

Specifikation af krav til bygningsdele i klimaskærmen

Pilotprojekt

Peuhkuri, Ruut Hannele; Nielsen, Jørgen; Møller, Eva B.

Creative Commons License
Ikke-specificeret

Publication date:
2020

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Peuhkuri, R. H., Nielsen, J., & Møller, E. B. (2020). *Specifikation af krav til bygningsdele i klimaskærmen: Pilotprojekt*. Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet. SBI Nr. 2020:11

General rights

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

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

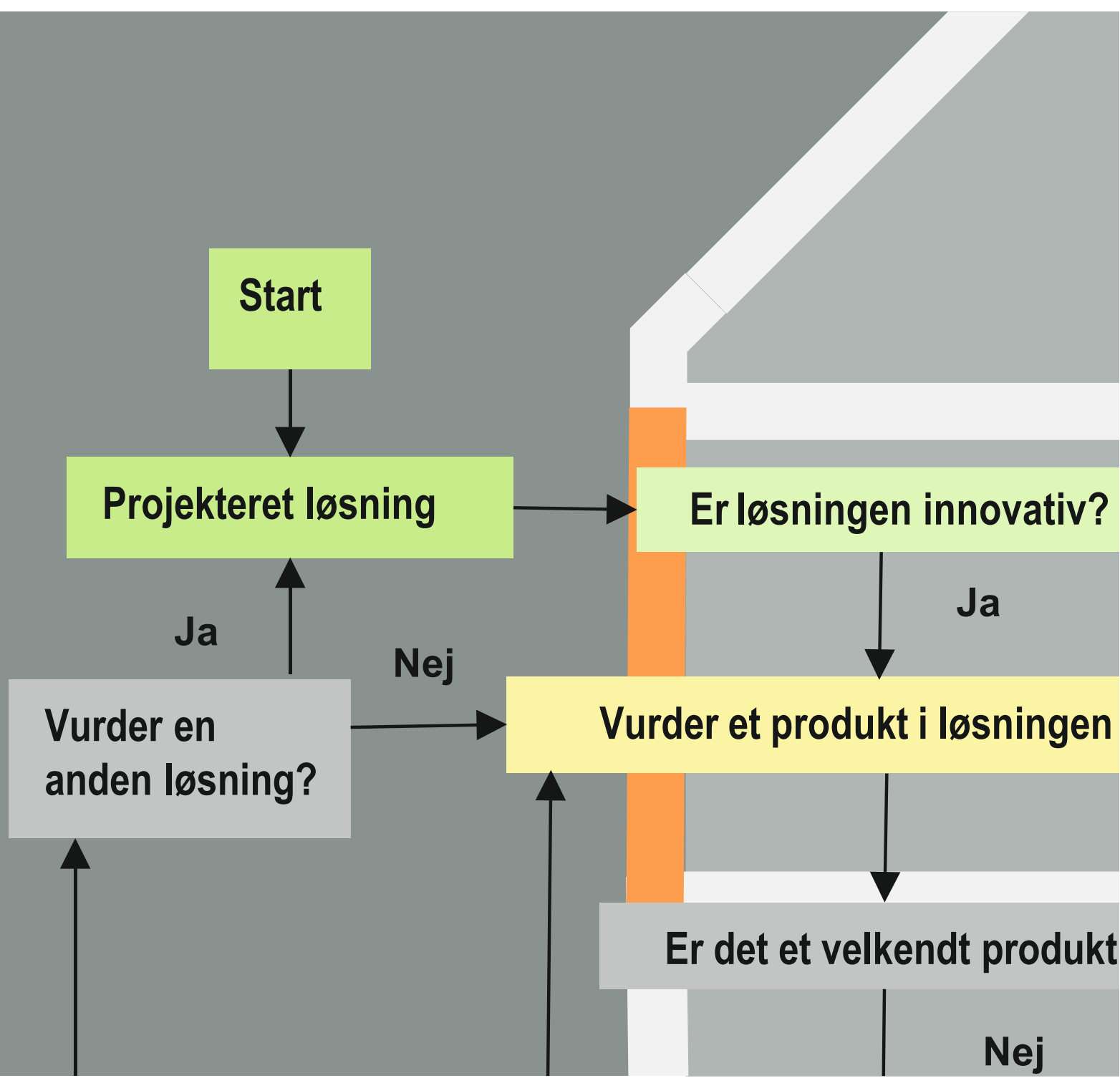
Take down policy

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

SBI 2020:11

Specifikation af krav til bygningsdele i klimaskærmen

Pilotprojekt



Specifikation af krav til bygningsdele i klimaskærmen

Et pilotprojekt

Ruut Peuhkuri
Jørgen Nielsen
Eva B. Møller

Titel	Specifikation af krav til bygningsdele i klimaskærmen
Undertitel	Pilotprojekt
Serietitel	SBi 2020:11
Udgave	1. udgave
Udgivelsesår	2020
Forfattere	Ruut Peuhkuri, Jørgen Nielsen, Eva B. Møller
Redaktion	Dorte Gram
Sprog	Dansk
Sidetal	32
Litteratur-henvisninger	Side 32
Emneord	Byggeproces, dokumentation, klimaskærm, konstruktioner, byggevarer
ISBN	978-87-563-1958-4
Tegninger	Fig. 2, 4, 5, 7 og 8: Claus Nielsen.
Omslag	Michael Ulf Bech
Udgiver	BUILD, Aalborg Universitet, A.C. Meyers Vænge 15, 2450 København SV E-post build@build.aau.dk www.build.dk

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

Indholdsfortegnelse

Forord.....	4
Sammenfatning	5
Indledning.....	7
Baggrund	7
Formål	7
Afgrænsning	7
Valg af bygningsdel	8
Formulering af krav til produkter	9
Fremgangsmåde	9
Beskrivelse af bygningsdelen.....	9
Løsning og tilhørende produkter	12
Funktion.....	14
Påvirkninger.....	15
Egenskaber	17
Opfyldelse af krav til den samlede løsning og til produkter	19
Opstilling af krav	19
Verifikation og dokumentation af krav	22
Praktisk formulering af krav	23
Tilgang ved opstilling af krav	23
Udkast til praktisk formulering af krav (Beslutningsdiagram)	25
Formidlings- og læringsstrategi.....	28
Kanaler for formidling	28
Identifikation af barrierer for anvendelse af denne nye viden	29
Konklusion.....	31
Litteratur	32

Forord

I 2015 udsendte Byggeskadefonden rapporten 'MgO-plader, undersøgelser af problemer med fugt og korrosion', som påpegede fugtrelaterede problemer med denne type vindspærre. Problemets alvor og omfang har siden overrasket og berørt hele den danske byggebranche: Hvordan kunne det ske? Der var tale om uorganiske og diffusionsåbne plader og de var CE-mærkede. MgO-pladernes brandegenskaber – og pris – gjorde at de udkonkurrerede stort set alle vindspærreplader på kort tid. De blev indbygget i stor stil i både nybyggerier og i facaderenoveringer. Desværre skulle det vise sig, at pladen ikke kunne tåle at være udenfor i den fugtige danske vinter, og fugtskaderne begyndte at vise sig. Men hvorfor var der ingen, der havde stillet krav om, at pladen også skulle kunne tåle at blive udsat for det almindelige danske udeklima?

Denne problemstilling fik et stort juridisk efterspil og havde store økonomiske konsekvenser for de implicerede parter. Skandalen omkring MgO-pladerne gav i 2016 anledning til etableringen af et såkaldt Stående Byggepanel, som blandt andet har til formål at bidrage til tidlig videndeling blandt byggeriets parter for at undgå og begrænse konsekvensen af fejl, mangler og svigt i byggeriet. CE-mærkning af byggevarer til klimaskærmen var et af de første emner, der blev drøftet i panelet.

Den nærværende rapport er resultatet af et pilotprojekt, som Statens Byggeforskningsinstitut (SBI) iværksatte i 2016 i kølvandet af 'MgO-sagen'. Pilotprojektet kortlægger den proces, købere af byggevarer skal igennem, for at kunne stille krav til en byggevare og anvendelsen af den. På baggrund af kortlægningen, er der udarbejdet et udkast til et diagram, som systematisk guider køberne igennem de spørgsmål, der bør stilles til en byggevare for at undgå, at der i fremtiden opstår lignende problemer.

Byggeskadefonden har støttet projektet økonomisk. Tak til Byggeskadefonden. Tak også til deltagerne i Stående Byggepanel for mange diskussioner og input. Forfatterne vil også takke kollegaerne på SBI (nu BUILD) og især seniorforsker Stefan Gottlieb for input til formidlings- og læringsstrategi.

BUILD, Sektion for Byggeteknik og Proces
København, juli 2020

Ruut Peuhkuri
Forskningschef

Sammenfatning

Introduktion af nye produkter eller løsninger i byggeriet stiller helt nye krav til design og dimensionering af bygningskonstruktioner: Hvor det før var nok at beskrive, hvordan en løsning skal *være*, skal rådgivere og købere af byggevarer i dag beskrive, hvad en løsning skal *kunne*. Problemstillingen er ikke alene relevant for alle konstruktioner, der indeholder nye/innovative løsninger, men også for alle løsninger der i dag opfattes som standardløsninger, men hvor der endnu ikke findes den samme langtidserfaring (>40 år), som kendetegner gode gamle løsninger.

Formålet med pilotprojektet var at undersøge, hvordan der kan udarbejdes en vejledning til købere af byggevarer (herunder bygherrer, rådgivere og udførende m.fl.), så disse lettere kan stille krav til dokumentation af relevante egenskaber, især for nye/uprøvede produkter (byggevarer) til anvendelse i løsninger i klimaskærmen. Herudover omfatter projektet overvejelser om, hvordan denne information bedst kan formidles, så den i størst mulig omfang bliver anvendt i praksis. Som illustration for den foreslåede metodik er der anvendt en case, hvor bygningsdelen er en let ydervæg. I casen er der sat fokus på fugtsikkerhed.

I analysen er der skelnet mellem en løsning – en bestemt konstruktion – og en byggevare. Såvel løsningers som byggevarers funktion beskrives ud fra den valgte systematik. Ligeledes skitseres der en metode til, hvordan følgende parametre kan bestemmes:

- de påvirkninger de indgåede produktet udsættes for.
- de tekniske krav, der skal stilles til produkternes egenskaber.
- de prøvningsmetoder, der er behov for til verifikation af kravenes opfyldelse – med videst mulig brug af henvisninger til europæiske standarder.

I praksis drejer det sig om at omsætte de overordnede funktionsbaserede ydeevnekrav for den samlede løsning til detaljerede krav til tekniske egenskaber for hvert af de produkter, der indgår i den projekterede løsning. For at kunne stille specifikke krav til produkterne – byggevarerne – skal konstruktionen opdeles i klimazoner, som bestemmer den påvirkning, produkterne udsættes for.

