

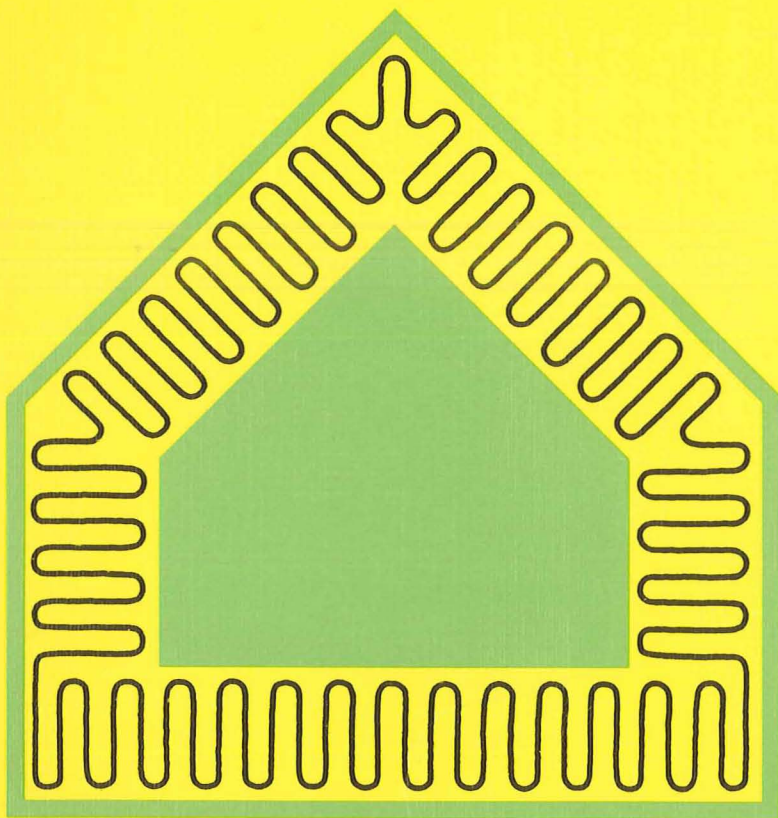
SBI - publ.

Bygningers varmeisolering



2. udgave

SBI-ANVISNING 111 · STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT 1986



SBI - publ.

Bygningers varmeisolering

NILS ERIK ANDERSEN
GEORG CHRISTENSEN
FLEMING NIELSEN

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

^{EX-2}
31 AUG. 1992

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

^{EX-2}
27 JUNI 1986

00 129P



2. udgave

SBI-ANVISNING 111 · STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT 1986

SBI-anvisninger er egne eller andres forskningsresultater bearbejdet til praktiske vedledninger til brug ved planlægning, udførelse og drift af bygninger og bebyggelser samt ved undervisning.

SBI-publikationer. Statens Byggeforskningsinstituts publikationer findes i følgende serier: Anvisninger, Rapporter, Meddelelser, Byplanlægning, Landbrugsbyggeri, Pjecer, Ydeevnebeskrivelser, Beton, Nomogrammer og Særtryk. Salg sker gennem boghandelen eller direkte fra SBI. Instituttets årsberetning og publikationsliste er gratis og kan rekvireres fra SBI.

SBI-abonnement. Instituttets publikationer kan også fås ved at tegne et abonnement. Det sikrer samtidig løbende orientering om alle nye udgivelser. Information om abonnementernes omfang og vilkår fås hos SBI.

ISBN 87-563-0622-9.

ISSN 0106-6757.

Pris: Kr. 48,50 inkl. 22 pct. moms.

Oplag: 10.000.

Tryk: Dyva Bogtryk og Offset, Glostrup.

Omslag: Henning Holmsted.

Statens Byggeforskningsinstitut:

Postboks 119, 2970 Hørsholm. Telefon 02-86 55 33.

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelsen:

SBI-anvisning III: Bygningers varmeisolering. 2. udgave. 1986.

INDHOLD

Forord	5
Energiforbruget skal nedbringes	6
Isoleringstykkelser og økonomi	7
Bestemmelser om varmeisolering	8
Uddrag af BR-82	9
Uddrag af BR-S 85	11
Valgmuligheder for k-værdier	12
Varmetabsramme	13
Beregningseksempler	14
Vinduesareal og k-værdier	18
Særlige varmetekniske forhold	20
Vinduer og solindstråling	20
Isolerende skodder	20
Varmeanlægget	21
Varmeforbrug	21
Ventilation	22
Kuldebroer	22
Tunge og lette bygninger	23
Konstruktionseksempler	25
Tunge ydervægge	26
Lette ydervægge	28
Kælderydervægge og kældergulve	30
Terrændæk	32
Krybekælderdek	34
Loft- og tagkonstruktioner	36
Skillevægge	38
Vinduer og yderdøre	39
Eksempler på sammenbygning	40

FORORD

Denne anden udgave af SBI-anvisning 111: Bygningers varmeisolerings, er på en del punkter ændret i forhold til første udgave fra 1977. De fleste ændringer skyldes, at der for isolering af ydervægge er trådt en ny og skærpet bestemmelse i kraft den 1. april 1986. For tunge ydervægge må k-værdien udtrykt i $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ herefter ikke overstige 0,35 mod hidtil 0,40. Reglen om, at de angivne maksimale k-værdier kan overskrides for nogle af husets bygningsdele, hvis der isoleres bedre andre steder, er stadig gældende.

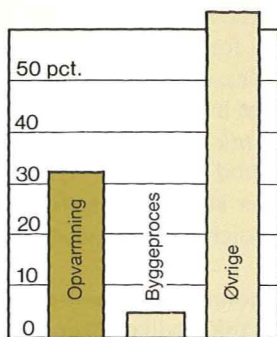
Herudover er der i de seneste år fremkommet en ny mineraluldskvalitet (Super A) med $\lambda_p = 36 \text{ mW/mK}$, hvilket har medført, at en del k-værdier i konstruktionseksemplerne er ændret i denne udgave af anvisningen.

I anvisningen vises eksempler på, hvordan bygningsdele kan udformes efter bestemmelserne om varmeisolerings i Bygningsreglement 1982 (BR-82) og i Bygningsreglement for småhuse (BR-S 85). Dels vises bygningsdele, der netop har k-værdier som anført i bygningsreglementernes tabeller, og dels bygningsdele med væsentlig mindre k-værdier, blandt andet til brug i lavenergihuse. Det skal fremhæves, at eksemplerne kun er nogle få blandt mange mulige inden for rammerne af bygningsreglementernes krav.

Anvisningens beregnings- og konstruktionseksempler tager fortrinsvis sigte på lavt byggeri, men de kan i et vist omfang også anvendes som vejledning i forbindelse med projektering af andet byggeri.

Statens Byggeforskningsinstitut
Afdelingen for bygningsfysik, april 1986
Georg Christensen

ENERGIFORBRUGET SKAL NEDBRINGES



En trediedel af Danmarks energiforbrug går til bygningsopvarmning, og heraf godt halvdelen til boligopvarmning. Ca. 5 pct. af energien anvendes i bygge- og anlægssektoren til produktion og transport af byggematerialer.

Den største del af den energi, der forbruges i et hus, forsvinder som varme gennem dets klimaskærm, dvs. gennem ydervægge, vinduer, tage, gulve etc. Denne anvisning har til formål at vise, hvordan varmetabet og dermed energiforbruget vil kunne reduceres i nyt byggeri.

