

Håndtering af fugt i byggeriet

Hvor der anvendes biobaserede materialer

Rasmussen, Torben Valdbjørn; de Place Hansen, Ernst Jan

Publication date:
2024

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Rasmussen, T. V., & de Place Hansen, E. J. (2024). *Håndtering af fugt i byggeriet: Hvor der anvendes biobaserede materialer*. Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet. BUILD Report Bind 2024 Nr. 10

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

BUILD RAPPORT

2024:10

Håndtering af fugt i byggeriet

Hvor der anvendes biobaserede materialer

Torben Valdbjørn Rasmussen & Ernst Jan de Place Hansen

HÅNDBTERING AF FUGT I BYGGERIET

Hvor der anvendes biobaserede materialer

Torben Valdbjørn Rasmussen og Ernst Jan de Place Hansen

Myndighedsprojekt
BUILD, Aalborg Universitet
2024

TITEL	Håndtering af fugt i byggeriet
UNDERTITEL	Hvor der anvendes biobaserede materialer
SERIETITEL	BUILD rapport 2024:10
FORMAT	Digital
UDGIVELSEÅR	2024
UDGIVET DIGITALT	Juli 2024
FORFATTER	Torben Valdbjørn Rasmussen og Ernst Jan de Place Hansen
SPROG	Dansk
SIDETAL	94
LITTERATURHENVISNINGER	Side 14-26
EMNEORD	Biobaseret byggeri, byggefugt, fugt, vandskade, driftsfasen, informationskilder
ISBN	978-87-94561-20-4
TEGNINGER	Michael Ulf Bech
FOTO	Torben Valdbjørn Rasmussen
OMSLAGSILLUSTRATION	Torben Valdbjørn Rasmussen
UDGIVER	Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet A.C. Meyers Vænge 15, 2450 København SV E-post build@build.aau.dk www.anvisninger.dk

Der gøres opmærksom på, at denne publikation er omfattet af ophavsretsloven.

INDHOLD

FORORD	7
1 SAMMENFATNING	10
2 INDLEDNING	12
3 RELEVANTE INFORMATIONS-KILDER	14
3.1 Alment teknisk fælleseje	14
3.2 Vejledninger fra brancheorganisationer	21
3.3 Best-practice i vores nabolande	22
3.4 Udvalgte internationale artikler	26
4 SKEMATISK OVERSIGT AF LITTERATUR	30
5 ÅRSAGER TIL OG KONSEKVENSER AF BYGGEFUGT	36
5.1 Fugthåndtering ved anvendelse af biobaserede materialer	36
5.2 Fugt i byggematerialer	37
5.3 Fugt i byggeperioden	39
6 ÅRSAGER TIL OG KONSEKVENSER AF VANDSKADER	44
6.1 Årsager til vandskade	44
6.2 Konsekvenser af vandskade	45
7 GRÆNSEVÆRDIER FOR FUGTNIVEAUER	48
8 BYGNINGSDESIGN OG MATERIALEVALG	50
8.1 Bygningsdesign	50
8.2 Materialevalg	59
9 PROCESSER OG METODER TIL AT SIKRE MOD FUGT	62
9.1 Fugtstrategi mod byggefugt	62
9.2 Plan i tilfælde af vandskade i drift	64
10 SAMMENFATNING AF WORKSHOP	68
10.1 Sammenfatning af Workshop 1	68
10.2 Sammenfatning af Workshop 2	69
10.3 Sammenfatning af Workshop 3	71
11 KONKLUSION	74
12 WORKSHOP 1 BYGGEFUGT	76
12.1 Tema: Fugtmæssige udfordringer / Håndtering af fugt i udførelsesfasen	76
13 WORKSHOP 2 HÅNTERING AF VANDSKADER I DRIFTSFASEN	84

13.1 Tema: Fugtmæssige udfordringer / Håndtering af vandskader i driftsfasen	84
14 WORKSHOP 3 FORMIDLING TIL BRANCHEN	90
14.1 Tema: Hvad kan vi formidle til branchen?	90

FORORD

I denne rapport beskrives hvordan byggefugt og fugt der stammer fra vandskader, mest hensigtsmæssigt håndteres i byggeri, hvor der er anvendt biobaserede materialer. Biobaserede materialer er i denne henseende materialer som indeholder biobaserede ressourcer og som anvendes til byggematerialer. Biobaserede materialer omfatter i denne sammenhæng plantebaserede materialer som fx træ, halm, tækkerør, hør, hamp og ålegræs. Biobaserede materialer dækker også over materialer som ikke er plantebaserede så som alger, muslingeskaller og fiskeben hvorfor der nærmere er tale om biologiske organismer eller fornybare ressourcer, der til stadighed kan dannes på ny, som planter og dyr er vigtige eksempler på.

Biobaserede ressourcer indgår i mange byggematerialer som anvendes i dag, dels i bærende konstruktioner som bjælker, søjler, skiver og præfabrikerede elementer, dels til bygningsdele som beklædning, overflader, tagdækning, og isoleringsmaterialer for varme, lyd og brand. Endvidere som armering i puds og plader, aptering og interiør. Materialerne er typisk blevet oparbejdet, fået tilført tilsætningsstoffer og er blevet industrielt forarbejdet, til fremstilling af byggematerialer. Tilsætningsstoffer er som oftest bindere, brandhæmmere eller lime.

I beskrivelserne af hvorledes fugt mest hensigtsmæssigt håndteres, skelnes der mellem bygningsdele som bærende konstruktioner og vandrette dæk som etagedæk og dæk mod terræn, hvor nedbrudte dele kun vanskeligt kan udskiftes, og bygningsdele som klimaskærm, regnskærm og isoleringsmaterialer, som er enklere at udskifte.

Gennem et litteraturstudie afsøges beskrevne metoder til at sikre sig mod byggefugt, og håndtering af vandskader opstået i driftsfasen af et byggeri. Litteraturstudiet omfatter vejledninger og best-practice fra Danmark og et antal nabolande (Norge, Sverige, Tyskland). Det vurderes i hvor høj grad følgende forhold håndteres: Typiske årsager til og konsekvenser af byggefugt og vandskader; grænseværdier for fugtniveauer uden negative konsekvenser; hensigtsmæssigt bygningsdesign og materialevalg; samt processer og metoder til håndtering og udtørring og til at opdage, omfangsbestemme og udbedre en opstået vandskade i en bygning med biobaserede materialer, herunder afværgeforanstaltninger og foranstaltninger for genoprettelse.

Branchen er inddraget i projektet gennem deres deltagelse i tre workshops. På workshops blev potentielle fugtrelaterede problemer belyst i forbindelse med anvendelsen af biobaserede materialer i byggeriet og mulige løsninger skitseret. Ekspertviden i form af faglige oplæg indenfor emnerne fugtmæssige udfordringer og håndtering af fugt i såvel udførelsesfasen som driftsfasen, blev inddraget på de enkelte workshops til at rammesætte arbejdet på dagen.

Projektet vedrører alene eksisterende viden og alene bygninger omfattet af bygningsreglementet.

Seniorforsker Torben Valdbjørn Rasmussen har i samarbejde med seniorforsker Ernst Jan de Place Hansen fra BUILD, Aalborg Universitet, udarbejdet rapporten. Seniorrådgiver Jørgen Munch-Andersen og postdoc Nikolaj Feldt Jensen fra BUILD, Aalborg Universitet, har bistået ved workshops.

Følgende personer har bidraget med faglige indlæg på workshops gennemført som en del af projektet:

Anne Beim, Professor, PhD, Architect MAA, Head of CINARK - Center for Industrialized Architecture

Balder Johansen, Logik og CO
Charlotte Gudum, Teknisk sagsansvarlig - ansvarlig for bæredygtighed, Byggeskadefonden.

Eva B. Møller, Professor, DTU CONSTRUCT, Institut for Byggeri og Mekanisk Teknologi
Peder Fynholm, Teknisk chef, Byggeskadefonden
BUILD takker for de faglige bidrag.

Følgende personer takkes for deres deltagelse og bidrag på Workshops:

Allan Rabe	Mads Hannibal Kampmann
Anna Leszmann	Mads Termansen
Anne Beim	Magnus Hede
Anne Borsholt	Mathias Nygaard Winther
Balder Johansen	Martin Åstrup-Møller
Benny Andersen	Michael Fabrin Clausen
Benny Lillelund	Mikael Koch
Birger Tannebæk Christiansen	Michael Lynge
Carsten Rode	Morten Møller Jensen
Casper Fabian Hillestrøm Pold	Morten Njor Romme
Charlotte Galsgaard	Nickolaj Feldt Jensen
Charlotte Gudum	Ole Frederiksen
Ekdahl Søren	Ole Peder Madsen
Emil Pedersen	Patrick Severinsen
Ernst Jan de Place Hansen	Peder Fynholm
Eva B. Møller	Peter Topse
Flemming Raahauge	Per Bo Larsen
Hans Heiselberg	Peter Myrup Christensen
Hans-Henning Christensen	Pia Marsengo
Henrik Larsen	Sara Fredhave
Henrik Riis Petersen	Søren Brandstrup
Jakob Skrydstrup	Søren Ekdahl
Jens Ravn	Søren Kromann
Jens Thomsen	Søren Skou Petersen
Jesper Rikvang	Steen Piil
Johannes Schotanus	Steen Kyster
John Oldager-Asmussen	Susie M. Frederiksen
Jørgen Munch-Andersen	Thomas Mårtensson
Kasper Dige Larsen	Tina Carøe
Lars F Hansen	Tommy Lund
Lars Lourcing	Walter Sebastian
Lykke Arnfred	

Rapporten er udarbejdet som en del af et myndighedsprojekt gennemført for Social- og Boligstyrelsen, Kontor for bæredygtighed, Center for byggeri. Rapporten er kvalitetssikret af Ruut Hannele Peuhkuri, forskningschef, BUILD, Aalborg Universitet.

BUILD - Institut for Byggeri, By og Miljø, Aalborg Universitet
Sektion for Byggeteknik, Processer og Indeklima
Juni 2024

Anne Kathrine Frandsen, viceinstituttleder.

The background of the page is decorated with a pattern of thin, dark blue wavy lines that flow across the entire surface. In the upper center, there is a solid dark blue circle containing the white number '1'.

1

SAMMENFATNING

1 SAMMENFATNING

Rapporten "Håndtering af fugt i byggeriet, hvor der anvendes biobaserede materialer", omhandler de udfordringer, der er forbundet med fugthåndtering i byggerier, der anvender biobaserede materialer. Rapporten fokuserer på byggefugt, fugt i opførelsesperioden, og fugt i form af vandskader som opstår i bygningens brugstid. Biobaserede materialer, omfatter plantebaserede materialer som træ, halm, hør og ålegræs samt dyrebaserede materialer som muslingeskaller og fiskeben. Interessen for brugen af disse materialer vinder frem på grund af deres bæredygtige egenskaber. De er bæredygtige da de er fornybare og kan høstes igen og igen. Trods deres bæredygtige egenskab kræver biobaserede materialer særlig opmærksomhed med hensyn til fugthåndtering for at sikre bygningernes holdbarhed og ydeevne.

Rapporten starter med at beskrive klimakrisen og behovet for bæredygtige byggemetoder, der reducerer CO₂-udledninger. Anvendelsen af biobaserede materialer ses i denne sammenhæng som en løsning, men det skal også erkendes, at disse materialer medfører særlige udfordringer vedrørende fugt. Der redegøres for typiske årsager til fugtproblemer, herunder byggefugt og vandskader, samt de negative konsekvenser disse kan have for både bygningens konstruktioner, holdbarhed og ydeevne.

For at forebygge fugtskader er det vigtigt at overholde specifikke grænseværdier for fugtniveauer. Rapporten gennemgår disse grænseværdier og kommer med anbefalinger til bygningsdesign og materialevalg, der kan minimere fugtrisici. Særligt fokuseres der på designløsninger, som harmonerer med biobaserede materials egenskaber. Der præsenteres også metoder og processer til at forhindre og håndtere fugtproblemer, herunder strategier for fugthåndtering under selve byggeriet samt metoder til at opdage, vurdere og udbedre vandskader i bygninger.

En central del af rapporten er dedikeret til praktiske erfaringer fra byggebranchen, indsamlet gennem tre workshops. Her bidrog eksperter og fagfolk med viden og erfaringer om fugthåndtering, hvilket er inddraget i rapportens anbefalinger. Dette sikrer, at anbefalingerne er både videnskabeligt funderede og praktisk anvendelige.

Gennem en kombination af omfattende litteraturstudier og inddragelse af branchens ekspertise, præsenterer rapporten en helhedsorienteret tilgang til fugthåndtering i byggeriet. Den omfatter både forebyggende foranstaltninger og konkrete afhjælpende metoder, hvilket sikrer, at bygninger med biobaserede materialer effektivt kan gøres robuste over for fugtrelaterede udfordringer.

The background of the page is decorated with a pattern of thin, dark blue wavy lines that flow across the entire surface. In the upper center, there is a solid dark blue circle containing the white number '2'.

2

INDLEDNING

2 INDLEDNING

Klimakrisen er et resultat af menneskets omfattende behov for materialer, energi og fødevarer til en global befolkning, der fortsætter med at vokse. Produktionen for at opfylde disse behov har resulteret i udledninger af enorme mængder CO₂ til atmosfæren. Byggebranchen bidrager i særlig grad til samfundets CO₂-udledninger, herunder fra energi til udvinding og forarbejdning af ressourcer til byggevarer, som beskrevet i bl.a. Klimahandlingsplanen fra 2020. For at vende denne udvikling er det nødvendigt at implementere mere bæredygtige praksisser i byggeriet. En af de mere effektive løsninger er at anvende flere fornybare, biobaserede ressourcer. Disse materialer, der stammer fra plante- og dyrebaserede kilder, kan reducere den miljømæssige påvirkning og fremme en mere bæredygtig byggepraksis.

Rapporten "Håndtering af fugt i byggeriet, hvor der anvendes biobaserede materialer" fokuserer på de metoder og strategier, der er nødvendige for at håndtere fugtproblemer i moderne byggeri. Anvendelsen af biobaserede materialer er stigende, drevet af et øget fokus på bæredygtighed og grøn omstilling af byggeriet. Brugen af disse materialer, selvom de har mange fordele, skal også håndtere særlige udfordringer, især når det kommer til fugthåndtering. Det er derfor afgørende at forstå, hvordan man bedst kan håndtere fugt for at sikre bygningernes holdbarhed, ydeevne og sundhed.

Rapporten gennemgår og oplister eksisterende forskning, tekniske vejledninger og best-practice fra både danske og internationale kilder. Det er kun de informationskilder, som er relevante i forhold til fugt og biogene materialer der er medtaget i den oplistede litteratur.

Formålet er at identificere de primære årsager til byggefugt og vandskader samt at præsentere de mest effektive forebyggende og afhjælpende metoder. Gennem denne analyse søger rapporten at fastlægge de bedste måder at håndtere fugt på, specielt i bygninger hvor biobaserede materialer anvendes.

Desuden inddrager rapporten praktiske erfaringer fra byggebranchen gennem en række workshops, hvor eksperter og fagfolk har bidraget med deres viden om fugthåndtering i både bygge- og driftsfasen. Denne inddragelse sikrer, at de anbefalinger, der præsenteres i rapporten, er både videnskabeligt funderede og praktisk anvendelige. Erfaringerne fra disse workshops hjælper med at forme de løsninger, der præsenteres, og sikrer, at de kan implementeres effektivt i virkelige byggeprojekter.

En vigtig del af rapporten er fokus på kravene til materialevalg og bygningsdesign, der kan reducere fugtrisici. Det er afgørende at håndtere biobaserede materialer og at anvende design, der arbejder sammen for at skabe bygninger, der er robuste over for fugtproblemer. Dette er særlig vigtigt, når man anvender biobaserede materialer, som kan være mere modtagelige over for fugtskader, hvis ikke fugt håndteres korrekt.

Kapitel 5, 6, 7, 8 og 9 i rapporten er specifikt baseret på de kilder, der er gennemgået i kapitel 3. Disse kapitler uddyber de forskellige aspekter af fugthåndtering og giver konkrete eksempler og anbefalinger baseret på både teori og praksis. Rapportens helhedsorienterede tilgang giver en dybdegående forståelse af fugthåndteringens kompleksitet og nødvendigheden af omhyggelig planlægning og udførelse i byggeriet, særligt når biobaserede materialer anvendes.

RELEVANTE INFORMATIONEN- KILDER

3 RELEVANTE INFORMATIONS-KILDER

Relevante informationskilder der er til rådighed og beskriver måder at sikre mod byggefugt under udførelse og håndtering af vandskader opstået i driftsfasen er oplistet. Det omfatter alment teknisk fælleseje som SBI-anvisninger, BYG-ERFA blade og anvisninger fra Rørcentret på Teknologisk Institut. Endvidere indeholder listen rapporter og vejledninger fra brancheorganisationer. Listen inkluderer også eksisterende vejledninger og best-practice for tilsvarende problematikker i tre nabolande (Norge, Sverige, Tyskland).

For listen over relevante informationskilder skal man være opmærksom på, hvilket bygningsreglement (BR), der henvises til, idet der kan være sket større eller mindre ændringer fra et bygningsreglement til et andet.

Listen omfatter ikke bygningsreglementer og andet materiale, der har karakter af lovgivning – med tilhørende vejledninger fra myndigheder – som regulerer forhold til sikring mod skader forårsaget af byggefugt og konsekvenser af vandskader opstået i drift, og som stiller krav for at imødegå byggefugt og vandskade. Fx Bygningsreglement 2018, BR18 og Bekendtgørelse om bygge- og anlægsarbejder i perioden 1. november til 31. marts (BEK nr 477 af 18/05/2011) <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2011/477>. Listen indeholder heller ikke generelle informationskilder vedr. kvalitetssikring mv.

Listen over informationskilder er inddelt efter tilhørsforhold i forhold til alment teknisk fælleseje, brancheorganisationer, rapporter, vejledninger og best-practice og er først listet for Danmark og dernæst for vores nabolande som Norge, Sverige og Tyskland. Afsøgningen af litteratur går tilbage til 2010, med enkelte undtagelser. De nyeste udgivelser nævnes først. Afslutningsvis er en række internationale artikler indenfor emnet listet.

3.1 Alment teknisk fælleseje

Udgivelser som SBI-anvisninger, BYG-ERFA blade og anvisninger fra Rørcentret på Teknologisk Institut indgår i listen over informationskilder tilhørende alment teknisk fælleseje. Alment teknisk fælleseje omfatter viden, som der er bred konsensus om at kunne bruges som anbefalinger til, hvordan krav stillet i bygningsreglementet kan overholdes.

SBI-anvisninger har generelt fokus på løsninger, der skal sikre, at der ikke opstår problemer i driftsfasen; problemer som kan føres tilbage til, at det er projekteret forkert eller at det ikke er udført i henhold til korrekt udført projektering. Eksempler på anvisninger, der håndterer byggefugt under udførelse, er SBI-anvisning 278, *Fugt i bygninger – Projektering og udførelse*, der har fokus på håndtering af fugt gennem hele byggeprocessen, samt SBI-anvisning 267, *Småhuse – klimaskærmen*, der indeholder lister med en række forhold, der bør kontrolleres før og under udførelse.

BYG-ERFA blade er erfaringer formidlet i kortfattede beskrivelser med byggbare løsninger til nybyggeri og bygningsfornyelse med det formål, at svigt og skader forebygges eller udbedres mest hensigtsmæssigt. Bladene er til inspiration og det tilrådes at søge konkret teknisk rådgivning med henblik på udformning af konkrete løsninger.

Rørcentret, Teknologisk Institut, har gennem tiden arbejdet med emnerne vand og afløb. Arbejdet er er mundet ud i forskellige rapporter og vejledninger, der udførligt beskriver de enkelte emner til gavn for alle i afløbsbranchen.

3.1.1 SBI-anvisninger

www.anvisninger.dk

SBI-anvisning 279, *Fugt i bygninger – Bygningsdele*, 2022

I anvisningen gennemgås de almindeligt forekommende bygningsdele i klimaskærmen samt gulve. Der bliver for hver bygningsdel givet anvisninger til, hvordan den kan udformes, så den opfylder bygningsreglementets krav i forhold til fugt, ligesom tjeklister indgår. Desuden beskrives renovering af den pågældende bygningsdel og opmærksomhedspunkter i den forbindelse.

SBI-anvisning 278, *Fugt i bygninger – Projektering og udførelse*, 2022

Anvisningen er udarbejdet som en hjælp til at håndtere fugt i byggeriet gennem byggeprocessen, så bygningsreglementets bestemmelser og intentioner overholdes og kan dokumenteres. Den bygger på *Vejledning om håndtering af fugt i byggeriet*, udgivet af Erhvervs- og Byggestyrelsen i 2010 (omtalt under rapporter nedenfor).

SBI-anvisning 277, *Fugt i bygninger – Teori, beregning og undersøgelse*, 2023

Anvisningen indeholder grundlæggende oplysninger om luftfugtighed, materialernes fugtlige vægtstilstand og beregning af fugttransport. Anvisningen vejleder i at bedømme fugtforholdene i bygningsdele og konstruktioner, også andre end de viste, samt til at foreslå udbedring af konstaterede fugtskader. Anvisningen indeholder også et afsnit om fugtundersøgelser, herunder måleinstrumenter til brug ved undersøgelse af fugt i materialer og konstruktioner.

SBI-anvisning 274, *Skimmelsvampe i bygninger – undersøgelse og vurdering*, 2020

Anvisningen omhandler skimmelsvampevækst i bygninger og gennemgår, hvordan en undersøgelse og vurdering af fugt og skimmelsvampevækst i en bygning kan udføres. Den beskriver desuden årsager til, at skimmelsvampevækst opstår i bygninger og beskriver de vigtigste egenskaber for de hyppigst forekommende skimmelsvampe.

SBI-anvisning 267, *Småhuse – klimaskærmen*, 2016

Anvisningen omhandler generelle krav og anbefalinger til klimaskærmen (konstruktioner mod jord, ydervægge, tag samt vinduer og yderdøre) for nybyggede småhuse i henhold til bestemmelserne i BR15. For hver bygningsdel gives eksempler på hvordan de kan/bør opbygges, ligesom en række kontrolpunkter anføres som støtte til at sikre, at projektering og udførelse er udført hensigtsmæssigt. Småhuse omfatter fritliggende og sammenbyggede enfamiliehuse med lodret lejlighedsskel i indtil to etager samt eventuel kælder, kæde- og rækkehuse samt sommerhuse.

SBI-anvisning 265, *Småhuse – vådrum, vand- og afløbsinstallationer*, 2016

Anvisningen omhandler generelle krav og anbefalinger til vådrum samt vand- og afløbsinstallationer i nybyggede småhuse.

SBI-anvisning 252, *Vådrum*, 2015

I anvisningen beskrives, hvordan gulve og vægge i vådrum kan udføres, så kravene i BR10 vedrørende vandtæthed og sikkerhed mod fugt- og vandskader er opfyldt, herunder betydningen af materialevalg. Renovering af eksisterende vådrum er også omfattet.

SBI-anvisning 214, *Klimaskærmens lufttæthed*, 2. udgave 2013

Anvisningen illustrerer, hvordan man etablerer tæthedsplanet i en bygning og omtaler metoder til måling af klimaskærmens lufttæthed. Anvisningen indeholder også en vejledning

i, hvordan en tilstrækkelig lufttæt klimaskærm, som opfyldelse af Bygningsreglementets krav, opbygges. Der gøres også rede for sammenhængen mellem lufttæthed, energiforbrug og indeklima i en bolig.

SBi-anvisning 240, *Efterisolering af småhuse – byggetekniske løsninger*, 2012

Anvisningen omhandler byggetekniske løsninger til efterisolering af småhuses klimaskærm med særlig fokus på, at løsningerne er robuste og fugtteknisk forsvarlige. Anvisning giver løsninger på efterisolering, hvor energiforbruget nedbringes, indeklimaet forbedres, og byggeskader undgås. Desuden gives en bygningsfysisk forklaring på, hvorfor nogle løsninger er mere fugtteknisk forsvarlige end andre og dermed hvilke løsninger, der kræver ekstra opmærksomhed.

SBi-anvisning 234, *Vandinstallationer – funktion og tilrettelæggelse*, 2011

Anvisningens afsnit 4 omhandler drift og vedligehold af installationer og peger bl.a. på risikoen for at vandskader kan blive omfattende ved brug af skjulte rørføringer.

SBi-anvisning 231, *Fundering af mindre bygninger*, 2011

Anvisningen giver retningslinjer for dimensionering og udførelse af et bygværks fundering. Funderingens opgave er at bære lasten fra bygværket og at overføre og fordele den til den underliggende jord. Funderingens bæreevne skal være tilstrækkelig, ligesom funderingen skal udføres, så sætningerne ikke overskrider en acceptabel størrelse. Sætninger kan bl.a. give anledning af til fugtskader som følge af indtrængende vand fra omgivelserne.

SBi-anvisning 226, *Tagboliger - byggeteknik*, 2009

Anvisningen behandler de byggetekniske udfordringer, som er forbundet med opførelse af tagboliger i relation til klimaskærm, konstruktion, funktion, samt indeklima og installationer.

SBi-anvisning 221, *Efterisolering af etageboliger*, 2008

Anvisningen behandler efterisolering af etageboligbyggeri fra ca. 1850 og fremefter; herunder traditionelt muret byggeri fra det 19. århundrede, funktionalistisk byggeri, typisk udført med murede facader, og betonelementbyggeri fra det 20. århundrede. Anvisningen ser bl.a. på betydningen af at efterisoleringen håndterer de ændrede fugttekniske forhold i klimaskærmen.

