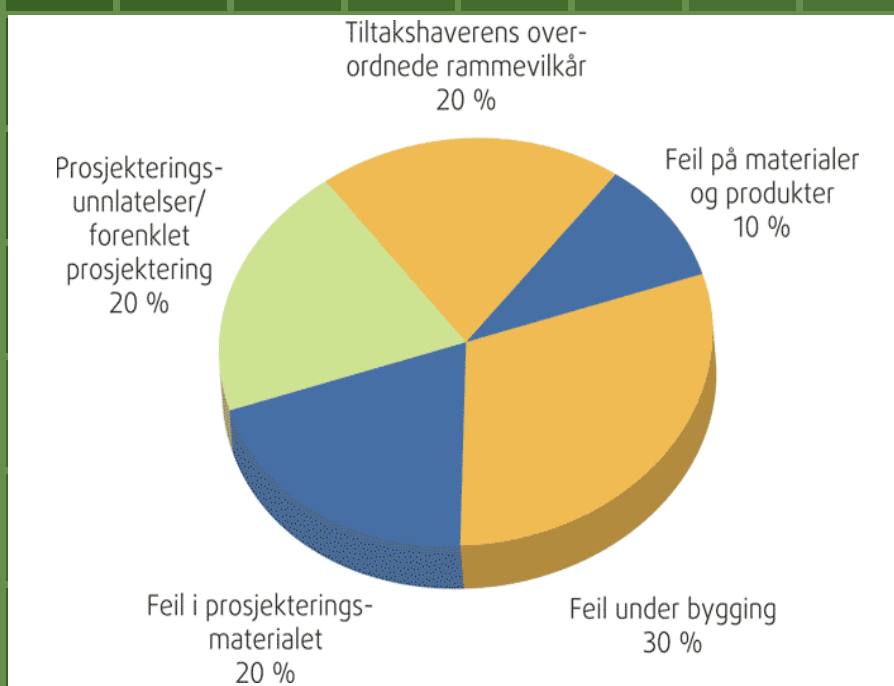


VIVIAN MELØYSUND, JOHAN GÅSBAK OG TROND BØHLERENGEN

Klassifisering av robusthet

Prosjektrapport 109

2012



SINTEF Byggforsk

Vivian Meløysund, Johan Gåsbak og Trond Bøhlerengen

Klassifisering av robusthet

Prosjektrapport 109 – 2012

Prosjektrapport nr. 109
Vivian Meløysund, Johan Gåsbak og Trond Bøhlerengen
Klassifisering av robusthet

Prosjektnr.: B2247976

Emneord:
Byggskader, klassifisering, robusthet

ISSN 1504-6958
ISBN 978-82-536-1315-4 (pdf)

Omslagsillustrasjon:
Byggforskserien

© Copyright SINTEF akademisk forlag 2012
Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser. Uten særskilt avtale med SINTEF akademisk forlag er enhver eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring bare tillatt i den utstrekning det er hjemlet i lov eller tillatt gjennom avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk.
Utnyttelse i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

Adr.: Forskningsveien 3 B
Postboks 124 Blindern
0314 OSLO
Tlf.: 22 96 55 55
Faks: 22 69 94 38 og 22 96 55 08

www.sintef.no/byggforsk

Forord

I denne prosjektrapporten er det utarbeidet et forslag til metode for klassifisering av byggetekniske løsnings robusthet. Bakgrunnen for dette arbeidet er et ønske om at SINTEF Byggforsk i større grad fremhever forskjeller i teknisk kvalitet og kompleksitet for ulike løsninger. I Byggforskseriens anvisninger presenteres mange ulike løsninger, men man beskriver i liten grad kvalitetsforskjellene på de anbefalte løsningene.

Omfanget av prosessforårsakede byggskader er stort, og det er også av den grunn behov for økt fokus på konstruksjoners robusthet. Dette gjelder blant annet løsninger med ulik evne til å motstå klimabelastninger. Det er også viktig å få fram forskjeller i hvor vanskelig det er å utføre løsningene. Noen løsninger er av meget god teknisk kvalitet, men er vanskeligere å utføre enn mindre robuste løsninger. Dersom utførelseskompetansen er lav, kan valg av løsninger som er enkle å utføre medføre færre byggefeil og færre byggskader.

Ved oppstart av denne aktiviteten ble det avholdt en workshop med over 20 forskere og bedriftspartnere som diskuterte behovet for klassifisering av løsninger og på hvilke områder dette behovet er størst. Det ble også gitt innspill til hvilke egenskaper som bør inngå i et klassifiseringssystem og hvordan et slikt klassifiseringssystem i praksis bør utformes.

ROBUST, *Robust envelope construction details for buildings of the 21. century*, er et forskningsprosjekt som retter søkelyset mot klimatilpassede, miljø- og energieffektive løsninger for dagens og fremtidens bygninger. Prosjektets hovedmål er å utvikle ny kunnskap og nye metoder for bruk av robuste konstruksjonsdetaljer og løsninger, og bruk av effektive isolasjonsmaterialer i godt isolerte bygninger. Robuste konstruksjonsdetaljer og løsninger oppnås gjennom bruk av materialer og løsninger som har stor sikkerhet mot feil som kan gi fuktproblemer, og som med stor sikkerhet tilfredsstiller kravene i Byggteknisk Forskrift til Plan- og bygningsloven (TEK10).

ROBUST ledes av SINTEF Byggforsk (vertsinstitusjon) og Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) og gjennomføres i samarbeid med AF Gruppen ASA, Glava A/S, Hunton Fiber AS, Icopal as, Isola as, Jackon AS, maxit as, Moelven ByggModul AS, Rambøll Norge AS, Skanska Norge AS, Statsbygg og Takprodusentenes forskningsgruppe (TPF). Prosjektet ble igangsatt våren 2008 og vil pågå til 1. mai 2012.

Vi ønsker å rette en takk til prosjektets partnere som har deltatt aktivt både i finansiering og gjennomføring av delprosjektet, og Norges forskningsråd for finansieringen av forskningsprosjektet ROBUST.

Oslo, 30. april 2012

Vivian Meløysund
Prosjektleder ROBUST
SINTEF Byggforsk

Arild Gustavsen
Vitenskapelig ansvarlig
NTNU

Sammendrag

Denne aktiviteten i forskningsprosjektet ROBUST har som formål å utvikle et system for klassifisering av byggetekniske løsningers robusthet. Det foreslåtte systemet er beskrevet på et overordnet nivå. Systemet klassifiserer standardløsninger, dvs. ikke enkeltløsninger benyttet i et byggeprosjekt. Klassifiseringssystemet skal gjøre det lettere for bestillere og aktører i byggenæringen å velge løsninger tilpasset ønsket kvalitetsnivå, stedlig klima og utførendekompetanse.

Omfanget av byggefeil og byggskader er stort, og det kreves en målrettet og aktiv forebyggende innsats innen flere områder og av alle aktører i byggenæringen. Kunnskap om prosjektering og utførelse av robuste konstruksjonsløsninger bør være sentralt i dette arbeidet. Samtidig stilles det stadig nye krav til næringen. Regelverket endres oftere, og kravene blir stadig flere og mer komplekse. Et endret klima fører til nye utfordringer. Byggenæringen må i større grad enn tidligere forholde seg til nye produkter. På grunn av økt internasjonalisering ser man at byggprodukter i større grad krysser landegrensene. På mange områder ser man en økende grad av prefabrikasjon. Resultatet er at man har mange ulike produkter i markedet, men det er svært vanskelig å få oversikt over forskjeller i teknisk kvalitet og hvilke produkter som er mest hensiktsmessig i det enkelte byggeprosjekt.

Alle disse endringene stiller krav til høy kompetanse hos aktørene i byggenæringen og hos bestilleren. Klassifisering av løsningers robusthet vil være et virkemiddel for å møte disse utfordringene slik at antall byggskader blir redusert.

Et klassifiseringssystem med fire robusthetsklasser er foreslått: "Lite robust", "Robust", "Meget robust" og "Svært robust". Sammenlignet med et system med odde antall klasser, vil fire klasser tvinge fram en vurdering av hvor god løsningen er i forhold til et gjennomsnitt. Det er viktig at det nye systemet evner å skille ulike løsninger med ulik robusthet. Gjennom vektning av egenskapene vil man kunne oppnå at egenskaper som bidrar mest til robustheten også oppnår flest "Robustpoeng". For å kunne klassifisere og sammenligne løsninger med ulik oppbygning og ulik funksjonalitet i sjiktene, bør vektningen skje på et overordnet funksjonsnivå.

Hvilke egenskaper og forhold som vurderes ved en klassifisering av en løsning er avhengig av hvilken funksjon løsningen har, hvilken belastning løsningen kan forventes å få samt hvilke andre vilkår som gjelder. Her er klimabelastning og mekanisk belastning viktige egenskaper som bør inkluderes. Andre egenskaper som er viktige for robustheten, men som det kan være vanskelig å kvantifisere er byggbarhet/utførelsesømfintlighet, monterbarhet, utskiftbarhet/demonterbarhet, vedlikeholdsmuligheter og brukervennlighet. Det er foreslått å ikke inkludere miljøegenskaper, økonomiske vurderinger, energieffektivitet, tilgjengelighet, estetikk og bæreevne i klassifiseringssystemet.

Som en demonstrasjon av klassifiseringsprinsippet, er det utarbeidet to eksempler på klassifisering for yttervegger mot terreng og skrå isolerte tretak. Videre arbeid bør inkludere utarbeidelse av kvantitative og kvalitative grenseverdier for ulike egenskaper. Det er naturlig at man starter med å klassifisere de mest benyttede løsningene på områder der det er store forskjeller i robusthet og mange skader. Det er også viktig at klassifiseringen tas i bruk ved omtale av løsninger i Byggforskseriens anvisninger. Det bør i denne forbindelse stilles ulike krav til robusthet i ulike klimasoner.

Innhold

SAMMENDRAG	4
1 INNLEDNING	6
1.1 FORMÅL OG OMFANG	6
1.2 BAKGRUNN	6
1.2.1 Byggskadeomfanget i Norge	6
1.2.2 En byggenæring i endring	7
1.2.3 Eksisterende klassifiseringssystem	8
1.2.4 Hva er robusthet?	9
2 KLASSIFISERINGSSYSTEM	11
2.1 MÅLGRUPPE	11
2.2 GRUNNLAG FOR KLASSIFISERING AV ROBUSTHET	11
2.2.1 Funksjon og egenskaper	11
2.2.2 Belastning	12
2.2.3 Andre forhold	12
2.3 FORSLAG TIL KLASSIFISERINGSSYSTEM	13
3 EKSEMPLER PÅ KLASSIFISERING AV KONSTRUKSJONSLØSNINGER	18
3.1 INNLEDNING	18
3.2 YTTERVEGGER MOT TERRENG	18
3.3 SKRÅ ISOLERTE TRETAK	27
4 KONKLUSJON	36
5 REFERANSER	37

1 Innledning

1.1 Formål og omfang

Denne aktiviteten i forskningsprosjektet ROBUST har som formål å utvikle et system for klassifisering av byggetekniske løsnings robusthet. Systemet vil bli beskrevet på et overordnet nivå, og det vil bli utarbeidet eksempler på bruk av systemet. Systemet har som mål å klassifisere standardløsninger, dvs. klassifiseringen vil bli utført på ulike byggetekniske løsninger og ikke for enkeltløsninger benyttet i et byggeprosjekt.

