grunnlag. Konseptet brukt i analyse her er bygd opp likt som TEK17, men avklaringar før og etter om grunnlag og føresetnadar for bruksfase og liknande. Fråvik er dokumenterte ved relevante punkt, samt vald kompensasjon av fråviket.

Skilnadar avdekkja i dokumentanalyse:

- Medan TEK17 nyttar risiko- og brannklasser for å estimere nivå av tryggleik og konsekvensar, basera HFS seg på kalkulert risikoindeks.
- TEK17 er tydeleg på krav kring spreieing av brann mellom bygg. I HFS er det ingen punkt som spesifikt nemner kringliggjande bygningsmassar, men strukturell integritet og brannskilje som legg til rette for sløkkjearbeid er underpunkt.
- Det same gjeld røyk- og brannspreieing mellom plan, i installasjonssjakter eller heissjakter.
- Gjennomføringar av rør og kanalar er ikkje direkte nemnt, kan inngå i punkt om forbetra brannskilje i brannteknisk oppdeling.
- Medan TEK17 går i detalj kring krav om universell utforming når det kjem til rømning og redning, samt utforming av rømmingsvegar, er det i HFS hovudsakleg fokus på sikring av rømmingsvegar. Forbetra brannskilje som legg til rette for rømning, at rømmingsvegar har avgrensa med brennbare materialar og at rømmingsvegar røykventilerast.
- I HFS er fokus på brannstrategiar, derav punkt som spør om spesielle sikre, ventilere og sløkke strategiar. TEK17 er formulera som konkrete krav innafor alle bygningsdelar og ytingar til bygget, basert på brannklassen.
- Deteksjon av brann er ein utvida kategori i HFS, der det er rom for spesiell overvaking eller deteksjon i ulike områder. TEK17 fokusera heller på alarmsystem og varsling. Det er gitt kva for byggverk som kan nytte seg av optisk røykvarslar og kvar deg trengs alarmanlegg.
- HFS har fleire punkt som går på trenna personell. TEK17 skildrar krav om evakueringsplanar for byggverk i dei to høgaste risikoklassane, der evakueringsansvar kan tildelast tilsette. Tilrettelegging for manuell sløkking er også nøye skildra i TEK17, men trenna personell eller tilsette er ikkje nemnt i den samanhengen.

4.3 Resultat frå kasssstuide

Excel dokumentet nytta til å kartlegge kasssstudie med HFS metoden tilgjengeleg som vedlegg. Det først arket er ein tom mal og ark nummer to er tala frå kasssstudie plotta inn. I tillegg til å nytte brannkonseptet som døme på bruk av HFS metoden, er læringspunkt frå gjenbrukshuset også lista opp.

4.3.1 Kasusstudie - Festivitetten Larvik HFS

Inndata kjem av brannkonseptet, som er samanfatta i kapittel 2.6.1 Gjenbrukshuset Festivitetten, Larvik. Hyppigheit av tenning, F_i , er estimert til 0,046 for restaurant og 0,04 for kontor (Brzezińska & Bryant, 2020). I brannkonseptet er areala klassifisert etter TEK17 sin risikoklasse 5 for restaurantområdet og risikoklasse 2 for kontorareal. Som inndata i kalkulasjonane er 0,046, den største hyppigheita, den som er nytta. PH, potensiale for ulykke er satt til 9,4 for å samsvare med basisstrategien. Talet er ikkje langt frå det som er nytta i døma frå Brzezińska & Bryant.

I første kategori, tenningskjelder, er reell skår og basisskår lik. Spørjingane går på kontroll, testing og avgrensing av tenningskjelder. Tekniske rom er i egne brannceller, medan kjøkkenet er i eit halvope rom i første etasje. Det er opp til eigar å sørge for at kontroll og testing av elektrisk system og andre potensielle brannfarar vert utført i bruksfasen, i samsvar med regelverket.

Når det kjem til brennbare materialar har TEK17 klare krav til yting av materialar brukt i bygg, etter kva for klassifisering det har. Det synar ikkje avvik frå dette i brannkonseptet. Når det kjem til regulering av mengde brennbare materialar, er det teken utgangspunkt i brannenergien til kontor, per golvareal, og at bygget ikkje vil overstige kravet for brannenergi per omhyllingsflate. Det er ikkje konkret skildra at det er avgrensing i mengde brennbare materialar i rømmingsvegar eller i fellesareal. Trapperom er ikkje gunstige lagringsplassar, men trappene er i seg sjølv av tre, altså brennbare. Det er altså ikkje noko krav frå regelverket som ikkje er tilfredsstilt, men det er ikkje særleg fokus på å unngå brennbare materialar i bygget.

Brannceller og seksjonering er tydeleg markert på arbeidsteikningar. Det eksisterte allereie ein brannvegg, mot nabobygg, på vest fasaden som har god nok yting. Men på nord fasaden eksistera det vindaug og dører, dermed tilfredsstiller ikkje veggen kravet til brannvegg mot nabobygg. Det er eit fråvik som må kompenseras for. Som nemnt er både tekniske rom og trapperom eigne brannceller. Beresystemet skal etter TEK17 tilfredsstille R90, men er her satt til R60, grunna praktiske orsakar kring utføring. Fråviket må kompenseras for. På denne noden skårar altså reelle tiltak dårlegare enn utgangspunktet, basisen.

Når det kjem til taktikk for å kontrollere røykspreiing er det råda til å nytte «trekk ut» prinsippet i konseptet. Altså eit ventilasjonsanlegg som reagera dersom tillufta inneheld røyk eller høg temperatur, og deretter trekker ut røyk. Det er skildra at røykventilasjon eksistera i trapperom, det styrast manuelt frå inngangspartiet. Preaksepterte løysingar i TEK17 seier at «*Trapperom som er rømningsvei i byggverk med flere enn to etasjer, må røykventileres*» (Direktoratet for byggkvalitet, 2017a). Festivitetten har tre etasjar og kjeller, bygget er dermed pålagt kravet og oppfyller det.

Neste punkt handlar om deteksjon og varsling av brann. Det er plassert ut fleire manuelle meldarar i fellesareal og bakrom. Vidare er det ikkje noko spesielle deteksjonsmetodar eller teknologi nytta. Det er det heller ikkje stilt krav om.

Som aktivt tiltak er heile bygget utstyrt med sprinklaranlegg, det gjeld open rom, trapperom og kritisk fasade. Det er ikkje noko spesielt utstyr som skal vernast om, men bygget i seg sjølve og nøkkelområder som rømmingsvegar. I tillegg er fasaden mot nord med vindauge og dører, sprinkla, som eit kompensierende tiltak. Det er sprinklaranlegget som dekkjer bygget som kompensera for fråvik av beresystemet si yting. Sidan det ikkje er krav om sprinklaranlegg er dette ein post kvar det synast godt i diagrammet at det kompensierast.

Det er nemnt at brannalarmanlegget som er plassert i bygget er kopla direkte opp mot sentralen til brann- og redningstenesta. Med plassering i tettbygd område med fare for rask spreiding av brann, er det under 10 minutt utrykkingstid medrekna, som er innfor nasjonale retningslinjer. Det er teikna inn tre moglege angrepsvegar for innsatsstyrkane på brannteikningane, ved sør og nord side av bygget. Hovudangrepsveg er i sør, via hovudinngang på plan frå gate, ved oppstillingsplass for utrykkingskøyretøy. Dei to angrepsvegane på nord fasaden er ikkje like tilgjengelege frå gateplan. Gesimshøgda er på ni meter og reknast som høgt bygg. Her landar rangeringa likt som basisen, ingen fråvik eller kompensasjon.

Til slutt er det markert på brannteikningane fleire manuelle sløkkjeapparat i bygget, i tillegg til ein brannslange bak restaurantarealet på første plan. Brannslangen oppfylla kravet som gjeld for bygg i risikoklasse 5, medan resterande areal berre treng handhalde brannsløkkjeapparat. Det er ikkje naudsynt, ifølgje regelverket eller brannkonseptet, å ha noko anna form for spesielle sløkkjesystem. Visse tider av døgnet vil det vere tilsette til stades på restaurant-areala, desse har betre føresetnadar til å rettleie og eventuelt sløkkje ein eventuell brann sidan dei er betre kjent enn gjestar og besøkande. Det er ikkje nemnt spesifikt, men opplæring og trening av tilsette kan vere eit effektivt organisatorisk tiltak i bruksfasen.

For å summere opp er det sprinklaranlegget og direktevarsling til 110-sentralen, samt røykventilasjon som er dei mest sentrale tiltaka i konseptet. Sprinklaranlegget kompensera for at ytinga til beresystemet ikkje er etter regelverket. Fasadestrukturssystemet kompensera for vindauge i ufullstendig brannvegg på nord fasaden. Diagrammet viser middels og jamn skår over høgre side, altså passive tiltak. Det som ikkje er på same nivå som basis er den brann avgrensande kategorien, som er tungt kompensert for på den aktive kategorien brannsløkking, samt noko på kontakt og tilgjenge for brann og sløkkjemannskap.

Vekt av dei åtte kategoriane har innverknad på den endelege brannstrategi risikoindeksen. Vekt synast ikkje direkte i diagrammet, men altså berre i den endelege samanlikninga av basis strategi mot reell strategi. Sidan det ikkje er vanleg praksis å vekte etter desse kategoriane i brannkonsept er det lagt fram fem ulike vekt-senario og deira resultat i Tabell 4.1, for å vise effekten.

Første scenario er alle kategoriane like mykje vekta, standard fordeling. I neste scenario er det vald å vekte kategori nummer tre, for å understreke den kritiske plasseringa av bygget og dei ulike risikoklassane. Det er skildra at området er utsett for rask brannspreiing mellom bygg, noko som vil ha ytterlegare konsekvensar både for intern og ekstern brann. Internt i bygget kan det også vere stor skilnad på menneskeleg åtferd under brann, at brannceller er kritiske for tryggleiken.