By og Byg Anvisning 207, *Anvendelse af alternative isoleringsmaterialer*, 2003

Anvisningen indeholder viden om alternative isoleringsmaterialers egenskaber og de funktionskrav, der har betydning for deres anvendelse, så læseren sættes i stand til at bedømme andre konstruktionsudformninger end de viste. Alternative isoleringsmaterialer omfatter bl.a. isoleringsmaterialer af fremstillet af papir, hør og ekspanderet perlit, der fungerer som alternativer til etablerede isoleringsmaterialer.

3.1.2 BYG-ERFA blade

www.byg-erfa.dk

Fugtpærer – udførelsesdetaljer ved nybyggeri (Byg-Erfa erfaringsblad (21) 16 09 02)

Dette blad beskriver udførelse af bygningsdetaljer ved en bygnings fundament for at modvirke fugtopstigning i vægge. Manglende fugtpærre kan øge konsekvenserne af store vandbelastninger, f.eks. ved at jorden omkring bygningen ikke kan håndtere de store vandmængder, som så trækker ind i huset. Det fugtpærende materialelag skal udføres, så

fugten ikke kan opsuges og trækkes forbi laget. Det påpeges, at alle gennembrydninger af fugtspærren skal udføres fugt-, luft- og radontæt.

Vandbelastede sokler - tæthed og bortledning af overfladevand (Byg-Erfa erfaringsblad (13) 16 06 20)

Bygningsreglementets krav om niveaufri adgang kan medvirke til beskadigelse af terrændæk – ofte med fugtfølsomme gulve på strøer – når vand er trængt gennem en utæt sokkel ved kraftig nedbør. Ved nyt byggeri må derfor i større udstrækning end tidligere udføres foranstaltninger, som reducerer risiko for vandindtrængen gennem soklen. Desuden påpeges nødvendigheden af dels at sikre regulering af dræn- og faldforhold umiddelbart omkring bygningen og dels at reducere risiko for tilstrømning af overfladevand fra andre arealer.

Kældervægge og -gulve - fugtsikring og varmeisolering (Byg-Erfa erfaringsblad (19) 15 11 14)

Ved isolering af kælderydervægge og -gulve opnås ikke altid det ønskede resultat. Årsagen er i nogle tilfælde uensartede retningslinjer fra leverandørerne af varmeisoleringsmaterialer og grundmursplader, f.eks. med hensyn til tilbagefyldningsmateriale, brug af geotekstil, fugtisolerings af fundamentklods og kælderydervæg samt udførelse af dræn. I andre tilfælde er der fejl i udførelsen, f.eks. af kælderydervægge med grundmursplade uden etablering af omfangsdræn. I dette erfaringsblad beskrives fugtpåvirkninger, fugtmekanismer og materialer samt forskellige metoders anvendelse i bygninger med kælderydervægge udført af beton, letklinkerbeton og fundamentblokke. Erfaringsbladet handler ikke om afhjælpning af vandskader, men om forhold, som det er vigtigt at håndtere for at begrænse konsekvensen af vandskader.

Niveaufri adgang og terrændæk (Byg-Erfa erfaringsblad (19) 13 12 31)

Bygningsreglementets krav om niveaufri adgang ved alle yderdøre til en bygning medfører ofte, at bygningen 'trykkes så langt ned i terrænet', at der må træffes særlige fugtmæssige foranstaltninger for at undgå vandindtrængning i terrændækskonstruktionen. I perioder med kraftigt regnvejr eller snesmeltning påvirkes de nederste dele af facader desuden af opsprøjt og overfladevand. Her er det vigtigt, at soklen er tæt, når vandet opstuvendes langs soklen. I erfaringsbladet omtales muligheder for at etablere fugt teknisk forsvarlig niveaufri adgang.

Udtørring efter vandskade (Byg-Erfa erfaringsblad (99) 12 07 23)

Der skal hurtigt igangsættes udtørrende foranstaltninger, hvis en bygning eller bygningsdel har været udsat for vandskade. I erfaringsbladet præsenteres fordele og ulemper ved forskellige udtørringsmetoder. Desuden omtales en række forholdsregler, der knytter sig til udtørringsprocessen og den efterfølgende udbedring efter vandskader.

Omfangsdræn – ved enfamiliehuse og småhuse (Byg-Erfa erfaringsblad (50) 11 02 25)

Fugtskader i vægge og kældre ses ofte i bygninger uden omfangsdræn, med forkert projekterede eller dårligt udførte dræn – eller gode dræn, der ikke fungerer på grund af manglende vedligehold. Et dårligt drænsystem er f.eks. uden fald, uden rensemuligheder og filtermateriale samt dårligt fungerende pumpeinstallationer. I erfaringsbladet gennemgås retningslinjer for dræning ved enfamiliehuse og andre mindre bygninger samt udførelse og vedligehold af drænsystemet.

Kælderoversvømmelse - opstemning i hovedkloakker (Byg-Erfa erfaringsblad (50) 10 08 20)

Under kraftige regnskyl kan vandet i hovedkloaksystemet opstemmes og stige så højt, at vandet trænger ind gennem afløb i kældergulve og andre lavtliggende afløbsinstallationer og medfører oversvømmelser. Skaderne er ofte store, fordi oversvømmelsen består af blandet spildevand og regnvand. I erfaringsbladet gennemgås årsager til problemerne og forebyggende foranstaltninger – f.eks. installation af såkaldte højvandslukker – i forbindelse med såvel projektering og udførelse af nyt byggeri som ved renovering af eksisterende bygninger.

Vandbelastede sokler ved terrændæk - terrænforhold og niveaufri adgang (Byg-Erfa erfaringsblad (13) 07 10 30)

Kraftige byggerier kombineret med øget bebyggelse i lavtliggende områder og u hensigtsmæssige faldforhold på omgivende terræn har bevirket, at sokler i terrændæk i større omfang end tidligere udsættes for vandtryk. Bygningsreglementernes krav om niveaufri adgang ved yderdøre har desuden medført, at terrændækket ofte er 'presset ned i terrænet' - og dermed øges risikoen for fugtskader efter vandindtrængning gennem soklen. For at undgå vandindtrængning skal bygningen placeres højest muligt i terrænet, så overfladevand ledes bort fra bygningen - og sokler skal udføres vandtætte.

Høje sternkonstruktioner på ydervægge af stål-kassetter – risiko for fugtskader ved kuldebro-isolering (Byg-Erfa erfaringsblad (27) 06 06 29)

Høje sternkonstruktioner, hvor krydsfiner på et træ-lægtesystem er lukket inde mellem en stål-kassettevæg og tagpapbeklædning, anvendes ofte på erhvervsbygninger, dels for at skjule installationer og fald på et fladt tag, dels for at modvirke en kuldebro, hvor stål-kassettevæggen passerer den isolerede tagkonstruktion. Fugtskader i disse konstruktioner skyldes blandt andet fugt i indbyggede træmaterialer - og i visse tilfælde også en utæt dampspærre i samlingen mellem tag og ydervæg. Reparation, så kuldebroen afbrydes uden anvendelse af organiske materialer, foreslås.

Uventilerede paralleltag med dampbremse af Hygrodiode (Byg-Erfa erfaringsblad (27) 05 12 29)

Hygrodiode har siden ca. 1990 (bladet udkom i 2005) været anvendt som dampbremse især i store, uventilerede paralleltagkonstruktioner af træ med lav hældning. Erfaringer har vist, at Hygrodiode ikke er egnet til alle tagtyper og kun fungerer fugt-teknisk tilfredsstillende, hvis dels en række generelle og dels en række byggetekniske forudsætninger opfyldes, hvilket behandles i bladet.

Kapillarbrydende lag i terrændæk (Byg-Erfa erfaringsblad (13) 98 12 01)

I terrændækkonstruktioner anvendes kapillarbrydende lag, der skal sikre, at der ikke sker en kapillær opsugning af vand fra terrænet. Nogle typer af stenmaterialer har vist sig ikke at have tilstrækkelige kapillarbrydende egenskaber. I erfaringsbladet gennemgås principperne bag den kapillære opsugning og hvilke forhold, der skal tages i betragtning, hvis kapillær opsugning skal forhindres.

Terrændæk med trægulve på strøer og varmerør (Byg-Erfa erfaringsblad (13) 98 09 24)

Erfaringsbladet viser indledningsvist et fugtskadet gulv. Skaden er opstået, fordi dårligt isolerede varmerør er placeret på betonpladen uden en fugtspærre oven på denne. Gulvfladen er misfarvet og opbulet og endvidere er der kraftige rustangreb på varmerørene. Bladet omhandler foranstaltninger ved reparation og nyt byggeri.

3.1.3 Anvisninger fra Rørcentret på Teknologisk Institut

<https://www.teknologisk.dk/ydelser/roercenter-anvisninger-og-rapporter-fra-roercentret/486>.

Anvisninger fra Rørcentret har til formål at lette arbejdet for kloakmestre, kommuner, forsyninger, rådgivere, entreprenører og husejere.

Rørcenter-anvisning 029, *Dræning og isolering af kældre*, juli 2022

Anvisningen giver et fælles teknisk grundlag for etablering af dræn omkring bygninger og isolering af kældre.

Rørcenter-anvisning 028, *Undgå kælderoversvømmelser med pumper, højvandslukker og by-pass anlæg*, april 2020

Anvisningen giver et fælles teknisk grundlag for sikring af kældre og bygninger mod kloakvand, der stemmer op i hovedkloakkerne. Anvisningen omfatter beskrivelser anlæg som pumpeanlæg, højvandslukker og by-pass anlæg. .

Rørcenter-anvisning 024, *Beredskab. Indsatsplaner for oversvømmelser*, marts 2018

Anvisningen giver inspiration til arbejdet med indsatsplanlægning i forhold til oversvømmelser. Anvisningen giver forskellige eksempler på beredskabsværktøjer, som kan anvendes i arbejdet med at udarbejde en indsatsplan, samt eksempler på hvordan dele af en indsatsplan kan se ud. Fokus er ligeledes at skabe et værktøj, der kan styrke samarbejdet mellem kommuner, forsyningsselskaber og de tværkommunale redningsberedskaber om håndtering af alvorlige oversvømmelser.

Rørcenter-anvisning 021, *Kælderoversvømmelser. Sikring mod opstigende kloakvand*, september 2013

Anvisningen giver et fælles teknisk grundlag for sikring af kældre mod kloakvand, der stemmer op i hovedkloakkerne. Anvisningen omfatter beskrivelser af anlæg som pumpeanlæg og højvandslukker.

Rørcenter-anvisning 020, *Skybrudssikring af bygninger*, september 2013

Anvisningen giver en fælles forståelse af begrebet skybrudssikring af bygninger og et fælles teknisk grundlag for skybrudsgennemgang af større bygninger.

Rørcenter-anvisning 016, *Anvisning for håndtering af regnvand på egen grund*, maj 2012

Anvisningen giver et fælles teknisk grundlag for dimensionering og udførelse af anlæg til nedsivning af regnvand på egen grund. Anvisningen beskriver procedurer for godkendelse, projektering, udførelse og vedligeholdelse af nedsivningsanlæg for regnvand.

Rørcenter-anvisning 015, *Tilbagestrømningssikring af vandforsyningssystemer*, oktober 2009

Anvisningen giver vejledning i hvor og hvordan tilbagestrømningssikring skal bruges til sikring af vandforsyningssystemer.

3.1.4 Rapporter

BUILD Rapport 2022:09 *Biogene materials anvendelse i byggeriet*

Rapporten behandler biobaserede materials mulige anvendelse i byggeriet i Danmark. Status for viden om biobaserede materials, deres mulighed for at blive dyrket og mulige øgede anvendelse i byggeriet fremlægges. Rapporten belyser yderligere de potentialer og barrierer, der kan identificeres ved øget anvendelse af biobaserede materials i byggeriet i Danmark. En vurdering af behovet for materials, såvel typer som mængder, og

tidshorisonten, hvormed materialerne i de nødvendige kvaliteter og mængder kan være klar som ressource, udføres som scenarier.

Kollegiebyggeri med biogene byggematerialer - Perspektiver for Skovskolen Eldrupgaard, Djursland, 2022, København: Københavns Universitet

Notatet giver en kort redegørelse for den nyeste viden om biobaserede byggematerialer, teknologier og løsninger, der kan bringes i anvendelse i byggeriet. Derudover beskriver notatet de lokale og regionale potentialer for primærproduktion af træ og andre biobaserede ressourcer samt udvikling af industri til forarbejdning af ressourcerne til anvendelige byggevarer med kommercielt potentiale.

BUILD Rapport 2020:25 Anvendelse af træ i byggeriet Potentialer og barriere

Rapporten samler eksisterende viden om fordele og ulemper ved træbyggeri, og gør status for omfanget af træbyggeri i Danmark. Spørgsmålet om anvendelse af træ i byggeriet belyses gennem en kvalitativ spørgeskemaundersøgelse, tre dialogmøder og kvalitative interviews med udvalgte nøglepersoner. Det er primært personer med erfaring fra byggebranchen; arkitekter, ingeniører, konstruktører, håndværkere, entreprenører, bygherrer og studerende, der har deltaget i spørgeskemaundersøgelsen og i dialogmøderne.

SBi 2018:01 Evaluering af regler for byggeri i vinterhalvåret

I rapporten vurderes konsekvenserne af at ophæve vinterbekendtgørelsen, der regulerer byggeriet i vinterperioden, samt hvorvidt aftalegrundlaget mellem byggeriets parter vil tilgode de samme hensyn som vinterbekendtgørelsen varetager. I den forbindelse påpeges, at den nødvendige teknologi til at opretholde byggeaktiviteten hele året er til stede, men at fx totalinddækning anvendes for lidt i Danmark (mens det er almindelig anvendt i Sverige og Finland), og at instrumenter, der kan fremme brugen af sådanne, bør opretholdes eller indføres.

Vejledning om håndtering af fugt i byggeriet, Erhvervs- og Byggestyrelsen, 2010.

Vejledningen er udarbejdet som en hjælp til at håndtere fugt i byggeriet gennem byggeprocessen, så bygningsreglementets bestemmelser og intentioner overholdes og kan dokumenteres. Vejledningen beskriver, hvordan forskellige materialer reagerer, når de udsættes for fugt. Vejledningen er udarbejdet af Statens Byggeforskningsinstitut. BR18 har indtil 1. juli 2023 henvist til denne vejledning i vejledningen til kap. 14 *Fugt og vådrum*. Vejledningen danner grundlaget for SBI-anvisning 278, *Fugt i bygninger – Projektering og udførelse*.

Bedre byggeskik – Baltica, Skadesbegrænsende byggeprincipper. Bygge- og boligstyrelsen, Forsøgsrapport. Juni 1992. ISBN 87-503-9654-4. ISSN 0108-2116.

Rapporten viser byggeprincipper, der kan medvirke til at forhindre byggeskader. Primært i nyt, lavt boligbyggeri. Rapporten indeholder ni byggeprincipper og to sæt løsninger til afprøvning ved opførelsen af to forsøgshuse. Forsøgshusene er opført i 1986/87 i Hjortekær nord for København. Principperne er 1) Afvisning og bortledning af nedbør, 2) Tilgængelig, udluftet tagkonstruktion, 3) Tilgængelig, udluftet underbygning, 4) Lagvis, funktionsbestemt opbygget ydervæg med demonterbar regnskærm, 5) Sammenhængende, gennemgående isoleringslag, 6) Samlede gennembrydninger af klimaskærm, 7) Hensyn til installationer i plandisponeringen, 8) Samlet, tilgængelig installationsføring, 9) Følgeskadesikring af installationer. Et incitament for at undgå skader, længere garanti i byggeriet, der skal være konsekvenser ved forkert udførelse, projektgranskning før udførelse, KS.

Principperne er nærmere beskrevet i afsnit 8.

3.2 Vejledninger fra brancheorganisationer

Publikationer fra en række brancheorganisationer beskriver fugtforhold i specifikke konstruktioner. Eksempler på disse er givet nedenfor.

3.2.1 Træinformation

www.traeinfo.dk

TRÆ 57, *Træbeskyttelse*, 2. udgave, 2023

Håndbogen anviser metoder til konstruktiv beskyttelse af træværket og vejleder om, hvor der er behov for yderligere beskyttelse mod vejrliget i form af imprægnering, maling og træbeskyttelse. Håndbogen gennemgår de mest anvendte produkttyper, og indeholder en række karakteristiske eksempler på nye og ældre træoverflader med forslag til afrensning og genbehandling.

TRÆ 72, *Træ i vådrum*, 3. udgave 2021

Håndbogen gennemgår de grundlæggende principper for anvendelse af træ i vådrum. Den indeholder detaljerede konstruktionsanvisninger for opbygning af lette træbaserede væg- og gulvkonstruktioner beklædt med enten fliser eller PVC-belægninger. Desuden behandles gulv afløb, rørgennemføringer, gulvvarme og det beskrives hvordan træbeklædninger og trægulve kan anvendes i vådrum.

TRÆ 56, *Træskelethuse*, 2. udgave, 2021

Håndbogen anviser en række konstruktionsløsninger til moderne træhuse såvel energimæssigt, fugtteknisk, akustisk og brandteknisk. Håndbogen gennemgår forudsætningerne og baggrunden for den konkrete udformning af de enkelte bygningsdetaljer.

TRÆ 55, *Træfacader*, 2. udgave, 2021

Håndbogen behandler projektering og udførelse af udvendige træbeklædninger. Den vejleder om beklædningers opbygning, materialekrav og beskyttelse mod vejrliget. Håndbogen beskriver konstruktive beskyttelsesprincipper og indeholder en række praktiske eksempler på, hvordan træfacaden "skrues sammen", så facaden både fungerer som beskyttelse over for vejrliget, og så konstruktionen får en lang levetid og minimalt behov for vedligeholdelse.

TRÆ 76, *Efterisolering med fokus på enfamiliehuse*, 2019

Håndbogen beskriver, hvordan typiske enfamiliehuse opført i perioden 1950-1980 kan efterisoleres ved brug af isolerede trækonstruktioner.

TRÆ 68, *Facadeelementer*, 2013

Håndbogen anviser detaljerede løsninger til udførelse af højisolerede træbaserede facader på etagehuse af beton – baseret på to byggesystemer og brandsikre altanløsninger.

TRÆ 62, *Skadet træværk. Reparation og vedligeholdelse*, 2010

Håndbogen behandler de mest almindelige skader på trækonstruktioner og viser, hvordan de forebygges og afhjælpes, med baggrund i at byggefugt og fugtige byggematerialer ofte giver anledning til skimmelvækst både i byggeperioden, og efter at bygningen er taget i brug.

3.2.2 Gulvbranchen

www.gulvbranchen.dk

Gulvfakta – Gulvbranchens tekniske opslagsværk

Opslaget indeholder information inden for emnerne valg af gulv, gulvbelægninger, specialgulve, undergulv, renovering, tekniske egenskaber (fx byggefugt), tilbehør og materialer, kvalitetssikring og vådrum.

3.2.3 Dansk Undertagsklassifikationsordning (DUKO)

www.duko.dk

DUKO er en uvildig, frivillig klassifikation af undertagsmaterialer (www.duko.dk). DUKO har beskrevet krav til undertagsmaterialet under DUKO, herunder hvilken dokumentation der skal fremlægges for kunne opnå klassifikation. Endvidere foreligger et interaktivt værktøj til at bestemme anvendelsesklassen for undertag.

3.2.4 DI Byggeri

DI Byggeri under Dansk Industri publicerer kvalitetssikringsmateriale, fx kontrolskemaer til brug ved modtagelse eller overtagelse. <https://www.danskindustri.dk/brancher/di-byggeri/regler-og-vejledning/byggeteknik/kvalitetssikring/>

3.2.5 Branchefællesskabet for Arbejdsmiljø i Bygge & Anlæg (BFA)

Branchevejledning om vinterforanstaltninger, 2020. <https://bfa-ba.dk/branchevejledning-om-vinterforanstaltninger/>

Vejledningen har fokus på, hvordan vinterbyggeri kan gennemføres sikkerheds- og sundhedsmæssigt forsvarligt. Der er således ikke specifikt fokus på at undgå byggefugt, men foranstaltninger som beklædning af stillads, inddækning af bygningen, materialeopbevaring mv. er ikke alene relevant ift. vinterbyggeri, men for arbejdet på en byggeplads generelt.

3.2.6 Totalinddækning i dansk byggeri

Totalinddækning af byggeri har været et emne i flere sammenhænge; oprindeligt med det sigte at kunne bygge uforstyrret om vinteren, hvor temperaturforholdene ellers kan være en udfordring/barriere. Senere har man indset at totalinddækning kan være til nytte hele året pga. våde somre. I Sverige har man i mange år anvendt totalinddækning (se under Sverige nedenfor).

Totalinddækning er først i de senere år blevet mere almindeligt i Danmark, især ved større byggeopgaver (såvel nybyggeri som renovering). Se fx <https://realdania.dk/nyheder/2018/12/et-l%C3%B8ft-til-byggeriet> eller www.sitecover.dk

I bygningsreglementets 2018 kapitel 7, §165 anføres, at der ved udførelse af byggearbejder skal træffes de foranstaltninger, som af hensyn til klimatiske forhold, er nødvendige for at beskytte fugtfølsomme materialer, og så det sikres, at der ikke indbygges fugt i bygningen under opførelsen. I den tilhørende vejledningstekst peges på, at kravet fx kan opfyldes ved at foretage en cost-benefit analyse af totalinddækning og at foreskrive brug af dette hvor det er økonomisk eller fugtmæssigt fordelagtigt.

3.3 Best-practice i vores nabolande

Relevante informationskilder, der er til rådighed og beskriver måder at sikre mod byggefugt under udførelse og håndtering af vandskader opstået i driftsfasen for byggeri, er søgt i Norge, Sverige og Tyskland.

3.3.1 Norge

Der findes en del vejledningsmateriale, ikke mindst fra Byggforsk/SINTEF, hvoraf noget retter sig specifikt mod træ og trækonstruktioner. Men derudover tilsyneladende ikke noget, der retter sig mod (andre typer af) biobaserede materialer.

Geving, S. & Thue, J.V. (2010). Fukt i bygninger (Håndbok 50). Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.

https://www.byggforsk.no/nyheter/2/fukt_i_bygninger/113

Håndbogen opsummerer dagens status med hensyn til viden om og erfaring fra fugt i bygninger. Fremstillingen omfatter både grundlæggende forhold omkring fugttransport og fugtproblemer, praktisk projektering og udførelse af fugtsikre bygninger og konstruktioner. Altså den norske pendant til SBI-anvisning 277, 278 og 279 om fugt i bygninger.

Noreng, K. (2005). Værbeskyttet bygging med Weather Protection Systems (WPS). Delrapport fra prosjekt 12 i FpU-programmet "Klima 2000". Rapport 119, Byggforsk

https://www.sintefbok.no/book/index/45/vaerbeskyttet_bygging_med_weather_protection_systems_wps

Sammenfatter Byggforsks daværende erfaringer med og anbefalinger i forhold til at beskytte en bygning under opførelse mod vejrpåvirkninger. Rapporten giver overblik over fordele og ulemper ved brug af WPS-systemerne. I forbindelse med rapportens udgivelse udgav SINTEF ligeledes et informationsblad med en kort opsummering af resultaterne i udgivelsesserien Nytt fra SINTEF Byggforsk, med titlen Værbeskyttet bygging.

Byggdetailblade fra Byggforsk

I Norge udgives anvisninger i form af Byggdetailblade fra forskningsinstituttet SINTEF. Bladene beskriver dokumenterede løsninger rettet mod de parter i byggesektoren som projekterer, bygger og forvalter bygninger, svarende til alment teknisk fælleseje i Danmark. Byggdetailblade retter sig mod specifikke forhold eller problemstillinger. Nedenfor listes relevante Byggdetailblade ift. håndtering af fugt under projektering og udførelse.

474.511 *Fuktsikkerhet. Viktige kontrollpunkter ved prosjektering og utførelse*, marts 2021

https://byggforsk.no/dokument/2564/fuktsikkerhet_viktige_kontrollpunkter_ved_prosjektering_og_utførelse

Anvisningen giver en oversigt over vigtige kontrollpunkter for fugtsikkerhed under projektering og udførelse af bygninger. Kontrollpunkterne kan indarbejdes som del af en fugtkontrolplan eller tjene som tjeklister i byggesagen. Anvisningen kan være med til at forhindre byggeskader, sikre fugttekniske sunde konstruktioner og opfylde minimumskravene til fugtsikring af bygninger ift. gældende byggetekniske bestemmelser.

474.531 *Fuktmåling i bygninger. Instrumenter og metoder*, marts 2021

https://byggforsk.no/dokument/226/fuktmaaling_i_bygninger_instrumenter_og_metoder

Anvisningen beskriver måling af fugt i bygninger. Anvisningen beskriver aktuelt måleudstyr og metoder til at kortlægge eller måle fugt i materialer og konstruktioner.

474.533 *Uttørkning og forebygging av byggfukt*, marts 2021

https://byggforsk.no/dokument/227/uttoerking_og_forebygging_av_byggfukt

Anvisningen beskriver hvordan man kan forebygge og udtørre uønsket byggefugt i materialer. Anvisningen giver anbefalinger om:

- forebyggende tiltag, som korrekt planlægning og materialehåndtering
- metoder til udtørring af nybyggeri
- systemer til opvarmning og fordeling af luft ved udtørring

- affugtere
- tørretider for beton og træ, med eksempler på beregning.

503.415 *Værbeskyttelse under bygging*, juni 2019

https://byggforsk.no/dokument/237/vaerbeskyttelse_under_bygging

Anvisningen giver gode råd til planlægning og gennemførelse af tiltag for at beskytte byggeri under opførelse mod påvirkninger fra vejret. Tiltagene er aktuelle både ved nybyggeri og renovering. Behov for beskyttelse mod vejret og valg af afværgetiltag bør afklares så tidligt som muligt i byggeprocessen, for at få størst udnyttelse af foranstaltningerne. Anvisningerne opfatter ikke opbevaring af byggevarer eller komponenter på pladsen under opførelsen.