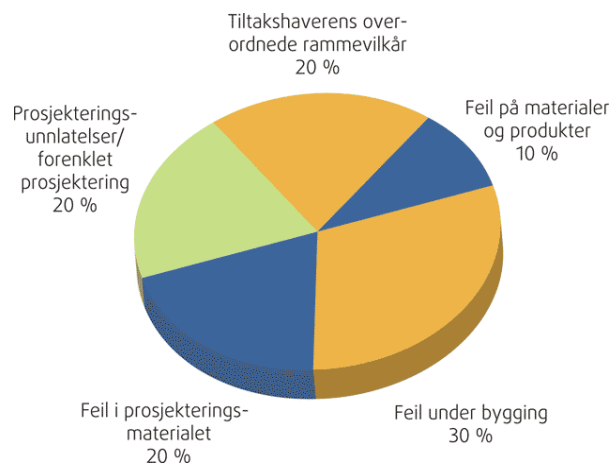
Klassifiseringssystemet vil være et viktig verktøy for bestillere når krav til kvalitet skal settes i det enkelte byggeprosjekt. Systemet vil også være et viktig hjelpemiddel for aktørene i byggeprosessen under planlegging av prosjektene slik at avtalt kvalitet blir levert.

1.2 Bakgrunn

1.2.1 Byggskadeomfanget i Norge

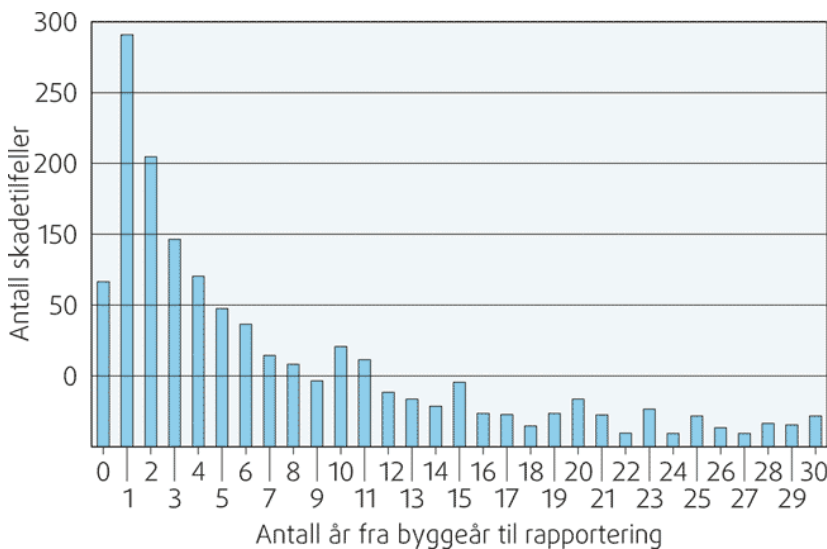
Byggskadeomfanget i Norge er høyt. SINTEF Byggforsk har utarbeidet tall for omfanget av prosessforårsakede byggskader [1] – [4]. Prosessforårsakede byggskader defineres her som "skade på bygg som skyldes at det under utredning, prosjektering, produksjon eller materialtilvirkning ikke har lyktes en aktør å følge normert, standardisert, anerkjent metode eller konkrete spesifikasjoner". Forskning viser at de årlige kostnadene forbundet med utbedring av prosessforårsakede byggskader i Norge beløper seg til omkring 4 % av de årlige investeringskostnadene ved nybygging. Kostnader til oppretting av feil på bygg før overlevering anslås til å ligge på omtrent samme nivå som kostnadene til oppretting av prosessforårsakede byggskader for ferdige, overleverte bygg, altså nye 5 %. Det samlede forbedringspotensialet i byggenæringen ligger dermed på 7–11 % av årlig netto byggeproduksjon [1]. Den årlige byggeproduksjonen ligger på rundt 200 milliarder kroner. Det betyr at byggefeil og skader koster samfunnet minst fire milliarder kroner per år.

En fordeling av de prosessrelaterte årsakene til byggskader er vist i figuren under. Oversikten viser at tiltakshaveren og prosjektorganisasjonen er den enkeltgruppa som sterkest kan bidra til å redusere byggskadeomfanget. Dårlige rammebetingelser og for lite prosjektering fører blant annet til at manglende skriftlige avtaler erstattes underveis med muntlige løsninger, med uklar fordeling av ansvar som resultat. Pris- og tidspress fører ofte til uheldig valg av materialer og løsninger. Dårlig samarbeid og kommunikasjon mellom aktørene i byggeprosessen, samt at personer opererer utenfor sitt kompetanseområde, er medvirkende årsak til mange feil og skader [1].



Figur 1.1 Fordeling av når i byggeprosessen grunnlaget for byggskadene blir lagt [1]

Prosessforårsakede byggskader oppdages i høy grad i løpet av de første årene etter overlevering. Undersøkelser av SINTEF Byggforsks byggskadearkiv viser at omtrent 20 % av skadene blir rapportert i løpet av det første året og nærmere halvparten i løpet av de første fem årene etter overtakelse, se figur under.



Figur 1.2 Prosessforårsakede byggskader for tiårsperioden 1993–2002 fordelt på tid fra fullføring av bygningen til skaden er rapportert [1]

Det er vanskelig å tenke seg byggevirksomhet helt uten feil og skader, men det er fullt mulig å redusere omfanget av byggskader betydelig. Dette krever en målrettet og aktiv forebyggende innsats innen flere områder og av alle aktører i byggenæringen. Viktige momenter i dette arbeidet er kompetanse, klargjøring av ansvar og kvalitetssikring. Kunnskap om prosjektering og utførelse av robuste konstruksjonsløsninger bør være sentralt [1].

1.2.2 En byggenæring i endring

For å forstå hvorfor byggskader oppstår, er det viktig å forstå hvilke utfordringer næringen har. Gjennom FoU-programmet Byggekostnadsprogrammet (2005–2010) samarbeidet flere aktører i næringen om å øke kvaliteten på det som bygges og samtidig øke lønnsomheten i næringen. Programmet hadde tre fokusområder: bedre kundekompetanse, økt produktivitet og bedre ledelse og ansvarliggjøring i alle ledd. Kunden/bestillinger legger viktige føringer for byggeprosjektene, og med økt kompetanse vil bestilleren kunne kreve kvalitet. Økt produktivitet skal ikke bare føre til reduserte kostnader, men også de beste løsningene for den kvaliteten som er bestilt. Bedre ledelse og ansvarliggjøring av alle ledd i byggeprosessen vil føre til økt kunnskap og holdningsendringer slik at en oppnår bedre kvalitet på levert produkt. Programmets ambisjon var å gi hele næringen et kompetansesmessig løft [7].

Næringen må ha endringsvilje for å møte utfordringene. Det stilles stadig nye krav til næringen. Regelverket endres oftere, og kravene blir stadig flere og mer komplekse. Et endret klima fører til nye utfordringer. Mange opplever at brukerne av bygningene stiller stadig høyere krav til standard. Bygningene våre er blitt mer komplekse med blant annet flere tekniske installasjoner. Mer detaljert spesifikasjon av ytelser og egenskaper ved ulike produkter og løsninger må til for å oppnå ønsket kvalitet. De fleste av framtidens bygninger er allerede bygd slik at fokus framover i større grad blir rehabilitering og foretting. Alle disse endringene krever kontinuerlig fokus på kompetanseøkning i den enkelte bedrift.

Byggenæringen må i større grad enn tidligere forholde seg til nye produkter. På grunn av økt internasjonalisering ser man at byggprodukter i større grad krysser landegrensene. Det blir

ikke bare flere produkter; produktutvikling har også ført til mer komplekse produkter (spesialtilpassede produkter). Enkelte store leverandører har flere produkter innenfor samme produktgrupper med ulik funksjonalitet ("A"- og "B"-produkter) for å kunne levere både høy kvalitet og lav pris. På mange områder ser man en økende grad av prefabrikasjon. Resultatet er at man har mange ulike produkter i markedet, men det er svært vanskelig å få oversikt over forskjeller i teknisk kvalitet og hvilke produkter som er mest hensiktsmessig i det enkelte byggeprosjekt.

Også på bedriftssiden er det mange endringer i byggenæringen. Fusjoner og oppkjøp gir stadig flere store bedrifter. Mange norske bedrifter blir kjøpt opp av utenlandske bedrifter og får utenlands styring og ledelse. Det kan være en utfordring for små bedrifter å inneha samme kompetanse og profesjonalitet som større bedrifter. En trend synes å være flere totalentrepriser og mer bruk av underleverandører. Det er større fokus på effektivitet i byggeprosjekter med høye økonomikrav og stort tidspress. Disse endringene krever god samhandling internt i bedriftene og mellom bedriftene i byggeprosessen.

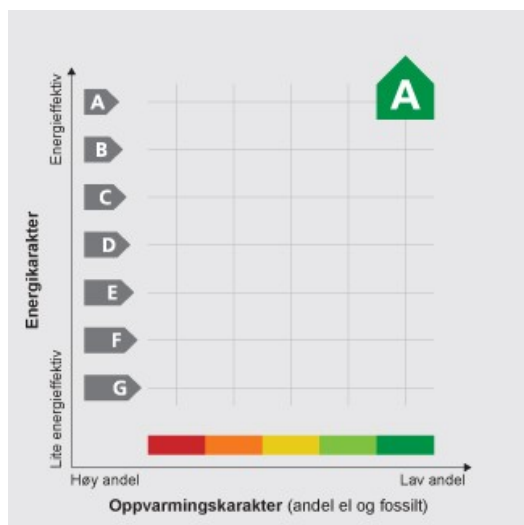
Alle disse endringene stiller krav til høy kompetanse hos aktørene i byggenæringen og hos bestilleren. Klassifisering av løsnings robusthet kan være et virkemiddel for å møte disse utfordringene slik at antall byggskader blir redusert.

Til nå har SINTEF Byggforsk i liten grad satt ord på forskjellene på de ulike byggetekniske løsningene i Byggforskserien. Valg av produkter og løsninger i byggeprosjektene blir i dag i stor grad styrt av økonomi. Dersom bestillerne og aktørene i næringen får utviklet verktøy for å vurdere kvalitetsforskjellene i løsningene og i større grad velge løsninger tilpasset aktuelle forhold, vil det være lettere å få til en utvikling i retning av bedre byggeteknisk kvalitet og færre byggskader.

1.2.3 Eksisterende klassifiseringssystem

1.2.3.1 Energimerking av boliger

Energimerking er et tiltak igangsatt av myndighetene for å øke oppmerksomheten om energibruk og hva som kan gjøres for å få mer energieffektive bygninger. Alle boliger og yrkesbygg som blir solgt eller leid ut skal ha en energiattest. Yrkesbygg over 1000 m² skal alltid ha gyldig energiattest. Energiattesten består av et energimerke som viser bygningens energistandard med en karakterskala fra A til F (se figur 1.3). Bygninger som er bygd etter gjeldende Byggeteknisk Forskrift (TEK10) får energimerke C. Energimerkingen skjer på internett ved at man legger inn opplysninger om boligen eller yrkesbygget i en selvmelding. Energiattest for yrkesbygg utarbeides av en ekspert, [8].



Figur 1.3 Energimerking av bygninger [8]

1.2.3.2 Svanen

Småhus, leilighets- og barnehagebygg kan Svanemerkes. Svanen stiller krav til byggeprosess, materialer og energibehov. Det tas hensyn til miljø gjennom hele produksjonsprosessen fra råvarer til ferdigstillelse av bygget. I tillegg til lav miljøbelastning skal bygget ha et godt inneklima. Disse faktorer sikres gjennom krav til inngående materialer, god ventilasjon, byggeprosess og material- og kvalitetskontroll for å unngå innebygde fukt-skader. For at påvirkningen på det ytre miljøet skal bli så lav som mulig innebærer Svanens krav også at det stilles strenge krav innenfor helse- og miljøfarlige stoffer i materialer, bygget skal kunne driftes energieffektivt, byggavfall blir tatt hånd om på en miljøriktig måte samt at det foreligger en drift- og vedlikeholdsplan for bygget, [9].