I neste senario er også røykkontroll ein tyngre node. Tanken bak det senarioet er at røyk kan hemme rømming, særleg frå opne brannceller over fleire plan i besøkslokalet eigna for eit par hundre menneske. I tillegg kan røykskadar på bygget vere utfordrande å tilbakeføre eller erstatte. Senario nummer fire vektar i tillegg kontakt og tilgjenge til brann- og redningstenesta, med nokre av dei same årsakene som senario to. Rask utrykking og god dekning for sløkkjemannskap kan vere kritisk for å hindre vidare spreiding av brann i det tette området. Til slutt er det eit senario der alle dei tre nemnte er vekta tyngre, med romdeling som aller tyngst.

Tabell 4.1: Eit utval senario som visar utslag av kategoriane ulikt vekta.

Kategori	Senario 1	Senario 2	Senario 3	Senario 4	Senario 5
TK	0,125	0,111	0,100	0,091	0,067
BM	0,125	0,111	0,100	0,091	0,067
RD	0,125	0,222	0,200	0,182	0,400
RØ	0,125	0,111	0,200	0,182	0,133
DE	0,125	0,111	0,100	0,091	0,067
BS	0,125	0,111	0,100	0,091	0,067
KT	0,125	0,111	0,100	0,182	0,133
MS	0,125	0,111	0,100	0,091	0,067
FSRI r	0,034	0,035	0,034	0,032	0,039
FSRI b	0,046	0,044	0,046	0,046	0,046

I alle senario er risikoindeksen for strategien lågare for reelle tiltak enn for utgangspunktet, ankra i regelverket. Det tydar strategien er god nok, ifølgje HFS kartlegginga slik den er tolka her.

4.3.2 Festiviteten Larvik, gjenbrukshuset

Prosjektet har altså fått tilnamnet gjenbrukshuset, grunna bevaring av bygningsmassane til murbygget, samt delar av trebygget, og grunna fokus på å velje brukte materialar der det skulle tilførast nye. Trapp i publikumsløkalet vert demontert for å settast i stand at og montert på ny (Alfa Eiendom, 2021). Trappa har ei breidde på 1,7 meter og skal handtere personlastane, saman to trapperom (Tr2) og ei anna trapp (Tr1).

Som ein del av prosjektmålsettinga avgjorde teamet kva for soner som skulle tilbakeførast heilt og kva soner som skulle få ei tilnærming. Teamet arbeida kring stålsøyler, utnytting av planløyising og detaljar som skapte riktig uttrykk utan å bruke store ressursar. Etter tiltak som sprinklaranlegg vert innført, uttrykte teamet at det ikkje var konflikt med brannsikkerheit i gjenbrukshuset. Dei fire trappelaupa og moglegheita til å integrere sprinklaranlegg la til rette for rømming.

5 Diskusjon

5.1 Delmål 1 – Heilskapleg branntryggleik

Kan HFS legge til rette for meir berekraftig prosjektering av rehabiliteringsprosjekt?

I. På kva nivå ligg dagens prosjekteringsmetodar?

Metodar

Preaksepterte ytingar er standardiserte løysingar som tilfredstillar krav om branntryggleik. Ved å bruke desse er prosjekterande sikra at alle krav oppfyllest. Dei kan avgrense materialval, utforming, byggeskikk og estetikk. Dermed er det sjeldan gunstig å nytte desse løysingane i meir komplekse byggverk. Løysingane har status som sikre, men er ikkje særleg fleksible.

Når det er fråvik frå preaksepterte løysingar må det nyttast analytiske metodar for å sikre like god yting. Desto fleire analysar og verktøy som nyttast, desto sikrar vert resultatet. Det er ressurskrevjande å prosjektere analytisk framfor å nytte preaksepterte løysingar, i form av tid og kunnskap. For å fråvike frå sikkerheitskrav må det nyttast ekstra tiltak, som skal gje like god eller betre yting. Det kan vere utfordrande å prove. Ulike metodar har varierende grad av truverd. Det kjem også an på mengda analyse som vert utført, mengda og kvaliteten på metodane avgjer deira truverd.

TEK17 presentera alle krav og rettleiing til korleis desse tilfredsstillast. I §11 er både prosjekteringsgrunnlag og preaksepterte ytingar presentert, i ulike kapittel. Desse paragrafane er typisk utgangspunkt til brannkonsept, som ei slags sjekklister. Dermed er det lett å sjå om eit kapittel eller punkt manglar. Brannkonseptet nytta til dokumentanalyse i oppgåva nyttar same rekkjefølgje som TEK17. Der fråvik frå preaksepterte ytingar oppstod var grunnen til fråviket og korleis det vert kompensert, skildra under same punkt.

Handtering av fråvik

Nokre stadar i rettleiinga til TEK17 er det døme på preaksepterte ytingar som kompensera for andre krav. Det kan gje ein peikepinn på korleis handtere fråvika. Når det ikkje er direkte openlyst korleis det bør kompensera, eksistera det mange tiltak å velje mellom. Som i kasusstudie er det nytta sprinklaranlegg, som det ikkje er krav om i bygget, for å kompensere for fleire fråvik. Det er eit krav om sprinklaranlegg i bygg med høgare risiko eller areal. Eit tankesett er altså å nytte tiltak som gjeld for meir utsette eller større byggverk, gå opp eit sikkerheitsnivå på eit eller fleire områder.

Kompenserande tiltak kan ikkje veljast tilfeldig, men bør vege opp for fråviket i det store bilete. I kasusstudie vil til dømes sprinklaranlegget hemme utviklinga av brann, og kompensere for at beresystemet ikkje er dimensjonert for å tole 90 minutt brannpåkjenning med berre 60 minutt. Det vil altså forlenge ASET, tilgjengeleg rømmingstid. Fråviket var grunna ønske om å verne mest mogleg, og det ville ha krevja omfattande ombygging å auke kapasiteten til beresystemet. Men ikkje alle tiltak kan kompensere for alle fråvik, forbetra avgrensing av røykkontroll vil ikkje vege opp for mangel på deteksjon av brann, til dømes. Det må argumenterast for kvifor det valde tiltaket vil kompensera for fråviket. Det krev eit godt overblikk over eventuelle brannforlaup og den samansette strategien.

II. Kva vil ein heilskapleg metode tilføre, av både fordelar og ulemper?

Overblikk

Det visuelle overblikket som radardiagrammet skapar er merkbart. Det sortera tiltak på eit anna vis enn det teknisk forskrift og brannkonsept typisk gjer. Diagrammet kan vere grunnlag for vidare analysar og diskusjonar kring strategi. Mot brukar og kunde kan det vere eit verkemiddel for betre forståing av strategiar og premiss.

Validitet

Diagrammet er berre så truverdig som brukaren bak. Alle verdiar, både for basislinja og for reelle tiltak, må fyllast inn manuelt. Det krev forståing av regelverket, moglege tiltak, lokale premiss og generell forståing av faget. Dermed er det heilt avhengig av personen som utførar rangeringa, kva som tolkast og vurderast som høgt eller lågt. Det er understreka i artikkelen om metoden at spørjingane var utviklar i eit større ekspertteam, og det same bør brukarane vere for å nytte metoden. Det skapar eit breiare blikk, betre forståing og kan utelukke misforståingar. Eit slik ekspertteam, brannrådgivarar, forvaltar, eigar, forsikringsansvarleg, entreprenør og brann- og redningstenestepersonell, til dømes, er eit ressurskrevjande team. Bruk av metoden vert plutselig tungvin dersom for mange skal involverast. Samstundes kan alle desse relevante meiningar, innvendingar eller oppklaringar kring brannkonseptet.

Andre fokuspunkt enn TEK17

Det er fleire punkt på kontrollar, administrasjon og organisatoriske tiltak. Konkrete rutinar for kontroll er sjeldan spesifisert i brannkonsept, men er eigar sitt ansvar å følgje opp etter internkontrollforskrifta. Vidare er deteksjon av brann ein eigen kategori i diagrammet, medan varsling og brannalarmanlegg knapt er nemnt. I TEK17 opplevast det motsett, altså eit større fokus på ytingar knytt til alarm framfor deteksjon. Desse to tiltaka heng tett saman og det kan vere mistolkingar i omsetjing som skapar ein slik skilnad. Spørsmålet vidare er om spørjingane skal endrast slik at dei samsvarar betre med TEK17. Det vil føre til at alarmsystem sin effekt på redusert rømmingstid, ikkje vil synast like godt i det endelege diagrammet. Få spesifikasjonar kring deteksjon i eit brannkonsept kan føre til svake skårar i den kategorien.

Fleksibel ramme

Noko av poenget med metoden er at den skal støtte analytisk prosjektering, som skil seg frå preaksepterte ytingar. Det skal vere ei fleksibel ramme, som er open for ny teknologi og teknikkar. Når det er sagt, så kan det opplevast utfordrande å rangere skårane når formuleringane er uspesifikke. Spørjingane bør vere generelle, men skape rom for eit breitt utval teknologiar og metodar for brannsikring. Sidan det er opp til brukaren å tolke spørjingane bør dei vere konkret nok til at det ikkje vert store differansar i tolkingar og bruk. Men opne nok til at ikkje-forutsette tiltak og strategiar kan implementerast.

Eit døme er røykgardiner, som kan hindre røykspreiing til rømmingsvegar. Skal deira effekt gje poeng innafor kategorien for røykkontroll, er den einaste spørjinga som ikkje spesifikt omhandlar ventilasjon av røyk følgjande «Røykkontrollsystem som let kritiske prosessar halde fram under brann». Der kritiske prosessar ofte kan tolkast som prosessar som er samfunnskritiske held fram. Det er mogleg å tolke at rømming er ein slik kritisk prosess. Eller bør røykgardiner gje poeng i kategorien for brannteknisk oppdeling, og seie at dei skapar «særleg vern frå områder med høg risiko for brann» eller «forbetra brannskilje som legg til rette for sløkkje og redningsarbeid». Det er heller ikkje direkte feil. Gardiner kan nyttast som verne for rømmingsvegar i ope areal, der det er risiko for brann. Å avgrense røykspreiing vil også gjere redningsarbeid enklare. Er det da riktig at eit slik tiltak skal stå for poeng i fleire kategoriar? Dersom tiltaket har fleire funksjonar eller effektar er ikkje det feil frå kartleggingsperspektivet. Realiteten er at tiltak ofte har fleire effektar, og bør få poeng for dei. Risikoen er at effekten av eit tiltak overvurderast, og legg lit på at det skal kompensera for fleire fråvik. Det kan bli kritisk i ein situasjon der tiltaket ikkje fungera som prosjektert.