501.107 *Ren, tørr og ryddig byggeprosess*, 2007

https://byggforsk.no/dokument/233/ren_toerr_og_ryddig_byggeprosess

Anvisningen beskriver hvad man kan gøre i byggeperioden for at opnå et godt arbejdsmiljø under opførelse, og et godt indeklima i den færdige bygning, uden forureninger og fugtskader i det færdige byggeri som kan henledes til byggeperioden. Anvisningen gennemgår blandt andet krav, projektaftaler, tilrettelæggelse, fremdrift og materialehåndtering. Anvisningerne berører emnet opbevaring af byggevarer og komponenter på pladsen under opførelse.

Derudover findes et stort antal byggeblade om forskellige udførelsesløsninger, opdelt på bygningsdele, installationer m.m., svarende til specifikke publikationer på bygningsdelsniveau fra BUILD, Træinformation m.fl. Desuden findes der informationsblade om byggevarer og materialer, med fokus på at beskrive materialetyper og materialeegenskaber.

3.3.2 Sverige

I Sverige findes en diplomuddannelse 'Diplomerad Fuksakkunnig' som uddanner fugtsagkyndige, og udbydes af en række forskellige institutioner og virksomheder, herunder Lunds Tekniske Højskole.

Boverket (www.boverket.se) er myndighed for samfundsplanlægning, byggeri og boliger. Boverket er administrativ myndighed for spørgsmål om det byggede miljø, forvaltning af jord- og vandområder, fysisk planlægning, opførelse og forvaltning af bygninger, bolig- og boligfinansiering. Boverket arbejder for et bæredygtigt samfund med gode boliger i levedygtige miljøer.

I Sverige har man i mange år anvendt totalinddækning, og potentialerne ved at anvende totalinddækning blev allerede beskrevet i rapporter og artikler i 2004 og 2006, fx:

Larsson, B. & Mortin, L. (2006). *Weather protection systems: Experiences from three construction projects*. Construction in the XXI Century: Local and global challenges. Proc. Joint 2006 CIB W065/W055/W086 Symposium (Pietroforte, R., De Angelis, E., Polverino, F. (eds.)). Rome 18-20 Oct 2006. Edizioni Scientifiche Italiane.

<https://iris.unipa.it/bitstream/10447/1988/2/Extended%20Summaries%20definitivo.pdf>

Axelsson, P.-O. & Moström, L. (2004a). *Store våderskydd*. En delrapport fra projektet Vadderskyddet och arbetsmiljön i bygg- och anläggningssektorn. AFA.

<https://www.yumpu.com/sv/document/view/18327358/stora-vaderskydd-0906pdf>

Axelsson, P.-O. & Moström, L. (2004b). *Små våderskydd*. En delrapport fra projektet Vadderskyddet och arbetsmiljön i bygg- och anläggningssektorn. AFA.

Axelson, K.; Larson, B., Sandberg, S. & Söderlind, L. (2004). *Väderskyddad produktion. Möjligheter och erfarenheter*. FoU-Väst Rapport 0404.
<https://vpp.sbuf.se/Public/Documents/ProjectDocuments/5CCFE5D9-1FF5-44EE-BB54-799EAF9BE148/FinalReport/SBUF%2011259%20Slutrapport%20-%20V%C3%A4derskyddad%20produktion,%20m%C3%B6jligheter%20och%20erfarenheter.pdf>

3.3.3 Tyskland

Byggelovgivning i Tyskland findes på delstatsniveau, Länder-niveau. Det samme er tilfældet med vejledninger o.l. Dog således, at der findes en "template" (Musterbauordnung) for regler, som de enkelte delstater, Länder, kan gøre brug af. Om fugt står der i denne template i,

§ 13 Schutz gegen schädliche Einflüsse

Bauliche Anlagen müssen so angeordnet, beschaffen und gebrauchstauglich sein, dass durch Wasser, Feuchtigkeit, pflanzliche und tierische Schädlinge sowie andere chemische, physikalische oder biologische Einflüsse Gefahren oder unzumutbare Belastungen nicht entstehen. Baugrundstücke müssen für bauliche Anlagen geeignet sein.

Oversat til dansk, står der i,

§ 13 Beskyttelse mod skadelige påvirkninger

Bygninger skal indrettes, udføres og anvendes på en sådan måde, at vand, fugt, planter og skadedyr og andre kemiske, fysiske eller biologiske påvirkninger ikke må forårsage fare eller urimelig gene. Byggegrunde skal være egnede til byggeriet. Bygninger skal kunne tåle de belastninger de er udsat for.

De enkelte delstaters bygningsregulativer, Länders Bauordnung, bruger paragraffen eventuelt med enkelte lokale tilføjelser om fx højvande og oversvømmelser.

Som eksempel på tyske publikationer om fugt i bygninger kan henvises til *Feuchte im Bauwerk. Ein Leitfaden zur Schadensvermeidung, Fachberichte des Kompetenzzentrums kostengünstig und qualitätsbewusst Bauen*, fra 2007, som beskriver typiske fugtrelaterede skader i konstruktioner mod jord, i vådrum, og i indeluften.

https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/ministerien/bmvbs/kostenguenstig-qualitaetsbewusst-bauen/downloads/FeuchteBauwerk.pdf?__blob=publicationFile&v=1

Det har ikke været muligt at finde vejledninger eller anvisninger om håndtering af fugt under opførelsen af en bygning.

3.3.4 Risiko for vækst af skimmelsvampe

I forskningsmiljøer i flere lande er der stor interesse for fugt i byggeriet i forhold til at vurdere risikoen for vækst af skimmelsvampe. De fleste svampearter vil have optimale vækstbetingelser ved 20-30 °C. Skimmelsvampe kan ikke vokse ved temperaturer under frysepunktet og ved temperaturer over 40 °C, men sporerne kan sagtens overleve ved langt højere temperaturer, og ved temperaturer under frysepunktet, for derved at kunne begynde at spire igen, når den rette temperatur og relativ fugtighed er til stede.

Det er vanskeligt præcist at forudsige skimmelsvampevækst, og der er udviklet mange forskellige matematiske modeller til at forudsige, om der opstår risiko for skimmelsvamp og vækst på forskellige overflader. Modellerne er alle baserede på forsimplede antagelser, der ikke alle beskriver den praktiske virkelighed lige godt. Modellerne viser forskellige grænser for, hvornår der er risiko for skimmelvækst.

To af de mest anvendte modeller for vurdering af skimmelvækst på overflader og i konstruktioner, er modellerne som kaldes VTT-modellen og LIM-modellen.

VTT-modellen er baseret på laboratorie- og feltundersøgelser af skimmelvækst på forskellige materialer, oprindeligt på fyrre- og grantræ, og senere udvidet til en række andre

materialer. VTT-modellen klassificerer væksten efter et skimmelindeks, 0-6, hvor 0 er ingen vækst og 6 er en helt dækket overflade. VTT-modellen er udviklet i Finland. Reference: Ojanen, T.; Viitanen, H.; Peuhkuri, R.; Lähdesmäki, K. Vinha, J.; Salminen, K. (2010) *Mould growth modeling of building structures using sensitivity classes of materials*. Proceedings to Performance of Exterior Envelopes of Whole Buildings XI, Clearwater, Dec 2010. Florida. LIM-modellen udviklet af Sedlbauer i Tyskland er en model udviklet ud fra laboratorieundersøgelser til forudsigelse af skimmelvækst i konstruktioner og på overflader. Modellen kan bruges til, på forskellige materialer, under optimale vækstbetingelser. Både for vækst på organisk materiale og vækst på uorganisk materiale. LIM-modellen angiver både betingelser for hurtig skimmelsporer spirer og derefter viser den betingelser for kontinuerlig vækst, så længe der er passende vækstbetingelser. Reference: Sedlbauer, K. (2001). *Vorhersage von Schimmelpilzbildung auf und in Bauteilen*. Lehrstuhl für Bauphysik, Universität Stuttgart.

3.4 Udvalgte internationale artikler

To eksempler på nyere studier, der påviser fordelene ved at benytte totalinddækning ved opførelse af træbaseret byggeri, og erfaringer med anvendelsen af fugtstrategier ved massivtræsbyggeri:

Bolmsvik Å.; Eriksson O.; Svensson Tengberg C.; Johansson P. (2023). *Weather protection at the construction site: work environment and conditions for moisture and mould growth on massive timber*. Journal of Physics: Conference Series. 2023, Vol.2654. Article 012042. NSB 2023. doi:10.1088/1742-6596/2654/1/012042.

Finch G. (2022). *Experience and Evaluation of Moisture Protection Strategies for Mass Timber Buildings*. Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Whole Buildings XV International Conference. American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE).

Forskere i de nordiske lande deler viden om fugt i forbindelse med opførelsen af konstruktioner med biobaserede materialer, i de senere år særligt ved anvendelse af CLT-elementer:

Time, B.; Andenæs, E.; Karlsen, T.; Geving, S.; Kvande, T. (2023). *Moisture safety strategy for construction of CLT structures in a coastal Nordic climate*. Journal of Physics: Conference Series, 2023, Vol.2654 (1), p.12041, Article 012041. NSB 2023 doi:10.1088/1742-6596/2654/1/012041.

Coelho, Guilherme B.A.; Kraniotis, D. (2023). *Numerical investigation of mould growth risk in a timber-based facade system under current and future climate scenarios*. Journal of Physics: Conference Series. 2023. Vol.2654 (1). p.12019. Article 012019. doi:10.1088/1742-6596/2654/1/012019.

Kalbe, K.; Kukk, V.; Kalamees, T.; Kalamees, T.; Kurnitski, J. (2020). *Identification and improvement of critical joints in CLT construction without weather protection*. Journal of Physics: Conference Series, 2020. Vol.172. p.10002. Article 10002. NSB 2020 http://doi.org/10.1051/e3sconf/2020172_010_02.

Olsson, L.; Kalamees, T.; Kurnitski, J. (2020). *Moisture safety in CLT construction without weather protection – Case studies, literature review and interviews*. Journal of Physics: Conference Series, 2020. Vol.172. p.10001. Article 10001. NSB 2020. http://doi.org/10.1051/e3sconf/2020172_010_01.

Wang, L.; Wang, J.; Ge, H.; Kalamees, T.; Kurnitski, J. (2020). *Wetting and drying performance of cross-laminated timber related to on-site moisture protections: Field measurements and hygrothermal simulations*. Vol.172. p.10003. Article 10003. NSB 2020 http://doi.org/10.1051/e3sconf/2020172_010_03.

Wahlstrøm, S. (2020). *Methods for creating CLT Construction Guidelines*. Vol.172. pp. 7. Article 10005. NSB 2020. http://doi.org/10.1051/e3sconf/2020172_010_05.

Wahlstrøm S.; Lars Gullbrekken L.; Elvebakk K.; Kvande T. (2020). *Experiences with CLT Construction in Norway*, Vol. 172. Article 10008 NSB 2020 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017210008>

Der er ikke i samme grad fokus på fugt i forbindelse med vandskader i bygninger i drift.

SKEMATISK OVERSIGT AF LITTERATUR

4 SKEMATISK OVERSIGT AF LITTERATUR

Afsnit 4 indeholder en skematisk oversigt over indholdet af litteratur, fremhævet i afsnit 3, inddelt efter deres indhold relateret til:

- typiske årsager til og konsekvenser af byggefugt (både indbygget fugt og tilført fugt) og vandskader
- grænseværdier for niveauer af byggefugt og for fugtniveauer efter vandskade
- hensigtsmæssige materialevalg og bygningsdesign
- processer og metoder til håndtering og udtørring af byggefugt og til at opdage, omfangsbestemme og udbedre en opstået vandskade.

Som udgangspunkt behandler den pågældende litteratur byggefugt og vandskader generelt, og har ikke et særskilt fokus på byggeri med biobaserede materialer. 'X' angiver at den pågældende reference vedrører det givne emne. '(X)' angiver at det pågældende emne er delvist behandlet.

Oversigten viser, at relativt få publikationer håndterer grænseværdier (kolonne 2 af 4), mens de øvrige emner er hyppigt behandlet.

Litteratur	Typiske årsager til og konsekvenser af byggefugt (både indbygget fugt og tilført fugt) og vandskader	Grænseværdier for niveauer af byggefugt og for fugtniveauer efter vandskade	Hensigtsmæssige materialevalg og bygningsdesign	Processer og metoder til håndtering og udtørring af byggefugt og til at opdage, omfangsbestemme og udbedre en opstået vandskade
SBi-anvisning 279 Fugt i bygninger – Bygningsdele			X	
SBi-anvisning 278 Fugt i bygninger – Projektering og udførelse	X	X		X
SBi-anvisning 277 Fugt i bygninger – Teori, beregninger og undersøgelser	X	X		
SBi-anvisning 274 Skimmelsvampe i bygninger – undersøgelse og vurdering	X	(X)		X
SBi-anvisning 267 Småhuse – klimaskærmen	(X)		X	
SBi-anvisning 265 Småhuse – vådrum, vand- og afløbsinstallationer			X	
SBi-anvisning 252 Vådrum			X	
SBi-anvisning 240 Efterisolering af småhuse – byggetekniske løsninger			X	
SBi-anvisning 234 Vandinstallationer – funktion og tilrettelæggelse	X		X	
SBi-anvisning 231 Fundering af mindre bygninger	(X)		X	
SBi-anvisning 226 Tagboliger - byggeteknik			X	
SBi-anvisning 221 Efterisolering af etageboliger			X	

Litteratur	Typiske årsager til og konsekvenser af byggefugt (både indbygget fugt og tilført fugt) og vandskader	Grænseværdier for niveauer af byggefugt og for fugtniveauer efter vandskade	Hensigtsmæssige materialevalg og bygningsdesign	Processer og metoder til håndtering og udtørring af byggefugt og til at opdage, omfangsbestemme og udbedre en opstået vandskade
SBI-anvisning 214, Klimaskærmens lufttæthed			X	
By og Byg Anvisning 207, Anvendelse af alternative isoleringsmaterialer			X	
Fugtspærre – udførelsesdetaljer ved nybyggeri (Byg-Erfa (21) 16 09 02)			X	(X)
Vandbelastede sokler - tæthed og bortledning af overfladevand (Byg-Erfa (13) 16 06 20)			X	(X)
Kældervægge og -gulve - fugtsikring og varmeisolering (Byg-Erfa (19) 15 11 14)			X	(X)
Niveaufri adgang og terrændæk (Byg-Erfa (19) 13 12 31)	X		X	
Udtørring efter vandskade (Byg-Erfa (99) 12 07 23)				X
Omfangsdræn – ved enfamiliehuse og småhuse (Byg-Erfa (50) 11 02 25)				X
Kælderoversvømmelse - opstemning i hovedkloakker Byg-Erfa (50) 10 08 20)	X			X
Vandbelastede sokler ved terrændæk - terrænforhold og niveaufri adgang (Byg-Erfa (13) 07 10 30)	X		X	
Høje sternkonstruktioner på ydervægge af stål-kassetter – risiko for fugtskader ved kuldebrosolering (Byg-Erfa (27) 06 06 29)	(X)		X	
Uventilerede paralleltagte med dampbremse af Hygrodiode (Byg-Erfa (27) 05 12 29)	(X)		X	
Kapillarbrydende lag i terrændæk (Byg-Erfa (13) 98 12 01)	X		X	
Terrændæk med trægulve på strøer og varmerør (Byg-Erfa (13) 98 09 24)	X			(X)
Rørcenter-anv 029, Dræning og isolering af kældre	X		X	(X)
Rørcenter-anv 028, Undgå kælderoversvømmelser med pumper, højvandslukker og by-pass anlæg	(X)		X	(X)
Rørcenter-anv 024, Beredskab. Indsatsplaner for oversvømmelser	X			(X)
Rørcenter-anv 021, Kælderoversvømmelser. Sikring mod opstigende kloakvand	X		X	(X)
Rørcenter-anv 020, Skybrudssikring af bygninger	X		X	(X)
Rørcenter-anv 016, Anvisning for håndtering af regnvand på egen grund	(X)		X	
Rørcenter-anv 015, Tilbagestrømnings-sikring af vandforsynings-systemer	(X)		X	(X)

Litteratur	Typiske årsager til og konsekvenser af byggefugt (både indbygget fugt og tilført fugt) og vandskader	Grænseværdier for niveauer af byggefugt og for fugtniveauer efter vandskade	Hensigtsmæssige materialevalg og bygningsdesign	Processer og metoder til håndtering og udtørring af byggefugt og til at opdage, omfangsbestemme og udbedre en opstået vandskade
BUILD Rapport 2022:09 Biobaserede materials anvendelse i byggeriet	(X)	(X)	X	
Kollegiebyggeri med biobaserede byggematerialer - Perspektiver for Skovskolen Eldrupgaard, Djursland, 2022	(X)		X	(X)
BUILD Rapport 2020:25 Anvendelse af træ i byggeriet Potentialer og barriere	(X)	(X)	X	
SBI Rapport 2018:01 Evaluering af regler for byggeri i vinterhalvåret				X
Vejledning om håndtering af fugt i byggeriet, 2010	X	X	X	
Bedre byggeskik – Baltica, Skadesbe- grænsende byggeprincipper, 1992			X	
TRÆ 76 Efterisolering med fokus på en- familiehuse, 2019			X	
TRÆ 72 Træ i vådrum, 3. udgave 2021			X	
TRÆ 68, Facadeelementer, 2013			X	
TRÆ 62 Skadet træværk. Reparation og vedligeholdelse, 2010	X		X	
TRÆ 57 Træbeskyttelse, 2. udgave, 2023	X		X	X
TRÆ 56 Træskelethuse, 2. udgave, 2021			X	
TRÆ 55 Træfacader, 2. udgave, 2021			X	
Gulvfakta – Gulvbranchens tekniske opslagsværk			X	
Dansk Undertagsklassifikationsordning (DUKO)			X	
Kvalitetssikringsmateriale, DI		X		
BFA: Branchevejledning om vinterforan- staltninger, 2020	(X)	(X)		X
NORGE				
Geving, S. & Thue, J.V. (2010). Fukt i bygninger (Håndbok 50)	X	X	X	X
Noreng, K. (2005). Værbeskyttet byg- ging med Weather Protection Systems (WPS)				X
474.511 Fuksikkerhet. Viktige kontroll- punkter ved prosjektering og utførelse			(X)	X
474.531 Fuktmåling i bygninger. Instru- menter og metoder				X
474.533 Uttørkning og forebygging av byggfukt			X	X
503.415 Værbeskyttelse under bygging			X	X

Litteratur	Typiske årsager til og konsekvenser af byggefugt (både indbygget fugt og tilført fugt) og vandskader	Grænseværdier for niveauer af byggefugt og for fugtniveauer efter vandskade	Hensigtsmæssige materialevalg og bygningsdesign	Processer og metoder til håndtering og udtørring af byggefugt og til at opdage, omfangsbestemme og udbedre en opstået vandskade
501.107 Ren, tørr og ryddig byggeproces			X	X
<i>SVERIGE – totalinddækning</i>				
Axelsson, P.-O. & Moström, L. (2004a). Store våderskydd. En delrapport från projektet Våderskyddet och arbetsmiljön i bygg- och anläggningssektorn. AFA.				X
Axelsson, P.-O. & Moström, L. (2004b). Små våderskydd. En delrapport från projektet Våderskyddet och arbetsmiljön i bygg- och anläggningssektorn. AFA.				X
Axelsson, K.; Larson, B., Sandberg, S. & Söderlind, L. (2004). Våderskyddad produktion. Möjligheter och erfarenheter. FoU-Väst Rapport 0404.				X
Larsson, B. & Mortin, L. (2006). Weather protection systems: Experiences from three construction projects. Proc. Joint 2006 CIB W065/W055/W086 Symposium				X
<i>TYSKLAND – skimmel</i>				
Sedlbauer, K. (2001). Vorhersage von Schimmelpilzbildung auf und in Bauteilen	X	X		
<i>Udvalgte artikler, særligt om CLT-elementer</i>				
Finch G. (2022). Experience and Evaluation of Moisture Protection Strategies for Mass Timber Buildings. Buildings XV International Conference	X			X
Bolmsvik et al. (2023). Weather protection at the construction site: work environment and conditions for moisture and mould growth on massive timber, NSB 2023	X			X
Time et al. (2023) Moisture safety strategy for construction of CLT structures in a coastal Nordic climate, NSB 2023	X			
Coelho et al. (2023). Numerical investigation of mould growth risk in a timber-based facade system under current and future climate scenarios, NSB 2023	X			
Kalbe et al. (2020). Identification and improvement of critical joints in CLT construction without weather protection, NSB 2020			X	X
Olsson et al. (2020). Moisture safety in CLT construction without weather protection – Case studies, literature review and interviews, NSB 2020	(X)		X	X

Litteratur	Typiske årsager til og konsekvenser af byggefugt (både i bygget fugt og tilført fugt) og vandskader	Grænseværdier for niveauer af byggefugt og for fugtniveauer efter vandskade	Hensigtsmæssige materialevalg og bygningsdesign	Processer og metoder til håndtering og udtørring af byggefugt og til at opdage, omfangsbestemme og udbedre en opstået vandskade
Wang et al. (2020). Wetting and drying performance of cross-laminated timber related to on-site moisture protections: Field measurements and hygrothermal simulations, NSB 2020	(X)		X	X
Wahlstrøm (2020). Methods for creating CLT Construction Guidelines, NSB 2020			X	
Wahlstrøm et al. (2020). Experiences with CLT Construction in Norway, NSB 2020			X	X

ÅRSAGER TIL OG KONSEKVENSER AF BYGGEFUGT

5 ÅRSAGER TIL OG KONSEKVENSER AF BYGGEFUGT

Byggefugt er den mængde fugt, som er indeholdt i byggematerialerne og som tilføres en bygning i byggeperioden. Eksempler på byggefugt er vand i nystøbt beton, utilstrækkeligt udtørrede materialer, fx træ, samt regnvand, som trænger ind i materialerne under oplag på byggepladsen eller under opførelsen. Regnvand kan samle sig i hulrum og derfra opfugte bygningsdele som lette skillevægge og anden aptering over en længere periode. Opfugtes træ samlet med stål i form af sømmede eller boltede beslag, eller hvis træ ligger i direkte kontakt med stål, fx ligger an mod en bjælke, vil ioner i stålet misfarve træet mørkt. Byggefugt vil også kunne afgives af et materiale og blive optaget af et andet, fx fra beton til trægulve med det resultat, at trægulvet vil kunne slå op og i værste tilfælde skubbe vægge løs på fundamentene.

I byggeprocessen kan konstruktionen ligeledes være tilført store mængder vand fra mørtel og beton, ligesom der kan være fugt fra materialer, der er våde fx som følge af nedbør. Materialerne skal affugtes, indtil konstruktionen er i ligevægt med den omgivende luft.

Anvendes træ i byggeriet skal fugtprocenten i det træ som anvendes udendørs, som håndregel være under 20 % (vægt-% fugt). Anvendes træ indendørs må fugtigheden i træet som håndregel ikke være over 15 % (vægt-% fugt), men normalt skal den ligge mellem 8 og 12%. Når fugtprocenten i træet måles, må overfladerne ikke være fugtige.

Kapitel 5 er baseret på de kilder, der er gennemgået i kapitel 3 og skematisk vist i oversigten i kapitel 4. Kapitel 5 uddyber de forskellige aspekter af fugthåndtering og giver konkrete eksempler og anbefalinger baseret på både teori og praksis.

5.1 Fugthåndtering ved anvendelse af biobaserede materialer

Under opførelsen af et byggeri eller ved udførelse af et byggearbejde skal det sikres, at konstruktioner og materialer ikke skades af vand eller opnår højt fugtindhold. Hermed menes, at der ved aflevering ikke er materialer eller bygningsdele med skimmelsvamp eller med et fugtindhold, som efter ibrugtagning giver risiko for vækst af skimmelsvampe.

Biobaserede materialer er både hygroskopiske og bionedbrydelige. Et hygroskopisk materiale har evnen til at optage fugt fra luften, kaldet absorption, eller at afgive fugt til luften, kaldet desorption. Om materialet optager eller frigiver fugt, afhænger af omgivelsernes fugtniveau. Langt de fleste biobaserede materialer fra planteriget som træ og afgrøder fra fx landbruget har strukturer svarende til træ med de samme egenskaber i denne henseende.

At et materiale er bionedbrydeligt betyder, at et materiale kan nedbrydes naturligt af mikroorganismer, såsom bakterier, svampe og alger, og blive omdannet til simple, ikke-skadelige stoffer som vand, kuldioxid, og biomasse. Denne proces foregår gennem biologiske processer, hvor mikroorganismer bruger materialet som næringskilde og energikilde.

Højere temperaturer kan fremskynde den biologiske aktivitet og dermed accelerere nedbrydningsprocessen. Ligeledes har fugt indflydelse på nedbrydningen og tilstrækkelig fugt er nødvendig for mikroorganismernes aktivitet. På lige fod med iltniveauet hvor aerobe forhold (tilstedeværelsen af ilt) kan fremskynde nedbrydningen, mens anaerobe forhold (fraværet af ilt) kan bremse processen da tilstedeværelsen og typen af mikroorganismer i miljøet kan påvirke nedbrydningshastigheden.

I forhold til bygningsreglementet er vækst af skimmelsvamp indikationen på en fugtteknisk usund konstruktion, selvom skimmelsvamp ikke i sig selv er nedbrydende for materialet, men medfører risiko for personers sundhed.

Træ er et eksempel på et hygroskopisk materiale som hvis det absorberer vand fra omgivelserne, kan svulme op. Hvis træ afgiver fugt, kan det svinde. Dette kan føre til problemer som revner, fordrejninger og deformationer, hvis træet ikke leveres, opbevares og indbygges korrekt. De fugtmæssige deformationer afhænger af mængden af fugt og fibrenes orientering i materialet. Fugt har også indflydelse på træets styrke og stivhed. At kontrollere træes hygroskopiske egenskaber er afgørende for at sikre dets holdbarhed og stabilitet i forskellige anvendelser. Ved korrekt behandling og styring af fugtindholdet bibeholdes egenskaberne for træ over lang tid.