1.2.3.3 BREEAM

BREEAM (BRE Environmental Assessment Method) ble utviklet i Storbritannia av BRE (Building Research Establishment) i 1988 og lansert første gang i 1990. BREEAM har utviklet ulike evalueringsverktøy og manualer for ulike typer bygg. Disse kan anvendes for så vel eksisterende bygg som nybygg. Bygningens miljøprestasjon bedømmes ut i fra ulike områder. Det finnes minimumskrav for å oppnå poeng innenfor bl.a. prosjektledelse, bygningens energibruk, inneklima (slik som ventilasjon), belysning, beliggenhet i forhold til offentlig kommunikasjon, valg av materialer og avfallshåndtering. For hvert område regnes det så ut hvor stor del av de totale poengene man har oppnådd, og dette blir således satt sammen til en totalsum som igjen resulterer i oppnådd karakter. De ulike karakterene er: Pass, Good, Very Good, Excellent og Outstanding. Norsk tilpasning av systemet, BREEAM NOR, ble lansert i oktober 2011, [10].

1.2.3.4 LEED

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) er et miljøklassifiseringssystem for bygninger utviklet av U.S. Green Building Council i 2000. LEED-sertifiseringen blir utført av Green Building Certification Institute som er en uavhengig tredjepart og vurderer følgende hovedområder: byggets plassering, vannforbruk, ressursbruk og materialvalg, inneklima, energieffektivisering og avfallshåndtering. Under vurderingen benyttes en poengskala som skal reflektere miljøhensyn. Det kan tildeles bonuspoeng for regionale satsninger eller for nyskapende planlegging. Sertifiseringen kan oppnås på fire nivåer: Platina, Gull, Sølv og LEED Sertifisert. Hvor mange poeng som er oppnådd i ulike kategorier oppgis i sertifiseringsbeviset. LEED-sertifisering kan utarbeides for både nybygg og rehabiliterte bygg, [11].

1.2.3.5 Andre sertifiseringsordninger

Andre sertifiseringsordninger er Byggsertifisering, Klimagassregnskapet og Økoprofil.

1.2.4 Hva er robusthet?

Dersom en slår opp i en ordbok, er begrepet "robusthet" definert som "det å være robust". "Robust" er igjen definert som "sterk, sunn og motstandsdyktig" med synonymene "hardfør, motstandsdyktig og solid" [5].



Figur 1.4 Undersøkelser viser at trebygninger ofte er mer robuste og blir påført færre skader ved jordskjelv (bilde fra Haiti etter jordskjelvet 12. januar 2010). Foto: Jörgen Hildebrant [21]

Innenfor konstruksjonsteknikk er robusthet i forbindelse med prosjektering mot ulykkeslaster definert som "evnen en konstruksjon har til å tåle hendelser som brann, eksplosjoner, støt eller følgende av menneskelig feil uten å bli skadet i et uforholdsmessig omfang sammenlignet med den opprinnelige årsaken" [6].

I dette forskningsprosjektet er robusthet definert som "materialer og løsninger som er lite sårbare for byggskader (høy fuktsikkerhet) og som har høy sannsynlighet for å bli riktig utført. Levetiden til materialer og løsninger er også viktig". I den vitenskapelige artikkelen "Robustness Classification of Building Materials, Building Assemblies and Buildings with respect to Prevailing Loads incorporating Climate and Service Life" [13] er følgende definisjon valgt (oversatt fra engelsk): "Robuste materialer og løsninger bør ha høy mekanisk motstandsevne, inkludert evne til å motstå klimalaster, og egenskaper som legger til rette for enkle løsninger med lang levetid, både med hensyn til utførelse og drift".

Fører systemer for miljø- og energiklassifisering til at vi velger mer robuste byggetekniske løsninger med lang levetid? Erfaringer fra Vancouver i Canada (med fuktig vestkystklima hvor nedbørnivået er sammenlignbart med kystklima i Norge) er ikke bare positive. Det hevdes at miljøklassifiserings-systemet LEED har ført til endringer i materialvalg og løsninger som reduserer bygningers robusthet og fører til byggskader [12].

Det høye byggskadeomfanget i Norge viser at det er viktig å ha fokus på konstruksjoners robusthet og at det er behov for økt kunnskap om byggetekniske løsningsers ulike robusthet.

2 Klassifiseringssystem

2.1 Målgruppe

Klassifiseringssystemet har som mål å være et verktøy for byggenæringen ved valg av byggetekniske løsninger. Systemet vil føre til mer bevisste valg for aktørene i byggeprosjekter. Slik det er i dag, er pris ofte det viktigste kriteriet ved valg av løsninger. Det er derfor generelt vanskelig for entreprenører å selge inn prosjekter med løsninger bedre enn det Byggeteknisk Forskrift krever.

For å drive fram en utvikling mot mer robuste løsninger og færre byggskader, er det viktig at systemet også kan benyttes av bestillere (byggherrer). Det er derfor avgjørende at systemet er enkelt og oversiktlig og at det ikke er avgjørende med høy kompetanse innen byggeteknikk for å kunne bestille robuste løsninger.



Figur 2.1 Det er viktig å utarbeide et system som blir brukt av alle aktører i byggenæringen

Dersom bestiller ikke har detaljerte spesifikasjoner med krav til valg av løsninger, er det viktig med god samhandling i tidlig fase av det enkelte byggeprosjekt slik at man kan bli enige om ambisjoner når det gjelder standard på løsninger. Dette kan være vanskelig i prosjekter med totalentrepriser hvor fokus på økonomi i større grad er styrende. I OPS-prosjekter med ansvar for oppfølging kan det derimot være lettere å prioritere robuste konstruksjonsløsninger.

2.2 Grunnlag for klassifisering av robusthet

Hvilke egenskaper og forhold som vurderes ved en klassifisering av en løsning er avhengig av hvilken funksjon løsningen har, hvilken belastning løsningen kan forventes å få samt hvilke andre vilkår som gjelder.

2.2.1 Funksjon og egenskaper

En løsning kan inneha en eller flere funksjoner og innehar ofte flere viktige egenskaper som støtter opp under funksjonene. Den tekniske funksjonen er svært viktig ved en vurdering av robusthet. I dette inngår blant annet egenskaper som tetthet (lufttetthet, damptetthet, vanntetthet, regntetthet), mekanisk motstandsevne (strekkfasthet, trykkfasthet, bøyefasthet, skjærfasthet, heftfasthet, rivestyrke, stivhet, hardhet), kondensopptaksevne, brannegenskaper (tid til overtenning, røykutvikling, varmeavgivelse, utvikling av giftige gasser), termisk ledningsevne, lydegenskaper (lydabsorpsjon, luftlydisolasjonsevne), ruhet, frostbestandighet, temperaturutvidelse, fuktutvidelse, bestandighet (UV-bestandighet, alkaliebestandighet, kjemikaliebestandighet, biologisk bestandighet, aldringsegenskaper) og emisjonsegenskaper.

Et annet viktig moment er forventet levetid. Hvor lenge forutsetter man at løsningene skal oppfylle sin funksjon og inneha visse egenskaper? Dette inkluderer også behov for

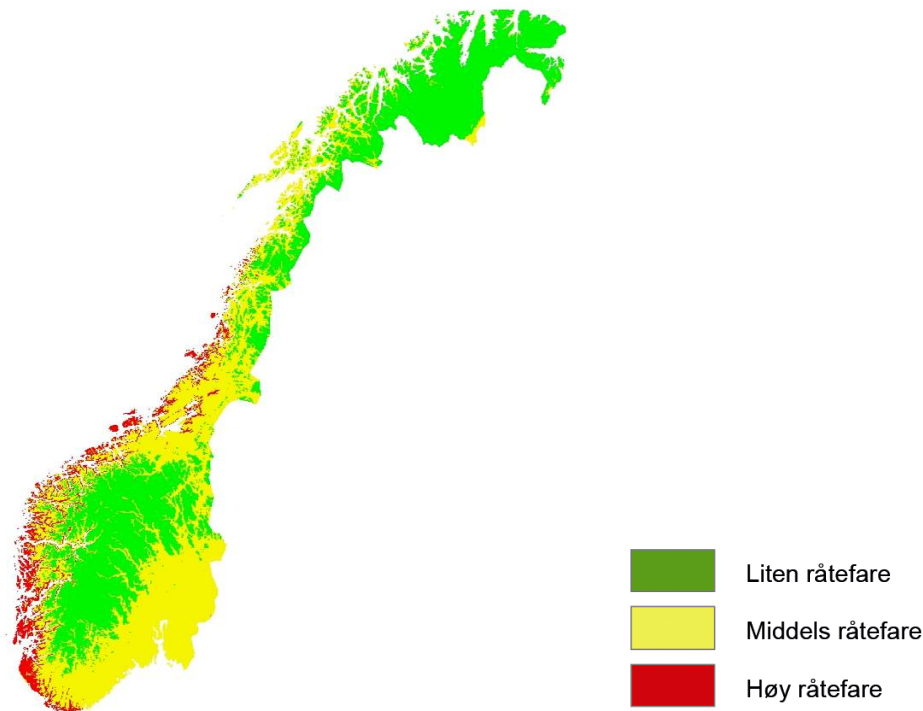
vedlikehold. Noen løsninger trenger mye mer vedlikehold enn andre for å opprettholde sin funksjon.

Løsningene må ofte også ivareta andre funksjoner enn en ren teknisk funksjon. Dette kan være i forhold til tilgjengelighet (universell utforming), estetikk m.m.

2.2.2 Belastning

Hvilken robusthet som er tilstrekkelig for at en løsning skal opprettholde sin funksjon er avhengig av belastningen som den blir utsatt for. Klimaskjermen blir utsatt for ulike typer klimabelastning som er avhengig av geografisk beliggenhet, årstid, byggets plassering i forhold til himmelretningen, grunnforhold og topografi. Eksempler på dette er snølast, vindlast, regn, temperatur (frost, høye temperaturer, temperaturvekslinger) og jordtrykk.

I tillegg til klimabelastning har man belastning fra nyttelast, egenlast, bruksbelastning (slitasje, støt) og ulykkeslast (brann, påkjørsel, eksplosjon og fallende gjenstander). Intern støy eller støy fra omgivelsene er en annen type belastning. Det er ikke bare belastningen til ferdige bygg som bør vurderes; for noen tilfeller er belastningen under bygging dimensjonerende.



Figur 2.2 Potensiell råtefare i Norge basert på normalperioden 1961-90 [14]

En annen type belastning som kan inngå i et klassifiseringssystem er miljøbelastning. Her bør innhold av miljøfarlige stoffer, mulighet for gjenbruk og avgivelse av stoffer til innemiljø eller ytre miljø vurderes. Dette er et omfattende område, og dersom miljøbelastning skal inkluderes i et klassifiseringssystem for robusthet, bør det være på et overordnet nivå der resultatene fra et annet eksisterende miljøvurderingssystem inngår i klassifiseringssystemet for robusthet.

2.2.3 Andre forhold

Andre egenskaper som er viktige for robustheten, men som det kan være vanskelig å kvantifisere er byggarbeid, monterbarhet, utskiftbarhet/demonterbarhet og brukervennlighet.

Dersom en løsning er vanskelig å bygge, er sjansen stor for at det oppstår byggefeil og byggskafer. Hvor sårbar en løsning er for feil utførelse er derfor en viktig egenskap. Denne egenskapen bør ses i sammenheng med kompetansen til den som utfører byggingen. Dersom kompetansen er lav, bør det velges løsninger med høy grad av byggbarhet framfor mer kompliserte løsninger. Det innebærer både håndverksmessig utførelseskompetanse og formell kompetanse (som innebærer forståelse for hvorfor man utformer løsningene som man gjør og konsekvens av avvikende utførelse).