Valutaforbruget til indkøb af olie, kul og anden energi er for 1984 opgjort til ca. 10 milliarder kroner alene til den andel, der anvendes til bygningsopvarmning. Beløbet, som i 1986 er faldende, må forventes at stige igen om nogle år, blandt andet fordi det opvarmede bygningsvolumen til stadighed forøges, og fordi det næppe kan forventes, at energipriserne på længere sigt vil gå ned.

Energiforbruget kan og skal dog bringes ned – eller i det mindste bringes til kun at stige langsomt – ved at spare på energiforbruget til opvarmningen af vore bygninger, der tegner sig for omkring en trediedel af det samlede energiforbrug. Der er her i øvrigt tale om en kraftig reduktion, idet det indtil for få år siden var halvdelen af energiforbruget, der gik til bygningsopvarmning.

I energiplan 81, udgivet af Energiministeriet i 1981, er der redegjort for den forventede udvikling af energiforbruget i de nærmeste årtier. Det fremgår heraf, at energiforbruget kan holdes på et rimeligt lavt niveau ved en bedre isoleringsstandard af vore bygninger. Dette gælder såvel nyopførte som ældre bygninger, men i denne anvisning er det hovedsagelig forhold i forbindelse med nyopførte bygninger, der er behandlet.

Den her foreliggende anvisning bringer eksempler på, hvorledes klimaskærmens enkelte del kan udføres, således at bygningsreglementernes bestemmelser om varmeisolering er opfyldt. Der er dog også vist konstruktioner med væsentlig bedre isolering end krævet i disse bestemmelser.

Anvisningen indeholder endvidere en del eksempler på sammenbygning af bygningsdele. Her er der især lagt vægt på at vise, hvordan det er muligt at undgå kuldebroer i konstruktionerne. Det skal dog understreges, at der kun er tale om eksempler, og at andre udførelser naturligvis også kan anvendes, når blot det sikres, at bygningsreglementernes bestemmelser er overholdt.

I enkelte tilfælde vil anvisningens eksempler også kunne anvendes ved forbedring af varmeisoleringen i bygninger. En systematisk gennemgang af mulighederne for at nedbringe energiforbruget i vore ældre og nyere boliger findes i SBI-anvisning 100: Isoler nu.

Isoler nu, SBI-anvisning 100 (1979), giver vejledning i efterisolering samt i forbedring af varmeanlægget.

ISOLERINGSTYKKELSE OG ØKONOMI

For den enkelte beboer betyder bedre varmeisolering mindre varmeregning, og for samfundet mindre valutaudgift til brændsel. Herudover vil man opnå et mere behageligt indeklima, fordi indvendige overflader får en højere temperatur, og endelig bliver vedligeholdelsesarbejde på overfladebehandlede vægge, lofter og vinduer mindre. Et mindre brændselsforbrug vil i øvrigt nedsætte luftforureningen og spare transport af brændselsprodukter på vejnettet.

Der er imidlertid en grænse for, hvor meget det – trods disse fordele – kan betale sig at investere i varmeisolerende foranstaltninger. Der bør tilstræbes en sådan balance mellem fordele og udgifter, at den optimale løsning opnås.

En bygningsdel har den mest økonomiske isoleringstykkel- se, når den samlede årlige driftsudgift for bygningsdelen er så lille som mulig. Driftsudgiftens hovedbestanddele er:

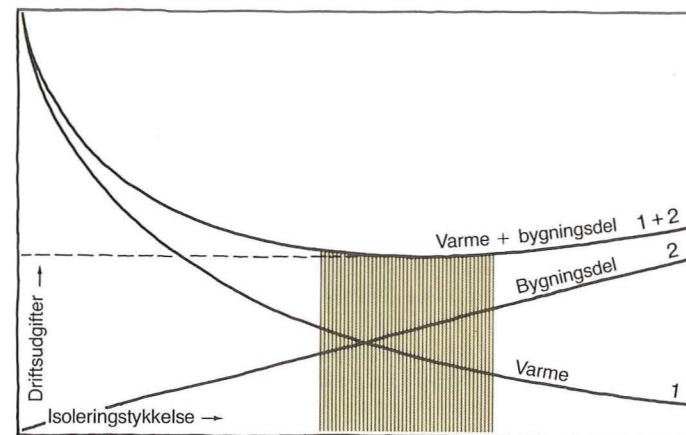
- 1) Udgifter til opvarmning, dvs. brændselsudgifter samt forrentning og afskrivning af varmeanlæg.
- 2) Forrentning og afskrivning af bygningsdelen.

Med voksende isoleringstykkel- se vil 1) være faldende, men 2) vil være stigende. Den økonomiske isoleringstykkel- se er den tykkelse, hvor summum af 1) og 2) er mindst mulig.

Økonomisk vurdering af energibesparende foranstaltninger, SBI-anvisning 132.

Varme og ventilation, bind 1. P. Becher. København 1971.

Økonomisk varmeisolering 74, SBI-særtryk 250. P. Becher. København 1974.



En grafisk afbildning viser, at sumkurven af 1) og 2) forløber næsten vandret omkring minimum. Dette betyder, at isoleringstykkel- sen vil kunne vælges inden for et ret bredt område. Hvis det forventes, at energipriserne stiger kraftigt, bør en stor isoleringstykkel- se foretrækkes. Herved vil i øvrigt valuta- udgiften til brændsel kunne reduceres, men kravet til kapital ved byggeriet bliver større.

BESTEMMELSER OM VARMEISOLERING

BR-82
Bygningsreglement 1982

Almene krav til varmeisolerings af bygninger og bygningsdele er indeholdt i BR-82, kapitel 8, Varmeisolerings. Disse krav og den tilhørende tabel med transmissionskoefficienter, de såkaldte k-værdier, er gengivet nedenfor. k-værdien er størrelsen af varmetabet gennem en m² af en bestemt bygningsdel, når forskellen i temperatur på de to sider af bygningsdelen er 1 °C. k-værdiens enhed er W/m² °C.

Den 1. april 1986 trådte en skærpelse af kravene til varmeisolerings i BR-82 i kraft. k-værdien for ydervægge med vægt over 100 kg pr. m², der begrænser rum, som opvarmes til mindst 18 °C, må herefter ikke overstige 0,35 mod hidtil 0,40. For ydervægge i opvarmede kælderrum kan k-værdien dog fortsat være op til 0,40.

BR-S 85
Bygningsreglement
for småhuse 1985

Den 1. april 1985 trådte et særligt bygningsreglement for småhuse, BR-S 85, i kraft. Bestemmelserne heri gælder for fritliggende og sammenbyggede enfamiliehuse og for sommerhuse samt udhuse o.l. i tilknytning til sådanne huse. Kravene i BR-S 85, kapitel 5, Varmeisolerings, gengives nedenfor. De k-værdier, som er fastsat i BR-S 85, gælder for bygningsdele, som begrænser alle opvarmede rum, uanset rumtemperatur. Den maksimalt tilladte k-værdi for ydervægge med vægt over 100 kg pr. m² er angivet til 0,35 fra den 1. april 1986, mod hidtil 0,40.