Et af projektets resultater er et udkast til et beslutningsdiagram, som vejleder og guider brugeren gennem de centrale problemstillinger, der er i forbindelse med opstilling af krav til en fugtsikker klimaskærmsløsning. Rådgiveren/indkøberen/bygherren skal aktivt via en række tjeklister tage stilling til de krav, der skal stilles til produkter anvendt et specifikt sted i en specifik løsning for en bygningsdel. Beslutningsdiagram og tjeklister skal medvirke til, at bygherren har et dokumenteret og overskueligt grundlag for vurdering af risiko og gevinst.

I udarbejdelsen af metoden er der tilstræbt en enkel og pædagogisk tilgang. Er der intet innovativt i løsningen, eller er der kun få produkter, der anvendes innovativt, er analysen simpel. Hele diagrammet kommer kun i spil, hvis der er tale om nye produkter eller nye anvendelser af kendte produkter, da det netop er i de tilfælde, at der er behov for en særlig granskning.

Formålet med den beskrevne metode er, at gøre det lettere at formulere krav om udarbejdelse af risikoerklæringer med dokumentation for, at der er gjort en rimelig indsats for at begrænse risikoen.

Pilotprojektet har også understreget vigtigheden af at arbejde med denne problemstilling. Gennem analyserne er de umiddelbare 'huller i videnskæden' blevet afklaret. Det har bl.a. vist sig, at der mangler konkret viden om, hvad fx en CE-mærkning kan sige om en byggevare, og om hvilke krav, der bør stilles til en byggevare, og hvordan det gøres. Hertil kommer en række åbne spørgsmål omkring ansvarsfordelingen og manglende opfølgning gennem byggeprocessen – fra projektering til udførelse.

Indledning

Baggrund

Der er et generelt behov for virkemidler til at forebygge, at der i klimaskærmen anvendes løsninger/produkter/materialer, der ikke kan modstå de fugtpåvirkninger, som de udsættes for i en normal brugstid på omkring 40 år. Det er den slags skader byggeskadefondene og de private byggeskadeforsikringsselskaber har flest udgifter til. Problemstillingen er ikke alene relevant for alle konstruktioner, der indeholder nye/innovative løsninger, men også for alle de løsninger der i dag opfattes som standardløsninger, men hvor der endnu ikke findes den samme langtidserfaring (>40 år), som kendetegner 'gode gamle løsninger'.

De 'gode gamle løsninger' forstås som den helt traditionelle byggeskik, med velkendte produkter og løsninger. Brugen af de traditionelle produkter og løsninger hviler på et empirisk grundlag, hvor der er lang tids erfaring for, at de fungerer godt eller acceptabelt.

Introduktion af nye produkter eller løsninger stiller helt nye krav til design og dimensionering af konstruktioner: Hvor det før var nok at beskrive hvordan en løsning skal *være*, skal rådgivere og købere i dag beskrive hvad en løsning skal *kunne*. Denne grundlæggende forskel var tankegangen i de ydeevnebeskrivelser (YEB), som SBI var med til at definere for over 40 år siden¹. Også dengang var drivkraften for arbejdet med YEB, at 'byggemarkedet oversømmes af stadig flere produkter og løsninger, som erstatter noget traditionelt anvendt eller byder på helt nye muligheder'.

Problemstillingen er som taget ud af den aktuelle virkelighed i byggebranchen, og derfor har det været oplagt i dette pilotprojekt at bygge videre på erfaringerne fra dengang.

Formål

Formålet med pilotprojektet har været at undersøge, hvordan der kan udarbejdes en vejledning til købere af byggevarer, herunder rådgivere og bygherrer, så disse lettere kan stille krav til dokumentation af relevante egenskaber, for især nye/uprøvede produkter (byggevarer) til anvendelse i løsninger i klimaskærmen. Herudover omfatter projektet overvejelser om, hvordan denne information bedst kan formidles, så den i størst mulig grad bliver anvendt i praksis.

Afgrænsning

I pilotprojektet har projektgruppen valgt at fokusere på, hvordan fugtrelaterede skader kan reduceres. Der vil være andre forhold i forbindelse med en

¹ SBI Anvisning 94: Ydeevne – Hvorfor, hvordan? En brugsanvisning med eksempler om ydeevnebeskrivelse (YEB) for komponenter

projektering, som kræver den samme opmærksomhed for at imødekomme den nye praksis i EU omkring specifikation af krav til byggevarer. Det gælder fx statisk sikkerhed og brandsikkerhed. Betragtningerne i denne rapport forventes at være anvendelige i en tilsvarende analyse også af disse problemstillinger.

Det primære sigte med projektet er at gøre byggeriets parter til mere kvalificerede købere af byggevarer. Med hensyn til markedets funktion og betydningen af CE-mærkning henvises til Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsens pjece 'Kend din Byggevare'².

Valg af bygningsdel

Som illustration for den foreslåede metodik for fastsættelse af krav til produkter, som indgår i løsninger i bygninger, er valgt bygningsdelen en let ydervæg.

Valget er sket med udgangspunkt i byggeskadefondenes opgørelse af skader og SBI-anvisninger, der viser, at det er en bygningsdel, der gennem tiden har gennemgået en betydelig udvikling. Det er samtidig en konstruktion, hvortil der ofte introduceres nye produkter, uden at det altid har givet den ønskede produktivitetsgevinst. I den forbindelse er det især fugtskader, som økonomisk set har været et dominerende problem.

² <http://byggevareinfo.dk/kend-din-byggevare/0/23>

Formulering af krav til produkter

Fremgangsmåde

I det følgende gennemgås baggrunden for formulering af krav til de byggevarer, der indgår i en let ydervæg. Gennemgangen omfatter et bud på, hvor detaljeret opdelingen af væggen i produkter bør være, og hvilke krav der bør stilles til de enkelte produkter, som indgår i væggen. Derudover beskrives også den indsats, der kræves for at identificere og formulere de relevante krav.

Det drejer sig primært om at omsætte funktionsbaserede ydeevnekrav til væggen til detaljerede krav til tekniske egenskaber for de produkter, der indgår i væggen.

Den valgte konstruktion – som er en konstruktion, hvor nye produkter og løsninger ofte introduceres – beskrives ud fra den valgte systematik. Ligeledes skitseres en metodisk bestemmelse af de påvirkninger produkterne udsættes for, de tekniske krav der skal stilles til produkternes egenskaber samt de prøvningsmetoder, der er behov for til verifikation af kravenes opfyldelse. Der er i videst mulig omfang gjort brug af henvisninger til europæiske standarder.

På det grundlag udarbejdes der forslag til en fremgangsmåde, som kan anvendes ved specifikation af detaljerede krav til dokumentation for, at de anvendte produkter i en normal levetid og med normal vedligeholdelse kan bevare deres funktion i den samlede løsning.

På det grundlag diskuteres, hvilke muligheder der er for i praksis at formulere de relevante krav samt omfanget af den indsats, der medgår til at formulere disse krav.

Projektet er gennemført ved at indhente informationer og inspiration til beskrivelse og formulering af krav til ydeevne fra Bygningsreglement, anvisninger, rapporter, standarder samt fra personer med relevant erfaring.

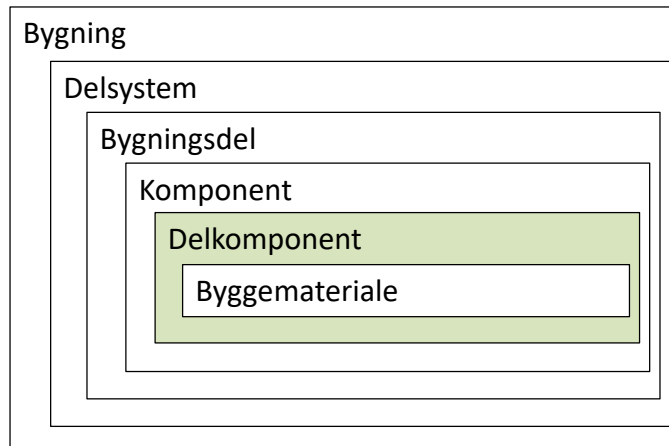
Beskrivelse af bygningsdelen

Udgangspunkt for beskrivelsen af bygningsdelen er taget i forskningsarbejde udført på SBI og i CIB regi. Det er dokumenteret i CIB Report: *Working with the performance approach in Building* og i SBI-anvisning 94, *Ydeevne – Hvorfor, hvordan? En brugsanvisning med eksempler om ydeevnebeskrivelse (YEB) for komponenter*. Som inspiration til beskrivelsen er også brugt bl.a. bips Arbejdsbeskrivelser³ og den dér anvendte terminologi.

Følgende hierarki er blevet brugt i beskrivelsen. Illustration af niveauerne 3 til 8 ses i Figur 1.

³ Bips: 'Vejledning til beskrivelse af skeletkonstruktioner' b3.290_beskrivelsesvejledning_-_skeletkonstruktioner_r2.01_2015-12-22

1. Anlægsarbejde
2. Stort bygningskompleks
3. Bygning: fx en bygning eller et byggesystem, som indeholder alt til en bygning
4. Delsystem: fx et opvarmningssystem, alle bærende dele i bygningen
5. Bygningsdel: fx en ydervæg, en skorsten, en trappe
6. Komponent: fx et vindue, en dækkomponent
7. Delkomponent: fx krydsfiner, tætningsliste
8. Byggemateriale: fx cement, træ, mørtel.



Figur 1: Hierarki benyttet i denne rapport. Niveauerne 3-8 i den nærværende liste. Det centrale niveau 7 Delkomponent er fremhævet.

I det nærværende arbejde fokuseres på niveauerne 5 – 8: fra bygningsdel til byggemateriale. Specielt niveau 7 er interessant i denne sammenhæng og i den aktuelle problemstilling, da det omfatter produkter på markedet, der som udgangspunkt kan bruges til mange forskellige formål. Kategorien hedder på engelsk 'General product' og kan på dansk også kaldes halvfabrikata. Sådanne produkter kan være udmærkede til nogle anvendelser, men uegnede til andre. For at sikre, at anvendelsen af disse produkter kan resultere i en holdbar løsning, kræver det, at der kan defineres klare krav/tjeklister til, hvad det pågældende produkt skal kunne holde til i den aktuelle anvendelse.

Først et par definitioner:

Definition af en ydervæg:

En ydervæg er en lodret, bærende eller ikke bærende bygningsdel, der er etagehøj. Den adskiller inde- og udeklima og kan bruges både i bolig- og erhvervsbyggeri.

Definition af en let ydervæg:

En ydervæg (som beskrevet ovenfor) med vægt $< 100 \text{ kg/m}^2$. Er væggen bærende indeholder konstruktionen typisk et træskelet eller stålskelet.