Fugtindholdet i træ refererer til mængden af vand i træet i forhold til dets tørvægt, typisk udtrykt i vægtprocent. Træets dimensioner og egenskaber ændrer sig afhængigt af dets fugtindhold.

Fibermætningspunktet er afgørende for træes bevægelser. Det er det punkt, hvor cellernes vægge er fuldt mættet med vand, men cellernes hulrum er tomme. For de fleste træsorter ligger fibermætningspunktet omkring 25-30% fugtindhold. Over dette punkt ændrer træet sig kun lidt med hensyn til dimensioner, men under dette punkt ændrer det sig betydeligt.

For at reducere træes modtagelighed for vandabsorption, kan det behandles med forskellige former for forsegling, maling eller imprægneringsmidler. Trykimprægneret træ er et eksempel på træ, der er behandlet for at modstå fugt og forlænge dets levetid i det tilfælde det udsættes for fugt.

Ved anvendelse og opbevaring af træ til byggeriet og i særdeleshed i møbelindustrien er det vigtigt at lagre træet korrekt og sørge for, at det har et fugtindhold der matcher det forventede fugtniveau som det skal virke i.

5.2 Fugt i byggematerialer

5.2.1 Produktion, transport, levering

Producenten/leverandøren af materialer og bygningsdele skal sikre, at deres produkter har det aftalte fugtindhold, når de forlader fabrik eller lager. Dette bør dokumenteres, fx ved måleresultater.

Tør, ren og beskyttet opbevaring af materialer og bygningsdele hos producenten er lige så vigtigt som på byggepladsen. Ved længere tids opbevaring af færdige bygningsdele hos producenten gælder de samme retningslinjer for løbende kontrol og afdækning som for oplagring på byggepladsen. Producent/leverandør har, hvis ikke andet er aftalt, det fugttekniske ansvar frem til levering på pladsen.

Leverandøren bør levere materialer og andre bygningsdele emballeret, så de er beskyttet både under transport og ved aflæsning på byggepladsen. Materialer og bygningsdele skal emballeres, så de kan tåle håndtering på byggepladsen, fx ved flytning fra lastbil til oplagring med truck, og så de kan modstå kort tids ophold i det fri, fx under en regnbyge. Bygningsdele og komponenter bør normalt leveres tættest muligt på anvendelsestidspunktet.

For større elementer, hvor monteringen er afhængig af tørvej, fx tagelementer og volumenelementer, må leverancen udsættes, hvis der er nedbør.

5.2.2 Typiske årsager til fugt i byggematerialer

Modtagekontrol

Ved alle leverancer af byggevarer skal der foretages modtagekontrol, som mindst bør omfatte:

- Visuel vurdering af, om der er tegn på vand- eller fugtskader.
- Kontrol af eventuel emballering, som skal være intakt og egnet til anvendelse under den videre håndtering eller lagring på pladsen.
- Hvis det er relevant, foretages stikprøvevise fugtmålinger for at kontrollere, om materialer/byggevarer overholder de aftalte krav til fugtindhold.

Kontrolmålingerne anvendes også til at vurdere, hvordan de pågældende byggevarer skal håndteres og eventuelt oplagres på byggepladsen. Ved leverancer med for højt fugtindhold skal det sikres, at forholdet straks vurderes, og nødvendige tiltag iværksættes, fx at leverancen returneres, eller at der iværksættes affugtning inden indbygning.

Det er væsentligt, at det klart er aftalt, hvem der har ansvaret under transporten af materialer og komponenter og scenarier for modtagekontrol er klare.

Opbevaring af byggevarer på byggepladsen

Når byggevarer er modtaget på byggepladsen, skal der være en klar plan for opbevaring. Særligt for opbevaring af fugtfølsomme byggevarer som de biobaserede tilhører. Følgende forholdsregler for at forhindre fugtpåvirkning af byggevarer opbevaret på pladsen, bør følges:

- Inddækning mod nedbør og direkte sol.
 - Afdækning mod jordfugt, herunder belægning og dræning af området.
 - Afskærmning mod overfladevand.
 - Reserveret område til opbevaring af bestilte leverancer i tilfælde af forsinket byggeri.
- Disse områder skal kunne indrettes, så de tre første punkter kan overholdes.

Derudover skal opbevaringsfaciliteterne tillade plads for håndtering og transport både for levering af yderligere byggevarer og for indbygning, fx brug af kran og truck. Hvert fag skal have uhindret adgang til egne materialer. Hvis der ikke er taget hensyn hertil, er der større risiko for, at byggevarer flyttes uden hensyntagen til de eventuelle fugtproblemer, som det kan medføre.

Oplagring kan ske inde i bygningen, der er under opførelse/renovering. Hvor oplagring kan ske inde i bygningen, bør det fremgå, hvorvidt den er lukket, og hvilke fugt- og temperaturforhold der kan forventes, fx om det vil være muligt at sætte varme og ventilation på, samt om byggefugt er udtørret.

Hvilke opbevaringsforhold, der er nødvendige for at sikre byggevarer mod skadelig opfugtning, afhænger af det enkelte materiale. Langt de fleste materialer men særligt biobaserede materialer optager fugt fra omgivelserne. Direkte vandpåvirkning skal undgås.

Beskyttelse af de enkelte byggevarer bør normalt følge producentens eller leverandørens anvisninger. For alle byggevarer gælder, at tilsmudsning skal undgås. Indpakning kan være hensigtsmæssigt alene for at undgå tilsmudsning. Biobaserede byggevarer af fx træ, der kommer i berøring med jord (herunder fra fodspor med jord), har øget risiko for skimmelvækst.

Ved inddækning forstås container eller en form for lukket telt. En presenning, der blot er lagt over byggematerialerne, er normalt kun egnet til beskyttelse mod nedbør i korte perioder.

For at undgå, at der sker opfugtning, som kan resultere i kondens på afdækningspladens underside, på grund af fugtindholdet i materialerne, skal der sørges for ventilation mellem afdækning og materialer.

5.2.3 Typiske konsekvenser af fugt i byggematerialer

Opfugtning af biobaserede materialer, fx som følge af opbevaring under forhold med fugtpåvirkninger eller på grund af mangelfuld inddækning, øger risikoen for vækst af skimmel-svamp på de biobaserede materials overflader.

Konkret vil en presenning som lægges direkte over materialerne og opvarmes af solen medføre, at materialerne varmes op, hvorved fugten drives ud i den omgivende luft. Ved senere afkøling, fx i skyggeområder eller om natten, vil fugten kondensere på overfladerne og kan medføre risiko for skimmelvækst. Emballering af materialer i plastfolie kan have en tilsvarende effekt.

5.3 Fugt i byggeperioden

5.3.1 Byggeriets processer og organisering

I byggeperioden rykker entreprenører og håndværkere ind på byggepladsen for at opføre bygningen i overensstemmelse med det projekterede og eventuelle ændringer, der aftales undervejs.

Hvis der konstateres problemer undervejs, vurderes og aftales det mellem projekteringsleder og byggeleder, hvordan problemer samt eventuelle ændringer og udbedringer kan håndteres. Eventuelle ændringer eller udbedringer gennemføres som aftalt.

Den måde byggeriet udføres på, har stor betydning for mængden af byggefugt. Specifikt har byggepladsens fysiske indretning i forhold til fx adgang og mulighed for lagring af materialer og beskyttelsen af de materialer, der allerede er indbygget, betydning for fugtforholdene i det opførte og de materialer der skal indbygges. Byggeriets processer skal tage højde for luftens relative fugtighed samt regnvand, overfladevand og grundvand. Entrepriseformen har typisk stor betydning for organiseringen af byggeriet, men ofte kun ringe eller ingen indflydelse på fugtforholdene. Oftest har hver part ansvar for eget arbejde.

Under byggeriet vil der ofte opstå behov for ændringer, tilpasninger og justeringer. Derfor er god kommunikation mellem de involverede parter og åbenhed i beslutningsprocessen vigtig, når der skal træffes nye beslutninger også for at reducere byggefugt.

Hurtig aktion er afgørende, hvis der opstår eller er risiko for, at der kan opstå fugtproblemer. Derfor bør enhver, der opdager potentielle eller eksisterende fugtproblemer, gøre opmærksom på det over for den ansvarlige, fx byggelederen. Det gælder især på byggepladsen, hvor fx inddækninger kan forskubbe sig, eller der er utilsigtet vandpåvirkning fx fra et skybrud. Her bør enhver straks gøre opmærksom på problemet, også selvom de berørte forhold ikke har indflydelse på eget arbejde. Der er normalt ikke nogen juridisk forpligtigelse til at gøre anskrig, men for byggesagens bedste bør alle bidrage til at begrænse fugtskader mest muligt. Eventuelt bør det fremgå af kontrakterne, at enhver, der færdes på byggepladsen, fx entreprenør/håndværker eller rådgiver, er forpligtet til at påtale fugtpåvirkning som kan føre til byggefugt med risiko for vækst af skimmelsvamp.

5.3.2 Typiske årsager til byggefugt

Byggefugt vedrører opfugtning af byggeriet under opførelsen. Byggefugt kan stamme fra fx vejrligspåvirkninger, anvendelse af og indbygning af fugtige byggematerialer eller manglende fugtadskillelse mellem byggematerialer.

Mange materialer lukkes inde i løbet af byggeprocessen. Materialer der lukkes inde, skal ved indbygning og når de lukkes inde være så tørre, at selvom der sker udjævning af fugten

i materialerne og mellem materialerne, vil fugtniveauet fortsat være så lavt, at der ikke er risiko for skimmelvækst.

Det skal i henhold til bygningsreglementet sikres, at bygningen også under opførelse er sikret mod opfugtning, som kan medføre skader, herunder skimmelvækst. Det skal også sikres, at nedbør ikke kan trænge ind i bygningen og dens konstruktioner, men i stedet ledes væk.

Afværge fugttilførsel fra omgivelserne

For at undgå opfugtning under udførelsen af et byggeri er det vigtigt at overveje, hvordan der kan afskærmes mod nedbør, og hvordan vand ledes væk kontrolleret. Ved vurdering af muligheder for at reducere fugtbelastningen fra nedbør, fx ved totalinddækning, er det vigtigt at have viden om de klimaforhold, som kan optræde på byggepladser, fx afhængigt af geografi og terrænkategori.

Klimaforhold

Det er især klimadata som temperatur og nedbør, der er interessante for vurderingen. Det skal i den forbindelse bemærkes, at der er store variationer fra år til år både i temperaturer og nedbørsmængder. Middeltemperaturen om vinteren er 0,5 °C og middeltemperaturen er over 0 °C i alle måneder, men der er væsentlige variationer fra år til år.

Statistisk set er i gennemsnitligt 121 dage pr. år med mere end 1 mm regn, og 20 dage pr. år med mere end 10 mm regn. Nedbør fordeler sig med nedbør i alle årets 12 måneder med en månedsmiddelværdi for nedbør mellem 39 mm og 83 mm.

Større regnmængder som skybrud er der størst risiko for i sommermånederne. I vinterhalvåret er skybrud mere sjældne. Skybrud kan dog forekomme hele året. Skybrud defineres som mere end 15 mm nedbør på højst 30 minutter. I gennemsnit forekommer der 22 dage pr. år med skybrud et eller flere steder, men der er store variationer. Der forekommer således ikke perioder i året hvor der ikke skal tages højde for hvordan der kan afskærmes mod nedbør, og hvordan vand ledes væk kontrolleret.

Inddækning

Omfanget af fugtproblemer relateret til vejret kan reduceres ved brug af inddækning af byggepladsen, som kan ske i større eller mindre omfang afhængigt af arbejdets art og omfang. Norske undersøgelser (se afsnit 3) viser, at der opnås bedre effektivitet med arbejder under inddækning end uden inddækning, fordi de udførende beskyttes med vejrliget. Regn, blæst og lave temperaturer reducerer effektiviteten på byggepladsen. Desuden undgår man vejrligsdage, og udtørringstiden for byggeriet reduceres.

Der er grundlæggende fire måder at udføre inddækning af et byggeri:

- Planlagte, lokale inddækninger kombineret med nat- og weekendlukninger samt nødvendig tildækning af åbninger i bygningen.
- Bygning under eget tag – dvs. at selve bygningen forsynes med byggepladsmembran eller tag hurtigst muligt, og at dette bruges som inddækning for efterfølgende arbejder.
- Brug af præfabrikerede elementer (eventuelt volumenelementer), som hurtigt giver tæt inddækning.
- Brug af totalinddækning – eventuelt med indbygget kran eller mulighed for at lukke op ved levering/montering af større bygningsdele.

Træffes der ikke foranstaltninger for at afskærme mod nedbør og lede vand væk kontrolleret, er der stor risiko for at opfugte de anvendte biobaserede materialer. Biobaserede materialer i det opfugtede byggeri, samt opmagasinerede materialer, byggekomponenter og bygningsdele, skal udtørres til under kritisk fugtniveau eller forventet fugtindhold, afhængigt af

hvor og hvad de skal bruges til inden indbygning. Kritisk fugtniveau er fugtniveauet uden risiko for vækst af skimmelsvamp, en grænse der er temperaturafhængig. Der kan altså ved vurdering tages hensyn til, at skimmelvæksten svækkes eller ophører ved lave temperaturer.

Anvendelsen af fugtige materialer

Selvom byggeprocessen er forholdsvis kort, kan der godt ske opfugtning med deraf følgende risiko for skimmelvækst eller rådangreb både under byggeprocessen og senere, når bygningen er taget i brug. Det kan fx ske ved at fugtige materialer lukkes inde bag isolering eller beklædningsplader eller ved at et materiale med højt fugtindhold opfugter et andet fugtfølsomt materiale.

Man skal være opmærksom på at materialevalget kan tilføre byggefugt til byggeriet eller andre fugtfølsomme materialer, fx fugt fra et stort fugtindhold i beton og puds. Fugt fra disse materialer kan bidrage til fugttransport til andre materialer ved diffusion gennem den 'fælles luft', som materialerne befinder sig i. Ligeledes kan fugten transporteres fra et materiale til et andet ved kapillarvirkning hvis ikke materialerne er fugtteknisk adskilt fx med en membran.

Byggefugt fra et stort fugtindhold i in-situ støbt beton eller fra puds skal enten tørre ud, inden konstruktionen lukkes, eller også skal det sikres, at fugten ikke medfører problemer, efter at bygningen er taget i brug. Fugt vil vandre fra fugtige til tørre materialer. Fugtniveauet må ingen steder stige, så der er risiko for skader, herunder skimmelvækst.

Fugttransport mellem byggematerialer

Fugt kan transporteres fra et materiale til et andet ved fysisk kontakt med hinanden, som ved kapillarvirkning og diffusion, eller ved den omgivende luft ved diffusion eller konvektion. Fugttransport mellem materialer ved diffusion er bestemt af de indgående materials vanddamppermeabilitet. Fugttransport ved konvektion sker som følge af luftstrømning drevet af trykforskelle, fx forårsaget af vindtryk eller termisk opdrift. Fugttransport er udførligt behandlet i SBI-anvisning 277, *Fugt i bygninger – teori, beregning og undersøgelse*.

5.3.3 Typiske konsekvenser af byggefugt

Træ og andre biobaserede materialer er fugtfølsomme og det er derfor særlig vigtigt, at de beskyttes mod fugt under opførelsen og at de ikke indbygges i våd tilstand i en lukket konstruktion.

Fugt i byggematerialer

Ved projekteringen skal der allerede ved materialevalg indgå overvejelser om, hvad det vil betyde at kombinere eller anbringe materialer med meget forskelligt fugtindhold tæt på hinanden. Især kan det medføre problemer, når våde materialer, fx in-situ støbt beton eller frisk puds, anbringes sammen med tørre materialer, som er følsomme for fugt- og skimmelsvamp, fx træ og gipskartonplader.

Ofte kan problemet løses simpelt, såfremt der kun er problemer med kapillær opsugning. Kapillær opsugning kan hindres ved at montere de tørre fugtfølsomme materialer, med en afstand fx til nystøbt beton eller frisk puds på 10 mm. Alternativt kan der anbringes et fugtspærrende materiale i kontaktfladen.

Et eksempel på dette er et dæk af in-situ støbt beton, hvorpå der er monteret skeletvægge med gipskartonplader. Betonen indeholder byggefugt, som kan opsuges kapillært i gipspladerne. Derved opstår der risiko for skimmelvækst bag fodpaneler, hvor fugten ophobes, fordi udtørring hæmmes på grund af panelerne. En fugtspærre under skeletvæggen vil dog ikke altid være nok til at forhindre problemer, fordi fugten i betonen kan medføre høj relativ luftfugtighed, hvilket igen kan medføre opfugtning af gipskartonpladerne, så der

alligevel er risiko for skimmelvækst. Det er således vigtigt at identificere og imødegå mulige kilder til opfugtning af tørre fugtfølsomme materialer fra materialer med højt fugtindhold.

Nogle biobaserede materialer er mere modtagelige for skimmel end andre, fx er det kendt at nogle træarter er mere modtagelige for skimmel end andre. Fyr er mere modtageligt for skimmel end gran.

Tilsvarende er nogle træbaserede plader mere modtagelige end andre, hvilket afhænger af træmaterialet og fremstillingsprocessen, fx tryk og temperatur under produktionen. Generelt er erfaringen, at der lettere kommer skimmelvækst på krydsfiner end på konstruktionstræ. Dette skyldes formentlig dels en ændring af træmassen i forbindelse med forarbejdningen, og dels at de yderste finerlag hurtigere bliver opfugtet, fordi fugten ikke kan fordele sig hurtigt igennem limlagene mellem de enkelte finerlag.

Der er også forskel på, hvilke træarter der har været anvendt til fremstilling af fineren. Finer lavet af tropiske træarter har erfaringsmæssigt vist sig mindre modstandsdygtig mod skimmelvækst end finer lavet af nordisk gran. Nogle producenter varmebehandler træ eller plader for at opnå større modstandsdygtighed mod skimmel og råd.

Modtageligheden over for skimmelvækst kan forbedres ved at anvende fungicider. Det er dog nødvendigt at anvende specielle fungicider beregnet til at hæmme skimmelvækst, da fx trykimprægnering ikke har væsentlig effekt mod skimmelvækst. Behandling med fungicid betyder imidlertid, at der tilføres en gift, hvis virkning på mennesker over længere tid kan være vanskelig at vurdere. Desuden tilføres fungicidet normalt kun på overfladen, og det vil derfor kun være virksomt i kort tid (et par år).

Hvis der foreskrives overfladebehandling med fungicid, fx for at forhindre skimmelsvamp i en periode, indtil konstruktionen er tørret ud, skal det sikres, at dette ikke kan medføre problemer med indeklimaet, og fungicider anvendes derfor i dag primært udendørs. Fungicid er biocid som er en betegnelse for produkter, der giver en kemisk beskyttelse mod fx skadedyr, bakterier og svampe. Anvendelsen af produkter behandlet med biocider, for at forhindre skimmelsvamp, er reguleret gennem biocidforordningen, produkttype 8.

Fugt i byggeperioden – og foranstaltninger

Inddækning sikrer mod regn og slagregn samt direkte sol. Ligeledes skal det sikres at underlaget er tørt og uden væsentlig fordampning. Eventuelt udlægges plast for at undgå fugt fra underlaget, og byggevarer anbringes hævet fra underlaget, så direkte kontakt undgås. Regnvand skal ledes uden om områder med inddækning. Oplagringspladsen skal være ventileret.

På trods af inddækning og tæt indpakning kan omfordeling af fugt medføre, at der bliver for højt fugtindhold nogle steder i materialet. Hvis fugten ikke kan fordampe, kan det medføre skader på materialet.

Ved levering af byggevarer skal det vurderes, om de skal pakkes om/ud, så fugtforholdene under lagring på byggepladsen ikke bliver et problem. Beskyttede materialer og elementer mod direkte sol, er risikoen for uheldig omfordeling af fugt mindre.

Udpakning af leverede bygningsdele/materialer og oplagring med god luftcirkulation mellem de enkelte materialer kan være med til at sikre mod opfugtning.

Når der er temperaturforskel over et materiale eller en byggevare, omfordeles fugten. Der, hvor fugten koncentrerer, skal den kunne tørre ud eller bortledes, for at der ikke skal være risiko for fugtskader.

ÅRSAGER TIL OG KONSEKVENSER AF VANDSKADER

6 ÅRSAGER TIL OG KONSEKVENSER AF VANDSKADER

En bygning har typisk vandbårne systemer til varme og til koldt og varmt brugsvand. Der forekommer også afledning af vand fra fx køleanlæg. Vandbårne varmesystemer fordeler varmt vand i lukkede systemer. Koldt og varmt brugsvand fører koldt og varmt vand frem til aftapningssteder. Ved aftapningssteder opsamles vandet og føres gennem riste og afløb ud af bygningen også i lukkede systemer. For køleanlæg er der tale om afledning af vand.

For at forebygge vandskader i forbindelse med varmesystemer og systemer til koldt og varmt brugsvand samt afløb af brugsvand er det vigtigt at sørge for korrekt installation, regelmæssig vedligeholdelse og hurtig reparation af eventuelle problemer, der opstår. Desuden kan installation af lækagealarmer og trykovervågningssystemer hjælpe med tidlig opdagelse af lækager og fejl på systemer. Rør kan lægges tilgængeligt for reparation og inspektion fx i installationsbakker og -skabe. Rør kan samles og arealet der kan berøres af en eventuel lækage kan begrænses ved sektionering af bygningsdele.

Kapitel 6 er baseret på de kilder, der er gennemgået i kapitel 3 og skematisk vist i oversigten i kapitel 4. Kapitel 6 uddyber de forskellige aspekter relateret til vandskader.

6.1 Årsager til vandskade

Varmesystemer forekommer som varmeslanger lagt i konstruktionerne som fx gulvvarme eller som vandbårne strenge tilsluttet radiatorer. Varmt og koldt brugsvand fremføres ligeledes gennem slanger. Metal, kobber og PEX- samt PEM-rør anvendes til at fremføre vand.

Vandskader i forbindelse med varmesystemer og fremføring af varmt og koldt brugsvand kan skyldes en række forskellige faktorer. Nogle af de mest almindelige årsager er beskrevet nedenfor.

6.1.1 Lækager i rør og radiatorer

Korrosion kan forekomme i rør af metal og i selve radiatorer hvilket over tid kan føre til lækager. Systemer af PEX-rør ses også anvendt som varmerør til radiatorer eller som gulvvarmerør. Rørene monteres ved indstøbning i betongulv eller i gulvvarmeplader. PEX-rør ses også anvendt som vandførende rør til koldt og varmt brugsvand, der bruges til at føre vand frem til armaturer som vandhaner og brusere, til toiletter og vaskemaskiner. Alternativer til PEX-rør er PEM-rør eller Alupex rør. PEM-rør har et noget lavere E-modul end PEX-rør og er derfor mere fleksible. Et Alupex rør er opbygget af flere lag hvor det yderste lag er en aluminiumskappe der gør, at det i modsætning til et almindelig PEX-rør er formstabilt. Plast nedbrydes over tid af ilt og UV-lys, en proces der accelereres af højere temperaturer. Hvis PEX-røret skal mures ind i væggen, skal det trækkes gennem et tomrør. PEX-røret skal have iltspærre (et mellemlag af aluminium, som sikrer formstabilitet), hvis røret bruges som varmerør. Lækager forekommer over tid, gennem nedbrydning af materialer.

Frostskader kan forekomme i vandbårne systemer. I kolde klimaer kan vand i varmesystemet fryse og udvide sig, hvilket kan få rør til at sprænge.

Dårligt installerede eller forbundne rør, i form af dårlige eller svage samlinger kan med tiden begynde at lække.

6.1.2 Defekte ventiler og pumper

Sikkerhedsventiler, der er designet til at udløse ved overtryk, kan fejle eller udløse for tidligt, hvilket kan føre til vandlækager.

Ofte er der installeret en cirkulationspumpe i forbindelse med fremføring af varmt vand til varmt brugsvand og varme. Hvis cirkulationspumpen i varmesystemet fejler, kan det skabe overtryk eller få vandet til at stå stille, hvilket kan forårsage lækager.

6.1.3 Overtryk i systemet

Systemer tilsluttet en ekspansionsbeholder kan, hvis ekspansionsbeholderen er defekt eller forkert dimensioneret, være skyld i at trykket i systemet bliver for højt og forårsager lækager. Tilsvarende kan en fejl i termostater også føre til overtryk i systemet på grund af overophedning.

6.1.4 Dårlig vedligeholdelse

Manglende inspektion, melderør som er placeret uhensigtsmæssigt så melding ikke opda- ges, eller nedbrud i elektriske alarmsystemer eller svigt i monterede sensorer, kan resultere i svigt: Regelmæssig inspektion og vedligeholdelse er vigtig for at opdage små lækager, før de udvikler sig til større lækager. Over tid kan lækager skyldes at komponenter i varmesy- stemet bliver slidte og mere tilbøjelige til at fejle, hvis de ikke udskiftes i tide.

6.1.5 Installation af lav kvalitet

Brug af dårlige materialer eller materialer af lav kvalitet kan være mere tilbøjelige til at fejle og forårsage lækager. Ligeledes kan fejl i installationen forårsaget af ukorrekt installation af rør, ventiler og andre komponenter føre til lækager eller kort levetid for systemet.

6.1.6 Afledning af vand

Aftapningssteder som fx brus, håndvask, vaskemaskine, opvaskemaskine og overløb fra vandinstallationer som varmesystemet skal være tilgængeligt og placeret således, at riste kan lede vandet kontrolleret væk i tilfælde af, at der tappes vand, sker overløb eller lækage. Med fordel kan vaskemaskiner m.m. placeres, så det hurtigt kan konstateres hvis en lækage skulle opstå. Maskiner kan også placeres over eget afløb, eller over bygningskomponent de- signet til at kunne tilgås i tilfælde af lækage, eventuelt suppleret med en fugtmåler med alarm. Bygningskomponenter kan være designet til at begrænse fugtskaden, hvis uheldet skulle være ude.