Dømer

Innanfor kategorien romdeling bør ei av spørjingane ta for seg spreiiing utover til kringliggjande bygningsmassar. Dersom det ikkje eksistera kringliggjande byggverk eller det ikkje er kritisk, vil basisskåren vere låg. Fordelinga av skår kan baserast på TEK17 §11-6 sine rettleiingar for å hindre spreiiing mellom byggverk. Det er fleire av dei eksisterande spørjingane sikkerheitstiltak etter §11-6 kan gje poeng, det bør utdjupast i rettleiing til metoden korleis gå fram.

Røyk- og brannspreiing mellom plan, i holrom, installasjonssjakter og heissjakter bør også gje poeng i kategorien for røykkontroll og romdeling. Brannspreiing gjennom sjakter er peika på i fleire rapportar om eldre bygg, som typisk har holrom. Det kan skape eit upårekneleg brannforlaup når brannen spreiar seg i skjulte rom, saman med røyk. Ved å sjå slik på det kan poeng komme under fleire av spørjingane om forbetra brannskilje. Det same gjeld gjennomføringar for elektriske kanalar og rør. Dersom dei går gjennom brannskiljande konstruksjonar er det krav til yting av tettingsmaterialar og utføringa.

Rømmingsstrategiar dekkast av både aktive og passive tiltak, brannteknisk inndeling, materialytingar i rømmingsveg, sløkkjesystem og røykkontroll. Innafor desse kategoriane er det ingenting om universell utforming, ledesystem, naudlys og funksjonar som skal sikre enkel og rask rømming. Det er passive tiltak, med fokus på rømming og personsikkerheit. Det er ikkje noko openbart enkelttema som desse bør gje poeng til. Ledesystema skal sikre at menneske rømmar raskt i riktig retning, tross røykutvikling. Såleis kan det passe seg at tiltaka gjer poeng i kategorien for røykkontroll. Men kategorien kvar dei originale spørjingane nemnar rømming oftast er under romdeling, altså forbetra brannskilje.

Når det kjem til trena personell som fleire av spørjingane under manuell sløkking går på, er det sjeldan utdjupa i brannkonsept sidan det ikkje er direkte krav om det i TEK17. Her er det nok variasjon i norm, praksis og regulering i ulike byggverk. Organisatoriske tiltak i same dur er vanleg. Tilgjenge av manuelle sløkkjeapparat er krevja. I risikoklassifiseringa i TEK17 er eit av dei avgjerande punkta «Personer i byggverk kjenner rømningsforhold, herunder rømningsveier, og kan bringe seg selv i sikkerhet» (Direktoratet for byggkvalitet, 2017b). Det er skilnad på å finne rømningsveg på eigenhand og å vere kapabel til å manuelt sløkkje eit brannutbrot. Som ein del av branntryggleiksstrategien kan konseptet krevje at alle tilsette, bebuarar eller faste besøkande har opplæring i manuell sløkking og assisterande evakuering.

Risikoindeks

Utrekning av risikoindeks basert på konsekvens og sikkerheitstiltak skal gje eit endeleg svar på om strategien er OK eller ikkje. Der inndata i likningane er sum av sikkerheitstiltak og basistiltak etter at dei er vekta. Dersom éin eller fleire av kategoriane er meir viktig i det aktuelle prosjekt, ut ifrå målsettinga avgjort først i kartlegginga, kan dei altså multipliserast med ein større faktor enn dei resterande kategoriane. Dermed vil den eventuelle kompensasjonen eller fråviket frå basisstrategien i den kategorien utgjere meir i den endelege summen.

Vidare inndata er ein faktor for kor hyppig brann vil oppstå i bygget, Fi. Og ein faktor som skal representere kor store konsekvensar det kan bli dersom det oppstår ein brann i bygninga, PH. Det er ikkje nasjonale standardiserte tal eller tabellar å hente desse faktorane frå. Dei må utarbeidast av fagkyndige med god oversikt over bygget. Dei kan baserast på data frå tidlegare brannar i liknande byggverk, eller på liknande lokasjonar. Men utan ei betre rettleiing på korleis brukaren skal velje desse faktorane, er grunnlaget svakt.

I resultatata frå kasusstudie er det nytta verdiar frå ei tidlegare kartlegging på eit bygg med liknande bruksområde. PH skal sjåast i samanheng med PM, som for basis var 10,3 og 13,5 for reelle sikkerheitstiltak. PH var sett til 9,25 som er lågare enn begge verdiane for PM. Det tydar at sikkerheitstiltaka har større kapasitet enn den potensielle konsekvensen. PH bør ha vore utarbeida med tanke på konsekvensane for kringliggjande bygningsmasse, verneverdi, potensiale for tap av menneskeliv, materialistiske og sosiale verdiar og miljø. Det er altså tenkeleg at verdien bør vere større, men utan solid utrekningsgrunnlag eller relevant data kan det ikkje seiast sikkert kva den bør liggja på. Det same gjeld Fi. Sjølv om det i nyare tid har blitt kartlagt fleire brannar i byggverk, etter årsak og bygningstype, som kan leggjast til grunn for verdiane, har den framleis stor usikkerheit.

Dei store utryggleiken kring desse faktorane i utrekning av risikoindeks, svekkjer det punktet i metoden. Det var eit håp at denne kartlegginga skulle fungere som ei understøtte av analytisk brannprosjektering, og redusere skepsis. Eit svart kvitt svar, ja eller nei, på om strategien er god nok hadde hjelpt. Men eit svak grunnlag for éin eller fleire faktorar svekkjer heile resultatet, og kan skape falsk tryggleik. Som skildra i teorien eksistera det fleire metodar for å rekne seg fram til ein risikoindeks eller eit liknande tal som symbolisera moglege konsekvensar for eit bygg. Dersom det er ønskje å få eit slikt resultat frå HFS kan risikokalkuleringa modifiserast gjennom andre anerkjente metodar.

5.2 Delmål 2 - Ombruk

Er branntryggleik eit hinder for ombruk eller rehabilitering?

I. Branntryggleik ved ombruk av bygningskomponentar

Sirkulær bransje

Det er tydeleg at det er eit veksande marknad for kjøp og sal av materialar, i varierende storleik. Fleire aktørar er på ballen for å gje råd og utviklar digital, logistikk løysingar til bransjen. Å endre tankesettet til dei som tek vala, som skal designe og prosjektere, er det største utfordringa. Fleire har hivd seg på ombruksbølga i håp om betre og grønarare omdømme. Før logistikk og systemet rundt er på plass, er det fleire kjelder som meina at det ikkje er økonomisk lønnsamt enda. Vidare er det gjentakande at manglande kunnskap blir ei stor dørstokkmil for dei fleste. Fleire gaidar og rådgivarar på tema er tilgjengelege, slik sett kan det sjå ut til at dei barrierane kan forsvinne.

Eit ønske om ein sirkulær byggebransje frå øvre hald har sett i gang lov- og forskriftsendringar. Standardar for ombruka tre er under arbeid og skal på høyring i 2024, dei omfattar alt frå terminologi og reinheit til styrkesortering. Standard for tilstandsanalyse har eksistert lenge og no utarbeidast ein europeisk standard på evaluering og val kring rehabilitering av eksisterande bygningar. Standardane og rettleiing frå DiBK vil tryggje aktørane i bransjen når dei ønskjer å snu drifta.

frå produsentar sin ståstad vil sirkulærøkonomien verke svekkande for drifta. Ei løysing kan vere å stille om drifta til fokus på reparasjon, rådgiving og vedlikehald for ombruk. Resertifisering og gjen-testing kan også vere av nytte. Etableringa av slike ei at produsentane aukar interessa for å ha dialog kring ombruk.

Materialmerking

Materialatlas som gir peikepinnar på kva for eigenskapar brukte materialar vil ha når det kjem til inneklima og miljø, er eit godt verktøy for ombrukskartlegging. Testing og forskning på komponentar, samt rettleiing til korleis dei kan oppgraderast til betre yting kjemt til å etterspørjast meir. Det gjeld spesielt brann- og konstruksjonssikkerheit. Original dokumentasjon er eit godt utgangspunkt til å avgjere eit produkt sine eigenskapar, etter bruk. Produsentar bør presisere dersom deira produkt ikkje vil oppretthalde spesifikke ytingar over tid. Ofte har dei oppgitt ei levetid, som garanterer oppgitte ytingar i den tida frå produksjon.

For å systematisk gå fram bør forskinga starte med ytingane krevja i forskrifta. Røykproduksjon, utvikling av brennande dropar, bidrag til brannutvikling, brannmotstand, integritet og bereevne er dømer på dei vanlegaste ytingane produkt og element på tilfredsstillende krav til. Deretter undersøkje eller forske på kvar eigenskap hjå produkta. Vil trekledninga utvikle meir røyk etter eit fleire år med bruk og miljøpåverkingar? Eller vil plastrøyra lettare utvikle brennande dropar etter slitasje over lang tid? Og så vidare. Nokre punkt kan nok avklarast raskt, medan andre er krevjande å forske på. Dersom det kan identifiserast faktorar eller miljøpåverknadar som endrar strukturen i slik grad at ytingane faktisk reduserast, kan produkta utbetrast eller vernast om slik at dei toler meir og lev lengre. Eller nytte kunnskapen til å sikrare kartleggje kva for materialar som er modne for utskifting og ikkje. Slik kunnskap hadde også komme til nytte for ombruks- eller brannrådgivarar, som typisk må ta den endelege avgjerda i slike situasjonar.

Fleksibilitet

Eit av suksesskriteria nemnt tidlegare var fleksibilitet, i design prosessen. Å ha rom til endring i planane er viktig når tilgjenge, kvanta og eigenskapane til produkt ikkje er garanterte. Eit meir heilskapleg bilete av branntryggleiksstrategien kan skap eit slikt rom for brannrådigvaren. Kanskje må det kompensere for usikkerheit kring yting av element. Altså anta lågare yting enn originaldokumentasjon visar eller ha brannsenario kvar konsekvensen av ulike eigenskapar hjå det gjeldande produktet synast.