Definition af en bærende ydervæg:

En bærende ydervæg (som beskrevet ovenfor) skal kunne overføre specificerede belastninger til og fra tilstødende bygningsdele.

Definition af et produkt (byggevarer):

En komponent, delkomponent eller byggemateriale, som forhandles på markedet.

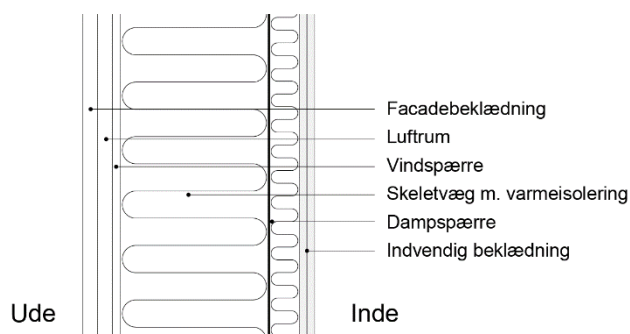
Definition af en løsning:

En bygningsdel, beskrevet ved sin opbygning af produkter, og som samlet opfylder de funktionsbaserede ydeevnekrav, der stilles til bygningsdelen.

En let ydervæg kan opbygges på mange forskellige måder. Med udgangspunkt i bips⁴, kan en let ydervæg fx opbygges af følgende produkter (illustreret i Figur 2):

- Træskelet
- Regler
- Isolering
- Dampspærre
- Beklædning – indvendig og udvendig
- Vindspærre.

Derudover består væggen af fastgørelsesprodukter (søm, skruer, lim), supplerende produkter (fugemasse, stålband/forankring) og afsluttende produkter (maling, væv, mm).



Figur 2: a) Den principielle opbygning af en let ydervæg. De indgående produkter er angivet i figuren. Figur inspireret af SBi Anvisning 77.

⁴ Bips 6.290.01_skeletkonstruktionerbybeks1_r2.01_2015-12-22

Den lette ydervæg har grænseflader dels til andre bygningsdele – fundament, andre ydervægge, tag, gulve/loft, skillevægge – og dels til komponenter som vinduer og døre. Ydeevnen af samlinger mellem bygningsdele er afgørende for bygningsdelens ydeevne. I denne rapport anerkendes betydningen af samlingerne, men der sættes ikke fokus på disse i den nærværende analyse.

Det er karakteristisk for produkterne i den lette ydervæg, at de forskellige dele har forskellige funktioner. Det gør det enklere at udvikle nye løsninger, hvor et enkelt produkt erstattes af et andet, uden at der skal tages hensyn til alle funktioner. Sammenhængen mellem funktioner, påvirkninger og egenskaber for løsningen og de indgående produkter bliver betragtet og analyseret i det næste afsnit.

Løsning og tilhørende produkter

Formålet med at definere funktions- eller ydeevnebeskrivelser (YEB) var i sin tid, at det skulle give de projekterende en større frihed og tilskynde producenter til at udvikle innovative løsninger og produkter. Med krav til ydeevnen frem for krav til navngivne produkter, er de projekterende og udførende ikke bundet til at benytte et bestemt produkt, men kan vælge et alternativt/nyt produkt, hvis det kan påvises, at det nye produkt opfylder de krav, der er til produktet jf. YEB. Dampspærren er et godt eksempel på, at der er fastlagt nogle tekniske ydeevnekrav (funktionskrav) til en enkelt komponent i et byggeri.

Kravene til det færdige byggeri er et nationalt anliggende, og i Danmark formuleres de som generelle, funktionsbaserede ydeevnekrav i Bygningsreglementet⁵. Bygherren kan dog kræve højere ydeevne for et konkret byggeri, end det der svarer til mindstekravene i Bygningsreglementet. Bygherren kan også stille supplerende krav fx til holdbarhed eller finish.

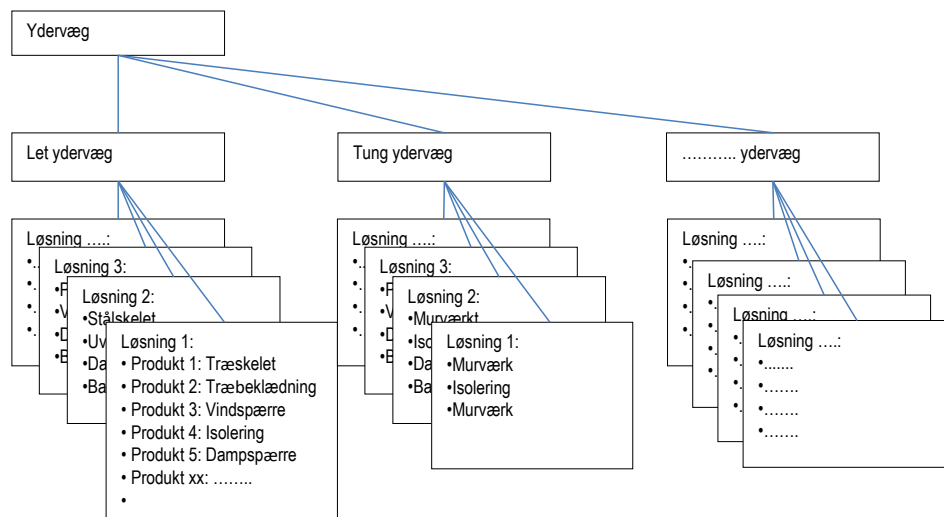
Derimod er deklaration af byggevarers egenskaber et EU-anliggende. Disse deklarationer efter CE-mærkningsreglerne tager ikke sigte på at vurdere, om produktet er egnet til en specifik anvendelse. Mærkningen betyder, at en eller flere af varens tekniske egenskaber er deklareret i overensstemmelse med en harmoniseret europæisk standard eller en ETA⁶. Producenter kan stort set frit vælge, hvilke egenskaber, der skal ligge til grundlag for en CE-mærkning af deres varer. CE-mærkning sikrer således ikke, at alle de tekniske egenskaber, der er relevante for anvendelse i en konkret byggeteknisk løsning, er til stede i byggevaren. Heller ikke Bygningsreglementet kan sikre, at sådanne egenskaber deklarerer.

Det drejer sig derfor om at omsætte de overordnede funktionsbaserede ydeevnekrav for løsningen til detaljerede krav til tekniske egenskaber for de produkter, der skal indgå i den projekterede løsning.

For en ydervæg kan en hierarkisk opbygning af bygningsdele se ud som i Figur 3. Bemærk: at løsningerne som udgangspunkt er ligestillede uanset om de er lette, tunge eller andre ydervægge.

⁵ <http://byggningsreglementet.dk/>

⁶ <https://www.etadanmark.dk/da/eta/hvad-er-en-eta>



Figur 3: Den hierarkiske opbygning af en bygningsdel. Eksemplet viser en ydervæg og illustrerer begreberne 'Løsning' og 'Produkt'.

I dette eksempel vil de overordnede funktionskrav – hovedsageligt fastlagt gennem bygningsreglementet – være de samme for alle løsningerne. Derimod vil kravene til de enkelte produkter være forskellige og med henvisning til figur 2 vil det tilmed være sådan, at hvis forskellen mellem løsningerne eksempelvis kun er luftmellemmrummets ventilationsforhold, vil kravet til vindspærren være forskellig bl.a. med hensyn til fugtbelastning.

Det kræver ofte en væsentlig indsats og byggeteknisk viden at formulere de nødvendige specifikke tekniske krav til de enkelte produkter. Dette gælder især når det handler om nye løsninger, som der ikke er lang tids erfaringer med, og da de derfor indebærer en særlig risiko for svigt. Bygherren bør derfor forvente følgende af sine rådgivere:

- at nye løsninger er identificeret og fremhævet
- at relevante krav til byggevarerne er fastlagt (se efterfølgende afsnit)
- at indkøber (rådgiver/udførende) nøje vurderer sælgers anprisninger og sætter sig ind i dokumentationen.

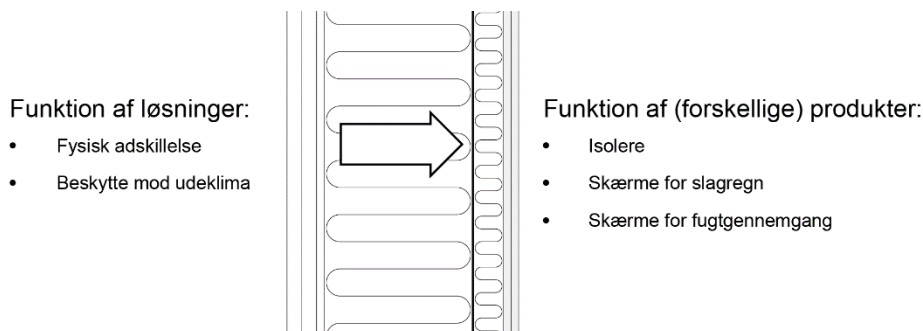
Analysen af bygningsdelens funktioner, påvirkninger og egenskaber er i det følgende som udgangspunkt baseret på SBI-anvisning 94 og den tilhørende ydeevnebeskrivelse på en specifik bygningsdel: ikke-bærende ydervæg. Den hierarkiske fremgangsmåde er illustreret i Figur 4, hvor der med udgangspunkt i funktionskrav til en bygningsdel (løsningen) udvikles specifikke krav til anvendte produkter, se også Figur 3.

De anvendte begreber er defineret ved:

Funktion:	Det løsningen gør fx adskiller termisk
Påvirkning:	Den fysiske last fx fugt, temperatur, UV-stråling
Egenskab:	Det løsningen/produktet er karakteriseret ved fx varmeisoleringsevne, dampspærre, fysisk styrke
Krav:	Specifikt krav til egenskab for at opfylde en funktion ved den specifikke påvirkning fx krav til varmeledningsevne < 0,04 W/mK

Funktion

I det følgende analyseres funktionen knyttet til henholdsvis løsninger og produkter, se Figur 4. Som tidligere nævnt er det funktionen af en løsning, som bestemmer om myndighedernes krav og bygherrens forventninger opfyldes, mens det er produkternes funktion, der er interessant for projekterende og udførende, der står som indkøbere af de produkter løsningen sammensættes af.



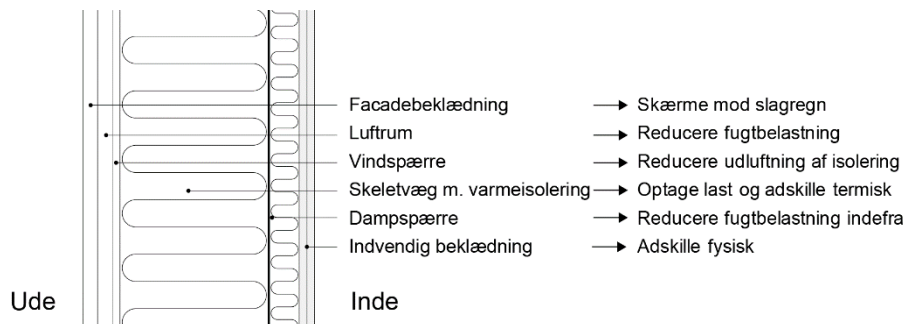
Figur 4: Eksempler på funktionskrav til løsninger og til produkter i løsningen.