6.2 Konsekvenser af vandskade

Konsekvenserne af vandskader på vandinstallationer kan være omfattende og påvirke både de fysiske konstruktioner i en bygning og de daglige funktioner. Skadernes omfang og kon- sekvenser afhænger af den vandpåvirkning de biobaserede konstruktioner udsættes for og typen af materiale anvendt i konstruktionen. Handles der hurtigt kan konsekvenserne af ska- den reduceres i omfang.

Der er forskel på biobaserede materials evne til at optage og afgive fugt. Kork optager næsten ikke vand medens træfiber kan optage vand og jo mere forarbejdet materialet er, des mere vand kan det optage.

Nogle biobaserede materialer vil efter en vandpåvirkning være i stand til at selvudtørre hvis konstruktionen åbnes og ventileres. Andre biobaserede materialer er ikke i stand til at selvudtørre, efter at have været nedsunket i vand, inden de rammes af vækst af skimmel- svamp. Sådanne materialer skal fjernes fra bygningsdelen.

GRÆNSEVÆRDIER FOR FUGTNIVEAUER

7 GRÆNSEVÆRDIER FOR FUGTNIVEAUER

For materialer, som kan optage fugt, er der normalt nogle (maksimale) grænser for fugtindholdet under arbejdsudførelse, hvis der skal være sikkerhed for et godt resultat. Mange af disse værdier er erfaringstal, fremkommet gennem mange års brug af materialerne. Grænseværdier præsenteret i kapitel 7 er baseret på de kilder, der er gennemgået i kapitel 3 og skematisk vist i oversigten i kapitel 4.

Træ til byggeri forventes leveret med fugtindhold afhængigt af placeringen i byggeriet, se tabel 1. Alt indvendigt arbejde forudsættes udført i lukkede, opvarmede og udtørrede bygninger. Der mangler tilsvarende retningslinjer for de "nye" biobaserede materialer.

TABEL 1. Forventet fugtindhold i træ, afhængigt af hvor og hvad det skal bruges til. Kilde: SBI-anvisning 278.

Placering	Arbejdsopgave	Træfugt (vægt-%)
Udvendige arbejder	Konstruktioner	18 ± 2
	Beklædning	16 ± 5
	Udvendige døre og vinduer	12 ± 3
Indvendige arbejder	Beklædninger	8 ± 2
	Underlag for gulve	10 ± 2
	Døre og vinduer	12 ± 3
	Bjælkelag	13 ± 2
	Snedkerarbejde	8 ± 2
	Trægulve	8 ± 2

Fugtindholdet i træ er afhængigt af placeringen i bygningen og dermed den temperatur og relative luftfugtighed, der kan forventes det pågældende sted. Orienterende værdier fremgår af tabel 2.

TABEL 2. Forventelige fugtforhold i trækonstruktioner afhængig af temperatur og placering. Kilde: SBI-anvisning 278.

Placering	Temperatur i °C	Træfugt (vægt-%)
Træ indendørs	ca. 20	6 - 12
Træ inde i facader	over 10	15
	under 10	17
Træ uden på facader	over 10	16 - 17
	under 10	20
Træ under varme tagkonstruktioner	over 10	15
	under 10	17
Træ i ventilerede tagkonstruktioner	over 10	16 - 17
	under 10	20

For træ og træbaserede materialer kan fugtmålemetoder som veje-tørre måling, indstiksmåler og kapacitive målinger anvendes. I forbindelse med fugtmålinger bør temperaturen også registreres. Der kan ligeledes indbygges fugt- og temperaturfølere (dataloggere), som løbende registrerer materialets eller omgivelsernes temperatur og relative fugtighed. Måling af fugt i materialer er nærmere beskrevet i afsnit 7, *Fugtundersøgelser - målemetoder* i SBI-anvisning 277, *Fugt i bygninger – teori, beregning og undersøgelse*.

MATERIALEVALG OG BYGNINGSDESIGN

8 BYGNINGSDESIGN OG MATERIALEVALG

Hensigtsmæssige materialevalg og et gennemtænkt bygningsdesign kan forbedre mulighederne for håndtering af byggefugt og vandskader i bygninger med biobaserede materialer. Ligeledes kan robustheden af konstruktionerne øges gennem valget af materialer og måden materialerne anvendes på, en bygnings designmæssige forhold.

Tegnestuen Krystalgade 9 ved Torben Bregenhøj, Erik Bystrup, Boje Lundgaard, Georg Rotne og Peter Sørensen udgav i 1992 en række byggeprincipper som have til formål at forbedre byggeskikken og undgå byggeskader. Disse principper er vurderet til at være værd at genbesøge og finde metoder til at efterleve for byggeri opført af biobaserede materialer. Principperne og de huse, der blev designet og opført ud fra disse principper, beskrives i det følgende. Desuden er betydningen af materialevalg for overholdelse af de enkelte principper fremhævet. Kapitlet er baseret på Bedre byggeskik – Baltica, Skadesbegrænsende byggeprincipper. (Bygge- og boligstyrelsen, 1992) samt øvrige relevante kilder gennemgået i kapitel 3 og skematisk vist i oversigten i kapitel 4.

Kapitel 8 er opdelt i to hovedafsnit. Først beskrives de to bygninger i hovedtræk. Inkluderet i bygningsbeskrivelserne er de anvendte materialer angivet. Materialer som i byggeri med biobaserede materialer skal substitueres. Ligeledes beskrives det bygningsdesign som blev lagt til grund for projekteringen og opførelsen af de to bygninger i 1992. Bygningsdesignet havde til formål at forbedre byggeskikken og undgå byggeskader ud fra en række principper. Ved gennemgangen af de anvendte principper, fremhæves det for hver bygning hvilke designmæssige tiltag der specifikt er lagt vægt på for at tilgodese det enkelte bygningsprincip. En række af de definerede bygningsprincipper er kendte og udføres i dag i større eller mindre grad. På den baggrund fremhæver kapitlet dernæst de bygningsprincipper med størst betydning for princippernes anvendelse i byggeri hvor der anvendes biobaserede materialer. Det omfatter principperne til opfyldelse af:

- *Bygningsprincip 3: Tilgængelig, udluftet underbygning - ventileret kryberum.* Der i sit princip er at hæve nederste dæk tilstrækkeligt over terræn til at et kryberum er tilgængeligt og tilstrækkeligt ventileret.
- *Bygningsprincip 4: Lagvis, funktionsbestemt opbygget ydervæg med demonterbar regnskærm.* Der i dag er bedre kendt som et princip med det formål at skabe byggekomponenter designet for adskillelse som kan opfylde ydeevnebaserede behov.
- *Bygningsprincip 8: Samlet, tilgængelig installationsføring.* Det at etablere installationer synligt eller i paneler, eventuelt integreret i brugsfunktioner som en hylde. Dertil beskrives manglende designløsninger for afløb til installationer som fx en opvaske-maskine.

8.1 Bygningsdesign

Husene blev opført i en tid hvor de primære materialer til opførelse af énfamiliehuse var beton, cementbundne plader, stål og tegl. Disse materialer kan i stor udstrækning substitueres med biobaserede materialer som fx limtræsbjælker i stedet for gitterdrager i stål, søjler i træ eventuelt i form af fuldtømmer eller limede elementer i stedet for søjler i beton, samt konstruktionstræ og brædder til trapper, svalegate og gelænder i stedet for beton og stål.

Fundamenter til understøtning af dæk, svalegang og udvendige trapper kan udføres i skruefundamenter eller støbte punktfundamenter i beton eller punktfundamenter i kampesten.

Ydervægskonstruktioner kan udføres som traditionelle lette elementer, isoleret med fx træfiber-, halm- eller græsisolering. Vindspærre kan fx udføres i træfiberplader og afhængig af brandklassen af isoleringen, kan indvendige ydervægge udføres med en stabiliserende skive i træfiberplade beklædt med gips/fibergips, eller i to lag gips/fibergips.

Tætningsplanet kan placeres bag et installationslag og udføres med traditionel dampspærre eller dampbremse. I disse år foregår der undersøgelser af hvilke materialer der kan substituere anvendelsen af traditionel dampspærre. Arbejdet har til formål at bestemme den nødvendige og tilstrækkelige vanddampsdiffusionsmodstand af tæthedsplanet i forhold til vindspærrens vanddampsdiffusionsmodstand, i forhold til det anvendte isoleringsmateriale og væggenes U-værdi.

Udvendig beklædning kan udføres med ventileret facade i træ. Tagflader af korrugerede aluminiumsplader kan substitueres med ståltag, tagbeklædning af tagpap eller der kan udføres tagdækning i spån.

8.1.1 Byggeprincipper

Byggeprincipperne kan inddeles i tre overordnede principper:

1. Beskyt huset mod nedbør og led vandet bort
2. Brug ventilerede og tilgængelige konstruktioner i tag, ydervægge og under bygningen
3. Planlæg at installationer er samlede og tilgængelige og beskyt mod vandskader.

To huse blev opført efter de overordnede byggeprincipper anvendt på konstruktionsniveau. Endvidere blev nedenstående ni bygningsprincipper for design af løsninger defineret:

- Bygningsprincip 1, Afvisning og bortledning af nedbør – stort udhæng
- Bygningsprincip 2, Tilgængelig, udluftet tagkonstruktion – ventilation under tagflade
- Bygningsprincip 3, Tilgængelig, udluftet underbygning – ventileret kryberum
- Bygningsprincip 4, Lagvis, funktionsbestemt opbygget ydervæg med demonterbar regnskærm – ydeevnebaserede byggekomponenter designet for adskillelse
- Bygningsprincip 5, Sammenhængende, gennemgående isoleringslag – undgå kuldebroer
- Bygningsprincip 6, Samlede gennembrydninger af klimaskærm – installations-skakter og teknikrum
- Bygningsprincip 7, Hensyn til installationer i plandisponering – planløsning der tilgodeser korte føringsveje
- Bygningsprincip 8, Samlet, tilgængelig installationsføring – tilgængelige installationer
- Bygningsprincip 9, Følgeskadesikring af installationer.

8.1.2 Hus 1

Det ene hus er opført som et længehus beliggende i retningen nord-syd. Huset er opført i én etage med dækket hævet over terræn, fra ca. 1 m mod syd til ca. 2 m mod nord.

Taget rager 2,5 m ud over langsiderne og 1,5 m ud over gavlene, og bæres uafhængigt af bygningen af otte runde søjler placeret 1,2 m fra bygningen.

Mellem søjler og bygning er der langs facaderne placeret en gennemgående gangbro med dæk i niveau med bygningens dæk.

Den sydlige del af bygningen indeholder opholdsstue, spisestue, køkken og bryggers. Den nordlige del indeholder soveværelse, alrum, to kamre, bad, gæstetoilet og entre. Hovedindgangen er placeret i midten mod øst.

De installationskrævende rum ligger mod øst, en suite, med adgang fra en gennemgående ganglinie. Vinduer er uregelmæssigt placerede mod øst, et vindue er placeret mod nord og større vinduer er placeret mod syd og vest.

Såvel bygningen som gangbro bæres af fritstående betonkonstruktioner i form af bjælker og støbte elementer.

Tagkonstruktionen bæres af langsgående stålgitre over søjlerne. Tagfladen af korrugerede aluminiumsplader er lagt på lægter.

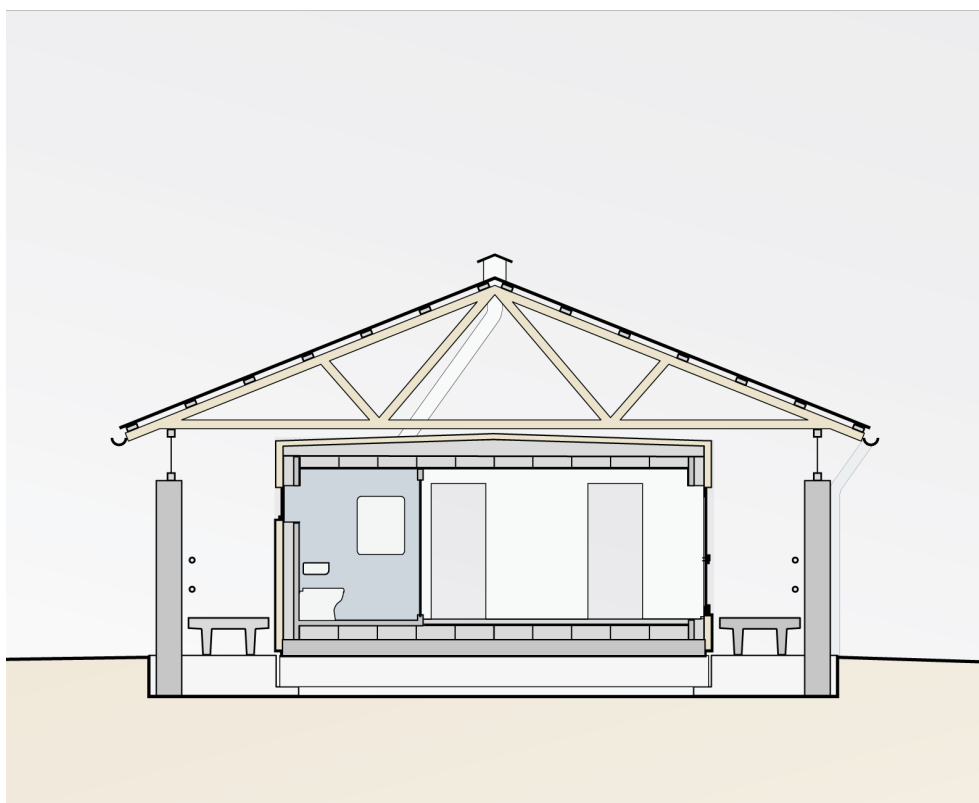
Ydervægge, bærende tværskillevægge, loft og gulv er udført af Lecabetonelementer. Ydervæggene er beklædt med et dobbelt, forskudt lægteskelet til fastgørelse af isolering, vindtæt pap samt en regnskærm af vandrette brædder på klink.

Gulvelementerne er nedad forsynet med isolering og opad trægulv på strøer.

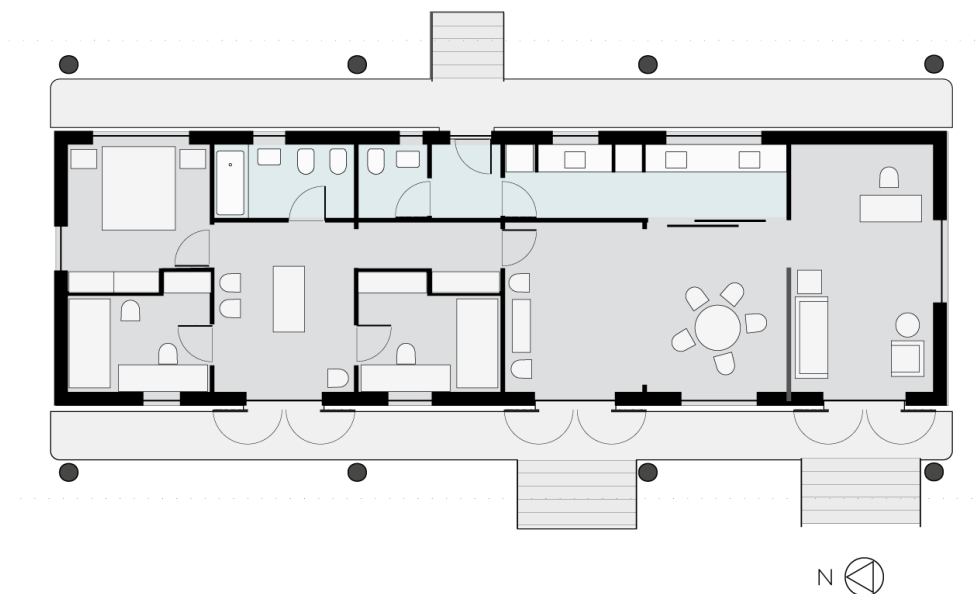
Loftselementerne er på oversiden forsynet med afretningslag med fald, asfaltpap og to lag punktlæbet, ikke fugtfølsom isolering. På undersiden er loftselementerne forsynet med trælistes.

I bad, gæstetoilet, entre, bryggers og køkken er gulvet beklædt med fliser.

Bygningen opvarmes med kedelanlæg tilsluttet naturgas. Snit af hus 1 er vist i figur 1. Plan er vist i Figur 2.



FIGUR 1. Snit af hus 1, set fra nord. Mål 1:50



FIGUR 2. plan i mål 1:100.

8.1.3 Hus 2

Det andet hus er kvadratisk med facaderne vendt mod nord, syd, øst og vest. Bygningen er i to etager med stuegulvet hævet 70 cm over terræn.

Bygningens adgangsrum er i dobbelt højde. Adgangsrummet indeholder trappe og en indskudt etage, der giver adgang til rummene på 1. sal.

Mod øst er der en gennemgående, tilgængelig installationsskakt. Op til skakten ligger i stueetagen garderobe og gæstetoilet samt køkken og spisestue og på 1. sal bad og værelse.

Den vestlige zone indeholder i begge etager opholdsarealer.

Facaderne er opdelt i vandrette bånd af henholdsvis grå eternitplader og blegrøde glasplader (etanitplader).

I facaderne er placeret høje vinduer samt lave hjørnevinduer.

Midt for facaderne står fritstående 70 cm høje betontrapper, 180 cm brede mod syd, vest og nord, 90 cm brede mod øst. Over vinduer og døre er placeret udhæng, 70 cm dybe over de høje åbninger og 30 cm dybe over de lave, se detalje A i Figur 3.

Udhæng består af eternitplader båret af metalknægte.

Ydervægge, bærende vægge og søjler omkring adgangsrummet samt dæk består dels af Lecabeton dels af beton.

Ydervægge er beklædt med et dobbelt, forskudt lægteskelet til fastgørelse af isolering i vindtæt pap samt regnskærm.

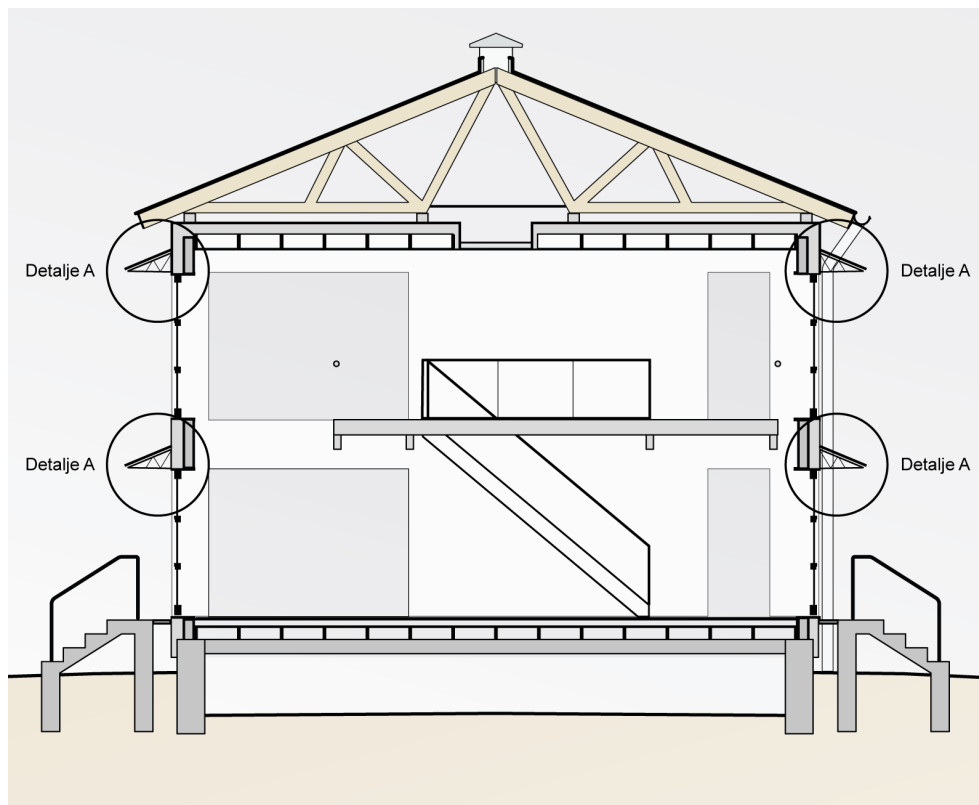
Taget, der har fald til fire sider, er opbygget af tagstol, fire gratspær, stikspær samt krydsfiner og tagpap.

Under bygningen ligger en 90 cm høj krybekælder. Såvel tagrum som kælder er tilgængelige indefra.

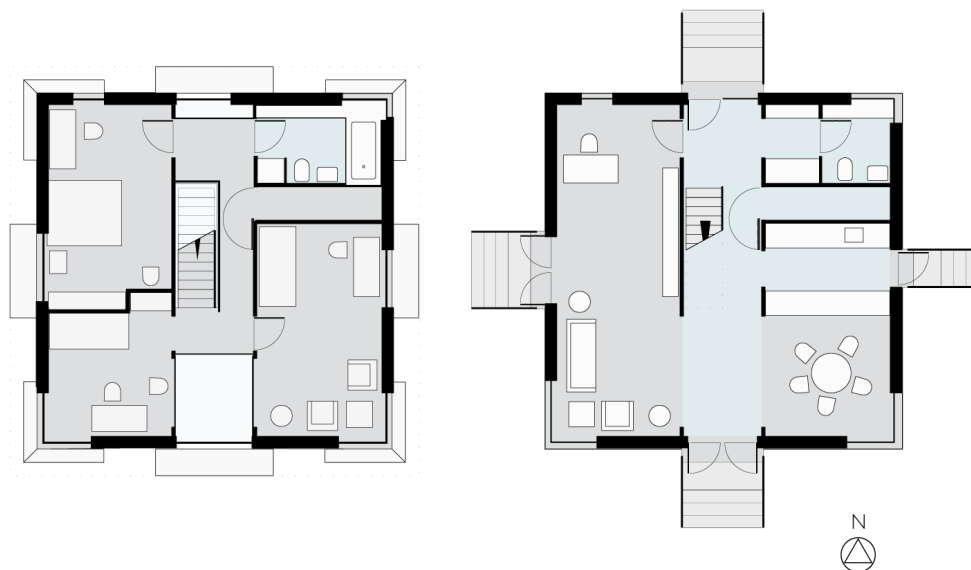
Gulvene er træ på strøer, dels af fliser.

Opholdsrummenes lofter er beklædt med trælist.

Bygningen opvarmes med kedelanlæg tilsluttet naturgas. Snit af hus 2 er vist i Figur 3. Plan er vist for stue og 1. sal i Figur 4.



FIGUR 3. Snit af hus 2 set fra øst. Mål 1:50.



FIGUR 4. Plan i mål 1:100 af stue og 1. sal.

8.1.4 Overholdelse af tidsplan

Ved byggeriets start blev en detaljeret tidsplan udarbejdet og underskrevet af hovedentreprenøren. Der blev afsat 14 vejrligsdage og der blev fastsat kr. 1.000,- pr. hus pr. dag som bøde for forsinkelser.

Der blev i alt afholdt 17 byggemøder. Igennem byggeriets første to måneder kom arbejdet 3 uger efter tidsplanen primært på grund af forsinket levering af materialer. Byggeriet blev alt i alt yderligere forsinket 5 uger. Samlet byggeperiode var 28 uger.

8.1.5 Anvendte byggeprincipper

Bygningsprincip 1: Afvisning og bortledning af nedbør – stort udhæng

Bygningsprincippet, skitseret i Figur 5, blev praktiseret ved en løsning med et design af et sammenhængende tag med stort udhæng til alle sider for hus 1.

For hus 2 betød bygningsprincippet at der blev designet en løsning med et tagudhæng og vandafvisende udhæng, kasketskygger, over de særligt udsatte vinduer og døre.



FIGUR 5. Afvis nedbør og led vand bort. Store tage med rigeligt fald eller eventuelt særlig beskyttelse af vinduer og døre. Led vand kontrolleret bort og undgå vandrette og opadvendte flader.

Bygningsprincip 2: Tilgængelig, udluftet tagkonstruktion - ventilation under tagflade

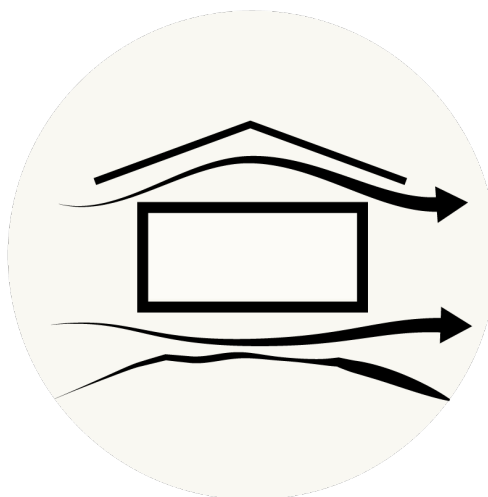
Bygningsprincippet, skitseret i Figur 6, er praktisk løst for hus 1 ved design af et tag som er båret af fritstående søjler og hævet over undertag, med adgang udefra. Den selvstændige tagkonstruktion er åben såvel i sider som i gavle og derved rigeligt ventileret. Over fødderne på spærfagene er lagt en gangbro til inspektion af tagflade, spærfag og undertag. Gangbroen kan nås med en stige fra gavlen.

For hus 2 er der etableret ventileret, uudnyttet tagrum med adgang indefra. Tagstol og tag-spær er fastgjort på det vandrette tagdæk af letbetonplader og hævet 30 cm over dette for at gennembryde isoleringen mindst mulig. Løsningen beskrives litterært; som en stråhat, der hvilende på det isolerende hårlag, holder hovedet beskyttet mod klimaets påvirkninger.