BR-S 85 giver mulighed for at overskride de foreskrevne k-værdier og maksimale vinduesarealer, hvis det enten eftervises, at den senere omtalte varmetabsramme overholdes, eller hvis der foretages en detaljeret beregning af energibehovet. Denne beregning kan ske som vist i SBI-rapport 148: Beregning af energiforbrug i småhuse.

Hvis den sidstnævnte mulighed benyttes, skal det kunne eftervises, at det årlige nettoenergibehov til opvarmning og ventilation i et enfamiliehus ikke overstiger 2000 kWh + 70 kWh pr. m² bruttoetageareal (7,2 GJ + 0,252 GJ pr. m²). For eksempel må energibehovet for en bygning på 100 m² ikke være over 9000 kWh om året.

Hvis energibehovet til opvarmning og ventilation er højst det halve af de i BR-S 85 anførte værdier, altså 1000 kWh + 35 kWh pr. m², er kriteriet for lavenergihuse opfyldt, og i så fald gælder særlige regler for valg af opvarmningsform. For at opnå en halvering af energibehovet for et enfamiliehus er det ikke nødvendigt at halvere k-værdierne. Generelt vil det være tilstrækkeligt at nedsætte dem til omkring to trediedele af værdierne i BR-S 85, eller med andre ord at forøge isoleringsniveauet med ca. 50 pct.

Lavenergihuse

Kapitel 8
Varmeisolerings

UDDRAG AF BR-82

8.1 Almene krav

Stk. 1. Bygninger skal udføres af sådanne materialer og konstruktioner og på en sådan måde, at der med hensyn til varmeisolerings sikres tilfredsstillende forhold i sundhedsmæssig henseende og således, at unødvendigt energiforbrug undgås.

Stk. 2. Bygningsdele, herunder vinduer og døre mod det fri, der skal varmeisoleres i henhold til kravene i det følgende, må kun indeholde kuldebroer i uvæsentligt omfang.

Stk. 3. Bygninger og bygningsdele, herunder vinduer og døre mod det fri, skal udføres således, at varmetabet ikke forøges væsentligt som følge af fugt, blæst eller utilsigtet luftgennemgang. Er varmeisoleringen særlig udsat for vindpåvirkning, skal den afdækkes med vindtæt materiale.

Stk. 4. Ved hoteller, større forretningslokaler, produktionshaller og lign. samt ved adgangen til opvarmede trapperum i bygninger med mere end 2 etager og uopvarmede trapperum i bygninger med mere end 4 etager, skal indgangspartier, porte m.v. forsynes med vindfang, sluse eller anden foranstaltning, der kan begrænse varmetabet som følge af blæst eller utilsigtet luftgennemgang. Ved produktionshaller og lign. kan vindfang, sluse m.v. udelades, hvis disse foranstaltninger er til alvorlig hindring for bygningens anvendelse.

Stk. 5. Kravene i stk. 1 anses for opfyldt, når bygningers transmissionskoefficienter og vinduesarealer udføres som angivet i stk. 8 og 10. Transmissionskoefficienterne bestemmes på grundlag af DS 418 Dansk Ingeniørforenings regler for beregning af bygningers varmetab.

Stk. 6. Andre transmissionskoefficienter og vinduesarealer end de i stk. 8 og 10 angivne kan anvendes, såfremt det påvises, at bygningens samlede, dimensionerende transmissionstab i henhold til DS 418 ikke derved bliver større, ved uændret fordeling mellem tunge ydervægskonstruktioner og andre ydervægskonstruktioner.

Stk. 7. Bygningsdele, som begrænser rum, der ventileres særlig kraftigt, får tilført rigelig spildvarme, f.eks. kedelrum og bagerier, eller som ikke eller kun kortvarigt kræves opvarmet til over 10 °C, f.eks. kirker, skal varmeisoleres svarende til anvendelsen, så forsvarlige forhold opnås.

Stk. 8. Bygningsdele, som begrænser rum, der forudsættes opvarmet til mindst 10 °C, henholdsvis mindst 18 °C skal udføres således, at transmissionskoefficienten k udtrykt i W/m² °C, ikke overstiger værdierne i tabellen på side 10. Kravene til døre, lemme og vinduer m.v. gælder ikke for ventilationsruder, lemme og lign., hvis areal er mindre end 500 cm².

UDDRAG AF BR-82

Stk. 9. Ved beregning af vægten af ydervægge medregnes kun den del af ydervægskonstruktionen, som ligger inden for et evt. hulrum, der er ventileret.

Stk. 10. For bygninger, der forudsættes opvarmet til mindst 10 °C, henholdsvis 18 °C, må det samlede areal af vinduer, herunder ovenlys, glasvægge og glaspartier i døre og lemme mod det fri højst udgøre 15 pct. af bygningens bruttoetageareal. Ved beregningen medregnes bruttoetageareal og vinduer m.v. i butikker og lign. i stueetagen ikke.

Stk. 11. Ved bruttoetagearealet forstås det samlede areal af samtlige etager. Bruttoetagearealet måles til ydersiden af de begrænsende ydervægge. Arealet af en kælderetage medregnes kun i den udstrækning, den kan indrettes til arbejdsrum eller beboelsesrum. Uudnyttede tagetager medregnes ikke.

Stk. 12. Ved arealet af et vindue forstås arealet af den åbning i ydervæggen, som vinduet indbygges i. Arealet af glaspartier i døre og lemme kan dog beregnes af selve glasset.

	Rum opvarmet til mindst 10 °C	Rum opvarmet til mindst 18 °C
Ydervægge med samlet vægt over 100 kg/m ²	0,60	0,35*)
Ydervægge med samlet vægt på højst 100 kg/m ²	0,45	0,30
Skillevægge mod rum opvarmet til højst 10 °C	0,80	0,50
Skillevægge mod rum opvarmet til 10-18 °C	-	0,80
Terrændæk	0,45	0,30
Gulve over ventilerede kryberum	0,45	0,30
Etageadskillelser over det fri	0,30	0,20
Etageadskillelser mod rum opvarmet til højst 10 °C	0,60	0,40
Etageadskillelser mod rum opvarmet til 10-18 °C	-	0,60
Lofts- og tagkonstruktioner, herunder skunkvægge	0,40	0,20
Yderdøre, porte og lemme, bortset fra glaspartier heri	2,00	2,00
Vinduer, ovenlys og glasvægge samt glaspartier i yderdøre, porte og lemme	3,30	2,90
Udstillingsvinduer i butikker og lign.	3,30	3,30

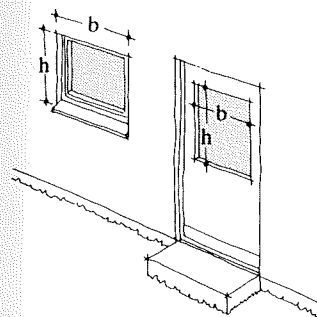
*) Før 1. april 1986 0,40.

UDDRAG AF BR-S 85

5. Varmeisolering

BR-S 85 indeholder vejledende kommentarer til en del af punkterne i reglementet.

(5.2.1) I kommentar gives definition af udtrykkene opvarmede rum og ydervægges vægt.



(5.2.3) Arealet af et vindue måles som åbningen i ydervæggen, hvorimod glaspartier i døre alene beregnes af glassets størrelse. Ved bruttoetagearealet forstås det samlede areal af de etager eller dele heraf, der er opvarmede.