Med udgangspunkt i en liste fra SBI-anvisning 94 kan bygningsdelens funktion beskrives ved en række udsagnsord. Dette eksempel viser en ikke-bærende ydervæg, som indgår som en del af klimaskærmen. Funktionen kan beskrives således:

- at begrænse, fysisk *
- at yde tæthed mod nedbør *
- at adskille, luftteknisk *
- at adskille, termisk *
- at begrænse kondensation *
- at adskille, akustisk
- at være ufarlig, fysisk og sundhedsmæssig
- at yde brandteknisk sikkerhed
- at være bestandig *
- at være hygrotermisk stabil *
- at være trykfast
- at være slagfast
- at være belastningsoverførende
- at være af tilsigtet udseende (design)
- at være lydabsorberende
- at være mål- og detailgennemklaret
- at være håndterlig.

Beskrivelsen af bygningsdelens funktioner dækker således over en lang række forskellige funktioner. Ud fra skadestatistikker er utilsigtet fugt som tidligere anført én af hovedårsagerne til skader. Derfor er der i denne rapport sat specielt fokus på fugtrelaterede emner. Disse er markeret med en stjerne * i listen ovenfor.

Tages der udgangspunkt i den lette ydervæg, kan nogle af disse funktioner tilskrives de forskellige anvendte produkter, som er illustreret i Figur 5.



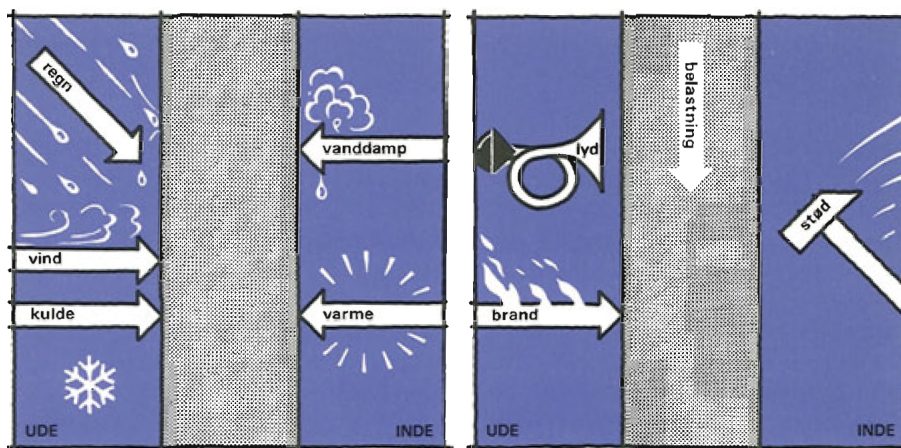
Figur 5: Et eksempel på de forskellige produkters primære funktion i en let ydervæg. Især funktioner relateret til fugt i klimaskærmen er medtaget. For alle konstruktionens dele gælder det, at de også skal være bestandige og hygrotermiske stabile.

Påvirkninger

Det er karakteristisk, at produkterne (byggevarerne) i klimaskærmen bliver udsat for forskellige påvirkninger afhængig af deres placering i klimaskærmen. Derfor skal der kunne stilles forskellige krav afhængigt af, hvor i klimaskærmen produktet indbygges. Det er derfor vigtigt at gøre sig klart, i hvilken 'klimazone' i klimaskærmen produktet indgår. En definering af de påvirkninger, som bygningsdelen i klimaskærmen skal kunne modstå, indebærer derfor også en definition af klimazoner. Et eksempel kunne være en ny fugemasse, der skal bruges udendørs. I dette tilfælde skal produktet kunne tåle forholdene udenfor såvel under montering som i anvendelsesperioden.

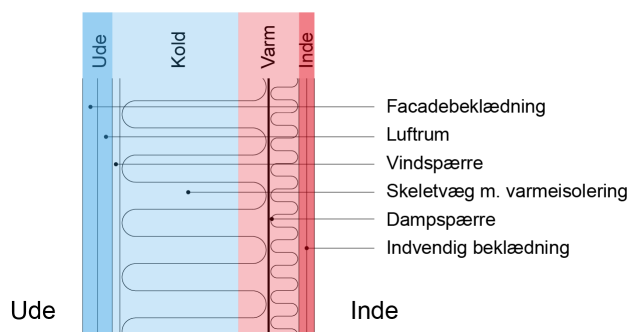
Påvirkninger på klimaskærmen som helhed kan sammenfattes i denne liste baseret på SBI Rapport 292, *Undersøgelse af uventilerede undertage*. Påvirkninger relateret til fugt og holdbarhed er markeret med en stjerne *. Se Figur 6 for illustration af nogle af disse påvirkninger.

- Fugt udefra (fx regn, slagregn, overfladevand) *
- Fugt indefra (fx vanddamp, kondens, lækage) *
- Lyd
- Vind *
- Statisk last (fx egenvægt, fastgørelse)
- Dynamisk last (fx personer, redskaber)
- UV-lys *
- Temperatur og temperatursvingninger, herunder frysepunktpassager *
- Påvirkning fra andre materialer (fx imprægnering), beslag (kompatibilitet) *
- Brand
- Tilsmudsning



Figur 6: Illustration af forskellige påvirkninger en ydervæg kan blive udsat for. Fra SBI Anvisning 77

På baggrund af indledende dynamiske varme- og fugtsimuleringer af en typisk let ydervæg, kan klimaskærmen opdeles i følgende fire klimazoner: 'ude', 'kold', 'varm' og 'inde'. Klimazonerne 'kold' og 'varm' er adskilt af den inderste placering af dugpunktet ved normal anvendelse bygningen. Denne opdeling er illustreret i Figur 7 og Tabel 1. Af Tabel 1 fremgår det, hvorledes belastninger på produkter anbragt i de forskellige zoner typisk kan variere.



Figur 7: Opdeling af klimaskærmen baseret på de forskellige påvirkninger, som produkter i en ydervæg er udsat for.

Denne grove opdeling i klimazoner illustrerer således, hvor forskellige påvirkningerne er alt efter, hvor i løsningen et produkt er placeret. Den indvendige beklædning bliver normalt udsat for langt mere stabile temperaturforhold og mindre fugtbelastning end den udvendige beklædning. Derudover er der hverken vind- eller vandpåvirkning og kun begrænset UV-påvirkning, sammenlignet med det en udvendig beklædning bliver udsat for.

Tabel 1: Opdelingen af klimaskærmen i fire klimazoner. Eksempler på typiske produkter og klimapåvirkninger.

	Klimazone 'ude'	Klimazone 'kold'	Klimazone 'varm'	Klimazone 'Inde'
Typiske produkter	Regnskærm og ventileret hulrum	Vindspærre og den yderste del af isoleringslaget	Den inderste del af isoleringen og evt. dampspærre	Den indvendige beklædning
Temperatur	-12 - +60 °C	-5 - +40 °C	5 – 20 °C	18-25 °C
Relativ fugtighed	80-100 %	55 – 99 %	45 – 85 %	30 – 80 %
Vandpåvirkning	Regn	Evt. regn/kondens	Nej	(nej)
UV-lyspåvirkning	Ja	Nej	Nej	(Ja)
Vindpåvirkning	Ja	(Ja)	Nej	Nej

Det er ikke kun forhold i driftsfasen, der skal vurderes. Under udførelsen af byggeriet kan påvirkningerne være meget anderledes end i brugsfasen. Produkter skal også kunne modstå disse påvirkninger, fx direkte vandkontakt og høj relativ fugtighed. I den forbindelse kan der være overvejelser om den projekterende skal skærpe kravene til produkternes robusthed for fugtpåvirkninger eller skærpe kravene til beskyttelse i byggefasen, f.eks. ved at foreskrive overdækning under udførelse og derved reducere påvirkningerne.

Egenskaber

Produkternes funktion i løsningen og de påvirkninger, de bliver udsat for på det sted, hvor de indbygges, er bestemmende for de egenskaber produktet skal have. Det danner grundlag for fastlæggelsen af de krav, som kan stilles til produkterne, for at de kan anses for egnede til anvendelsen i bygningsdelen i den aktuelle klimazone, her i den lette ydervæg. Disse krav stilles fx ved at angive en minimumsværdi (eller en maksimumsværdi) for de relevante egenskaber hos produktet.

Med udgangspunkt i SBI Anvisning 94 omfatter disse egenskaber (for ikke-bærende ydervægge) følgende liste, hvor fugtrelaterede egenskaber er markeret med en stjerne *:

- Styrke og stivhed
- Tæthed mod nedbør *
- Lufttæthed *
- Termisk isolering *
- Tæthed mod fugt i rumluft *
- Vanddamppermeabilitet *
- Lydisolering
- Stabilitet (statisk)
- Modstandsevne mod brand
- Ældningsbestandighed *
- Hygrotermisk stabilitet *
- Indtryknings- og gennemlokningsstyrke
- Robusthed
- Fastholdelsesevne
- Udseende
- Lydabsorption
- Sammenbyggelighed
- Transport- og monteringslethed
- Vandabsorption (ved forskellige fugtniveauer) *
- Afgivelse af skadelige stoffer (kemisk aggressive, sundhedsfarlige, ...) *
- Udtørningskapacitet.*

Det er ikke alle egenskaber, der er relevante for alle de i løsningen indgående produkter. F.eks. vil tæthed mod nedbør normalt kun være en egenskab af betydning for klimazonen 'ude' i en let ydervæg. Udtørningskapacitet er medtaget, fordi det i visse tilfælde kan være en relevant egenskab for at undgå fugtrelaterede skader, specielt i byggefasen. Nogle af løsningens produkter udsættes for vejrliget under byggefasen – enten tilsigtet, som fx vindspærre før monteringen af den endelige facadebeklædning eller utilsigtet, når fx en midlertidigt afdækning ikke fungerer. Tabel 2 viser et eksempel på fugtrelaterede egenskaber, der er relevante i de forskellige klimazoner. Ifølge denne opdeling er det ikke relevant at produkter i klimazone 'kold' er tætte mod nedbør eller tætte mod fugt fra rumluft. Sidstnævnte sikres med krav til dampspærren (klimazone 'Inde' eller 'varm'), men det er vigtigt at den smule damp, der slipper igennem ikke standses længere ude i væggen. Her er det specielt vindspærren i klimazone 'kold' der kan være et problem. Den skal udvise en vis vanddamppermeabilitet (tommelfingerreglen er 10:1) i forhold til i komponenterne i klimazone 'varm' og 'inde'. For vindspærren kan der således stilles krav om både en maksimal- og en minimalværdi for vanddamppermeabilitet. Alle produkter skal være bestandige samt hygrotermisk stabile.