Effektiv udluftning af taget sker i tagfoden gennem en luftsluse, der hindrer fygesne, samt i tagkippen med en ventilationshætte.

Adgangen til loftsrummet sker indefra via en isoleret lem midt i huset.

Tagdækket er forsynet med en gangbro, så eftersyn kan ske uden isoleringen skades.



FIGUR 6. Tilgængelig ventileret tagflade. Tilgængelige uopvarmede ventilerede tag- og kælderrum kan til dels og i mindre grad anvendes til opbevaring.

Bygningsprincip 3: Tilgængelig, udluftet underbygning – ventileret kryberum

Bygningsprincippet er praktisk løst for hus 1 ved at bygningen er hævet over terræn på fritstående tværvægge med adgang udefra. Huset er i en etage. For huset er der designet en løsning hvor husets dæk er hævet frit en til to meter over det hældende terræn. Husets dæk af letbetonplader bæres af tværstillede betondragere. Isoleringen er placeret under dækket af letbetonplader. Terrænet under huset er belagt med perlegrus.

For hus 2 er der etableret krybekælder med adgang indefra. Huset er udført med en traditionel udluftet, kold krybekælder med stuedækket hævet 90 cm over terræn. Krybekælderen er tilgængelig via en lem placeret i bunden af den lodrette installationsskakt. Gulvet i krybekælderen er belagt med grus med en flisebelagt gang for inspektion. Løsningen er almindelig kendt og brugt.

Bygningsprincip 4: Lagvis, funktionsbestemt opbygget ydervæg med demonterbar regnskærm – ydeevnebaseret byggekomponenter designet for adskillelse

Bygningsprincippet er praktisk løst for hus 1 ved at bygningens klimaskærm er opbygget med en bærende bagmur, isolering, vindtætning, udluftning og regnskærm udført i brædder på klink. Den bærende bagmur muliggør at der ikke anvendes traditionelt dampspærre fx dampspærresystem baseret på banevarer af polyethylen, i konstruktionen.

Bagmur af etagehøje letbetonelementer er indvendigt beklædt med glasfibervæv og strøget med diffusionsåben maling. Udvendigt et skelet af to krydsende lag imprægnerede lægter, isolering, vindtæt pap, udluftet hulmur samt regnskærm af vandrette brædder på klink.

For hus 2 er klimaskærmen opbygget på tilsvarende vis med en bærende bagmur, isolering, vindtætning, udluftning og regnskærm af eternit. Den indvendige bærende væg muliggør at der ikke anvendes traditionel dampspærre i konstruktionen. For hus 2 anvendes bærende bagmur af elementer af beton og letbeton, indvendigt beklædt med glasfiber og strøget med diffusionsåben maling. Udvendigt er der et skelet af to krydsende lag imprægnerede lægter, isolering, vindtæt pap, udluftet hulrum samt regnskærm af påskruede plader af henholdsvis Eternitplader og Glasalplader (etanitplader).

For begge hustyper muliggør opdelingen af klimaskærmen i adskilte elementer og anvendelsen af skruer til samling af de enkelte byggekomponenter, demontering og genanvendelse

af byggevarer. Regnskærmen er projekteret med åbne fuger, hvilket kræver en præcis opsætning, som har vist sig vanskelig at udføre i praksis.

Bygningsprincip 5, Sammenhængende, gennemgående isoleringslag – undgå kuldebroer

Bygningsprincippet er i begge huse praktisk løst ved at bygningens vinduer og døre er placeret i plan med isolering. Det betyder at glasset i vinduer og døre er placeret i forlængelse af øvrige isoleringslag i resten af klimaskærmen.

Endvidere er kuldebroer fra regnskærmens fastgørelse i begge huse reduceret ved anvendelse af krydsende lægtelag. Det krydsende lægtelag er isoleret.

For hus 2, blev det på daværende tidspunkt, reduceret i kuldebroer ved kraftoverføring fra ydervæg til fundament ved at anvende isolerende, bærende Lecablokke på de tværgående fundamentsvægge. Således at huset er båret af isolerende Lecablokke på randfundament.

Bygningsprincip 6: Samlede gennembrydninger af klimaskærm – installationsskakter og teknikrum

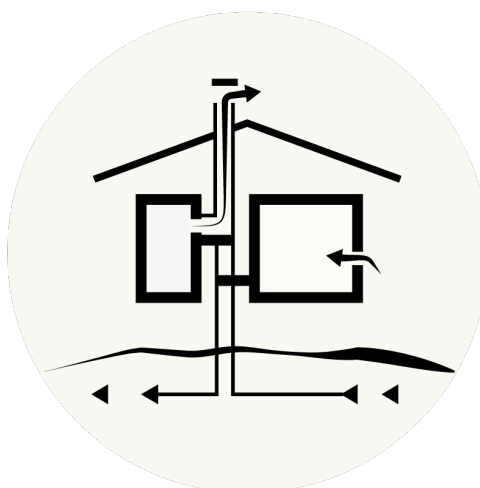
Bygningsprincippet, skitseret i Figur 7, er praktisk løst for hus 1 ved at bygningens gennembrydninger til installationer som el, varme og vand samles omkring de installationskrævende rum. I Hus 1 er de installationskrævende rum samlet således at de ligger i forlængelse af hinanden. Gennembrydninger til kanaler for udeluft føres direkte gennem undertaget til udmunding i det åbne tagrum. Rør der kræves ført op over taget samles i det åbne tagrum til udmunding i hætte monteret i tagfladen i kip.

Gennembrydninger af dækket er samlet i sektioner, isoleret og beskyttet af betonrør, der kan adskilles for kontrol og reparation.

Vandrør og varmt spildevand er samlet for at mindske faren for frostskafer på rør.

For hus 2 er gennembrydninger ligeledes samlet omkring en installationsskakt som er ført lodret op i husets to etager. Udluftning af tagrummet sker gennem en taghætte i spidsen af taget.

Af-og tilløb ligger ligeledes samlet under installationsskakten.



FIGUR 7. Tilgængelig ventileret kryberum til installationer.

Bygningsprincip 7: Hensyn til installationer i plandisponering – planløsning tilgode- ser korte føringsveje

Bygningsprincippet er praktisk løst for hus 1 ved at bygningens installationskrævende rum ligger en-suite. Det betyder at i planen for huset er de installationskrævende rum placeret på række på husets østside, kun afbrudt af husets hovedindgang.

På den ene side af indgangen ligger gæstetoilet og bad, på den anden side bryggers og køkken.

Alle installationer er placeret op mod ydervæggen.

For hus 2 er installationskrævende rum samlet omkring en installationsskakt. Det betyder at i planen for huset er installationskrævende rum lagt samlet om den lodrette installationsskakt. Installationsskakten, der er 80 cm bred og tilgængelig, indeholder fyr, varmtvandsbeholder, cisterner og hovedparten af alle rørføringerne.

I stueetagen betjener skakten gæstetoilet og køkken, på 1. sal bad.

Installationer i toilet, køkken og bad er placeret direkte op af skakten.

Bygningsprincip 8: Samlet, tilgængelig installationsføring – tilgængelige installationer

Bygningsprincippet er praktisk løst for hus 1 ved at bygningens brugsvand føres vandret bag et rørpanel midt på den indvendige side af ydervæg som er tilgængelig indefra. Afløb føres samlet i isoleret afløbskappe ligeledes tilgængelig dog udefra.

Varmerør føres i kanal under gulv, langs ydervæg, tilgængelig indefra gennem lemme lagt i gulv og væg.

Indføring af brugsvand sker ved fyret midt i rækken af installationskrævende rum. Fremføring af brugsvand sker ved tre styks 1" kobberør, i) et til koldt, ii) et til varmt og iii) et til returvand. De tre rør ligger samlet i et rørpanel på ydervæggen i vådrum. Panelet, der er udført i træ, tjener dels til afskærmning af rør og fittings, dels til fastgørelse af tappehaner og dels som hylde.

Vand til opvarmning føres fra fyret gennem de våde rum over vindueshøjde. I alle opholdsrum føres rørene langs ydervæggene i en forsænket rørkanal. Rørkanalen er dækket med aftagelige låg af askeparket som resten af gulvet. Lågene er dels fastgjort med messingbeslag til optagning for kontrol. Brugsvand og afløb føres samlet til og fra bygningen under huset i isolerede, oplukkelige rørkasser af betonrør.

For hus 2 er brugsvand og afløb samlet i en installationsskakt. Varmerør er ført vandret, bag rørpanel, øverst på stueetagens ydervæg, over dørhøjde, med lodrette stik, til radiatorer i stue og på 1. sal.

Alle rør til fremføring af brugsvand, WC-cisterne, varmtvandsbeholder samt afløbsrør, er placeret frit tilgængeligt i en installationsskakt af en størrelse så eftersyn, reparation og udskiftning kan foretages ubesværet.

Rørene føres fra fyret i installationsskakten rundt langs husets perimeter. Rørene er fastholdt på væggen med beslag, der samtidigt fastholder en dækkappe af metal.

Bygningsprincip 9: Følgeskadesikring af installationer

Bygningsprincippet er praktisk løst for hus 1 ved at der i bygningens vådrum (bad og bryggers) er udført vandtæt gulv med fald til afløb. Ligeledes er der udført vandtætte rørkanaler i køkken.

I opholdsrummenes forsænkede rørkanal er rørene lagt i standardtagrender af plast.

Renderne har fald mod gavlene, hvor de har afløb til det fri gennem ydermurene.

Køkken og gæstetoilet er udført med vandtæt gulv, men uden fald og afløb.

For hus 2 er der ligeledes udført vandtæt gulv med afløb i bad, toilet og i installationsskakten.

De fleste af installationerne og rør ligger i installationsskakten, der er sikret mod følgeskader ved at have elefantriste som dæk og vandtæt bund med afløb.

Køkkenet er følgeskadesikret med vandfast gulv med fald mod og afløb til installations-skakten.

Varmerør og radiatorer er ikke specielt følgeskadesikret, men ligger synlige, så gennem-tæring i de fleste tilfælde vil blive observeret inden brud.

Bygningsprincippet tager udgangspunkt i at synlige rør i rum med vandtæt gulv med afløb er en god og sikker løsning. Svagheder fremkommer, hvor gulvet ikke er vandtæt eller mangler afløb, så større vandmængder kan brede sig til andre rum.

8.2 Materialevalg

Bygningsprincipperne introduceret i 1992 af tegnestuen Krystalgade 9 havde til formål at forbedre byggeskikken og undgå byggeskader. Principperne blev demonstreret anvendt med datidens kendte materialer. I dag er opgaven mere kompleks, da en forbedret byggeskik og det at undgå byggeskader skal gennemføres i et byggeri med anvendelsen af langt flere biobaserede materialer, end vi tidligere har anvendt i byggeriet i Danmark.

I dag er der udviklet flere metoder og materialer som kan anvendes for at implementere de løsninger som de enkelte bygningsprincipper beskrevet i afsnit 8.1.5 *anvendte byggeprincipper*, definerer. Nogle af løsningerne kræver fortsat innovation af byggevarer for at opnå opfyldelsen af bygningsprincipperne.

Materialer eller byggevarer til opfyldelse af *Bygningsprincip 3: Tilgængelig, udluftet underbygning - ventileret kryberum* er i sit princip at hæve nederste dæk tilstrækkeligt over terræn til at kryberummet er tilgængeligt og tilstrækkeligt ventileret. Et princip, som i byggeri med biobaserede materialer i nederste dæk, skal forhindre fugtpåvirkning fra overfladevand og reducere risikoen for sommerkondens i det ventilerede kryberum. Nederste dæk kan understøttes på fx punktfundamenter eller skruefundamenter. Kryberummet kan enten etableres ved at hæve dækket over terræn eller ved at udgrave arealet under dækket og etablere et afløb for vand eventuelt tilsluttet faskine, en rende eller rør til et lavereliggende areal eller tilsluttes kloak.

Kryberummet kan lukkes med net, perforerede plader eller gitter eventuelt i træ, pil eller lignende med huller som forhindrer skadedyr i at flytte ind. Broer langs facaden kan sikre niveaufri adgang. God ventilation under nederste dæk kan forhindre sommerkondens.

Materialer til opfyldelse af *Bygningsprincip 4: Lagvis, funktionsbestemt opbygget ydervæg med demonterbar regnskærm*, er i dag bedre kendt som et princip for at skabe byggekomponenter designet for adskillelse som opfylder ydeevnebaseret behov. Et princip som i dag udføres i forbindelse med opbygningen af fx en let ydervægskonstruktion med bærende træstolpeskelet. Konstruktionen er opbygget af en række lag med hver deres funktion og kan i væsentlig grad udføres i biobaserede materialer.

Facaden er den ydre overflade, også kaldet regnskærmen, der beskytter den bagvedliggende konstruktion mod regn, vind og sollys. Samtidig er den en del af bygningens visuelle udtryk. Facaden kan fx udføres i strå, træ og kork og andre nye byggevarer som forventes at blive introduceret på markedet, egnede til facadebeklædning.

Vindspærren forhindrer indtrængning af fugt og luftstrøm udefra til den bagvedliggende isolering. En ventileret luftspalte bag regnskærmen forhindrer slagregn i at trænge ind til

vindspærren. Vindspærren kan fx udføres i presset strå, -træ og -halm og andre nye byggevarer som forventes at blive introduceret på markedet, egnede til at udgøre vindspærren.

Isoleringen skal mindske varmestrømmen gennem ydervæggen samtidig med at inde-temperaturen opfylder komfortkrav beskrevet i bygningsreglementet. Den isolerede del af en skeletkonstruktion kan bestå af to krydsende lag lægter for yderligere at reducere varmefabet og øge effekten af det isolerede lag.

For at undgå risiko for høj fugtbelastning og efterfølgende risiko for vækst af skimmel inde i konstruktionen, indbygges et tæthedsplan, der skal bremse eller forhindre at fugt fra indeklimaet trænger ud i konstruktionen. Tæthedsplanet kan lægges op til 1/3 inde i isoleringen fra den varmeside. Tæthedsplanet skal være tilstrækkelig tæt over for konvektion og diffusion. Tæthedsplanet skal således udføres lufttæt og yde en så stor vanddampdiffusionsmodstand, at den yderste, kolde del af ydervægges isolerede lag ikke påvirkes af fugtbelastningen indefra, som giver risiko for vækst af skimmelsvamp.

Indtil der foreligger fyldestgørende viden om biobaserede materials ydeevne i ydervæggen anbefales traditionelt dampspærre fx dampspærresystem baseret på banevarer af polyethylen, i konstruktionen. Alternativt kan dampbremse anvendes, fx som banevare eller som pladematerialer, som samles lufttæt. Væggen afsluttes indadtil med en indvendig beklædning. Mellem tæthedsplanet og konstruktionens yderside opbygges klimaskærmens konstruktioner af lag med faldende dampdiffusionsmodstand. Derved undgås at fugt bremses og ophobes. Igangværende forskning har til formål at finde balancen mellem ydervæggens enkelte lags nødvendige og tilstrækkelige vanddampdiffusionsmodstand. Jo, lavere dampdiffusionsmodstanden er for vindspærren i forhold til tæthedsplanet, jo mere tørt bliver lagene i mellem.

Opdelingen af klimaskærmen i adskilte elementer og anvendelsen af skruer og beslag til samling af de enkelte byggekomponenter muliggør demontering, udskiftning, vedligehold og genanvendelse af byggevarer.

Materialer, bygningskomponenter eller byggevarer til opfyldelse af *Bygningsprincip 8: Samlet, tilgængelig installationsforin*. At etablere installationer synligt eller i paneler, eventuelt integreret i brugsfunktioner som en hylde, er ikke udbredt. Installationer føres som regel som skjulte installationer. I en byggeskik der forlader sig på konstruktioner med væsentlig anvendelse af biobaserede materialer, vil installationer ført tilgængeligt i særlig grad kunne reducere omfanget af vandskader væsentligt. Det indebærer dog regelmæssigt tilsyn og eftersyn, da vandskader skal opdages og oprettes hurtigt hvis skaderne ikke skal udvikle sig. Brugerne skal således kunne vurdere om en skade er på vej i en vandførende installation.

Designprincipper for føring af bygningens brugsvand synligt, uden at lide overlast fra bygningens brug eller bag et tilgængeligt rørpanel, placeret sikkert i forhold til fx frost, mangler i dansk byggeskik. For sådanne løsninger bør der indarbejdes afløb kombineret med et meldesystem i tilfælde af lækage. Vand fra lækage skal afledes kontrolleret, fx ved at opsamle vand som føres i isoleret afløbskappe tilsluttet afløb. Vandskader kan både opstå fra lækager af vand, som føres til aftapningssteder, som fra afløb for brugsvand.

Gode løsninger for rør til fx brugsvand, varmerør til gulvvarme og radiatorer, varmtvandsbeholder samt afløbsrør skal fortsat udarbejdes til dansk byggeskik. Det er vigtigt, at løsninger er placeret frit tilgængeligt i en installationsskakt/rørkanal/bag en dækkappe/i et panel af en størrelse så eftersyn, reparation og udskiftning kan foretages ubesværet.

PROCESSER OG METODER TIL AT SIKRE MOD FUGT

9 PROCESSER OG METODER TIL AT SIKRE MOD FUGT

Alle materialer kan indeholde for meget fugt. Medens fugtskader ofte er associeret med fugtfølsomme materialer so fx gips, træ og øvrige biobaserede materialer kan materialer som porebeton og murværk indeholde meget fugt samtidigt med at det tager meget lang tid om at tørre tilstrækkeligt ud. Derfor er det nødvendigt at forholde sig til processer og metoder til at sikre et byggeri mod for meget fugt. Fugtskaderne er omkostningstunge at udbedre, både i økonomi og i materialer, og gør det svært at opfylde bygningsreglementets krav til fugtforhold og derved opføre et lovligt byggeri.

Selvom fx porebeton i sig selv godt kan tåle fugt, så skyldes mange skader, at der ikke er blevet afsat tid nok til udtørringen og at materialet ikke når at tørre tilstrækkelig ud inden byggeriet færdiggøres, og der fx sættes filt op og bliver malet eller sat tapet op. Det kan medføre at især fodpaneler og indbyggede skabe, som oftest er lavet af træbaserede materialer, bliver fugtet op, når fugten trænger ud af porebetonen, med risiko for vækst af skimmelsvamp til følge.

Kapitel 9 er baseret på de kilder, der er gennemgået i kapitel 3 og skematisk vist i oversigten i kapitel 4. Kapitel 9 uddyber fugthåndtering i forbindelse med byggefugt og fugt fra vandskader i drift af en bygning hvor der anvendes biobaserede materialer.

9.1 Fugtstrategi mod byggefugt

9.1.1 Introduktion

Strategisk fugthåndtering handler især om at undgå unødvendig opfugtning og utilstrækkelig udtørring af byggematerialer, som kan medføre vækst af skimmelsvampe. Selv om alle materialer kan indeholde for meget fugt, fokuseres der her på fugt i byggeri hvor der anvendes biobaserede materialer.

Skimmelsvampevækst i forbindelse med byggefugt skyldes, at byggematerialerne i byggeperioden har været for fugtige for længe. Årsagen til opfugtningen kan fx skyldes, at materialerne allerede er for fugtige ved leveringen til byggepladsen, ikke håndteres og opbevares tørt på byggepladsen, eller opfugtes af andre byggematerialer/bygningsdele. Andre årsager kan være, at byggeriet har manglende afdækning (midlertidig-, sektioneret- eller totalinddækning) eller at der ikke er taget højde for tilstrækkelig tid til udtørring.

Opfugtningen hænger ofte sammen med planlægningen af byggeprocessen, hvilket kan imødegås med en fugtstrategiplan.

Ved fugtstrategien skal det sikres at der ikke transporteres fugt mellem materialer som resulterer i at nogle materialer kommer i risiko for vækst af skimmelsvamp. Se også 'Fugttransport mellem byggematerialer' i afsnit 5.3.2.

9.1.2 Fugtniveauer for biobaserede materialer

Biobaserede materialer er organiske og modtagelige for skimmelvækst, og de bør derfor kun bruges, hvor de sidder tørt under anvendelsen og kan holdes under grænsen for skimmelvækst, som for træ normalt sættes til 75 % RF og angiver kriteriet for hvornår der er risiko for vækst af skimmelsvamp. Den generelle grænse for skimmelvækst på 75 % RF for træ gældende for langtidspåvirkning, og er derfor konservativt sat og tager bl.a. højde for måleusikkerhed på måleinstrumenter. Der findes kun sparsom viden om grænserne for

skimmelvækst på biobaserede materialer, men denne grænse formodes at variere i forhold til de enkelte typer byggematerialer og afhænge af biomassens forarbejdningsgrad, typen af biomasse, byggematerialets tilsætningsstoffer, temperaturen og den relative luftfugtighed.

9.1.3 Planlægning indeholder fugtstrategi

Det er bygherren og dennes rådgiver der skal sørge for, at forebyggelse af fugtproblemer indarbejdes i byggeprojektet. Allerede ved projektering skal der vælges de nødvendige foranstaltninger for at forhindre indbygning af fugtige materialer, samt utilsigtet opfugtning af komponenter og materialer. Det er således ved projekteringen at krav til modtagekontrol, metoder til opbevaring, ansvarsforhold for at sikre opbevaringen, og krav til indbygning og adskillelse af materialer mod kapillarsugning, fx med membraner, beskrives, med tilhørende målemetoder samt udførelse af kvalitetskontrol. Ved beskrivelser af adskillelsen af materialer med membraner, er det vigtigt at holde sig for øje at der er forskel på kravbeskrivelser ved anvendelsen af løst udlagte membraner som fx kræver mere udtørring af underlaget end fuldklæbede eller fuldsvejste membraner. Ligeledes er det vigtigt at der afsættes tid til udtørring og at kritiske processer i byggeriet udpeges og sikres samt dokumenteres. Det kræver koordinering mellem fagene, så materialer med høj startfugt har tid til udtørring, inden de lukkes inde af materialer eller inventar, som nedsætter udtørringen.

Fugtrisikoklasser og fugtsagkyndig

Behovet for kvalitetssikring og omfanget af kontrol i forhold til at forebygge fugtproblemer til løbende fugtmålinger på relevante processer kan bestemmes ved at vurdere byggeriets fugtrisikoklasse. Anbefalede forholdsregler er beskrevet i de 3 fugtrisikoklasser:

Fugtrisikoklasse 1: Bygningsreglementets minimumskrav for fugtsikring overholdes, og det er normalt tilstrækkeligt at udføre fugtmålinger samt dokumentation på kritiske tidspunkter i byggeriet, fx inden lukning af konstruktioner.

Fugtrisikoklasse 2: Som supplement til minimumskravene i fugtrisikoklasse 1, anbefales det, at der i projekteringsfasen opstilles en fugtstrategiplan, som indeholder en kontrolplan til løbende fugtmålinger på relevante tidspunkter. Specifikke potentielle fugtproblemer skal løbende vurderes og eventuelt revurderes under projekteringen og i byggeprocessen.

Fugtrisikoklasse 3: Som supplement til anbefalingerne i fugtrisikoklasse 2 anbefales det at tilknytte en fugtsagkyndig, at gennemføre et udvidet fugtmåleprogram samt eventuelt at udføre fugttekniske beregninger af fugtteknisk sårbare bygningsdetaljer i projekteringsfasen og ved projektændringer.

En fugtsagkyndig forudsættes at have både teoretisk og praktisk kendskab til fugtteori og fugtproblemer i byggeri specifikt indenfor biobaserede materialer. En fugtsagkyndigs opgave, kan bestå i:

- granskning af projektet – typisk ved overgang fra en fase til den næste
- implementering af relevante ekstra forholdsregler mod fugt i projektet
- at eftervise i fugtrisikoklasse 3, at byggeriets fugtforhold ved ibrugtagningen overholder bygningsreglementets krav, det vil sige at det ikke indebærer risiko for personers sundhed fra fx skimmelsvampevækst, eller risiko for skader på bygningen fra fx korrosion eller trænedbrydende svampe.

Omfanget af den rolle en fugtsagkyndig skal udfylde, bør defineres ved byggeriets planlægning.

Fugtrisikoklassen bestemmes ud fra fugtpåvirkningerne under udførelsen og byggeriets sårbarhed over for fugt. Fugtpåvirkningerne under udførelsen afhænger af beskyttelse af byggeriet mod vejrlig, opbevaring og håndtering af byggematerialer, samt anvendelse af våde eller tørre materialer. Byggeri indeholdende biobaserede materialer skal betragtes som sårbart overfor fugt.

9.1.4 Beredskab for fugt

Viser det sig at bygherren og dennes rådgiver har valgt en utilstrækkelig fugtstrategi kan det blive nødvendigt at iværksætte et fugtberedskab. Det er bygherren og dennes rådgiver der skal sørge for forebyggelse af fugtproblemer i byggeprojektet. Det er således også bygherren og dennes rådgiver der skal tage stilling til om et fugtberedskab skal etableres.

Et fugtberedskab skal kunne håndtere de fugttekniske udfordringer som fugtstrategien viser sig ikke at håndtere. Det kunne fx være metoder til at fjerne vand efter regn og genetablere afdækning som ikke er udført korrekt, fx ikke har været tilstrækkeligt fastgjort.

Fugtberedskabet skal indtænkes på de kritiske steder i byggeriet. Ligeledes skal aktiveringen af fugtberedskabet være klart aftalt med hensyn til ansvarsforhold.

9.2 Plan i tilfælde af vandskade i drift

Bygningsejeren kan med fordel være udstyret med en vejledning i tilfælde af at der skulle opstå en vandskade i drift. Planen kan med fordel vejlede på forskellige niveauer i forhold til hvor meget bygningsejeren er i stand til at gøre selv. Vejledningen skal have fokus på at stoppe og begrænse skaden, fx lukke for vandet det rigtige sted i forhold til skaden og eventuelt at tappe vandet af i det berørte område.