(5.4.2) Eksempler på nettoenergibehov ved forskellige størrelser huse, angivet i GJ/år og kWh/år.

50	100	150	200	m ²
19,8	32,4	45,0	57,6	GJ/år
5500	9000	12500	16000	kWh/år

(5.4.3) Lavenergihuse kan fritages for tilslutningspligt til kollektiv varmforsyning, jf. energistyrelsens publikation: Kollektiv varmforsyning og vedvarende energi, fritagelse for tilslutning, maj 1983.

5.1 Generelt

5.1.1 Enfamiliehuse skal isoleres og være tætte i sådan en grad, at unødvendigt energiforbrug undgås samtidig med, at der opnås tilfredsstillende sundhedsmæssige forhold.

5.2 k-værdier for bygningsdele

5.2.1 Bygningsdele omkring rum, der normalt opvarmes, skal udføres med en transmissionskoefficient k, der højst er følgende:

Ydervægge med vægt under 100 kg/m ²	0,30 W/m ² °C
Ydervægge med vægt over 100 kg/m ²	
Indtil 1. april 1986	0,40 W/m ² °C
Efter 1. april 1986	0,35 W/m ² °C
Kælderydervægge	0,40 W/m ² °C
Skillevægge og etageadsk. mod uopvarmede rum	0,50 W/m ² °C
Terrændæk og gulve over ventilerede kryberum	0,30 W/m ² °C
Lofts- og tagkonstruktioner, herunder skunkvægge	0,20 W/m ² °C
Yderdøre og lemme, bortset fra glaspartier heri	2,00 W/m ² °C
Vinduer, ovenlys og glasvægge samt glaspartier i yderdøre og lemme (gælder ikke ventilationsåbninger mindre end 500 cm ²)	2,90 W/m ² °C

5.2.2 Ved beregning af transmissionskoefficient og transmissionstab anvendes Dansk Ingeniørforenings regler for beregning af bygnings varmetab (DS 418).

5.2.3 Det er en forudsætning for anvendelse af de nævnte transmissionskoefficienter, at det samlede areal af vinduer, herunder ovenlys, glasvægge og glaspartier i døre og lemme mod fri, højst udgør 15 pct. af bygningens bruttoetageareal.

5.3 Varmetabsberegning

5.3.1 Transmissionskoefficienterne (k-værdierne) kan ændres og vinduesarealet forøges, hvis husets samlede varmetab ikke derved bliver større, end hvis kravene i 5.2 var opfyldt.

5.4 Energibehovsberegning

5.4.1 Transmissionskoefficienterne (k-værdierne) kan også ændres og vinduesarealet forøges, hvis varmeisoleringen udføres på grundlag af en energibehovsberegning. Beregningen skal tage hensyn til varmetilførsel fra personer, husholdningsapparater, belysning, solindfald samt husets varmeakkumulerende egenskaber.

5.4.2 Det årlige nettoenergibehov til opvarmning og ventilation må ikke overstige 7,2 GJ med et tillæg på 0,252 GJ pr. m² bruttoetageareal.

5.4.3 Lavenergihuse er huse, hvis nettoenergibehov til opvarmning og ventilation højst er det halve af værdierne i 5.4.2.

VALGMULIGHEDER FOR k-VÆRDIER

Kapitlerne om varmeisolering i de to bygningsreglementer giver tre muligheder for at opfylde de stillede krav.

Den første mulighed
(BR-S 5.2)

Reglementernes k-værdier og vinduesareal i pct.

Alle bygningsdele skal have k-værdier, som er mindre end eller lig med størrelserne i de viste tabeller, og vinduesarealet holdes på højst 15 pct. af bygningens bruttoetageareal.

Den anden mulighed
(BR-S 5.3)

Beregning af varmetab

En eller flere bygningsdele kan have større k-værdier end anført i tabellerne, eller vinduesarealet sættes til mere end 15 pct. af bruttoetagearealet, men så skal andre bygningsdele til gengæld have lavere k-værdier end anført i tabellerne. En forudsætning herfor er, at bygningens samlede dimensionerende varmetab ved transmission ligger inden for den såkaldte *varmetabsramme*. Ved varmetabsrammen forstås det dimensionerende varmetab ved transmission, beregnet for en bygning, hvis bygningsdele har k-værdier som angivet i bygningsreglementernes tabeller, og hvis vinduesareal er 15 pct. af bruttoetagearealet. Til vinduesareal medregnes glasareal i yderdøre.

I varmetabsrammen og i det nævnte bruttoetageareal medregnes kælderetager i den udstrækning, de er opvarmede og i øvrigt kan indrettes til arbejdsrum eller beboelsesrum. Der stilles ikke krav om begrænsning af vinduernes areal i andre opvarmede kælderrum, men vinduernes k-værdi må ikke overstige 2,90, hvis rummene opvarmes til mindst 18 °C.

Der er ingen øvre grænser for bygningsdeles k-værdier, og isoleringen af mindre arealer kan derfor teoretisk set være meget ringe. Egentlige kuldebroer må imidlertid kun forekomme, når de ikke kan undgås af konstruktive grunde. Dårlig isolering af visse partier kan i øvrigt medføre fugtskader som følge af overfladekondensation, og pletvis meget ringe isolering vil desuden lettere forårsage dannelse af støvfigurer på ydervægge og lofter i velisolerede huse end i dårligt isolerede huse.

Den tredje mulighed
(BR-S 5.4)

Beregning af energiforbrug

Denne mulighed, som specielt gælder for småhuse, består i at fastlægge varmeisoleringen på grundlag af en detaljeret beregning af det årlige energiforbrug. Beregningen skal vise, at forbruget ikke overstiger en vis grænse, afhængig af husets størrelse. Beregningsmetoden er gennemgået i SBI-rapport 148: Beregning af energiforbrug i småhuse.

Varmetabsramme

DIF's regler, DS 418

VIF-tabeller

Varmetab = produkt af
k-værdi, areal og
temperaturdifferens

VALGMULIGHEDER FOR k-VÆRDIER

Ved beregning af varmetabsrammen skal benyttes Dansk Ingeniørforenings regler for beregning af bygningers varmetab, DS 418. En bygningens samlede varmetab kan beregnes efter disse reglers punkt 5.3: Tilnærmet beregning af samlet transmissionstab. Her er blandt andet anført, hvordan arealet af ydervægge m.m. skal beregnes.

Varmeisoleringskontrollen, VIK, fastsætter praktisk anvendelige værdier for varmeisoleringsmaterialers varmeledningsevne. Dansk Forening af Fabrikanten af Varmeisoleringsmaterialer, VIF, har på sit forlag, Hjortespringsparken 25, 2730 Herlev, tlf. 02-84 08 41, udgivet tabelværket: k-værdier, som kan benyttes ved transmissionsberegning.

Afvigelser fra de k-værdier for bygningsdele, som er anført i de to bygningsreglementer, og forøgelse af vinduesarealet ud over 15 pct. af etagearealet kommer især på tale ved projektering af enfamiliehuse. Som basis for de følgende fire eksempler på udnyttelse af varmetabsrammen er derfor valgt et etplanshus. Dets bruttoetageareal er 120 m², det har en ganske enkel, rektangulær plan og er uden kælder. Beregningen af varmetabsrammen er vist i nedenstående tabel, hvor varmetabet ved transmission for hver slags bygningsdel er bestemt som produktet af k-værdi, areal og temperaturdifferens.