II. Rehabilitering av bygningsmassar

Førebyggje brann

Generalitet, fleksibilitet og elastisitet er grunnpilarane for ein bygningsmasse som skal vere funksjonelt over lengre tid. Det ligg store potensiale i eksisterande bygningsmassar, i form av energieffektivisering og til andre formål. Ikkje all bygningsmasse eignar seg for vidare bruk, tilstandsanalysar og berekraftsvurderingar innanfor økonomi, sosial og miljøaspekt kan indikere potensiale i ein bygningsmasse. Rehabilitering bør fokusere på branntetting, utbetring av brannskilje og integritet i bereelement, trygge og tydlege rømmingsvegar og etablering av strategiske brannceller. Sjølv om statistikken i Figur 3.17 er ufullstendig er det interessant å samanlikne hyppigheita av brannskadar med byggjeår, byggestil og teknikk. Å lære av tidlegare brannskadar kan utbetre strategiar for brannsikring ved rehabilitering av bygningsmassen.

Prosjektet i kasusstudie og andre rehabiliteringsprosjekt syner at det er mogleg å utnytte dei finurlege planløyningane, tilbakeføre og utbetre bygningsmassen slik at bygget får at sitt originale uttrykk. Dei mange trappelaup og korridorar sikra rømmingsvegar frå dei ulike opphaldsromma og brukseiningane i bygget. Tilbakemeldingar etter ferdigstilling tydar at elastisitet er pilaren som Festiviteten har minst å gå på (Liverød jr. & Riise, 2023). Somme areal er ikkje nytta til planlagde formål grunna plassmangel. Utanom det er dei ulike delane fleksible areal som kan nyttast til fleire formål. Generaliteten er nok også avgrensa, dersom det vidare skal oppretthaldast alle tilbakeføringane som er gjort. Bruksendringar og framtidige ombyggingar vil vise om det er realiteten. Per i dag oppfyller bygget dei fleste ønska bruksområda, har ein branntryggleiksstrategi som let original bygningsmasse stå, medan persontryggleiken er teken hand om.

HFS

I kasusstudien var det ytinga til berekonstruksjonen som var det største fråviket. Gjennom HFS kartlegginga illustrerast det visuelt i radardiagrammet, i den passive halvdelen. Det er vanskeleg å sjå direkte ut ifrå HFS resultata at det er eit rehabiliteringsprosjekt, implementeringa av den faktoren kjem betre fram i målsettinga. Fråvika er kanskje eit hint om at det er eit rehabiliteringsprosjekt, sidan det er utgangspunktet i eksisterande bygningsmasse som hindrar bruk av preaksepterte løysingar. Nybygg vil ikkje trenge fråvik i den forstand, men kan sjølvstøtt trenge analytisk tilnærming for meir komplekse design. Ombruk kan komme fram i HFS resultata i form av dårlegare skår hjå dei første tre kategoriane, tennkjelder, brennbare materialar og romdeling. Kategoriane er passive og delvis organisatoriske. Det kan difor tenkast at aktive tiltak må kompensere for eventuelle svake punkt grunna ombruk. Det gjeld når det ikkje er mogleg eller gunstig å oppgradera desse elementa, nok.

Ei fallgruve ved bruk av HFS diagrammet er tap av samanheng mellom tiltak og fråvik. I diagrammet er dei to felta som representera basis og reelle tiltak, lett å samanlikne på areal. Alle tiltak vil hjelpe på eit vis, men det er viktig at tiltak som kjem av fråvik faktisk veg opp for den manglande tryggleiken som fråviket står for. Den viktigaste faktoren i branntryggleik er tid. Eit fråvik som stel tid frå rømmings eller deteksjonsprosessen, bør ha eit tiltak som redusera nødvendig tid for rømming eller forsinkar utviklinga av brann. Det må altså vere eit samsvar mellom fråvik og tiltak. Dersom det kompensert gjennom fleire overflødige tiltak, eller tiltak som ikkje har ønska effekt, vil det vere unødvendig bruk av ressursar. Derfor er det viktig å tidleg identifisere svake punkt i eksisterande bygningsmassar eller ombruksmateriell, slik at gunstige tiltak kan settast i gang.

6 Konklusjon

6.1 Heilskapleg branntryggleik

På kva nivå ligg dagens prosjekteringsmetodar?

Preaksepterte løysingar skapar lite rom for innovative løysingar, medan ytingsbasert branntryggleik er fleksibelt, men førar med seg noko usikkerheit. Skepsis til resultatane kjem an på kva for prosjekterings- og modelleringsmetodar som nyttast. TEK17 er grunnlaget for branntryggleik i Noreg, gjennom 17 delkapittel sett forskrifta krav til ulike aspekt av branntryggleik. Det er lagt fram preaksepterte løysingar, samt ytingskrav som det prosjekterast analytisk etter. Somme stadar er det også lagt fram alternative måtar å oppfylle krav på, altså ulike preaksepterte ytingar. Opplisting av preaksepterte ytingar basert på ulike risiko og brannklasser er tidvis nytta til å overdimensjonere tiltak, eller sette perspektiv kring effekten av eit tiltak.

Branntryggleik i dag kan altså vere ein kombinasjon av preaksepterte og ytingsbasert løysingar. Preaksepterte løysingar er tidseffektive, både for prosjekterande og utførande. Yttingsbasert lagar eit naudsynt rom for løysingar, som kan tilfredsstille krav frå andre hald. Til dømes antikvariske verdiar eller bruk av ombruksmaterialar. TEK17 er basert på lovverket, og dekkjer alle branntekniske forutsetningar som er lovpålagte å oppfylle. Basert på brannhistorikk og samfunnsønsker går desse ut på kritiske punkt som redning, sløkking, rømming og avgrensing av brann, og alt som he innverknad på desse faktorane. Berekraft er ikkje direkte implementert i regelverket. Det er forbettringspotensiale i å leggje til rette for merksemd kring sosiale, økonomiske og miljøaspekt på løysingar.

Kva vil metoden HFS tilføre, av både fordelar og risikoar?

Å sjå totalen av alle tiltak, med eit overordna blick, kan skape ei betre forståing av branntryggleiksstrategien som er prosjektert. Ut ifrå den forståinga kan det enklare kome fram svake punkt, overdimensjonerte punkt og vere fleksibel kring endringar i prosjekteringa. Utover kan det visuelle aspektet av HFS vere nyttig ved formidling av strategien til andre partar. Det kan skape betre forståing av kvifor oppfølging av punkt er kritisk, og korleis tiltak og fråvik heng saman.

Risikoen for feilvurderingar er til stades, når kartlegginga er fleksibel og open for tolking. Forslaga om betre formulerte spørjingar, og eventuelle rettleiingar til skårane er for å redusere risikoen. Å enten bruke rettleiande tekst til val av skår eller skildre kvifor skåren er satt slik den er, må til for at vurderinga skal kunne etterprøvast. Utan validitet har ikkje kartlegginga sine resultat noko verdi. Eit team med ulike intensjonar eller ståstadar bør saman bli samde om rangering, slik at ikkje ein part over- eller undervurdera effekten av eit tiltak.

HFS kartlegginga er basert på eit anna oppsett enn TEK17, derav er oppbygginga noko ulik. Det kan opplevast som at noko manglar i den eine eller den andre. Ein del av dei føreslegne revisjonen av formuleringa av HFS spørjingane var eit forsøke på å utjamne skilnadane. Det kan vere ein positiv effekt å sjå eit anna oppsett eller andre formuleringar, ved at brukaren ser andre samanhengar eller moglegheiter.

Kartlegginga skiftar fokus frå tiltaket sine eigenskapar til effekten av tiltaket. Brukaren må ha forståing for kva effekt tiltaket som vert prosjektert har, for å gje dei ulike spørjinga og kategoriane riktig skår. I somme tilfelle vil eit tiltak ha effekt på fleire av kategoriane.

Ein revidert versjon av spørjingane, utarbeida av eit team frå ulike ståstadar, kan danne ein mal for bruk av HFS som er allsidig og dekkjande. Etter statestikken som eksistera i dag, er ikkje grunnlaget for bruk av risikoindeks nytta i HFS, godt nok. Det kan derimot vere nyttig å ha moglege konsekvensar stilt opp mot tiltak, i prosjekteringsprosessen. Men det kan også dekkjast av utviklinga av brannsenario og utfallstre. Å få eit endeleg ja/nei svar på om strategien er god nok, hadde omstrukturert heile prosessen. Faren for falsk lit til svaret er stor, og det kunne ha resultert i urett justering av tal for å tilfredstilje svaret. Risikoen av å jukse med tala er nok til stades uansett, difor står forslaget om å lage rettleiing for skår på dei ulike spørjingane. Då har metoden eit felles utgangspunkt som alle forklara sine val ut ifrå. Då kan etterprøving av resultatata enklare utførast.

Kan HFS legge til rette for meir berekraftig prosjektering av rehabiliteringsprosjekt?

Ved rehabilitering av eldre bygg vil preaksepterte løysingar ofte føre til tap av verdi, grunna strukturelle endringar og skilnader i byggjeteknikk, og stil. Å ta vare på det som allereie er bygd, bundne utslepp og redusere inngrep er ofte direkte knytt til redusert klimaavtrykk av ombygginga. Konsekvensen av det er typisk fråvik frå preaksepterte ytingar og naudsyn for innovativ branntryggleiksprosjektering. Mange fråvik og kompensierende tiltak kan bli kaotisk, miste samanheng eller skape usikkerheit kring den totale branntryggleiken. Der kan HFS vere eit verktøy som samlar, summera og illustrera totaliteten. Den fleksible rammar opnar for nye teknologiar, innovasjonar og løysingar, som bransjen er avhengig av for å ytterlegare redusere klimaavtrykk. Verktøyet blir som fleire andre metodar innanfor branntryggleiksprosjektering, avhengig av brukaren. Både kompetanse og intensjon har innverknad på korleis resultat blir. Å ha fleire partar, helst med ulik målsetting, kan gje ei meir objektiv vurdering.

