De Biobaserede Byggevejledninger

Inden for de præ-accepterede løsninger i BR18-Kap.5 Bilag 1a

CFBB



HALM Element

... suppleret med materialer fra leverandør til landsdækkende trælastkæde

De Biobaserede Byggevejledninger

HALM - elemet ...suppleret med materialer fra leverandør til landsdækkende trælastkæde

Udgivet af
Center for Bæredygtig Byggevejledning

De Biobaserede Byggevejledninger ©
HALM - element ...suppleret med materialer fra leverandør til landsdækkende trælastkæde

1.udgave. 5.dec.2025 . København

Forfatter	David Rangan
Tegninger	Jonas Aarsø, Agit Coskun, David Rangan
Rådgivning	Jonas Aarsø , Kristoffer Negendahl, Kenneth Stærkjær, Lasse Trude Walther, Max Vittrup Jensen, Mette Høj
Udvikling	Lars Keller, Anders Damgaard Sejersen, Simon Sjøgaard, Samuel Møller Mydland, Morten Lind, Johnny Vind, Rune Nissen, Jonas Aarsø, Anders Tønsberg Petersen, David Rangan
Grafik	Gustav Zeuthen, Henriette Lamm, David Rangan, Nylan Nelemans

Dette er en del af fire udgivelser i projektet *”De Biobaserede Byggevejledninger”*

Projektet er udført i samarbejde mellem: Foreningen-LINX, Center for Biobaseret Byggevejledning og nikolova/aarsø

Støttet af Realdania



1. Ophavsret

1.1. © 2025 Center for Biobaseret Byggevejledning (CfBB). Alle rettigheder forbeholdes.

1.2. Materialet er beskyttet i henhold til ophavsretsloven. Det må ikke kopieres, distribueres, offentliggøres digitalt eller anvendes kommercielt uden forudgående skriftlig tilladelse fra CfBB.

1.3. Korte citater, billeder og figurer må anvendes til undervisning og ikke-kommerciel faglig formidling i overensstemmelse med ophavsretslovens § 22, forudsat at der gives tydelig kildeangivelse.

1.4. Al anden brug – herunder systematisk kopiering, digital deling, trykning eller indarbejdelse i nye produkter eller publikationer – kræver skriftlig tilladelse fra CfBB.

2. Ansvarsfraskrivelse

2.1. Denne vejledning er udarbejdet som generel information og inspiration om biobaserede byggemetoder. Den udgør ikke teknisk rådgivning, projektering eller myndighedsgodkendelse.

2.2. Indholdet er baseret på bedste viden og gældende standarder ved udgivelsestidspunktet. Brugeren er ansvarlig for, at konkrete projekter opfylder gældende lovgivning, standarder og producentanvisninger.

2.3. Enhver anvendelse af materialet sker på brugerens eget ansvar. CfBB og medvirkende parter fraskriver sig ethvert ansvar for direkte eller indirekte tab, skader, følgeskader, driftsstop eller andre konsekvenser som følge af brugen af materialet.

2.4. For produktgarantier henvises til den enkelte leverandør, som alene er ansvarlig for egne betingelser og anvendelsen af materialet.

Indholdsfortegnelse

5 Det kan du med De Biobaserede Byggevejledninger
6 Enfamiliehus-typologi (CfBB typologi)
7 Hvorfor lige sådan?
8 Sådan kan du bruge De Biobaserede Byggevejledninger

Ydervæg (side 8–13)
8 Ydervæg med vindue
9 Grundopbygning af ydervæg
10–11 Ydervæg tegning
12–13 Vindue tegninger

Tag (side 14–21)
14-15 Tag – undertag og isolering
16-17 Tagfod tegning
18-19 Tagryg tegning
20-21 Skotrende

Inde i huset (side 22–27)
22-23 Etagedæk, skillevæg og vådrum
24-25 Etagedæk tegning
26-27 Skillevæg/Vådrum tegning

Fundament og bærende skillevæg (side 28–31)
28-29 Hævede terrændæk bærende skillevægge
30- 31 Fundament tegninger
32-33 Bærende skillevæg – snit

Brandskel og sammenbygning (side 34–37)
34- 35 Hvor skal brandskel udføres?
36-37 Brandskel tegning

Tankerne bag DBB (side 38–53)
38 Hvad er tankerne bag DBB?
39-40 Hvad skal du tænke på, når du planlægger?
41-42 Hvordan understøttes bæredygtig udvikling?
43 Brand – Bygningsdele med brandmodstandsevne R30
44 Brand – Overfladekrav og brandinddækning
45–46 Fugt – Krav og strategi
47–48 Fugt – Risikovurdering (innovation og fugtvurderinger)
49–50 Holdbarhed (statik, materialer, ventilation, beskyttelse)
51 Energiløsninger
52 LCA – Følger europæisk standard og BR18
53 LCA estimat og Isoleringstykkelser

Materialeliste
54-55

Litteraturliste
56–57

Det kan du med

De Biobaserede Byggevejledninger

Hvad er De Biobaserede Byggevejledninger ?

De Biobaserede Byggevejledninger (DBB) beskriver principielle biobaserede konstruktioner. De beskriver også andre konstruktioner, der med lav klimapåvirkning kan understøtte biobaserede byggemetoder inden for BR18 kapitel 5, bilag 1a. Center for Biobaseret Byggevejledning (CfBB) og centerets specialistteam udgiver vejledningerne. Der indgår en del fagudtryk i vejledningerne. Langt de fleste bliver løbende forklaret i infobokse.

Forholdet til alment teknisk fælleseje
DBB er vores bedste forslag til principielle biobaserede konstruktioner inden for den definerede hustypologi. Udgivelsen forholder sig til krav som brand, fugt og holdbarhed m.m. og kommer med forslag til, hvordan validering kan udføres i forhold til udgivet alment teknisk fælleseje. Se vores litteraturliste.

DBB som inspiration
De Biobaserede Byggevejledninger er inspiration. Vi foreslår specifikke konstruktioner og viser, hvordan man kan validere dem. Vi påtager os ikke ansvar eller garanti for konkrete byggeprojekter, der bruger vores vejledninger som udgangspunkt.

Parallelle udgivelser med leverandørgaranti
Leverandører af biobaserede byggematerialer i DBB udgiver deres egne leverandørbyggevejledninger med produktgaranti. Du finder disse på CfBB's hjemmeside, hvor du også finder både vores og andre leverandørers publikationer. www.cfbb.dk

Det bedste, vi kan nu
Konstruktionerne i denne vejledning er udviklet i et helhedsorienteret samarbejde med virksomhederne EcoCocon, Wennerth Wood og deres netværk. De er et udtryk for de bedst tænkelige løsninger, med den viden og erfaring vi har nu.

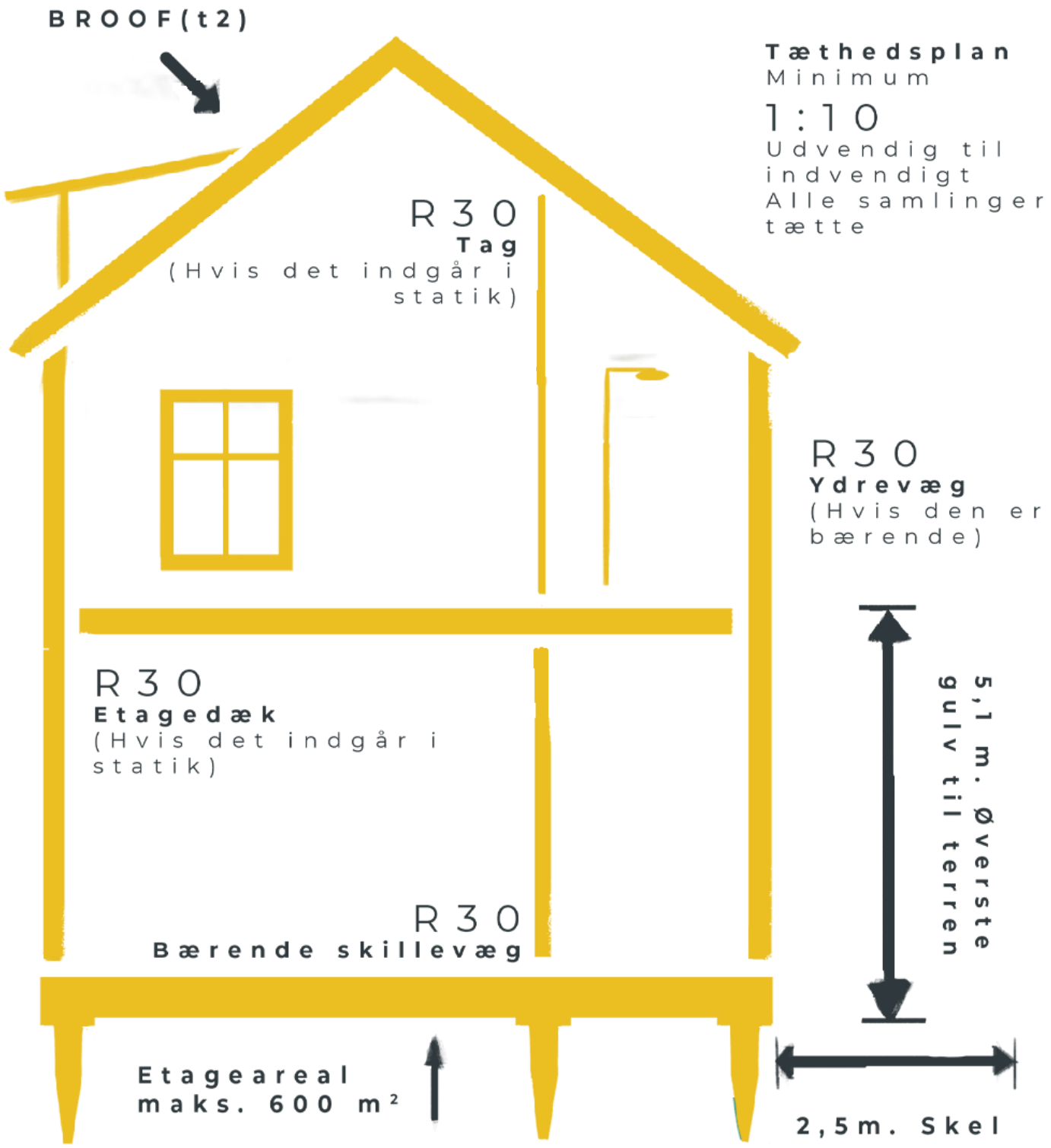
Tilpas til dit projekt
Læseren kan tilpasse og videreudvikle principperne til konkrete projekter. Vejledningen beskriver de væsentlige overvejelser, så de kan indgå direkte i det videre arbejde. Følg altid producenternes egne montagevejledninger.

Du kan mere, end vi har beskrevet
Der findes flere muligheder for at bygge biobaseret inden for de præaccepterede løsninger. Vi har fravalgt nogle af dem. I sidste afsnit kan du læse vores overvejelser.
Du kan også bygge på andre måder inden for denne typologi, end de præaccepterede løsninger foreskriver. I sådanne tilfælde skal en brandrådgiver udføre den projektspecifikke vurdering.
Det er desuden muligt at bygge med biobaserede materialer i andre bygningstypologier. Det beskrives i de tilhørende bilag til bygningsreglementet.

Vil du med?
Hvis du kender materialer, der kan indgå i konstruktionerne, så kontakt os. Vi vurderer gerne, hvordan de kan optages i byggevejledningen.

Hustypologi
Hustypologi beskriver de krav i bygningsreglementet, der afhænger af bygningens anvendelse og størrelse. Kravene påvirker de konstruktive muligheder, som byggevejledningen skal forholde sig til. Denne vejledning er udviklet til én hustype og giver et overblik over de relevante krav og biobaserede løsninger.

Enfamiliehus-typologi
De biobaserede Byggevejledninger



CfBB Enfamiliehus Typologi

CfBB's enfamiliehustypologi beskriver den ramme, vi har udviklet byggevejledningerne til. Typologien holder sig inden for de præaccepterede løsninger i BR18 kapitel 5, bilag 1a, men med enkelte strategiske fravalg.
Typologien omfatter:

- Fritliggende og sammenbyggede enfamiliehuse og fritidshuse samt tilbygninger i brandklasse 1
- Kun bygninger med tagmateriale i klasse Broof (t2)
- Højeste gulvniveau op til 5,1 m og maksimalt 2 etager over terræn
- Kun lodrette boligskel
- Et samlet etageareal på maksimalt 600 m²
- Mulighed for liberalt erhverv og sammenbygning med andet erhverv i brandklasse 1
- Mulighed for integreret garage eller værksted

Hvorfor lige sådan?

Formål og overvejelser
Formålet med De Biobaserede Byggevejledninger (DBB) er at give små og mellemstore byggevirksomheder, tegnestuer, rådgivere, trælaster og uddannelsesinstitutioner et fælles redskab til planlægning af biobaserede byggeprojekter. Materialeleverandørerne udgiver parallelt deres egne byggevejledninger med produktgaranti. De beskriver næsten det samme, men begrænser sig til leverandørens materialer. DBB fungerer derfor som tværfagligt kommunikationsmedie for hele byggebranchen, til sammen at bygge biobaseret.

Overvejelser om hustypologi
Byggevejledningerne tager udgangspunkt i hustypologien CfBB enfamiliehus. Undersøgelser viser, at denne typologi har størst gennemslagskraft i hele byggebranchen.

Overvejelser
- Størstedelen af eksisterende og kommende bruttoetageareal ligger inden for denne typologi.
- Erhvervsuddannelsernes pensum dækker primært konstruktioner i samme typologi.
- Håndværkere og små tegnestuer træffer flest beslutninger i projekter, der falder inden for denne ramme.
- Typologien gør det lovgivningsmæssigt lettere at bruge en høj andel biobaserede materialer.
- Den holder sig inden for de præaccepterede løsninger i BR18 kapitel 5, bilag 1a.
- Projekter kan placeres i brandklasse 1, så en brandrådgiver ikke nødvendigvis skal inddrages.
- Fugtanvendelsesklasse 3 (ukendt beboersammensætning) gør det muligt at udleje boligen uden problemer med forsikringsdækning.

Valg og fravalg vedrørende brand
Brandklasse 1 uden brandsektionsopdeling
Valget af brandklasse 1 fravælger bygninger over 600 m² etageareal og rækkehusprojekter over 1.200 m², hvor der ville være krav om brandsektioner. Unikke projekter, der kræver specifik brandprøvning, indgår heller ikke. Logikken er, at byggevejledningerne skal give konkrete eksempler på konstruktioner, der kan anvendes mest muligt inden for præaccepterede løsninger. Dette sker generelt uden behov for en brandrådgiver i hvert projekt. Ved større projekter tilknyttes der alligevel ofte en brandrådgiver.

Ingen stråtag men BROOF(t2)
Valget af tagklassifikation BROOF(t2) udelukker f.eks. stråtage og ålegræstage. Disse tagtyper kræver på nuværende tidspunkt mineralsk isolering i alle bygningsdele, når man følger de præaccepterede løsninger. Vi ser frem til at udarbejde en særskilt byggevejledning til huse med stråtag. Den mangler.

Gulvniveau og bygningens højde
Typologien omfatter huse med maksimalt to etager over terræn, hvor øverste etagedæk ligger højst 5,1 m over terræn. Hvis man ønsker tre etager, skal nederste gulv ligge delvist under terræn. Huse med højere gulvniveau giver færre muligheder for biobaserede materialer og behandles i en kommende vejledning til denne hustypologi.

Lodrette boligskel
Kun lodrette boligskel indgår. Hvert boligskel er en brandcelleadskillende bygningsdel, hvilket skærper kravene til de tilstødende konstruktioner. Skrå eller vandrette boligskel behandles i en fremtidig vejledning til denne hustype.

Fugt
Fugtanvendelsesklasse 3 er valgt for at sikre muligheden for udlejning. Denne fugtanvendelsesklasse kaldes ubekendt beboersammensætning og svarer cirka til to teenagere på et værelse, hvor der ikke bliver luftet ud. Det er ofte den robusthed, forsikringsselskaberne kræver ved forsikring af en ejendom, der bliver lejet ud. Det har ikke væsentligt begrænset konstruktionernes udformning i vores arbejde, at vi anvender denne fugtanvendelsesklasse.

Sådan bruger du

De Biobaserede Byggevejledninger

På de næste sider viser vi principielle konstruktioner og vores bedste løsningsforslag til, hvordan man i dag kan bygge med biobaserede materialer. Vi beskriver også de lovkrav, der gælder, og de faglige valg, vi har truffet under udviklingen.
Formålet er, at du både kan bruge dem som de er men og tilpasse og videreudvikle konstruktionerne, så de passer til dit projekt – og stadig kan valideres i forhold til alment teknisk fælleseje.

Ydervæg med vinduer

Grundopbygning af ydervæg

Den bærende ydervæg består af halmelementer med presset halm i rammer af regeltræ som stolper samt remme af krydsfiner i top og bund.
Producenten kan afstive hvert element med halvregler under produktionen. Flere halmelementer kan sammenbygges til større, sammensatte elementer. Disse elementer kan indeholde monteringslister i bunden for at lette montagen. Halmelementerne kan også monteres uden monteringslister, hvor de placeres direkte på dækket. Væggene forankres og vindafstives med gevindstænger og/eller vindbånd.

Afdækning under byggeprocessen og tæthedsplan

Under opsætningen af halmelementerne, monteres en diffusionsåben vindspærrefolie på toppen og ydersiden af halmelementerne. Folien fastgøres med 6 mm klemlister. På indersiden monteres en foliedampbremse på samme måde. Denne opbygning beskytter halmelementerne mod regn under byggeprocessen og indgår samtidig i den endelige tæthedsløsning. Vindspærrefolien kan udelades, hvis vindgipsen opsættes umiddelbart efter, eller der etableres anden vejrsikring.

Indvendig opbygning

Indvendigt etableres et installationslag med 45 × 45 mm halvregler og en træfibermåtte i brandklasse ringere end D-s1,d2. Som færdig indervæg monteres en 12,5 mm fibergipsplade. Da isoleringen har brandklasse ringere end D-s1,d2, skal konstruktionen brandinddækkes (Bilag 1a, afsnit 4.11.3). Dette opnås ved at bruge fibergips, som i test med uspecificeret træfiberisolering ringere end D-s1,d0 har opnået K1 10-A1 (se bilag).
Ydervæggen dimensioneres som en R30-konstruktion. Dette sker dels gennem halmelementets egen brandydelse som R30 (se bilag), dels gennem brandbeskyttelsen fra vindgips og fibergips (Bilag 1a, afsnit 4.11.3.2).
Da ydervæggen er klassificeret som R30, må elinstallationer ikke forringe overfladens brandegenskaber (Bilag 1a, afsnit 3.2.1 og 4.10.1). Derfor anbefales brandsikring af elinstallationer med små brikker eller brandsikrings el-dåser (ETA-Danmark 2019). Fugtsikring opnås ved at forbinde terrændækkets dampspærre med væggens dampspærre med en fuge.
Som færdig overflade anbefales et 2–3 mm lerspartellag med mulighed for afsluttende lermaling. I vådrum udføres et godkendt vådrumssystem direkte på fibergipsen efter producentens anvisninger.

Hvorfor en ekstra vindspærre?

En vindgipsplade ville i princippet være nok til at vindtætne halmkonstruktionen. Men fordi halmisoleringen har en lavere brandklasse end D-s2,d2, skal halmen inddækkes i en K1-10 B-s1,d0-løsning eller en EI30. Det kan opnås med to lag 9 mm vindgips.
En vindspærre placeres under vindgipsen som en del af vejrligssikringen. Halmen skal holdes tør under hele byggeprocessen, og derfor monteres en vandtæt vindspærre straks på ydersiden af halmelementet. På indersiden monteres en dampbremse som tilsvarende vejrligssikring.
En 6 mm liste holder membranerne fast. Listen skaber i praksis ikke et hulrum, fordi halmen typisk stikker cirka 6 mm ud over trærammen og udfylder rummet.
Foliebaseret vindspærre kan udelades, hvis der anvendes andre former for vejrligssikring.
En én-lags løsning kan opnås med en fibergipsplade, men pladen skal vejrafdækkes eller beklædes med det samme.

Vinduer og yderdøre
Vindues- og døråbninger udføres i halmelementerne med en monteringsplads på 25 mm i overside og sider samt 40 mm i underside. Vinduer og døre leveres med lysningsnot på indersiden og monteres, så glassets yderste kant ligger inden for isoleringsplanet. Det reducerer risikoen for indvendig kondens . Dampspærren føres fra væggens inderside til rammens indvendige not, hvor den tætnes med tape eller fuge.

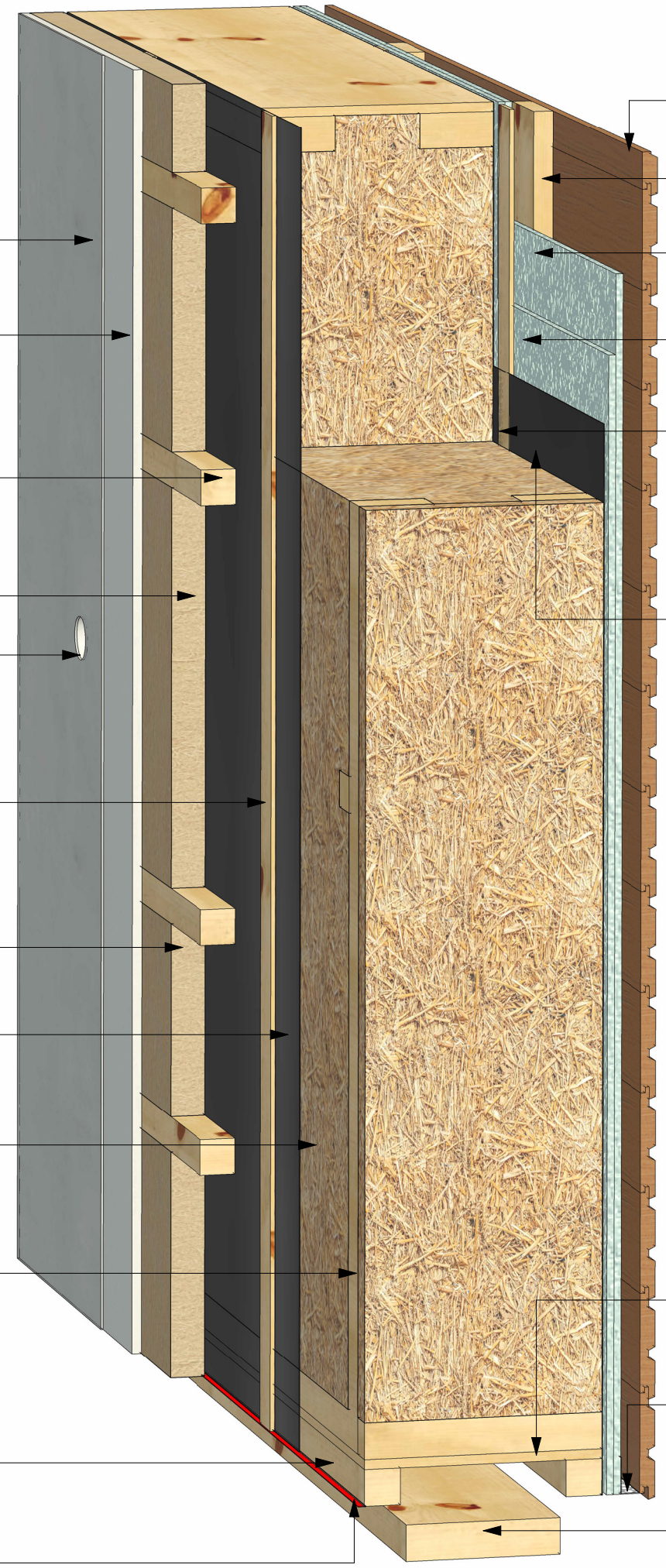
Brandinddækning
Inden montering udføres brandinddækning på begge sider af dampspærren. Brandinddækningen udføres med 9 mm gibsplade eller bedre og føres hele vejen rundt om åbningen, så vinduet eller døren er beskyttet fra yder- til inderside (Bilag 1a 4.11.3.2–4.11.3.5).

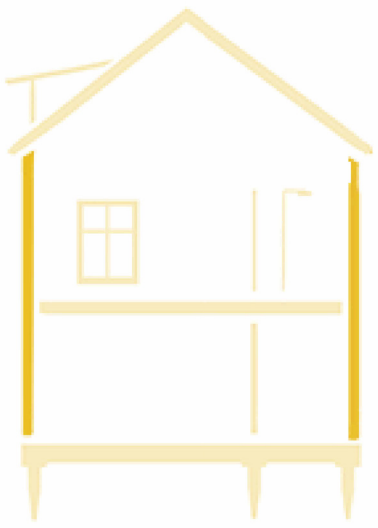
Udvendig sålbænk og inddækning
På ydersiden etableres sålbænk af metalprofil eller diffusionsåben tape. Oven på denne udføres en træsålbænk med hældning 13–15°, som beskrevet i TRÆ 56 (Munch-Andersen 2024). Rundt om vinduet monteres træinddækning med en diffusionsåben fuge på 12 mm mellem inddækning og karm. Udvendige løsninger følger principperne for konstruktiv træbeskyttelse.

Indvendig lysning og isolering
Indvendige lysninger udføres efter eget ønske. Hulrum isoleres med stopværk i mindst brandklasse D-s2,d2. Her anvendes hampefibermåtte i denne klasse og i vores tilfælde afsluttet med fyrtræskrydsfiner af høj kvalitet, klassificeret K1 10 D-s2,d2 i en EU-kommissionsbeslutning (European Commission 2014). Denne løsning fungerer fordi at materialerne er gennemgående klasse D-s2, d2 og fordi at væggens brandinddækning ligger bagved. Brandinddækningen udføres i fibergips eller anden min. 9 mm. gibsplade direkte på halmelementets krydsfinerplade. Dampbremsen føres ind under lysningens brandinddækning og frem til vinduet, hvor den tætnes med tape eller fuge (se afsnit om dampspærre).

Nye prøveresultater med fibergibs

Nye prøveresultater med fibergibs Der sker meget i denne periode, og der er netop offentliggjort nye brandprøver. Resultaterne er nu indarbejdet i konstruktionerne, og den tilhørende dokumentation er vedlagt. Prøverne viser følgende: 12,5 mm fibergips opnår på et valgfrit underlag af isolering af cellulose eller træfiber klassifikationen K1 10 B s1 d0 eller bedre.(DBI 2025)





Halm

Ydervæg

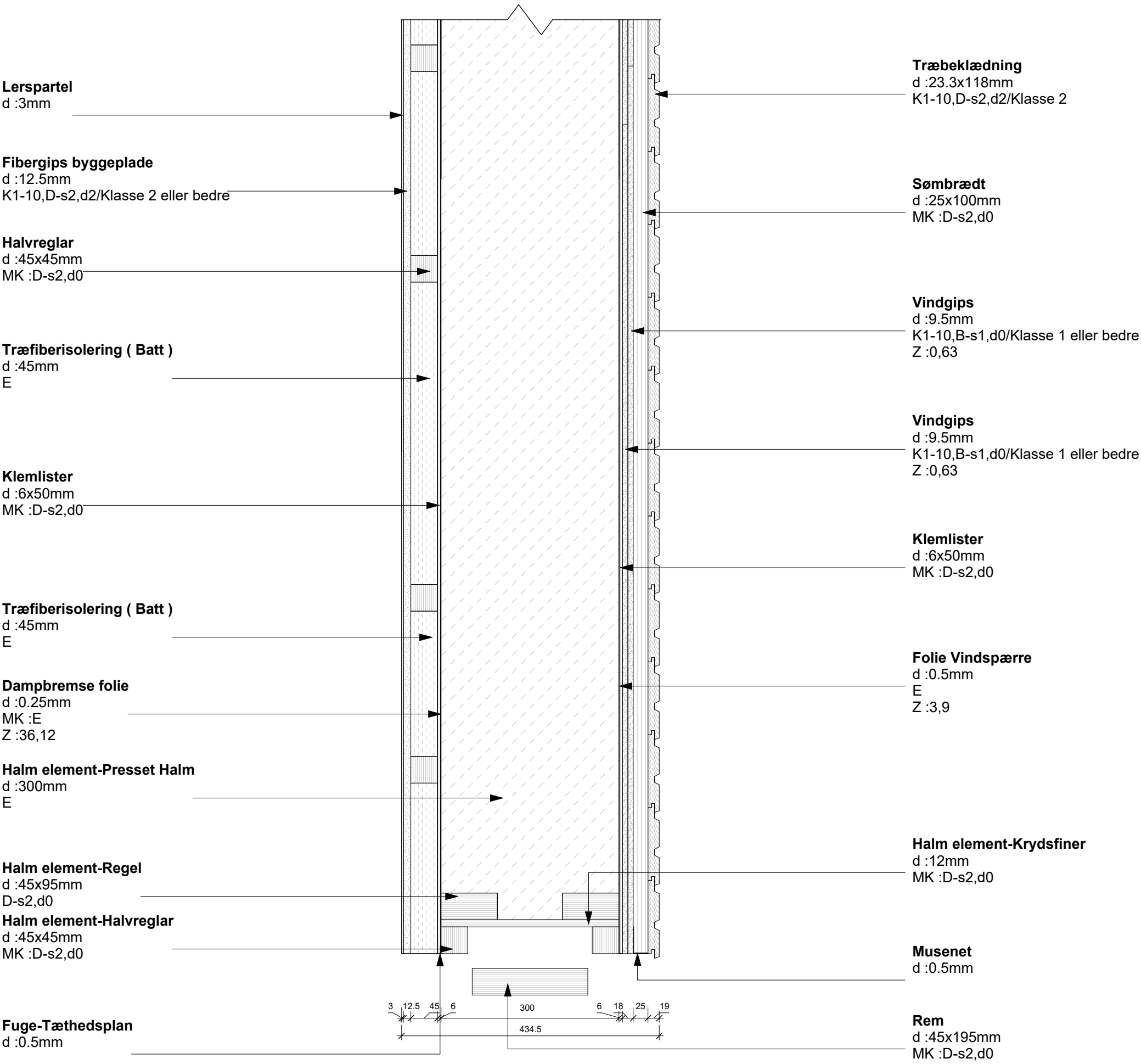
DIMENSION OG PRÆSTATION

Den viste konstruktion er mellemvarianten og fremhævet i skemaet. Lav og Høj er beregnede variationer med mindre eller større isoleringstykkelse. Værdierne omfatter A1–A3, B4(B6),C3–C4 efter BR18. Derudover er A4–A5 beregnet med 10 % spild og vist med grå skrift. (SH) markere sommerhuskrav

	Lav(SH)	Mellem	Høj
Iso. Dim. (mm)	220	345	545
U-værdi (W/(m²·K))	0.25	0.17	0.11
Kon. Dim. (mm)	305.1	430.1	630
LCA (kg CO2e)	20.4	26.3 A4+A5 10.3	35.8

PRAKTISK INFO

Bærende konstruktion
Ydervæggen består af halmelementer med presset halm i rammer af regeltræ med stolper og remme af krydsfiner i top og bund. Elementerne afstives af producenten med halvregler. Flere elementer kan sammenbygges, eventuelt med monteringslister. Halmelementer kan også monteres direkte på dækket. Forankring og vindafstivning udføres med gevindstænger og/eller vindbånd.
Tæthed og afdækning
Under montage opsættes en diffusionsåben vindspærrefolie på ydersiden og toppen af elementerne. Den fastgøres med 6 mm klemlister. Indvendigt monteres foliedampbremse på samme måde. Folierne beskytter mod regn og indgår i tæthedsløsningen. Vindspærrefolie kan udelades, hvis vindgips opsættes straks.
Indvendig opbygning
Installationslaget bygges med 45 × 45 mm halvregler og træfibermåtte i brandklasse ringere end D-s1,d2. Indervæggen afsluttes med 12,5 mm fibergips. Da isoleringen ligger under D-s1,d2, kræver konstruktionen brandinddækning (Bilag 1a: 4.11.3). Test viser, at fibergips kan opnå K1 10-A1 med uspecificeret træfiberisolering.
Brand og installationer
Ydervæggen dimensioneres som R30, baseret på halmelementets egen brandydelse og beskyttelsen fra vindgips og fibergips (Bilag 1a: 4.11.3.2). Elinstallationer må ikke forringe brandmodstanden (Bilag 1a: 3.2.1 og 4.10.1). Brandsikring udføres med brikker eller godkendte dåser (ETA-Danmark 2019). Terrændækkets dampspærre forbindes med væggens med en fuge.
Overflader
Færdig overflade udføres med 2–3 mm lerspartel og eventuelt lermaling. I vådrum anvendes godkendt vådrumssystem direkte på fibergips.