Tabel 2: Fordelingen af fugtrelevante egenskaber i de fire klimazoner. Fordelingen er både ufuldstændig og vejledende og vil være afhængig af den betragtede løsning.

Klimazone 'ude'	Klimazone 'kold'	Klimazone 'varm'	Klimazone 'inde'
Tæthed mod nedbør	Lufttæthed	(Lufttæthed)	Lufttæthed
Ældningsbestandighed	Termisk isolering	Termisk isolering	(Termisk isolering)
Hygrotermisk stabilitet	Vanddamppermeabilitet	Vanddamppermeabilitet	Tæthed mod fugt i rumluft
Afgivelse af skadelige stoffer	Ældningsbestandighed	Ældningsbestandighed	Ældningsbestandighed
	Hygrotermisk stabilitet	Hygrotermisk stabilitet	Hygrotermisk stabilitet
Vandabsorption	Afgivelse af skadelige stoffer	(Afgivelse af skadelige stoffer)	Afgivelse af skadelige stoffer
	Vandabsorption		
	Udtørningskapacitet		

Opfyldelse af krav til den samlede løsning og til produkter

Opstilling af krav

Fordelingen af egenskaber i Tabel 2 illustrerer også behovet for en helhedsbetragtning for systematisk at kunne adressere egenskaberne for produkter på en sådan måde at funktionskravene til den samlede konstruktion opfyldes. Dette understreges i Tabel 3, hvor der ved hjælp af et eksempel tages udgangspunkt i de egenskaber, der er relevante for fugtrelaterede forhold.

Egenskaberne holdes op på de formelle ydeevnekrav i BR15 samt de generelle ydeevnekrav beskrevet bl.a. i SBI anvisningerne 94 og 224. Til den fugtmæssige vurdering er også blevet brugt Erhvervs- og Byggestyrelsens vejledning til Bygningsreglement om fugtdokumentation.⁷ Man skal huske på, at krav stillet i BR er mindstekrav, men at bygherren kan vælge at stille større krav.

Disse ydeevnekrav bliver omsat til specifikke krav til produkter i den klimazone, hvor det giver mening. Det er karakteristisk, at der ikke blot er ét specifikt krav til én egenskab, men krav til flere egenskaber.

⁷ Niels-Jørgen Aagaard og Eva B. Møller: 'Krav til fugttechnisk dokumentation samt fugtsagkyndiges kompetencer og virke', for Erhvervs- og Byggestyrelsen, 2011

Tabel 3: Eksempler på fugtrelaterede krav, der kan specificeres til produkter i en let ydervæg. De generelle ydeevnekrav er baseret på formuleringerne i BR15 (i kursiv) samt på dem, der er specificeret i SBi Anvisning 94 (i grå kursiv). En konkret fortolkning af disse krav er baseret på formuleringerne bl.a. i SBi Anvisning 224. Egenskaberne 1- 4 stammer fra SBi Anvisning 94, mens 5-9 er identificeret i den nærværende analyse.

Formelle (BR15) og generelle ydeevnekrav for ydervægge Specifikke krav til produkterne

1. Lufttæthed

BR15 Kap. 4.1.stk 1 vejledning:

Den samlede bygningskonstruktion skal være lufttæt af hensyn til energiforbruget, se kap. 7 om energiforbrug.

BR15 Kap7.1.stk 3:

Bygninger og bygningsdele, herunder vinduer og døre, skal udføres, så varmetabet ikke forøges væsentligt som følge af fugt, blæst eller utilsigtet luftgennemgang.

I vejledningsteksten: Varmeisolering, der udsættes for vindpåvirkning, bør afdækkes med vindtæt materiale.

Væggen skal være så tæt imod vind, at der hverken opstår et uønsket luftskifte i rummet eller trækgener i væggens nærhed. Endvidere skal det sikres, at der i væggen ikke opstår luftbevægelser, som nedsætter dens varmeisolationsevne.

Bygningsdelen skal være en del af tæthedsplanen i bygningen. Dette opnås typisk ved en lufttæt dampspærre inkl. samlinger og gennemføringer og afprøves ved Blower Door test.

For at undgå utilsigtet luftbevægelse i isolering, skal denne beskyttes med en vindspærre. Der kan stilles krav til luftpermeabiliteten af denne vindspærre, fx: $\leq 8.3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{sPa})$ og med en diffusionsmodstand (Z-værdi) 5-10 gange mindre end dampspærrens modstand (se nedenfor).

2. Termisk isolering

BR15 Kap. 7.1.stk 1:

Bygninger skal opføres, så unødvendigt energiforbrug til opvarmning, varmt vand, køling, ventilation og belysning undgås samtidig med, at der opnås tilfredsstillende forhold.

Væggen bør have en varmeisolationsevne, således at energispild undgås. Under vinterforhold må væggens overfladetemperatur mod det opvarmede rum ikke på noget punkt være lavere end rumluftens dugpunktstemperatur (under normale forhold 12 °C). Overfladetemperaturen bør være så ensartet som muligt for at undgå dannelse af støvfigurer.

Bygningsdelens U-værdi inkl. effekten af kuldebroer er udtryk for en varmeisolerende egenskab af bygningsdelen.

De enkelte produkter i løsningen bidrager til varmeisolering, men produktet isolering giver normalt langt det største bidrag, og er det, for hvilket der formuleres krav til isoleringsevnen. I den forbindelse skal det vurderes, om klimapåvirkningerne (fx fugt) i klimazonen gør at varmeisoleringsevnen forringes.

3. Ældningsbestandighed

BR15 Kap. 4.5.stk 1:

Bygninger skal udføres så vand og fugt ikke medfører skader eller brugsmæssige gener, herunder forringet holdbarhed og utilfredsstillende sundhedsmæssige forhold, se også kapitel 6, Indeklima.

BR15 Kap. 4.5.stk 2:

Bygninger skal sikres mod skadelig akkumulering af kondensfugt som følge af fugttransport fra indeluften. Bygninger skal desuden sikres mod opslugning af fugt fra undergrunden.

Den kemiske, fysiske og biologiske stabilitet af de i væggen indgående materialer skal kunne bibeholdes i tilfredsstillende omfang i en længere årrække, udsat for normale ødelæggelsesfaktorer som fx uv-stråling, korrosion, svamp, skadedyr, indre kemisk nedbrydning og rengøringsmidler

Krav til holdbarhed og levetid gælder hvert enkelt produkt i løsningen, og her er det produktet med den korteste levetid, der er bestemmende for den samlede løsnings levetid.

Her spiller klimazonerne en vigtig rolle som grundlag for fastsættelse af det miljø, produkterne udsættes for. De i tabel 1 angivne værdier forudsætter, at diffusionsmodstanden i klimazone 'inde' og 'varm' er 5-10 gange større end i klimazonerne 'kold' og 'ude'.

Produkternes ældningsbestandighed vurderes ved at sammenholde fugtbelastningen i klimazonerne (Tabel 1) med kritiske værdier for skimmel, råd, korrosion, kemisk nedbrydning, UV-stråling, frost/tø cyklusser m.m.

4. Hygrotermisk stabilitet (se også efterfølgende 3 punkter)

BR15 Kap. 4.5.stk 1:

Bygninger skal udføres, så vand og fugt ikke medfører skader eller brugsmæssige gener, herunder forringet holdbarhed og utilfredsstillende sundhedsmæssige forhold, se også kapitel 6, Indeklima.

Væggens hygrotermiske egenskaber skal være således, at der ved normalt forekommende variationer i omgivelsernes temperatur- og fugtforhold hverken opstår generende eller skadelige deformationer. Ved vægge med dør- og vinduesåbninger må mål- og formændringer i væggen ikke kunne hindre den tilsigtede funktion af døre og vinduer.

Der kan stilles krav til både fugt- og varmebetingede bevægelser i de enkelte produkter, typisk fremkommet som forudsætninger ved design af den samlede løsning, samt overvejelser knyttet til monteringsprocessen. I klimazone 'kold' må man således normalt regne med RF mellem 55 og 99 % og T mellem -5 og +40 °C.

Derudover skal man vurdere om produkter kan komme i direkte vandkontakt ved regn eller kondens. Hér kan det spille en rolle om byggepladsen f.eks. er overdækket eller ej. Vurderingen kan lede til, at der stilles krav til ændringer af dimensioner i den situation. Der kan bl.a. stilles krav til fx længdeudvidelse og svelning: Længdeudvidelse på grund af fugt ≤ 0.2 % (30 - 90 % RF); Svelning ≤ 6 % (2 timers vandkontakt). Kravene kan også omfatte krav til fugtindhold ved montering.

5. Vanddamppermeabilitet

BR15 Kap. 4.5.stk 2:

Bygninger skal sikres mod skadelig akkumulering af kondensfugt som følge af fugttransport fra indeluften. Bygninger skal desuden sikres mod opslugning af fugt fra undergrunden.

Konstruktioner skal sammensættes således, at der ikke opstår opbobling af fugt på grund af produkternes forskellige vanddamppermeabilitet. Derfor skal der normalt monteres en dampspærre med en høj diffusionsmodstand (Z-værdi > 50 GPa m² s/kg) på den varme side af isoleringen. Z-værdien af de øvrige produkter i væggen skal være 5-10 gange mindre.

6. Hygrotermisk stabilitet - Vandoptagelse

BR15 Kap. 4.5.stk 2:

Bygninger skal sikres mod skadelig akkumulering af kondensfugt som følge af fugttransport fra indeluften. Bygninger skal desuden sikres mod opslugning af fugt fra undergrunden.

Produktets evne til at suge vand ved direkte kontakt (fx regn) kan have betydning for dets anvendelse.

Der kan stilles krav til kapillær vandoptag ved delvis nedsækning.

7. Hygrotermisk stabilitet - Fugtoptagelse fra luft

BR15 Kap. 4.5.stk 2:

Bygninger skal sikres mod skadelig akkumulering af kondensfugt som følge af fugttransport fra indeluften. Bygninger skal desuden sikres mod opslugning af fugt fra undergrunden.

Produktets evne til at optage fugt fra vanddamp i luften kan variere meget, men stiger typisk relativt meget ved høj RF og kan have en betydning for både holdbarhed, dimensionsstabilitet og kompatibilitet med andre komponenter.

Der kan stilles krav til fugtindhold ved forskellige RF afhængigt af, i hvilke klimazoner produktet skal indbygges.

8. Hygrotermisk stabilitet – Udtørringsevne

BR15 Kap. 4.5.stk 2:

Bygninger skal sikres mod skadelig akkumulering af kondensfugt som følge af fugttransport fra indeluften. Bygninger skal desuden sikres mod opslugning af fugt fra undergrunden.