Et annet viktig forhold er brukervennlighet og robusthet under bruk. Brukerne av bygningene har ofte aktiviteter som kan påvirke robustheten. Det kan være at man perforerer dampsperran slik at lufttettheten reduseres, f.eks. når man monterer innfestningspunkter på innvendige vegger eller downlights i tak. Et annet forhold er utvendig montasje som svekker klimaskjermens fuktsikkerhet, f.eks. ved montering av utelamper på en pusset fasade eller en takstige gjennom taktekningen. Et annet eksempel på brukervennlighet er hvor praktisk løsningen er i forhold til renhold og vedlikehold. Løsninger som trenger jevnlig vedlikehold og som samtidig er vanskelig å vedlikeholde, er ikke robuste løsninger. Dette gjelder også i forhold til utskiftbarhet og demonterbarhet.

Økonomi er et viktig moment ved valg av byggetekniske løsninger (gjelder både investeringskostnader, vedlikeholdskostnader og levetid). Det kunne være ønskelig med et klassifiseringssystem som også evner å vurdere økonomiske vurderinger. Kostnadene kan være omvendt proporsjonal med robustheten, og robustheten bør derfor vurderes uavhengig av kostnader.

2.3 Forslag til klassifiseringssystem

Det er nærliggende å benytte et fargesystem, som i energimerkeordningen, i et klassifiseringssystem for robusthet. Dette er et kjent system for markedet og vil lett kunne tas i bruk av bestillere og andre som ikke har byggeteknisk erfaring. For å sikre at aktørene i byggenæringen evner å ta dette i bruk, bør systemet ikke være for komplisert. Samtidig må systemet være detaljert nok til å få frem forskjeller i kvalitet mellom ulike løsninger.

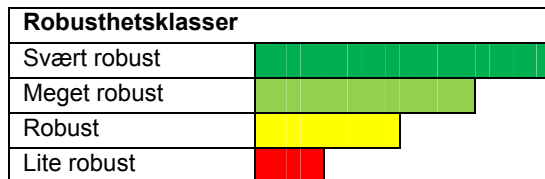
Dersom en har et system med et like antall robusthetsklasser (partall), vil en klassifisering plassere løsningen i forhold til et gjennomsnitt. For et produkt som er middels robust, blir en tvunget til å gjøre en vurdering av om løsningen er over eller under gjennomsnittet. Dagens godkjenningsordninger (som SINTEF Teknisk Godkjenning) opererer normalt med to godkjenningsklasser: "Godkjent" og "Ikke godkjent". Neste nivå med like antall klasser er fire klasser. En dansk ordning for klassifisering av undertak opererer med anvendelsesklassene "Høy", "Middels høy", "Middels lav" og "Lav" [15]. Et alternativ er å ha seks robusthetsklasser. Inndelingen kan da være som i energiordningen A – F eller som er tilsvarende skolens gamle karaktersystem "Lite robust", "Noe robust", "Nokså robust", "Robust", "Meget robust" og "Svært robust".

Men er et system med seks klasser bedre enn et system med fire klasser? Dersom systemet er for detaljert, kan det oppstå diskusjoner om de vurderingene som danner grunnlag for klassifiseringen. For at systemet skal bli brukt, er det viktig at byggenæringen stiller seg bak systemet og bruker det aktivt. Dersom klassifiseringen er gjort på grunnlag av kun kvantitative metoder, bør det ikke være noe problem med mange robusthetsklasser. Men dersom arbeidet også innebærer kvalitative vurderinger, er det bedre å velge færre klasser.

Et viktig formål med klassifiseringssystemet er å bidra til at mer robuste byggetekniske løsninger blir valgt slik at antall byggskafer reduseres. Her er utførelsen svært viktig. Løsninger som er krevende å utføre, vil bli betraktet som mindre robuste. Dette er en kvalitativ vurdering som vanskelig kan erstattes med laboratorieøvinger med gitte

grenseverdier for ulike robusthetsklasser. Det synes derfor best at klassifiseringssystemet har kun fire klasser.

Hva skal de fire klassene hete? Det mest nøytrale er et tallsystem eller et bokstavsystem. Men med kun fire klasser vil det ikke være naturlig å velge bokstavene A til D siden de laveste klassene da vil få ulik betydning sammenlignet med energimerkeordningen. Et tallsystem vil være mer nøytralt, men her er man avhengig av en tolkning for å skjønne om en oppgitt klasse er bra eller dårlig. For å sikre at systemet er enkelt å ta i bruk for flest mulig og for å bidra til en utvikling mot mer robuste konstruksjoner, bør man velge en klassebenevning som oppgir hvor robust løsningen er, se figur 2.3.



Figur 2.3 Forslag til klassifisering av robusthet

Man må gjøre en vurdering av hvor grensen går mellom de ulike robusthetsklassene. For egenskaper som testes etter en standard er det naturlig at standardens grenseverdi for godkjent/ikke-godkjent legges til grunn for om løsningen kan oppnå klassen "Robust" for den aktuelle egenskapen. Dersom en av egenskapene til en løsning blir vurdert som "Lite robust", bør også løsningen bli vurdert som "Lite robust". For de andre klassene bør plasseringen være basert på totalt oppnådd "poengsum". En kan tenke seg et system hvor hver egenskap vurderes i en skala fra 1 til 10, hvor 10 er best. For å oppnå klassen "Robust" må man for eksempel i gjennomsnitt oppnå minst 5 poeng; for klassen "Meget robust" kreves minst 7,5 poeng i gjennomsnitt. Denne poengsummen kan anses å være løsningens "Robusthetstall".

Egenskapene i vurderingen bør vektet slik at de egenskaper som bidrar mest til robustheten, også bidrar mest til robusthetstallet. Ved bruk av vektning blir ikke Robusthetstallet et gjennomsnitt av alle vurderte egenskaper. Det er da mer naturlig å benytte en større poengskala, for eksempel fra 0 til 100 poeng. Et alternativ er å benytte prosent av antall oppnåelige poeng slik at et robusthetsnivå på 100 % forutsetter kategori "Svært robust" og største poengsum for alle egenskaper. I tabell 2.1 er det foreslått et system med ulike klasser avhengig av summen av Robusthetstall for ulike egenskaper.

Tabell 2.1 Forslag til nødvendig "Robusthetstall" for ulike klasser. For å oppnå de tre beste klassene må i tillegg den enkelte egenskap være over et definert minimum.

Robusthetsklasse	Robusthetstall
Svært robust	88 – 100
Meget Robust	63 – 87
Robust	38 – 62
Lite robust	0 – 37

I energimerkeordningen for bygninger oppnår man nivå C for bygg som tilfredsstillende gjeldende Byggteknisk forskrift, TEK10. Ved klassifisering av robusthet kan det være naturlig å tenke seg at man har samme kobling mellom robusthetsklassene og TEK10. En bør forvente at en løsning som tilfredsstillende forskriften også kan karakteriseres som "Robust". I forskriften oppgis primært funksjonskrav, mens ytelsesnivåer og prinsippløsninger som regel er vist i veiledningen til forskriften. Flere av de kvalitative egenskapene som er viktige ved

en vurdering av robusthet (for eksempel utførelsesømfintlighet) er det vanskelig å knytte til konkrete krav i forskriften. Man kan derfor oppleve at en prosjektert løsning tilfredsstiller forskriften, men allikevel havner i laveste robusthetsklasses "Lite robust". Det er derfor vanskelig å ha en fast kobling mellom kravene i forskriften og robusthetsklassene.

Grunnlaget for klassifiseringen bør fortrinnsvis være tester utført av en uavhengig tredjepart. For mange egenskaper har man i dag teststandarder som kan benyttes. Det vil allikevel være behov for å utarbeide grenseverdier for de ulike robusthetsklassene. For andre egenskaper finnes det i dag ikke egnede testmetoder. For å kunne vurdere den komplette løsningen er som regel ikke de enkelte produktstandardene tilstrekkelig. En løsning kan være sammensatt av de beste produktene, men detaljeringen av løsningen kan være slik at robustheten allikevel blir lav. Klassifiseringssystemet bør derfor også kunne gjøre en vurdering av den overordnede robustheten for en egenskap. Det bør i tillegg gjøres en vurdering av i hvilken grad benyttede laboratoriemetoder representerer reell belastning.

For mange egenskaper vil det, som påpekt, være nødvendig å utarbeide kriterier for klassifiseringen. Innenfor konstruksjonsteknikk benytter man partialfaktormetoden med ulike partialfaktorer for laster og materialer slik at sikkerheten differensieres for ulike belastninger. En tilsvarende metode kunne benyttes også for byggetekniske løsninger. Prosjekteringsstandardene benyttes generelt naturlaster med 50 års returperiode. Tilsvarende tilnærming kan benyttes ved fastsettelse av hvilke dimensjonerende laster ulike byggetekniske løsninger skal prosjekteres for (for eksempel dimensjonering mot slagregn). Man kan for eksempel tenke seg at man prosjekterer for slagregn med bruk av slagregnsbelastning med 50 års returperiode og at man også benytter lastfaktorer og materialfaktorer for å oppnå ønsket sikkerhet.

For mange områder hvor det allerede eksisterer laboratoriemetoder, bør det utarbeides metoder hvor man differensierer nivåene på belastningen slik at ulike klimasoner blir representert. Dette betyr at man for eksempel differensierer på belastningen ved testing av slagregn og at man har ulike grenseverdier for ulike geografisk plassering av bygg.

Det bør også utarbeides retningslinjer for de kvalitative vurderingene som gjøres under klassifiseringen. Mye av dette arbeidet gjøres på grunnlag av skadeerfaringer. Det er derfor svært viktig at systemet er koblet opp mot erfaringsdatabaser som Nasjonal Database for Byggkvalitet. En annen kilde til erfaringsdata er uavhengig tredjepartskontroll som er initiert av myndighetene.

Det er viktig at det nye systemet evner å skille ulike løsninger med ulike robusthet. Gjennom vektning av egenskapene vil man kunne oppnå at egenskaper som bidrar mest til robustheten også oppnår flest "Robustpoeng". For å kunne klassifisere og sammenligne løsninger med ulike oppbygning og ulike funksjonalitet i sjiktene, bør vektningen skje på et overordnet funksjonsnivå. For noen løsninger bidrar, for eksempel, flere sjikt til fuktsikkerheten, mens for andre løsninger er det kun ett sjikt som ivaretar fuktsikkerhet. Når en løsnings fuktsikkerhet vurderes, bør de sjiktene som bidrar til fuktsikkerheten inngå i vurderingen. Løsninger for yttervegger mot terreng har fuktsikring i ulike sjikt: drenerende masser, grunnmursplate, drenerende isolasjon eller vanntett bærekonstruksjon (betong). Det er derfor viktig at vektningen av en egenskap ikke blir utført i ett sjikt, men blir gjort på et overordnet nivå.

I tabellen under er det vist et forslag på et system der ulike egenskaper/sjikt oppnår poeng avhengig av egenskapens/sjiktets bidrag til den aktuelle funksjonaliteten. På denne måten kan man variere hvor mange egenskaper/sjikt som bidrar til den overordnede funksjonaliteten og vekte betydningen av den enkelte egenskap/sjikt. Funksjonaliteten oppgis her som prosent av totalt antall oppnåelige poeng (summen av alle funksjonaliteter blir 100 %), mens de ulike egenskaper/sjikt får poeng avhengig av robusthet. Største mulige

poengsum for en funksjonalitet vil da gi høyeste mulige prosentandel for funksjonaliteten. Lavere nivå skaleres tilsvarende.