BRANDKRAV

Brandinddækning af isolering
Isolering ringere end D-s2,d2 skal have fuld brandinddækning (Bilag 1a: 4.11.3). Det gør det muligt at bruge alle isoleringstyper i vægge, også halm, når de indbygges korrekt (Bilag 1a: 4.11.3.2).

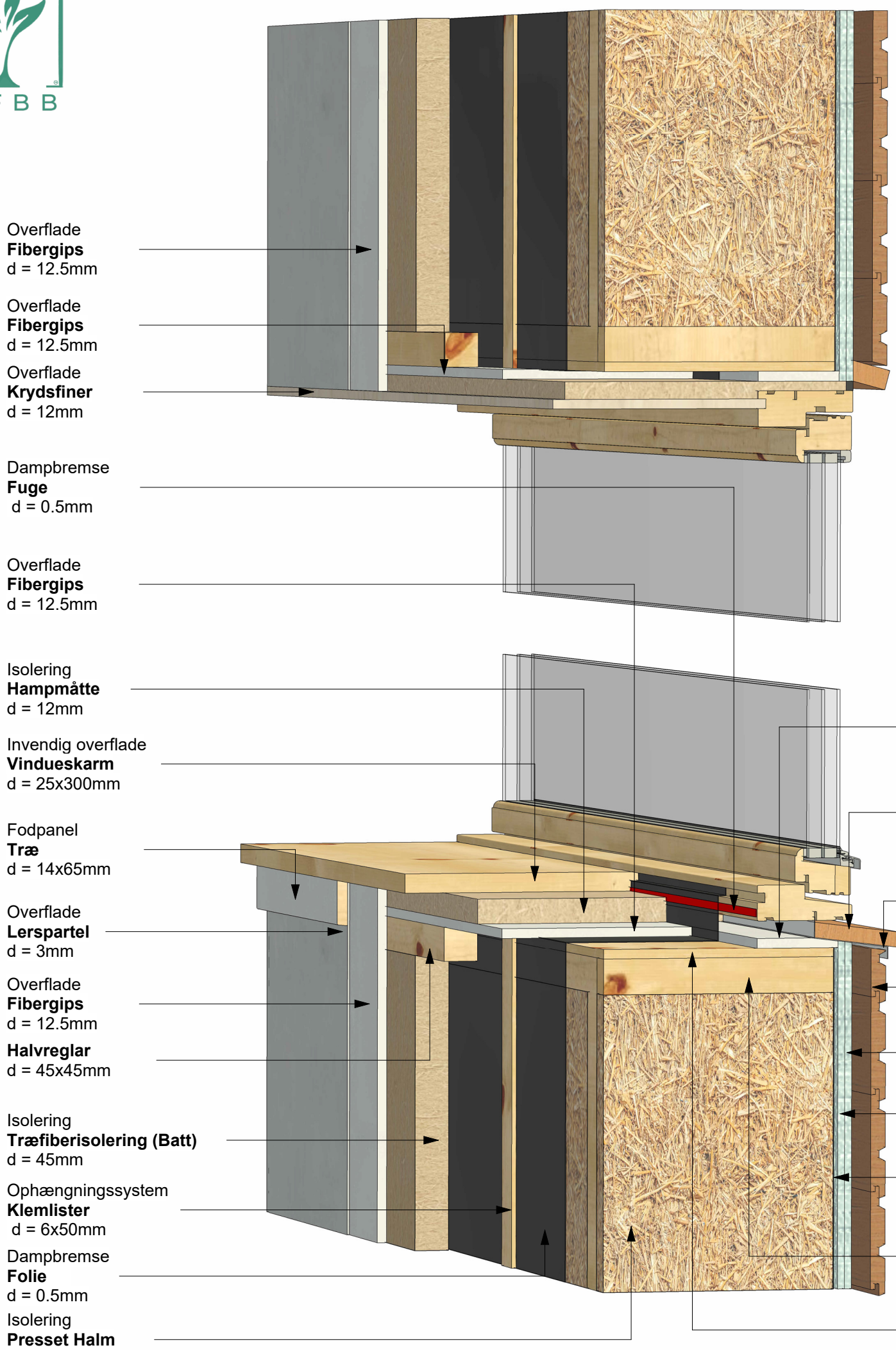
Beklædning med fibergibs
Ny produkt specifik prøvning muliggør at fibergibs kan anvendes som K1-10 B-s1-d0 eller bedre beklædning direkte på træfiber- eller papiruldsisolering i både måtte- og indblæst form. Løsningen opfylder overfladekravet og giver fuld brandinddækning af isolering ringere end D-s2, d2 i vægge, dæk, skillevægge og loft under tag (Bilag 1a: 4.11.3). Se Bilag

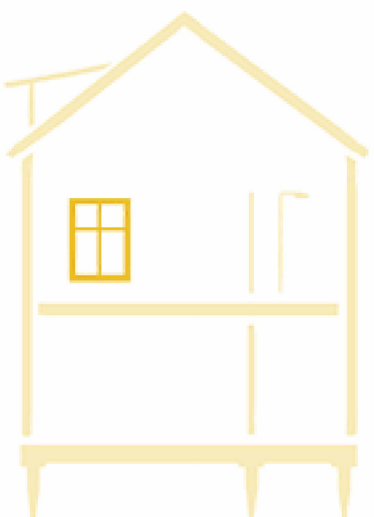
FUGT

Dampbremsen i denne konstruktion har en Z-værdi under ca. 50 MN·s/g. Derfor kan 1:10-reglen ikke anvendes i henhold til gængse anvisninger, og konstruktionen skal i stedet valideres med en fugtrisikovurdering. Det har vi gjort ved at anvende metoden ”Den trinvise fugtrisikovurdering”, som beskrevet i denne vejledning. På baggrund af denne vurdering er alle konstruktionerne fundet anvendelige uden anmærkninger.

MONTERING

Bærende konstruktion
Halmelementerne består af presset halm i trærammer med stolper og krydsfinerremme. Producenten afstiver hvert element. Elementerne kan samles til større moduler og leveres evt. med monteringslister. Alternativt sættes de direkte på dækket. Forankring udføres med gevindstænger og/eller vindbånd.
Afdækning og tæthed
Under montagen monteres en diffusionsåben vindspærrefolie på yderside og top og fastgøres med 6 mm klemlister. Indvendigt monteres en foliedampbremse på samme måde. Folierne beskytter mod regn og fungerer som tæthedsplan. Vindspærrefolie kan undlades, hvis vindgips monteres med det samme.
Indvendig opbygning
Installationslaget bygges med 45 × 45 mm halvregler og træfibermåtte. Den færdige indervæg beklædes med 12,5 mm fibergips, som udgør den nødvendige brandinddækning. Konstruktionen er dimensioneret til R30 gennem halmelementets brandydelse samt vindgips og fibergips.
El og fugt
Elinstallationer monteres uden at bryde brandlaget. Brug små brandsikringsbrikker eller godkendte dåser. Dampspærren fra terrændækket forbindes tæt til væggens dampspærre med en fuge.
Overflader
Som finish anvendes 2–3 mm lerspartel og evt. lermaling. I vådrum monteres et godkendt vådrumssystem direkte på fibergips efter producentens anvisninger.





Halm

Vinduer og Ydervæg

DIMENSION OG PRÆSTATION

Den viste konstruktion er mellemvarianten og fremhævet i skemaet. Lav og Høj er beregnede variationer med mindre eller større isoleringstykkelse. Værdierne omfatter A1–A3, B4(B6),C3–C4 efter BR18. Derudover er A4–A5 beregnet med 10 % spild og vist med grå skrift. (SH) markere sommerhuskrav

	Lav(SH)	Mellem	Høj
Iso. Dim. (mm)	220	345	545
U-værdi (W/(m²·K))	0.25	0.17	0.11
Kon. Dim. (mm)	305.1	430.1	630
LCA (kg CO2e)	20.4	26.3 A4+A5 10.3	35.8

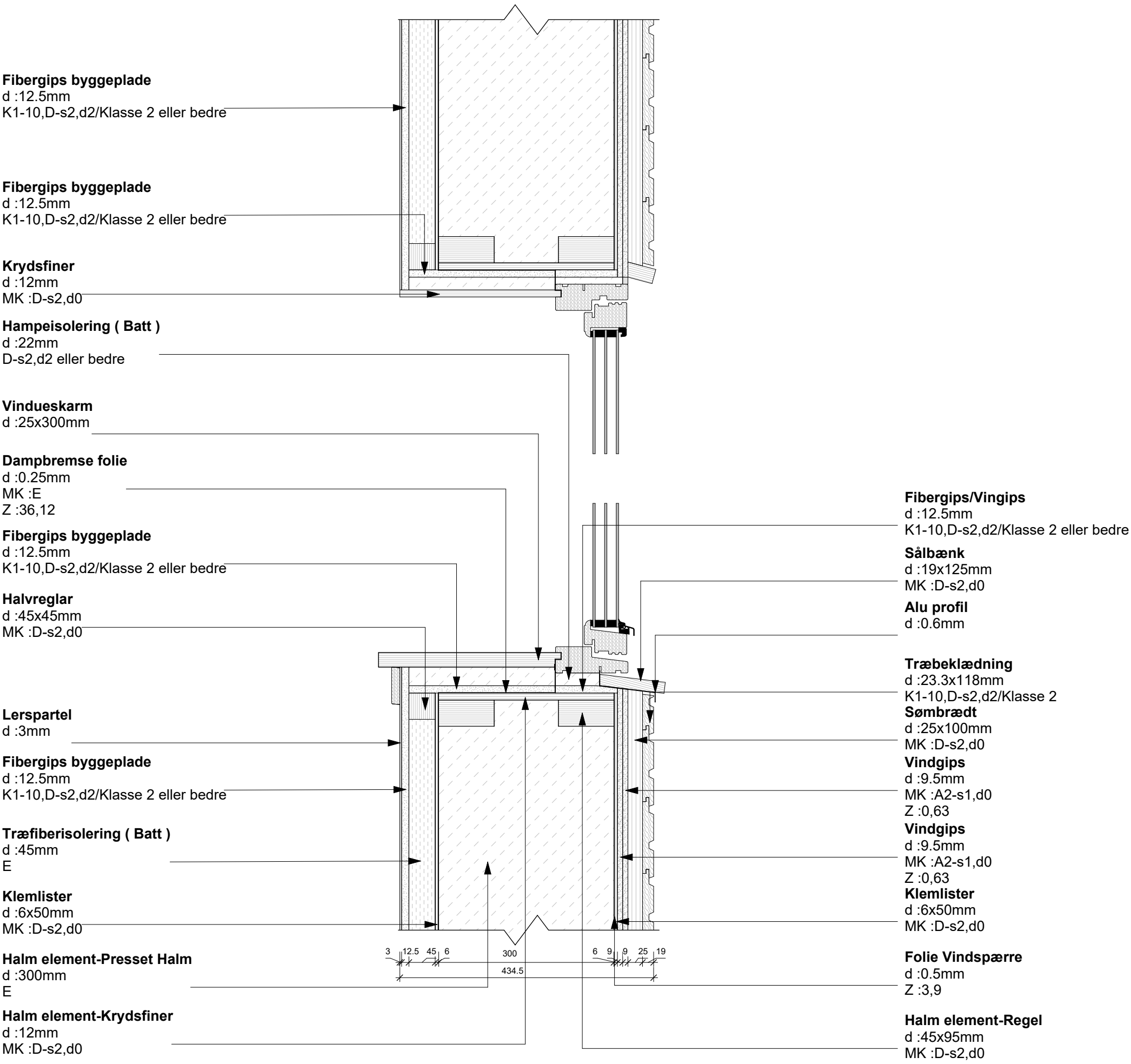
PRAKTISK INFO

Vindues- og døråbninger
Vindues- og døråbninger udføres i halmelementer med 25 mm monteringsplads i sider og overside samt 40 mm i underside. Vinduer og døre leveres med lysningsnot på indersiden og placeres, så glasplanet ligger inden for isoleringsplanet for at reducere risiko for kondens. Dampspærren føres fra væggens inderside til rammens indvendige not og tætnes med tape eller fuge.

Brandinddækning
Inden montering udføres brandinddækning med 12,5 mm fibergips hele vejen rundt om åbningen på begge sider af dampspærren. Inddækningen beskytter træ og isolering mod brand og opfylder kravene i Bilag 1a: 4.11.3.2-4.11.3.5.

Udvendig sålbænk og inddækning
Udvendigt etableres en metalprofil eller diffusionsåben tape som sålbænk. Ovenpå monteres en træsålbænk med 13–15° hældning efter principperne i TRÆ 56 (Munch-Andersen 2024). Rundt om vinduet monteres træinddækning, og der holdes en diffusionsåben fuge på 12 mm mellem karm og inddækning. Alle løsninger følger konstruktiv træbeskyttelse.

Indvendig lysning og isolering
Indvendige lysninger udføres efter behov. Hulrum isoleres med stopværk i mindst klasse D-s2,d2; her anvendes hampefibermåtte. Lysningen afsluttes med krydsfiner i K1 10 D-s2,d2, som dokumenteret i EU-kommissionsbeslutning (European Commission 2014). Bagved ligger brandinddækningen af fibergips. Dampbremsen føres ind under lysningen og tætnes ved karmen (se afsnit om dampspærre).



BRANDKRAV

Brandinddækning af isolering
Isolering ringere end D-s2,d2 skal have fuld brandinddækning (Bilag 1a: 4.11.3). Det gør det muligt at bruge alle isoleringstyper i vægge, også halm, når de indbygges korrekt (Bilag 1a: 4.11.3.2).

Beklædning med fibergibs
Ny produkt specifik prøvning muliggør at fibergibs kan anvendes som K1-10 B-s1-d0 eller bedre beklædning direkte på træfiber- eller papiruldsisolering i både måtte- og indblæst form. Løsningen opfylder overfladekravet og giver fuld brandinddækning af isolering ringere end D-s2, d2 i vægge, dæk, skillevægge og loft under tag (Bilag 1a: 4.11.3). Se Bilag

FUGT

Dampbremsen i denne konstruktion har en Z-værdi under ca. 50 MN·s/g. Derfor kan 1:10-reglen ikke anvendes i henhold til gængse anvisninger, og konstruktionen skal i stedet valideres med en fugtrisikovurdering. Det har vi gjort ved at anvende metoden ”Den trinvise fugtrisikovurdering”, som beskrevet i denne vejledning. På baggrund af denne vurdering er alle konstruktionerne fundet anvendelige uden anmærkninger.

MONTERING

Vindues- og døråbninger udføres med 25 mm monteringsplads i sider og overside og 40 mm i underside. Placér vinduet, så glasplanet ligger inden for isoleringsplanet for at undgå kuldeindtrængning og kondens. Før dampspærren fra væggens inderside til rammens indvendige not og tæt med tape eller fuge.

Brandinddækning
Før montering beklædes åbningen hele vejen rundt med 12,5 mm fibergips på begge sider af dampspærren. Beklædningen beskytter træ og isolering og danner en ubrudt brandinddækning.

Udvendig sålbænk og inddækning
Montér metalprofil eller diffusionsåben tape som underste sålbænk. Byg en træsålbænk ovenpå med hældning 13–15°. Tilpas de udvendige inddækningsbrædder og hold en diffusionsåben fuge på ca. 12 mm mellem karm og træ. Sikr korrekt dryp, fri kant og ubrudt afvanding efter principperne for konstruktiv træbeskyttelse.

Indvendig lysning og isolering
Isolér lysningshulrum med stopværk i minimum D-s2,d2, fx strimlet hampefibermåtte. Afslut med krydsfiner i K1 10 D-s2,d2. Bagved ligger fibergips-brandinddækningen. Før dampbremsen under lysningen og tæt omkring karmen.

Grundopbygning af Tag

Tag

Taget opbygges af 295 mm spærtræ med 45 mm reglar på tværs under spærene pr. 300 mm. Spærafstanden er 900 mm, men den kan øges til 1000 mm. reglarne fungerer både som faldsikring og som forskalling for tæthedsplanet.

Undertag og isolering
Undertaget udføres i 16 mm diffusionsåben træplade i brandklasse D-s2,d2 eller bedre. Isoleringen bør være biobaseret og hygroskopisk. Isoleringen udføres tæt mod undertaget for at sikre korrekt fugtdiffusion og for at overholde brandkravene. Der stilles ikke yderligere krav til isoleringens brandklasse, fordi den indvendige beklædning udføres i fibergipsplade i klasse K1 10 B-s1,d0 eller bedre (Bilag 1a, afsnit 4.11.3.3).

Anvendelse af loftrum
Vi anbefaler ikke uanvendt loftrum. Pladsen udnyttes bedre med klimaskærm til tagtop. Hvis et uudnyttet loftrum alligevel etableres, kræver det i dette tilfælde ikke yderligere brandinddækning af undertaget, da det er D-s2, d2 eller bedre (Bygningsreglementet, Bilag 1a, afsnit 4.7 og 4.11.3.3).

Udhæng
Udhænget er knap 500 mm. Det beskytter facaden og holder sig under den grænse, hvor man fortsat må måle afstand til skel fra ydervæggen (Bygningsreglementet, Bilag 1a, afsnit 4.2).

Tagbelægning og klassifikation
Tagbelægningen skal opfylde BRoof(T2). Kravet opfyldes normalt af selve tagdækningen. Brandklassificeringen kan dog afhænge af undertagets densitet eller brandklasse. De fleste tagtyper er omfattet af Kommissionens beslutning 2000/553/EF uden særlige anmærkninger til undertaget. Projektet anvender træspåntag klassificeret BRoof(T2) på et underlag af undertagets densitet. Andre tagmaterialer med samme klassifikation kan også anvendes.

Diffusion og tæthedsplan
Undertaget udgør den yderste del af tæthedsplanet, og fordi dampbremsen har en z-værdi under 50, kan 1:10 forholdet ikke anvendes. Der er derfor lavet en fugt-vurdering af konstruktionen, som beskrevet i SBi-anvisning 224 (Brandt et al., 2009, s. 74)

Fastgørelse af undertag
Undertagspladen har stor tykkelse, og derfor anbefales indirekte fastgørelse. Der monteres 45 × 32 mm gennemimprægnerede sømlister, der ringsømmes eller skrues gennem undertagspladen til spærene. Lægterne monteres derefter ovenpå sømlisterne (Træ 65, s. 10–11). Vi anbefaler en tysk metode, hvor sømlisterne monteres med 120 mm skruer i 30° hældning. Metoden sikrer lægternes statik ved eventuelt svind.

Tagfod

Tagfoden leder vand fra tagbeklædningen og undertaget ned i tagrenden. Undertaget består af 16 mm diffusionsåbne træfiberplader med en densitet over 300 kg/m³. Pladerne fungerer derved ikke som isolering og har en brandklasse D-s2,d2 eller bedre, hvilket gør det muligt at føre dem ud forbi ydervæggen (Bygningsreglementet, Bilag 1a: 4.11). En loftbeklædning i K1 10 B-s1,d0 eller bedre beskytter isoleringen nedefra, derved kan alle biobaserede isoleringsmaterialer brandteknisk anvendes. (Bygningsreglementet, Bilag 1a: 4.11.3.3).
Det yderste stykke af undertaget udføres som en egentlig tagfod i spærene. Der lægges rupløjede brædder eller gran-krydsfiner som fast underlag for en slidstærk undertagsmembran, fx bitumen. Samlingen mellem undertagsplade og membran udføres med 150 mm overlap og butylbånd eller lignende tætning i kanten af undertagspladen.

Indirekte fastgørelse af taglægter

I De Biobaserede Byggevejledninger (DBB) anvender vi indirekte sømning af taglægter. Det gør vi, fordi undertagspladerne ofte er tykkere end normalt og derfor kræver en anden fastgørelsesmetode end traditionelle afstandslister. I stedet bruges en sømliste på 32 × 45 mm under lægterne (Træinformation, 2011, TRÆ 65 Taglægter, s. 14). Sømlisten fastgøres til spærene med skruer i cirka 30° skrå vinkel nedad. Skruerne skal have en længde, der svarer til 2,25 gange sømlistens og undertagets samlede tykkelse. Den skrå skrueretning låser sømlisten, så den ikke forskyder sig, selv hvis undertagspladerne svinder over tid. Lægterne monteres oven på sømlisten som normalt med to ringede søm pr. fastgørelse.

Tagmaterialet skal række cirka en tredjedel ind over tagrenden, og der skal være plads til fuglegitter. Det er vanskeligt at udføre tagfoden ved taghældninger under 27°, selv om undertaget er godkendt ned til 15°.
Vindspærreplader føres op mellem spærene og understøttes af en listeopbygning på spærene. Den inderste plade skæres uden samling forbi topremmen, mens det andet lag kan skæres til. Derved får insektnettet fast underlag i det yderste lag af vindspærrepladen.
På indersiden skæres en regel i tagets hældning og fungerer som fast underlag for dampbremsen. Dampbremsen kan også udføres i tæt træplade, hvorefter overfladen er tæt efter valg.

Tagryg

Tagbelægning

Taget er tegnet med træspån for at opnå en klimamæssig gevinst og en positiv påvirkning af LCA-beregningen. Tagmaterialet skal række omtrent en tredjedel ind over tagrenden med plads til fuglegitter. Tagmaterialer opfylder BRoof(t2) (Bilag 1a: 4.5 og tabel 4.2.1), og visse materialer tildeles direkte BRoof(t2) i henhold til Commission Decision 2000/553/EC.

Lægter fastgøres med indirekte sømning, da undertagspladernes tykkelse gør metoden til den sikreste. Sømlister i minimum 32×45 mm anvendes i stedet for afstandslister (TRÆ 65: s. 9). Anvisningen foreskriver gennemimprægnerede sømlister, selv om den ikke tager højde for diffusionsåbne faste undertage (TRÆ 65: s. 14). Taget udføres som saddeltag, hvor spærene mødes i kip eller på en bærende drager afhængigt af statikken.

Tætning ved kip, grater og gennembrydninger

I kip og ved grater etableres et fast underlag med regler skåret i tagets hældning, og samlingerne vandtætnes med en diffusionsåben undertagsmembran. Membranen klemmes fast under sømlister for at opnå ubrudt tæthed. Metoden anvendes også ved skunke og andre gennembrydninger. På indersiden etableres et fast underlag til samlingen i dampbremsen ved at skære en regel i taghældningen, vende den og lime de to halvdele sammen.

Tætning ved kviste

Rundt om kvisten etableres et fast underlag af rupløjede brædder i en bredde på mindst 400 mm. En bitumenmembran føres fra undersiden af tagets træundertagsplader gennem skotrenden og klemmes mellem kvistens træundertagsplade og en sømliste. Overlæg udføres med mindst 150 mm, og kanten tætnes med butylbånd eller tilsvarende løsning. (Se afsnittet om skotrende.)

Skotrende til uventileret tag med faste undertagsplader

Funktion og princip

Træpladeundertag kombinerer høj fasthed til indblæsning af isolering med markant diffusionsåbenhed. Det styrker konstruktionens hygroskopiske funktion. Løsningen er usædvanlig i Danmark og kun sparsomt beskrevet i faglitteraturen.
I Danmark ledes vand fra undertaget til tagrenden, hvilket kræver undersænkede skotrender og stiller skærpede krav til detaljeringen i dansk byggekultur.

Grundlag

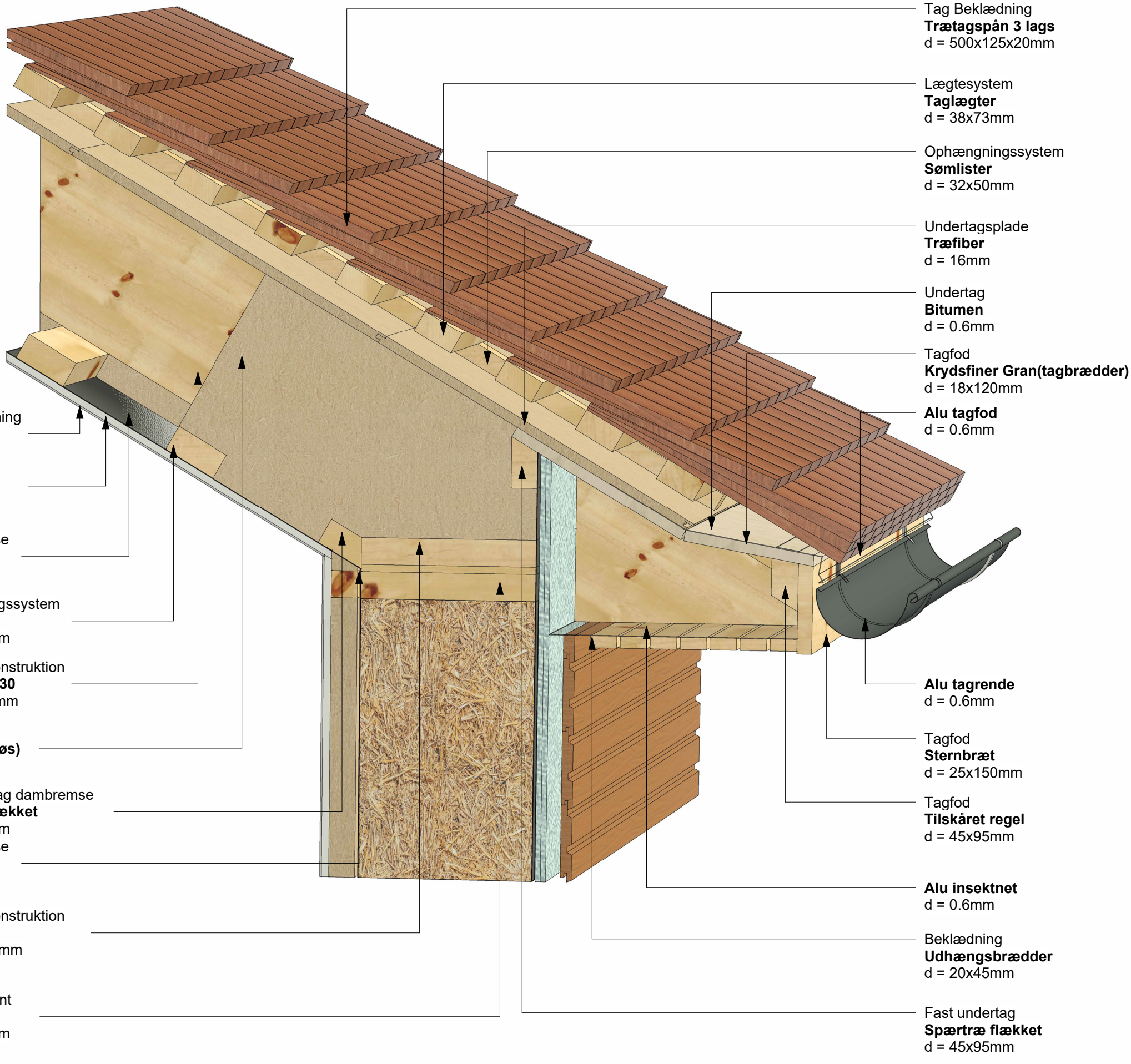
Løsningen tager udgangspunkt i Træ 67: Undertage. Træ 67 vurderer 4 mm træfiberplader som ikke-diffusionsåbne i ventilerede konstruktioner, men denne byggevejledning anvender en uventileret opbygning med væsentligt tykkere og diffusionsåbne plader.

Valg af skotrendeløsning

Træ 67 beskriver både renoverings- og undersænkede skotrender. I nybyggeri anbefales den væsentligt enklere undersænkede løsning med den holdbarhedstekniske udvikling, der er tilføjet. De tykkere undertagsplader kræver, at skotrendefoden hæves med en stående lægte, og bag skotrenden placeres et snefang for at reducere risikoen ved fygesne og slagregn.

Fugthåndtering

Konstruktionen udføres uventileret, og isoleringen indblæses helt op mod skotrendens flader. Det er afgørende, at isolering, undertag og skotrende har fuld kontakt. Materialernes hygroskopiske egenskaber transporterer fugt gennem konstruktionen. Fugtoverførsel kan styrkes ved at bore 80-100 mm huller i skifterne, så isoleringen får tværgående kontakt.





Halm

Tag og Ydervæg

DIMENSION OG PRÆSTATION

Den viste konstruktion er mellemvarianten og fremhævet i skemaet. Lav og Høj er beregnede variationer med mindre eller større isoleringstykkelse. Værdierne omfatter A1–A3, B4(B6),C3–C4 efter BR18. Derudover er A4–A5 beregnet med 10 % spild og vist med grå skrift. (SH) markere sommerhuskrav

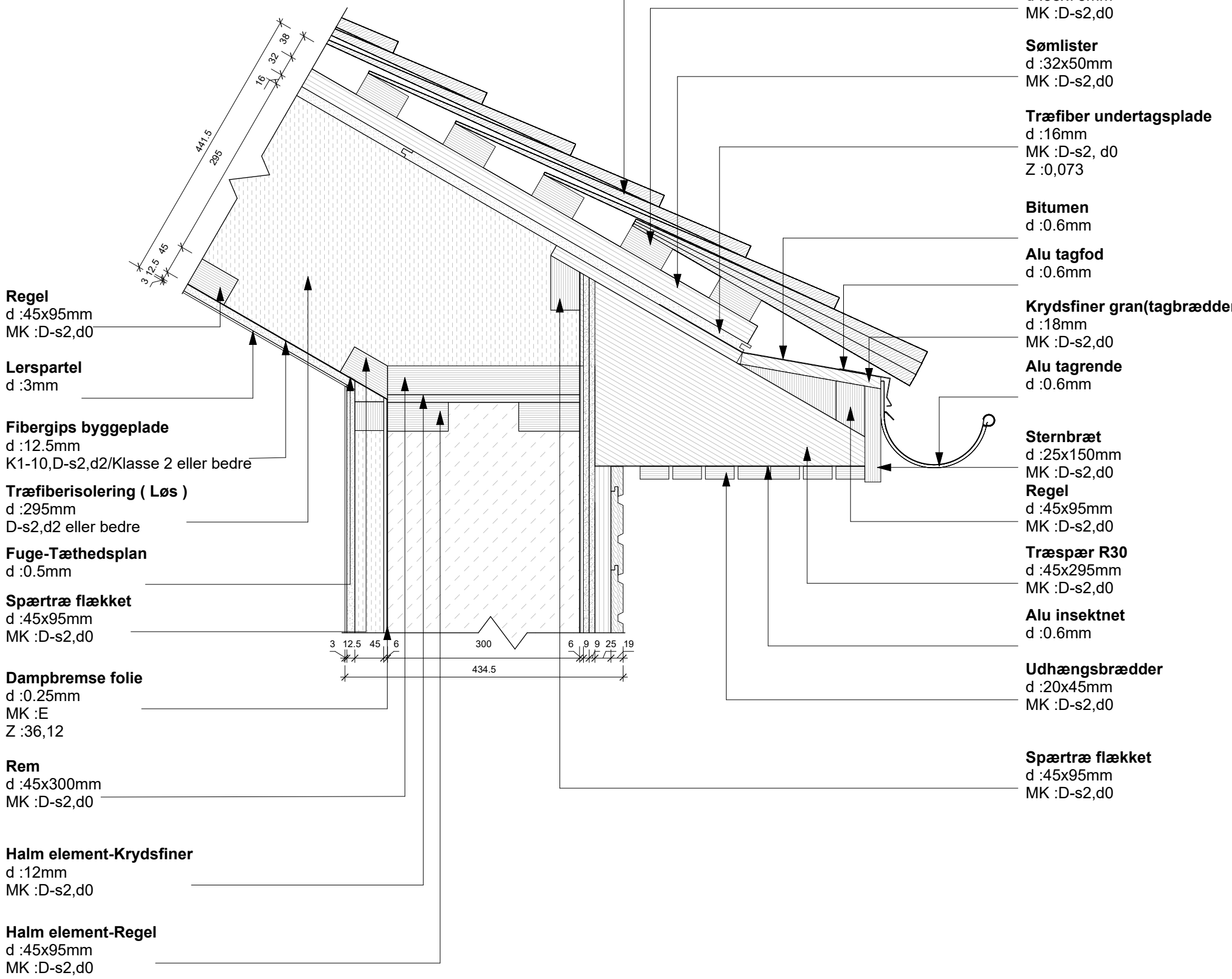
	Lav	Mellem (SH)	Høj
Iso. Dim. (mm)	Tag: 195 Væg: 220	Tag: 356 Væg: 345	Tag: 595 Væg: 545
U-værdi (W/(m²·K))	Tag: 0.25 Væg: 0.25	Tag: 0.12 Væg: 0.17	Tag: 0.06 Væg: 0.11
Kon. Dim. (mm)	Tag: 318.8 Væg: 305.1	Tag: 463.8 Væg: 430.1	Tag: 718.8 Væg: 630
LCA (kg CO2e)	28.7	Tag: 30.5 A4+A5 3.3 Væg: 28.3	33.1

PRAKTISK INFO

Tagfoden leder vand fra tagbeklædningen og undertaget ned i tagrenden. Undertaget udføres i 16 mm diffusionsåbne træfiberplader med en densitet over 300 kg/m³. Pladerne regnes ikke som isolering og har en brandklasse D-s2,d2 eller bedre, hvilket gør det muligt at føre dem ud forbi ydervæggen (Bygningsreglementet, Bilag 1a: 4.11). Loftbeklædning i K1 10 B-s1,d0 eller bedre beskytter isoleringen nedefra og gør det muligt at bruge alle biobaserede isoleringstyper (Bilag 1a: 4.11.3.3).