Bygningsdel	k-værdi W/m ² °C	Areal m ²	Temp. dif. °C	Varmetab W
Tag	0,20	104,4	37	773
Terrændæk	0,30	104,4	19	595
Ydervægge (tunge)	0,35	86	32	963
Vinduer	2,90	18	32	1670
Yderdøre	2,00	4	32	256
Varmetabsramme				4257 W

Temperaturdifferens mellem ude og inde er regnet til 37 °C for taget, idet der her skal gives et tillæg på 15 pct. For gulvet er regnet med 19 °C, fordi udetemperaturen for en del af terrændækket er jordtemperaturen, se DIF's beregningsregler punkt 5.3. Ved eventuel krybekælder regnes med en temperaturdifferens på 25 °C.

Der er regnet med tung ydervæg, k = 0,35, og denne må ikke ændres til let væg, uden at varmetabsrammen samtidig ændres. Den beregnede varmetabsramme skal nemlig have samme fordeling mellem tunge og lette ydervægskonstruktioner, som er valgt i selve byggeprojektet, se BR-82, 8.1, stk. 6.

VALGMULIGHEDER FOR k-VÆRDIER

Beregningseksempler



Basis for eksemplerne:
Etplanshus på 120 m²

Et etplanshus på 120 m² er grundlag for de fire eksempler. Dets udvendige mål er 15 m × 8 m. Vinduesarealet er 18 m² = 15 pct. af 120 m². Vægtykkelsen er 0,35 m, hvorfor det indvendige areal af gulv og loft er 14,3 m × 7,3 m = 104,4 m². Bruttoetagehøjden er sat til 2,5 m, og arealet af de lodrette yderflader er = (14,3 + 7,3) × 2 × 2,5 = 108 m². Heraf er 18 m² vinduer, 4 m² yderdøre og 86 m² ydervægge.

Eksempel 1

Hvort stort kan vinduesarealet blive ved anvendelse af 3 lag glas i stedet for 2 lag glas?

Der vælges 2 + 1 lag glas (se side 39), 70 pct. glas, k = 1,90. Ved at ændre 18 m² vinduesareal fra k = 2,90 til k = 1,90, mindskes varmetabet med $\Delta k \times A \times \Delta t = 1,0 \times 18 \times 32 = 576$ W.

Ved ændring af 1 m² ydervæg til vindue øges varmetabet med $\Delta k \times \Delta t = (1,90 - 0,35) \times 32 = 49,6$ W.

I alt kan der således ændres $576 : 49,6 = 11,6$ m².

Nyt vinduesareal = 18 + 11,6 = 29,6 m² = 24,7 pct. af 120 m².

Nyt ydervægsareal = 86 - 11,6 = 74,4 m².

Efter ændringen af vindues- og ydervægsareal kontrolleres det, om varmetabsrammen er overholdt:

Bygningsdel	k-værdi W/m ² °C	Areal m ²	Temp. dif. °C	Varmetab W
Tag	0,20	104,4	37	773
Terrændæk	0,30	104,4	19	595
Ydervægge	0,35	74,4	32	833
Vinduer	1,90	29,6	32	1800
Yderdøre	2,00	4	32	256
I alt				4257 W

Eksempel 2

VALGMULIGHEDER FOR k-VÆRDIER

Hvor stort kan vinduesarealet blive ved anvendelse af 3 lag glas og bedre isolerede ydervægge, gulve og tag?

Der vælges k-værdi = 0,10 for taget, hvilket svarer til 400 mm isoleringstykkelse. Ydervæggens k-værdi nedsættes til 0,20, dog fastholdes vægtykkelsen 0,35 m. For gulvkonstruktionen vælges et terrændæk med k-værdi = 0,20, hvilket kræver 125 mm isolering. Der vælges yderdøre med k-værdi = 1,00. Ved disse ændringer opnås en reduktion af transmissionstabene i forhold til eksempel 1 af denne størrelse:

Bygningsdel	k-værdi W/m ² °C	Areal m ²	Temp. dif. °C	Varmetab W
Tag	(0,20-0,10)	104,4	37	386
Terrændæk	(0,30-0,20)	104,4	19	198
Ydervægge	(0,35-0,20)	74,4	32	357
Yderdøre	(2,00-1,00)	4	32	128
Samlet reduktion				1069 W

Ved ændring af 1 m² ydervæg til vindue øges varmetabet med $(1,90 - 0,20) \times 32 = 54,4$ W.

I alt kan der således ændres $1069 : 54,4 = 19,7$ m².

Nyt vinduesareal = 29,6 + 19,7 = 49,3 m² = 41,1 pct. af 120 m². Nyt ydervægsareal = 74,4 - 19,7 = 54,7 m².

Efter ændringen af vindues- og ydervægsareal kontrolleres det, om varmetabsrammen er overholdt:

Bygningsdel	k-værdi W/m ² °C	Areal m ²	Temp. dif. °C	Varmetab W
Tag	0,10	104,4	37	386
Terrændæk	0,20	104,4	19	397
Ydervægge	0,20	54,7	32	350
Vinduer	1,90	49,3	32	2997
Yderdøre	1,00	4	32	128
I alt				4258 W

I dette eksempel ændres ydervæggens k-værdi, men ikke deres tykkelse. Det er hensigtsmæssigt at fastlægge vægtykkelsen på et tidligt tidspunkt under projekteringen, da en senere ændring af tykkelsen vil påvirke arealerne af gulv, loft og ydervægge, og dermed selve varmetabsrammen.

VALGMULIGHEDER FOR k-VÆRDIER

Eksempel 3

Hvor stort kan vinduesarealet blive ved anvendelse af 3 lag glas og både lette og tunge ydervægspartier?

Der vælges 2 + 1 lag glas (se side 39), 70 pct. glas, $k = 1,90$. Alle andre bygningsdele udføres med k -værdier som angivet i bygningsreglementernes tabeller. Brystningerne under vinduerne udføres af let konstruktion og gives samme højde som vinduerne.

Da tabellernes k -værdier for tunge og lette ydervægge kun afviger lidt i forhold til hinanden, antages vinduesarealet at kunne blive af lignende størrelse som i eksempel 1, dvs. 29–30 m² eller omkring 40 pct. af det samlede ydervægsareal. »Varmetabsrammen« alene for ydervægge og vinduer kan derfor beregnes ud fra et hus med 18 m² vinduesareal (15 pct. af 120 m²) og 34 m² brystningsareal (40 pct. af 86 m²):

Bygningsdel	k -værdi W/m ² °C	Areal m ²	Temp. dif. °C	Varmetab W
Tunge ydervægge	0,35	52	32	582
Lette ydervægge	0,30	34	32	326
Vinduer	2,90	18	32	1670
»Varmetabsramme«				2578 W

Ved at ændre 18 m² vinduesareal fra $k = 2,90$ til $k = 1,90$ mindskes varmetabet med $(2,90 - 1,90) \times 18 \times 32 = 576$ W.

Når 1 m² ydervæg (40 pct. heraf let) ændres til vindue, øges varmetabet med $(1,9 - 0,6 \times 0,35 - 0,4 \times 0,30) \times 32 = 50,2$ W. I alt kan der således ændres $576 : 50,2 = 11,5$ m².