Tabell 2.2 Forslag til system med ulike bidrag til fra ulike sjikt/egenskaper til en overordnet funksjonalitet

	Element/egenskaper	Vekt %	LR	R	MR	SR
1 Oppbygning	a. Funksjonalitet 1	25	6,3	12,5	18,8	25
	Sjikt/egenskap 1		-	-	-	-
	Sjikt/egenskap 2		-	-	-	-
	Sjikt/egenskap 3		-	-	-	-
	Overordnet vurdering 1		-	-	-	-
	Overordnet vurdering 2		-	-	-	-
	b. Funksjonalitet 2	10	2,5	5	7,5	10
	Sjikt/egenskap 1		-	-	-	-
	c. Funksjonalitet 3	20	5	10	15	20
	Sjikt/egenskap 1		-	-	-	-
2 Utførelse	a. Funksjonalitet 4	20	5	10	15	20
			-	-	-	-
3 Drift	a. Funksjonalitet 5	10	2,5	5	7,5	10
	b. Funksjonalitet 6	10	2,5	5	7,5	10
	c. Funksjonalitet 7	5	1,3	2,5	3,8	5
			-	-	-	-

Som en kan se i tabell 2.2, er de ulike funksjonalitetene vektet ut fra viktighet, fra 5–25 %, med en sum lik 100 % for alle funksjonalitetene. Funksjonalitet 1 har en vektning 25 %, dvs. dersom alle egenskapene for Funksjonalitet 1 får toppscore, oppnår funksjonaliteten 25 Robustpoeng og havner i klassen "Svært robust". Dersom summen av alle egenskapene bare får 75 % av alle oppnåelige poeng, oppnår Funksjonalitet 1 klassen "Meget Robust". Tilsvarende gir 50 % av alle oppnåelige poeng for Funksjonalitet 1 klassen "Robust", mens 25 % av alle oppnåelige poeng gir klassen "Lite robust". På denne måten kan en funksjonalitet underbygges av et stort antall sjikt/egenskaper uten at det påvirker den prosentvise andelen oppnåelige poeng. En har også mulighet til å vekte de ulike egenskapene gjennom hvor mange poeng som kan oppnås. Summen av poeng for ulike funksjonaliteter kan oppsummeres som i tabell 2.3 (med endelig klasseinndeling i henhold til tabell 2.1).

Tabell 2.3 Eksempel på klassifisering av en løsning, Robustpoeng fra hver funksjonalitet oppsummeres og gir løsningens Robusthetsklasse

	Element/egenskaper	LR	R	MR	SR
1 Oppbygning	a. Funksjonalitet 1				-
	b. Funksjonalitet 2				-
	c. Funksjonalitet 3			-	
2 Utførelse	a. Funksjonalitet 4		-		
3 Drift	a. Funksjonalitet 5			-	
	b. Funksjonalitet 6		-		
	c. Funksjonalitet 7		-		
Totalt				-	

Det foreslås at miljøegenskaper og økonomiske vurderinger ikke er en del av klassifiserings-systemet. Et system som klassifiserer robusthet bør kun inkludere forhold av betydning for robustheten. Det er da heller ikke naturlig å gjøre en vurdering av for eksempel energi-effektivitet. En løsning kan ha lav energieffektiv men samtidig være svært robust. Hvis derimot løsningen har store kuldebroer, kan fuktsikkerheten reduseres. Det vil derfor være nødvendig å vurdere kuldebroer og risiko for kondensskader ved klassifisering av en løsnings robusthet. Andre forhold som naturlig ikke inngår i et slikt klassifiseringssystem er tilgjengelighet, estetikk og bæreevne.

3 Eksempler på klassifisering av konstruksjonsløsninger

3.1 Innledning

Så snart oppbygningen av et klassifiseringssystem er etablert, bør arbeidet med å sette kvantitative og kvalitative grenseverdier utføres. Deretter kan klassifiseringsarbeidet starte. Det er naturlig å begynne med å klassifisere de mest benyttede løsningene på områder der det er store forskjeller i robusthet og mange skader. Løsninger i tilknytning til klimaskjermen, dvs. tak (inkl. terrasser), fasader (inkl. løsninger ved vinduer) og ytterveggskonstruksjoner mot grunnen har mange skader.

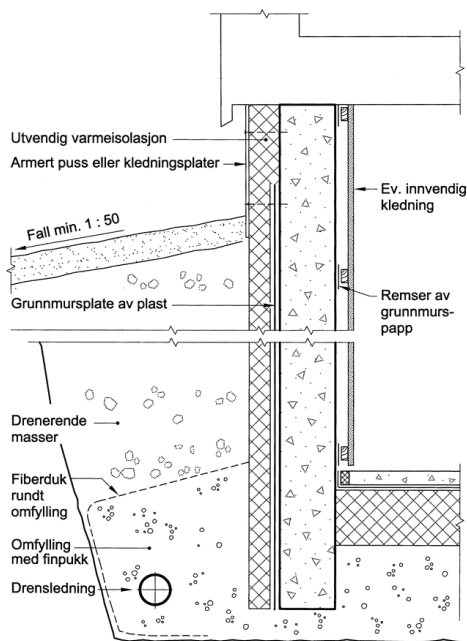
Det er viktig at denne klassifiseringen også tas i bruk ved omtale av løsninger i Byggforskseriens anvisninger. Det bør i denne forbindelse stilles ulike krav til robusthet i ulike klimasoner. For noen løsninger bør det være krav om bygging med værbeskyttelse (telt), mens andre løsninger er så robuste at de kan bygges under åpen himmel.

Som en demonstrasjon av klassifiseringsprinsippet, er det utarbeidet to eksempler på klassifisering. Det er ikke utarbeidet forslag til grenseverdier. Dette må gjøres i tett samarbeid med fagspesialister på de ulike produktene. Et viktig hjelpemiddel i denne forbindelse kan være Prodok-matrisene som er utarbeidet for en rekke produktområder [20].

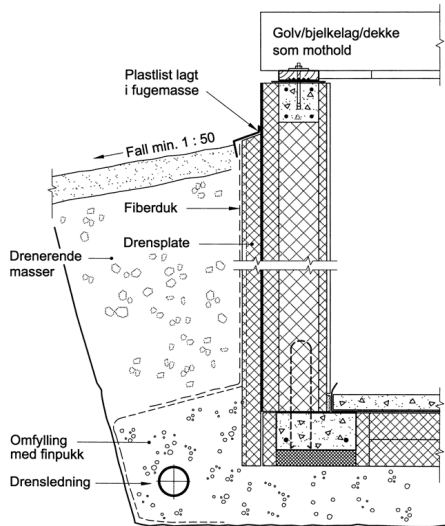
3.2 Yttervegger mot terreng

Yttervegger mot terreng er gruppert i fire hovedtyper etter utførelsesprinsipp [16]:

- murte vegger av blokker (lettklinkerblokk, betonghullblokk eller isolert betongblokk)
- plasstøpte betongvegger, se figur 3.1
- vegger av sprøytebetong mot plastisolasjon
- prefabrikkerte veggelementer, se figur 3.2



Figur 3.1 Yttervegg mot terreng med plasstøpt betong, grunnmursplate av plast og varmeisolasjon på utsiden av grunnmursplaten [16]

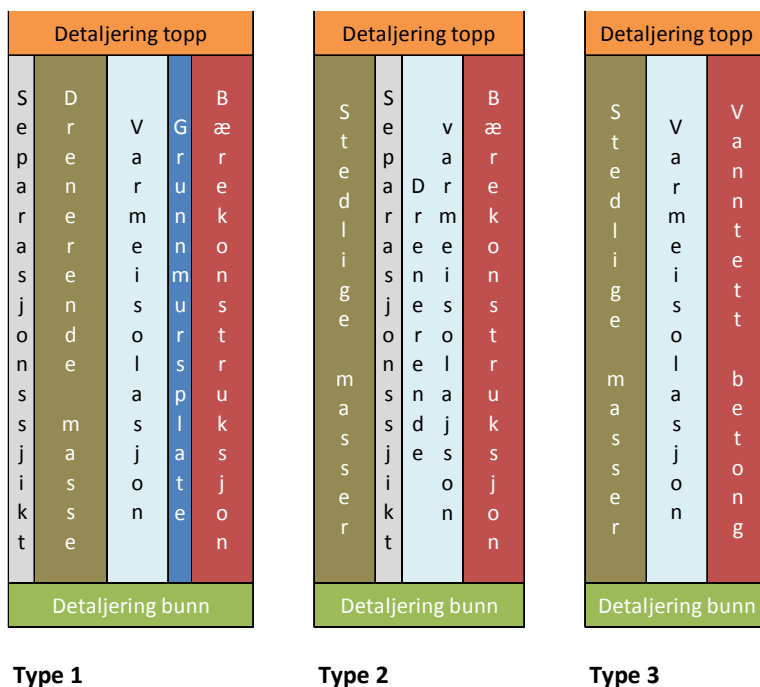


Figur 3.2 Yttervegg mot terreng med prefabrickerte sandwichelementer av ekspandert polystyren og drensplate på utsiden [16]

Dersom man har en vanntett bærekonstruksjon, burde det ikke være nødvendig med vanntett sjikt eller drenerende masser på utsiden. Men en konstruksjon blir ansett å være mindre robust dersom man legger all fuktsikkerhet i ett sjikt. Yttervegger mot terreng blir derfor tradisjonelt bygd opp med drenerende masser og en grunnmursplate som kapillærbrytende og vannavvisende sjikt. Et alternativ er å bruke drenerende isolasjon eller en drensplate.

Tre hovedtyper yttervegger mot terreng vil bli vurdert (oppbygning listet innenfra og ut):

1. Bærekonstruksjon, grunnmursplate, varmeisolasjon, drenerende masser og separasjonssjikt
2. Bærekonstruksjon, drenerende isolasjon, separasjonssjikt og stedlige masser
3. Bærekonstruksjon av vanntett betong, varmeisolasjon (ev. er denne integrert i bærekonstruksjonen) og stedlige masser



Figur 3.3 Eksempler på tre hovedtyper yttervegger mot terreng

Tabell 3.1 Eksempel på oversikt over grenseverdier ved klassifisering av yttervegger mot terreng med grunnmursplate og drenerende masser, type 1 iht. figur 3.3

	Element/egenskaper	Standard	Enhet	Grenseverdier			
				LR	R	MR	SR
1 Oppbygning	a. Fuktsikkerhet						
	Seperasjonssjikt	-	-	-	-	-	-
	- åpningsstørrelse						
	Drenerende masser	-	-	-	-	-	-
	- dreneringsevne						
	Grunnmursplate	-	-	-	-	-	-
	- vanntetthet						
	Kondensrisiko	-	-	-	-	-	-
	Detaljering i topp	-	-	-	-	-	-
	Detaljering i bunn	-	-	-	-	-	-
	Overordnet fuktsikkerhet	-	-	-	-	-	-
	b. Frostsikkerhet						
	- telefarlig masse	-	-	-	-	-	-
c. Mekanisk motstandsevne	Seperasjonssjikt	-	-	-	-	-	-
	- strekkfasthet	-	-	-	-	-	-
	- statisk punktering						
	Grunnmursplate	-	-	-	-	-	-
	- strekkfasthet	-	-	-	-	-	-
	- bæreevne ved statisk last	-	-	-	-	-	-
	- støtmotstand	-	-	-	-	-	-
	- deformasjon ved last	-	-	-	-	-	-
	- rivestyrke ved spiker	-	-	-	-	-	-
	Detaljering i topp	-	-	-	-	-	-
Detaljering i bunn	-	-	-	-	-	-	
2 Utførelse	a. Utførelsesømfintlighet	-	-	-	-	-	-
3 Drift	a. Bestandighet	-	-	-	-	-	-
	b. Vedlikehold						
	Vedlikeholdsbehov	-	-	-	-	-	-
Muligheter for vedlikehold	-	-	-	-	-	-	
c. Demonterbarhet	-	-	-	-	-	-	

Tabell 3.2 Eksempel fordeling av Robustpoeng for yttervegger mot terreng med grunnmursplate og drenerende masser, type 1 iht. figur 3.3