Kartlegginga og oversynet av tiltak og fråvik som radardiagrammet frå HFS dannar kan vere nyttige i prosjekt der det er overvekt av analytisk brannprosjektering. Målsetting i starten og rangeringa undervegs bør setjast av eit kvalifisert team, for å sikre validitet av resultatet. Det er altså eit verktøy som kan vere nyttig ved utbetring av branntryggleik i eksisterande byggverk, med dei utfordringane det førar med seg. Ombruk, økonomi og sosiale målsettingar kan implementerast gjennom målsetting og alternative løysingar som ikkje går utover den totale tryggleiken. Oppgåva legg altså fram eit forslag til korleis metoden kan vidareutviklast, korleis han effektivt kan nyttast og kva ein bør unngå. Metoden vil vere eit verktøy som held orden på den totale tryggleiksstrategien, som kan bli uoversiktleg ved rehabilitering og opnar rom for nye løysingar.

6.2 Ombruk

Branntryggleik ved ombruk av bygningskomponentar

Det er utilstrekkeleg dokumentasjon av komponentar og produkt som ofte er hinderet for ombruk. Yting ved brann er eit av punkta som er ønskjeleg å få ut av produktokumentasjon, saman med andre eigenskapar som styrke og miljøpåverknad. Materialatlas som er nemnt i oppgåva vil gje peikepinnar på miljøpåverknadane ved materialkategoriar. Kommunikasjon med produksjonskjeda kan resultere i tilstrekkeleg dokumentasjon eller ytingskildring, slik kan det sikrast at alle krav om yting er tilfredsstilt. Vidare er det utarbeida teknikkar for oppgradering av til dømes dører, slik at dei tilfredstillar ein viss brannmotstand. Slike gaidar for produkt som er gunstige å bruke om at i større kvanta, bør generaliserast og utarbeidast basert på testing.

Lov- og forskriftsendringar og standardar som skal leggje til rette for ombruk er provosert fram av naud for ein sirkulær byggjebnansje. Ettersom standardar for ombruk og tilstandsanalyse vert utvikla, vil kunnskap på området bli tilgjengeleg og spreia. Saman med pilotprosjekt som lykkast vil det senke terskelen for ombruk hjå fleire aktørar.

Vidare forskning på material sine eigenskapar over tid, kan supplere nyttig informasjon. Dersom det kan identifiserast faremoment ved at materiala elda, som eventuelt svekkjer brannmotstanden eller endrar reaksjonen på brann, skapar det eit grunnlag for ein brannteknisk tilstandsanalyse.

Rehabilitering av bygningsmassar

På same vis som ved ombruk av materialar bør det utførast heilskaplege tilstandsanalysar på bygningsmassar, for å avgjere om det ligg potensiale til ny bruk eller nytt liv i byggverka. I eit klimagassbudsjett er det gunstigare å rehabiliter og forlengje livet til allereie bundne utslepp, framfor å byggje nytt. Sjølv om rehabilitering kan krevje meir tid og pengar, både i prosjekteringsfasen og under bygging, vil det lønne seg på globalt nivå.

Rehabilitering av byggverk frå eldre tidsepokar vil typisk krevje at det utførast analytisk prosjektering. HFS kan bli eit nyttig verktøy i samansveisinga av tiltak for å oppgradera branntryggleiken og standarden i eldre bygg.

Er branntryggleik eit hinder for ombruk eller rehabilitering?

Ombruksprosessen krev eit fleksibelt branntryggleikskonsept som samstundes opprettheld sikkerheitsnivået. Det krev ope rom for endring og alternativ frå både branntryggleiksstrategien, brannrågivar og regelverket. Så fram det identifiserast eventuelle skadar eller nedsett funksjon ved eksisterande bygg eller brukte materialar, kan ytinga utbetrast. Dersom brannmotstand er svekka og ikkje kan utbetrast, kan nye bruksområde med lågare ytingskrav vere eit alternativ. Oppgåva har samla og visar til sjekklister og rettleiing til tilstandsvurdering før ombruk, og gjer forslag til vidare forskning på materialeigenskapar som kan styrke lit til merking av ombruksprodukt. Branntryggleik treng altså ikkje vere eit hinder, men eit viktig omsyn som må takast i vurderinga for ombruk av bygningskomponentar og bygningsmassar.

6.3 Vidare arbeid

6.3.1 Materialeigenskapar ved slitasje

Ved å utføre nok testing av slitasjesimulering av materialar og deretter teste branntekniske eigenskapar, kan ein kanskje finne samanhengar som dannar grunnlag for re-klassifisering av brukte materialar. Altså re-klassifisering av eigenskapar ved brannpåkjenning. Dersom ein kan dra slutningar mellom eit gitt tal år med klimapåkjenningar eller mekaniske lastar og redusert integritet, har ein eit forskingsbasert grunnlag til reklassifisering av materialar. Som nemnt hadde det vore interessant å teke utgangspunkt i klassifiseringane nytta standardar og arbeida bakover. Mogleg eksistera det allereie forskning på temaet, men av tidsmessige orsakar vart det ikkje undersøkt i oppgåva. Det er uansett noko som ombruksrådgivarar vil dra nytte av å vite meir om. Det kan vere ein ny vinkling av materialtesting med tanke på brannpåverknad, som kan gje interessante funn. Dersom det visar seg å vera stor usikkerheit kring dette, som er sannsynleg så slitasje kan vere så mangt, er det også nyttig for bransjen å vere klar over.

6.3.2 Formuleringar av HFS

Slik som ved utviklinga av spørjingane i HFS på engelsk, bør det settast saman eit større team som diskutera seg fram til utforminga. Teamet bør ha med seg ekspertar med ulike bakgrunnar og perspektiv. I oppgåva er det nytta direkte omsette formuleringar. Her leggjast fram ei forslag til formuleringar basert på funn etter dokumentanalyse og konklusjonar i oppgåva. I tillegg til endring av formulering er det lagt til spørjingar, fjerna spørjingar og nokre er slått saman til éin. Det er eit utgangspunkt som bør diskutera vidare dersom det skal nyttast.

Tabell 6.1: Forslag til formuleringar av HFS

Direkte omsett		Ny formulering	
TK	Tenningskjelder	TK	Tenningskjelder
	Administrerte, enkle, dokumenterte kontrollar		Organiserte kontrollrutinar
	Jamleg testing av elektriske system		Jamleg testing av elektriske system
	Avgrensing av tenningskjelder til egna rom/areal		Avgrensing av tenningskjelder til egna rom/areal
	Spesialiserte metodar for kontroll av / kring tenningskjelder		Spesialiserte metodar for kontroll av potensielle tenningskjelder eller eksplosjonsfarar
BM	Brennbare materialar	BM	Brennbare materialar
	Administrerte, enkle, dokumenterte kontrollar		Organisert kontrollrutinar
	Streng kontroll på spesifikasjonar av kledning, innvendig og utvendig		Kontroll av spesifikasjonar på kledning

Streng kontroll på spesifikasjonar av teknisk utstyr og lys	Kontroll på spesifikasjonar av teknisk utstyr og lys
Regulert mengde, storleik og plassering av brennbare materialar i fellesareal	Maksimal brannenergi overskridas ikkje i bruksfasen
Areal utan brennbare materialar i rømmingsvegar / Areal med brennbare materialar er kontrollerte og avgrensa	Avgrensa brennbare materialar i rømmingsvegar
	Brannteknisk vurdering av elda materialar
RD Romdeling	BA Brannavgrensing
Krav om strukturell integritet mot brann	Strukturell integritet mot brann
Rømmingsveg er særleg verna frå områder med høg risiko for brann	Rømmingsveg er særleg verna frå områder med høg risiko for brann
Forbetra brannskilje som legg til rette for sløkkje og redningsarbeid	Forbetra brannskilje som legg til rette for sløkkje og redningsarbeid
Forbetra brannskilje som sikrar områder i bygning med menneskje i, fram til sløkkje og redningsarbeid er utført	Forbetra brannskilje som sikrar områder i bygning med menneskje i, fram til sløkkje og redningsarbeid er utført
Forbetra brannskilje som legg til rette for å sikre materielle verdiar	Forbetra brannskilje som legg til rette for å sikre materielle verdiar
-	Forbetra brannskilje i sjakter, føringsvegar og andre holrom
-	Avgrensing av brannspreiing mot kringliggjande bygg
RØ Røykkontroll	RØ Røykkontroll
Enkle metodar for å ventilere av kritiske områder (trapperom til dømes)	Enkle metodar for å ventilere av kritiske områder for rømming
ELLER automatiske system for røykventilasjon	ELLER automatiske system for røykventilasjon
Mekanisk ventilasjon av røyk eller trykk system i trappeløp, som er rømmingsveg	Mekanisk ventilasjon av røyk eller trykk system i trappeløp
Mekanisk avtrekksvifte for å ventilere røyk, som legg til rette for andre strategiar (til dømes auka lengde på rømmingsavstandar)	Mekanisk avtrekksvifte for å ventilere røyk, som legg til rette for andre strategiar
Røykkontrollsystem som let kritiske prosessar halde fram under brann	Røykkontrollsystem som let kritiske prosessar halde fram under brann

-		Røykavgrensing som sikrar rømmingsvegar
DE	DE	Deteksjon og alarm
Automatisk brannalarm som berre nyttar manuell melding		Automatisk brannalarm med manuell melding
Overvaking av rømingvegar med branddetektorar		Branddetektorar i rømmingsveg
Overvaking av spesielt brannfarlege områder		Ekstra deteksjon i brannfarlege områder
Overvaking av resterande områder		Deteksjon av resterande områder
Spesialiserte overvakingmetodar		Spesialiserte deteksjons- og alarmsystem
-		Universelt tilrettelagt rømmingsvegar, gode leiesystem under alarm
BS	BS	Brannsløkking
Sløkkjesystem som vernar om utstyr med høg brannfare		Sløkkjesystem som vernar om utstyr med høg brannfare
Sløkkjesystem som vernar om rom eller areal med høg brannfare		Sløkkjesystem som vernar om rom eller areal med høg brannfare
Sløkkjesystem som vernar om nøkkelområder i bygning		Sløkkjesystem som vernar om rømmingsvegar i bygning
Sløkkjesystem som vernar om resterande områder		Sløkkjesystem som vernar om resterande innvendige områder
-		Sløkkjesystem som vernar om fasde og kringliggjande byggverk
Kontakt og tilgjenge for brann- og redningstenesta	KT	Kontakt og tilgjenge for brann- og redningstenesta
Berre manuelle metodar for å varsle brann- og redningsteneste		Manuelle metodar for å varsle brann- og redningsteneste
ELLER automatisk system, eller trenar personale som er til stades heile døgnet.		ELLER automatisk varslesystem
Responstid er innanfor nasjonale retningslinjer		Responstid er innanfor nasjonale retningslinjer
Tilgjenge til alle delar av bygninga for brann og rednings-teneste		Tilgjenge til alle delar av bygninga for brann og rednings-teneste, samt orienteringsplan
Brannkum/ tilgjenge på sløkkjevatt		Brannkum/ tilgjenge på sløkkjevatt
MS	MS	Manuell sløkking