$Nyt\ vinduesareal = 18 + 11,5 = 29,5\ m^2 = 25\ pct.\ af\ 120\ m^2.$

Nyt brystningsareal (lette ydervægge) = 29,5 m².

Nyt areal af tunge ydervægge = $86 + 18 - 29,5 \times 2 = 45$ m². Arealet af lette ydervægge er 40 pct. af det samlede ydervægsareal, helt svarende til det skønnede.

Efter ændringen af vindues- og ydervægsareal kontrolleres det, om »varmetabsrammen« er overholdt:

Bygningsdel	k -værdi W/m ² °C	Areal m ²	Temp. dif. °C	Varmetab W
Tunge ydervægge	0,35	45	32	504
Lette ydervægge	0,30	29,5	32	283
Vinduer	1,90	29,5	32	1794
I alt				2581 W

VALGMULIGHEDER FOR k-VÆRDIER

Eksempel 4

Hvor stor k -værdi kan en given bygningsdel udføres med, hvis alle andre bygningsdele isoleres meget kraftigt?

Dette er beregnet for ydervægge, terrændæk og tag, idet der ved kraftig isolering af disse tre bygningsdele er valgt k -værdier på hhv. 0,20, 0,20 og 0,10. Desuden forudsættes vinduer med k -værdi = 1,90 og yderdøre med k -værdi = 2,00.

Varmetab for bygningsdele – bortset fra ydervægge:

Bygningsdel	k -værdi W/m ² °C	Areal m ²	Temp. dif. °C	Varmetab W
Tag	0,10	104,4	37	386
Terrændæk	0,20	104,4	19	397
Vinduer	1,90	18	32	1094
Yderdøre	2,00	4	32	256
I alt				2133 W

Ydervægge

Største varmetab for ydervægge = $4257 - 2133 = 2124$ W.
»Maksimal« k -værdi = $2124 : (86 \times 32) = 0,77$.

Varmetab for bygningsdele – bortset fra terrændæk:

Bygningsdel	k -værdi W/m ² °C	Areal m ²	Temp. dif. °C	Varmetab W
Tag	0,10	104,4	37	386
Ydervægge	0,20	86	32	550
Vinduer	1,90	18	32	1094
Yderdøre	2,00	4	32	256
I alt				2286 W

Terrændæk

Største varmetab for terrændæk = $4257 - 2286 = 1971$ W.
»Maksimal« k -værdi = $1971 : (104,4 \times 19) = 0,99$.

Varmetab for bygningsdele – bortset fra tag:

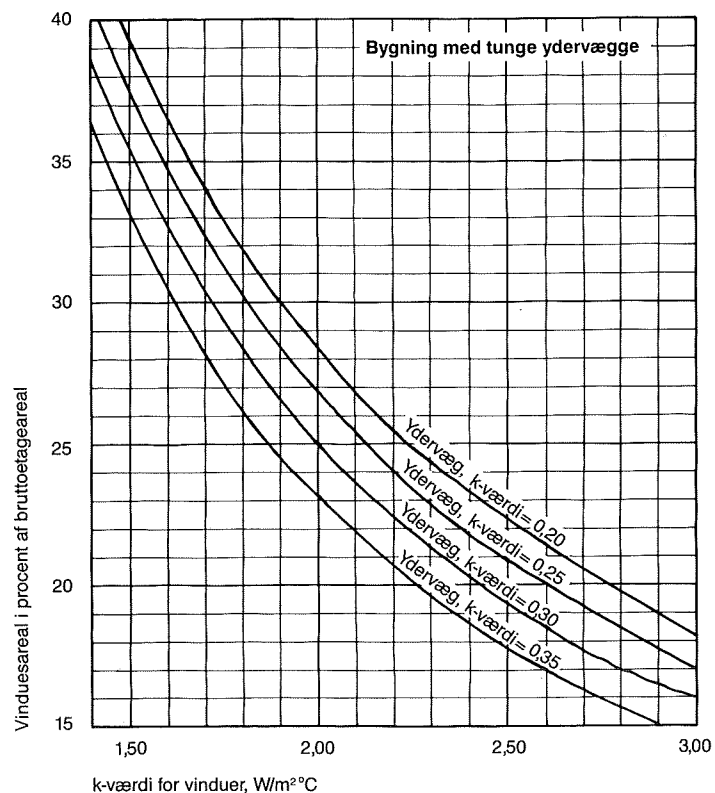
Bygningsdel	k -værdi W/m ² °C	Areal m ²	Temp. dif. °C	Varmetab W
Terrændæk	0,20	104,4	19	397
Ydervægge	0,20	86	32	550
Vinduer	1,90	18	32	1094
Yderdøre	2,00	4	32	256
I alt				2297 W

Tag

Største varmetab for tag = $4257 - 2297 = 1960$ W.
»Maksimal« k -værdi = $1960 : (104,4 \times 37) = 0,51$.

VALGMULIGHEDER FOR k-VÆRDIER

Vinduesareal og k-værdier

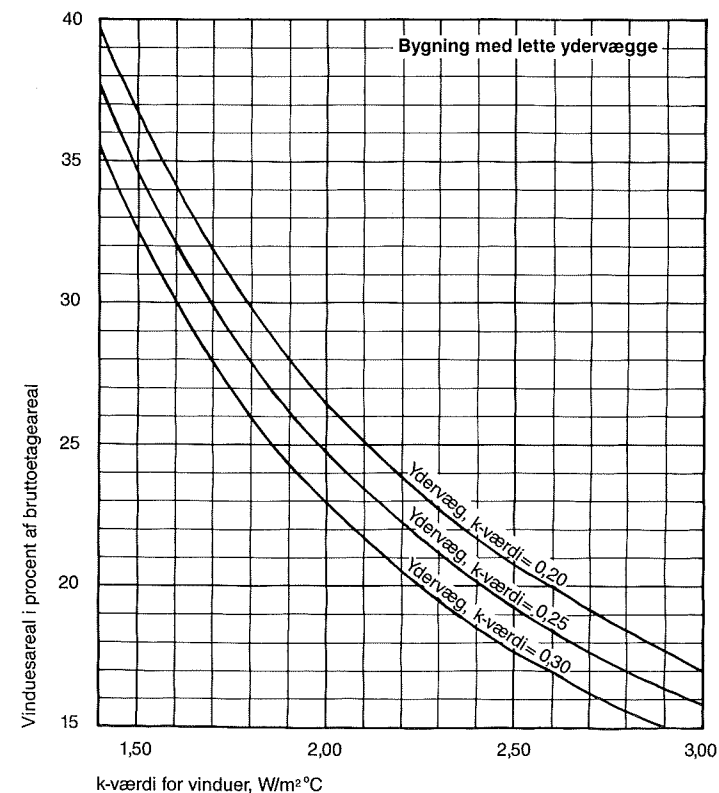


Tunge ydervægge

Figuren viser – for en bygning med tunge ydervægge – sammenhængen mellem vinduesarealets procentdel af bruttoetagearealet, ydervæggens k-værdi og vinduernes k-værdi. Grundlaget for kurverne er disse bestemmelser i bygningsreglementerne: Vinduesareal = 15 pct. af bruttoetagearealet. Tunge ydervægges k-værdi = 0,35. Vinduernes k-værdi = 2,90. Tilstanden, hvor en bygning er i overensstemmelse med alle de tre citerede bestemmelser, er markeret med en cirkel og svarer til varmetabsrammen.