Det yderste stykke af undertaget udføres som en egentlig tagfod i spærene. Håndværkeren etablerer fast underlag af rupløjede brædder eller gran-krydsfiner til en slidstærk undertagsmembran, fx bitumen. Samlingen mellem undertagsplade og membran udføres med 150 mm overlap og butylbånd eller tilsvarende tætning. Tagmaterialet skal række cirka en tredjedel ind over tagrenden, og der skal være plads til fuglegitter. Tagfoden er vanskelig at udføre ved hældninger under 27°, selv om undertaget er godkendt ned til 15°.

Vindspærreplader føres op mellem spærene og understøttes af en listeopbygning. Håndværkeren skærer den inderste plade uden samling forbi topremmen, mens det yderste lag kan skæres til, så insektnettet får fast underlag. Indvendigt skæres en regel i tagets hældning som fast underlag for dampbremsen. Dampbremsen kan også udføres i en tæt træplade, som giver en tæt overflade efter valg.



BRANDKRAV

Brandinddækning af isolering
Isolering ringere end D-s2,d2 skal have fuld brandinddækning (Bilag 1a: 4.11.3). Det gør det muligt at bruge alle isoleringstyper i vægge, også halm, når de indbygges korrekt (Bilag 1a: 4.11.3.2).

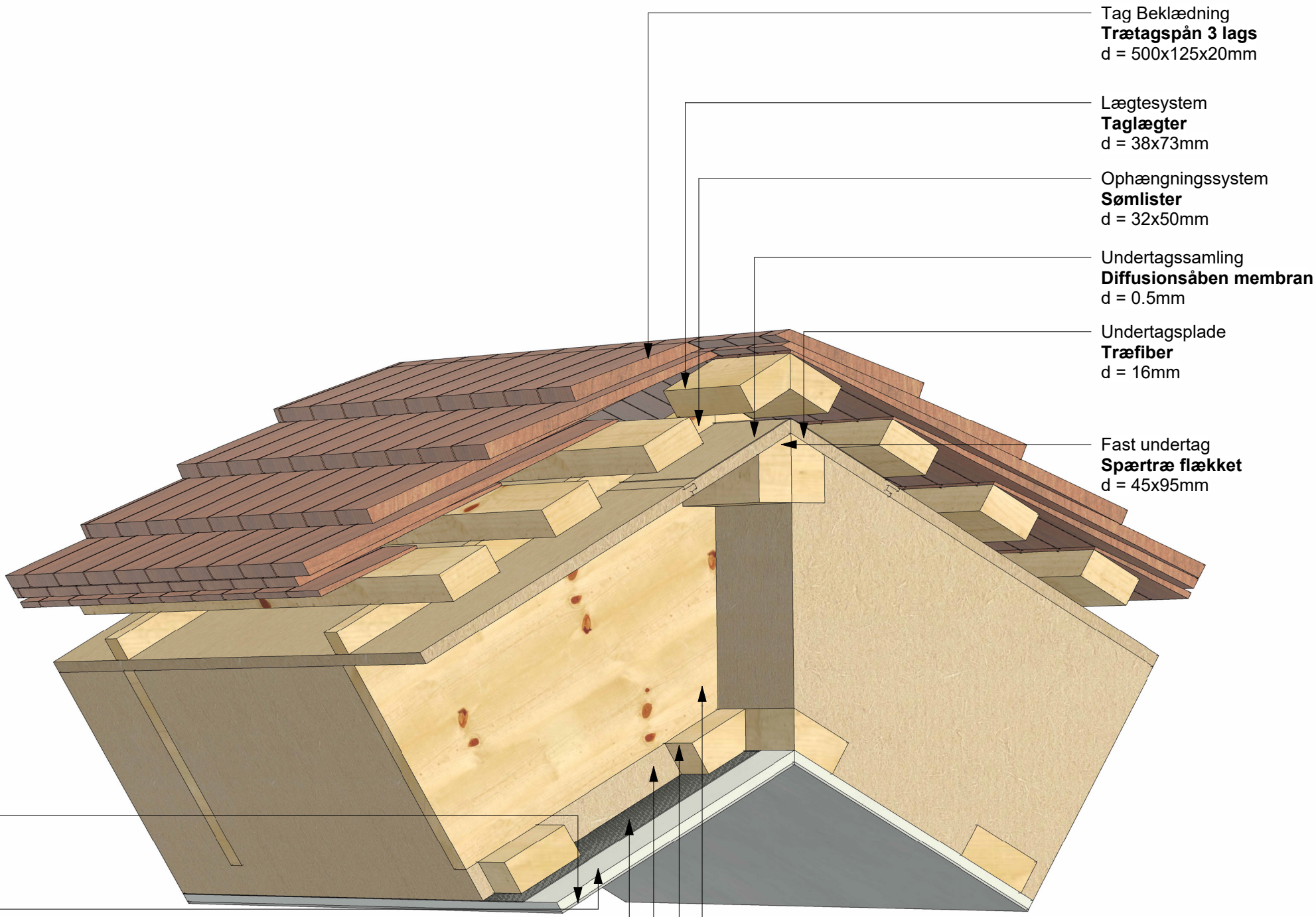
Beklædning med fibergibs
Ny produkt specifik prøvning muliggør at fibergibs kan anvendes som K1-10 B-s1-d0 eller bedre beklædning direkte på træfiber- eller papiruldsisolering i både måtte- og indblæst form. Løsningen opfylder overfladekravet og giver fuld brandinddækning af isolering ringere end D-s2, d2 i vægge, dæk, skillevægge og loft under tag (Bilag 1a: 4.11.3). Se Bilag

FUGT

Dampbremsen i denne konstruktion har en Z-værdi under ca. 50 MN·s/g. Derfor kan 1:10-reglen ikke anvendes i henhold til gængse anvisninger, og konstruktionen skal i stedet valideres med en fugtrisikovurdering. Det har vi gjort ved at anvende metoden ”Den trinvise fugtrisikovurdering”, som beskrevet i denne vejledning. På baggrund af denne vurdering er alle konstruktionerne fundet anvendelige uden anmærkninger.

MONTERING

Tagbelægning
Taget er vist med tagspån, som giver en dokumenteret klimamæssig gevinst. Tagmaterialet skal dække cirka en tredjedel ind over tagrenden, og der skal være plads til fuglegitter. Tagfod kan være vanskelig at udføre ved hældninger under 27°, selv om undertaget er godkendt ned til 15°.
Brandkrav til tagmaterialer
Tagmaterialer skal som udgangspunkt have BRoof(t2) (Bilag 1a: 4.5 og tabel 4.2.1). En EU-kommissionsbeslutning angiver desuden tagmaterialer, der direkte tildeles BRoof(t2) (Commission Decision 2000/553/EC).
Dampbremse
På indersiden sikres dampbremsens tæthed med en skråskåret regel som underlag for samlingen mellem væg og loft.
Anvendelse af loftrum
Vi anbefaler ikke uanvendt loftrum. Pladsen udnyttes bedre med klimaskærm til kip. Et uanvendt loftrum kræver desuden brandinddækning af undertaget direkte nedenunder med K1 10 B-s1,d0 eller en klasse 2-beklædning (Bilag 1a, afsnit 4.7 og 4.11.3.3).
Udhæng
Udhænget er knap 500 mm. Det beskytter facaden og holder sig under grænsen, hvor afstand til skel fortsat måles fra ydervæggen (Bilag 1a, afsnit 4.2).
Læs mere
Læs mere om taget i næste afsnit og på den følgende tegning.





Halm

Tag Ryg

DIMENSION OG PRÆSTATION

Den viste konstruktion er mellemvarianten og fremhævet i skemaet. Lav og Høj er beregnede variationer med mindre eller større isoleringstykkelse. Værdierne omfatter A1–A3, B4(B6),C3–C4 efter BR18. Derudover er A4–A5 beregnet med 10 % spild og vist med grå skrift. (SH) markere sommerhuskrav

	Lav	Mellem (SH)	Høj
Iso. Dim. (mm)	211	356	595
U-værdi (W/(m²·K))	0.25	0.12	0.06
Kon. Dim. (mm)	318.8	463.8	718.8
LCA (kg CO2e)	28.7	30.5 A4+A5 3.3	33.1

PRAKTISK INFO

Taget udføres som et saddeltag, hvor spærene mødes i kip eller på en bærende drager afhængigt af konstruktionen.

Loftforskallingen etableres i 45 × 90 mm reglar med 300 mm afstand og fungerer samtidig som faldsikring efter gældende regler.

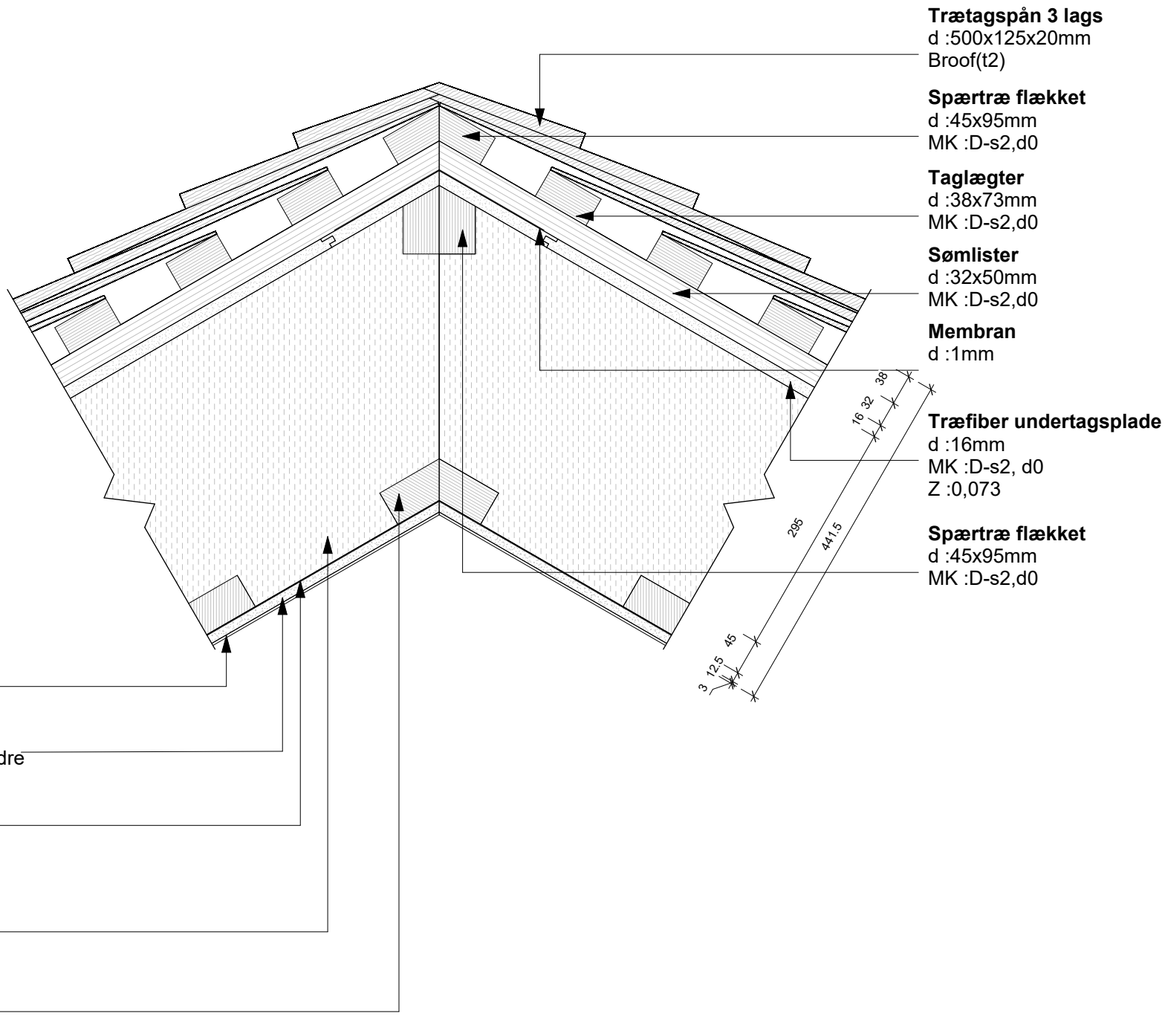
Der etableres faste underlag på både over- og underside. Undertaget får et stabilt underlag udefra, og dampspærren får et stabilt underlag indefra.

Træundertaget udføres i fer-og-notplader lagt fortløbende uden dobbelte endestød. Pladerne kan spænde op til 1 meter og optager punktbelastning ved knæstøtte. Samlingerne kræver ingen ekstra tætning. Undertaget er vandtæt, vindtæt og diffusionsåbent og kan stå uafdækket i op til tre måneder (TRÆ 67, 2014).

Ved tagryg, skunke og gennembrydninger klemmes en diffusionsåben undertagsmembran fast under sømlister. Ved kviste presses membranen ind i vandrette samlinger på et fast underlag mellem spærene.

Træfiberundertagets tykkelse kræver indirekte sømning. Sømlister (min. 32 × 45 mm) fastgøres i 20–30° vinkel og bærer lægterne, som sømmes med to ringede søm.

Sømlister udføres efter retningslinjerne i tryk- eller gennemimprægneret træ.



BRANDKRAV

Brandinddækning af isolering
Isolering ringere end D-s2,d2 skal have fuld brandinddækning (Bilag 1a: 4.11.3). Det gør det muligt at bruge alle isoleringstyper i vægge, også halm, når de indbygges korrekt (Bilag 1a: 4.11.3.2).

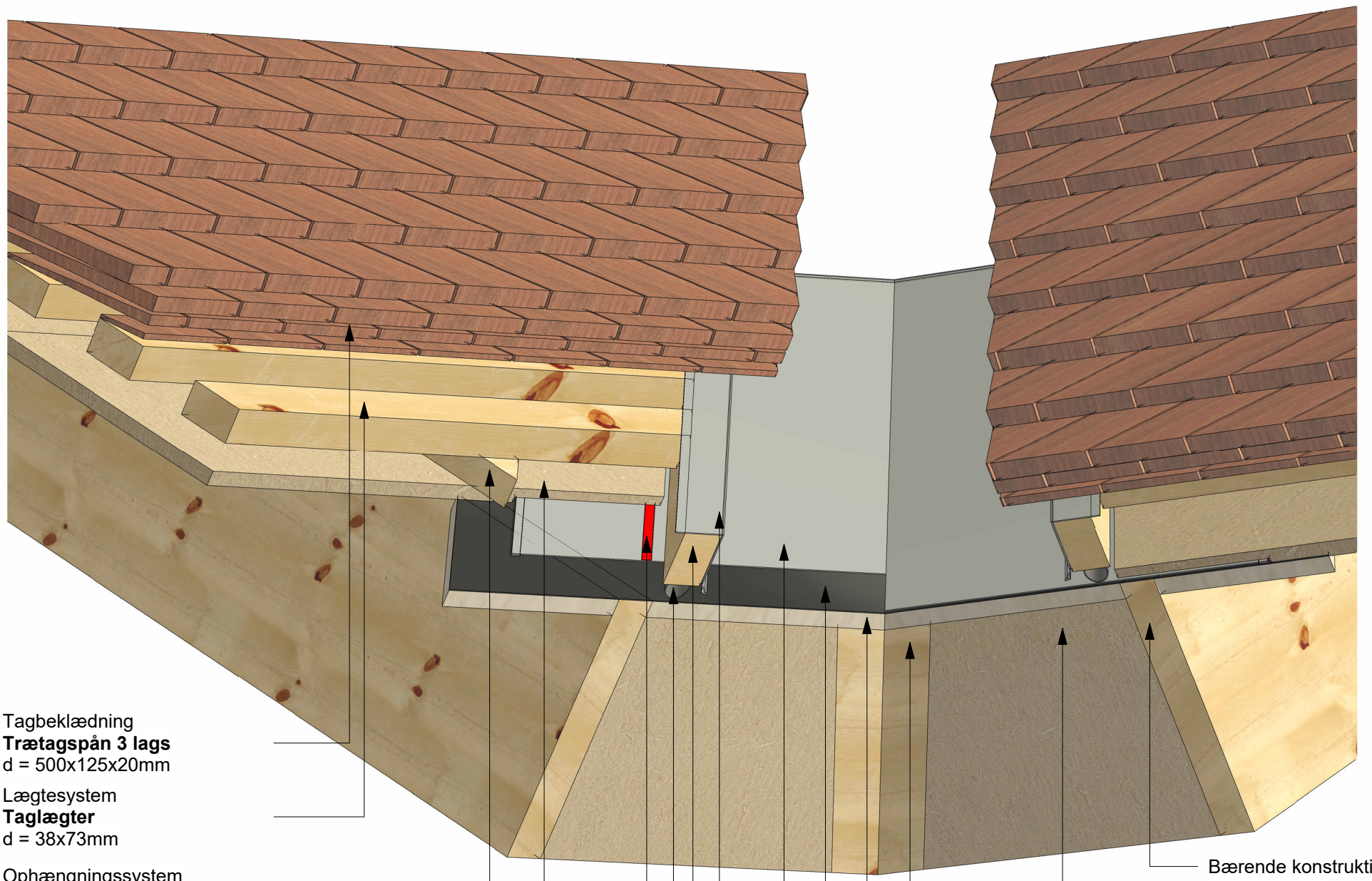
Beklædning med fibergibs
Ny produkt specifik prøvning muliggør at fibergibs kan anvendes som K1-10 B-s1-d0 eller bedre beklædning direkte på træfiber- eller papiruldsisolering i både måtte- og indblæst form. Løsningen opfylder overfladekravet og giver fuld brandinddækning af isolering ringere end D-s2, d2 i vægge, dæk, skillevægge og loft under tag (Bilag 1a: 4.11.3). Se Bilag

FUGT

Dampbremsen i denne konstruktion har en Z-værdi under ca. 50 MN·s/g. Derfor kan 1:10-reglen ikke anvendes i henhold til gængse anvisninger, og konstruktionen skal i stedet valideres med en fugtrisikovurdering. Det har vi gjort ved at anvende metoden ”Den trinvise fugtrisikovurdering”, som beskrevet i denne vejledning. På baggrund af denne vurdering er alle konstruktionerne fundet anvendelige uden anmærkninger.

MONTERING

Loftforskalling og faldsikring
Loftforskalling i 45 × 90 mm reglar med 300 mm afstand fungerer som både forskalling og integreret faldsikring under montagen.
Faste underlag
Faste underlag etableres på tagets yderside til undertaget og på indersiden til dampspærresamlinger. Underlagene giver stabile flader i montagen.
Montering af træfiberundertag
Træfiberpladerne monteres som fer- og notplader og lægges forskudt, så to endestød ikke mødes i samme spærfelt. Pladerne er godkendt til spærafstande op til 1 meter og kan optage punktbelastning, når endestød undgås. Samlingerne kræver ingen ekstra tætning, da materialet er vand- og vindtæt samt diffusionsåbent, og undertaget kan stå uafdækket i tre måneder.
Tætning ved kip og gennembrydninger
En diffusionsåben undertagsmembran klemmes fast under sømlisterne ved kip, skunke og gennembrydninger. Ved kviste presses membranen ind i vandrette samlinger på fast underlag mellem spærene.
Indirekte sømning
Pladernes tykkelse kræver indirekte sømning. Sømlister på mindst 32 × 45 mm skrues 20–30° ned i tagfladen med skruer, der når ind i spærene. Lægterne fastgøres herefter med to ringede søm.
Sømlisternes materiale
Tryk- eller gennemimprægnerede sømlister anbefales i henhold til retningslinjerne, selv om disse ikke tager højde for det hygroskopiske samspil mellem undertag og lister.



Tagbeklædning
Trætagspån 3 lags
d = 500x125x20mm

Lægtesystem
Taglægter
d = 38x73mm

Ophængningssystem
Sømlister
d = 32x50mm

Undertagsplade
Træfiber
d = 16mm

Undertag tætning
Fuge
d = 0.5mm

Snefangsrør
Plastnet
d = 0.5mm

Undertag for indækning
Kantlægte
d = 38x73mm

Bærende konstruktion
Træspær R30
d = 45x295mm

Isolering
Træfiber (Løs)
d = 295mm

Bærende konstruktion
Kel
d = 45mmx2

Fast undertag
Krydsfiner Gran(tagbrædder)
d = 18x120mm

Undertag
Bitumen
d = 0.6mm

Alu skotrende
d = 0.6mm

Alu Skotrendefod
d = 0.6mm



Halm

Skotrende

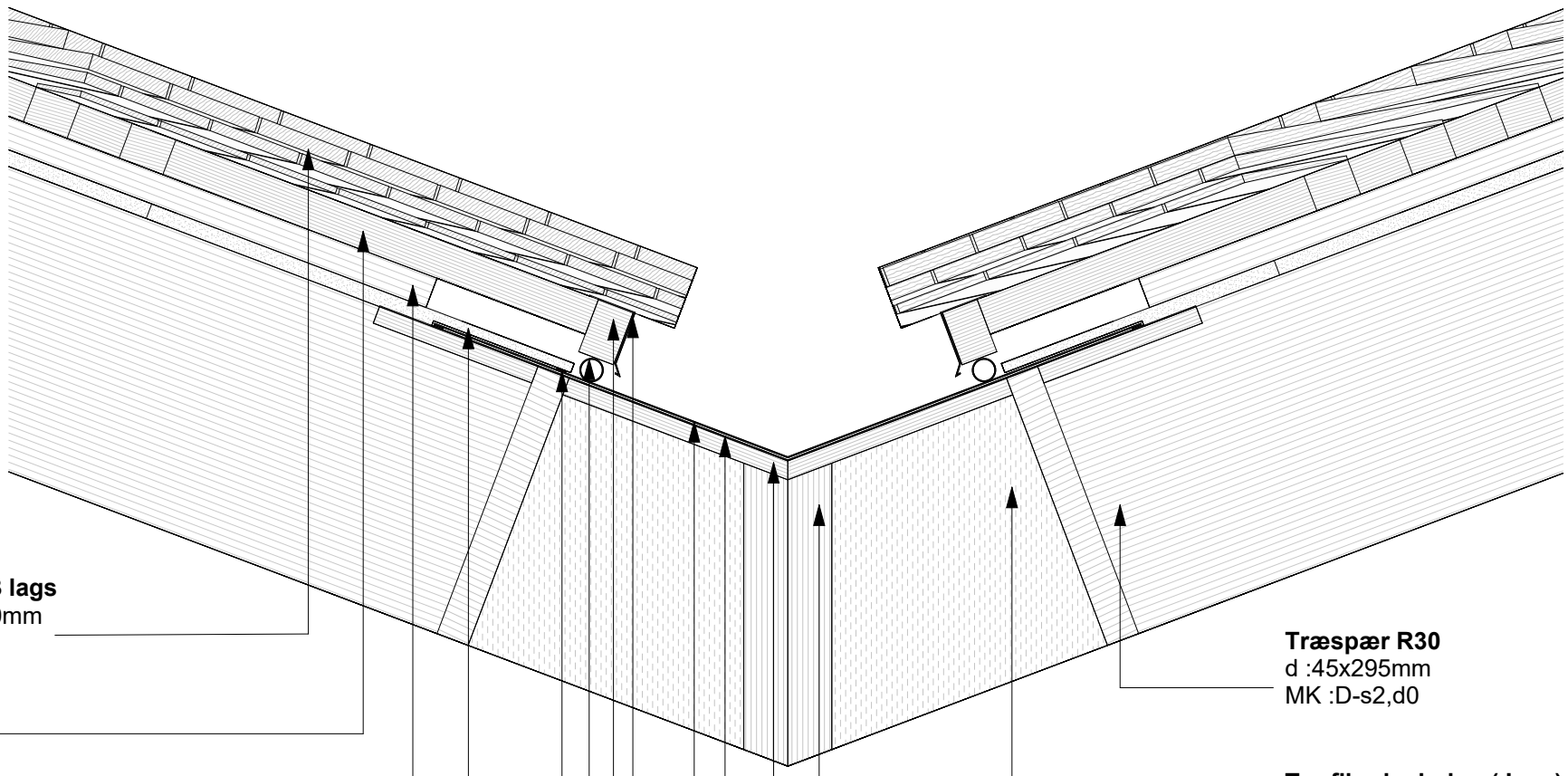
DIMENSION OG PRÆSTATION

Den viste konstruktion er mellemvarianten og fremhævet i skemaet. Lav og Høj er beregnede variationer med mindre eller større isoleringstykkelse. Værdierne omfatter A1–A3, B4(B6),C3–C4 efter BR18. Derudover er A4–A5 beregnet med 10 % spild og vist med grå skrift. (SH) markere sommerhuskrav

	Lav	Mellem (SH)	Høj
Iso. Dim. (mm)	211	356	595
U-værdi (W/(m²·K))	0.25	0.12	0.06
Kon. Dim. (mm)	318.8	463.8	718.8
LCA (kg CO2e)	28.7	30.5 A4+A5 3.3	33.1

PRAKTISK INFO

Skotrende til uventileret tag med faste undertagsplader
Funktion og princip
Træundertagsplader giver høj fasthed til indblæsning og er markant diffusionsåbne. Det styrker konstruktionens hygroskopi og gør løsningen velegnet i uventilerede tage, selv om den er sjælden i Danmark og kun kort beskrevet i faglitteraturen.
Dansk praksis
I Danmark ledes vandet fra undertaget normalt til tagrenden. Det kræver en undersænket skotrende og skærper kravene til præcis detaljering i overgangene.
Grundlag og metode
Løsningen bygger på studier af tømrermester Simon Fjord og på TRÆ 67: Undertage. TRÆ 67 vurderer 4 mm træfiberplader som ikke-diffusionsåbne i ventilerede konstruktioner, men denne løsning anvender en uventileret opbygning med væsentligt tykkere plader.
Udførelse
TRÆ 67 beskriver renoverings- og undersænkede skotrender; vi følger den undersænkede løsning. De tykkere plader kræver, at skotrendefoden hæves med en stående lægte. Et snefang monteres bag skotrenden for at beskytte mod fygesne og slagregn.
Fugt og isolering
Konstruktionen udføres uventileret. Isoleringen indblæses helt op mod skotrendens brædder, og fuld kontakt mellem isolering, undertag og træflader er afgørende. Hygroskopien transporterer fugt gennem konstruktionen. Fugtoverførsel kan styrkes ved at bore 3–4 huller på 50–80 mm i skifterne med 150–200 mm afstand.



Trætagspån 3 lags
d :500x125x20mm
Broof(t2)

Taglægter
d :38x73mm
MK :D-s2,d0

Sømlister
d :32x50mm
MK :D-s2,d0

Træfiber undertagsplade
d :16mm
MK :D-s2, d0
Z :0,073

Fuge-Tæthedsplan
d :0.5mm

Snefangsrør
d :0.5mm

Kantlægte
d :45mm
MK :D-s2,d0

Træspær R30
d :45x295mm
MK :D-s2,d0

Træfiberisolering (Løs)
d :295mm
D-s2,d2 eller bedre

Kel
d :45mm
MK :D-s2,d0

Krydsfiner gran(tagbrædder)
d :18mm
MK :D-s2,d0

Bitumen
d :0.6mm

Alu skotrende
d :0.6mm

Alu skotrendefod
d :0.6mm

BRANDKRAV

Brandinddækning af isolering
Isolering ringere end D-s2,d2 skal have fuld brandinddækning (Bilag 1a: 4.11.3). Det gør det muligt at bruge alle isoleringstyper i vægge, også halm, når de indbygges korrekt (Bilag 1a: 4.11.3.2).

Beklædning med fibergibs
Ny produkt specifik prøvning muliggør at fibergibs kan anvendes som K1-10 B-s1-d0 eller bedre beklædning direkte på træfiber- eller papiruldsisolering i både måtte- og indblæst form. Løsningen opfylder overfladekravet og giver fuld brandinddækning af isolering ringere end D-s2, d2 i vægge, dæk, skillevægge og loft under tag (Bilag 1a: 4.11.3). Se Bilag

FUGT

Dampbremsen i denne konstruktion har en Z-værdi under ca. 50 MN·s/g. Derfor kan 1:10-reglen ikke anvendes i henhold til gængse anvisninger, og konstruktionen skal i stedet valideres med en fugtrisikovurdering. Det har vi gjort ved at anvende metoden ”Den trinvise fugtrisikovurdering”, som beskrevet i denne vejledning. På baggrund af denne vurdering er alle konstruktionerne fundet anvendelige uden anmærkninger.

MONTERING

1. Bor tre huller i skifternes øvre halvdel med huldiameter 80 mm og indbyrdes afstand 150–250 mm. Hullerne giver isoleringen direkte kontakt mellem skifter og spær og sikrer fuld fladekontakt.
2. Skær rupløjede brædder til i 500 mm bredde målt fra kelmidte, og montér dem mellem kel og skifter. Understøt bræddernes yderkant med en regel.
3. Brug et formbart materiale i skotrendens tagfod for at sikre tæthed.
4. Læg en 1000 mm bred bitumen-undertagsmembran oven på brædderne i skotrenden.
5. Udfør alu-skotrenden flad og nedsænket med en bredde på 400 mm målt fra midten.
6. Før træundertaget 100 mm ind i skotrenden og klæb det med én stribe butylbånd eller lignende yderst, så der kan ses en smal kant af klæb.
7. Før sømlister ned til undertagspladernes kant, og montér dem bag skotrenden i brædderne og i forstærkningen.
8. Skær taglægterne af i en afstand på 240 mm fra skotrendens midte.
9. Montér en oprejst taglægte som underlag til alu-skotrendefoden og snefanget i en afstand på 200 mm fra midten.
10. Montér en specialfremstillet alu-skotrendefod med en bredere kant i cirka 150 mm afstand fra midten. Hold 10–15 mm luft ned til skotrenden. Klem snefanget fast bag den stående taglægte.
11. Montér tagbeklædningen afskåret med en afstand på 150 mm til skotrendens midte, hvis nødvendigt med fuglegitter oven på skotrendefoden.

Inde i huset
Etagedæk, skillevæg og vådrum

Etagedæk

Remme og montering

Remmen, som bærer etagedækket, opdeles i to dele. Den ene del placeres bag den brandinddækkende fibergips i installationslaget. Den anden del monteres gennem fibergipsen fra bygningens indvendige side. Opbygningen gør det muligt at montere etageadskillelsen som et samlet element uden afbrydelse af brand- eller fugtsikringen. Hvis etagedækket skal udføres før fibergipsen, kan det opbygges i etaper med et stykke fibergips mellem de to remme. Gulvbjælker fastgøres med bjælkesko.

Etageantal
Bygningen er projekteret i to etager. Projekterende kan udvide til to etager plus kælder, hvis den nederste etage ligger delvist under terræn (Bilag 1a: 1.1). I dette tilfælde kan loftet i kælderen højst være 1,25 m over terræn (Bilag 1a: 1.1.1) og ikke anvendes til beboelse, da kælderen ellers brandmæssigt betragtes som en etage over terræn (Bilag 1a: 1.1.1). Øverste etages gulvniveau må stadig højst ligge 5,1 m over terræn, hvilket følger den højdeforudsætning der anvendes i bilagets afstands- og brandkrav (Bilag 1a: 4.2).

Brand og konstruktion
Etagedækket udføres som en R30-konstruktion. Denne konstruktion kan derfor indgå i bygningens brandmæssigt bærende og afstivende dele (Bilag 1a, afsnit 3.2.1). Ved en spændvidde på 4 m anvendes to sammenlimede 45 × 145 mm bjælker pr. 300 mm i stedet for enkelte 45 × 195 mm bjælker. Denne løsning forlænger gennembrændingstiden og sænker samtidigt etagedækkets højde.