	Element/egenskaper	Vekt %	LR	R	MR	SR
1 Oppbygning	a. Fuktsikkerhet	25	6,3	12,5	18,8	25
	Seperasjonssjikt - åpningsstørrelse		-	1	2	3
	Drenerende masser - dreneringsevne		1	2	4	6
	Grunnmursplate - vanntetthet		1	2	3	4
	Kondensrisiko		1	2	3	4
	Detaljering i topp		1	2	3	4
	Detaljering i bunn		1	2	3	4
	Overordnet fuktsikkerhet		1	2	3	4
	b. Frostsikkerhet	10	2,5	5	7,5	10
	Telefarlige masser		2	4	6	8
	c. Mekanisk motstandsevne	20	5	10	15	20
	Seperasjonssjikt - strekkfasthet - statisk punktering		1 1	2 2	3 3	4 4
	Grunnmursplate - strekkfasthet - bæreevne ved statisk last - støtmotstand - deformasjon ved last - rivestyrke ved spiker		1 1 1 1 1	2 2 2 2 2	3 3 3 3 3	4 4 4 4 4
	Detaljering i topp Detaljering i bunn		1 1	2 2	3 3	4 4
2 Utførelse	a. Utførelsesømfintlighet	20	5	10	15	20
			5	10	15	20
3 Drift	a. Bestandighet	10	2,5	5	7,5	10
	b. Vedlikehold Vedlikeholdsbehov Muligheter for vedlikehold	10	2,5	5	7,5	10
	c. Demonterbarhet	5	1,3	2,5	3,8	5
			-	1	3	5

Tabell 3.3 Eksempel på oversikt over grenseverdier ved klassifisering av yttervegger mot terreng med drenerende varmeisolasjon, type 2 iht. figur 3.3

	Element/egenskaper	Standard	Enhet	Grenseverdier			
				LR	R	MR	SR
1 Oppbygning	a. Fuksikkerhet						
	Seperasjonssjikt	-	-	-	-	-	-
	- åpningsstørrelse						
	Varmeisolasjonssjikt	-	-	-	-	-	-
	- dreneringsevne						
	Kondensrisiko	-	-	-	-	-	-
	Detaljering i topp	-	-	-	-	-	-
	Detaljering i bunn	-	-	-	-	-	-
	Overordnet fuksikkerhet	-	-	-	-	-	-
	b. Frostsikkerhet						
	- telefarlige masser	-	-	-	-	-	-
	c. Mekanisk motstandsevne						
	Seperasjonssjikt	-	-	-	-	-	-
	- strekkfasthet	-	-	-	-	-	-
- statisk punktering							
Varmeisolasjon	-	-	-	-	-	-	
- trykkfasthet	-	-	-	-	-	-	
- strekkfasthet	-	-	-	-	-	-	
- bøyefasthet	-	-	-	-	-	-	
- punktlast	-	-	-	-	-	-	
- kryp under trykk	-	-	-	-	-	-	
Detaljering i topp	-	-	-	-	-	-	
Detaljering i bunn	-	-	-	-	-	-	
2 Utførelse	a. Utførelsesømfintlighet						
		-	-	-	-	-	-
3 Drift	a. Bestandighet						
		-	-	-	-	-	-
	b. Vedlikehold						
Vedlikeholdsbehov	-	-	-	-	-	-	
Muligheter for vedlikehold	-	-	-	-	-	-	
c. Demonterbarhet							
		-	-	-	-	-	-

Tabell 3.4 Eksempel på fordeling av Robustpoeng for yttervegger mot terreng med drenerende varmeisolasjon, type 2 iht. figur 3.3

	Element/egenskaper	Vekt %	LR	R	MR	SR
1 Oppbygning	a. Fuktsikkerhet	25	6,3	12,5	18,8	25
	Seperasjonssjikt - åpningsstørrelse		1	2	3	4
	Varmeisolasjonssjikt - dreneringsevne		1	2	4	6
	Kondensrisiko		1	2	3	4
	Detaljering i topp		1	2	3	4
	Detaljering i bunn		1	2	3	4
	Overordnet fuktsikkerhet		1	2	3	4
	b. Frostsikkerhet	10	2,5	5	7,5	10
	- telefarlige masser		2	4	6	8
	c. Mekanisk motstandsevne	20	5	10	15	20
	Seperasjonssjikt - strekkfasthet		1	2	3	4
	- statisk punktering		1	2	3	4
	Varmeisolasjon - trykkfasthet		1	2	3	4
	- strekkfasthet		1	2	3	4
- bøyefasthet	1		2	3	4	
- punktlast	1		2	3	4	
- kryp under trykk	1	2	3	4		
Detaljering i topp	1	2	3	4		
Detaljering i bunn	1	2	3	4		
2 Utførelse	a. Utførelsesømfintlighet	20	5	10	15	20
			3	9	12	15
3 Drift	a. Bestandighet	10	2,5	5	7,5	10
			2	6	8	10
	b. Vedlikehold	10	2,5	5	7,5	10
Vedlikeholdsbehov	1		3	4	5	
Muligheter for vedlikehold	1	3	4	5		
c. Demonterbarhet	5	1,3	2,5	3,8	5	
			-	1	3	5

Tabell 3.5 Eksempel på oversikt over grenseverdier ved klassifisering av yttervegger mot terreng med vanntett betong, type 3 iht. figur 3.3

	Element/egenskaper	Standard	Enhet	Grenseverdier			
				LR	R	MR	SR
1 Oppbygning	a. Fuksikkerhet						
	Betongvegg - vanntetthet	-	-	-	-	-	-
	Kondensrisiko	-	-	-	-	-	-
	Detaljering i topp	-	-	-	-	-	-
	Detaljering i bunn	-	-	-	-	-	-
	Overordnet fuksikkerhet	-	-	-	-	-	-
	b. Frostsikkerhet						
	- telefarlige masser	-	-	-	-	-	-
	c. Mekanisk motstandsevne						
	Varmeisolasjon						
	- trykkfasthet	-	-	-	-	-	-
	- strekkfasthet	-	-	-	-	-	-
	- bøyefasthet	-	-	-	-	-	-
- punktlast	-	-	-	-	-	-	
- kryp under trykk	-	-	-	-	-	-	
Detaljering i topp	-	-	-	-	-	-	
Detaljering i bunn	-	-	-	-	-	-	
2 Utførelse	a. Utførelsesømfintlighet						
		-	-	-	-	-	-
3 Drift	a. Bestandighet						
		-	-	-	-	-	-
	b. Vedlikehold						
Vedlikeholdsbehov	-	-	-	-	-	-	
Muligheter for vedlikehold	-	-	-	-	-	-	
c. Demonterbarhet							
		-	-	-	-	-	-

Tabell 3.6 Eksempel på fordeling av Robustpoeng for yttervegger mot terreng med vanntett betong, type 3 iht. figur 3.3

	Element/egenskaper	Vekt %	LR	R	MR	SR
1 Oppbygning	a. Fuktsikkerhet	25	6,3	12,5	18,8	25
	Betongvegg - vanntetthet		1	2	3	4
	Kondensrisiko		1	2	3	4
	Detaljeriing i topp		1	2	3	4
	Detaljeriing i bunn		1	2	3	4
	Overordnet fuktsikkerhet		1	2	3	4
	b. Frostsikkerhet	10	2,5	5	7,5	10
	-telefarlige masser		2	4	6	8
	c. Mekanisk motstandsevne	20	5	10	15	20
	Seperasjonssjikt - strekkfasthet		1	2	3	4
	- statisk punktering		1	2	3	4
	Varmeisolasjon - trykkfasthet		1	2	3	4
	- strekkfasthet		1	2	3	4
	- bøyefasthet		1	2	3	4
- punktlast		1	2	3	4	
- kryp under trykk		1	2	3	4	
Detaljeriing i topp		1	2	3	4	
Detaljeriing i bunn		1	2	3	4	
2 Utførelse	a. Utførelsesømfintlighet	20	5	10	15	20
			5	10	15	20
3 Drift	a. Bestandighet	10	2,5	5	7,5	10
			2	6	8	10
	b. Vedlikehold	10	2,5	5	7,5	10
	Vedlikeholdsbehov		1	3	4	5
	Muligheter for vedlikehold		1	3	4	5
	c. Demonterbarhet	5	1,3	2,5	3,8	5
			-	1	3	5

Tabell 3.7 Eksempel på klassifisering av yttervegger mot terreng med grunnmursplate og drenerende masser, type 1 iht. figur 3.3

	Element/egenskaper	LR	R	MR	SR
1 Oppbygning	a. Fuktsikkerhet				25
	b. Frostsikkerhet				8
	c. Mekanisk motstandsevne			15	
2 Utførelse	a. Utførelsesømfintlighet		10		
3 Drift	a. Bestandighet			8	
	b. Vedlikehold		6		
	c. Demonterbarhet		1		
Totalt				73	

Tabell 3.8 Eksempel på klassifisering av yttervegger mot terreng med drenerende varmeisolasjon, type 2 iht. figur 3.3

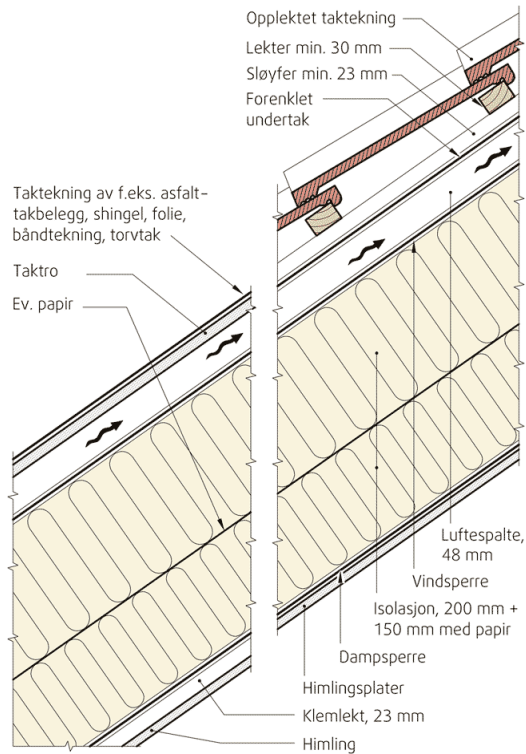
	Element/egenskaper	LR	R	MR	SR
1 Oppbygning	a. Fuktsikkerhet		11		
	b. Frostsikkerhet		4		
	c. Mekanisk motstandsevne		10		
2 Utførelse	a. Utførelsesømfintlighet			15	
3 Drift	a. Bestandighet		6		
	b. Vedlikehold		6		
	c. Demonterbarhet		1		
Totalt			53		

Tabell 3.9 Eksempel på klassifisering av yttervegger mot terreng med vanntett betong, type 3 iht. figur 3.3

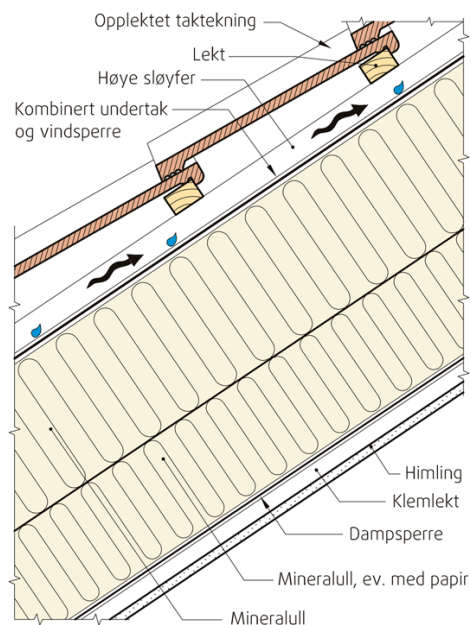
	Element/egenskaper	LR	R	MR	SR
1 Oppbygning	a. Fuktsikkerhet		11		
	b. Frostsikkerhet		4		
	c. Mekanisk motstandsevne		10		
2 Utførelse	a. Utførelsesømfintlighet			15	
3 Drift	a. Bestandighet				10
	b. Vedlikehold			8	
	c. Demonterbarhet		1		
Totalt			59		

3.3 Skrå isolerte tretak

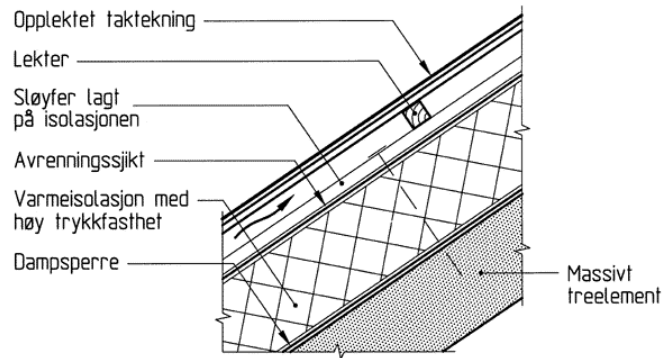
Luftede, isolerte skrå tretak kan bygges med varmeisolasjon mellom sperrer og lufting mellom vindsperre og undertak (se figur 3.4), med varmeisolasjon mellom sperrer og kombinert undertak og vindsperre (se figur 3.5) eller med varmeisolasjon lagt på oversiden av bærekonstruksjon (se figur 3.6), [17] – [19].