Hvis der ønskes et vinduesareal på fx 22 pct. af etagearealet, kan der vælges mange kombinationer af ydervægge og vinduer, hvilket ses ved på figuren at følge linien for 22 pct. Eksempelvis kan der benyttes ydervægge med k-værdi = 0,35 og vinduer med k-værdi = 2,10, eller ydervægge med k-værdi = 0,25 og vinduer med k-værdi = 2,40. En k-værdi på 2,40 for vinduer opnås, hvis halvdelen af vinduesarealet har 3 lag glas ($k = 1,90$) og halvdelen 2 lag glas ($k = 2,90$).

VALGMULIGHEDER FOR k-VÆRDIER



Lette ydervægge

Denne figur viser – for en bygning med lette ydervægge – sammenhængen mellem vinduesarealets procentdel af bruttoetagearealet, ydervæggens k-værdi og vinduernes k-værdi. Grundlaget er disse bestemmelser i bygningsreglementerne: Vinduesareal = 15 pct. af bruttoetagearealet. Lette ydervægges k-værdi = 0,30. Vinduernes k-værdi = 2,90. Tilstanden, hvor en bygning er i overensstemmelse med alle de tre citerede bestemmelser, er markeret med en cirkel.

Af de to sidste figurer kan man som omtalt blandt andet med god tilnærmelse aflæse de k-værdier, som er nødvendige for ydervægge og vinduer, når der ønskes et bestemt vinduesareal. Det har intet særligt formål at tilstræbe udformninger, der ligger tættest muligt på varmetabsrammen, dvs. lige netop opfylder mindstekravene. Ved valget af konstruktioner skal man blot sikre sig, at bestemmelserne er overholdt. Med figurerne kan man vurdere valgmulighederne.

SÆRLIGE VARMETEKNISKE FORHOLD

Vinduer og solindstråling

Sydvendte vinduer kan, især om sommeren, give ubehageligt høje rumtemperaturer. I et etplanshus med et rumhøjt vinduesparti kan der opnås rimelig solafskærmning med et tagudhæng på ca. 1 m. Et sådant udhæng tillader fuld solindstråling om vinteren.

Isolerende skodder

Varmetabet gennem 10 m² nordvendte vinduer svarer til ca. 300 liter olie pr. år ved anvendelse af to lag glas, og ca. 200 liter ved 3 lag glas. Varmetabet gennem vinduer vil ofte i væsentlig grad kunne opvejes af varmetilførsel ved solindstråling. Sydvendte vinduer vil endda under visse omstændigheder slet ikke give noget varmetab for den samlede varmesæson.

Forudsætningen herfor er blandt andet, at vinduer altid modtager fuld solindstråling, dvs. der må ikke være skygge fra omliggende træer eller bygninger, og der må ikke i varmesæsonen trækkes gardiner eller persiener for vinduerne om dagen. Endvidere må huset delvis være udført af tunge bygningsdele, så solvarmen kan oplagres uden at medføre ubehageligt høje rumtemperaturer, se side 22. Under alle omstændigheder er det en energimæssig fordel at orientere vinduer mod sydlige fremfor nordlige retninger.

Varmebesparelse kan opnås ved at anvende isolerende skodder, som lukkes for vinduer og udvendige glasdøre om natten. Der kan spares ca. 150 liter olie om året pr. 10 m² skodde uanset vinduernes orientering. Dette forudsætter dog, at skodderne indeholder mindst 50 mm isolering. Skodderne skal slutte fuldstændig tæt i lukket tilstand, fx med gummipakninger mellem karm og skodde. Vinden må ikke kunne trykke kold luft ind mellem skodde og glas.

Anvendelse af indvendige skodder må frarådes på grund af risikoen for kondensvand på det indvendige glaslags varme side. Hvis der anvendes termoruder, skal skodderne under alle omstændigheder anbringes udvendigt, da indvendig placering vil få vinduet til at virke som solfanger med fare for sprængning af ruderne, hvis man glemmer at åbne skodderne i solskin.

Vinterskodder

Brug af vinterskodder er også en mulighed. Det er isolerende skodder, som monteres fast foran en del af vinduerne i de koldeste vintermåneder. De giver en forholdsvis stor varmebesparelse, men medfører naturligvis, at man må give afkald på noget dagslys netop i den mørke tid.

DIF's beregningsregler angiver, at for vinduer med isolerende skodder kan middeltallet for k-værdier for åbne og lukkede skodder anvendes, forudsat at skodderne er driftssikre og lette at betjene. Hvis et vindue fx har k-værdierne 1,10 og 2,90 hhv. med og uden skodder, er middeltallet 2,00. Uden at varmetabsrammen overskrides, vil vinduesarealet da kunne øges næsten lige så meget ved opsætning af skodder som ved at gå fra to til tre lag glas i vinduerne.

Varmeanlægget

Varmeforbrug

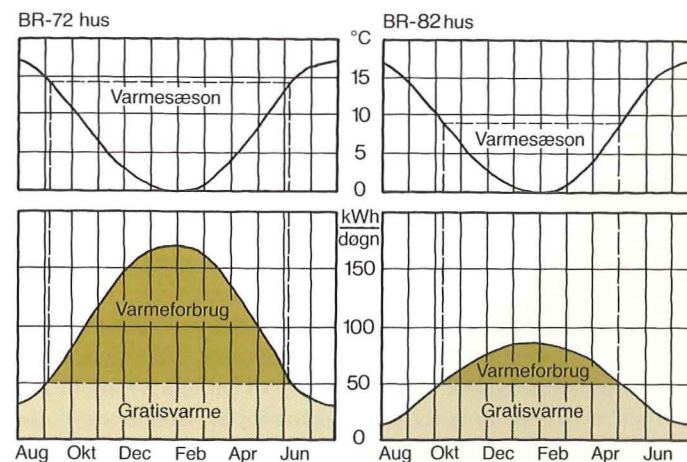
SÆRLIGE VARMETEKNISKE FORHOLD

Gratisvarme er varmetilskud, som huset modtager fra personer, fra belysning, husholdningsapparater, TV-apparater, brug af varmt vand og solindstråling gennem vinduer.

I et godt varmeisoleret hus dækkes varmebehovet en stor del af året næsten helt af gratisvarmen. Den beskedne varmetilførsel fra varmeanlægget bør reguleres af termostater, som skal reagere hurtigt og helst findes i alle rum. Termostater skal altid være anbragt i rum, hvor fx solindstråling kan give store mængder gratisvarme. Varmeanlægget bør have så lille træghed, at varmeafgivelsen ophører hurtigt, når termostaten afbryder varmetilførslen. Varmerør i de termostatregulerede rum må isoleres effektivt, da termostatreguleringen ellers ikke kan fungere som forudsat.

Da afgivelse af gratisvarme ikke altid falder sammen med varmebehovet, kan varmeanlæg med god kapacitet ikke undværes. Varmeanlæggets kapacitet beregnes uden hensyn til gratisvarmen og i øvrigt efter Dansk Ingeniørforenings regler for beregning af bygningers varmetab, DS 418.