Hvis en komponent bliver opfugtet f.eks. i forbindelse med byggeprocessen, er det afgørende, at den kan tørre ud relativt hurtigt.

Der kan stilles krav til udtørringshastighed.

9. Indholdsstoffer

BR15 Kap. 6.3.2.1 stk. 1:

Byggematerialer må ikke afgive gasser, dampe, partikler eller ioniserende stråling, der kan give anledning til utilfredsstillende sundhedsmæssige indeklimaforhold

Behovet for at opstille krav til produkternes kemiske stabilitet må vurderes ud fra materialernes sammensætning. Hér skal tænkes på afgivelse af stoffer, der kan give sundhedsmæssige gener, såvel som stoffer, der kan nedbryde andre produkter anvendt i løsningen.

At stille krav til et produkt (inkl. samlinger og gennemføringer) kræver således særlig omhu. Krav skal stilles med udgangspunkt i produktets funktion i den samlede konstruktion, herunder den forventede levetid af den samlede konstruktion. Med hensyn til krav til isoleringsmaterialet er det tilmed den samlede

energirammeberegning for hele bygningen, der er udgangspunkt for at stille krav til isoleringsevnen i det produkt, der indbygges som isolering.

I nogle tilfælde kan man tage udgangspunkt i harmoniserede europæiske standarder, og i enkelte tilfælde er der hjælp at hente i uafhængige bedømmelser af produkters eller løsningsers egnethed til anvendelse under danske forhold. Det gælder bl.a. bedømmelser fra DUKO og ETA-Danmark, herunder de tidligere obligatoriske MK-godkendelser.

Verifikation og dokumentation af krav

Ca. 80 procent af alle byggevarer er CE-mærkede. CE-mærkning sker med hensyn til EU-definerede væsentlige egenskaber. De deklarerede egenskaber gælder i hele EU, og en ydeevnedeklaration, DoP⁸, skal følge varen. CE-mærket på en byggevare viser, at mindst én teknisk ydeevne er deklareret. Hvor den - eller de - deklarerede egenskaber opfylder de krav, der er stillet, behøver man således ikke yderligere dokumentation, men kan koncentrere sig om dokumentation af øvrige krav. I den forbindelse skal man huske at CE-mærkning tager sigte på at dokumentere produkters egenskaber, ikke deres egnethed til en specifik anvendelse.

De fugtrelaterede egenskaber, der tidligere er peget på, er oplistet i Tabel 4. Som beskrevet ovenfor er det vedrørende disse egenskaber, at der kan stilles fugtrelaterede krav knyttet til en specifik anvendelse. For hvert produkt i løsningen kan sådanne krav angives i den midterste kolonne, og den eller de prøvningsmetoder, der kan benyttes til dokumentation af kravenes opfyldelse, kan angives i den tredje kolonne.

En DoP dokumenterer kun oplysninger i relation til den harmoniserede standard, som DoP'en refererer til og dermed fx ikke nødvendigvis under hvilke klimabetingelser produktet kan bruges, med mindre en DoP indeholder oplysninger om dette. Egnetheden til en specifik anvendelse må således om nødvendigt sikres gennem supplerende krav. Ofte kan der findes flere oplysninger om produktet, dets anvendelse og egenskaber fra producentens datablade og brochurer.

Tabel 4: Eksempler på fugtrelaterede egenskaber, krav, og prøvningsmetoder, der kan knyttes til produkter i en let ydervæg.

Egenskab	Krav	Prøvningsmetode (eksempler)
Tæthed mod nedbør	Afhængig af produktets funktion og aktuel klimazone	NT Build 118
Lufttæthed		EN 12114, ASTM D6539 – 13
Termisk isolering		EN 12667, EN 12664
Tæthed mod fugt i rumluft		EN ISO 12572
Vanddamppermeabilitet		EN ISO 12572
Ældningsbestandighed		NS 3269
Hygrotermisk stabilitet		
Vandabsorption		EN ISO 12571, EN ISO 15148
Afgivelse af skadelige stoffer		
Udtørningskapacitet		

⁸ Declaration of Performance / Ydeevnedeklaration. DoP'en er grundlaget for CE-mærket. DoP'en indeholder alle oplysninger om fabrikanten, byggevaren og dens ydeevne, mens CE-mærket indeholder et resumé. <http://byggevaerinfo.dk/kend-din-byggevaer/0/23>

Praktisk formulering af krav

Tilgang ved opstilling af krav

Med udgangspunkt i de forgående afsnit beskrives der, hvilken type verifikation og dokumentation, der kan kræves for et produkt, hvis det bliver anvendt et bestemt sted i en løsning.

Som allerede nævnt ligger disse opgaver som udgangspunkt hos rådgiveren:

- at identificere og fremhæve om der er tale om en ny løsning
- at fastlægge relevante krav til byggevarer
- at vurdere sælgers anprisninger og dokumentationen bag en eventuel CE-mærkning

Det betyder, at der skal tages stilling til, om der skal stilles særlige krav til dokumentation, eller om der er tale om 'gode gamle løsninger', hvor der ikke er særligt behov for dokumentation. Normalt kræves der ikke omfattende dokumentation for produkter til en velkendt løsning, som i årevis er blevet anvendt med godt resultat. Rådgiveren bør dog som minimum sikre sig, at CE-mærkninger dækker over en deklaration af de egenskaber, som varen forventes at have.

Når det handler om nye produkter eller ny anvendelse af kendte produkter (innovative produkter), kræver det derimod ofte en væsentlig indsats at formulere de nødvendige specifikke tekniske krav til byggevarerne. Som det fremgår af de foregående afsnit, skal de overordnede funktionsbaserede ydeevnekrav for væggen omsættes til detaljerede krav til tekniske egenskaber for de produkter, der skal indgå i løsningen.

Såfremt der er projekteret en innovativ løsning, vil de tilhørende specifikke krav og dokumentationsmetoder være en del af projekt materialet, idet en del af detaljeringen måske overlades til de udførende. Der kan også opstå behov for senere at udarbejde et sådant grundlag, nemlig hvis de udførende ønsker at erstatte et velkendt produkt med et nyt.

Udgangspunktet for fastsættelse af krav til et produkt er en vurdering af i hvilken klimazone produktet er placeret. Enten er det indlysende – fx for udvendig beklædning – ellers bruges en anvisning fra en eksempelsamling, eller der udføres en simulering af forhold i den projekterede klimaskærm som grundlag for at fastsætte klimazoneparametre.

Når klimazonen kendes, skal de forhold der er gældende for klimazonen holdes op mod de egenskaber, der er nødvendige for at produktet kan fungere tilfredsstillende netop i den klimazone. Som udgangspunkt bruges egenskaber, der er defineret ifølge harmoniserede standarder (og som producenterne oplyser fx i en DoP), men der kan også specificeres nogle andre og skrappe krav, hvis bygherren ønsker det eller det skønnes at være nødvendigt for konstruktionens ydeevne.

Som standard er en DoP for en bygningsdel ikke udformet specielt ud fra et fugtrisikovurderingsperspektiv men fokus er på statiske og brandsikkerhedsmæssige aspekter. Derfor er det normalt **muligt at stille supplerende krav** til produktets egenskaber med henvisning til den specifikke placering i en klimazone i løsningen, forudsat at der findes standarder for bestemmelse af disse egenskaber. Relevante, supplerende egenskaber ud fra fugtrisikovurderingsperspektiv kan omfatte:

- Fugtindhold ved 50, 80 og 95% relativ fugtighed
- Vandoptagelse fra fri vandoverflade
- Udtørningskapacitet efter vandoptagelse
- Vurdering af holdbarhedsaspekter ved høj fugtighed/vandindhold.
- Kemisk sammensætning, afgang og reaktion i forhold til fx fugt

Bemærk: ***Det er altid tilladt at stille specifikke krav til de produkter, hvor der ikke findes harmoniseret standard.***

En anden situation kan være, at det vurderes, at produktet i det aktuelle tilfælde bliver udsat for en anden klimapåvirkning end den, man umiddelbart kan læse sig til jf. de definerede klimazoner. Det kan fx vurderes, at produkter i klimazone 'kold' bør kunne holde til at blive udsat for en direkte vandpåvirkning fra slagregn, fordi bygningen står ved vestkysten, eller at der er tale om en høj bygning, hvor vindtrykket er betydeligt større end ved en lav bygning. Så selv om produktet befinder sig i klimazone 'kold' og ikke 'ude', hvor vandpåvirkning fra regn er normalt, bør man alligevel stille strengere krav i sådanne tilfælde. Her kunne der opstå ønske om at kende bl.a.:

- Vandoptagelse
- Udtørningsevne
- Holdbarhed udsat for vand/høj relativ fugtighed
- Kemisk sammensætning og reaktion i forhold til fx fugt

Desuden skal man være opmærksom på og søge dokumentation for under, hvilke forhold produktets ydeevne er bestemt. Er disse relevante for den aktuelle anvendelse? Hvis ikke, bør der kræves yderligere dokumentation.

Denne yderligere dokumentation kan omfatte:

- Testresultater udført efter en given standard, som skal afdække ydeevne under de forventede klimaforhold (fx fugtindhold ved 50, 80 og 95 % RF ifølge EN ISO 12571 Hygrothermal performance of building materials and products - Determination of hygroscopic sorption properties).
- Resultater fra en specifik ikke-standardiseret prøvning (fx undersøgelse af om produktet suger vand, og hvor meget og hvor hurtigt det udtørre)
- Dokumentation fra en fuldskalaprøvning i en klimasimulator af den samlede løsning inklusiv samlingsdetaljer m.m.

I forbindelse med udbud specificeres disse krav endeligt og nedfældes i udbudsmaterialet. Dette link mellem projektering og udførelse er afgørende for at vurderinger, fx omkring konstruktionens fugtsikkerhed, bliver omsat til konkrete løsninger, som opfylder den tiltænkte funktion. Samme krav til dokumentation kræves, hvis den udførende ønsker at erstatte en velkendt løsning med en innovativ.

Følgende eksempel illustrerer, hvordan der i praksis arbejdes med dokumentation i dag. Eksemplet tager udgangspunkt i bips standardarbejdsbeskrivelser. Her skal der til en gipskartonplade som vindspærre være specificeret følgende:

- Anvendelse
- Pladetype
- Tykkelse
- Vægt
- Maksimal lambda-værdi
- Bøjningsstyrke
- Z-værdi
- Brandmæssige egenskaber
- Beklædningsklasse

Men der kræves således ikke oplysninger om fugtoptag, ældningsbestandighed m.m.