Loft
Loftet opbygges med 20 × 100 mm forskalling pr. 300 mm som underlag for en 12,5 mm fibergipsplade. Test viser, at pladen har klassifikation K1 10 B-s1,d0 eller bedre (se bilag). Det opfylder overfladekravet, når isoleringen har en lavere brandklasse end D-s2,d2 (Bilag 1a: 3.2.2 og 4.11.3). Loftet kan spartles med lerspartel og efterbehandles med lermaling.

Gulv
Rågulvet udføres i trægulvplader eller i tagbrædder. Begge løsninger fungerer, men rupløjede brædder fungerer bedst som stillads under byggeriet. Slutgulvet kan udføres som svømmende gulv eller som sømmet gulv efter producentens anvisninger. Der stilles ingen brandkrav til gulvoverfladen, når der ikke ligger isolering oven på den med ringere brandklasse end D-s2,d2 (Bilag 1a: 4.8). Etagedækket kan kombineres med lydisolering og gulvvarme, men er i dette eksempel vist uden. Bjælkelaget giver samtidig mulighed for frit kabeltræk.

Skillevægge og vådrum

Skillevægge

Skillevægge udføres som regelkonstruktion, typisk i 45 × 70 mm, men andre dimensioner kan anvendes. Ved hulrum på 100 mm og derunder anbefales isoleringsmåtter, da indblæsning af løsuld normalt er vanskelig i så smalle hulrum.

Overflade og inddækningskrav

Hvis isoleringen har brandklasse D-s2,d2 eller bedre, kan overfladekravene opfyldes med en træplade inderst og en valgfri lukket træbeklædning yderst, så længe den opfylder K1 10 D-s2,d2 (Bilag 1a: 4.8). Se også kommissionsbeslutning i bilag eller Træ 75, side 350.

Ved isolering ringere end D-s2,d2 stiger brandkravet til K1 10 B-s1,d0 eller EI30-løsning (Bilag 1a: 4.11.3.2). Dette kan udføres med en træplade med en gipsplade ovenpå eller – hvis isoleringen er træfiber eller cellulosefiber – med en enkelt fibergipsplade, som er dokumenteret ved prøvning (Se Bilag) (Bilag 1a: 4.11.3.2).

Alle indvendige overflader har overfladekrav. Derfor skal gennembrydninger gennem isolering ringere end B-s1,d0 eller gennem materiale med densitet under 300 kg/m³ udføres med brandhæmmende forfradåse (Bilag 1a: 4.11 og 4.10.1). Se afsnittet om overfladekrav og installationer.

Skillevægge kan pudses, lerspartles og males.

Vådrum

Konstruktion

Bjælkeafstand og stolpeafstand i vådrum bør være 300 mm eller mindre.

Løsning med fliseoverflade

Underlaget opbygges med fibergipsplader, spartellag og andet godkendt mineralsk materiale. Vådrumssikringen udføres på underlaget efter producentens anvisninger. Den færdige overflade kan afsluttes med fliser.

Løsning med vinyl eller microcement

Underlaget opbygges af en godkendt, vandfastlimet træplade, hvor vådrumssikringen udføres direkte på pladen efter producentens anvisninger. Træ 53 beskriver tilsvarende løsninger med forskellige typer vådrumssikring direkte på vandfastlimede træplader, herunder vinyl.
For microcement gælder, at den eneste ETA-godkendte løsning stiller krav til både afløbssystem og vådrumssikring. Løsningen skal derfor udføres præcist efter producentens specifikationer. Den færdige overflade afsluttes med vinyl eller microcement. (Se bilag), (ETA-Danmark 2019; Brandt og Morelli 2015; Brandt og Munch-Andersen 2021).

Kloakgennemføringer

Ved hævet terrændæk anbefales placering af kloakgennemføringer tæt ved ydervæggen, så de kan inspiceres. Dette kræver 600 mm frihøjde. Det anbefales ikke at hæve hele bygningen til denne højde. En inspektionskanal kan i stedet etableres og føres ind fra ydervæggen (BR18, kap. 20, § 369).

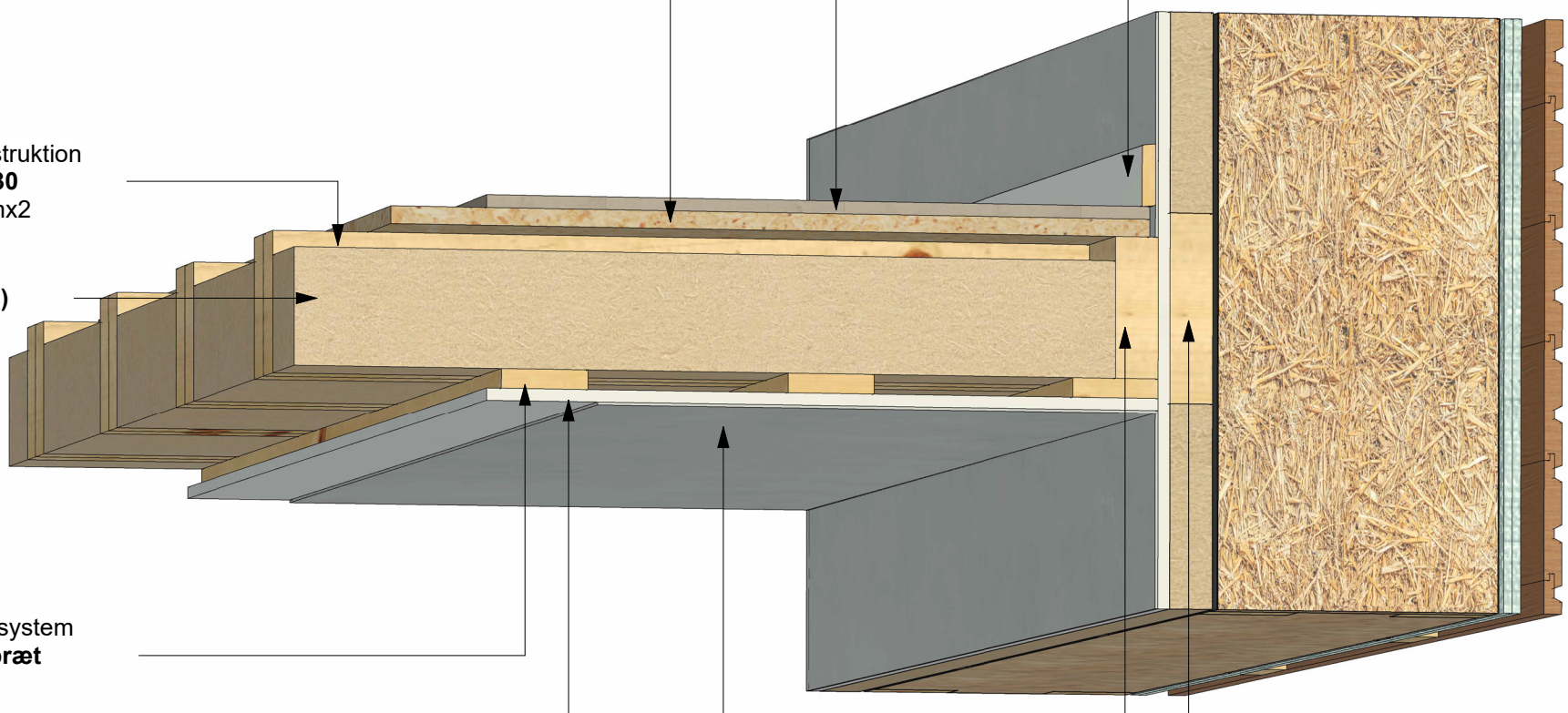
Fodpanel
Træ
d = 14x65mm

Gulv overflade
Parket
d = 13mm

Undergulv
Træplade
d = 18mm

Bærende konstruktion
Træbjælke R30
d = 45x145mmx2

Isolering
Træfiber (Løs)
d = 120mm



Ophængningssystem
Forskallingsbræt
d = 20x90mm

Overflade
Fibergips
d = 12.5mm

Loftbeklædning
Lerspartel
d = 3mm

Bærende konstruktion
Rem
d = 45x145mm

Bærende konstruktion
Rem
d = 45x195mm

Halm

Etagedæk og Ydervæg

DIMENSION OG PRÆSTATION

Den viste konstruktion er mellemvarianten og fremhævet i skemaet. Lav og Høj er beregnede variationer med mindre eller større isoleringstykkelse. Værdierne omfatter A1–A3, B4(B6),C3–C4 efter BR18. Derudover er A4–A5 beregnet med 10 % spild og vist med grå skrift. (SH) markere sommerhuskrav

	Lav(SH)	Mellem	Høj
Iso. Dim. (mm)	Dæk: 120 Væg: 220	Dæk: 120 Væg: 345	Dæk: 120 Væg: 545
U-værdi (W/(m²·K))	Væg: 0.25	Væg: 0.17	Væg: 0.11
Kon. Dim. (mm)	Dæk: 211.5 Væg: 434.5	Dæk: 211.5 Væg: 434.5	Dæk: 211.5 Væg: 434.5
LCA (kg CO2e)	-	Dæk: 28.3 A4+A5 3.5 Væg: 26.3	-

PRAKTISK INFO

Remmen, som bærer etagedækket, opdeles i to dele. Den bageste rem ligger bag fibergipsen i installationslaget, og den forreste rem monteres gennem fibergipsen indefra. Hvis etagedækket etableres før fibergipsen, udføres det i etaper med et stykke fibergips mellem remmene.

Bygningen er projekteret i to etager. Projekterende kan udvide til to etager plus kælder, hvis den nederste etage ligger delvist under terræn (Bilag 1a: 1.1). Loftet i kælderen må højst ligge 1,25 m over terræn og må ikke anvendes til beboelse, da den ellers brandmæssigt regnes som en etage over terræn (Bilag 1a: 1.1.1). Øverste etages gulvniveau må stadig højst ligge 5,1 m over terræn, hvilket følger bilagets højdeforudsætninger (Bilag 1a: 4.2).

Etagedækket udføres som en R30-konstruktion og kan indgå i bygningens bærende og afstivende dele (Bilag 1a: 3.2.1). Ved ca. 4 m spænd anvendes to sammenlimede 45×145 mm bjælker pr. 300 mm, hvilket forlænger gennembrændingstiden og giver mulighed for at indregne R30 i den statiske beregning.

Loftet beklædes med 12,5 mm fibergips, som ved nye brandprøvninger opfylder K1 10 B-s1,d0 og fungerer som klasse 1-beklædning som beskrevet i TRÆ 78. Beklædningen opfylder overfladekravet, når isoleringen har lavere brandklasse end D-s2,d2 (Bilag 1a: 3.2.2 og 4.11.3).

Der stilles ingen brandkrav til gulvoverfladen, når der ikke placeres materialer ovenover med ringere brandklasse end D-s2,d2 (Bilag 1a: 4.8).

Fodpanel
d :14x65mm

Parket
d :13mm

Træplade
d :18mm

Træbjælke R30
d :45x145mm
MK :D-s2,d0

Træfiberisolering (Måtte)
d :120mm
E

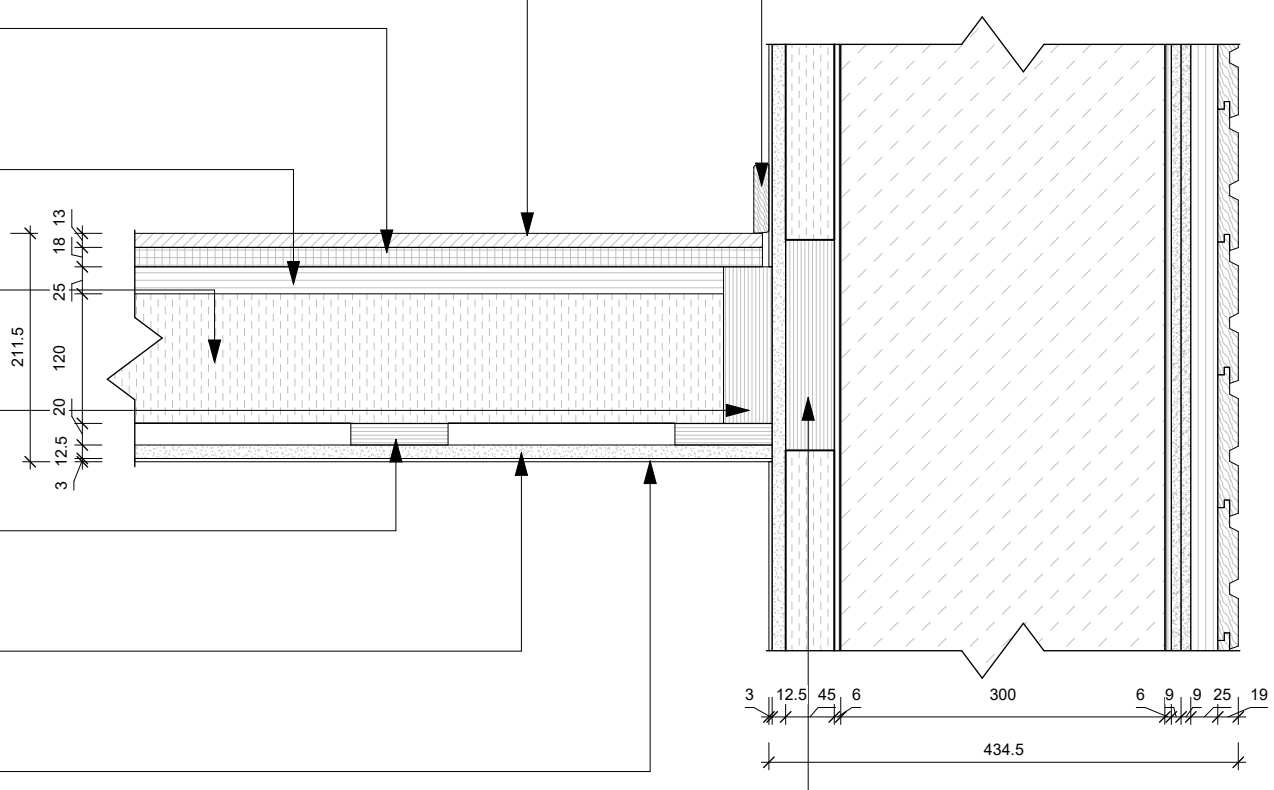
Rem
d :45x145mm
MK :D-s2,d0

Forskallingsbræt
d :20x90mm
MK :D-s2,d0

Fibergips byggeplade
d :12.5mm
K1-10,D-s2,d2/Klasse 2 eller bedre

Lerspartel
d :3mm

Rem
d :45x195mm
MK :D-s2,d0



BRANDKRAV

Brandinddækning af isolering
Isolering ringere end D-s2,d2 skal have fuld brandinddækning (Bilag 1a: 4.11.3). Det gør det muligt at bruge alle isoleringstyper i vægge, også halm, når de indbygges korrekt (Bilag 1a: 4.11.3.2).

Beklædning med fibergibs
Ny produkt specifik prøvning muliggør at fibergibs kan anvendes som K1-10 B-s1-d0 eller bedre beklædning direkte på træfiber- eller papiruldsisolering i både måtte- og indblæst form. Løsningen opfylder overfladekravet og giver fuld brandinddækning af isolering ringere end D-s2, d2 i vægge, dæk, skillevægge og loft under tag (Bilag 1a: 4.11.3). Se Bilag

FUGT

Dampbremsen i denne konstruktion har en Z-værdi under ca. 50 MN·s/g. Derfor kan 1:10-reglen ikke anvendes i henhold til gængse anvisninger, og konstruktionen skal i stedet valideres med en fugtrisikovurdering. Det har vi gjort ved at anvende metoden ”Den trinvise fugtrisikovurdering”, som beskrevet i denne vejledning. På baggrund af denne vurdering er alle konstruktionerne fundet anvendelige uden anmærkninger.

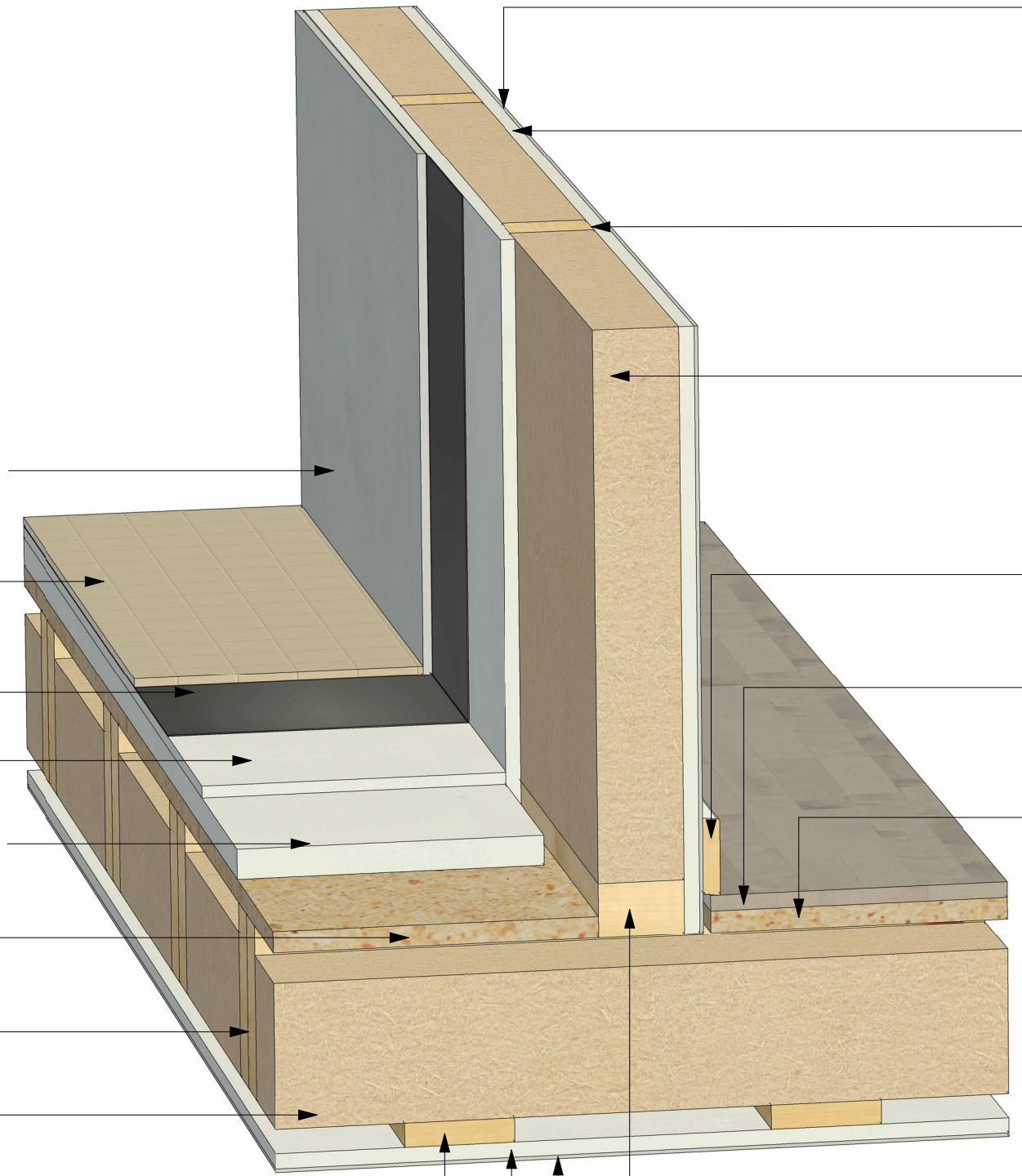
MONTERING

Remmen monteres i to lag. Den bageste rem placeres bag fibergipsen i installationslaget, mens den forreste rem monteres gennem fibergipsen indefra. Hvis fibergipsen ikke er sat op, bygges etagedækket i etaper med et stykke fibergips mellem remmene. Gulvbjælker fastgøres med bjælkesko.

Ved en spændvidde omkring 4 m anvendes to sammenlimede 45×145 mm bjælker pr. 300 mm. Dobbeltbjælkerne giver øget styrke og især en længere gennembrændingstid, fordi branden skal arbejde sig igennem to elementer i stedet for én dybere bjælke. Det giver en mere stabil og sikker R30-opbygning.

Loftet etableres på 20×100 mm forskalling pr. 300 mm og monteres med 12,5 mm fibergips. Isoleringen vælges primært ud fra lydhensyn. Overfladen kan spartles med lerspartel og males med lermaling.

Rågulvet udføres i gulvplader eller tagbrædder og kan fungere som arbejdsdæk. Slutgulvet kan udføres som svømmende eller sømmet gulv. Bjælkelaget giver samtidig mulighed for kabelføring og kan kombineres med lydisolering eller gulvvarme efter behov.



Halm

Skillevæg og vådrum

DIMENSION OG PRÆSTATION

Den viste konstruktion er mellemvarianten og fremhævet i skemaet. Lav og Høj er beregnede variationer med mindre eller større isoleringstykkelse. Værdierne omfatter A1–A3, B4(B6),C3–C4 efter BR18. Derudover er A4–A5 beregnet med 10 % spild og vist med grå skrift. (SH) markere sommerhuskrav

	Lav	Mellem	Høj
Iso. Dim. (mm)	Dæk: 120 Væg: 70	Dæk: 120 Væg: 70	Dæk:120 Væg:70
U-værdi (W/(m²·K))			
Kon. Dim. (mm)	Dæk: 241.5 Væg: 106	Dæk: 241.5 Væg: 106	Dæk:241.5 Væg:106
LCA (kg CO2e)	-	Dæk: 28.3 A4+A5 3.1 Væg: 5.9	-

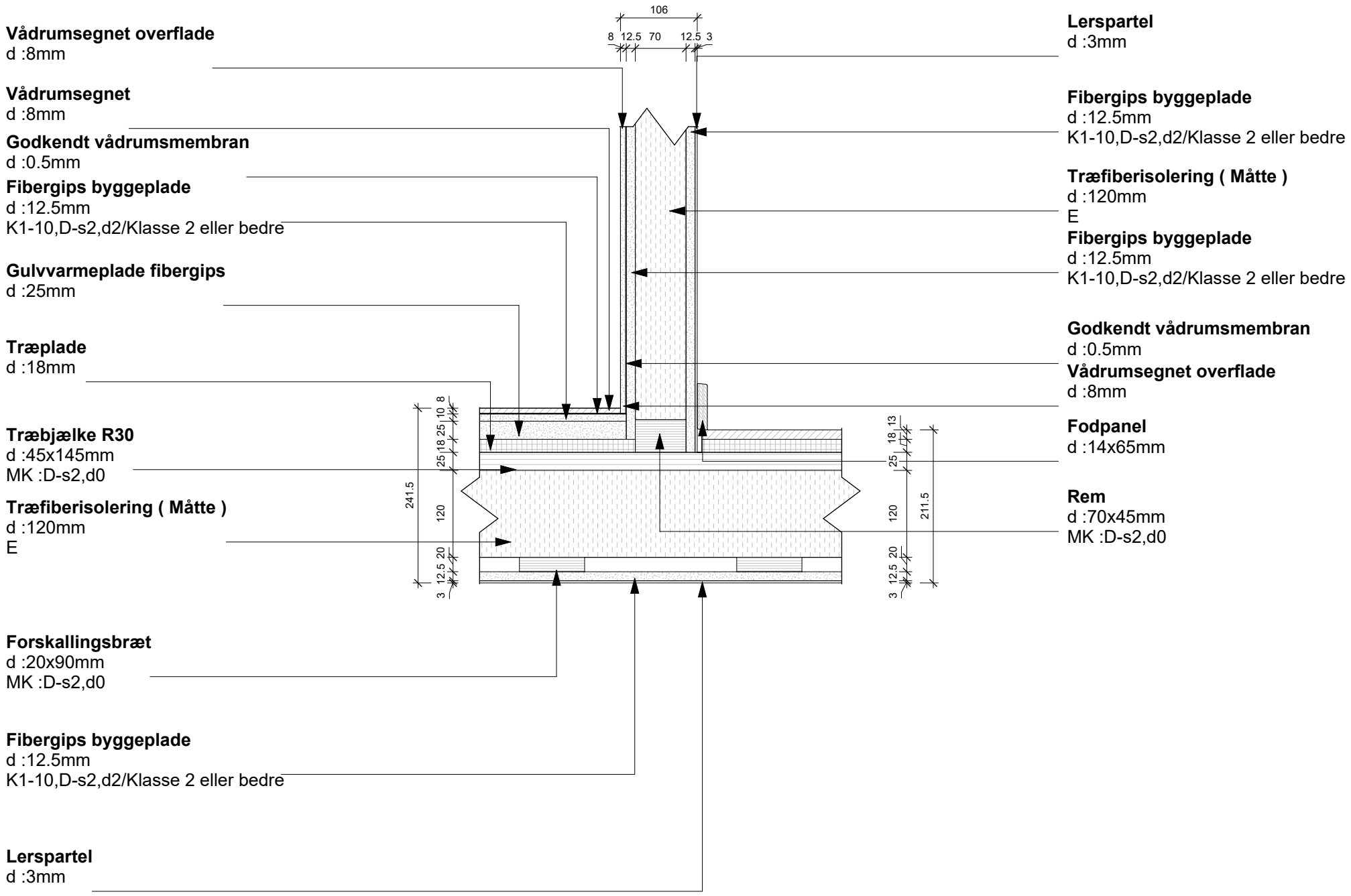
PRAKTISK INFO

Skillevægge
Skillevægge udføres som regelkonstruktion, typisk i 45 × 70 mm, men andre dimensioner kan anvendes. Ved hulrum på 100 mm eller mindre anbefales isoleringsmåtter, da indblæsning af løsuld er vanskelig i smalle hulrum.

Overflade og inddækningskrav
Hvis isoleringen har brandklasse D-s2,d2 eller bedre, kan overfladekravet opfyldes med en træplade inderst og en valgfri lukket træbeklædning yderst, så længe denne opfylder K1 10 D-s2,d2 (Bilag 1a: 4.8). Se også kommissionsbeslutning i bilag eller TRÆ 75, side 350.

Hvis isoleringen er ringere end D-s2,d2, stiger kravet til K1 10 B-s1,d0 eller EI30 (Bilag 1a: 4.11.3.2). Dette kan udføres med en træplade kombineret med en gipsplade eller – når isoleringen er træfiber eller cellulosefiber– med en enkelt fibergipsplade, der er dokumenteret ved brandprøvning (Bilag 1a: 4.11.3.2).

Alle indvendige overflader har overfladekrav. Gennembrydninger gennem isolering ringere end B-s1,d0 eller materiale med densitet under 300 kg/m³ skal derfor udføres med brandhæmmende forfradåser (Bilag 1a: 4.11 og 4.10.1). Se afsnittet om overfladekrav og installationer.
Skillevægge kan pudses, lerspartles og males.



BRANDKRAV

Brandinddækning af isolering
Isolering ringere end D-s2,d2 skal have fuld brandinddækning (Bilag 1a: 4.11.3). Det gør det muligt at bruge alle isoleringstyper i vægge, også halm, når de indbygges korrekt (Bilag 1a: 4.11.3.2).

Beklædning med fibergibs
Ny produkt specifik prøvning muliggør at fibergibs kan anvendes som K1-10 B-s1-d0 eller bedre beklædning direkte på træfiber- eller papiruldsisolering i både måtte- og indblæst form. Løsningen opfylder overfladekravet og giver fuld brandinddækning af isolering ringere end D-s2, d2 i vægge, dæk, skillevægge og loft under tag (Bilag 1a: 4.11.3). Se Bilag

FUGT

Dampbremsen i denne konstruktion har en Z-værdi under ca. 50 MN·s/g. Derfor kan 1:10-reglen ikke anvendes i henhold til gængse anvisninger, og konstruktionen skal i stedet valideres med en fugtrisikovurdering. Det har vi gjort ved at anvende metoden ”Den trinvise fugtrisikovurdering”, som beskrevet i denne vejledning. På baggrund af denne vurdering er alle konstruktionerne fundet anvendelige uden anmærkninger.

MONTERING

Vådrum
Ved vådrum skal bemærkes, at både gulvbjælke- og stolpeafstanden bør være 300 mm eller mindre. På tegningen vises en gulvopbygning med fibergipssystem, der samtidig tilfører gulvvarme. I TRÆ 72 beskrives flere løsninger på vådrum, hvor vådrumssikringen laves direkte på træunderlag (Brandt & Munch-Andersen 2021). Vi vil anbefale et godkendt mineralsk materiale som underlag til gulvfliser eller en godkendt træplade som underlag for vinyl eller microcement. Ved microcement skal man være opmærksom på, at den eneste, der har en ETA-godkendelse på en hel vådrumsløsning, stiller krav til specifikt afløb og vådrumssikring (Conteco 2021). Følg altid producentens vejledninger.

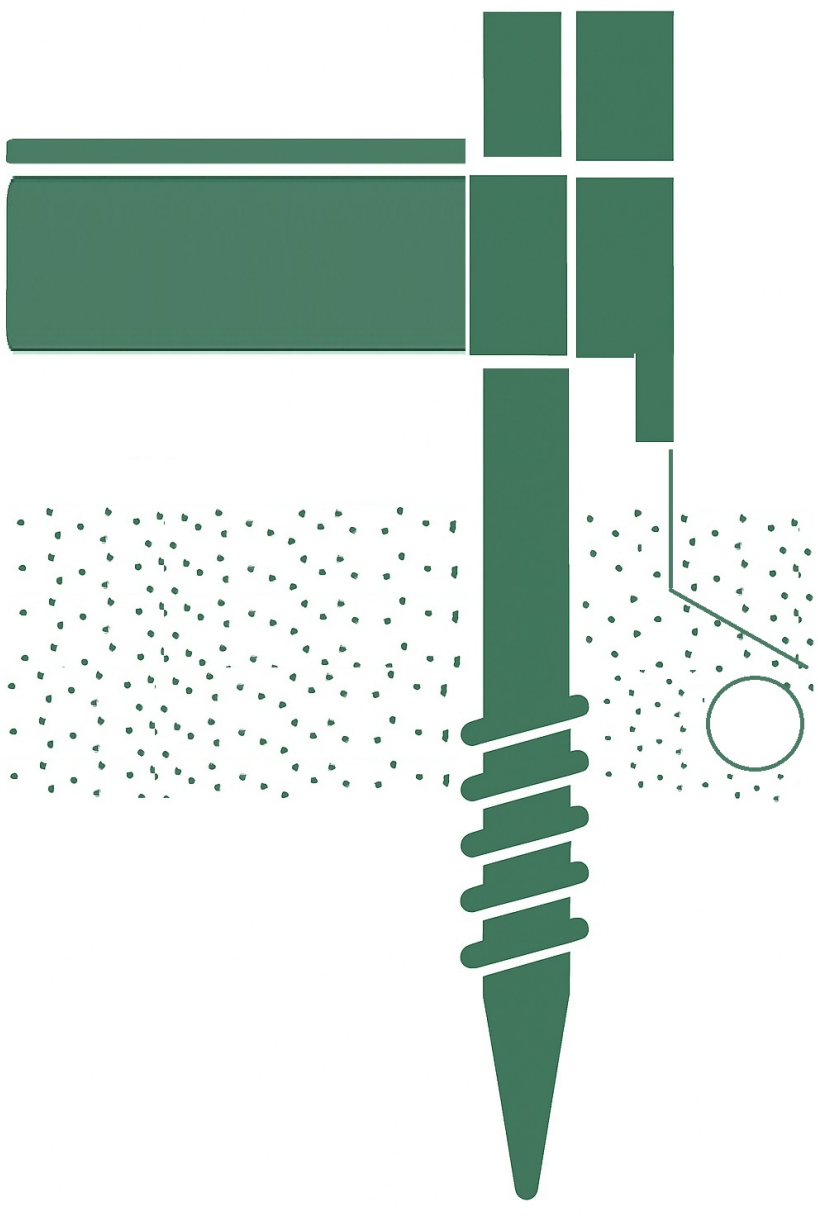
Ved vådrumsvæggen gælder det samme. Læs mere i afsnittet om vådrum.

Se alle vores forslag til fundamentsløsninger og læs mere uddybende, i udgivelsen: Fundamenter

Fundament
og bærende skillevæg

Hævede terrændæk
Anbefalinger og forudsætninger
Hævede terrændæk anbefales, når jordbundsforholdene er stabile, og når grundvandsstanden ligger under terræn hele året. Konstruktionen kræver et bæredygtigt bærelag uden behov for dybe fundamentskruer. Et omfangsdræn langs bygningen forbedrer afvandingen og mindsker risikoen for opfugtning af fundament og terræn.

Beklædningen afsluttes 100 mm over terræn. Afslutningen udføres med et lag små, runde sten på det drænende gruslag, så opsprøjt af regnvand reduceres. Faldstammen placeres tæt ved en ydervæg for nem serviceadgang.