Figur 3.4 Skrått isolert tretak med lufting mellom vindsperre og undertak [18]

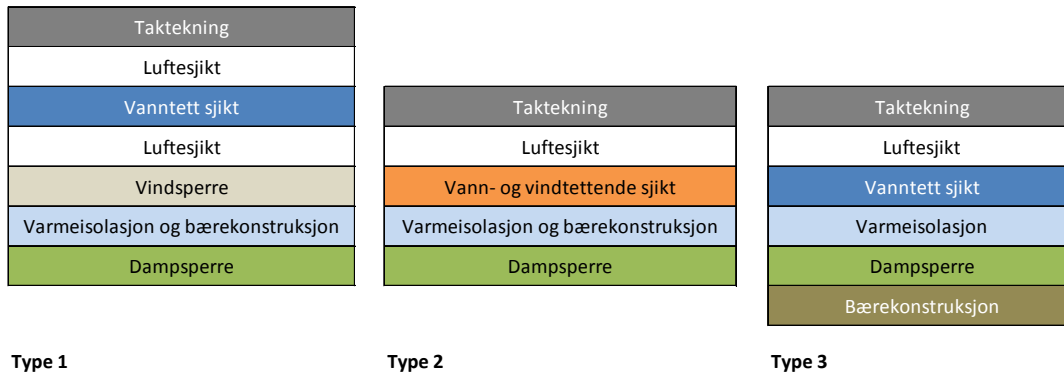


Figur 3.5 Skrått isolert tretak med kombinert vindsperre og undertak [19]



Figur 3.6 Isolert skrått luftet tak der isolasjonen er lagt på oversiden av bærekonstruksjonen
Prinsipiell oppbygning med massive treelementer som bærekonstruksjon og synlig innvendig overflate [17]

For disse tre hovedtypene skrå isolerte tretak vil det utarbeides eksempler på klassifisering, se figur 3.7.



Figur 3.7 Tre hovedtyper isolerte skrå tak som vil bli brukt som eksempler i klassifiseringsforslaget

Tabell 3.10 Eksempel på oversikt over grenseverdier ved klassifisering av luftede, skrå isolerte tretak med lufting mellom vindsperre og undertak, type 1 iht. figur 3.7

	Element/egenskaper	Standard	Enhet	Grenseverdier				
				LR	R	MR	SR	
1 Oppbygning	a. Fuksikkerhet							
	Taktekning - åpenhet	-	-	-	-	-	-	
	Undertak - vanntetthet - tetthet skjøter	-	-	-	-	-	-	
	Vindsperre - vanndampmotstand - kondensopptaksevne	- -	- -	- -	- -	- -	- -	
	Dampsperre - vanndampmotstand - tetthet skjøter	- -	- -	- -	- -	- -	- -	
	Innebygde fuktømfintlige materialer	-	-	-	-	-	-	
	Kondensrisiko	-	-	-	-	-	-	
	Overordnet fuksikkerhet	-	-	-	-	-	-	
	b. Lufting							
	Luftesjikt mellom tekning og undertak	-	-	-	-	-	-	
	Luftesjikt mellom undertak og vindsperre	-	-	-	-	-	-	
	Overordnet lufting	-	-	-	-	-	-	
	c. Mekanisk motstandsevne							
	Taktekning - bæreevne	-	-	-	-	-	-	
	Undertak - gjennomtrampmotstand - rivestyrke spikerfeste - strekkstyrke	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	
	Vindsperre - rivestyrke spikerfeste - strekkstyrke	- -	- -	- -	- -	- -	- -	
	Dampsperre - rivestyrke - strekkstyrke - punktering ved slag	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	
	2 Utførelse	a. Utførelsesømfintlighet	-	-	-	-	-	-
	3 Drift	a. Bestandighet						
Vindsperre - bestandighet klebeskjøter		-	-	-	-	-	-	
Dampsperre - bestandighet klebeskjøter		-	-	-	-	-	-	
Generell bestandighet		-	-	-	-	-	-	
b. Vedlikehold								
Vedlikeholdsbehov Muligheter for vedlikehold		- -	- -	- -	- -	- -	- -	
c. Demonterbarhet	-	-	-	-	-	-		

Tabell 3.11 Eksempel på fordeling av robustpoeng for luftede, skrå isolerte tretak med lufting mellom vindsperre og undertak, type 1 iht. figur 3.7

	Element/egenskaper	Ve- kt %	LR	R	MR	SR
1 Oppbygning	a. Fuktsikkerhet	25	6,3	12,5	18,8	25
	Taktekning					
	- åpenhet		1	2	3	4
	Undertak					
	- vanntetthet		1	3	5	10
	- tetthet skjøter		1	3	5	10
	Vindsperre					
	- vanndampmotstand		1	2	3	4
	- kondensopptaksevne		1	2	3	4
	Dampsporre					
	- vanndampmotstand		1	2	3	4
	- tetthet skjøter		1	2	3	4
	Innebygde fuktømfintlige materialer			1	2	3
Kondensrisiko			1	2	3	4
Overordnet fuktsikkerhet			1	3	5	10
b. Lufting		15	3,8	7,5	11,3	15
	Luftesjikt mellom tekning og undertak		1	2	4	5
	Luftesjikt mellom undertak og vindsperre		1	2	4	5
	Overordnet lufting		1	2	4	5
c. Mekanisk motstandsevne		15	3,8	7,5	11,3	15
	Taktekning					
	- bæreevne		1	2	3	4
	Undertak					
	- gjennomtrampmotstand		1	2	3	4
	- rivestyrke spikerfeste		1	2	3	4
	- strekkstyrke		1	2	3	4
	Vindsperre					
	- rivestyrke spikerfeste		1	2	3	4
	- strekkstyrke		1	2	3	4
	Dampsporre					
- rivestyrke		-	1	2	3	
- strekkstyrke		-	1	2	3	
- punktering ved slag		-	1	2	3	
2 Utførelse	a. Utførelsesømfintlighet	20	5	10	15	20
			5	10	15	20
3 Drift	a. Bestandighet	10	2,5	5	7,5	10
	Vindsperre					
	- bestandighet klebeskjøter		1	2	3	4
	Dampsporre					
	- bestandighet klebeskjøter		1	2	3	4
	Generell bestandighet		1	2	4	8
	b. Vedlikehold	10	2,5	5	7,5	10
Vedlikeholdsbehov		1	2	4	5	
Muligheter for vedlikehold		1	2	4	5	
c. Demonterbarhet	5	1,3	2,5	3,8	5	
			-	1	3	5

Tabell 3.12 Eksempel på oversikt over grenseverdier ved klassifisering av luftede, skrå isolerte trectak med kombinert vindsperre og undertak, type 2 iht. figur 3.7

	Element/egenskaper	Stan- dard	En- het	Grenseverdier			
				LR	R	MR	SR
1 Oppbygning	a. Fuktsikkerhet						
	Taktekning - åpenhet	-	-	-	-	-	-
	Kombinert undertak og vindsperre - vanntetthet - tetthet skjøter - vanndampmotstand - kondensopptaksevne	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -
	Dampsperre - vanndampmotstand - tetthet skjøter	- -	- -	- -	- -	- -	- -
	Innebygde fuktømfintlige materialer	-	-	-	-	-	-
	Kondensrisiko	-	-	-	-	-	-
	Overordnet fuktsikkerhet	-	-	-	-	-	-
	b. Lufting						
	- luftesjikt	-	-	-	-	-	-
	c. Mekanisk motstandsevne						
	Taktekning - bæreevne	-	-	-	-	-	-
	Kombinert undertak og vindsperre - gjennomtrampmotstand - rivestyrke spikerfeste - strekkstyrke	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
	Dampsperre - rivestyrke - strekkstyrke - punktering ved slag	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
2 Utførelse	a. Utførelsesømfintlighet	-	-	-	-	-	-
3 Drift	a. Bestandighet						
	Kombinert undertak og vindsperre - bestandighet klebeskjøter	-	-	-	-	-	-
	Dampsperre - bestandighet klebeskjøter	-	-	-	-	-	-
	Generell bestandighet	-	-	-	-	-	-
	b. Vedlikehold						
	Vedlikeholdsbehov Muligheter for vedlikehold	- -	- -	- -	- -	- -	- -
c. Demonterbarhet	-	-	-	-	-	-	

Tabell 3.13 Eksempel på fordeling av Robustpoeng for luftede, skrå isolerte tretak med kombinert vindsperre og undertak, type 2 iht. figur 3.7

	Element/egenskaper	Ve- kt %	LR	R	MR	SR
1 Oppbygning	a. Fuksikkerhet	25	6,3	12,5	18,8	25
	Taktekning					
	- åpenhet		1	2	3	4
	Kombinert undertak og vindsperre					
	- vanntetthet		1	3	5	10
	- tetthet skjøter		1	3	5	10
	- vandampmotstand		1	2	3	4
	- kondensopptaksevne		1	2	3	4
	Dampspærre					
	- vandampmotstand		1	2	3	4
- tetthet skjøter		1	2	3	4	
Innebygde fuktømfintlige materialer		1	2	3	4	
Kondensrisiko		1	2	3	4	
Overordnet fuksikkerhet		1	3	5	10	
b. Lufting		15	3,8	7,5	11,3	15
	- luftesjikt		1	2	4	5
b. Mekanisk motstandsevne		15	3,8	7,5	11,3	15
	Taktekning					
	- bæreevne		1	2	3	4
	Kombinert undertak og vindsperre					
	- gjennomtrampmotstand		1	2	3	4
	- rivestyrke spikerfeste		1	2	3	4
	- strekkstyrke		1	2	3	4
Dampspærre						
- rivestyrke		-	1	2	3	
- strekkstyrke		-	1	2	3	
- punktering ved slag		-	1	2	3	
2 Utførelse	a. Utførelsesømfintlighet	20	5	10	15	20
			1	8	16	20
3 Drift	a. Bestandighet	10	2,5	5	7,5	10
	Kombinert undertak og vindsperre					
	- bestandighet klebeskjøter		1	2	3	4
	Dampspærre					
	- bestandighet klebeskjøter		1	2	3	4
	Generell bestandighet		1	2	4	8
	b. Vedlikehold	10	2,5	5	7,5	10
Vedlikeholdsbehov		1	2	4	5	
Muligheter for vedlikehold		1	2	4	5	
c. Demonterbarhet	5	1,3	2,5	3,8	5	
			1	2	3	4