9.2.1 Design for adskillelse

Ved at designe for adskillelse kan der i designfasen tages stilling til, hvor store partier, bygningsdele eller længder af rør, længder af beklædning i facade eller arealer af et gulv, det vil være nødvendigt at skifte som hele stykker eller komponenter i tilfælde af en skade. Design for adskillelse praktiseres i dag for enkelte bygningsdele som døre, vinduer, tegl, armaturer og til dels mursten. Ved udskiftning af vinduespartier skiftes partiet typisk som et element og montagen er muliggjort for adskillelse ved tilgængelige karmmonterings-skruer.

Udskiftning af bygningsdele kan gøres intuitivt og simpelt ved i design af løsninger og samplingsdetaljer at lave tilgængelige samlinger som kan på- og afmonteres. Ligeledes kan det i design af løsninger sikres at tilslutningen, ved udskiftning af en bygningsdel, reetableres. Disse konstruktive designløsninger skal forberedes. For et vinduesparti skal tilslutningen til bygningens tæthedsplan og tilslutningen til bygningens regnskærm allerede i design af tilslutningerne for vinduet, forberedes for udskiftning. Et vindues tilslutning til bygningens tæthedsplan udføres ofte med manchete eller ved at tape eller fuge mellem bygningens tæthedsplan og vinduets ramme. Vinduet er i sig selv en del af tæthedsplanet, i og med at glas, tætningslister og rammer skal overholde branche-krav. Tilslutningen af vinduet til regnskærmen udføres ved en fuge mellem ramme og lysningen, vinduesåbningen.

Designmæssige løsninger for udskiftning af bygningsdele kendes og praktiseres i byggeriet allerede. For byggeri med biobaserede materialer er det nødvendigt at bringe tankerne og udvikle løsningerne til et langt mere omfattende niveau. Muligheder for at udskifte komponenter skal omfatte en langt større del af byggeriets komponenter end det ses i dag. Design for adskillelse kræver gennemtænkte samplingsdetaljer af bygningens enkelte dele på materialeniveau eller i samlinger mellem byggekomponenter. Samlinger mellem lag skal være intuitive for at sikre efterfølgende anvendelse. Der kan anvendes synlige samlinger. Samlingerne skal kunne frigøres enten ved at skrue løsnes eller skrues ud, beslag lemme eller dækplader løftes af. Adskillelsen skal kunne muliggøre udskiftning af vitale dele som skal kunne tilgås og fjernes og erstattes ved en eventuel vandskade.

Ligeledes skal rør og afløb kunne skiftes i hele længder og samlingerne være tilgængelige. Det skyldes at vandførende installationer har kortere levetid end resten af byggeriet dels på grund af nedslidning, dels på grund af innovationer på installationsområdet som i højere grad indeholder overvågning. Det er derfor vigtigt ved design af tilgængelige

installationer, at installationer nemt kan udskiftes. Installationer kan også placeres i rum med vandtæt gulv og afløb.

Sikringen kan også udføres lokalt under installationerne som render for afledning af vand.

At lægge installationerne synlige giver ikke i sig selv sikring mod vandskader, men kan i kombination med overvågning og alarmsystemer varsle skader, som ofte varsles med tæring og dryp.

De enkelte bygningsdele og installationer skal kunne adskilles for kontrol, eftersyn, reparation og udskiftning.

9.2.2 Design for begrænsning af skadesudvikling

Installationer generelt

Design for at begrænse skadesudviklingen i tilfælde af en vandskade fra installationer er væsentligt i byggeri hvor der anvendes biobaserede materialer. I et vist omfang tages der i praksis allerede visse forholdsregler i den måde installationer føres i dag. Rør i rør for vandbårne systemer er udbredt. Ligesom etablering af melderør.

Vådtrum

Ligeledes er der i design af vådrum konkrete definitioner og tilhørende krav til fx vådzonen. Vådzonen omfatter den del af vådrummet, der jævnligt – ofte dagligt – er direkte påvirket af vand, forstået som hele gulvet og de nederste 100 mm af alle vægge. Endvidere hører vægge ved bruseniche, badekar og håndvask med brusearmatur til vådzonen. Her stilles de strengeste krav til konstruktioner, materialer og overfladebehandlinger. Hvis rummet er smallere end 1,3 m skal væggen over for bruseren regnes med til bruseområdet. Tilsvarende er alle vægge i små vådrum med et gulvareal mindre end 3,25 m² at betragte som vådzone. Det gælder uanset om der er monteret skærmvægge.

For håndtering af læk fra vaskemaskiner har det tidligere været almindeligt at lægge en bakke under maskinen. Bakken havde til formål at sikre, at vandet fra en læk blev synligt for brugeren. Sådanne systemer er der behov for at videreudvikle og sætte i produktion.

Det samme gælder systemer udviklet som fysiske komponenter, der kan standardiseres og forbindes i systemer, som det allerede er tilfældet for afløbssystemer til vaske- og opvaskemaskiner, manchetter til gennemføringer i tæthedsplanet, samt gennemføringer af aftræk fra brændeovne.

SAMMENFATNING AF WORKSHOP

10 SAMMENFATNING AF WORKSHOP

10.1 Sammenfatning af Workshop 1

Tema for WS: Fugtmæssige udfordringer / Håndtering af fugt i udførelsesfasen

10.1.1 Baggrund og formål

Workshoppen fokuserede på udfordringer og løsninger relateret til fugthåndtering i byggerier, især når biobaserede materialer anvendes. Diskussionen tog udgangspunkt i SBI-anvisning 278, der fremhæver vigtigheden af korrekt fugthåndtering gennem hele byggeprocessen fra planlægning til udførelse og eftersyn. Anvisningen introducerer begrebet fugtrisikoklasser og understreger behovet for nøje kontrol og dokumentation for at undgå fugtrelaterede skader under og efter byggeriets opførelse, såsom skimmelsvamp.

10.1.2 Centrale spørgsmål

- **Skadesmønstre:** Hvilke udfordringer er mest fremtrædende ved håndtering af fugt under udførelsen?
- **Afværgeforanstaltninger:** Hvordan kan man minimere risikoen for fugtrelaterede skader? Hvad er de bedste metoder til at afhjælpe skader, når de opstår?
- **Viden om biobaserede materialer:** Er der tilstrækkelig viden om håndtering af biobaserede materialer? Skal der være specifikke forholdsregler for disse materialer?

10.1.3 Identificerede skadesmønstre og afværgeforanstaltninger samt vidensbehov

Gruppe 1:

- Skadesmønstre: Fejlprojektering, fugt-udveksling.
- Afværgeforanstaltninger: Tjeklister, systematiseret granskning, fugtstrategi, korrekt materialeoplagring.
- Vidensbehov: Risikovurdering, eksempler og checklister, vurdering af biobaserede materialer, uddannelse af rådgivere, udførende og studerende, fokus på byggeperioder.

Gruppe 2:

- Skadesmønstre: Ugunstig materialelevering, oplagring med efterfølgende udtørring.
- Afværgeforanstaltninger: Planlægning for materialeforberedelse, håndterbare materialer, opbevaringskasser.
- Vidensbehov: Leverandøranvisninger, modtagekontrol, advarselsmærkning, lavpraktisk opbevaring.

Gruppe 3:

- Skadesmønstre: Beton på træelementer, teglmur på lette konstruktioner, indbygget fugt, materialesammensætning.
- Afværgeforanstaltninger: Indbyggede membraner, afdækning, tilsyn og kontrol.
- Vidensbehov: Undervisning til alle faggrupper, teknisk fælleseje, undervisningsmaterialer, erfaringsopsamling, krav til producenter.

Gruppe 4:

- Skadesmønstre: Manglende opbevaring, støbte undergulve, forkert anvendte materialer, gipsplader brugt som forskalling.
- Afværgeforanstaltninger: Projektsgranskning, øget tilsyn, opfølgning på fugtstrategi, grundig risikovurdering.
- Vidensbehov: Viden om nedbrydningsmekanismer, totaløkonomi, levetid, brug af dampspærre, materialedatabase.

Gruppe 5:

- Skadesmønstre: Ufleksible tidsplaner, nedbør, utilstrækkelig indpakning, midlertidig vandafledning.
- Afværgeforanstaltninger: Robuste afdækningssystemer, selvudtørrende beton, anvendelsesområder for fugtfølsomme materialer.
- Vidensbehov: Fugt og brand for biobaserede materialer, materialecertificering, nedbrydningsmekanismer, håndværkeruddannelse, indeklimapåvirkning.

Gruppe 6:

- Skadesmønstre: Restfugt, behov for fragt- og modtagerkontrol, fejlprojektering, midlertidig fugtbeskyttelse.
- Afværgeforanstaltninger: Udtørring og leveringsforhold, udbudskontrol, digital overvågning af fugtniveauer.
- Vidensbehov: Beskyttelse af knudepunkter, konstruktionsopbygninger, teknisk viden, BR-opfyldende løsninger.

10.1.4 Konklusion

Workshoppen afslørede flere kritiske punkter vedrørende fugthåndtering i byggerier med biobaserede materialer. Der er behov for omfattende viden og uddannelse på tværs af byggeriets aktører, samt implementering af strenge kontrol- og dokumentationsprocedurer. Biobaserede materialer kræver særlig opmærksomhed, især ved modtagekontrol, opbevaring og materialekombinationer, for at sikre holdbarhed og undgå fugtrelaterede skader.

10.2 Sammenfatning af Workshop 2

Tema for WS: Fugtmæssige udfordringer / Håndtering af vandskader i driftsfasen

10.2.1 Baggrund og formål

Workshoppen fokuserede på udfordringer og løsninger relateret til fugthåndtering driftsfasen af et byggeri, især når biobaserede materialer anvendes. Diskussionen tog udgangspunkt i SBi-anvisning 279, diverse BYG-ERFA Erfaringsblade, publikationer fra Træinformation og Gulvbranchen m.m. der alene forholder sig til pludseligt opståede skader fra fugt. Der arbejdes med løsninger for bygninger hvor fugt kommer fra indtrængning af vand fra grundvand og overfladevand ligesom der ses på forskellige løsningsmetoder for bygningsdele til at afværge for vandskader fra installationer.

10.2.2 Centrale spørgsmål

- **Skadesmønstre:** Hvilke skader konstateres erfaringsmæssigt?
- **Afværgeforanstaltninger (forebyggende eller på bagkant):** Hvordan vi undgår/minimerer risikoen for skader? Hvordan afhjælpes skader bedst muligt, når de er sket?

- Vil en øget anvendelse af biobaserede materialer i byggeriet påvirke valget af og betydningen af afværgeforanstaltninger? Vil det fx påvirke den måde vi udformer/sammensætter bygningsdele på?
- Forslag til projekteringsløsninger der tager højde for udvalgte/typiske skader.

10.2.3 Identificerede skadesmønstre, afværgeforanstaltninger og projekteringsløsninger

Gruppe 1:

- Skadesmønstre: Gennemføringer i tag, utæt tag, korrosion.
- Afværgeforanstaltninger: Fald i terræn, undertag, sensorer for lækage.
- Projekteringsløsninger: Større udhæng hele vejen rundt om bygningen, større taghældning, at samle installationer.

Gruppe 2:

- Skadesmønstre: Manglende ventilation i tagkonstruktion, nederste gulv lagt lavere end terræn, fare for utæt skotrende, utæt ovenlysvindue, utæt inddækning, lange føringsveje for vandinstallationer, køkken på 2. sal, brud på gulvvarme.
- Afværgeforanstaltninger: Grundvandssænkning med GSM-alarm.
- Projekteringsløsninger: Fugtstrategi for skader i driftsfasen, benyt ikke press-fittings, køkken placeres i stueetage, benyt korte føringsveje for rør.

Gruppe 3:

- Skadesmønstre: Risiko for opstigning uden sokkelrender, risiko for vandindtrængning under døre og vinduer, risiko for overfladevand under belægning i terræn, risiko for revner i puds under facaden, sokkelpuds ført helt op til facadepuds.
- Afværgeforanstaltninger: Løbende vedligehold af render og nedløb, etablering af regnvandsbassanger og grøfter, kontroller fuger, rensning af sokkelrender.
- Projekteringsløsninger: Udhæng, ventileret facade, sokkelrender langs hele facaden, benyt stort udhæng, fald i terræn, inddækninger, 2-trins tætningsfuger.

Gruppe 4:

- Skadesmønstre: Fyldte skotrender, fyldte sokkelaffugter.
- Afværgeforanstaltninger: Service på rens af render og nedløb, minimerer brugen af sokkelaffugter.
- Projekteringsløsninger: Byg enkeltstående bygninger, bygninger skal hæves.

Gruppe 5:

- Skadesmønstre: Niveaufri adgang, fugtskader fra utæt dampspærre, 1-trins løsninger, knudepunkter, undertag skal forlænges, rørbrud grundet at rør ikke er tilgængelige, for små dræn.
- Afværgeforanstaltninger: Manglende adgang til vådrum, mekanisk ventilation, små taghældninger.
- Projekteringsløsninger: Tagudhæng, bygningskroppen skal løftes, ændret planløsning så vådrum placeres langs ydervæg.

Gruppe 6:

- Skadesmønstre: Arkitektoniske fejl, konstruktiv vandafledning, vinduer, sålbænk, skotrender, defekte presfittings, galvanisk tæring, opstigende grundfugt, I drift: stoppede afløb, tagrender, lyskasser.

- Afværgeforanstaltninger: Ændring af højdegrænser i BR, lavere tempo i byggeriet, opfører bygninger på pæle, højere fundamenter, overdækning, trykprøvning af installationer, KS af udførte installationssamlinger.
- Projekteringsløsninger: Udførende inddrages i projekteringen, indragelse af lokal viden omkring vandstand i lokalområder, lokalplaner kan indeholde højder.

10.2.4 Konklusion

Workshoppen pegede på flere kritiske punkter vedrørende fugthåndtering i byggerier med biobaserede materialer. Der er behov for omfattende viden om designmæssige løsninger til at aflede vand i tilfælde af vandskade fra installationer. Biobaserede materialer kræver særlig opmærksomhed, især ved design af tagløsninger, vedligehold af render og nedløb og etablering af meldeanordninger i tilfælde af brud på rør. Bygninger skal i større grad hæves fra terræn og samlinger til vinduer og døre samt fuger udføres som 2-trins løsninger, for at sikre lang ydeevne og undgå fugtrelaterede skader.

10.3 Sammenfatning af Workshop 3

Tema for WS: Hvad kan vi formidle til branchen?

10.3.1 Baggrund og formål

Workshoppen fokuserede hvordan branchen kan tage ansvar for og bidrage til at den indsamlede viden om at afværge skader relateret til byggefugt og fugt fra vandskader i drift bringes ud til byggeriets parter. Det skal ses i lyset af, at det er uklart, hvor meget den eksisterende viden om håndtering af fugt anvendes i praksis.

10.3.2 Centrale spørgsmål

- **Hvad skal der til** at for at viden om fugt, i byggeriet i udførelsesfasen (byggefugt) og driftsfasen (vandskade), anvendes i praksis?
 - fx
 - Skal det være lovpligtigt at lave en fugtstrategi?
 - Skal branchen være drivende kraft i udbredelse og anvendelse af viden? Fx via medlemsarrangementer, organisationernes hjemmesider o.l.?
 - uddannelse af håndværkere?
 - AMU-kurser?
 - uddannelse af arkitekter og ingeniører?
 - Skal fugtstrategi indgå i
- **Skal bygherre være drivende kraft** ved fx at efterspørge planer for byggefugt og planer for vandskader i brugsfasen?
 - Hvis ja, hvordan kvalificerer bygherrer sig til den rolle?
- **Hvilken formidlingsform** er bedst egnet?

10.3.3 Identificerede skadesmønstre og afværgeforanstaltninger

Gruppe 2:

- **Hvad skal der til** at for at viden om fugt, i byggeriet i udførelsesfasen (byggefugt) og driftsfasen (vandskade), anvendes i praksis: Tegnede og byggede eksempler, fyrtårnsprojekter, uddannelse målrettet de enkelte grupper i byggeriet, oplysningskampagner.

- **Skal bygherre være drivende kraft** ved fx at efterspørge planer for byggefugt og planer for vandskader i brugsfasen: Forsikringsselskaber kn være den drivende kræft sammen med pengeinstitutterne.
- **Hvilken formidlingsform** er bedst egnet: Der skal være fordele ved at bygge fornuftigt, vejledninger og skabeloner, uddannelse, transparente fyrtårnsprojekter.

Gruppe 3:

- **Hvad skal der til** at for at viden om fugt, i byggeriet i udførelsesfasen (byggefugt) og driftsfasen (vandskade), anvendes i praksis: Viden skal være let tilgængelig, viden skal være let at forstå, viden skal være simpel at forstå, byggeriets tidsplaner skal være realistiske, videreuddannelse er vigtig, håndværkere skal have en HOTLINE.
- **Skal bygherre være drivende kraft** ved fx at efterspørge planer for byggefugt og planer for vandskader i brugsfasen: Et incitament for at undgå skader, længere garanti i byggeriet, der skal være konsekvenser ved forkert udførelse, projektgranskning før udførelse, KS.
- **Hvilken formidlingsform** er bedst egnet: Undervisning, god formidling, efteruddannelse.

Gruppe 5:

- **Hvad skal der til** at for at viden om fugt, i byggeriet i udførelsesfasen (byggefugt) og driftsfasen (vandskade), anvendes i praksis: Tidlig uddannelse af byggeriets parter.
- **Skal bygherre være drivende kraft** ved fx at efterspørge planer for byggefugt og planer for vandskader i brugsfasen: Bygherre skal være bedre til at vide hvornår de har brug for rådgivning, certificering af udførende.
- **Hvilken formidlingsform** er bedst egnet: Mere vægt på det visuelle og talte ord.

Gruppe 6:

- **Hvad skal der til** at for at viden om fugt, i byggeriet i udførelsesfasen (byggefugt) og driftsfasen (vandskade), anvendes i praksis: Oplysning, uddannelse og måske certificering.
- **Skal bygherre være drivende kraft** ved fx at efterspørge planer for byggefugt og planer for vandskader i brugsfasen: Fugtstrategi skal være et krav i BR og følges op af krav til kontrol.
- **Hvilken formidlingsform** er bedst egnet: Formidling af gode eksempler, uddannelse.

10.3.4 Konklusion

Workshoppen pegede på flere måder som viden om fugt, i byggeriet i udførelsesfasen og driftsfasen, kan komme i praktisk anvendelse. Der blev lagt vægt på uddannelse målrettet byggeriets enkelte parter, fulgt op med certificeringer af udførende og formidling af gode løsninger på en let forståelig form fx gennem gennemsigtige fyrtårnsprojekter. Vidensformidling kan motiveres via et incitament for at undgå skader, at byggeriets garantier gøres længere samtidig med at der skal være konsekvenser ved forkert udførelse.

KONKLUSION

11 KONKLUSION

Rapporten " Håndtering af fugt i byggeriet, hvor der anvendes biobaserede materialer" fremhæver vigtigheden af en omhyggelig og velprojekteret herunder ydeevnebaseret designmæssig tilgang til fugthåndtering i byggerier, der anvender biobaserede materialer. Rapporten fastslår, at selvom biobaserede materialer, som fx træ, halm, hør, ålegræs, muslingeskaller og fiskeben, kan bidrage som et bæredygtige alternativ til traditionelle byggematerialer, er deres håndtering og implementering kompleks på grund af deres fugtrelaterede egenskaber.

Gennem en dybdegående analyse og praktiske erfaringer fra byggebranchen, præsenterer rapporten både forebyggende og afhjælpende strategier for at minimere fugtrisici. Det er essentielt at overholde specifikke grænseværdier for fugtniveauer og at vælge designløsninger, der er i synergi med de biobaserede materials egenskaber. Effektiv fugthåndtering kræver en integreret tilgang, der involverer korrekt planlægning, udførelse og vedligeholdelse.

Tre workshops med eksperter og fagfolk fra byggebranchen har bidraget væsentligt til rapportens anbefalinger, og sikrer, at de ikke kun er baseret på teoretisk viden, men også er praktisk anvendelige og realistiske i virkelige byggeprojekter. Anbefalingerne omfatter strategier for fugthåndtering under hele byggeprocessen samt metoder til at opdage, vurdere og udbedre vandskader i bygninger, hvor der anvendes biobaserede materialer.

Samlet set viser rapporten, at med en velovervejet og helhedsorienteret tilgang til fugthåndtering kan bygninger, hvor der anvender biobaserede materialer, opnå både bæredygtighed og holdbarhed. Det kræver en tæt integration af videnskabelig viden, praktiske erfaringer og nøje planlægning for at sikre, at de mange fordele ved biobaserede materialer kan realiseres uden at kompromittere bygningernes bærende konstruktioner, ydeevne holdbarhed og indeklima.

The background of the page is decorated with a pattern of thin, dark blue wavy lines that flow across the entire surface. In the upper center, there is a dark blue circle containing the white number 12.

12

BILAG A

WORKSHOP 1

BYGGEFUGT

12 WORKSHOP 1 BYGGEFUGT

Workshop 1 (25. januar 2024, kl. 13:00-16:00, AAU Cph)

12.1 Tema: Fugtmæssige udfordringer / Håndtering af fugt i udførelsesfasen

SBI-anvisning 278, *Fugt i bygninger – Projektering og udførelse*, er en redigeret, opdateret udgave af vejledningen 'Håndtering af fugt i byggeriet', udarbejdet i forbindelse med, at der i BR 2008 blev indført krav om, at

Bygningskonstruktioner og bygningsmaterialer må ikke have et fugtindhold, der ved indflytning medfører risiko for vækst af skimmelsvamp.

Ligesom det blev udfoldet, hvordan kravet om at

Ved planlægning, projektering, udbud og udførelse af bygningskonstruktioner skal der træffes de foranstaltninger, som af hensyn til klimatiske forhold er nødvendige for en forsvarlig udførelse.

kan håndteres, fx ved at undgå materialer og byggetekniske løsninger, der er unødigt fugtfølsomme, og ved eksplicit at afsætte nødvendig tid til udtørring af byggefugt.

Vejledningen peger på behovet for – gennem alle faser af en byggeproces fra forslagsfasen og frem til 1- og 5-årseftersyn – at indtænke fugthåndtering, ligesom begrebet fugtrisiko-klasser introduceres. Betydningen af bl.a. materialevalg, bygningsudformning, håndtering af materialer på byggepladsen, samt løbende kontrol og dokumentation understreges.

En øget brug af biobaserede materialer ændrer ikke på behovet for planlægning og forholdsregler, men der kan være elementer i fugthåndteringen, det er særlig vigtigt at have styr på. Det gælder fx modtagekontrol, opbevaring og håndtering af byggevarer på byggepladsen, hvor der kan være særlig risiko for at vækst af skimmelsvampe opstår, særligt når der anvendes biobaserede materialer. Et andet forhold kan være sammenbygningen af materialer, hvor det er særligt vigtigt at minimere/forhindre overførsel af fugt mellem materialer/konstruktionsdele, når biobaserede materialer indgår. Eksempelvis når frisk, pladsstøbt beton sammenbygges med biobaserede materialer, der på forhånd er udtørret svarende til de fugtforhold de kan forventes at blive udsat for i den færdige bygning. Her er det særligt vigtigt at sikre kontrolleret og tilstrækkelig udtørring af betonen. Eller at beton og biobaserede materialer holdes adskilt af en membran e.l.

Oplægsholdere på workshop:

- Eva B. Møller, Professor, DTU CONSTRUCT, Institut for Byggeri og Mekanisk Teknologi
- Balder Johansen, Logik og CO

Spørgsmål på workshop:

- "Skadesmønstre": Hvor ses de største udfordringer ved håndtering af fugt i udførelsesfasen?
- Afværgeforanstaltninger (forebyggende eller på bagkant): Hvordan vi undgår/minimerer risikoen for skader i udførelsesfasen? Hvordan afhjælpes følgeskader bedst muligt, når de er sket?

- Er der tilstrækkelig viden om, hvordan en øget anvendelse af biobaserede materialer i byggeriet, påvirker den måde man designer og opfører bygninger?
 - Er der forhold det er særligt vigtigt at være opmærksom på i forhold til håndtering af fugt i udførelsesfasen, når biobaserede materialer indgår?
 - Er der behov for at skelne mellem forholdsregler for specifikke biobaserede materialer, eller er det tilstrækkeligt at udstikke generelle retningslinjer, fx ved brug af fugtrisikoklasser, bygningsudformning, tid til udtørring mm.

Program:

13:00	Velkomst, introduktion om projektet og afviklingen af workshoppen
13:10	Håndtering af byggefugt i praksis (Oplæg inkl. afklarende spørgsmål) Balder Johansen, Logik og CO
13:30	Måder at håndtere fugt i byggeriet (Oplæg inkl. afklarende spørgsmål) Eva B. Møller, Professor. DTU CONSTRUCT Institut for Byggeri og Mekanisk Teknologi
13:50	Introduktion til workshop, runde 1, 2 og 3
14:00	PAUSE med kaffe og kage
14:15	Runde 1: noter skadesmønstre, Hvor ses de største udfordringer ved håndtering af fugt i udførelsesfasen? Runde 2: noter afværgeforanstaltninger (forebyggende eller på bagkant) for hvert skadesmønster. Altså hvordan vi undgår/minimerer risikoen for skader i udførelsesfasen? og hvordan afhjælpes følgeskader bedst muligt, når de er sket?
14:35	Plenum med orientering om resultater fra runde 1 og 2
15:00	Runde 3: Vidensbehov ved byggeri med biobaserede materialer. Noter forhold der er særligt vigtige at være opmærksom på i forhold til håndtering af fugt i udførelsesfasen, når biobaserede materialer indgår. Overvej om der er behov for at skelne mellem forholdsregler for specifikke biobaserede materialer, eller er det tilstrækkeligt at udstikke generelle retningslinjer, fx ved brug af fugtrisikoklasser, bygningsudformning, tid til udtørring mm.?
15:30	Plenum med orientering om resultater fra runde 3
15:55	Opsamling for dagen
16:00	Tak for i dag.