Bæresystem
Fundamentskruer fungerer som punktfundamenter og kan demonteres og genanvendes. Dokumentation af styrken udføres med trykprøvemålinger ved montering. Skruepæle sættes ofte pr. 3 m. Bærende remme kan monteres direkte på skruerne og dimensioneres ved statisk beregning.

Brandforhold
Der findes ingen brandkrav til terrændæk, da konstruktionen ikke indgår i brandklassifikationerne. Vi har dog sikret, at der ikke utilsigtet kan blæse brandbart materiale ind under terrændækket, ved at etablere rendeafskærmning ved ydervæggene med skadedyrsnet.

Holdbarhed
Holdbarhed sikres ved at holde mindst 300 mm fri afstand mellem terræn og alle biobaserede materialer. Under konstruktionen ligger et 150 mm drænende gruslag. Regnskærmen kan føres ned til 100 mm over terræn, når der etableres et stenlag på 50–100 mm i en bredde på 400 mm rundt om
huset. Stenlaget ligger på en drænpude af grus, som sikrer afvanding og reducerer fugtpåvirkning.

Skadedyr og ventilation
Skadedyrssikring anbefales som standard, selv om der ikke er observeret tilfælde af skadedyr, der gennembryder biobaserede vindspærrer. Terrændækket lukkes delvist med massiv beklædning, som afsluttes 100 mm over terræn. Herfra monteres et mussenet 150 mm ned i terræn og med en udstrækning på 600 mm ud og 300 ned fra facaden.
Et alternativ er et mussenet under vindspærren kombineret med et mussenet ved soklen, let nedført i jorden. Begge løsninger giver ventilation, hindrer skadedyr og mindsker risikoen for brandmæssigt sårbare hulrum.

Installationer og inspektion
Afløbsinstallationer skal kunne inspiceres nedefra. Det kræver en frihøjde på mindst 600 mm under dækket. Dette sikres lettest ved at placere rørgennemføringer helt inde ved ydervæggene, så eventuelle reparationer kan udføres lokalt og kontrolleret ved at grave en inspektionskanal ned ved behov.

Radonsikring
Radonsikring er ikke nødvendig, fordi konstruktionen ikke er i direkte kontakt med jorden og derfor ikke skaber en radonindtrængningsvej.

Materialevalg
Bærende remme og nederste trædele kan fremstilles i gennemimprægneret træ for øget levetid. Almindelig nordiske træsorter fungerer også, når frihøjden overholdes.
Massiv lukning i fibercementplader frarådes. Pladerne kan give fugttekniske problemer sammen med biobaserede isoleringsmaterialer. Det står i modsætning til gældende SBI-anvisninger, som ikke omhandler terrændæk med biobaserede isoleringstyper. Derimod i byggende på mange års erfaring.

Sømning og skivevirkning
Undergulvet fungerer som skiveafstivning. En sømafstand på 150 mm skal overholdes for at sikre tilstrækkelig stivhed.

Overgangen mellem ydervæg og fundament
Konstruktionen følger et universelt princip, så samme funderingsløsning kan anvendes med små variationer afhængigt af ydervægstypen. Løsningen er tilpasset både elementbyggeri og opbygning på stedet. Derfor udføres den nederste ydervægsbeklædning som en separat enhed, der fører ydervæggens beklædning ned til 100 mm over terræn. Enheden tilpasses den valgte ydervægstype.

Særligt for halmydervæg
Ved en halmydervæg fastgøres en isoleret postekonstruktion til den bærende bundrem. Posterne udføres i spærtræ med 600 mm afstand og forbindes solidt til bundremmen. Øverst og nederst bindes konstruktionen sammen af remme. Postekonstruktionen understøtter halmelementets forkant og danner en stabil og sammenhængende overgang mellem ydervæg og fundament.
På postekonstruktionen monteres samme yderbeklædning som på resten af facaden. Ved terræn afsluttes opbygningen med en mussesikring, der føres ned under terræn.

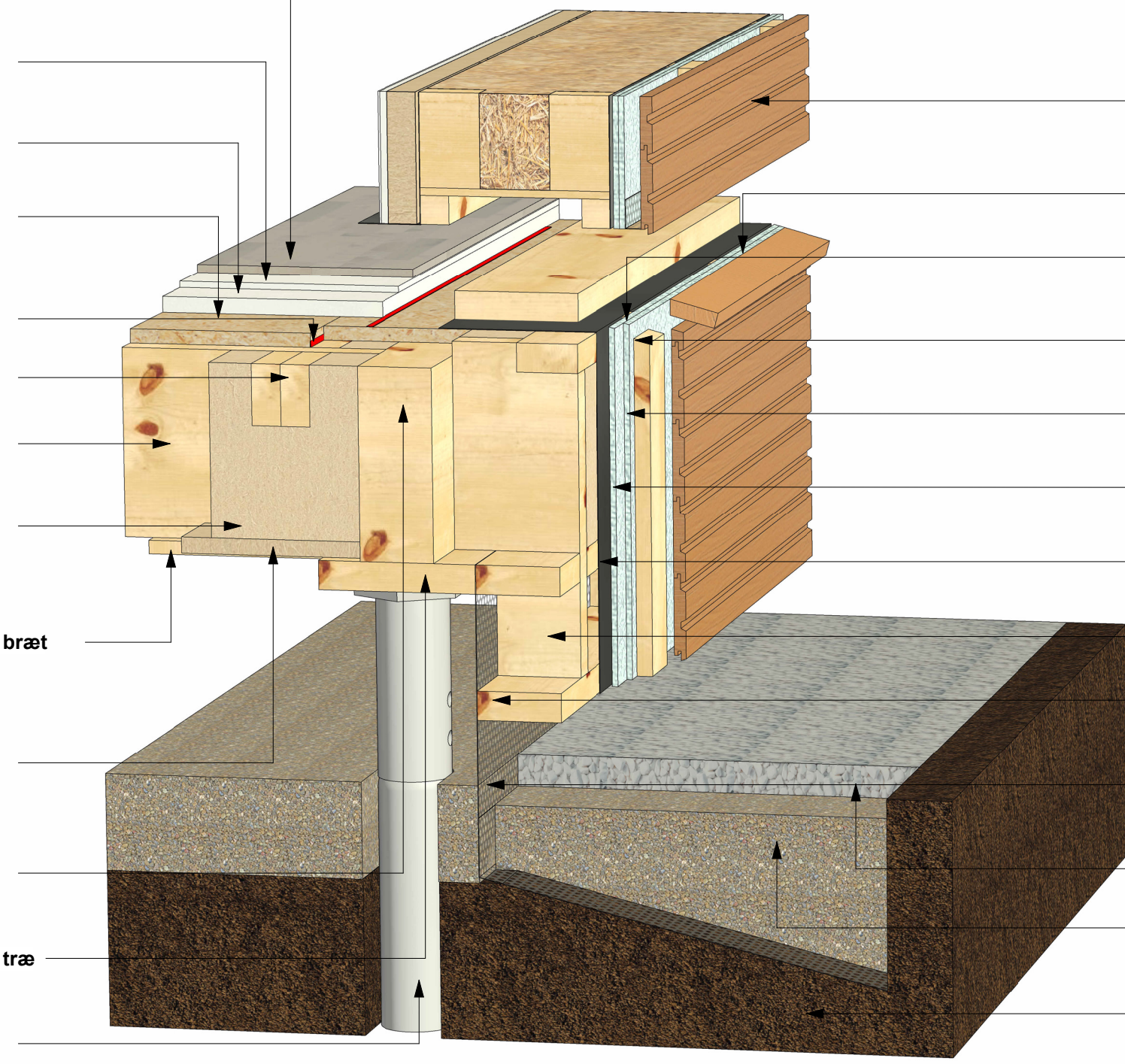
Bærende skillevæg

En bærende skillevæg skal opfylde R30-kravet. Den skal også opfylde det generelle overfladekrav for indvendige overflader. Vi viser en regelkonstruktion med stolper pr. 600 mm c/c og valgfri isolering i hulrummet. Væggen opnår R30 ved en brandinddækning med to lag 12,5 mm fibergips, som tilsammen giver EI30 og samtidigt sikre overfladekravet. Inddækningen beskytter den bærende konstruktion.

En alternativ løsning er at bruge dobbeltregler, hvor brandstyrken opnås gennem statisk beregning af gennembrændingstiden for dobbeltstolperne. Ét lag gips på en træplade – eller andre tolagsopbygninger – kan give den nødvendige brandinddækning af dobbeltreglerne og samtidig opfylde minimum K1 10 D-s2,d2 / klasse 2-beklædning. Statikeren kan derefter dokumentere den samlede R30-løsning i projektet.

Tæt træplade og samlinger
Terrændækket er afstivet med en tæt-træplade, der også fungerer som undergulv og som konstruktionens dampbremse. Træpladen er tykkere end væggenes pladelag og bærer derfor den horisontale afstivning.
Den bærende væg skal kunne rejses, før gulvet lægges. Derfor er der monteret et fast underlag til samlingen, og et mindre stykke undergulv er lagt ind under væggen. Denne løsning sikrer både stivhed og tæthed, når resten af gulvet etableres.

Installationer i bærende vægge
Alle indvendige overflader har overfladekrav. Derfor skal elinstallationer udføres med en brandhæmmende forfradåse eller en anden brandmæssig løsning, der ikke forringer væggens brandegenskaber (Bilag 1a: 4.10.1).





Halm

Hævet Terrændæk

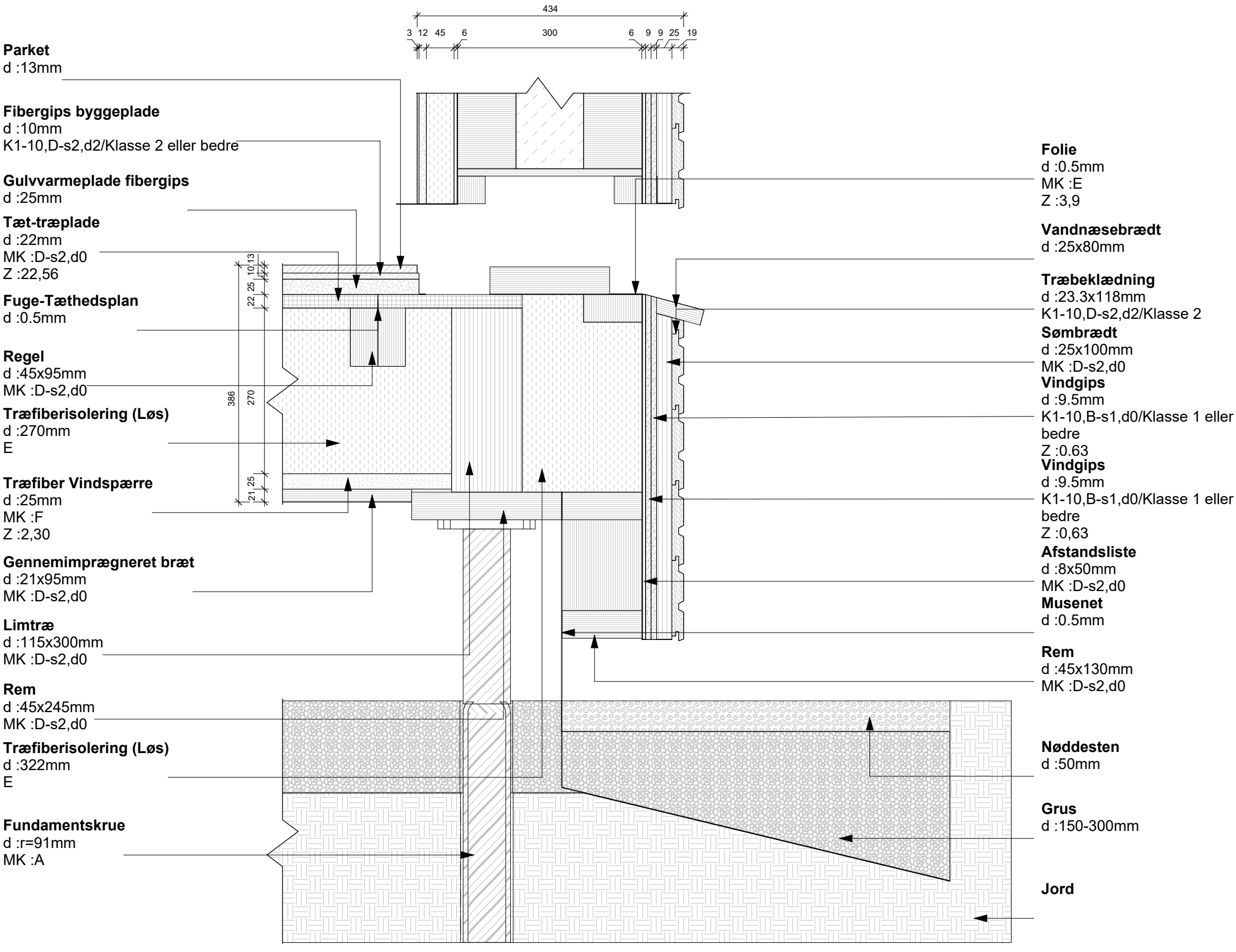
DIMENSION OG PRÆSTATION

Den viste konstruktion er mellemvarianten og fremhævet i skemaet. Lav og Høj er beregnede variationer med mindre eller større isoleringstykkelse. Værdierne omfatter A1–A3, B4(B6),C3–C4 efter BR18. Derudover er A4–A5 beregnet med 10 % spild og vist med grå skrift. (SH) markere sommerhuskrav

	Lav	Mellem(SH)	Høj
Iso. Dim. (mm)	Fun: 150 Væg: 220	Fun: 295 Væg: 345	Fun: 525 Væg: 545
U-værdi (W/(m²·K))	Fun: 0.25 Væg: 0.25	Fun: 0.14 Væg: 0.17	Fun: 0.08 Væg: 0.11
Kon. Dim. (mm)	Fun: 220 Væg: 305.1	Fun: 365 Væg: 430.1	Fun: 595 Væg: 630
LCA (kg CO2e)	-	Fun: 82.7 A4+A5 14.3 Væg: 26.3 10.3	-

PRAKTISK INFO

Forudsætninger og afstandskrav
Hævede terrændæk kræver stabile jordbundsforhold og lav grundvandsstand hele året. Beklædningen må føres ned til 100 mm over terræn, når der etableres et stenlag på 50–100 mm i en bredde på 400 mm rundt om bygningen. Biobaserede materialer skal holdes 300 mm over terræn for at opfylde kravene til konstruktiv materialebeskyttelse (Bilag 1a: afsnit 4.11.3).
Brandforhold
Terrændæk indgår ikke i brandklassifikationer, men brandmæssig sikkerhed sikres gennem afstandskravene til terræn. Regnskærmen må kun føres til 100 mm over terræn, når stenlaget er etableret (Bilag 1a: afsnit 4.5).
Skadedyr og ventilation
Skadedyrssikring anbefales. Terrændækket lukkes delvist med massiv beklædning afsluttet 100 mm over terræn. Herfra monteres et mussenet med mindst 300 mm bredde og 600 mm udlæg.
Installationer og radon
Afløbsinstallationer skal kunne inspiceres nedefra med en frihøjde på mindst 600 mm. Radonsikring er ikke nødvendig, da konstruktionen ikke står direkte på jorden (Bilag 1a: afsnit 4.3).
Materialer og dokumentation
Fundamentskruer fungerer som dokumenterbare punktfundamenter, da deres bæreevne kan måles op imod kravene. Vi foretrækker biobaserede vindspærreplader i terrændækkets bund frem for fibercementplader for at tilgodese de hygroskopiske egenskaber i konstruktionen. SBI anbefaler ikke organiske vindspærreplader til konstruktioner med mineralsk isolering.



BRANDKRAV

Brandinddækning af isolering
Isolering ringere end D-s2,d2 skal have fuld brandinddækning (Bilag 1a: 4.11.3). Det gør det muligt at bruge alle isoleringstyper i vægge, også halm, når de indbygges korrekt (Bilag 1a: 4.11.3.2).

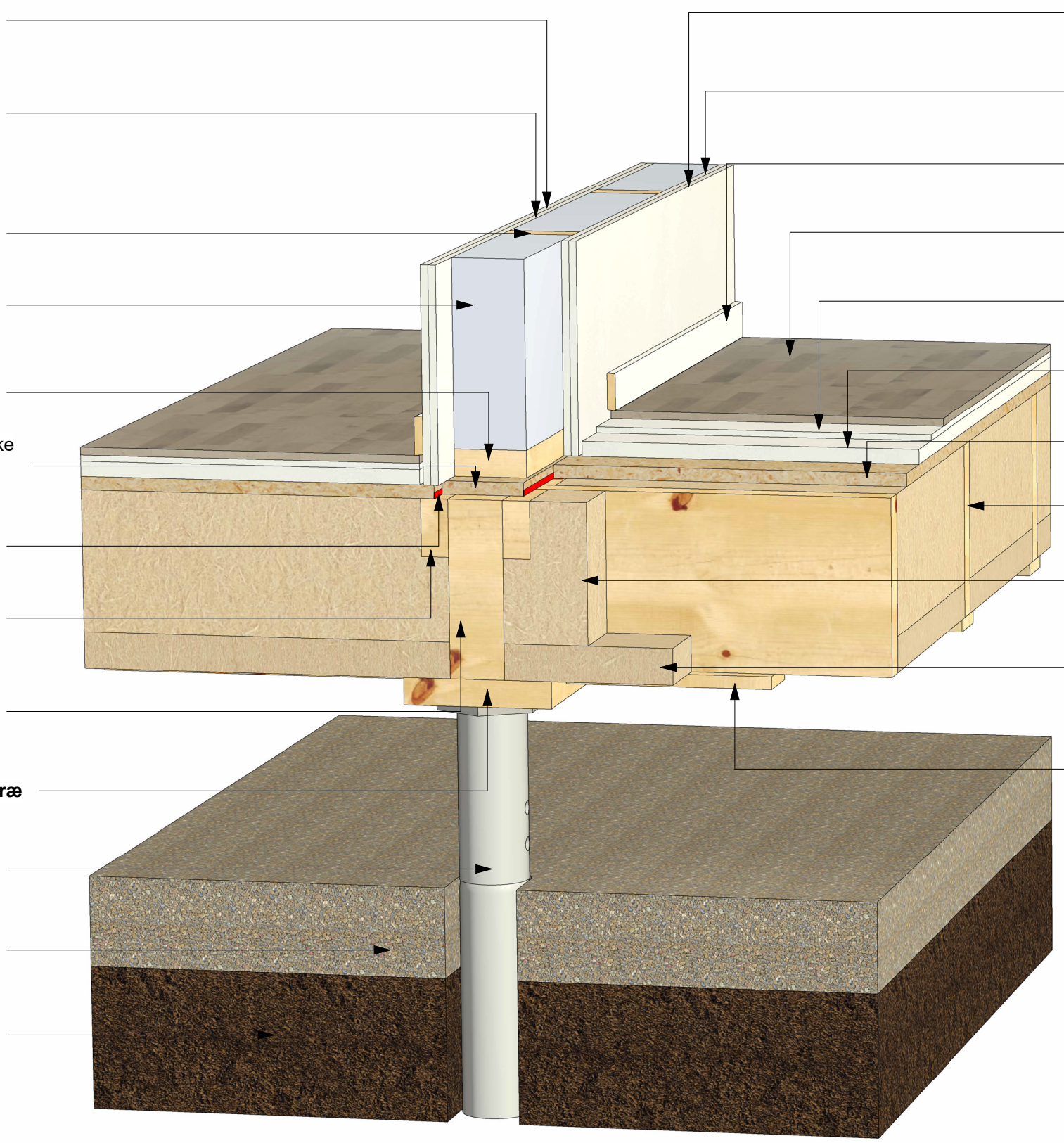
Beklædning med fibergibs
Ny produkt specifik prøvning muliggør at fibergibs kan anvendes som K1-10 B-s1-d0 eller bedre beklædning direkte på træfiber- eller papiruldsisolering i både måtte- og indblæst form. Løsningen opfylder overfladekravet og giver fuld brandinddækning af isolering ringere end D-s2, d2 i vægge, dæk, skillevægge og loft under tag (Bilag 1a: 4.11.3). Se Bilag

FUGT

Dampbremsen i denne konstruktion har en Z-værdi under ca. 50 MN·s/g. Derfor kan 1:10-reglen ikke anvendes i henhold til gængse anvisninger, og konstruktionen skal i stedet valideres med en fugtrisikovurdering. Det har vi gjort ved at anvende metoden ”Den trinvise fugtrisikovurdering”, som beskrevet i denne vejledning. På baggrund af denne vurdering er alle konstruktionerne fundet anvendelige uden anmærkninger.

MONTERING

Opbygning af terrændæk
Terrændækket etableres på et 150 mm drænende gruslag. Fundamentskruer fungerer som punktfundamenter og bærer remme i gran eller gennemimprægneret træ. Dækket lukkes delvist med massiv beklædning, der afsluttes 100 mm over terræn. Herfra føres et mussenet 300 mm ned og 600 mm vandret for skadedyrssikring og ventilation.
Regnskærm og terrænafslutning
Regnskærmen føres til 100 mm over terræn. Et lag små, runde sten lægges på gruslaget for at reducere opsprøjt. Terrænafslutningen føres hele vejen rundt om bygningen.
Installationer
Afløb placeres tæt ved ydervægge, så reparationer kan udføres lokalt. Frihøjden under dækket ved afløbet skal være mindst 600 mm. Faldstammen placeres tæt ved en ydervæg for adgang til en inspektionsrende efter behov.
Overgang til ydervæg
Den nederste beklædning udføres som en separat enhed på terrændækket og tilpasses ydervægstypen. Ved halmelementer ligger bærelinjen under den inderste regel og kræver, at tagkonstruktionen også placeres her. Uden på bundremmen opbygges en konstruktion af lodrette spærtræ pr. 600 mm, fastgjort med ribbede sømvinkler eller lignende. Hulrummet isoleres, bunden lukkes af med en underrem, og øverst nedstemmes en regel, der kraftfordeler halmelementets yderside. Vindspærre og beklædning kan enten afbrydes eller føres samlet i samlingen; i vejledningen er de afbrudt.





Halm

Bærende Skillevæg på Fundament

DIMENSION OG PRÆSTATION

Den viste konstruktion er mellemvarianten og fremhævet i skemaet. Lav og Høj er beregnede variationer med mindre eller større isoleringstykkelse. Værdierne omfatter A1–A3, B4(B6),C3–C4 efter BR18. Derudover er A4–A5 beregnet med 10 % spild og vist med grå skrift. (SH) markere sommerhuskrav

	Lav	Mellem	Høj
Iso. Dim. (mm)		Fun: 295 Væg: 145	
U-værdi (W/(m²·K))			
Kon. Dim. (mm)		Fun: 365 Væg: 170	
LCA (kg CO2e)	67.2	Fun: 68.8 A4+A5 12 Væg: 56.2 12.3	69.8

PRAKTISK INFO

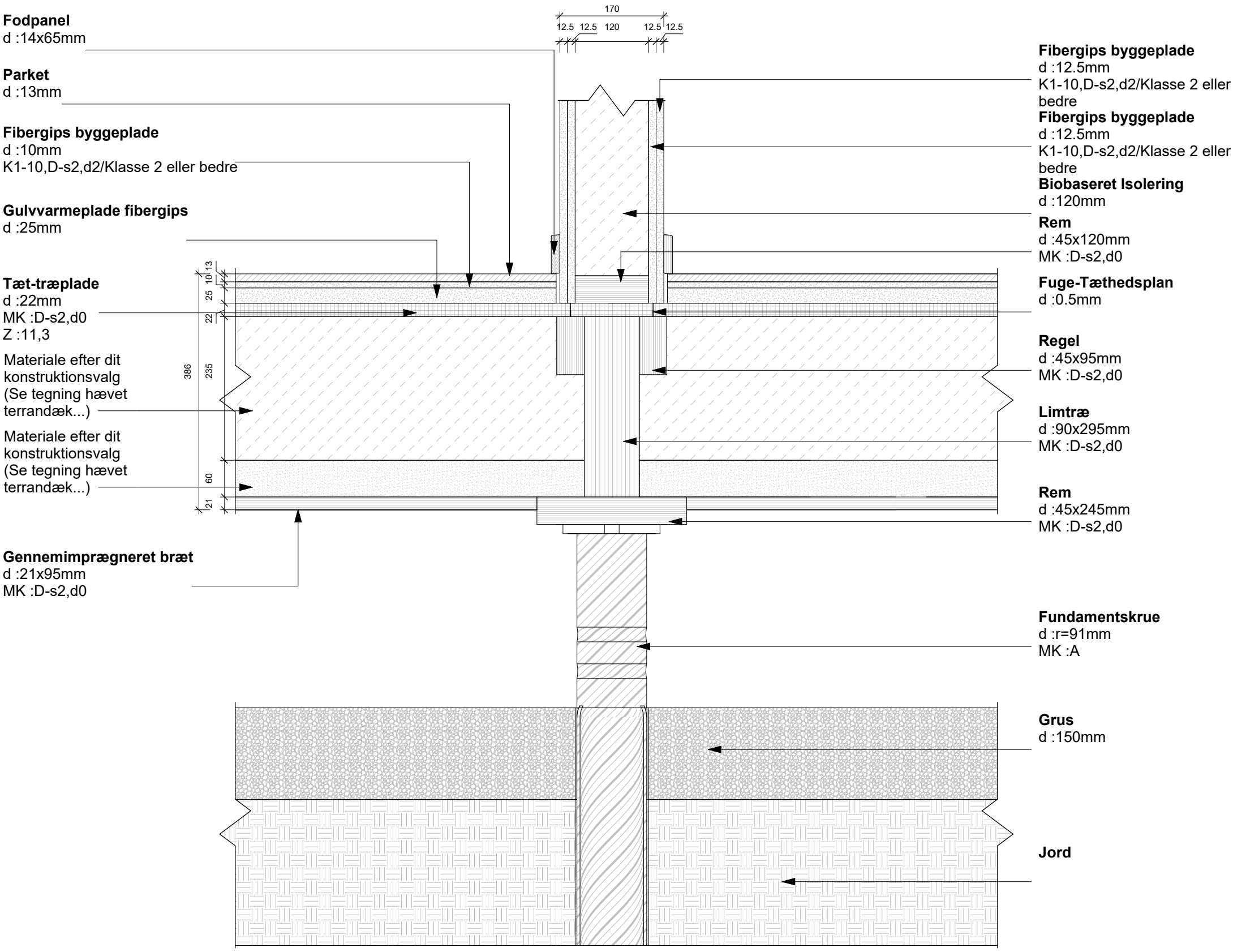
Den bærende skillevæg er vist som et principielt snit, og enkelte materialer kan variere efter projektets valg.

En bærende skillevæg skal opfylde R30-kravet og det generelle overfladekrav for indvendige flader. Vi viser en regelkonstruktion med stolper pr. 600 mm c/c og valgfri isolering i hulrummet. Væggen opnår R30 med to lag 12,5 mm fibergips, som tilsammen giver EI30 og beskytter konstruktionen.

En alternativ løsning er dobbeltregler, hvor brandstyrken dokumenteres gennem statisk beregning af gennembrændingstiden. Ét lag gips på en træplade– eller anden tolagsopbygning– kan give den nødvendige brandinddækning af dobbeltreglerne og samtidig opfylde minimum K1 10 D-s2,d2 / klasse 2-beklædning. Statikeren dokumenterer herefter den samlede R30-løsning i projektet.

Tæt træplade og samlinger
Terrændækket afstives med en tæt træplade, der fungerer som både undergulv og dampbremse. Træpladen er tykkere end væggenes pladelag og bærer den horisontale afstivning. Den bærende væg skal kunne rejses før gulvet. Derfor monteres et fast underlag til samlingen, og et mindre stykke undergulv lægges ind under væggen for at sikre stivhed og tæthed, når resten af gulvet etableres.

Installationer i bærende vægge
Alle indvendige overflader har overfladekrav. Derfor skal elinstallationer udføres med en brandhæmmende forfradåse eller en anden brandmæssig løsning, der ikke forringer væggens brandegenskaber (Bilag 1a: 4.10.1).



BRANDKRAV

Brandinddækning af isolering
Isolering ringere end D-s2,d2 skal have fuld brandinddækning (Bilag 1a: 4.11.3). Det gør det muligt at bruge alle isoleringstyper i vægge, også halm, når de indbygges korrekt (Bilag 1a: 4.11.3.2).

Beklædning med fibergibs
Ny produkt specifik prøvning muliggør at fibergibs kan anvendes som K1-10 B-s1-d0 eller bedre beklædning direkte på træfiber- eller papiruldsisolering i både måtte- og indblæst form. Løsningen opfylder overfladekravet og giver fuld brandinddækning af isolering ringere end D-s2, d2 i vægge, dæk, skillevægge og loft under tag (Bilag 1a: 4.11.3). Se Bilag

FUGT

Dampbremsen i denne konstruktion har en Z-værdi under ca. 50 MN·s/g. Derfor kan 1:10-reglen ikke anvendes i henhold til gængse anvisninger, og konstruktionen skal i stedet valideres med en fugtrisikovurdering. Det har vi gjort ved at anvende metoden ”Den trinvise fugtrisikovurdering”, som beskrevet i denne vejledning. På baggrund af denne vurdering er alle konstruktionerne fundet anvendelige uden anmærkninger.

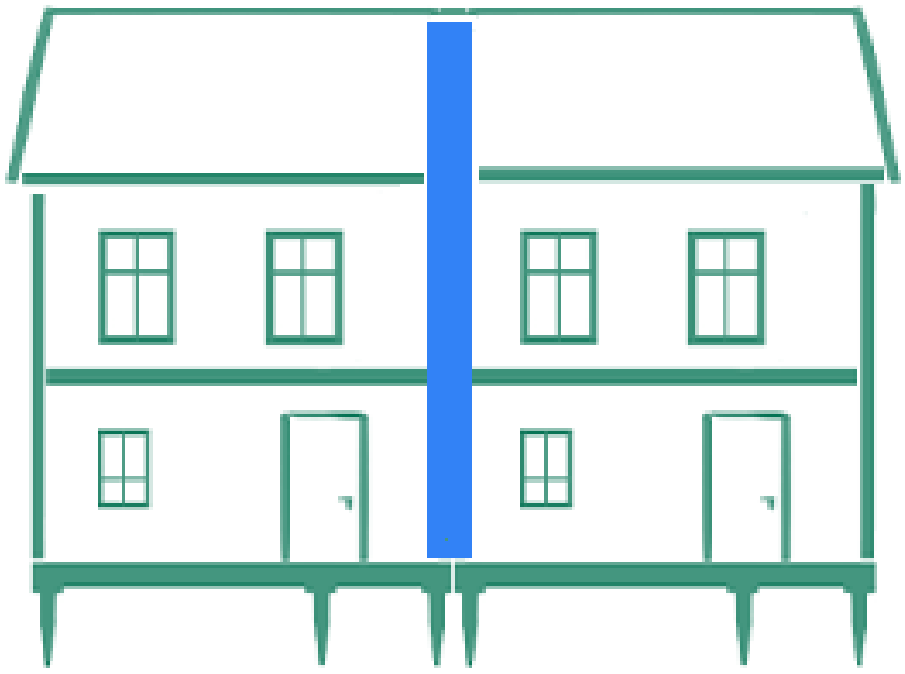
MONTERING

Forudsætninger og afstandskrav
Hævede terrændæk kræver stabile jordbundsforhold og lav grundvandsstand hele året. Beklædningen må føres ned til 100 mm over terræn, når der etableres et stenlag på 50–100 mm i en bredde på 400 mm rundt om bygningen. Biobaserede materialer skal holdes 300 mm over terræn for at opfylde kravene til konstruktiv materialebeskyttelse (Bilag 1a: afsnit 4.11.3).
Brandforhold
Terrændæk indgår ikke i brandklassifikationer, men brandmæssig sikkerhed sikres gennem afstandskravene til terræn. Regnskærmen må kun føres til 100 mm over terræn, når stenlaget er etableret (Bilag 1a: afsnit 4.5).
Skadedyr og ventilation
Skadedyrssikring anbefales. Terrændækket lukkes delvist med massiv beklædning afsluttet 100 mm over terræn. Herfra monteres et mussenet med mindst 300 mm bredde og 600 mm udlæg.
Installationer og radon
Afløbsinstallationer skal kunne inspiceres nedefra med en frihøjde på mindst 600 mm. Radonsikring er ikke nødvendig, da konstruktionen ikke står direkte på jorden (Bilag 1a: afsnit 4.3).
Materialer og dokumentation
Fundamentskruer fungerer som dokumenterbare punktfundamenter, da deres bæreevne kan måles op imod kravene. Vi foretrækker biobaserede vindspærreplader i terrændækkets bund frem for fibercementplader for at tilgodese de hygroskopiske egenskaber i konstruktionen. SBI anbefaler ikke organiske vindspærreplader til konstruktioner med mineralsk isolering.