Udkast til praktisk formulering af krav (Beslutningsdiagram)

De forudgående analyser udmønter sig hér i et udkast til den praktiske formulering af kravene. I stedet for blot at kræve en række dokumenter, som i sig selv ikke er en garanti for, at løsningen bliver holdbar, er der valgt en metode, hvor man aktivt tager stilling til de forskellige funktionskrav. For gennemprøvede løsninger, som der er lang tids gode erfaringer med, er det tilstrækkeligt blot at konstatere dette. Er der derimod tale om nye innovative løsninger kræves der en betydelig indsats, som er større jo flere innovative produkter, der anvendes i løsningen.

Udkastet samler sig om et beslutningsdiagram, se Figur 8, som vejleder brugeren gennem de centrale problemstillinger omkring krav til en fugtsikker klimaskærmsløsning. Rådgiveren/indkøberen/bygherren skal aktivt via en række tjeklister tage stilling til de krav, der skal stilles til produkter anvendt et specifikt sted i en specifik løsning for en bygningsdel.

Gennem processen med beslutningsdiagrammet skal brugeren tage stilling til, om der er tale om kendte velafprøvede løsninger eller om nye, innovative løsninger. Beslutningsdiagram og tjeklister skal medvirke til, at give bygherren et dokumenteret og overskueligt grundlag for vurdering af risiko og gevinst. Beskrivelsen er tilstræbt at være enkel og pædagogisk. Er der intet innovativt i løsningen, er det kun de grønne felter, som kommer i spil. Er der derimod tale om en ny løsning, men det kun er få produkter, som anvendes innovativt, er det de grønne og gule felter, der kommer i spil. Hele diagrammet kommer kun i spil, hvor der er tale om nye produkter eller nye anvendelser af kendte produkter, hvilket netop er, hvor der er grund til en særlig granskning.

Det hér beskrevne udkast er ikke opdelt efter projekteringsfaserne, men det kan overvejes, om der vil være behov for det.

Beskrivelse af krav til produkter og den tilhørende tjekliste eller beslutningsdiagram kunne være en del af en erklæring om risikobehæftede forhold med en beskrivelse af, hvad der er gjort for at begrænse risikoen. Sammen med oplysninger om potentielle besparelser kan det udgøre grundlaget for bygherrens beslutning om hvorvidt, han vil acceptere den foreslåede innovative løsning.

Ifølge vejledningen til BR har rådgiveren for almene byggeprojekter skullet aflevere en erklæring om evt. risikobehæftede forhold allerede i forslagsfasen og senere i hovedprojektet⁹, men ændringer siden 2010 har betydet en reduktion af kravet om risikoerklæring, idet øvrigt statsligt og statsstøtte byggeri IKKE længere skal aflevere denne erklæring¹⁰.

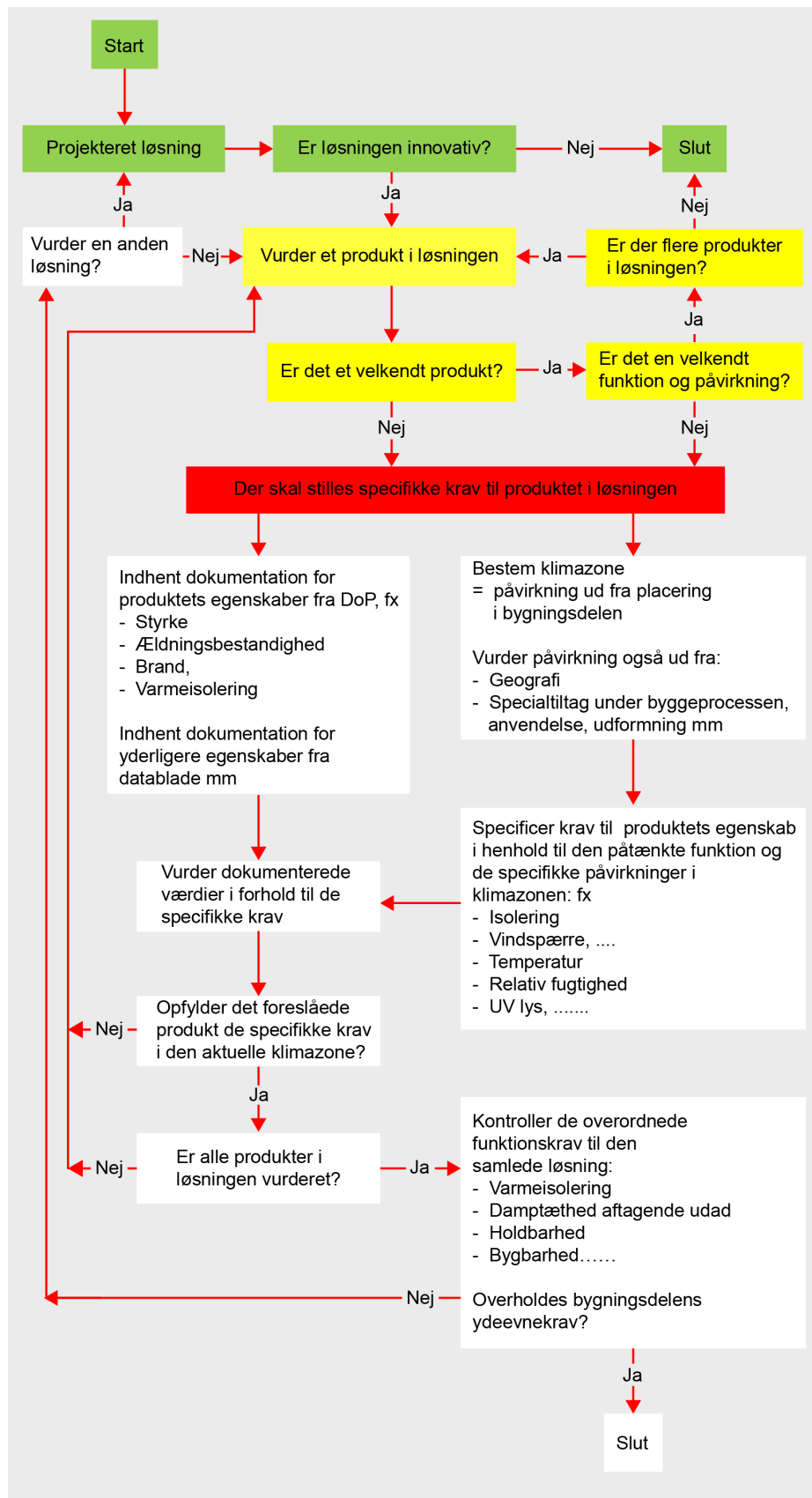
Selv om disse erklæringer således ikke er et krav, kan den beskrevne metode måske betyde, at det bliver lettere at formulere krav om udarbejdelse af risikoerklæringer med dokumentation for, at der er gjort en rimelig indsats for at begrænse risikoen.

Inspiration til beslutningsdiagram og tjeklister er hentet flere steder fra. Blandt andet fra BR's vejledning om håndtering af fugt i byggeriet og fra guides fra Videncenter for Energieffektivt Byggeri, fx tjeklisten fra dampspærreguiden¹¹.

⁹ Eva B. Møller: Vejledning om håndtering af fugt i byggeriet, Statens Byggeforskningsinstitut, Hørsholm.

¹⁰ Bekendtgørelse nr. 773, Bekendtgørelse om kvalitetssikring af byggearbejder i alment byggeri m.v. og ombygninger efter lov om byfornyelse og udvikling af byer med tilhørende vejledning. Ministeriet for By, Bolig og Landdistrikter, 2011. Bekendtgørelse nr. 1179, *Bekendtgørelse om kvalitet, OPP og totaløkonomi i offentligt byggeri* med tilhørende vejledning. Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2013.

¹¹ <http://byggeriogenergi.dk/vaerktoejer/dampspaerreguide/tjekliste-til-dampspaerre/>



Figur 8: Udkast til et beslutningsdiagram. Hver kasse tænkes udbygget med en vejledning og evt. en tjekliste. Grønne felter: Velkendte løsninger. Gule felter: Velkendte anvendelse af velkendte produkter. Røde og hvide felter: Opstilling af specifikke krav med tilhørende tjeklister.

Formidlings- og læringsstrategi

Målet med den aktuelle analyse har været at finde ud af, hvordan der kan stilles krav til byggevarer, således at det kun er produkter, der er velegnede til det aktuelle formål og som opfylder kravene, der ender med at blive bygget ind i løsningen. Analysen af de problemstillinger der er, har afsløret et behov for viden på flere niveauer:

- Projekterende skal aktivt kunne vurdere, om der er tale om en standard-konstruktion eller en ny løsning, som skal vurderes med særlig omhu.
- Bygherre og projekterende skal være opmærksom på og opsøgende mht. at stille krav og kræve dokumentation for ydeevne m.m. samt tage stilling til, hvilken risiko de vil acceptere.
- Projekterende skal have den nødvendige viden til at vurdere, hvilke krav de skal stille til et produkt i en given anvendelse, og hvordan dette skal dokumenteres. De skal også kende til formålet og begrænsningerne i CE-mærkningsordningen.
- De udførende skal kende til de krav, der er stillet til en byggevare og til dokumentationen af disse, så der er en accept af, at kun de varer, der opfylder kravene må bruges i den aktuelle anvendelse.
- Myndigheder skal kunne stille og vurdere opfyldelse af de nødvendige formelle krav, som sikrer, at det realiserede byggeri lever op til lovgivningen, er holdbart, sundt for brugerne og en god investering for bygherren.

Formidlings- og læringsstrategien skal afspejle dette brede sigte. Problemstillingen og dermed også formidlingsstrategien bør involvere alle byggeriets parter.

Kanaler for formidling

Det er afgørende at viden om, at der er behov øget opmærksomhed omkring det at kunne stille specifikke krav til en byggevare, bliver udbredt hos alle byggeriets parter. Som udgangspunkt kunne dette foregå gennem de traditionelle formidlingskanaler, dvs. nyhedsbreve til medlemmerne i diverse organisationer, byggeskadefondenes hjemmesider, artikler i fagblade, Byg-Erfa blade og SBI-anvisninger.

Det fremgår klart af den aktuelle analyse, at det næppe er en farbar vej at forsøge at opstille en komplet liste med alle tænkelige påvirkninger for alle tænkelige byggevarer i alle tænkelige placeringer i alle byggeriets løsninger. Derimod ser det med baggrund i analysen ud som om, det vil være muligt at beskrive en systematisk fremgangsmåde, som for innovative løsninger skitserer de tankebaner, bygherre, rådgivere og udførende m.fl. skal igennem for at kunne opstille krav til byggevarerne. På den måde kan risikoen for, at der indføres nye løsninger, som ikke lever op til forventningerne, reduceres.

En sådan vejledning om at stille specifikke krav til byggevarer kan formentlig udformes som en SBI anvisning samt et IT værktøj. Når en vejledning og evt. også et IT-værktøj er udviklet og operationelt, kan der afholdes seminar og infomøder for organisationernes medlemmer m.m.