Tilgjenge av manuelle sløkkjeapparat og brannslangar	Tilgjenge av manuelle sløkkjeapparat og brannslangar
Trena personell til å nytte manuelle sløkkjeapparat	Trena og tilgjengelg personell til å nytte manuelle sløkkjeapparat
Spesielle brannsløkkjesystem for spesifikke risikoar	Eigna manuelle brannsløkkjeapparat for spesifikke risikoar
Trena personell til stades for snarleg sløkkjeinnsats	-

6.3.3 Rangeringsrettleiing til HFS

For å gjere evalueringa raskare og enklare for brukaren, kan det vere nyttig med ytterlegare rettleiing når det kjem til rangering. Hovudpoenget med HFS, altså fleksibel ramme, må ikkje forsvinne sjølv om forslag til tiltak vert formulert. Dei bør formulerast som peikepinnar, ikkje krav. Kanskje er det tilstrekkeleg med stikkords-format, eller overordna termar. I er nokre døme på korleis ei slik rettleiing kan sjå ut, i HFS malen.

Tabell 6.2: Forslag til rettleiing av rangeringar i HFS

BA	Brannavgrensing	Reell	Basis	Maksimal skår	Rettleiing
1	Strukturell integritet mot brann	4	4	5	<p>1: Tilnærma ingen integritet</p> <p>2: Beresystem eller trappeløp har låg brannmotstand.</p> <p>3: Beresystem eller trappeløp har middels brannmotstand</p> <p>4: Beresystem eller trappeløp har høg brannmotstand</p> <p>5: Beresystem og trappeløp har høg brannmotstand</p>
2	Rømningsveg er særleg verna frå områder med høg risiko for brann	2	2	5	<p>0-1: 0-EI15</p> <p>3-4: EI30</p> <p>5: EI60 +</p>

Punkt for diskusjon i vidareutviklinga:

- Forklaring for kvart tal (1) eller dele opp i intervall (2)?
- Formulere ut med utgangspunkt i TEK17?
 - Enklare å forhalda seg til
 - Avgrensar moglegheiter
- Tekstbasert rettleiing eller tal/verdiar/ytingar?

- Bruk av til dømes «EI30» sirklar tilbake til ein form for preaksepterte løysingar.
- Tekstbasert kan tolkast ulikt
- Fordel at det kan tolkast relativt til prosjektet?
- Ulike alternativ som begge kan ha lik skår?
 - Mykje tekst?
 - Fleire teknologiar eller løysingar kan få plass
- Trengs rettleiing i det heile?

6.3.4 Riskoindeks

Som nemnt kan kalkuleringa av risiko og potensielle konsekvensar vidareutviklast dersom det ønskje om å nytte det aspektet av HFS. Å rekne ut ein indeks for kvart prosjekt kan bli ressurskrevjande, og dermed gjere metoden meir utilgjengeleg. Å utarbeide ferdige tal for ulike bygningskategoriar, liknande dei i den britiske standarden, kan vere ei løysing. Dei bør baserast på statestikk, noko som må samlast inn over lengre tid. Dei kan også baserast på liknande faktorar som er nytta til å avgjere risikoklasse i byggverk, i dag. Kanskje ein kombinasjon av statestikk og risikoklassifisering er ei mogleg løysing. Det er eit komplekst tema, og bør vurderast av ekspertar om det skal nyttast.

7 Referansar

- Aicher, S., Reinhardt, H.-W., & Garrecht, H. (Red.). (2014). *Materials and Joints in Timber Structures: Recent Developments of Technology* (Bd. 9). Springer Netherlands.
<https://doi.org/10.1007/978-94-007-7811-5>
- Alfa Eiendom. (2021, februar 23). *Slik blir det i Festiviteten*.
<https://www.festivitetenlarvik.no/nyheter/slik-blir-det-i-festiviteten>
- ANASTAS, P. T., & ZIMMERMAN, J. B. (2003). Design Through the 12 Principles of Green Engineering. *Environmental Science & Technology*, 37(5), 94A-101A.
<https://doi.org/10.1021/es032373g>
- Arbeids- og inkluderingsdepartementet. (2017). *Internkontrollforskriften*.
<https://www.arbeidstilsynet.no/regelverk/forskrifter/internkontrollforskriften/>
- Bakhtiyari, S., Khalili, R., & Hosseinpour, M. (2022). A risk-based approach for assessment and improvement of fire safety in existing buildings. *Asian Journal of Civil Engineering*, 23(3), 391–404. <https://doi.org/10.1007/s42107-022-00430-2>
- Bjørberg, S. (2023, mai 22). *FprEN17860 Sustainable refurbishment*.
- Blom, P., & Uvsløkk, S. (2012). *Bygg tett – og ventiler rett!*
https://www.sintef.no/globalassets/upload/byggforsk/fagartikler/v__info_pub_utgivelser__prosjektrapport_sintef-byggforsk-prosjektrapporter_sb-prrapp-98_nettsb-prprapp-98.pdf
- Bordi, A. P., & Hasanbegovic, E. (2023, april 28). *Hvordan ombruke tekniske systemer?*
<https://barekraftsuken.norconsult.no/13-be/>
- Bortolini, R., & Forcada, N. (2018). Building Inspection System for Evaluating the Technical Performance of Existing Buildings. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 32(5), 04018073. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CF.1943-5509.0001220](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0001220)
- BRASK. (2023). *Om BRASK*. <https://brask.finansnorge.no/OmBrask.aspx>
- British Standards Institution. (2019). *Application of fire safety engineering principles to the design of buildings. Probabilistic risk assessment (+A1:2021)*.
<https://www.thenbs.com/PublicationIndex/documents/details?Pub=BSI&DocID=331347>
- Bruce, T., Zuo, J., Rameezdeen, R., & Pullen, S. (2015). Factors influencing the retrofitting of existing office buildings using Adelaide, South Australia as a case study. *Structural Survey*, 33(2), 150–166. <https://doi.org/10.1108/SS-05-2014-0019>

- Brzezińska, D., & Bryant, P. (2020). Risk Index Method—A Tool for Sustainable, Holistic Building Fire Strategies. *Sustainability*, 12(11), 4469. <https://doi.org/10.3390/su12114469>
- Brzezińska, D., Bryant, P., & Markowski, A. S. (2019). An Alternative Evaluation and Indicating Methodology for Sustainable Fire Safety in the Process Industry. *Sustainability*, 11(17), 4693. <https://doi.org/10.3390/su11174693>
- Bygg21. (2018a). *10 kvalitetsprinsipper for bærekraftige bygg og områder*. https://bygg21.no/wp-content/uploads/2021/03/33019_delrapport-3a_digitalt.compressed.pdf
- Bygg21. (2018b). *Bygg-og-eiendomssektorens-betydning-for-klimagassutslipp.pdf*. <https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2020/02/Bygg-og-eiendomssektorens-betydning-for-klimagassutslipp.pdf>
- Byggeindustrien. (2022, september 23). *Bygård i Trondheim stod tom—Fikk nytt liv med ombruk i fokus*. <https://www.bygg.no/article/1507698!/>
- Byggforskserien. (2023). *700.803 Ombrukskartlegging av bygninger*. https://www.byggforsk.no/dokument/6254/ombrukskartlegging_av_bygninger
- Chow, W. K., & Li, J. (2007). Evacuation of Atria under Different Uses. *Journal of Architectural Engineering*, 13(2), 78–83. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1076-0431\(2007\)13:2\(78\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1076-0431(2007)13:2(78))
- Coelho, A. M. G., Pimentel, R., Ungureanu, V., Hradil, P., & Kesti, J. (2020). *European Recommendations for Reuse of Steel Products in Single-Storey Buildings*.
- Devi, K. S., & Sharma, T. D. (2019). *Innovations in conservation of heritage museums and libraries from fire hazards*. 020005. <https://doi.org/10.1063/1.5127129>
- Direktoratet for byggkvalitet. (2011). *Byggesaksforskriften (SAK10) med veiledning*. Direktoratet for byggkvalitet. <https://dibk.no/regelverk/sak>
- Direktoratet for byggkvalitet. (2016). *Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK)*. Direktoratet for byggkvalitet. <https://dibk.no/regelverk/dok>
- Direktoratet for byggkvalitet. (2017). *Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning*. Direktoratet for byggkvalitet. <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17>
- Direktoratet for byggkvalitet. (2021a). *Veileder for ombruk av byggevarer*. Direktoratet for byggkvalitet. <https://dibk.no/byggevarer/veileder-for-ombruk-av-byggevarer>
- Direktoratet for byggkvalitet. (2021b). *Vil gjøre det enklere å bruke brukte byggevarer om igjen*. Direktoratet for byggkvalitet. <https://dibk.no/om-oss/Nyhetsarkiv/vil-gjore-det-enklere-a-bruke-brukte-byggevarer-om-igjen>