Brandskel
Hvor skal de udføres?

DBB-typologien indbefatter følgende sammenbygning hvor brandadskillelse er på tale:

- *Klyngebyggeri (rækkehuse) op til 600 m² på en matrikel*
- *Klyngebyggeri (rækkehuse) under 1200 m² på hver sin matrikler*
- *Sammenbygning med erhverv kl.1 hvor hver bygning er op til 600 m²*
- *Med carport og værksted hvor alt inklusive bolig er maksimalt 600 m²*
- *Tilbygning op til i alt 600 m² inklusive hovedbygning (Ingen brandadskillende krav)*
- *Enfamiliehus kombineret med liberalerhverv i alt op til 600 m² (Ingen brandadskillende krav)*



Tilbygning og Liberal erhverv
En tilbygning kan udføres uden brandadskillelse, når eksisterende bygning og tilbygning samlet er højst 600 m². Det samme gælder liberale erhverv i tilknytning til boligen, f.eks. arkitekt, advokat eller hjemmekontor (Bilag 1a, afsnit 1.1.3).

Sammenbygning med erhverv kl. 1 og garage
Et enfamiliehus på højst 600 etage-m² kan sammenbygges med en erhvervsbygning i klasse 1, og der skal etableres et EI60-brandskel mellem bygningerne (Bilag 1a, afsnit 1.3.3.1). Der kan opføres flere erhvervsbygninger i klasse 1, når hver udgør en selvstændig brandcelle på højst 600 etagemeter (Bilag 1a, afsnit 1.3.3.1). BR18 stiller yderligere krav til erhvervsbygninger i klasse 1 vedrørende risikoklasse 1, maksimalt etageantal og tilladt brandbelastning (Bilag 1a, afsnit 1.3.3.1).

Integreret garage og værksted
En integreret carport og et værksted skal adskilles med en brandadskillelse i EI60. Hvis carporten har et areal under 50 m², kan adskillelsen udføres i EI30 (BR18, Bilag 1a, afsnit 4.2.5).

Rækkehuse på samme matrikel
Ved sammenbygning af enfamiliehuse på samme matrikel må det samlede byggeri være under 600 etage-m² i brandklasse 1 (Bilag 1a: 1.3.4). Hver bolig udføres som en selvstændig brandcelle adskilt med EI60 (Bilag 1a: 4.3.1). Vi vælger at tillægge brandskellet R30, så adskillelsen også kan være bærende (Bilag 1a: 4.6).

Rækkehuse på hver sin matrikel
Ved sammenbygning af enfamiliehuse på hver sin matrikel må det samlede byggeri være under 1.200 etagemeter i brandklasse 1 (Bilag 1a, afsnit 1.3.3.1). Hver bolig udføres som egen brandcelle med EI60, og vi tillægger R30, så adskillelsen kan være bærende (Bilag 1a, afsnit 4.3.1 og 4.6). Rækkehuse kan kun sjældent indgå i andre sammenbygninger i brandklasse 1 (Bilag 1a, afsnit 1.3.4).

Brandcelleadskillende bygningsdel i denne typologi udføres som EI60 (EI60+R30)

Hvordan udføres brandskel

Overordnede principper
EI60- + R30-løsningen er udviklet til at fylde minimalt, være let at dokumentere og kunne anvendes med alle isoleringstyper. Løsningen fungerer som brandskel og opfylder EI60, som krævet i denne typologi. Akustiske forhold er indtænkt, fordi boligskel også fungerer som lydskel. Konstruktionen tilføjes R30, så væggen kan bære laster, eksempelvis ved understøtning af åse i rækkehuse (Bygningsreglementet BR18, bilag 1a, afsnit 3.2.1 og 4.6). EI60 er en brandklassificeret bygningsdel, og derfor gælder overfladekravet K1 10 B-s1,d0 (Bilag 1a: afsnit 3.2.1 litra b).
BR18 skelner mellem brandceller og brandsektioner. CfBB-hustypologien omfatter kun brandceller, fordi brandsektioner først optræder ved byggerier over 1.200 etagemeter. Derfor dækker CfBB's EI60 + R30-løsninger kun projekter under denne størrelse. Byggevejledningerne er ikke udtømmende. BR18 kapitel 5, bilag 1a beskriver flere muligheder og supplerende krav.

Opbygning af EI60 + R30-væggen
Væggen opbygges af forskudte 45 mm brede regler, dimensioneret efter væghøjde. Forskydningen reducerer lydforplantning mellem vægfladerne. Begge sider beklædes med to lag 12,5 mm fibergips, som samlet opfylder EI60 og samtidig giver konstruktionen R30-bæreevne (BR18, bilag 1a, afsnit 4.6). Isoleringstype vælges frit. Ifølge Fermacell (2023) opnås EI60 med dobbelte lag fibergips på hver side. Lydteknisk er væggen endnu ikke fuldt valideret.

Installationer
Installationer udføres efter væggens brandklasse. Brandsikre forfradåser kan anvendes (KAISER 2024)(BR18, bilag 1a, afsnit 4.10.1; TBST 2022). Hvis væggen også skal reducere lydforplantning mellem boliger, kan installationer omsluttes af en boks af fibergips (BR18, bilag 1a, afsnit 4.10; TBST 2022).
Installationskabler skal være godkendte og placeres, så de ikke kan bryde brandbarrieren. Alle huller skal fuges med godkendt gips eller brandfuge (Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen 2018).

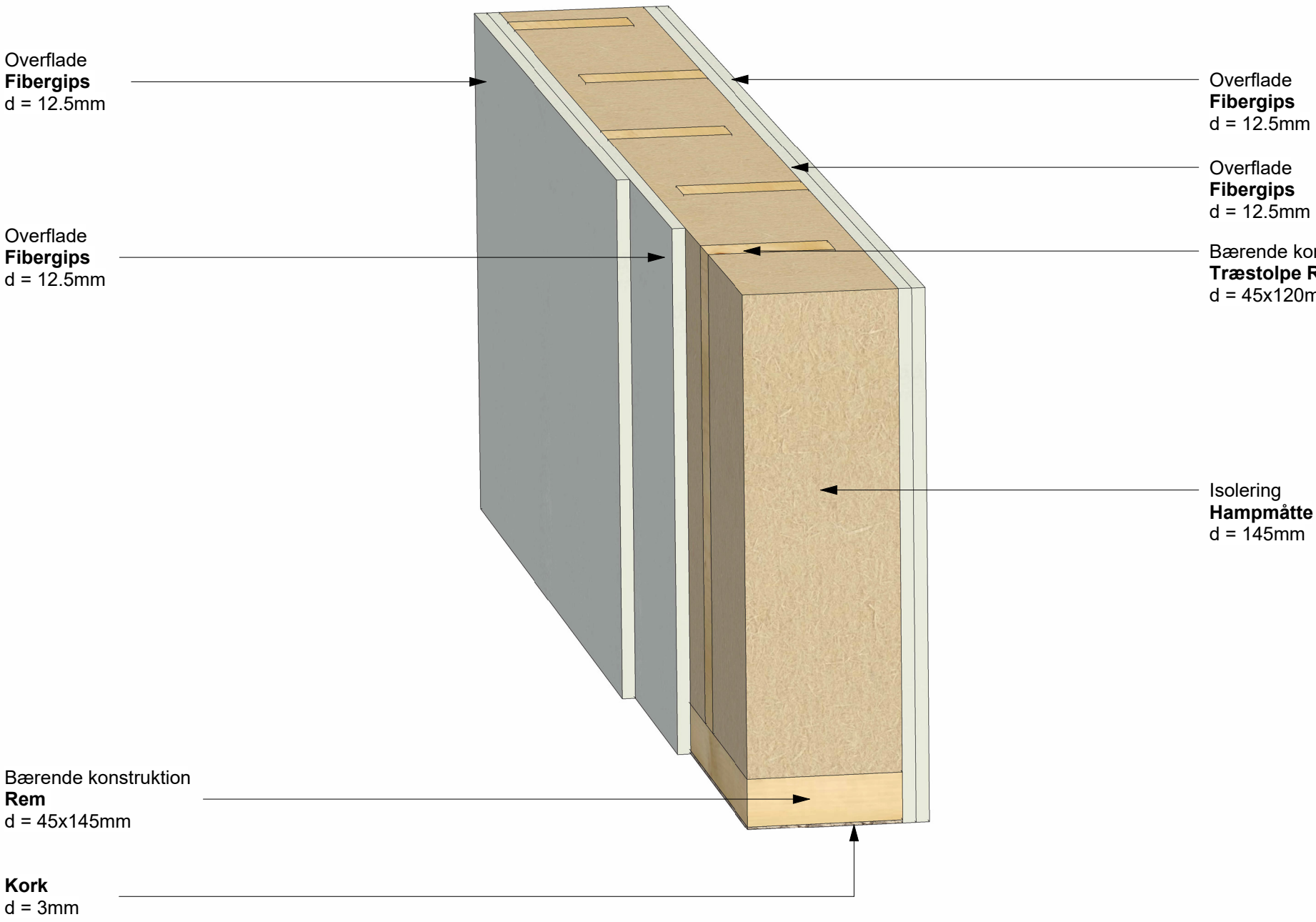
Placering i bygningen
Brandskel, der opdeler brandceller, placeres indvendigt og føres ned til terrændækket. Der er ingen krav til placering på dækket, kun at væggen står direkte på det. Ved ydervægge kan EI60-konstruktionen afsluttes ved den indvendige beklædning eller længere inde i væggen. CfBB afslutter ved dampbremsen for at undgå brud i lufttætheden og for at sikre, at den indvendige beklædning i ydervæggen ikke påvirker lydgennemgangen.
Ved lofter skal EI60-væggen som minimum føres til undersiden af loftbeklædningen, men CfBB fører den til dampbremsen af samme årsag (BR18, bilag 1a, afsnit 4.6).

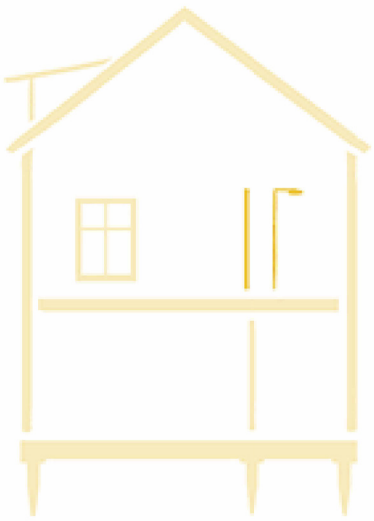
Placering mod skel eller anden bygning
Denne typologi indeholder ikke et brandskel, der samtidig fungerer som ydervæg. Hvis afstandskravene ikke kan overholdes, skal der projekteres en løsning efter rådgivers anvisning (BR18 kapitel 5 – afstandskrav).

Dokumentation af afslutning mod væg
Løsningen dokumenteres ved udeladelse af modstridende krav i BR18 kapitel 5, bilag 1a. Projektets brandrådgivere har ikke kunne finde beskrivelse af afslutning for brandcelleadskildelse i bilaget.

Forskellen på brandceller og brandsektioner

I brandteknisk planlægning opdeles bygninger i brandceller og brandsektioner. Brandceller og brandsektioner adskilles af brandadskillende bygningsdele.
En brandcelle er et rum eller en bolig, hvorfra brand ikke må sprede sig i den tid, der er nødvendig for evakuering og for redningsberedskabets indsats. En brandsektion består typisk af flere brandceller og adskilles med bygningsdele med højere brandmodstandsevne for at begrænse brandspredning i større områder.
Brandadskillende bygningsdele som vægge, lofter og etagedæk skal udføres med dokumenteret brandmodstandsevne, og samlingerne skal være tætte.
Bygningsreglementet BR18 kapitel 5, bilag 1a anvender ikke begrebet brandcelle, selv om bilaget beskriver deres anvendelse i de præaccepterede løsninger. Det kan skabe uklarhed om kravene til brandmæssig opdeling. I De Biobaserede Byggevejledninger dokumenterer vi derfor brandcelleadskillelser ud fra fraværet af modstridende krav. Tre tilknyttede brandinspektører vurderer, at dette giver grundlag for at anerkende løsningen som præaccepteret, når udførelsen følger gældende brandtekniske principper.





Halm

Brandskel

DIMENSION OG PRÆSTATION

Den viste konstruktion er mellemvarianten og fremhævet i skemaet. Lav og Høj er beregnede variationer med mindre eller større isoleringstykkelse. Værdierne omfatter A1–A3, B4(B6),C3–C4 efter BR18. Derudover er A4–A5 beregnet med 10 % spild og vist med grå skrift. (SH) markere sommerhuskrav

	Lav	Mellem	Høj
Iso. Dim. (mm)		145	
U-værdi (W/(m²·K))			
Kon. Dim. (mm)		195	
LCA (kg CO2e)			

PRAKTISK INFO

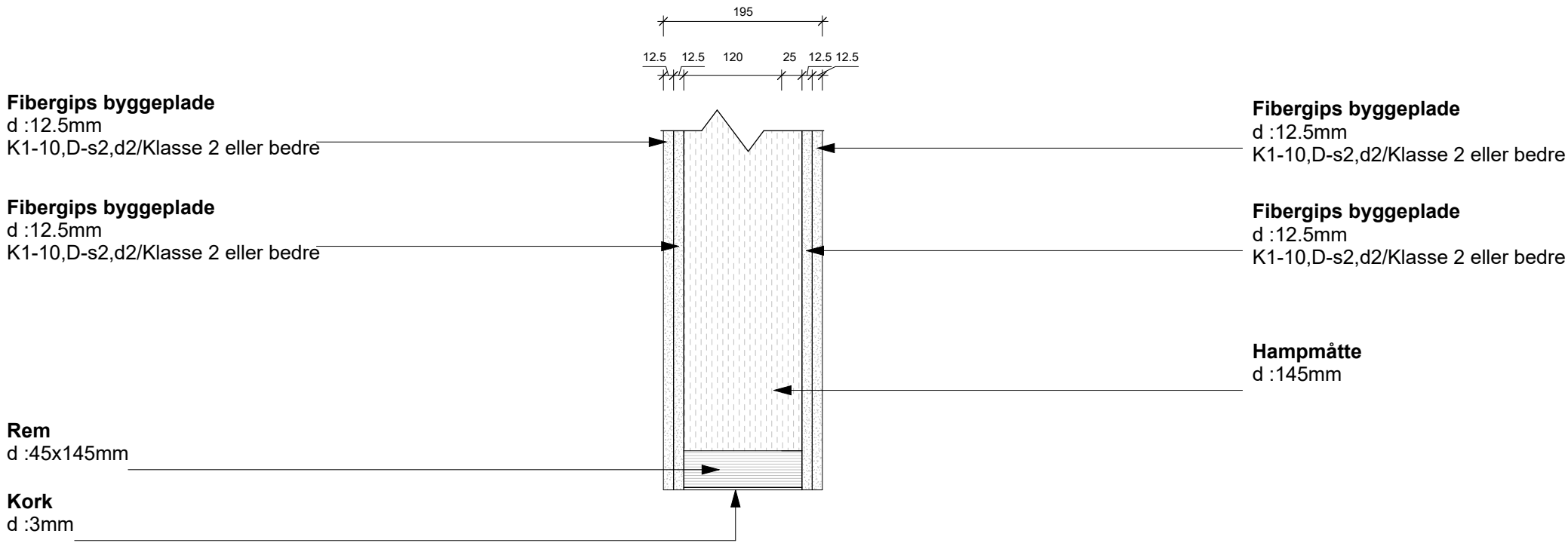
EI60 + R30-væg – montagefokus
Montøren opbygger væggen med forskudte 45 mm regler, som dimensioneres efter væghøjden. Forskydningen reducerer lydforplantning mellem siderne. Begge sider beklædes med to lag 12,5 mm fibergips. Lagene skrues forskudt, samlinger tætnes, og den samlede beklædning opfylder EI60 og giver R30-bæreevne. Isoleringen indlægges tæt mellem reglerne. Alle typer isolering kan bruges.

Installationer placeres efter væggens brandklasse. Hvis der bruges forfradåser, skal de være brandklassificerede. Installationskabler lægges, så de ikke bryder brandlaget. Gennemføringer fuges med godkendt gips eller brandfuge. Hvis væggen også skal dæmpe lyd, omsluttes installationer af en ekstra gipsboks.

Væggen monteres som indvendigt brandskel og føres ned til terrændækket. Der er ingen krav til væggens placering på dækket, men væggen skal stå direkte på det. Mod ydervæg afsluttes konstruktionen ved dampbremsen for at undgå brud i lufttætheden og sikre stabil lydreduktion. Ved lofter føres væggen som minimum til undersiden af loftbeklædningen, men i denne løsning føres den op til dampbremsen.

Hvis brandskellet placeres tæt på naboskel eller en anden bygning, skal afstandskravene vurderes. Hvis de ikke kan overholdes, kræver det en særskilt projekteret løsning.

Væggen dokumenteres ved anvendelse af relevante dele af BR18 kapitel 5, bilag 1a. R30 betyder, at væggen regnes som bærende, og bæreevnen dokumenteres med statiske beregninger.



BRANDKRAV

Brandinddækning af isolering
Isolering ringere end D-s2,d2 skal have fuld brandinddækning (Bilag 1a: 4.11.3). Det gør det muligt at bruge alle isoleringstyper i vægge, også halm, når de indbygges korrekt (Bilag 1a: 4.11.3.2).

Beklædning med fibergibs
Ny produkt specifik prøvning muliggør at fibergibs kan anvendes som K1-10 B-s1-d0 eller bedre beklædning direkte på træfiber- eller papiruldsisolering i både måtte- og indblæst form. Løsningen opfylder overfladekravet og giver fuld brandinddækning af isolering ringere end D-s2, d2 i vægge, dæk, skillevægge og loft under tag (Bilag 1a: 4.11.3). Se Bilag

FUGT

Dampbremsen i denne konstruktion har en Z-værdi under ca. 50 MN·s/g. Derfor kan 1:10-reglen ikke anvendes i henhold til gængse anvisninger, og konstruktionen skal i stedet valideres med en fugtrisikovurdering. Det har vi gjort ved at anvende metoden ”Den trinvise fugtrisikovurdering”, som beskrevet i denne vejledning. På baggrund af denne vurdering er alle konstruktionerne fundet anvendelige uden anmærkninger.

MONTERING

1. Klyngebyggeri på én matrikel (op til 600 m²): Her kan boligerne sammenbygges uden yderligere typologisk begrænsning. Brandadskillelsen udføres som EI60 mellem boligerne.

2. Klyngebyggeri på flere matrikler (op til 1.199 m²): Når rækkehusene ligger på hver sin matrikel, og det samlede byggeri er under 1.200 m², vælges EI60 mellem boligerne. CfBB tillægger R30, så adskillelsen kan bære lodrette laster. Hvis byggeriet kombineres med andre sammenbygninger, kan EI60 normalt ikke bruges.

3. Tilbygning eller liberalt erhverv (samlet≤ 600 m²): Når boligen og tilbygningen samlet er højst 600 m², kræves ingen brandadskillelse. Det samme gælder boliger med tilknyttet liberalt erhverv som arkitektvirksomhed, advokat eller hjemmekontor (Bilag 1a, afsnit 1.1.3).

4. Sammenbygning med erhverv klasse 1 (≤ 600 m² pr. enhed): Et enfamiliehus op til 600 m² kan sammenbygges med en erhvervsbygning i klasse 1. Her vælges et EI60-brandskel mellem bygningerne. Flere erhvervsbygninger kan opføres, hvis hver er en brandcelle på højst 600 m².

5. Integreret garage eller værksted: Garage eller værksted integreret i boligen kræver EI60 mod boligen. Hvis carporten er under 50 m², kan EI30 anvendes (Bilag 1a, afsnit 4.2.5).

Hvad er tankerne bag ?

De Biobaserede Byggevejledninger

Projektets trebenede målsætning

Projektet har en trebenet målsætning. Vi har udviklet vejledning til biobaserede byggemetoder og andre cirkulære metoder, der understøtter en bæredygtig udvikling af byggeriet samt skov- og landbrug. Byggemetoderne skal være bioøkonomiske, gangbare og bygbare.

Bioøkonomiske metoder
Bioøkonomiske metoder skal understøtte den bæredygtige udvikling af natur, landbrug og skovdrift i Danmark og Nordeuropa. Målet er at skabe løsninger, der giver mening i et geopolitisk perspektiv, og som styrker en langsigtet ressourceøkonomi.

Gangbare løsninger
Gangbare løsninger skal kunne anvendes inden for dansk byggelovgivning, almindeligt teknisk fælleseje og dansk byggeskik. Vejledningen skal derfor bygge på kendte principper og dokumenterbare metoder.

Bygbarhed i praksis
Bygbare løsninger skal være genkendelige for udførende fagfolk. Materialerne skal være tilgængelige, og løsningerne skal kunne udføres økonomisk og teknisk forsvarligt.

I de kommende afsnit kan du læse om de fund og overvejelser, vi har gjort os undervejs i projektet. Vi gennemgår:

- Hvad skal du tænke på, når du planlægger?
- Hvordan understøttes bæredygtig udvikling?
- Brand – Bygningsdele med brandmodstandsevne R30
- Brand – Overfladekrav og brandinddækning
- Fugt – Krav og strategi
- Fugt – Risikovurdering til innovation
- Konstruktiv og kemisk træ- og materialebeskyttelse
- Holdbarhed – Konstruktiv og kemisk træ- og materialebeskyttelse
- Energiløsninger
- LCA – Følger europæisk standard og BR18
- Isoleringstykkelser og referencehuset
- Konstruktionens LCA-resultater

Hvad skal du tænke på når du planlægger?

Prissætning
Erfaringerne tyder på, at biobaseret byggeri kan være mellem 5 % billigere og 20 % dyrere end konventionelt byggeri. Materialerne er ofte dyrere, fordi markedet fortsat er lille. Til gengæld kan de i nogle tilfælde gøre byggetiden kortere og dermed sænke prisen. En tidlig og solid projekteringsproces er derfor afgørende for både pris og kvalitet.

Valg af rådgiver
Ændringer sent i processen er dyre og komplicerede – især hvis projektet først senere får tilføjet biobaserede materialer. Bygherren bør derfor engagere en arkitekt, byggerådgiver eller håndværker med dokumenteret erfaring i biobaseret byggeri allerede fra projektets start. Det er vigtigt at afklare, om rådgiverne for statik og brand også har erfaring på området.

Valg af håndværker
Håndværkere med erfaring i biobaseret byggeri har ofte praktisk viden, der gør udførelsen mere effektiv. Det kan være en fordel at inddrage en sådan håndværker tidligt i processen. Hvis den første kontakt sker til en håndværker frem for en arkitekt eller byggerådgiver, bør disse fagpersoner inddrages efterfølgende – eventuelt gennem håndværkerens netværk.

Valg af fundamenttype

Skruefundament
Valget af fundamenttype afhænger af bygherrens ønsker og af jordbundsforholdene. Hvis bygherren ønsker skruefundamenter, kan en tidlig inddragelse af en håndværker være en fordel. Håndværkeren kan ofte udføre en prøveboring hurtigt og billigt, hvilket giver værdifuldt input til design og beslutninger. En geoteknisk undersøgelse vil normalt være nødvendig senere.
Vejledningen indeholder forslag til både hævet terrændæk og lavtliggende terrændæk med isoleret dræn. Hvis man vælger et traditionelt stribefundament med eller uden betondæk, bortfalder muligheden for at reducere klimapåvirkningen på den del af byggeriet, der normalt giver den største belastning. Til gengæld bliver projekteringen ofte enklere.

Pudefundament
Hvis de bæredygtige jordlag ligger dybt, kan et vægtaflastende fundament være en løsning. Biobaserede konstruktioner er generelt lette, og vejledningen beskriver derfor et forslag til denne fundamenttype. Princippet er, at bygningens vægt ikke må overstige vægten af den jord, man fjerner. Løsningen fungerer særligt godt som pudefundament og kan samtidig anvendes i mange andre situationer.

Valg af konstruktionstype
Flere faktorer påvirker valget af konstruktionstype. Konstruktionstyperne i projektet er forholdsvis universelle og kan tilpasses mange overfladetyper og forskellige fundamenter.

Halm
Man opfører typisk halmkonstruktioner som elementbyggeri, ofte i tømrerentreprise. Konstruktionen kan lukkes hurtigt mod vind og vejr. Isoleringen skal brandbeskyttes, men yderbeklædningen kan være mere åben efter behov. De øvrige materialer kan som regel bestilles gennem almindelige trælasthandler, hvilket gør planlægningen lettere. Halm er et overskudsprodukt i landbruget og rummer et interessant klimamæssigt potentiale.

Hamp
Hampekonstruktionen kræver omfattende murerarbejde og anvender tungere materialer. Det giver en høj termisk masse og en god lydisolering. Hampekalken har en høj brandklasse, hvilket gør det muligt at anvende næsten alle typer biobaseret isolering i væggene. Hamp er en enårig afgrøde med betydelige klima- og miljømæssige fordele for landbruget.

Træ
Trækonstruktionen ligger tæt på klassisk tømrerarbejde og kan udføres som elementbyggeri eller bygges direkte på stedet. Konstruktionen er vejrbeskyttet, så snart man har monteret træfiber-vindspærre og undertag. Det reducerer samtidig kuldebroer i den færdige konstruktion. Den isolerende yderskærm sætter dog nogle rammer for både regnskærm og tagudtryk. Yderbeklædningen skal være lukket, så træfiberen ikke er synlig. På taget kan man bruge de fleste materialer, men enkelte nye materialeløsninger er endnu ikke fuldt afprøvede.

Forsikring og finansiering
Det er ikke muligt at få byggetilladelse uden en forsikring, der dækker eventuelle uheld under byggeprocessen. Det er tilsvarende ikke muligt at få finansiering uden en sådan forsikring.

Byggeskadeforsikring – et strukturelt problem
Projektets undersøgelser viser en generel usikkerhed om muligheden for at tegne byggeskadeforsikring ved biobaseret byggeri. Det kan umiddelbart se ud, som om materialerne skaber problemet, men analysen viser, at udfordringen primært skyldes et meget begrænset marked for byggeskadeforsikringer.
Markedet har få udbydere, og kravene betyder i praksis, at kun de største entreprenørvirksomheder kan opfylde betingelserne. Blandt kravene er:

- Virksomheden skal have eksisteret i mindst fem år uden underskud.
- Virksomheden skal deponere et beløb svarende til byggesummen i hele den femårige dækningsperiode.

Disse krav udelukker reelt små og mellemstore virksomheder, herunder mange med erfaring i biobaseret byggeri. Problemet er derfor strukturelt og rammer biobaseret byggeri særligt hårdt, fordi kompetencerne ofte ligger hos mindre aktører.

All Risk-forsikring for selvbyggere
Bygherrer, der ønsker biobaseret byggeri, står typisk mellem to valg:

- En aftale med en stor entreprenør, hvor erfaringen med biobaseret byggeri kan være begrænset.
- En byggeansøgning som selvbygger.

Mange vælger selvbyggermodellen og tager enkelte fag ud af hovedentreprisen – ofte malerarbejdet. Entreprenøren giver tilbud på alle øvrige arbejder, mens bygherren selv indgår aftale om malerarbejdet. I disse tilfælde skal bygherren tegne en All Risk-forsikring (entrepriseforsikring), der dækker udførelsen, også for det arbejde bygherren selv udfører.

Kompetenceinddragelse ved totalentreprise
Hvis man vælger en større entreprenør, som opfylder kravene til byggeskadeforsikring og tager totalentreprisen, bør bygherren sikre, at biobaseret viden bliver en del af projektet. Det kan ske ved:

- Øget tilstedeværelse af en arkitekt eller byggerådgiver med erfaring i biobaseret byggeri.
- Krav om brug af underentreprenører med dokumenteret erfaring i biobaserede byggemetoder.

Uanset valg af model er det muligt at tegne de nødvendige forsikringer, hvis man ønsker at bygge biobaseret.

Leverandørernes parallelle udgivelser med produktgaranti
Leverandørerne udgiver parallelt deres egne byggevejledninger, som ligner DBB. De giver produktgaranti, hvis man følger deres løsninger. De uddyber dette i deres egne vejledninger.

Byggeansøgningen
Byggevejledningen er udarbejdet til byggeri i brandklasse 1 og inden for de præaccepterede løsninger i BR18 Bilag 1a. Vejledningen indeholder løbende henvisninger til Almindeligt teknisk fælleseje og gældende lovgivning, som kan bruges til dokumentation, hvis det bliver nødvendigt. Dermed kan vejledningen anvendes som opslagsværk – både til selve byggeriet og til dokumentationssporene.
Bygherren skal stadig engagere rådgivere til at dokumentere krav som statik, LCA og energirammeberegning.

Hvordan understøtters bæredygtig udvikling?

Afsæt I FNs bæredygtighedsagenda

Projektet De Biobaserede Byggevejledninger tager afsæt i FN's dagsorden for bæredygtig udvikling og arbejder konkret med at skabe handlekraft til bæredygtighed i byggebranchen. Handlekraften består både af de faglige kompetencer og den praktiske drivkraft, der gør det muligt for alle aktører at bidrage til den nødvendige omstilling. (United Nations 2015)



(Verdensmålene.dk, u. å.)

Metode

Projektet udvikler og formidler byggemetoder, der understøtter den bæredygtige udvikling af byggeriet, og som er valideret i forhold til byggelovgivningens krav gennem alment teknisk fælleseje.

Metoden tager afsæt i biobaserede løsninger, der er biobaserede, bygbare og gangbare. Arbejdet fokuserer på lav miljøpåvirkning, høj kvalitet og overholdelse af gældende lovgivning. Udviklingen sker med blik for lokale og geopolitiske forhold, så metoderne kan bruges bredt i praksis.

Bioøkonomisk tilgang

Nordeuropa har bæredygtigt forvaltede skove og restfibre fra etårige vækster i landbruget. Disse ressourcer udgør et solidt grundlag for biobaserede byggematerialer, som lagrer CO_2 i stedet for at udlede det (Rasmussen 2022; Rasmussen u.å.). For at anvendelsen kan betegnes som bioøkonomisk, skal både mængden af biomasse og den lokale værdiskabelse vokse i takt med efterspørgslen. Projektet arbejder derfor med biogene materialer fra bæredygtigt skov- og landbrug, hvor dyrkning og forarbejdning også understøtter social og økonomisk udvikling. (European Commission 2025)

Mulighed for nye forsyningskæder

Undersøgelser peger på, at biobaserede materialer kan spille en central rolle i den grønne omstilling af byggeriet. Materialernes reelle bæredygtighed afhænger dog af, hvordan de produceres. Der ligger derfor et stort potentiale i at udvikle nye afgrøder og forsyningskæder, hvor fibre fra protein- eller olieproducerende planter kan styrke både fødevareforsyningen og byggesektoren.

Produktionen af biobaserede materialer i Danmark er i dag begrænset. De fleste materialer i projektets sortiment kommer fra nabolande med mere udviklede forsyningskæder. En del af projektets formål er derfor at skabe viden, efterspørgsel og incitamenter, der kan fremme dansk produktion i fremtiden. (Nielsen, Nord-Larsen & Jørgensen 2024; Artelia 2024)

International regulering og begrebsafklaring

EU-Parlamentet har fra 2019 til 2024 vedtaget direktiver, der indsnævrer lovlig brug af begreber som "bæredygtig" og "klimaneutral". I 2024 udsendte EU's ombudsmand nye retningslinjer for brugen af disse termer i kommunikation og markedsføring. Projektet følger disse principper og bruger kun begreber, der kan dokumenteres og forstås.

Af samme grund er betegnelsen biogent udskiftet med biobaseret, og "Center for Bæredygtig Byggevejledning" har ændret navn til Center for Biobaseret Byggevejledning. Den biobaserede betegnelse giver større klarhed og præcision og understøtter de komplekse hensyn, som den bæredygtige udvikling i byggeriet kræver. (European Parliament & Council of the European Union 2024)

Verdensmål og lokal tilpasning

Projektet arbejder direkte med FN's verdensmål 4 (uddannelse), 9 (industri, innovation og infrastruktur) og 17 (partnerskaber), og indirekte med verdensmål 3, 8, 11, 12, 13, 15 og 16. Projektet arbejder inden for FN's 3D-agenda: miljø (klima), samfund og økonomi – tre områder, der er indbyrdes forbundne og gensidigt afhængige.