Tabell 3.14 Eksempel på oversikt over grenseverdier ved klassifisering av luftede, skrå isolerte tretak med varmeisolasjon over bærekonstruksjonen, type 3 iht. figur 3.7

	Element/egenskaper	Stan- dard	En- het	Grenseverdier			
				LR	R	MR	SR
1 Oppbygning	a. Fuksikkerhet						
	Taktekning - åpenhet	-	-	-	-	-	-
	Undertak - vanntetthet - tetthet skjøter	- -	- -	- -	- -	- -	- -
	Dampsperre - vanndampmotstand - tetthet skjøter	- -	- -	- -	- -	- -	- -
	Innebygde fuktømfintlige materialer	-	-	-	-	-	-
	Kondensrisiko	-	-	-	-	-	-
	Overordnet fuksikkerhet	-	-	-	-	-	-
	b. Lufthing						
	- luftesjikt	-	-	-	-	-	-
	c. Mekanisk motstandsevne						
Taktekning - bæreevne	-	-	-	-	-	-	
Undertak - gjennomtrampmotstand - rivestyrke spikerfeste - strekkstyrke	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	
Varmeisolasjon - trykkfasthet - kryp	- -	- -	- -	- -	- -	- -	
Dampsperre - rivestyrke - strekkstyrke - punktering ved slag	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	
2 Utførelse	a. Utførelsesømfintlighet	-	-	-	-	-	-
3 Drift	a. Bestandighet						
	Undertak - bestandighet klebeskjøter	-	-	-	-	-	-
	Dampsperre - bestandighet klebeskjøter	-	-	-	-	-	-
	Generell bestandighet	-	-	-	-	-	-
	b. Vedlikehold						
	Vedlikeholdsbehov Muligheter for vedlikehold	- -	- -	- -	- -	- -	- -
c. Demonterbarhet	-	-	-	-	-	-	

Tabell 3.15 Eksempel fordeling av Robustpoeng for luftede, skrå isolerte tretak med varmeisolasjon over bærekonstruksjonen, type 3 iht. figur 3.7

	Element/egenskaper	Ve- kt %	LR	R	MR	SR
1 Oppbygning	a. Fuktsikkerhet	25	6,3	12,5	18,8	25
	Taktekning					
	- åpenhet		1	2	3	4
	Undertak					
	- vanntetthet		1	3	5	10
	- tetthet skjøter		1	3	5	10
	Dampsperre					
	- vanndampmotstand		1	2	3	4
	- tetthet skjøter		1	2	3	4
	Innebygde fuktømfintlige materialer		1	2	3	4
	Kondensrisiko		1	2	3	4
	Overordnet fuktsikkerhet		1	3	5	10
	b. Lufting		15	3,8	7,5	11,3
- luftesjikt			1	2	4	5
c. Mekanisk motstandsevne		15	3,8	7,5	11,3	15
Taktekning						
- bæreevne			1	2	3	4
Undertak						
- gjennomtrampmotstand			1	2	3	4
- rivestyrke spikerfeste			1	2	3	4
- strekkstyrke			1	2	3	4
Varmeisolasjon						
- trykkfasthet			1	2	3	4
- kryp			1	2	3	4
Dampsperre						
- rivestyrke			-	1	2	3
- strekkstyrke			-	1	2	3
- punktering ved slag			-	1	2	3
2 Utførelse	a. Utførelsesømfintlighet	20	5	10	15	20
			1	8	16	20
3 Drift	a. Bestandighet	10	2,5	5	7,5	10
	Undertak					
	- bestandighet klebeskjøter		1	2	3	4
	Dampsperre					
	- bestandighet klebeskjøter		1	2	3	4
	Generell bestandighet		1	2	4	8
	b. Vedlikehold		10	2,5	5	7,5
Vedlikeholdsbehov			1	2	4	5
Muligheter for vedlikehold			1	2	4	5
c. Demonterbarhet		5	1,3	2,5	3,8	5
			-	1	3	5

Tabell 3.16 Eksempel på klassifisering av luftede, skrå isolerte tretak med lufting mellom vindsperre og undertak, type 1 iht. figur 3.7

	Element/egenskaper	LR	R	MR	SR
1 Oppbygning	a. Fuksikkerhet				25
	b. Lufting			12	
	c. Mekanisk motstandsevne			12	
2 Utførelse	a. Utførelsesømfintlighet		8		
3 Drift	a. Bestandighet			8	
	b. Vedlikehold		5		
	c. Demonterbarhet		1		
Totalt				71	

Tabell 3.17 Eksempel på klassifisering av luftede, skrå isolerte tretak med kombinert vindsperre og undertak, type 2 iht. figur 3.7

	Element/egenskaper	LR	R	MR	SR
1 Oppbygning	a. Fuksikkerhet		10		
	b. Lufting			12	
	c. Mekanisk motstandsevne		8		
2 Utførelse	a. Utførelsesømfintlighet		8		
3 Drift	a. Bestandighet			8	
	b. Vedlikehold		5		
	c. Demonterbarhet		1		
Totalt			52		

Tabell 3.18 Eksempel på klassifisering av luftede, skrå isolerte tretak med varmeisolasjon over bærekonstruksjonen, type 3 iht. figur 3.7

	Element/egenskaper	LR	R	MR	SR
1 Oppbygning	a. Fuksikkerhet				25
	b. Lufting			12	
	c. Mekanisk motstandsevne		8		
2 Utførelse	a. Utførelsesømfintlighet			16	
3 Drift	a. Bestandighet			8	
	b. Vedlikehold		5		
	c. Demonterbarhet			3	
Totalt				77	

4 Konklusjon

Det er utarbeidet et forslag til et system som klassifiserer robustheten til byggetekniske løsninger. Et klassifiseringssystem med fire robusthetsklasser er foreslått: "Lite robust", "Robust", "Meget robust" og "Svært robust". Sammenlignet med et system med odde antall klasser, vil fire klasser tvinge fram en vurdering av hvor god løsningen er i forhold til et gjennomsnitt.

Det er viktig at det nye systemet evner å skille ulike løsninger med ulik robusthet. Gjennom vektning av egenskapene vil man kunne oppnå at egenskaper som bidrar mest til robustheten også oppnår flest "Robustpoeng". For å kunne klassifisere og sammenligne løsninger med ulik oppbygning og ulik funksjonalitet i sjiktene, bør vektningen skje på et overordnet funksjonsnivå.

Hvilke egenskaper og forhold som vurderes ved en klassifisering av en løsning er avhengig av hvilken funksjon løsningen har, hvilken belastning løsningen kan forventes å få samt hvilke andre vilkår som gjelder. Klimabelastning og mekanisk belastning er viktige egenskaper som bør inkluderes. Andre egenskaper som er også viktige for robustheten, men som det kan være vanskelige å kvantifisere er byggbarhet/utførelsesømfintlighet, monterbarhet, utskiftbarhet/demonterbarhet, vedlikeholdsmuligheter og brukervennlighet. Det er foreslått å ikke inkludere miljøegenskaper, økonomiske vurderinger, energieffektivitet, tilgjengelighet, estetikk og bæreevne i klassifiseringssystemet.

Som en demonstrasjon av klassifiseringsprinsippet, er det utarbeidet to eksempler på klassifisering for yttervegger mot terreng og skrå, isolerte tretak. Videre arbeid bør inkludere utarbeidelse av kvantitative og kvalitative grenseverdier for de ulike egenskapene bør vurderes. Det er naturlig at man i det videre arbeid klassifiserer de mest benyttede løsningene på områder der det er store forskjeller i robusthet og mange skader. Det er også viktig at klassifiseringen tas i bruk ved omtale av løsninger i Byggforskseriens anvisninger. Det bør i denne forbindelse stilles ulike krav til robusthet i ulike klimasoner.

5 Referanser

- [1] Byggdetaljer 700.110, 2010: *Byggskader. Oversikt*, Byggforskserien, SINTEF Byggforsk, Oslo.
- [2] Ingvaldsen, T., 2001: *Skader på bygg. Grunnlag for systematisk måling*, Prosjektrapport 308, Norges byggforskningsinstitutt, Oslo.
- [3] Ingvaldsen, T., 1994: *Byggskadeomfanget i Norge*, Prosjektrapport 163, Norges byggforskningsinstitutt, Oslo.
- [4] Ingvaldsen, T., 2008: *Byggskadeomfanget i Norge (2006): En vurdering basert på et tidligere arbeid og nye data*, Prosjektrapport 17, SINTEF Byggforsk, Oslo.
- [5] www.ordnett.no , dato 26.04. 2012.
- [6] Standard Norge, 2008: *NS-EN 1991-1-7. Eurocode 1: Laster på konstruksjoner. Del 1-7: Almenne laster. Ulykkeslaster*, Standard Norge, Lysaker.
- [7] www.byggekostnader.no, dato 26.04.2012.
- [8] www.energimerking.no, dato 27.04.2012.
- [9] Nordisk Miljømerking, 2009: *Svanemerking av Småhus, leilighets- og barnehagebygg*, Miljømerking, Oslo.
- [10] www.ngbc.no, dato 27.04.2012.
- [11] Garder, G., 2010: LEED – et miljøsertifiseringssystem, masteroppgave, Universitetet for miljø- og biovitenskap, Inst. for matematiske realfag og teknologi, Ås.
- [12] Lemieux, C., 2012: *How the Current Sustainability Movement Impacts the Enclosure: A Look at the VanDusen Botanical Garden Visitors Centre*, Proc. of the 3rd Conf. of Building Enclosure Science and Technology April 2012, Atlanta, Georgia, USA.
- [13] Sveipe, E., Jelle, B.P., Wegger, E., Gustavsen, A., Thue, J.V., Time, B., Grynning, S. og Lisø, K.R., *Robustness Classification of Building Materials, Building Assemblies and Buildings with respect to Prevailing Loads incorporating Climate and Service Life*, Journal of Building Physics, 2011 (submitted).
- [14] Lisø, K.R. og Kvande, T., 2007, *Klimtilpasning av bygninger*, SINTEF Byggforsk, Oslo.
- [15] www.duko.dk, dato 02.05.2012.
- [16] Byggdetaljer 521.011, 2005: *Valg av fundamentering og konstruksjoner mot grunnen*, Byggforskserien, SINTEF Byggforsk, Oslo.
- [17] Byggdetaljer 525.002, 2007: *Takkonstruksjoner. Valg av taktype og konstruksjonsprinsipp*, Byggforskserien, SINTEF Byggforsk, Oslo.
- [18] Byggdetaljer 525.101, 2007: *Isolerte skrå trettak med lufting mellom vindsperre og undertak*, Byggforskserien, SINTEF Byggforsk, Oslo.

- [19] Byggedetaljer 525.102, 2009: *Isolerte skrå tretak med kombinert undertak og vindsperre*, Byggforskserien, SINTEF Byggforsk, Oslo.
- [20] www.sintefcertification.no.
- [21] www.tidningentra.se, dato 02.05.12.

SINTEF er Skandinavias største forskningskonsern. Vår visjon er «Teknologi for et bedre samfunn». Vi skal bidra til økt verdiskapning, økt livskvalitet og en bærekraftig utvikling. SINTEF selger forskningsbasert kunnskap og tilhørende tjenester basert på dyp innsikt i teknologi, naturvitenskap, medisin og samfunnsvitenskap.

SINTEF Byggforsk er et internasjonalt ledende forskningsinstitutt og Norges viktigste formidler av forskningsbasert kunnskap til bygge- og anleggsnæringen. Vi skaper verdier for våre kunder og for samfunnet gjennom forskning og utvikling, spesialrådgivning, sertifisering og kunnskapsformidling. Våre publikasjoner omfatter Byggforskserien, Byggebransjens våtromsnorm, håndbøker, rapporter, faktabøker og beregnings- og planleggingsverktøy.