- Direktoratet for byggkvalitet. (2021c, juli 1). Vil kreve klimagassregnskap for bygg. *Direktoratet for byggkvalitet*. <https://dibk.no/om-oss/Nyhetsarkiv/vil-kreve-klimagassregnskap-for-bygg>
- Direktoratet for byggkvalitet. (2022a). *Regelendringer fra 1. Juli*. <https://dibk.no/om-oss/Nyhetsarkiv/regelendringer-fra-1.-juli/>
- Direktoratet for byggkvalitet. (2022b). *Vil gjøre byggarbeider på eksisterende bygg enklere*. Direktoratet for byggkvalitet. <https://dibk.no/om-oss/Nyhetsarkiv/vil-gjore-byggarbeider-pa-eksisterende-bygg-enklere>
- Direktoratet for byggkvalitet. (2023). *EU reviderer regelverket for byggevarer – byggenæringen og forskningsmiljøene kan nå bidra*. Direktoratet for byggkvalitet. <https://dibk.no/om-oss/Nyhetsarkiv/eu-reviderer-regelverket-for-byggevarer--byggenaeringen-og-forskningsmiljoene-kan-na-bidra>
- Direktoratet for høyere utdanning og kompetanse. (2022). *Tilstandsrapport for høyere utdanning 2022*. <https://hkdir.no/rapportar/tilstandsrapport-for-hoeyere-utdanning-2022>
- Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap. (u.å.). *Fakta om CE-merking*. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap. Henta 1. juni 2023, fra <https://www.dsb.no/lover/produkter-og-forbrukertjenester/artikler/fakta-om-ce-merking/>
- Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap. (2016, januar 14). *Veiledning til forskrift om brannforebygging*. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap. <https://www.dsb.no/lover/brannvern-brannvesen-nodnett/veiledning-til-forskrift/veiledning-til-forskrift-om-brannforebygging/>
- Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap. (2019). *Brannstatistikk 2019*. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap. <https://www.dsb.no/reportasjearkiv/brannstatistikk-2019/>
- Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap. (2022, oktober 4). *Brannstatistikk*. <https://www.brannstatistikk.no/brus-ui/>
- Douglas, J. (2006). *Building Adaptation* (2. utg.). Routledge.
- Drysdale, D. (2022). *An Introduction to Fire Dynamics*.
- Enova. (2022). *Smart strømstyring for boliger*. Enova. <https://www.enova.no/privat/alle-energitiltak/smart-stromstyring/>
- Entra ASA. (2021). *Erfaringsrapport ombruk KA13*. https://entra.no/storage/uploads/article-documents/1_ka13-erfaringsrapport-ombruk-20012021.pdf

- F., C., Devine-Wright, J. R., P., Geels, J. D.-J., F. W., Maïzi, A. G., N., Masanet, E., Mulugetta, Y., Onyige, C. D., Perkins, P. E., & Sanches-Pereira, A. (2022). *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (E.U. Weber, 2022: Demand, services and social aspects of mitigation. In IPCC, 2022). https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_Chapter09.pdf
- Ferreira, T. M., Vicente, R., Raimundo Mendes da Silva, J. A., Varum, H., Costa, A., & Maio, R. (2016). Urban fire risk: Evaluation and emergency planning. *Journal of Cultural Heritage*, 20, 739–745. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2016.01.011>
- Festiviteten. (2021, januar 12). *Video fra Festiviteten*. <https://www.festivitetenlarvik.no/nyheter/video-fra-festiviteten>
- Fischer, E. C., & Varma, A. H. (2015). Sustainability and Structural Fire Engineering. *Structures Congress 2015*, 2293–2299. <https://doi.org/10.1061/9780784479117.199>
- FN. (2021). *Bærekraftig utvikling*. <https://www.fn.no/tema/fattigdom/baerekraftig-utvikling>
- FNs klimapanel. (2022, september 23). *Utslipp: Sektorer*. <https://energiogklima.no/klimavakten/utslipp-sektorer/>
- Folkehelseinstituttet. (2022, april 22). *Søke etter litteratur*. Folkehelseinstituttet. <https://www.fhi.no/nettpub/metodeboka/litteratursok/soke-etter-litteratur/>
- Fossbake, M. (2023). *Tverrfaglig samarbeid er avgjørende for å lykkes med klimanøytrale byer*.
- Friquin, K. L. (2022a). *Ignition and charring of wood*. -
- Friquin, K. L. (2022b, november 3). *Fire and timber structures*. -
- Fufa, S. M. (2020). *REBUS*. REBUS. <https://www.sintef.no/projectweb/rebus/>
- Fufa, S. M., Flyen, C., & Venås, C. (2020). Grønt er ikke bare en farge: Bærekraftige bygninger eksisterer allerede. I 107. SINTEF akademisk forlag. <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmliui/handle/11250/2719890>
- FutureBuilt. (2022). *Om oss*. FutureBuilt. <https://www.futurebuilt.no/Om-oss#!/Om-oss>
- Gates, B. (2021). *How to Avoid a Climate Disaster*.
- Gritzso, L. A., Doerr, W., Bill, R., Ali, H., Nong, S., & Krasner, L. (2009). *The Influence of Risk Factors on Sustainable Development*.
- Grønmo, S. (2023a). Kvalitativ metode. I *Store norske leksikon*. http://snl.no/kvalitativ_metode
- Grønmo, S. (2023b). Kvantitativ metode. I *Store norske leksikon*. http://snl.no/kvantitativ_metode

- Grønn byggallianse. (2020). Klimakur for bygg og eiendom. *Grønn byggallianse*.
<https://byggalliansen.no/kunnskapscenter/publikasjoner/infopakkeklimakjempen/>
- Gullbrekken, L. (2022). *Det er også byggetekniske krav til solcelleanlegg*. SINTEF.
<https://www.sintef.no/siste-nytt/2022/det-er-ogsaa-byggetekniske-krav-til-solcelleanlegg/>
- Haukø, A.-M., Wedvik, B., & Bergius, M. (2022). *Guideline—Fire resistance upgrade of cultural heritage doors*. FRIC. <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/handle/11250/3016176>
- Haukås, A. A. (2022). *Berekraftig brannprosjektering*. NTNU.
- H. Buchanan, A., & K. Abu, A. (2017). *Structural design for fire safety*.
- Henke, L. (2023). *Hvordan kan vi ombruke mer og redusere avfallsmengden i byggenæringen?* SINTEF. <https://www.sintef.no/siste-nytt/2023/hvordan-kan-vi-ombruke-mer-og-reducere-avfallsmengden-i-byggenaringen/>
- Hoskins, B. L., & Homer, J. (2015). Effects of Green Roofs on Fire Safety. *AEI 2015*, 514–523.
<https://doi.org/10.1061/9780784479070.045>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). *Climate Change and Land: IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems* (1. utg.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157988>
- Jacobsen, D. I. (2005). *Kvalitative intervjuer og observasjon*.
https://www.uio.no/studier/emner/jus/afin/FINF4002/v09/undervisningsmateriale/metodeforelesning2_tranvik.pdf
- KBT. (2013). *Faguttrykk*. <http://www.kbt.no/index.asp>
- Kim, S., Lee, S., & Han Ahn, Y. (2019). Evaluating Housing Maintenance Costs with Loss-Distribution Approach in South Korean Apartment Housing. *Journal of Management in Engineering*, 35(2), 04018062. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000672](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000672)
- Knoth, K., MamoFufa, S., & Seilskjær, E. (2021, juli 14). *Barriers, success factors, and perspectives for the reuse of construction products in Norway*.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130494>
- Kommunal-og distriktsdepartementet. (2022, mai 18). *Gjør det enklere å selge brukte byggevarer* [Pressemelding]. Regjeringen.no; [regjeringen.no. https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/gjor-det-enklere-a-selge-brukte-byggevarer/id2913366/](https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/gjor-det-enklere-a-selge-brukte-byggevarer/id2913366/)
- Kron, M., Plessner, T. S. W., Risholt, B. D., Stråby, K., & Thunshelle, K. (2022). *Ombruk av byggematerialer. Veileder for dokumentasjon av ytelser*. SINTEF akademisk forlag.
<https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/handle/11250/2993098>

- Liaøy, A. R., Abildgaard, J. E., Folvik, T. L., Liaøy, A. R., & Winsvold, J. (2022, juni 7). *GHG Emissions assessment of extinguishing systems*. <https://prevent-systems.com/files/Multiconsult-report-GHG-assesment-of-extinguishing-systems-2022-06.pdf>
- Liverød jr., T., & Riise, N. (2023, februar 21). *Festiviteten – for folket*. Østlands-Posten. <https://www.op.no/5-36-1385700>
- Loopfront. (2021). *Loopfront—Resirkulering og ombruk gjort enkelt*. <https://www.loopfront.com/no/>
- Lotherington, A. T. (1990). *Intervju som metode*. FORUT. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2013100708011
- Lovdata. (2016). *Forskrift om brannforebygging*. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2015-12-17-1710>
- MAD arkitekter. (2021). *Gjenbrukshuset Festiviteten*. <https://www.mad.no/prosjekter/festiviteten-larvik>
- Mason, H. (2023, mars 23). *Gjennomgang av diplom: Behovet for digital struktur for ombruk*. Markedsdialog konferanse DIPLOM, Trondheim.
- McNamee, M. (Regissør). (2021, juli 5). *Hur påverkar bränder det hållbara samhället, och vad kan vi göra åt det? Fokus: Ekologisk hållbarhet*. <https://www.youtube.com/watch?v=BqYFCsliyLk>
- McNamee, M. (2023, mars 15). *Sustainable fire safety of green buildings*. NFSN webinar, Digitalt.
- McNamee, M., Butry, D., & Kneifel, J. (2023). Tools and Techniques for Impact Analysis. I B. J. Meacham & M. McNamee (Red.), *Handbook of Fire and the Environment* (s. 289–322). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-94356-1_9
- McNamee, M., Göras, T., Wetterqvist, C., Lundh, K., Blomqvist, P., & Blomqvist, S. (2021). *Hållbar hantering av byggavfall, återbruk av brandklassade produkter*.
- Meacham, B. J., & McNamee, M. (2023). Sustainable and Fire Resilient Built Environment (SAFR-BE). I B. J. Meacham & M. McNamee (Red.), *Handbook of Fire and the Environment* (s. 421–456). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-94356-1_13
- Miljødirektoratet. (2019). *Tabell for omregning til CO2-ekvivalenter*. Miljødirektoratet/Norwegian Environment Agency. <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/for-myndigheter/kutte-utslipp-av-klimagasser/klima-og-energiplanlegging/tabell-for-omregning-av-co2-ekvivalenter/>