Det er samtidig afgørende, at byggemetoderne er geopolitisk forankrede. De skal tilpasses de naturgivne ressourcer, byggeskikke og lovgivningsmæssige rammer, der gælder i det område, hvor de skal bruges – i dette tilfælde Nordeuropa. (State-of-the-Art, CfBB 2025)

Byggeri der understøtter den bæredygtige udvikling
De Biobaserede Byggevejledninger (DBB) fungerer som et redskab til at støtte bæredygtigt udvikling byggeri i praksis. Vejledningerne reducerer byggeriets samlede klimapåvirkning ved at fokusere på materialevalg, ressourceforbrug og designløsninger, der fremmer en ansvarlig brug af naturens ressourcer. DBB giver samtidig mulighed for at balancere hensynet til materialernes indlejrede klimapåvirkning med bygningens energiforbrug i driftsfasen, så både konstruktion og anvendelse understøtter den bæredygtige udvikling.

Grænseværdier i BR18
Bygningsreglement 2018 (BR18) § 298 fastsætter grænseværdier for bygningers klimapåvirkning. Kravene gælder for nybyggeri og tilbygninger og er differentieret efter bygningstype og størrelse. Formålet er at reducere byggeriets samlede CO_2-udledning over bygningens livscyklus.
Sommerhuse, campinghytter og andre ferieboliger under 150 m² må maksimalt udlede 4,0 kg CO_2-ækv./m² pr. år. Sommerhuse og ferieboliger på 150 m² eller mere må udlede op til 6,7 kg CO_2-ækv./m² pr. år. Den samme grænse på 6,7 kg CO_2-ækv./m² pr. år gælder for stuehuse til landbrugsejendomme samt fritliggende enfamiliehuse og række-, kæde- og dobbelthuse. (Transport- og Boligministeriet 2018)

Materialer og driftsenergi
For at overholde BR18's grænseværdier skal man vurdere både klimapåvirkningen fra opførelsen og den energi, boligen forbruger i driftsfasen. Materialernes produktion og transport bidrager til udledningen i byggefasen. Materialer med lavt klimaaftryk kan derfor reducere belastningen betydeligt.
I driftsfasen bestemmer isoleringstykkelsen bygningens varmebehov, og valg af energikilde har stor betydning for udledningens størrelse. En bolig, der bruger materialer med lav klimapåvirkning og er opført som en energieffektiv konstruktion med vedvarende energikilder, har de bedste forudsætninger for at overholde BR18's krav. (Zimmermann et al. 2020)

Reduction Roadmap
Reduction Roadmap er et forskningsbaseret initiativ fra BUILD, Aalborg Universitet, og samarbejdspartnere i branchen. Initiativet opstiller videnskabeligt funderede reduktionsmål for byggeriets klimapåvirkning, så sektoren kan bidrage til at opfylde Paris-aftalen. Roadmappet viser, at klimapåvirkningen fra nybyggeri senest i 2025 bør reduceres til maksimalt 5,8 kg CO_2-ækv./m² pr. år og i 2029 helt ned til 0,3 kg CO_2-ækv./m² pr. år. (Reduction Roadmap 2023)

De Biobaserede Byggevejledninger
De Biobaserede Byggevejledninger fokuserer på materialernes indlejrede klimapåvirkning fra produktion, transport og anvendelse. Vejledningerne giver samtidig mulighed for at træffe valg, der påvirker bygningens driftsfase, eksempelvis isoleringstykkelser, hvor balancen mellem materialeforbrug og energibesparelse spiller en væsentlig rolle.

Livscyklus og klima
De første LCA-estimater viser, at Halm og Træ ligger omkring 3,0 kg CO_2e/m² for bygningsdele og dermed forventes at kunne opfylde både BR18's klimakrav frem mod 2029 og niveauerne i Reduction Roadmap. Hamp ligger højere, omkring 3,8 kg CO_2e/m², og kan sandsynligvis klare kravene i 2025 og 2027, men vil kræve optimering for at nå 2029-niveauet. En samlet løsning, der bruger de mest klimaeffektive konstruktioner på tværs af DBB, kan komme ned omkring 2,3 kg CO_2e/m² – cirka 30–35 % under 2029-kravet. Det viser, at biobaserede konstruktioner kan levere robuste og konkurrencedygtige klimaløsninger allerede i den tidlige projektering.

Selv om at LCA-beregningerne viser potentiale vurderer vi, at den nuværende LCA-praksis i som samfundspraksis endnu ikke giver et retvisende billede af byggeriets klimapåvirkning. Der er mere at hente. Det sker især, fordi LCA-beregning stadig er under udvikling, og fordi meget af den tilstødende viden er relativ og vanskelig at sætte i et entydigt forhold. Vi hilser derfor den fortsatte udvikling af LCA-metoder velkommen.

I mellemtiden fokuserer vi på det nordiske potentialer for at opbygge nye forsyningskæder mellem landbrug, skovbrug, byggeri og energisektor. Vi mener, at udviklingen af biobaserede byggemetoder er en central nøgle.

R30 kravene til bærende bygningsdele

Alle bygningsdele, der indgår i bygningens statik, har et krav om brandmodstandsevne på R30. Det betyder, at konstruktionen skal kunne opretholde sin bæreevne i 30 minutter under brand. Ud over dette krav har alle indvendige overflader et overfladekrav. Læs mere om overfladekrav i længere nede.

DBB indregner ydervægge, bærende skillevægge, etagedæk og tag som R30 for at give så frie arkitektoniske rammer som muligt. Da statikken i et hus under alle omstændigheder skal dokumenteres ved en byggeansøgning, anvender vi statiske beregninger til at opfylde R30-kravene. I CFBB-biblioteket findes en eksempelberegning. (Se bilag)

Eksemplerne tager udgangspunkt i en konservativ situation, hvor branden angriber træbjælker og stolper fra tre sider, efter at den har brændt sig gennem beklædningen. Derfor ligger gulvbjælker dobbelt i etagedækket. På den måde kombineres R30-kravet med et design, hvor etagedækket fylder mindre.

Alle elinstallationer skal have samme brandklasse som den bygningsdel, de indgår i. Det kan løses med en branddåse (KAISER 2024). Du kan se de brandmodstandsevnekrav, vi har anvendt, i tabel 1.

Bygningsdel	Krav	Validerings metode	Aktualitet
Ydervæg	**R30**	Løst ved statisk beregning	Vi antager, at den skal kunne bære spær
Etagedæk	**R30**	Løst ved statisk beregning	Vi antager, at den skal kunne afstive bygningens ydervægge
Tag	**R30**	Løst ved statisk beregning	Vi antager, at det afstiver husets ydervægge
Bærende skillevæg	**R30**	Løst ved statisk	Er bærende
Terrændæk	**Ingen**		Indgår ikke formelt i husets statik, men er løst med konstruktion lignende ydervæggene

Tabel 1 *Viser hvilke brandmæssige bæreevne krav der gør sig gældende. De lilla mærkerede felter er krav vi der anvendes i denne byggevejledning og de grå er krav der ikke er anvendt fordi de ikke er aktuelle for konstruktionerne i denne byggevejledning.*

Elinstallationer må ikke forringe brandegenskaberne

Elinstallationer må ikke forringe en bygningsdels overfladekrav eller brandadskillende egenskaber (Bilag 1a: 4.10.1). Kravene gælder også inde i indbygningsdåser. Hvis en bygningsdel bruges til at opfylde et overfladekrav eller som brandskel, må indbygningsdåsen derfor ikke svække de dokumenterede brandegenskaber. Vi beskriver tre løsninger.

Brandsikker indbygningsdåse

FUGA-systemets brandsikrede dåse er ikke dokumenteret til isolering ringere end B-s1,d0. Vi peger derfor på det europæiske system, hvor der findes større variation i udformning og tilbehør. En løsning er Kaisers brandsikrede dåse, som giver EI30 med alle isoleringstyper. Materialet i dåsen skummer op ved brand og holder tæt i 30 minutter. Det dækker både almindelige overfladekrav og de to gange EI30, som vores EI60-brandskel består af (Kaiser 2024).

Brandsikring ved inddækning

Elinstallationer kan også brandsikres ved inddækning.

Dette kan udføres med brandgips hele vejen rundt om dåsen. Brandgipsen er et certificeret gibspulver, der blandes op og hærder hurtigt (Mulcol International 2021).

En anden løsning er at bygge en brandboks med en K1 10 B-s1,d0-overflade, der samtidig opfylder EI30 eller bedre. To lag gips eller en træplade kombineret med fibergips kan opfylde dette krav (Træ 78).

Brand
Overfladekrav og brandinddækning

Som udgangspunkt anvender vi i denne hustypologi to overfladekrav. Fordi nyere europæiske standarder sammenholdes med ældre danske standarder, findes der i praksis to måder at opfylde hvert krav på:

K1-10 D-s2,d2 svarer til brandklasse 2.
K1-10 B-s1,d0 svarer til brandklasse 1. (Dansk Standard 1990; CEN/BSI 2018)

Begge overflader er lukkede, så man ikke kan se den bagvedliggende konstruktion. D-s2,d2 svarer materialemæssigt til træ, mens B-s1,d0 svarer til hempcrete eller gipskartonplade. Træ 78 indeholder eksempler på opbygninger, der opfylder kravene. (Træinformation 2014)

Alle indvendige overflader har overfladekrav. Elinstallationer, der gennembryder en overflade og skaber hul ind til isolering med lavere klassifikation end B-s1,d0 eller ind i massivt materiale over 300 kg/m³ og klassifikation D-s2,d0, skal udføres med en brandhæmmende forfradåse. (Bilag 1a, afsnit 4.10.1)(KAISER 2024)

I DBB anvendes dokumentation ofte efter EU-kommissionens beslutning. (European Commission 2014a)

Konstruktionens komponenter	Krav indvendigt	Krav udvendigt
Bemærkninger: Der er kommisionsbeslutninger, der klassificerer de fleste træoverflader, vedrørende K1-10 og D-s2, d2. Krav gælder også R30. EI60 bygningsdele har altid K1-10 B-s1,d0 eller bedre	Overfladekrav er minimumskrav og relaterer til alle overflader inklusiv vægge, skillevægge, lofter. (Undtaget gulv).	Overfladekrav er minimumskrav og relaterer til alle overflader på ydervæggene. D.v.s. vindspærre og -puds eller anden uventileret beklædning
Ved vindspærre med densitet større end 300 kg/m³ og isolering D-s2, d2 – eller bedre og regnskærm K1-10 D-s2, d2 - eller bedre	K1-10 D-s2, d2 eller Beklædningsklasse 2	Ingen
Ved vindspærre med densitet mindre end 300 kg/m³ og isolering D-s2, d2 eller bedre og regnskærm K1-10 D-s2, d2 - eller bedre	K1-10 D-s2, d2 eller Beklædningsklasse 2	K1-10 D-s2, d2 eller Beklædningsklasse 2
Ved isolering D-s2, d2 eller bedre og regnskærm ringere end K1-10 D-s2, d2	K1-10 D-s2, d2 eller Beklædningsklasse 2	K1-10 B-s1, d0 eller Beklædningsklasse 1
Ved isolering er ringere end D-s2, d2	K1-10 B-s1, d0 eller Beklædningsklasse 1	K1-10 B-s1, d0 eller Beklædningsklasse 1

Tabel 2 *Viser de kombinerede brandinddæknings- & overfladekrav der gør sig gældende. De lilla mærkerede felter er krav, der anvendes i denne byggevejledning, mens de grå er krav, der ikke er anvendt, fordi de ikke er aktuelle for konstruktionerne i denne byggevejledning.*

Overfladekrav til tag – BRoof(T2)

Overfladekravet til tagkonstruktionen er BRoof(T2). Det er selve tagbeklædningen, der har opnået denne klassificering ved brandprøvning.

Det er vigtigt at være opmærksom på, at visse tagbeklædninger kun opfylder BRoof(T2), hvis de monteres på et bestemt underlag. Her skelnes der mellem underlagets densitet og dets brandmodstandsevne – i dette tilfælde typisk undertaget.

En række tagbeklædninger er dog omfattet af en kommissionsbeslutning fra EU, som fastlægger deres BRoof(T2)-klassificering uden yderligere krav til underlaget. (Kommissionen 2014)

BRoof(T2)-kravet udgør et fundamentalt vilkår i hele CfBB-typologien og bør derfor altid være sikret tidligt i projekteringen.

FUGT
Krav og strategi

Krav i BR18 og SBI-anvisninger til dem

Bygningsreglementet (BR18) kræver, at byggeri udføres uden risiko for skadelig kondens eller fugtophobning (BR18 §334–335). Der stilles krav til bygningens lufttæthed (maks. 1,0 l/s pr. m² ved 50 Pa) (BR18 §263), men ikke til specifik placering eller type af dampspærre eller dampbremse.
AAU's anvisninger supplerer med konkrete tekniske principper. De anvender ordet dampspærre:
Dampspærren skal placeres på den varme side af isoleringen, være luft- og damptæt i hele fladen og indgå i bygningens tætte klimaskærm. Hvis dampspærren har en z-værdi over 50 MN·s/g, anbefales et 1:10-forhold i diffusionsmodstand mellem dampspærren og den udvendige vindspærre for at sikre udtørring mod den kolde side. Hvis z-værdien er under 50 MN·s/g, skal der udføres en fugtvurdering (Brandt, 2013, SBi-anvisning 224).

Fugttekniske strategi

I De Biobaserede Byggevejledninger har vi arbejdet ud fra 2 grundlæggende fugttekniske principper der tager udgangspunkt at alle konstruktioner følger BR18's nuværende anbefalinger for fugtanvendelsesklasse 3.:

1. Overholdelse af gældende anvisninger
Hvis dampspærren har en z-værdi over 50 MN·s/g, anvendes et minimumsforhold på 1:10 mellem damptæthed i den udvendige vindspærre og den indvendige fugtbremse. Hvis den er under 50 MN·s/g skal der udføres en fugtteknisk vurdering.

2. Fugtteknisk risikovurdering
Vi har udført fugtteknisk vurdering på alle konstruktioner. Vi har taget udgangspunkt i den tyske standart DIN 4108 - tilføjet parametre svarende til danske standarter, lovgivning og klima. Ligeledes har vi anvendt en systematik hvormed vi har kunne arbejde dynamisk i vores innovationsproces. Læs mere i afsnittet *Den Trinvise FugtRisikovurdering*

Overholdelse af gældende anbefalinger

Fugt i bygninger som diskurs
Fugtvandring i bygninger har fået stigende opmærksomhed i det seneste årti. Biobaserede materialer fylder mere, og de kræver en anden forståelse af fugt. Materialerne er hygroskopiske. De optager og afgiver fugt, og det ændrer fugtbalancen i konstruktionerne.
Forskere undersøger i øjeblikket, hvordan disse egenskaber påvirker fugthåndtering i praksis. De arbejder med både feltmålinger og teoretiske modeller. Én pointe står tydeligt: Tætte samlinger er afgørende for konstruktionens holdbarhed.

I De Biobaserede Byggevejledninger følger vi en konservativ tilgang men læner os op af nye metoder. Vi følger BR18 og dimensionerer alle konstruktioner til fugtanvendelsesklasse 3. Klassen forudsætter høj fugtbelastning og ukendt beboersammensætning. Den gør samtidig bygningen egnet til udlejning uden konflikt med forsikring. Vi følger forskningen tæt og afventer den konsensus, der kan føre til revideringer af de tilknyttede SBI-anvisninger (Bygningsreglementet 2018).

1:10-reglen – dokumenteret dampmodstand
Alle konstruktioner i vejledningen overholder anbefalingen om et minimumsforhold på 1:10 mellem den udvendige og den indvendige del af tæthedsplanet. Anbefalingen gælder dog ikke, når en dampspærre har en Z-værdi under 50 MN·s/g. Kun når dampbremsens Z-værdi er over 50 MN·s/g, får den dokumentationsmæssig betydning. I disse tilfælde anvises der, at dampbremsen eller dampspærren skal have en Z-værdi, der er mindst ti gange højere end den udvendige vindspærre eller den yderste flade i konstruktionen. Det kan være en uventileret pudset overflade eller en pladebeklædning. (Brandt, 2013, SBi-anvisning 224)
Reglen sikrer, at dampdiffusionen i konstruktionen ikke skaber fugtproblemer, ved at mindske risikoen for kondens og opfugtning i konstruktionen.

Samlinger og tæthed
Der er bred enighed om, at samlingerne skal være tætte. Derfor prioriterer vi et konstruktivt design, der understøtter:
– tætte samlinger med fast og kontinuerligt underlag under alle overlæg.
– installationszoner, hvor teknik føres uden gennembrydning af dampbremsen.
– brug af plademateriale frem for folier, når det er muligt. Plader giver større mekanisk holdbarhed over tid.

Fugtteknisk risikovurdering – mellem videnskab og praksis

Der er bred enighed i forskningsmiljøerne om, at langtidsmålinger på fuldskala forsøgsopstillinger er den mest pålidelige metode til at vurdere bygningers holdbarhed i forhold til fugtvandring. Forskere er dog uenige om, hvor længe målingerne skal løbe for at være metodisk valide. De grundigste hypoteser peger på måleperioder på op mod ti år for at opnå tilstrækkelig dokumentation.
Feltstudier af eksisterende bygninger giver nyttig viden om, hvordan konstruktioner sandsynligvis har opført sig i praksis. Der er mange tegn på, at flere løsninger har klaret sig fornuftigt. Alligevel forbliver vurderingen et kvalificeret skøn, fordi fugtniveauer og brugsmønstre sjældent er målt systematisk over tid.
Når det gælder fugtanvendelsesklasse 3, kan feltdata ikke anvendes som dokumentation. Klassen forudsætter en konstant høj fugtbelastning, som ikke findes i almindelige boliger. Der findes derfor ingen sammenlignelige erfaringer at basere vurderingerne på.
I De Biobaserede Byggevejledninger samarbejder vi med forskningsmiljøer og forsøgsopstillinger, så vi kan justere vores praksis i takt med ny viden. Vi må dog – som alle andre aktører i byggeriet – acceptere, at næsten alt nybyggeri i dag udføres på baggrund af risikovurderinger.

Vores tilgang hviler på ét standpunkt: Risikovurderingsmetoder skal være alment tilgængelige – også for små og mellemstore aktører. Vi har derfor udviklet en metode, der er både konservativ og praktisk. Den placerer resultaterne i den kritiske og sikre ende. Samtidig er metoden så enkel, at flere professionelle i biobaseret byggeri kan efterprøve og videreudvikle den.

Et kritisk og praktisk anvendeligt udgangspunkt

Vi vurderer, at fordelene ved at vælge et kritisk og konservativt udgangspunkt i vores risikovurderingsmetode langt overstiger ulemperne. Når vi lægger os i den sikre ende, får vi et tydeligere grundlag for at argumentere for metodens resultater. Det styrker både troværdigheden og den praktiske anvendelighed af vejledningen.
Dette metodiske valg har ikke givet begrænsninger i praksis. Vi har kunnet få alle konstruktioner til at fungere inden for metodens rammer uden at fravælge løsninger på grund af dokumentationskrav.

Vi har dog mødt enkelte anomalier. Det er konstruktionsprincipper, der ikke kan dokumenteres med gængse modelleringsværktøjer, men som fungerer i praksis. Ét eksempel er en væg af ler, halm og kalkpuds. Den har bestået brandprøver og er i drift i eksisterende byggeri. Alligevel viser den et næsten omvendt dampforhold i forhold til tæthedsplanet, og ingen af de etablerede simuleringsprogrammer kan få konstruktionen til at virke på papiret.
Sådanne tilfælde viser, at modeller og virkelighed ikke altid følges ad. De understreger behovet for at udvikle mere præcise metoder til risikovurdering af fugt – både i biobaseret byggeri og i konventionelt byggeri.

Hvorfor vi kun bruger betegnelsen dampbremse ?
I byggevejledningerne anvender vi konsekvent betegnelsen dampbremse – også for materialer med høje z-værdier. Træbaserede materialer er hygroskopiske og kan optage og afgive fugt. Det gør dem i stand til at bidrage til fugtreguleringen i konstruktionen, selv når deres z-værdi ligger i et tæt interval.
Eksisterende anvisninger vurderer primært materialerne ud fra diffusionsmodstand og indregner endnu ikke de hygroskopiske effekter. I vores vejledninger beskriver vi derfor materialernes funktion i praksis og deres rolle i den samlede fugtbalance.

Vores definition af en dampbremse
Vi definerer en dampbremse som den indvendige del af tæthedsplanet, der begrænser fugttransport ved diffusion, så der ikke opstår skadelig kondens eller fugtophobning i konstruktionen. og samtidig understøtter konstruktionens hygroskopiske egenskaber.

Hvad er z-værdi, og hvordan udregnes den?
Z-værdien angiver, hvor stor modstand et materiale yder mod vanddamps diffusion. Den bruges til at vurdere materialets tæthed og opgives i $m^2 \cdot s \cdot Pa/kg$.
Z-værdien beregnes som:
$z = \mu \times d$
hvor μ er diffusionsmodstandstallet (enhedsløst), og d er materialets tykkelse i meter.
En høj z-værdi betyder høj dampmodstand, som man ser ved dampspærrer. Materialer som træfiber og mineraluld har lave z-værdier og er diffusionsåbne. Angivelser i $GPa \cdot s \cdot m^2/kg$ sidestilles med $MN \cdot s/g$.
Densiteten påvirker ikke dampmodstanden, men har betydning for pladens styrke og brandtekniske egenskaber.

Den Trinvise FugtRisikovurdering
-*DIN 4108... med parametre fastsat efter dansk lovgivning*

FUGT-Risikovurdering til innovation

Risikovurderingsmetoden, som anvendes i De Biobaserede Byggevejledninger, er udviklet med fokus på teknisk validitet, praktisk anvendelighed og adgang for små og mellemstore aktører.
Den er bygget op som en trinvis analyse, hvor man starter med enkle og afprøvede beregningsmetoder og kun bevæger sig videre til mere komplekse vurderinger, hvis det er nødvendigt.

Metoden tager afsæt i den tyske standard DIN 4108 og er tilpasset danske forhold gennem samarbejde med forskningsmiljøer. Den er især udviklet og kvalificeret i tæt samarbejde med Kristoffer Negendahl, lektor ved DTU Construct, som har været en central drivkraft i metodens faglige og strukturelle udformning.

Metoden er særligt tilpasset fugtanvendelsesklasse 3, og derfor vurderes alle konstruktioner under vådrumslignende belastning, uanset deres faktiske placering i byggeriet. Vådrum ligger et niveau oppe i fugtanvendelsesklasse 4. På den måde tilpasses vejledningen en konservativ tilgang, der sikrer høj robusthed – også ved udlejning eller i ukendte brugssituationer.

Trin 1
Trin 1 består i en simpel fugtdiffusionsberegning under vinterforhold. Hvis konstruktionen klarer sig tilfredsstillende, går man videre til trin 2. Hvis ikke, forsøges ændringer i trin 4.
Trin 2
I trin 2 vurderes konstruktionen under sommersituationens forhold. Klarer den sig, går man videre til trin 3. Hvis ikke, går man til trin 4.
Trin 3
Trin 3 er en udvidet DIN 4108-analyse med vådrumsbetingelser (Fugtanvendelsesklasse 4). I vores metode udfører vi denne vurdering på alle konstruktioner for at sikre, at konstruktionen med sikkerhed klarer de krav, der stilles i Fugtanvendelsesklasse 3.
Trin 4
Hvis konstruktionen ikke klarer sig i trin 1–3, gennemgår man i trin 4 et optimeringsforløb, hvor ændringer i materialevalg, placering af dampbremse, tykkelser eller opbygning af konstruktionen genarbejdes Formålet er at finde en version af konstruktionen, der kan bestå trin 1–3 uden at bevæge sig in i et grænseområde.
Trin 5
Trin 5 er en dynamisk, numerisk analyse simulerende flere år – og anvendes kun, hvis optimering ikke er mulig. Den forudsætter specialiseret simuleringsværktøj.

En mulig ulempe ved metoden er, at den som samlet metode er relativt ny i Danmark, og det kræver en vis faglig specialisering at vurdere dens validitet. Til gengæld relaterer metoden direkte til tysk-standarder og er bygget op, så den kan benyttes af små og mellemstore rådgivere virksomheder og ligeledes er den dynamisk og egnet til innovationsprocesser som denne.

For at sikre faglig efterprøvelse deltager vi i et forskningsprojekt, hvor metoden valideres op imod numeriske simuleringer og fuldskala laboratorietests med konstruktioner fra De Biobaserede Byggevejledninger.

Hvad er DIN 4108 ?

DIN 4108 – Varmebeskyttelse og energibesparelse i bygninger
Standardserien DIN 4108 fastlægger krav, definitioner og beregningsmetoder for bygningers klimaskærm med fokus på varmeisolering, der reducerer energitab, fugtbeskyttelse, der forebygger skader fra kondens og opfugtning, samt indeklima, der sikrer komfort og sundhed (DIN 4108-3, 2018).
Den del af serien, der anvendes mest i fugttekniske vurderinger, er DIN 4108-3: “Klimaskærm – Beskyttelse mod fugt ved kondensation inde i konstruktioner”. Den beskriver, hvordan man beregner risikoen for kondens i en konstruktion, blandt andet med Glaser-metoden. Standarden opstiller også kriterier for, hvor meget kondens der må dannes, og hvordan konstruktionen skal kunne tørre ud igen (DIN 4108-3, 2018).

Z-værdi-forhold

Ifølge anvisningerne til BR18 anbefales det, at fugtanvendelsesklasse 3 har et forhold på minimum 1:10 mellem vindspærrens og dampbremsens Z-værdi. Dette gælder kun, hvis damspærren har Z-værdi over ca. 50 MN·s/g: Hvis den er under- kan 1:10-reglen ikke anvendes, og der skal udføres en fugtrisikovurdering.

Alle konstruktionerne i DBB opfylder Z-værdi-forhold
Men vi har kun anvendt dampbremse med en Z-værdi under ca. 50 MN·s/g. Derfor har vi ikke anvendt 1:10-reglen som dokumentation, men i stedet udført en fugtrisikovurdering.
Vi har ikke fundet nogle krav eller fortilfælde, hvor der er taget stilling til z-værdi-forhold i terrændæk. Vi har vurderet, at det er relevant ved hævede terrændæk. Her har vi foretaget en fugtrisikovurdering. I tilfælde, hvor terrændæk enten ligger ned til eller i terræn, forholder vi os til normal praksis, hvor vi ikke tager stilling til z-værdi-forhold.

Resultater fra den trinvise risikovurdering

Alle konstruktioner i DBB har bestået risikovurderingen.
Det gælder både i scenarier med varm sommer efterfulgt af kold vinter og i et tænkt scenarie, hvor hele bygningen udsættes for fugt svarende til fugtklasse 4 (vådrumsniveau) uden vådrumssikring og uden lovpligtig ventilation.

Biobaserede materialer har hygroskopiske egenskaber, som i praksis hjælper konstruktionerne med at håndtere fugt. Beregningerne medregner ikke disse egenskaber. Man kan derfor forvente endnu bedre resultater ved en egentlig 1:1-prøvning.

Forbehold ved ekstreme forhold

Vi har anvendt det tænkte scenarie – et helt hus i fugtklasse 4 uden vådrumssikring og uden lovpligtig ventilation – som konstruktionernes stresstest. Testen peger på fem forhold, som vi anbefaler at undersøge nærmere for at vurdere mulighederne for at forbedre konstruktioner, der efter vores vurdering allerede er sundere end standardbyggeri.

Tyndt isolerede ydervægge og tag

BR18 angiver en absolut minimumsisolering for bygningsdele. I praksis isolerer man sjældent så lidt, fordi bygningens energirammeberegning normalt kræver et højere isoleringsniveau. I stresstesten isoleres en bygningsdel helt ned til BR18's minimum på 0,25 W/(m²K). Samtidig udsættes bygningen for konstant luftfugtighed svarende til vådrum uden vådrumssikring og uden ventilation. De resulterende beregninger viser høj risiko for kondens i tre konstruktioner: halmydervæg, halmtag og hampydervæg.

Tynd isolering af terrændæk på isolerende dræn med skruefundament

Beregningerne i stresstesten viser en middel risiko for kondens i terrændæk på isolerende dræn med skruefundament. Selvom scenariet er meget teoretisk, anbefaler vi i disse tilfælde at holde isoleringsevnen inden for BR18's normale krav på 0,15–0,17 W/(m²K).

Lovpligtig ventilation ved tætte fugtspærrer

Når man bygger med meget tætte dampspærrer, opstår der fugt i bygningens rum. BR18 fastsætter derfor klare krav til ventilation for at undgå kondens på indersiden af dampspærren. Halmydervæggen anvender en dampbremse, som er tættere end i andre konstruktioner. Det giver ikke problemer i sig selv. Men i stresstesten – fugtklasse 4 uden ventilation – ser vi middel risiko for kondens på indersiden af dampbremsen. Det er forventeligt i alle konstruktioner med dampspærre eller en meget tæt dampbremse. Vi må derfor understrege, at BR18's ventilationskrav skal overholdes.

Holdbarhed

Konstruktiv og kemisk træ-& materiale beskyttelse

Konstruktiv og kemisk træ- og materialebeskyttelse

DBB anvender almindelige principper for konstruktiv og kemisk træ- og materialebeskyttelse. De fleste principper indgår naturligt i konstruktionerne og fremgår direkte af tegningerne. Vi beskriver dem derfor ikke særskilt.
Nogle forhold kræver dog særlig opmærksomhed. Vi gennemgår dem i dette afsnit, fordi de ikke kun vedrører fugtstabilisering af det enkelte konstruktionselement. De har også betydning for konstruktionens samlede holdbarhed og i nogle tilfælde dens statiske funktion.
Afsnittet omhandler derfor både beskyttelse mod nedbrydning, forlænget levetid og enkelte statiske overvejelser om materialevalg og udformning.

Ventileret regnskærm – vores tanker

Vi anvender almindeligt anerkendte principper for ventilerede regnskærme. Det indebærer blandt andet, at der bag udvendige træbeklædninger eller andre regnskærme etableres en ventileret luftspalte med en anbefalet minimumstykkelse på 20 mm. Ved tagflader anbefales en spalte på minimum 25 mm (Træinfo 2025)
I vægkonstruktioner har ventilationsspalten ofte en dobbeltfunktion. Da vi ofte anvender tykkere vindspærrer, er det ventilationssystemet, der samtidig bærer regnskærmen. Dette gøres ved hjælp af et såkaldt sømbræt – typisk et 25 × 100 mm bræt – som både sikrer ventilation og fungerer som underlag for fastgørelse af regnskærmen. Principperne kaldes indirekte fastgørelse (Træinfo 2025)
Der stilles ikke formelle krav til, at ventilationsbrædder i vægkonstruktioner skal være gennemimprægnerede (trykimprægnerede eller Superwood), men vi anbefaler det, især når der anvendes ikke-biobaserede vindspærrer som f.eks. vindgips. Biobaserede vindspærrer har derimod hydrostatiske egenskaber, hvilket vil sige, at de kan transportere fugt i flydende form gennem materialet og dermed bidrage aktivt til udtørring og fugtregulering i konstruktionen.

Tag – vores tanker

Vi arbejder konsekvent med uventilerede tage, hvor vi anvender diffusionsåbne undertagsplader i halvfast eller fast kvalitet. Isoleringen føres helt op mod undertaget og har direkte kontakt med det. Det giver en samlet, diffusionsåben opbygning. I denne opbygning har materialernes hydrostatiske evne stor betydning, fordi den understøtter transporten af fugt væk fra konstruktionen.
I Træinfo og SBI anbefales det, at ventilationslister i tagkonstruktioner er gennemimprægnerede. Anbefalingen bygger på ældre materialevalg og tager endnu ikke højde for nyere biobaserede materialer med hydrostatiske egenskaber, som i praksis kan optage, fordele og afgive fugt på en kontrolleret måde.

Hvad er indirekte sømning af regnskærm?

Ved indirekte sømning erstattes traditionelle afstandslister med et bærende element – enten et sømbræt på 25 × 100 mm eller en sømlægte på 38 × 56 mm. Begge løsninger sikrer både ventilation og stabil montering af regnskærmen.
Sømbrættet eller sømlægten fastgøres gennem vindspærren og ind i stolpekonstruktionen med ringede søm eller skruer, der skal være minimalt dobbelt så lange som summen af tykkelsen på sømbrættet og vindspærren.
Ved vandret montering, fx som underlag for lodret regnskærm, skal sømbrættet eller lægten hvile på en lodret afstandsliste. Denne skal have en minimumstykkelse på 12 mm, men 20 mm anbefales for at sikre effektiv ventilation bag beklædningen.

Hvad er gennemimprægneret træ?