12.1.1 Resultat:

Workshoppen blev gennemført med 61 tilmeldte, hvoraf 37 deltog på dagen. De fremmødte blev inddelt i seks grupper. Gruppernes resultater blev samlet på to plancher pr. gruppe, vist nedenfor.

Gruppe 1:

Skadesmønstre

1

Arvøgeforanstaltninger

FEJL-PROJEKTEN
FUGT-UDVEKSLING

MATERIALER PÅLAG

FUGTSTRATEGI
IKKE GOD
NOK

FUGTSTRATEGI
FØLGES IKKE

OPTIMISME
PÅ MATERIAL-
EGENSKABER
(ROBUSTHED)

MANGLENDE
OVERBLIK
PÅ I MELEN
I PRODUKTION
PÅ PLADS

FOKUS PÅ
TJEKLISTE
SYSTEMATISKE
GRANSKNING

Vidensbehov

PRE-
ACCEPTEREDE
LØSNINGER
SOM I
SCHWEIZ
"LIGNUMDATA"

FUGT LOGGER

TØRRE
MATERIALER
FOKUS I
BYGGEPERIODE

HAVE
VIDENS NIVEAU
+ RÅDG.
+ UDØRENDE
+ STUDERENDE

FOKUS PÅ
MONTAGE
PÅ TAGS AF
INDPARKERE
ELEMENTER
LØPTEBJER ETC

VIDEN OM
RISICI

LIVETIDS-
BETRAGTNINGER

FOKUS
PÅ LØFT-
TETHED

VURDERING
AF "EGNETHED"
I FT. TILGANG
MATERIALER

STATSLISTE:
SKRÆPPE
KRAV/RAMMER

EKSEMPLER
+ TJEK-
LISTE

Gruppe 2:

Skadesmønstre

2

Arvøgeforanstaltninger

LEVERING UNDER
UGUNSTIGE
FORHOLD

optimering af
gipsprodukter i etage-
byggen, med afskræbning
underlag af huldekl.
(EPS + Skudlag)

Planlæg
- forbered materialer
- køn tra ind.

Material der kan
vædte
- stor vanelevator
- opbevaringsklasse

Vidensbehov

2.

- Nærværende leverandør byggesamvirker -
 - Fugt, krav i opbygning
 - Materialer, Aflevering
- Kontrol Rapport
 - Modtage
 - Opbygning
 - Aflevering
- Afhænger
 - Hæftning på byggematerialer
 - Lav praktisk
- Nye $\leftrightarrow$ G. Materialer

Gruppe 3:

Skadesmønstre

Afvægeforanstaltninger

3.

- 1. BETON STØBT PÅ CLT
EVT. INDBYGGET FUGT I ML. MEMBRANER
- 2. Opbygning / FORMIDLER PÅ LETTE KONSTRUK.
- 3. AFDÆKNING $\rightarrow$ INDBYGGET FUGT / PÅNÅLENDIG VENTILATION & evt. PRÆVENTION
- 4. MATERIALER - SAMMENSETNINGER
- 5. UDTYDELIGT TIDSPUNKT IIT. VEJL. / ARBEJDE
- 6. TID + PLANLÆGNING
- 7. METODEN
- 8. Afdækning
- 9. TOTALDÆKNING
- 10. INSTRUKTION / BILAG
ENVISIT PRÆSENT
TILLYN
OPTAGNING
KONTROL

Vidensbehov

3.

- Forsikringsbetalerne skal også have viden
- Undervisningsmateriale
Vidensopbevaring
Vidensdeling
- Erfaringsopbevaring
Stil krav til producenter
- Metodeprøvelse - for komplekse bygninger
- Brug af teknisk fællesskab
Tilgængeligt
- Tilgængeligt til lærere
Bilager
- Undervisningsmateriale til alle målgrupper
- Undervisningsmateriale
- producenter
- leverandører
- udførende
- cheffer
- Hvis byggebranchen på tværs leveres i fælles og bygge-materialer
- Afhandling af byggeprojektet undervejs

[illegible]

```

graph LR
    SM[Skadesmønstre] --> AF[Afværgesforanstaltninger]
    SM --> BP[BASIC PRESENTING]
    AF --> TEU[TILSIGTET ER UDFØRSEL]
    AF --> FHV[FOR HJLT V. TAL I INSTITUTION]
    TEU --> RO[REDDER OFFUTER]
    TEU --> HMU[HVIS MAN ER UHJELP]
    FHV --> TBL[TILSIGTET BLIVER FOR LANGE]
    BP --> O[OPMÆRKSOMHED]
    BP --> MR[MANGLER RESPEKT FOR INDPRÆG]
    O --> AV[AVERTION]
    O --> V[VANDREDE]
    MR --> FTV[FØRER TIL VED I BØRGEN]
  
```

(5.)

Vidensbehov

FUGTRELATEREDE MATERIALEEGENSKABER + BRAND

CERTIFICERING AF BÆRENDE/BEKLENNENDE MATERIALER

SUBSTITUERBARE KONSTRUKTIONER VED BREV AF BEHOLDNINGENDE SÅLT OG HVAD SÅLT VÆR SÅLT UDVALGT

SAMMENLIGN "BET" I MATERIALET ALLEREDE FRA START

HALDNINGEN AF MATERIALE

ER DER "RENT" I BLODET MATERIALET SAN HAD BEHOLDNING FOR INVESTERING OG HAD DER SÅLT MED HAD MATERIALET

FUGTVISN HAD HÅNDVÆRKT
 - HÅNDVÆRKT
 - HÅNDVÆRKT
 - HÅNDVÆRKT

Gruppe 6:

(6.)

Skadesmønstre

Afvægeforanstaltninger

Restfugt i bygmateriale (betondæk og porrebeton)
 - Udenlands om uddeling

Frugt, modtagelse, opbevaring af materialer

Uensigt mæssig omgang

Fejl-projektering
 - Boring af huller i færdig hus - ikke adgang

Midlertidig Løsning til færdig Løsning

- Bedre oplysning / videns om uddeling + levetidsforhold

Udbudskontrolplan? (UKP)

Kontrol af (digital) Anvendelse af færdig og færdig inden Anvendelse af færdig

Digital ansværs tilføjelse KS på individuel niveau

(6.)

Vidensbehov

Kategorisering af biomaterialer
 - overordnet
 - hvad skal tage hensyn til
 - hvor kan man bruge det

knappepunkter

Techniske implementeringer for accepterede løsninger tekniske fælles se

Viden om vind/adviser

Hvordan kan bygningsdele opbygges med biologiske materialer? Hvad kan bruges hvor?

BILAG B

WORKSHOP 2

HÅNDTERING AF

VANDSKADER I

DRIFTSFASEN

13 WORKSHOP 2 HÅNDTERING AF VANDSKADER I DRIFTSFASEN

Workshop 2 (21. marts 2024, kl. 13:00-16:00, AAU Cph)

13.1 Tema: Fugtmæssige udfordringer / Håndtering af vandskader i driftsfasen

Afhængig af om materialevalg, bygningsudformning mv. er håndteret på fornuftig vis i projekterings- og udførelsesfasen, vil pludseligt opståede vandskader i driftsfasen få større eller mindre konsekvenser for bygningens videre liv. Denne workshop forholder sig alene til pludseligt opståede skader og ikke til skader, der udvikles langsomt gennem driftsfasen.

Konstruktionsmæssige forhold, der har betydning for om byggeriet også i driftsfasen vil være fri for fugtproblemer, er nærmere beskrevet f.eks. i SBI-anvisning 279, *Fugt i bygninger - Bygningsdele*, diverse BYG-ERFA Erfaringsblade, publikationer fra Træinformation og Gulvbranchen m.m.

For eksempel skal bygningen sikres mod indtrængning af vand fra grundvand og overfladevand (fald på terræn, et kapillarbrydende lag, dræn, m.m.), ligesom de forskellige bygningsdele skal udformes, så der ikke sker uønsket fugtindtrængning.

I forhold til vandskader i installationer, så er der ved skjulte rør og installationer og maskiner der benytter vand risiko for, at evt. skader kan blive omfattende, herunder følgeskader på tilstødende bygningsdele, medmindre der fx er anvendt tomrør (rør i rør), eller installeret anordninger som kan gøre opmærksom på lækager. Ligeledes skal rørinstallationer, der kræver pasning og vedligehold være lettilgængelige og monteres så arbejdet kan foretages ubesværet og sikkerhedsmæssigt forsvarligt. Ligeledes kan bygninger projekteres således at der tages højde for lækager fra installationer og maskiner der benytter vand.

Oplægsholdere:

Anne Beim, Professor, PhD, Architect MAA, Head of CINARK - Center for Industrialized Architecture

Peder Fynholm, Teknisk chef, Byggeskadefonden og Charlotte Gudum, Teknisk sagsansvarlig – ansvarlig for bæredygtighed, Byggeskadefonden.

Spørgsmål på workshop:

- Skadesmønstre: Hvilke skader konstateres erfaringsmæssigt?
- Afværgeforanstaltninger (forebyggende eller på bagkant): Hvordan vi undgår/minimerer risikoen for skader? Hvordan afhjælpes skader bedst muligt, når de er sket?
- Vil en øget anvendelse af biobaserede materialer i byggeriet påvirke valget af og betydningen af afværgeforanstaltninger? Vil det fx påvirke den måde vi udformer/sammensætter bygningsdele på?
- Forslag til projekteringsløsninger der tager højde for udvalgte/typiske skader.

Program:

13:00 Velkomst, introduktion om projektet og afviklingen af workshoppen

13:10	Skadesbegrænsende byggeprincipper for byggeri med biobaserede materialer.
	Anne Beim, Professor, PhD, Architect MAA, Head of CINARK - Center for Industrialized Architecture
13:30	Eksempler på Klimatilpasningstiltag ved renoveringer af almen bebyggelse for at modstå vand fra oven, fra siden og fra neden. Peder Fynholm, teknisk chef, Byggeskadefonden og Charlotte Gudum, Teknisk sagsansvarlig – ansvarlig for bæredygtighed, Byggeskadefonden.
13:50	Introduktion til workshop.
14:00	PAUSE med kaffe og kage
14:15	Workshop, ud fra en given bygning identificeres erfaringsmæssige aktuelle skadesmønstre i forhold til fugtmæssige udfordringer og vandskader i driftsfasen. For de identificerede skadesmønstre findes afværgeforanstaltninger, som implementeret vil reducere risikoen for skader. Er de valgte afværgeforanstaltninger af generel karakter eller er de direkte adresseret anvendelsen af biobaserede materialer i byggeriet. Efterfølgende udarbejdes der forslag til projekteringsløsninger der implementeret i designet af bygningen vil kunne tage højde for vandskader i bygningens drift.
15:00	Præsentation af resultater fra arbejderne i Workshop
15:55	Opsamling for dagen
16:00	Tak for i dag.

13.1.1 Resultat:

Workshoppen blev gennemført med 62 tilmeldte, hvoraf 34 deltog på dagen. De fremmødte blev inddelt i seks grupper. For hver gruppe blev gruppens resultater samlet på én planche, vist nedenfor.

Gruppe 1:

	Skades mønstre	Afværge foranstaltning	Design løsning
Vand fra oven, nederen og siden.	ok gulv = kerren gennemførelser i tage Utæt tage	Fald på terræn Under tag	Større udhæng hele bygningen rundt Større taghældning
Brud på vandinstallation.	Korrosion	Kar opsamling Lekage sensor.	Småle installationer

Gruppe 2:

②	Skades mønstre	Afværge foranstaltning	Design løsning
Vand fra oven, neden og siden	Fugt følsomme byggematerialer Manglende ventilation i tag konstruktion Gulv lavere end terræn. ① Fare for utæt og skotrende + overflødig vand og lyddæknung ②	Grundvands-sænkning ① med GSM - alarm	Heve gulv - ① niveau Fugtstrategi Overdækning i bygge perioden
Brud på vandinstallation	Presfitings Brud på gulv-varme Køkken (vandinstallationer) på 2. sal. Longe føringsgule	Trækkor Trykprøvning Afslukkesmærker	Brug "rigtige" rør. Ikke pres-fittings Køkken i stue etagen Korte springveje til rør.

Gruppe 3:

③	Skades mønstre	Afværge foranstaltning	Design løsning
Vand fra oven, neden og siden	SKADESMØNSTER 1. - RISIKO FOR OPSTÅNNE V. SØKKELENDER SKADESMØNSTER 2. - RISIKO VANDINDTREGNING V. VINDUER OG DØRE. SKADESMØNSTER 3. - RISIKO FOR OVERFLADEVAND V. BELEGNING I TERRENN SKADESMØNSTER 4. - RISIKO FOR REGENER I RUDS V. FACADE SKADESMØNSTER 5. - SØKKELENDER FØRT HJELT OP TIL FACADERUDS	AFVÆRGEFORANSTALTNING 1. - LØBEVEJE TILMÆNNE AFVÆRGEFORANSTALTNING 4. - LØBEVEJE REGENERATION - KONTROL TAGELENDER AFVÆRGEFORANSTALTNING 3. - VEDLIGEHOLD OG TILMÆNNE - LAD BEPLANTNING, GRO - REGNVANDSBASSIN / GRØFT	UDHÆNG VENTILERET FACADE SØKKELENDER LANGS HELE FACADEN KONSTRUKTIV BESKYTTELSE - STOR UDHÆNG - FALD PÅ TERRENN - UNDERVANDER - STRIKSTRENGER
Brud på vandinstallation		AFVÆRGEFORANSTALTNING 2. - ØGET VEDLIGEHOLD - KONTROL FUGTER - REGNVAND AF SØKKELENDER	

Gruppe 4:

(4)	Skades mønstre	Afvørge foranstaltning	Design løsning
Vand fra oven, neden og siden	Fyldte skotrender Fyldte skotrender UDFØRNING MED UNDERLAGET! Hvad bliver det ved overgangen?	SERVICE På Rørg Minimum begynde at skubbe ind	Byg et stærkt og solidt Hvad begynder
Brud på vandinstallation			

Gruppe 5:

(5)	Skades mønstre	Afvørge foranstaltning	Design løsning
Vand fra oven, neden og siden	- 1-TRINS - LØSNINGER - VIVEAU FRI ADGANG - VINDSPÆRRENS TÆTHED SKAL UNDERSØGES - KNUDEPUNKT: UNDERLAG SKAL FORLÆNGES FORLÆNGES	MANGLENDE ADGANG TIL VÆDRUM MEKANISK VENTILATION LILLE TAGHÆLNING	- TAG UDHÆNG - LØFT AF BYGNINGS- KROP - FØRST PLANLØSNINGEN: VÆDRUM LANGE YDEKANTER
Brud på vandinstallation	- SKJULTE RØRBRUD IKKE-UDSKIFTELIGE LILLE DRÆN		VISUEL TILGANG TIL INSTALLATIONER

Gruppe 6:

⑥	Skades mønstre	Afværge forensthaling	Design løsning
Vand fra oven, neden og siden	Arkitektens Føj Kontakt, vandafledning - Vindue / sølbank (S) - Skotrende - Drift → Højde, Afbøj, tagrender, Gutter. Opstignende fugt	- Tilbage trækker vandmasser? ← indtrængning af Løst plan (Højde, græs) Jordstærkt Løsgivning Løst, damp i bygning Opfølgelse på pæle/stene - Højere fundamenter Overdækninger	- Udførelse indbygges i projektet/indstilling - Indbygges, Løst, vand, omkring vandskærm / omgivelser - Løst planer, Højde
Brud på vandinstallation	Defekt udløst sprøjtefitting Korrekt materiale - Sammensætning (Galvanisering)	Trykprøvnings Indstiksmærker Materialekontrol Dokumentation (Foto) for udvælgelse / udfordigelse	

BILAG C WORKSHOP 3 FORMIDLING TIL BRANCHEN

14 WORKSHOP 3 FORMIDLING TIL BRANCHEN

Workshop 3 (11. juni 2024 kl. 13:00-16:00, AAU Cph)

14.1 Tema: Hvad kan vi formidle til branchen?

Det drøftes, hvordan branchen kan tage ansvar for/bidrage til at den indsamlede viden bringes ud til byggeriets parter. Det skal ses i lyset af, at forespørgsler hos styrelsen med ansvar for bygningsreglementet, hos FRI, hos Bygherreforeningen, hos DI Byggeri og hos Dansk Håndværk har peget på, at det er uklart, hvor meget den eksisterende vejledning om håndtering af fugt i byggeriet anvendes i praksis i byggeriet.

Oplægsholdere: Torben Valdbjørn Rasmussen, civilingeniør, ph.d., seniorforsker og Ernst de Place Hansen Civilingeniør, ph.d., seniorforsker, sektionsleder, begge fra BUILD – Institut for Byggeri, By og Miljø, Aalborg Universitet København.

Spørgsmål på workshop:

- Hvad skal der til at for at viden om fugt, i byggeriet i udførelsesfasen (byggefugt) og driftsfasen (vandskade), anvendes i praksis?
 - fx
 - Skal det være lovpligtigt at lave en fugtstrategi?
 - Skal branchen være drivende kraft i udbredelse og anvendelse af viden? Fx via medlemsarrangementer, organisationernes hjemmesider o.l.?
 - Skal fugtstrategi indgå i
 - uddannelse af håndværkere?
 - AMU-kurser?
 - uddannelse af arkitekter og ingeniører?
- Skal bygherre være drivende kraft ved fx at efterspørge planer for byggefugt og planer for vandskader i brugsfasen?
 - Hvis ja, hvordan kvalificerer bygherrer sig til den rolle?
- Hvilken formidlingsform er bedst egnet?

Program:

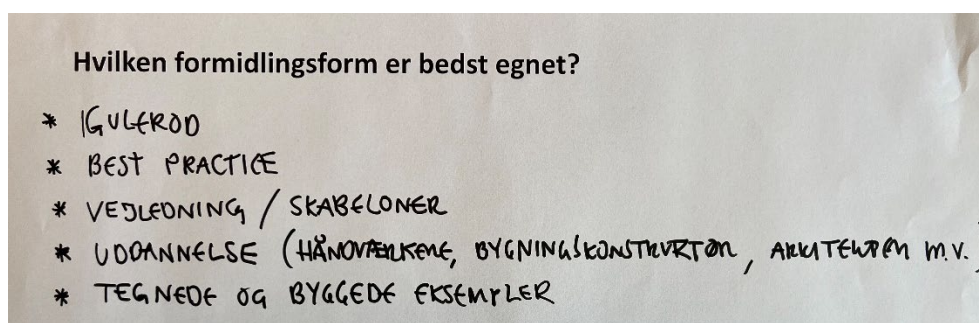
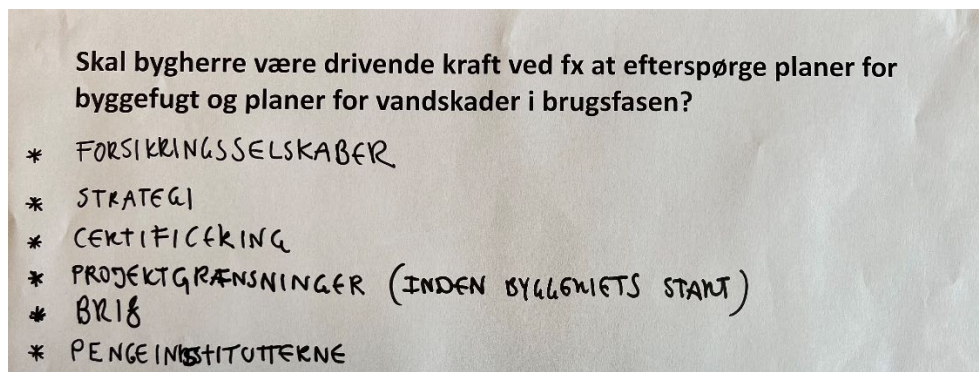
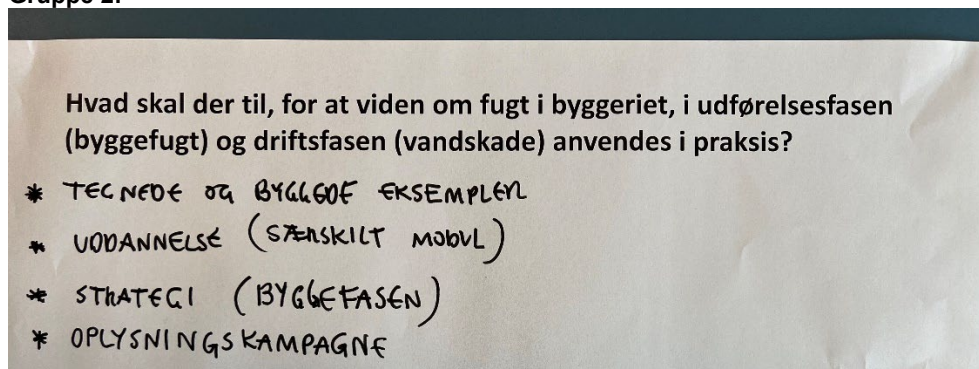
13:00	Velkomst, introduktion om projektet, og opsamling på de første to workshops v. Ernst Jan de Place Hansen.
13:10	Biobaserede materials fugttekniske egenskaber, v. Torben Valdbjørn Rasmussen.
13:30:	Rapportens formål og foreløbige indhold, v. Torben Valdbjørn Rasmussen
13:50	Introduktion til workshop.
14:00	PAUSE med kaffe og kage

14:15	Workshop om hvad der skal til for at viden om fugt i byggeri med biobaserede materialer i udførelsesfasen (byggefugt) og driftsfasen (vandskade), anvendes i praksis.
15:00	Præsentation af resultatet af gruppernes arbejde
15:55	Opsamling for dagen
16:00	Tak for i dag.

14.1.1 Resultat:

Workshoppen blev gennemført med 46 tilmeldte, hvoraf 24 deltog på dagen. De fremmødte blev inddelt i fire grupper (gruppe 2, 3, 5 og 6). For hver gruppe blev gruppens resultater samlet på tre plancher.

Gruppe 2:



Gruppe 3:

Hvad skal der til, for at viden om fugt i byggeriet, i udførelsesfasen (byggefugt) og driftsfasen (vandskade) anvendes i praksis?

- Let tilgængeligt
- Nemt at forstå
- Enkelt (keep it simple stupid)

- Holdningsændring
Videreguddannelse
i bygget

- Realistiske tidsplaner
mht. fugtviden

- Hotline til håndværkere

Skal bygherre være drivende kraft ved fx at efterspørge planer for byggefugt og planer for vandskader i brugsfasen?

- Incitament - for at undgå skader

- Fugtansvar (autorisation)

- Gennemgang af projekter inden udførelse

- Længere garanti

- Konsekvenser ved for hast udførelse

- KS

Hvilken formidlingsform er bedst egnet?

- Undervisning

- Efteruddannelse

- God formidling

- Afhænger af målgruppe

Gruppe 5:

Hvad skal der til, for at viden om fugt i byggeriet, i udførelsesfasen (byggefugt) og driftsfasen (vandskade) anvendes i praksis?

Tidlig Uddannelse

Skal bygherre være drivende kraft ved fx at efterspørge planer for byggefugt og planer for vandskader i brugsfasen?

Bygherre må
være mere
selvberedt om
hvornår de har
brug for rådgivning

Certificering af
udførende

Hvilken formidlingsform er bedst egnet?

Mere fokus på
det visuelle og
talte ord.

Gruppe 6:

Hvad skal der til, for at viden om fugt i byggeriet, i udførelsesfasen (byggefugt) og driftsfasen (vandskade) anvendes i praksis?

Oplysning

Uddannelse
(certificerings-
ordning)

6.

Skal bygherre være drivende kraft ved fx at efterspørge planer for byggefugt og planer for vandskader i brugsfasen?

Fugtstrategi i

BR

BH Skal stille
krav til strategi
og kontrol.

Hvilken formidlingsform er bedst egnet?

Formidling af
det gode
eksempel.

Uddannelse

Håndtering af fugt i byggeriet – Hvor der anvendes biobaserede materialer

Rapporten beskriver, hvordan fugt mest hensigtsmæssigt håndteres i byggeri, hvor biobaserede materialer indgår, med særlig fokus på byggefugt og fugt i forbindelse med vandskader i driftsfasen. Byggefugt er den fugt der tilføres og bygges ind i byggeriet frem til aflevering. Fugt i forbindelse med vandskader i driftsfasen stammer fra vandinstallationer og tilslutninger for indførsel og afledning af vand i en bygning.

Rapporten indeholder en liste over relevante informationskilder der er til rådighed og beskriver måder at sikre sig mod byggefugt under udførelse og håndtering af vandskader opstået i driftsfasen. Informationskilderne afdækker typiske årsager til og konsekvenser af byggefugt, både indbygget fugt og tilført fugt, og vandskader i bygninger med biobaserede materialer. Ligeledes angives grænseværdier for niveauer af byggefugt og for fugtniveauer efter vandskade, der skal give en god sikkerhed for at der ikke sker negativ påvirkning af biobaserede byggematerialer eller at skadesomfanget efter en vandskade reduceres. Yderligere angives hensigtsmæssige materialevalg og bygningsdesign som kan anvendes for at forbedre mulighederne for håndtering af byggefugt og vandskader i bygninger med biobaserede materialer. Rapporten belyser desuden processer og metoder til håndtering og udtørring af byggefugt og til at opdage, omfangsbestemme og udbedre en opstået vandskade i en bygning med biobaserede materialer, herunder afværgeforanstaltninger og foranstaltninger for genoprettelse.

Projektet er gennemført med økonomisk støtte fra Social- og Boligstyrelsen, Kontor for bæredygtighed, Center for byggeri.