- Miljødirektoratet. (2022a, februar 28). *Klimabegreper på norsk*. Miljødirektoratet/Norwegian Environment Agency. <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/fns-klimapanel-ipcc/dette-sier-fns-klimapanel/klimabegreper-pa-norsk/>
- Miljødirektoratet. (2022b, juni 27). *Bygninger*. Miljødirektoratet/Norwegian Environment Agency. <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/fns-klimapanel-ipcc/dette-sier-fns-klimapanel/sjette-hovedrapport/bygninger/>
- Nilsen, H. R., & Halleraker, J. H. (2022). EUs taksonomi for bærekraftig aktivitet. I *Store norske leksikon*. http://snl.no/EUs_taksonomi_for_b%C3%A6rekraftig_aktivitet
- Nitter, K. (2020, desember 7). De mest bærekraftige byggene finnes allerede. *SINTEF*. <https://www.sintef.no/siste-nytt/2020/de-mest-barekraftige-byggene-finnes-allerede/>
- Nordløyken, P. G., Sesseng, C., & Wormdahl, E. D. (2016). *Energibesparende bygg og brannsikkerhet*. 23.
- Norsk Standard. (2018). *Teknisk tilstandsanalyse ved omsetning av bolig* (NS 3600; Versjon 2018).
- NTNU. (2022). *Velge kilder*. <https://i.ntnu.no/oppgaveskriving/velge-kilder>
- Næringslivets Hovedorganisasjon. (2022). *EUs taksonomi og handlingsplan for bærekraftig finans*. <https://www.nho.no/tema/energi-miljo-og-klima/artikler/eus-taksonomi-og-handlingsplan-for-barekraftig-finans/>
- Oliveira, R. A. F., Lopes, J. P., & Abreu, M. I. (2021). Sustainability Perspective to Support Decision Making in Structural Retrofitting of Buildings: A Case Study. *Systems*, 9(4), 78. <https://doi.org/10.3390/systems9040078>
- Olsson, N., & Göras, T. (2018). *Hållbart brandskydd*. Bengt Dahlgren AB.
- Peters, M. D. J., Godfrey, C. M., Khalil, H., McInerney, P., Parker, D., & Soares, C. B. (2015). Guidance for conducting systematic scoping reviews. *JBIM Evidence Implementation*, 13(3), 141–146. <https://doi.org/10.1097/XEB.0000000000000050>
- Plessner, T. S. W. (2022). *Ny ombruksveileder skal gi mindre byggavfall*. SINTEF. <https://www.sintef.no/siste-nytt/2022/ny-ombruksveileder-skal-gi-mindre-byggavfall/>
- Publisert: 06.09.2022, T. K. F. (2022, september 6). *Kvalitativ metode*. Forskningsetikk. <https://www.forskningsetikk.no/ressurser/fbib/metoder/kvalitativ-metode/>
- Riksantikvaren. (2009). *Ordnøkkelen*. <https://ordnokkelen.ra.no/multites/mtwdk.exe?k=default&l=92&w=483&n=1&s=5&t=2>
- Riksantikvaren (Regissør). (2023, april 17). *Riksantikvartimen: Eldre bygg og TEK 17*. <https://www.youtube.com/watch?v=geFKqrWUymk>

- Rini, D., Gerard, R., Almufti, I., & Nielson, G. (2011). Structural Fire Engineering for Modern Building Design-Case Study. *AEI 2011*, 351–360. [https://doi.org/10.1061/411168\(399\)42](https://doi.org/10.1061/411168(399)42)
- Ritchie, H. (2020, september 18). *Sector by sector: Where do global greenhouse gas emissions come from?* Our World in Data. <https://ourworldindata.org/ghg-emissions-by-sector>
- Roberts, B. C., Webber, M. E., & Ezekoye, O. A. (2016). Why and How the Sustainable Building Community Should Embrace Fire Safety. *Current Sustainable/Renewable Energy Reports*, 3(3–4), 121–137. <https://doi.org/10.1007/s40518-016-0060-2>
- Sandberg, E., Fufa, S. M., Knoth, K., & Eberhardt, L. C. M. (2021). *Ombruk av bygningsdeler – læringspunkter fra forbildeprosjekter i Norge, Danmark og Belgia*. <https://doi.org/10.18261/pof.38.1.3>
- Sandberg, E., Knoth, K., & Henke, L. (2023). *Norske bedrifter dropper klimatilpasning*. SINTEF. <https://www.sintef.no/siste-nytt/2023/norske-bedrifter-dropper-klimatilpasning/>
- Segtnan, I. L. (2023, juni 1). *Nå blir det påbudt å kartlegge egnethet for ombruk ved riving*. SINTEF. <https://www.sintef.no/siste-nytt/2023/na-blir-det-pabudt-a-kartlegge-egnethet-for-ombruk-ved-riving/>
- Senter for faglig kommunikasjon (SEKOM) & NTNU Universitetsbiblioteket. (2022). *IMRoD-struktur*. <https://i.ntnu.no/oppgaveskriving/imrod-struktur>
- SINTEF. (2018). *Hva er Byggforskserien—Byggforskserien*. https://www.byggforsk.no/side/198/hva_er_byggforskserien
- SINTEF Byggforsk. (2004). *470.201 Miljøindikatorer for planlegging og produksjon av bygninger*. https://www.byggforsk.no/dokument/3200/miljoeindikatorer_for_planlegging_og_produksjon_av_bygninger
- SINTEF Byggforsk. (2008, oktober). *720.302 Offentlige bestemmelser for brannsikring av eksisterende bygninger*. https://www.byggforsk.no/dokument/2553/offentlige_bestemmelser_for_brannsikring_av_eksisterende_bygninger
- SINTEF Byggforsk. (2020, september). *573.344 Varmeisolasjonsmaterialer. Typer og egenskaper*. https://www.byggforsk.no/dokument/604/varmeisolasjonsmaterialer_typer_og_egenskaper

- SINTEF Byggforsk. (2021a, november). *321.025 Brannsikkerhet. Prosjektering, utførelse og kontroll.*
https://www.byggforsk.no/dokument/2998/brannsikkerhet_prosjektering_utfoerelse_og_kontroll
- SINTEF Byggforsk. (2021b, november). *321.026 Brannsikkerhet. Brannsikkerhetsstrategi og brannkonsept.*
https://www.byggforsk.no/dokument/3114/brannsikkerhet_brannsikkerhetsstrategi_og_brannkonsept
- Slapø, F. (2021). *Gammel murstein lever videre i nye bygg.* SINTEF.
<https://www.sintef.no/siste-nytt/2021/gammel-murstein-lever-videre-i-nye-bygg/>
- SSB. (2020a). *Regionale befolkningsframskrivinger 2020-2050.*
<https://ssb1.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=8feeedde1c2a40aa99cc5f0a3bc7fb13>
- SSB. (2020b). *Story Map Series.*
<https://ssb1.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=8feeedde1c2a40aa99cc5f0a3bc7fb13>
- SSB. (2021). *Transportutslipp påvirkes av korona, elbiler og biodrivstoff.* SSB.
<https://www.ssb.no/natur-og-miljo/forurensning-og-klima/artikler/transportutslipp-pavirkes-av-korona-elbiler-og-biodrivstoff>
- Standard Norge. (2021). *Standardisering.* <https://www.standard.no/standardisering/>
- Steen-Hansen, A. (2022, oktober 18). *Fire safety measures.* -
- Stenstad, V. (1983). *Eldre murgårdar og brann.* HBT.
- Store norske leksikon. (2007). *Renovere.* I *Store norske leksikon.* <https://snl.no/renovere>
- Tam, V. W. Y., & Zeng, S. X. (2013). Sustainable Performance Indicators for Australian Residential Buildings. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, 5(4), 168–179. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LA.1943-4170.0000123](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LA.1943-4170.0000123)
- Thiis, T. K., & Gustavsen, A. (2023, februar 20). *Byggteknisk forskrift er ikke god nok i fremtiden.* Tu.no. <https://www.tu.no/artikler/byggteknisk-forskrift-er-ikke-god-nok-i-fremtiden/526497>
- Trøndelag fylkeskommune. (2023). *Ombruk av byggematerialer.*
<https://www.trondelagfylke.no/om-oss/eiendom/Materialombruk/>
- Tschudi-Madsen, S. (2023). *Restaurering.* I *Store norske leksikon.*
https://snl.no/restaurering_-_kunst

- Tuv, N. (2022). *Klimagassutslippene gikk ned 0,7 prosent i 2021*. SSB. <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/forurensning-og-klima/statistikk/utslipp-til-luft/artikler/klimagassutslippene-gikk-ned-0-7-prosent-i-2021>
- Videncenter for Cirkulær Økonomi i Byggeriet. (2021, desember 30). *Materialeatlas*. Materialeatlas - Videncenter for Cirkulær Økonomi i Byggeriet - VCØB. <https://vcob.dk/vcob/cirkulaert-byggeri/byggevarer/materialeatlas/>
- Vijay, P. V., & Gadde, K. T. (2021). Evaluation of Old and Historic Buildings Subjected to Fire. *Journal of Architectural Engineering*, 27(2), 05021002. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)AE.1943-5568.0000456](https://doi.org/10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000456)
- Wittasek, N. B. (2022). The Need for Fire Safety Performance-Based Design in an Increasingly Prescriptive Environment. *Forensic Engineering* 2022, 74–86. <https://doi.org/10.1061/9780784484555.009>
- WWF. (2023). *Earth Overshoot Day*. WWF. <https://www.wwf.no/klima-og-energi/earth-overshoot-day>
- Zahmatkesh, F., & Memari, A. M. (2017). Review of Conventional and Innovative Technologies for Fire Retrofitting of Existing Buildings. *Open Journal of Civil Engineering*, 07(02), 222–244. <https://doi.org/10.4236/ojce.2017.72014>
- Øvern, K. M. (2018, juni 28). Innledende søk og siteringsdatabaser. *Systematiske litteratursøk*. <https://systemlit.wordpress.com/innledende-sok-og-siteringsdatabaser/>
- Aarhus, C. (2022, oktober 14). Starter arbeidet med standard for ombruk av tre. *Byggindustrien*. <https://www.bygg.no/article/1509593!/>

8 Vedlegg

8.1 Litteratursøk og samanlikning

8.2 Resultat frå HFS kartlegging av kasusstudie

8.3 Samanlikning av TEK17 og HFS

8.4 HFS Excel-mal