Gennemimprægneret træ er træ, hvor beskyttelsen er massivt i hele materialet. Træet modstår derfor råd, svamp og skadedyr, selv i fugtige miljøer og ved jordkontakt. Kategorien omfatter trykimprægneret træ. Naturligt holdbare træsorter som eg og robinia har en iboende resistens.

Vi placerer ikke træ i jordkontakt i vores byggevejledninger. Konstruktionerne udnytter træets hygroskopiske egenskaber og følger principperne for konstruktiv træbeskyttelse. Derfor anbefaler vi ubehandlede og modificerede træsorter til udvendige løsninger. Egnede træsorter er lærk, douglasgran og ceder samt modificerede produkter som Superwood, OrganoWood og ThermoWood.

Lærk, douglasgran og Superwood har styrke nok til at fungere som sømlister.

Vi har alligevel valgt at være konservative og anbefaler derfor fortsat gennemimprægnerede ventilationssystemer i tagkonstruktioner.
Som i vægopbygninger arbejder vi ofte med tykkere undertagsmaterialer og anbefaler derfor indirekte sømning.

Uudnyttede tagrum

Begrænsninger i brug og opbevaring

Uudnyttede tagrum indarbejdes ikke i byggevejledningerne. Årsagen er, at sådanne loftrum sjældent kan anvendes ikke end gang til opbevaring. Fugt og store temperatursvingninger giver let skimmel på genstande, og konstruktionen kan derfor ikke betragtes som egnet til stabil opbevaring.

Risiko ved senere ombygning til beboelse
Hvis man senere ønsker at inddrage tagrummet til beboelse, opstår der ofte kolde skunkrum. Disse giver høj risiko for skimmel, og en korrekt ombygning vil næsten altid kræve, at store dele af den underliggende loftkonstruktion åbnes for at sikre dampspærrens eller dampbremsens kontinuerlige tæthed. Det øger både kompleksiteten og omkostningerne betydeligt.

Krav fra forsikringsselskaber ved solcelleanlæg
Flere forsikringsselskaber begynder desuden at stille krav om ikke-brændbar isolering i uudnyttede loftrum, når der etableres solcelleanlæg på taget. Dette gør løsningen endnu mindre hensigtsmæssig i praksis. Samlet set vurderer vi derfor, at det er en fordel at føre klimaskærmen helt til kip fremfor at etablere uudnyttede tagrum.

Brandkrav til isolering i uudnyttede tagrum
Brandkravene afhænger af, om isoleringen indgår i konstruktionen eller ligger løst.
– Indbygget isolering: Indgår isoleringen i vægge eller lofter – fx i skrå tagflader – må materialer ringere end D-s2,d2 kun anvendes, hvis de er fuldt afdækket med K1 10/B-s1,d0 uden hulrum eller af en bygningsdel mindst EI 30, så isoleringen ikke kan påvirkes direkte af brand (Bilag 1a, 4.11.3.2).

Løstliggende isolering på etageadskillelsen
Ligger isoleringen løst oven på etageadskillelsen, må materialer ringere end D-s2,d2 gerne anvendes, forudsat at etageadskillelsen mod beboelsen er mindst EI 60/A2-s1,d0, og at brandadskillende vægge føres op til undersiden af tagdækningen (Bilag 1a, 4.11.3.1).

Hvad er Indirekte sømning af taglægter?

I De Biobaserede Byggevejledninger (DBB) anvendes indirekte sømning af taglægter. Dette skyldes, at de valgte undertagsplader ofte er tykkere end normalt og derfor kræver en anden fastgørelsesmetode end traditionelle afstandslister.
I stedet for afstandslister anvendes en sømliste på 32 × 45 mm under lægterne. (Munch-Andersen & Lund Johansen 2011). Sømlisten fastgøres til spærene med skruer monteret i 30° skrå vinkel nedad. På grund af den skrå skrueretning bør skruerne være 2,25 gange længde af sømlisten og undertaget tilsammen. Denne skrå fastgørelse sikrer, at sømlisten ikke forskyder sig, selv hvis undertagspladerne svinder over tid. Lægterne monteres ovenpå sømlisten som normalt, med to ringede søm pr. fastgørelse.

Hvordan anvender vi gennemimprægnering og hydroskopiske egenskaber ?

På taget anviser Træinfo og SBI, at afstandslister og sømlister skal være gennemimprægnerede. Det krav bør følges og kan opfyldes med trykimprægneret træ, lærk, douglasgran eller Superwood.
På væggene gælder andre forhold. Biobaserede vindspærrer og undertage har hygroskopiske egenskaber, som betyder, at de optager og afgiver fugt. Egenskaben stabiliserer fugtniveauet i sømbrædder og afstandslister ved at fordele fugten over hele vindspærrefladen.
Under ydervæggens regnskærm findes der ingen formelle krav til gennemimprægnerede afstandslister og sømbrædder. Når de bruges sammen med hygroskopiske vindspærrer, kan de i praksis udføres i almindelig, udebestandig gran.

Energiløsninger til nye enfamiliehuse og rækkehuse

Energiløsninger
overvejelser om enfamiliehuse og rækkehuse

Vejledningen fokuserer på konstruktioner, men vi giver her et samlet overblik over energiløsninger, der er stabile, langtidsholdbare og velegnede til nye enfamiliehuse og rækkehuse. De økonomiske vurderinger bygger på danske erfaringsdata for varmeproduktion, ventilation og elforbrug (Energistyrelsen, 2024). Tallene er realistiske overslag og ikke præcise beregninger.

Enfamiliehuse

Til nye enfamiliehuse vurderer vi en løsning med solceller (PV), husbatteri, jordvarmepumpe (GSHP) og ventilation med varmegenvinding (MVHR) som en af de mest driftssikre.
Jordvarmen udnytter jordens stabile temperatur og giver en høj årsvirkningsgrad. Det er veldokumenteret i målinger i nyere danske byggerier (Teknologisk Institut, 2023). Et solcelleanlæg på 8–10 kWp kombineret med et batteri på 8–10 kWh dækker en stor del af husets elforbrug. Bygningsintegrerede solceller (BIPV) er relevante, når man ønsker et roligt og sammenhængende arkitektonisk udtryk, og pris og ydelse ligger tæt på traditionelle paneler (EA Energianalyse, 2023).

Økonomi, CO_2 og selvforsyning i enfamiliehuse

Merinvesteringen i forhold til et hus med fjernvarme uden solceller ligger normalt på 180.000–220.000 kr. Beløbet dækker primært jordvarmepumpe, solceller og batteri. De årlige energibesparelser ligger omkring 16.000–20.000 kr. og giver en tilbagebetalingstid på 10–14 år (EUDP, 2022).
Et enfamiliehus med denne løsning sparer typisk 1–1,5 ton CO_2 om året ved at reducere varmeforbrug, elforbrug og køb af strøm (Energistyrelsen, 2024). Over 50 år svarer det til 50–75 tons CO_2. Den samlede økonomiske gevinst ligger normalt på 550.000–750.000 kr., selv med udskiftning af inverter og batteri (EUDP, 2022). Selvforsyningsgraden ender typisk på 85–90 procent, og huset vil i store dele af året være næsten selvkørende.

Integrerede løsninger i enfamiliehuse

Enfamiliehuse giver mulighed for at indbygge energisystemet direkte i huset. Solceller kan fungere som tagmateriale. Ventilation kan skjules i konstruktionen. Batteriet kan placeres i et teknikrum. Denne type integreret design efterspørges ofte i projekter, hvor arkitektur, enkelhed og lave driftsomkostninger har høj prioritet (EA Energianalyse, 2023).

Rækkehuse

Rækkehuse kan bruge samme energiløsning som enfamiliehuse, men forskelle i organiseringen giver lavere anlægspriser. Jordvarmen etableres typisk som et fælles jordvarmefelt, mens hver bolig får sin egen jordvarmepumpe. Fællesfeltet reducerer anlægsprisen og udnytter jorden mere stabilt (Teknologisk Institut, 2023).
Rækkehuse har ofte mindre tagareal pr. bolig. Et fælles solcelleanlæg kan derfor være mere effektivt. Produktionen fordeles via individuelle måleporte i inverteren, så hver bolig kun modtager sin egen andel (EA Energianalyse, 2023). Ventilationen er fortsat individuel med MVHR, men ens boliger gør installationen enkel og standardiseret (Energistyrelsen, 2024).

Økonomi, CO_2 og selvforsyning i rækkehuse

Merinvesteringen pr. bolig er lavere end i enfamiliehuse, fordi jordvarmefelt og solceller deles. Selvforsyningsgraden ligger typisk på 80–90 procent afhængigt af tagareal og batteri. Den årlige CO_2-besparelse er 0,8–1,3 ton, svarende til 40–65 tons over 50 år (Energistyrelsen, 2024). Tilbagebetalingstiden er omtrent som i enfamiliehuse, men investering og elproduktion pr. bolig er lavere.

LivingBetter som alternativ

LivingBetter bruger et passivt ventilationsprincip, hvor udeluften forvarmes i vinduet. Systemet kræver ingen ventilationskanaler og passer til små boliger, fritidshuse og renoveringer, hvor enkelhed er vigtig (Energistyrelsen, 2024). Varmegenvindingen er dog lavere end i MVHR-anlæg, og løsningen anbefales derfor ikke i større boliger eller rækkehuse med fælles installationer.

Elbil som del af energisystemet

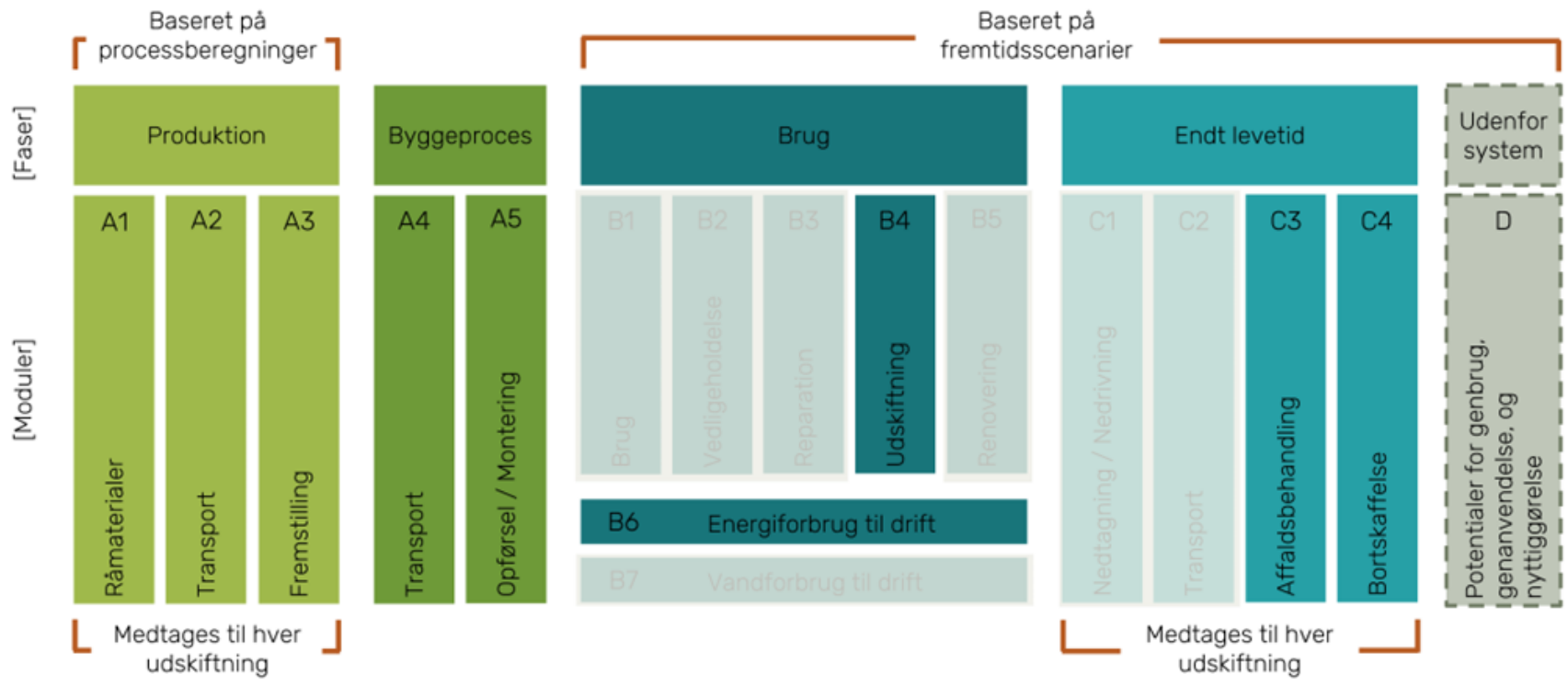
En elbil indgår naturligt i energisystemet. Ved 15.000 km årligt sparer den typisk 9.000–11.000 kr. i drift sammenlignet med en benzinbil, især når opladningen dækkes af egen solproduktion (FDM, 2024). CO_2-udledningen reduceres med 1,5–2 ton om året – 37–50 tons over 25 år – og elbilen øger selvforsyningsgraden ved at flytte opladningen til solrige timer.

LCA
Følger europæisk standart (BR18)

Livscyklus udregningsmetode

LCA-beregningerne er udført af LavKarbonBygg AS med Reduzer LCA-software i overensstemmelse med EN 15978 (CEN, 2011), som også ligger til grund for de krav, der henvises til i Dansk Bygningsreglement BR18. Metoden omfatter materialernes samlede livscyklus fra udvinding af råstoffer til endelig affaldsbehandling, mens energiforbrug og vand i driftsfasen behandles særskilt i Bygningsreglementet.
Som supplement vises faserne A4–A5 som grå, vejledende tal i tabellerne. Beregningerne tager udgangspunkt i en projektlokation i Århus.

Inddragede faser
A1–A3: Produktstadie – råstofudvinding, transport til produktion og produktion.
A4–A5: Byggepladsstadie – transport til byggeplads og opførelse (vist som grå, indikativ værdi).
B4–B5: Udskiftning og reparation.
C1–C4: End-of-life – nedtagning, transport, affaldsbehandling og deponering/forbrænding.
D: Uden for systemgrænse – kreditter ved genbrug, genanvendelse eller energiudnyttelse.
Udeladte faser
B1–B3 og B6–B7: Drift, energi, brug og vedligehold håndteres gennem BR18's energirammer (Bolig- og Planstyrelsen, 2025).
B8–B9: Driftsvand og øvrige hjælpesystemer indgår ikke.



Kilde: (BUILD, 2025)

Levetider
Alle levetider er baseret på AAU-Builds levetidstabel (Haugbølle et al., 2021; AAU-Build, 2025) for at sikre sammenlignelighed i branchen. Producenternes egne levetidsangivelser fra European Technical Assessment (ETA) og EPD'er kan anvendes, men vi har valgt at nedjustere levetiderne i overensstemmelse med AAU-Builds tabel. Selv om vejledningen beskriver generelle principper, er vores LCA-beregninger udført på konkrete materialer, og resultaterne vil derfor variere afhængigt af den specifikke byggeproces.

Forbehold
Beregningerne er udført pr. m² for fem konstruktionsdele: fundament (kant), fundament (skillevæg), ydervæg, skillevæg og tag. Der er ikke udarbejdet en samlet LCA for et helt hus, og derfor indgår B6: Energiforbrug i drift ikke i resultaterne. Beregningerne omfatter heller ikke vinduer og døre.
Alle LCA-data er baseret på EPD'er for de anvendte produkter i konstruktionerne. Vi har overvejende benyttet produktspecifikke EPD'er, men enkelte generiske EPD'er for eksempelvis trævarer og lerpuds. I få tilfælde har vi været nødt til at substituere produkter, hvor der ikke fandtes en tilgængelig EPD.
For tagkonstruktioner har vi anvendt BUILD's levetider for biobaseret isolering, hvilket indebærer én udskiftning efter 40 år. Vi forventer, at denne levetid justeres til 50 år; når det sker, vil LCA-resultaterne for disse konstruktioner forbedres med cirka 1/5.
Isoleringstykkelser: Den korrekte LCA-værdi er baseret på middeltykkelsen. Værdierne for de slankere og tykkere versioner af konstruktionerne viser udelukkende forskellen i klimaaftryk fra isoleringen alene og omfatter ikke ændringer i øvrige konstruktionsdele som trærammer eller pladelag.

LCA- estimat og isoleringstykkelser

Indledende estimat af LCA i projektering

Dette er et forsigtigt estimat af, hvordan DBB's tre konstruktioner – Halm, Træ og Hamp – kan forventes at klare sig i forhold til klimakravene i BR18 og anbefalingerne i Reduction Roadmap. Estimatet bygger på gennemsnitsberegninger af bygningsdele (A1-3, B4, C3, C4) og ikke på et færdigt byggeri.

Referenceprojekter
Fire præstigeprojekter fra 4 til 1 planet bruges som reference. De ligger omkring 2,8 kg CO_2e/m^2 for bygningsdele og cirka 4,7 kg CO_2e/m^2/år på bygningsniveau. Vi har brugt dem som pejlemærker for byggerier med lave emissioner.

Foreløbige resultater for DBB
De indledende beregninger peger på ca. 3,0 kg CO_2e/m^2 for Halm og Træ og ca. 3,8 kg CO_2e/m^2 for Hamp. Med samme forhold som referenceprojekterne svarer det til ca. 5,0 kg CO_2e/m^2/år for Halm og Træ og ca. 6,4 kg CO_2e/m^2/år for Hamp. Tallene er foreløbige, da installations- og energivalg endnu ikke er fastlagt.

Bedste kombinationsløsning
En kombination af de bedst præsterende konstruktioner fra alle fire DBB-byggevejledninger peger på et bygningsdelsniveau omkring 2,3 kg CO_2e/m^2, svarende til cirka 3,9 kg CO_2e/m^2/år på bygningsniveau.

Vurdering af konstruktionerne
Halm og Træ vurderes at kunne opfylde BR18's krav frem mod 2029 samt det anbefalede niveau i Reduction Roadmap. De fremstår som robuste, klimaeffektive løsninger.
Hamp forventes at kunne opfylde kravene i 2025 og 2027, mens 2029-niveauet sandsynligvis kræver yderligere optimering af fundament, installationer og energisystem. Det er hovedsageligt kalkproduktion der er årsag. Nye EPD'er, der indregner cirkulær genanvendelse mere præcist, kan forbedre vurderingen.

Samlet vurdering
Alle tre konstruktioner har et tydeligt potentiale i den cirkulære omstilling af byggeriet, men med forskellig robusthed og forskelligt behov for optimering. Den samlede tilgang viser, at DBB's mest klimaeffektive løsninger kan ligge 30–35 % under 2029-kravet, hvilket understreger potentialet i helhedsorienteret arbejde med biobaserede konstruktioner.

Isoleringstykkelser

Middeltykkelse
Vi har valgt at vise konstruktioner med en isoleringstykkelse, som – ved et vinduesareal på højst 20 % af det opvarmede etageareal – vil kunne
opfylde bygningsreglementets krav i en energirammeberegning. Denne tykkelse kalder vi middeltykkelsen, uanset hvilken bygningsdel der er tale om. Middelstykkelsen kan bruges til skitsering og pladsfordeling i projektet, men kan ikke anvendes som dokumentation i forbindelse med ibrugtagningstilladelsen. Her skal der altid udarbejdes en energirammeberegning (Bygningsreglementet BR18, kap. 11).

Minimumstykkelse
Bygningsreglementet angiver også en absolut minimumsisolering for de enkelte bygningsdele. Hvis der kan kompenseres for det andre steder i byggeriet, så den samlede energiramme fortsat overholdes, kan enkelte bygningsdele udføres med denne minimumstykkelse (Bygningsreglementet BR18, kap. 11).

Højisoleringstykkelse
I den mest isolerede udgave af konstruktionen er isoleringstykkelsen dimensioneret, så den opfylder kravene til BR18's frivillige lavenergiklasse (lavemissionsklasse) (Bygningsreglementet BR18, kap. 25).

Sommerhuse og lignende
I sommerhuse, campinghytter og lignende ferieboliger skal der ikke udarbejdes en samlet energirammeberegning. Her gælder i stedet faste minimumskrav til isolansen i de enkelte bygningsdele. I tabellerne har vi markeret disse krav med betegnelsen (SH), som står for sommerhus (Bygningsreglementet BR18, § 283).

Materialeliste

Materiale	Leverandør	Anvendelse	LCA A1-A3	Lambda værdi	Brand klasse	z-værdi
Agepan OSB4 TG-4 Ecoboard	Wennerth Wood Trading ApS	Etagedæk	-658	0.1300 W/(m·K)	D-s2,d0	18,46
AGEPAN® DWD 600	Wennerth Wood Trading ApS	Tag	489.0	0.1000 W/(m·K)	D-s2, d0	0,073
Ardex 8+9	Conteco A/S	Gulv og Væg	2		A1	
Conteco beton	Conteco A/S	Skillevæg				
EcoCocon Halm Element	EcoCocon Danmark ApS	Ydervæg	17.1	0.0645 W/(m·K)	E	2,15
Ekolution Hampefiber Isolering	Wennerth Wood Trading ApS	Ydervæg	-2.09	0.0400 W/(m·K)	E	0,22
Fermacell Fibergips	James Hardie Denmark	Væg, Etagedæk og Tag	0.458	0.3200 W/(m·K)	A1	0,8
Fermacell Gulvvarmeplade fibergips Therm 25	James Hardie Denmark	Etagedæk	-0.737	0.3200 W/(m·K)	A1	1,67
Hampmåtte	Wennerth Wood Trading ApS	Væg				
Hunton Nativo Træfiberisolering	Wennerth Wood Trading ApS	Etagedæk og Skillevæg		0.0380 W/(m·K)	E	
Hunton Nativo Træfiberisolering Batt	Wennerth Wood Trading ApS	Tag		0.0380 W/(m·K)	E	
Knauf Clima Board	Wennerth Wood Trading ApS	Ydervæg	1.67	0.2100 W/(m·K)	A2-s1,d0	0,63
Krydsfiner Gran(tagbrædder)	Wennerth Wood Trading ApS	Tag			D-s2,d0	
Solitex Mento 3000	EcoCocon Danmark ApS	Ydervæg				3,9
Traspir Felt Evo Uv 210	Materials We Like ApS	Tag		0.2000 W/(m·K)	B-s1,d2	
UKU Clay Marmorino	Small Planet smba	Væg, Etagedæk og Tag				

Litteraturliste

BIlag

CfBB materialebibliotek (2025) www.cfbb.dk

Lovgivning

Bolig- og Planstyrelsen (2025). Bygningsreglementet BR18. Tekniske bestemmelser, gældende fra 1. juli 2025.

Energistyrelsen (2024). Fremtidens lavenergihuse: varme, ventilation og lokal energiproduktion.

European Commission (2000). Commission Decision 2000/553/EC.

European Commission (2014). Commission Delegated Regulation (EU) No 1291/2014.

European Parliament & Council of the European Union (2024). Directive (EU) 2024/825.

Kommissionen (2000). Kommissionens beslutning 2000/553/EF.

Regeringen (2024). Aftale om skærpede klimakrav til byggeri.

Social- og Boligstyrelsen (2025). Nye klimakrav pr. 1. juli 2025.

Social- og Boligstyrelsen (2025). BR18 §250-298: Livscyklusmoduler.

Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen (2018). BR18 kapitel 14 – Fugt og vådrum.

Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen (2018). BR18 kapitel 21 – Vand.

Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen (2018). BR18 kapitel 29 – Dokumentation af brandforhold.

Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen (2022). Bilag 1a – Præ-accepterede løsninger for enfamiliehuse. Brand.

Almen teknisk fælleseje

Bunch-Nielsen, T. & Christensen, G. (2003). Dæk over terræn i pavillonbyggeri. BYG-ERFA.

Brandt, E. & Morelli, M. (2015). SBi-anvisning 252: Vådrum. Statens Byggeforskningsinstitut.

Brandt, E. & Rode, C. (2013). SBi-anvisning 277: Fugt i bygninger. Aalborg Universitet.

Brandt, E. m.fl. (2010). SBi-anvisning 224: Undertage – projektering og udførelse. Statens Byggeforskningsinstitut.

Johansen, B. L. (2013). TRÆ 67: Undertage. Træinformation.

Rasmussen, T. V. & Nicolajsen, A. (2007). SBi-anvisning 214: Klimaskærmens lufttæthed. SBI Forlag.

Statens Byggeforskningsinstitut (2016). Småhuse – Klimaskærmen.

Træinformation (2010). TRÆ 56: Træskelethuse.

Træinformation (2016). TRÆ 65: Fugt i bygninger.

Træinformation (2020). TRÆ 72: Træ i vådrum.

Træinformation. (2022). TRÆ 78 Træbyggeri i brandklasse 1 og 2. 1. udg., Lyngby: Træinformation.

Prøvningsmetoder

CEN (2011). EN 15978.

Dansk Standard (2004). DS/EN 14135.

Dansk Standard (2007–). DS/EN 1997 Eurocode 7.

Dansk Standard (2016). DS/EN 13501-2.

Dansk Standard (2022). DS 432.

DIN (2013). DIN 4108.

EN 1187 (2012). Fire tests for roofs – Test 2.

Nordtest (1976). NT Fire 003.

Litteraturliste
fortsat

Forskning

Artelia (2024). Potentiale ved produktion af biobaserede byggematerialer i Danmark.

EA Energianalyse (2023). Selvforsyningsgrader og energifællesskaber i lavenergibygninger.

Hansen, S. S. m.fl. (2024). Requirements of the vapour barrier in wood-frame walls. Buildings 14(10).

Haugbølle, K. m.fl. (2021). BUILD levetidstabel.

Künzel, H. M. & Sedlbauer, K. P. (u.å.). Neufassung von DIN 4108-3.

Nielsen, E. D. m.fl. (2024). Biobaseret byggeri – råvarepotentialer fra dansk skov- og landbrug. Aarhus Universitet.

Rangan, D. (2025). State-of-the-Art. CfBB.

Rasmussen, T. V. (2022). Negative emission potentials using biogenic building materials. Aalborg Universitet.

Rasmussen, T. V. (u.å.). Biogenic building materials can save tons of CO_2. Aalborg Universitet.

Reduction Roadmap (2023). Reduction Roadmap 2.0.

Teknologisk Institut (2023). Energilagring, varmepumper og jordvarme i tæt-lav bebyggelse.

Thureson, P. (2008). The use of fire classification in the Nordic countries. SP Report 2008:12.

Zimmermann, R. K. m.fl. (2020). Klimapåvirkning fra 60 bygninger. SBi rapport 2020:04.

Politiske dokumenter

DI Byggeri (2024). Lavere CO_2-grænser fra 2025.

European Commission, Research & Innovation – Bioeconomy (2025). Bioeconomy.

Verdensmaalene.dk (u.å.). Om os.

United Nations (2015). Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development. (indsat som ønsket)

Anden faglitteratur

Conteco (2021) ETA-godkendelse for vådrum. Dokument 1843. Tilgået 23.11.2025.

DBI (2025). Fire Technical Assessment: PHA12242A. Danish Institute of Fire and Security Technology.

EUDP (2022). Smart Grid Ready Buildings.

FDM (2024). Elbiler og driftsomkostninger.

Knauf (2018). Fire Protection Silicone FPS – Installation guidelines.

Knauf Danmark A/S (2019). Gipsplader – Brandklassifikation K1 10 A2-s1,d0.

elka-Holzwerke GmbH (2025). Technisches Datenblatt ESB P5.

Pfleiderer Deutschland GmbH (2025). Technisches Datenblatt PremiumBoard P4.

Sonae Arauco (2025). AGEPAN OSB 4 Ecoboard – Technische Daten.

UPM Plywood (2025). Declaration of Performance: WISA-Spruce.

Schneider Electric (2023). LK FUGA AIR (TGA 2019-006).

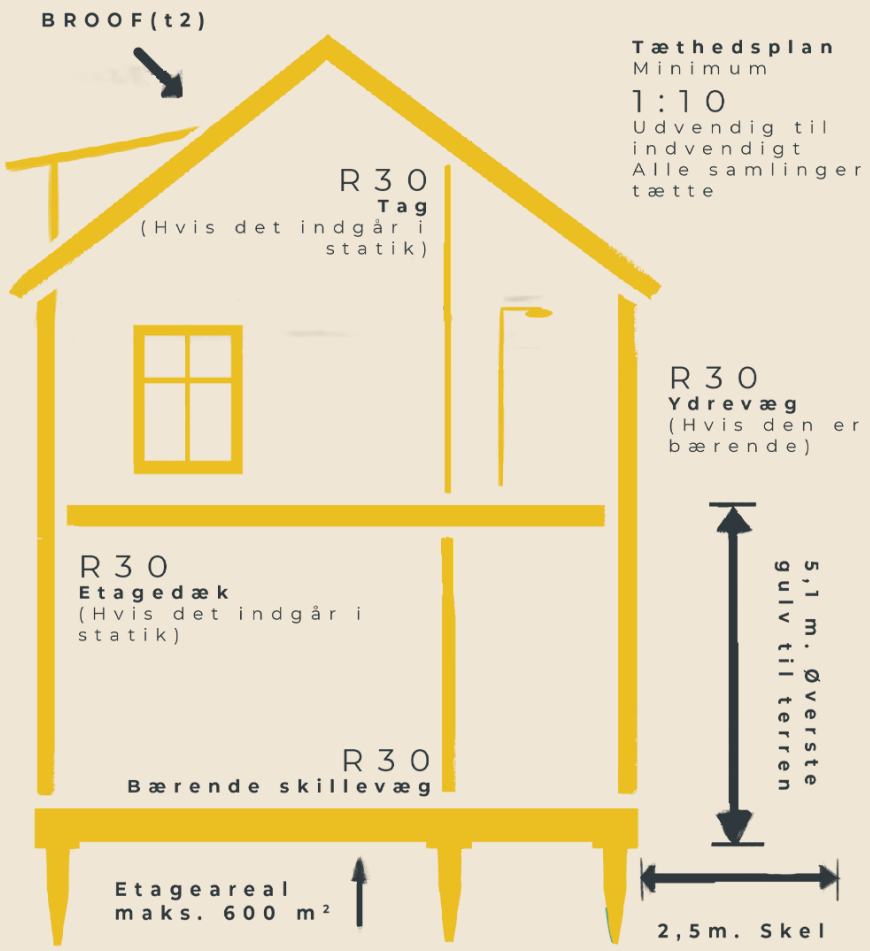
Hvad er De Biobaserede Byggevejledninger ?

De Biobaserede Byggevejledninger (DBB) beskriver principielle biobaserede konstruktioner. De beskriver også andre konstruktioner, der med lav klimapåvirkning kan understøtte biobaserede byggemetoder inden for BR18 kapitel 5, bilag 1a. Center for Biobaseret Byggevejledning (CfBB) og centerets specialistteam udgiver vejledningerne. Der indgår en del fagudtryk i vejledningerne. Langt de fleste bliver løbende forklaret i infobokse.

Forholdet til alment teknisk fælleseje
DBB er vores bedste forslag til principielle biobaserede konstruktioner inden for den definerede hustypologi. Udgivelsen forholder sig til krav som brand, fugt og holdbarhed m.m. og kommer med forslag til, hvordan validering kan udføres i forhold til udgivet alment teknisk fælleseje. Se vores litteraturliste.

DBB som inspiration
De Biobaserede Byggevejledninger er inspiration. Vi foreslår specifikke konstruktioner og viser, hvordan man kan validere dem. Vi påtager os ikke ansvar eller garanti for konkrete byggeprojekter, der bruger vores vejledninger som udgangspunkt.

Parallelle udgivelser med leverandørgaranti
Leverandører af biobaserede byggematerialer i DBB udgiver deres egne leverandørbyggevejledninger med produktgaranti. Du finder disse på CfBB's hjemmeside, hvor du også finder både vores og andre leverandørers publikationer. www.cfbb.dk



CfBB Enfamiliehus Typologi

CfBB enfamilehustypologi beskriver rammen vi har udviklet byggevejledningerne til. Den holder sig inden for de præ-accepterede løsninger i BR18 Kap. 5 Bilag 1a. men med enkelte strategiske fravalg. Typologien indeholder:

- Fritliggende og sammenbyggede enfamilie- og fritidshuse samt tilbygning i brandklasse 1
- Broof (t2) Tagmateriale
- Med højeste gulvniveau op til 5,1 m og maksimalt 2 etager over terræn
- Kun med lodrette boligskel
- Samlet etageareal på maksimalt 600 m²
- Mulighed for liberalerhverv og sammenbygning med anden erhverv i kl.1
- Mulighed for integreret garage/værksted

HALM-element

... suppleret med materialer fra leverandør til landsdækkende trælast

De Biobaserede Byggevejledninger

Inden for de præ-accepterede løsninger i BR18-Kap.5 Bilag 1a

CFBB