Udbredelse af viden bør integreres i branchens uddannelsestilbud: Emnet bør indgå i efteruddannelse af såvel arkitekter som ingeniører og konstruktører samt de udførende.

Implementering af denne viden bliver først for alvor udbredt, når det bliver operationelt og integreret i byggeriets arbejdsgange.

Bips standardbeskrivelserne er et kendt og accepteret arbejdsdokument for byggeriets parter, og derfor er det en mulighed at bruge disse som en formidlingskanal for en ny indsats for specificering af krav. Det vil dog nok kræve en gennemgang og opdatering af beskrivelserne. I forvejen skal rådgiveren (den professionelle indkøber) forholde sig til standardbeskrivelserne i bips. Ved at koordinere krav specificeret i denne rapport med allerede eksisterende beskrivelser i bips, er der en mulighed for at rådgiveren nemt ville kunne anvende den skitserede metode.

Identifikation af barrierer for anvendelse af denne nye viden

Det er afgørende for effekten af denne nye viden – om nødvendigheden af at kunne specificere og stille krav til en byggevare – , er at denne viden bliver så operationel som muligt. Der er fare for, at byggeriets parter opfatter det som endnu en arbejdsproces, som besværliggør og fordyrer arbejdet, og at det drukner i mængden af de dokumenter og beskrivelser, der skal tages stilling til i forvejen. Derfor er det vigtigt, at der ikke kræves ny dokumentation for velkendte løsninger, der er lang tids gode erfaringer med.

Arbejdsprocessen for specifikation af krav til byggevarerne skal således sidestilles med de eksisterende beskrivelser, byggeriets parter i forvejen arbejder med. Implementeringen kræver en bred formidlingsindsats. For at opnå den nødvendige accept af systemet, er det nødvendigt, at de involverede parter får kendskab til systemet og tager stilling til det.

For at gøre den nye viden operationel kunne der fx udvikles et overskueligt online værktøj eller en simpel vejledning som uddyber beslutningsdiagrammet. Det er vigtigt, at værktøjerne ikke giver merarbejde for velkendte løsninger. For innovative løsninger bør værktøjerne guide brugeren gennem de vigtige emner for den pågældende problemstilling og hjælpe brugeren til at generere den nødvendige dokumentation i en brugbar form.

Derimod vil et brugervenligt, up-to-date og altdækkende værktøj, med links til lovgivning og standarder og måske også produkter, kræve en meget stor indsats i udviklingsfasen og et løbende vedligeholdelsesarbejde, som næppe vil kunne retfærdiggøres af anvendelsen af værktøjet. I sagens natur vil det heller ikke komme til at indeholde de innovative løsninger, som fremtiden bringer.

En central barriere ligger også i byggeriets eksisterende processer: Hvordan sikres det, at de 'teoretiske' ydeevnekrav bliver til den byggede virkelighed? For selv om der skabes opmærksomhed på vigtigheden af at kunne stille krav til en byggevare, og der etableres vejledninger og værktøj dertil, er dette i sig selv ingen garanti for, at der i sidste ende bygges den løsning, der er specificeret. Konklusionerne i denne rapport inviterer derfor byggeriets parter til at arbejde med de procedurer, der skal til for at sikre, at den nødvendige dokumentation er til stede på de rigtige tidspunkter i byggeprocessen.

Allerede nu specificerer de projekterende, ud fra deres samlede ekspertise, hvad bygningsdele og komponenter skal yde. Den foreslåede løsning bygger på formodningen om, at den nødvendige ekspertise er til stede hos de projekterende, eller at de er i stand til at indse, hvornår der skal opsøges yderligere ekspertviden. Der er brug for at få indskærpet vigtigheden af denne ekspertise.

Endnu et springende punkt er, hvor godt der følges op på entreprenørens bud på løsningerne og i sidste ende det, der bliver bygget: Har den projekterende eller bygherrerådgiveren ekspertise nok til at vurdere risikoen ved den foreslåede løsning? Hvordan kontrolleres denne efterfølgelse, og hvilke sanktionsmuligheder er der? Hvem er aktører og hvad er deres ansvar?

Konklusion

Nærværende rapport er resultatet af et pilotprojekt, hvor det centrale formål var at finde ud af hvilke krav der bør stilles til en byggevare, så den ikke bliver brugt på en måde, den er uegnet til. Målet med projektet var desuden at skitsere en vejledning til byggebranchen, som viser hvordan dette opnås.

Pilotprojektet har understreget vigtigheden af at arbejde med denne problemstilling og vist de umiddelbare 'huller i videnskæden' – bl.a. manglende konkret viden om, hvad fx en CE-mærkning kan sige om en byggevare. Byggeriets parter har helt generelt behov for mere viden om, hvilke krav og hvordan de kan stille dem til en byggevare. Dertil kommer de åbne spørgsmål omkring ansvarsfordelingen og manglende opfølgning gennem byggeprocessen fra projektering til udførelse.

I projektet er der arbejdet med en meget begrænset case med fokus på de fugttekniske egenskaber. Den har dog tjent godt til at illustrere problemstillingen.

Analysen peger på, at det vil være muligt at beskrive en systematisk fremgangsmåde, som for innovative løsninger skitserer de tankebaner, byggeriets parter skal igennem for at kunne opstille krav til byggevarer. Målet er at reducere risikoen for, at der indføres nye løsninger, som ikke lever op til forventningerne.

Derimod ser det ud som en uoverkommelig opgave på nuværende tidspunkt at udvikle en databaseorienteret løsning, hvor alle former for krav til alle former for byggevarer, kan genereres.

Det værktøj, som projektet peger på, fremstår kun med svage konturer, og det bør derfor udvikles yderligere. Først da er der grundlag for præcise anbefalinger om, hvordan denne viden kan bygges op omkring de sædvanlige faser i et byggeprojekt. Ét værktøj, der tager udgangspunkt i byggeriets faser, vil kunne bidrage til den ubrudte videnskæde. Ved hver af byggeriets faser kan der være tjekpunkter, som man skal udfylde. På sigt skal disse svar kunne indgå naturligt i den normale dokumentation af byggeprocessen.

Set ud fra både et samfundsmæssigt perspektiv og ud fra den enkelte byggherres interesser, er det vigtigt at videnskæden bliver styrket, og at de nødvendige vejledninger bliver udarbejdet. Et centralt emne til det videre arbejde er at få undersøgt, hvordan den tekniske side af sagen (at stille specifikke krav til en byggevare) bedst kan integreres i byggeriets processer og beslutningsgange fra forslagsfasen til aflevering og driftsfasen.

Den beskrevne metode kan betyde, at det bliver lettere at formulere krav om udarbejdelse af risikoerklæringer med dokumentation for, at der er gjort en rimelig indsats for at begrænse risikoen.

Litteratur

Bips (2015). *Vejledning til beskrivelse af skeletkonstruktioner*. B3.290. Ballerup. Bips, (b3.290_beskrivelsesvejledning_-_skeletkonstruktioner_r2.01_2015-12-22)

Bips (2015). *Basisbeskrivelse — skeletkonstruktioner*. B2.290. Ballerup. Bips, 6.290.01_skeletkonstruktionerbybeks1_r2.01_2015-12-22

Blach, K. & Christensen, G. (1974). *Ydeevne – Hvorfor, hvordan? En brugsanvisning med eksempler om ydeevnebeskrivelse (YEB) for komponenter*. (SBI Anvisning 94). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Brandt E., et al. (2013): Fugt i bygninger, (SBI Anvisning 224), København: Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet.

Brandt E. & Hjorslev Hansen, M. (1998). *Undersøgelse af uventilerede undertage*, (SBI Rapport 292). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet.

Bygningsreglementet (2015) <http://bygningsreglementet.dk/>

Christensen, G. & Andersen, N. E. (1972). *Ydervæggen som klimaskærm*, (SBI Anvisning 77). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

ETA. Hvad er en ETA? Lokaliseret (20.5.2020) på: <https://www.etademark.dk/da/eta/hvad-er-en-eta>

Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, (2013). *Bekendtgørelse om kvalitet, OPP og totaløkonomi i offentligt byggeri med tilhørende vejledning*. (Bekendtgørelse nr. 1179). København.

Ministeriet for By, Bolig og Landdistrikter (2011) *Bekendtgørelse om kvalitetssikring af byggearbejder i alment byggeri m.v. og ombygninger efter lov om byfornyelse og udvikling af byer med tilhørende vejledning*. (Bekendtgørelse nr. 773), København.

Møller, E. B. (2010) *Vejledning om håndtering af fugt i byggeriet*, Statens Byggeforskningsinstitut, Hørsholm. Udarbejdet for Erhvervs- og Byggestyrelsen. Hentet fra: <https://sbi.dk/Pages/Vejledning-om-haandtering-af-fugt-i-bygninger.aspx>

Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen. (u.å.) Kend din Byggevare. (pjece). Hentet fra: <http://byggevarerinfo.dk/kend-din-byggevare/0/23>

Videncenter for energibesparelser i byggeri (2014) *Dampspærreguiden*, Hentet fra: <http://byggeriogenergi.dk/vaerktoejer/dampspaerreguide/>

Working commission W60, (1982). *Working with the performance approach in Building*, (CIB Report: Publication 64). Lokaliseret (20.5.2020) på: https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC23969.pdf

Aagaard, N. J. & Møller E. B. (2011). *Krav til fugtteknisk dokumentation samt fugtsagkyndiges kompetencer og virke*. Udarbejdet for Erhvervs- og Byggestyrelsen, Hentet fra: https://sbi.dk/Pages/Krav-til-fugtteknisk-dokumentation-samt-fugtsagkyndiges-kompetencer-og-virke_1.aspx

I takt med, at der kommer stadig flere nye byggevarer på markedet, er der et stigende behov for en metode til og vejledning i, hvordan byggeriets parter kan dokumentere, at et nyt produkt eller et kendt produkt brugt på en ny måde, opfylder de krav, der er til den løsning, hvori de indgår. I denne rapport undersøges det, hvordan en sådan vejledning for især nye og uprøvede produkter kan udarbejdes. Rapporten er resultatet af et pilotprojekt, hvor formålet var at finde ud af, hvilke krav der bør stilles til en byggevare, og hvordan der kan udarbejdes en vejledning til købere og bestillere af byggevarer (herunder bygherrer, rådgivere og udførende m.fl.). Som illustration for den foreslåede metodik er der anvendt en case, hvor bygningsdelen er en let ydervæg. I casen er der sat fokus på fugtsikkerhed. Analysen peger på, at det vil være muligt at beskrive en systematisk fremgangsmåde, som skitserer de tankebaner, byggeriets parter skal igennem for at kunne opstille krav til dokumentation af en byggevars egenskaber.

1. udgave, 2020

ISBN 978-87-563-1958-4



BUILD
AALBORG UNIVERSITET