Gratisvarmen dækker en stor del af varmebehovet i et velisoleret hus, men varierer meget fra husstand til husstand og fra hustype til hustype. Gratisvarmens andel i dækningen af varmebehovet ses af figuren. Forbruget af energi til opvarmning er i et hus isoleret efter kravene i BR-82 ca. 25 pct. af forbruget i et hus isoleret efter kravene i BR-72. Forbruget af energi til såvel opvarmning som produktion af varmt vand er i et hus isoleret til 1982-niveauet ca. 50 pct. af forbruget i et hus isoleret til 1972-niveauet.



I huse isoleret efter de nugældende krav er gratisvarmens tilskud til opvarmningen så stort, at varmetabet er dækket, når døgnet gennemsnitlige udetemperatur er på 5-9 °C. Opvarmningssæsonen kan således afkortes en måned forår og efterår i forhold til huse, der opfylder isoleringskravene fra 1972.

Ventilation

For at begrænse den utilsigtede ventilation, som i den overvejende del af året består i indstrømning af kold udeluft og udstrømning af varm indeluft gennem husets bygningsdele mod det fri, skal bygningsdelene være så tætte som muligt. Det er dog nødvendigt med en vis ventilation eller fornyelse af inde-luften, blandt andet for at fjerne den fugt, som tilføres ved udånding, madlavning, tøjvask, tøjtørring, badning etc.

I et tæt hus er det ikke nok at have naturligt aftræk eller mekanisk udsugning. Der skal også, som krævet i både BR-82 og BR-S 85, være muligheder for tilførsel af udeluft fx gennem ventiler i vinduer eller ydervægge. Disse ventiler skal være regulerbare og de skal kunne lukkes tæt. Med ventiler kan luftskiftet tilpasses det øjeblikkelige behov for luftfornyelse, men uden regulering vil luftskiftet være bestemt af tilfældige utætheder og vindforholdene. Luftventilerne skal åbnes og lukkes i et sådant omfang, at man netop holder den indvendige rude i et vindue med to lag glas dugfri om vinteren. Herved sikrer man sig, at luftfugtigheden kun sjældent overstiger 50 pct.

For at reducere energiforbruget mest muligt kan der benyttes ventilationsanlæg med varmegenvinding, dvs. anlæg, hvor varmen fra udsugningsluften overføres gennem en varmeveksler til indblæsningsluften eller til det varme brugsvand. En sådan foranstaltning kan dog kun blive aktuel for virkelige tætte huse.

Den indvendige rude dugfri om vinteren

Kuldebroer

En kuldebro er betegnelsen for en del af husets ydervæg, vinduer eller tag, hvor varmeisoleringen er væsentlig dårligere end i de omgivende dele.

Typiske eksempler på kuldebroer er uisolerede betonsokler, udmuringer i hule mure, træstolper i isolerede træskeletvægge, gennemgående metalprofiler i vinduer samt spærfoeden i en almindelig tagkonstruktion. Isoleringsevnen for en kuldebro kan være helt op til 50 gange dårligere end isoleringsevnen for den omgivende konstruktion.

I byggeri efter blot lidt ældre standard har kuldebroer ofte givet anledning til overfladekondensation og støvansamling, men det ekstra varmetab gennem en kuldebro har sjældent været taget i betragtning, da det kun udgjorde en beskedent del af husets varmetab.

Ved anvendelse af bedre isolerede bygningsdele bliver varmetabet gennem kuldebroer af relativ større betydning for bygningens samlede varmetab. Eksempelvis vil en uisoleret betonsokkel have en k-værdi, der er ca. 10 gange så stor som ydervæggens k-værdi. Hvis en uisoleret sokkel udgør 10 pct.

Uisoleret betonsokkel

af ydervæggens areal, vil der således gå lige så stor en varmemængde igennem soklen som gennem hele den resterende del af ydervæggen. I moderne byggeri bør derfor ikke forekomme uisolerede sokler. I afsnittet med konstruktionseksempler er vist, hvorledes kuldebroer kan undgås.

Massive ribber

Også udmuring eller massive ribber i hule mure bør undgås. En udmuring med k-værdi = 1,5 skal betragtes i forhold til den øvrige væg med fx k-værdien = 0,35. Da kuldebroen har god varmeafledning i begge vægdele, er kuldebrovirkningen i øvrigt endnu større end umiddelbart svarende til forholdet mellem de to k-værdier.

Uisoleret tagrem

En uisoleret tagrem af træ er også en kuldebro, som må tages med ved beregning af varmetabsrammen. Hvis man ønsker en k-værdi på fx 0,30 for ydervægge inklusive rem, må den nødvendige k-værdi for ydervægge eksklusive rem beregnes. Ved efterfølgende beregningseksempel er der forudsat samme hus som ved tidligere eksempler og en synlig, uisoleret rem i husets to facader.

k-værdi for ydervægge med tagremme	0,30
Varmetabsramme for ydervægge = $87 \times 0,30 \times 32$	835 W
Areal af tagremme = $2 \times 14,4 \times 0,31$	8,9 m ²
k-værdi for tagremme (100 mm træ)	1,10
Varmetab for tagremme = $8,9 \times 1,10 \times 32$	313 W
Varmetab for ydervægge uden remme = $835 - 313$	522 W
k-værdi for ydervægge uden remme = $522 : (87 - 8,9) : 32$	0,21

Ved anvendelse af de uisolerede tagremme må k-værdien for det øvrige ydervægsareal altså nedsættes fra 0,30 til 0,21, dvs. at isoleringstykkelsen i ydervæggene fx må øges fra 150 til 200 mm.

Tunge og lette bygninger

Tunge materialer har stor varmeakkumuleringsevne, medens lette materialer har lille varmeakkumuleringsevne. Et hus med tunge konstruktioner udnytter derfor bedre end et let hus gratisvarmen fra solindfald gennem vinduer og udvendige glasdøre. Varmen kan oplagres i de tunge bygningsdele og afgives på et senere tidspunkt.

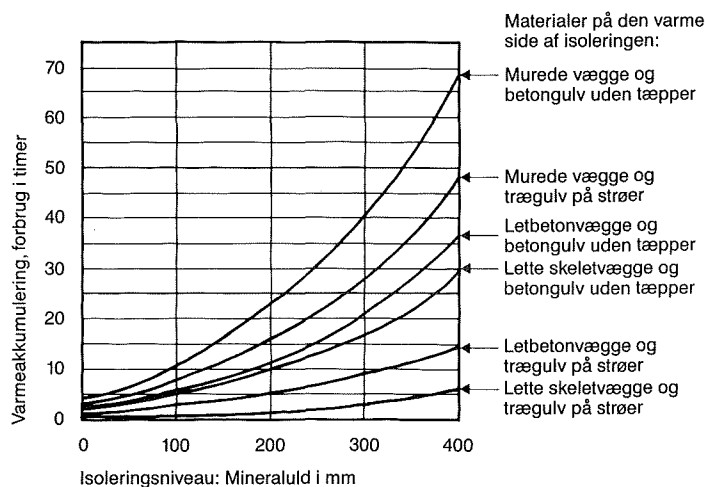
I et hus med lette konstruktioner vil rumtemperaturen hurtigt falde, når varmetilførslen afbrydes, og varmetabet til omgivelserne reduceres derfor hurtigt. Dette forhold kan udnyttes til at spare energi ved at sænke rumtemperaturen om natten (natsækning). Lette konstruktioner er således velegnede i huse, som kun opvarmes i kortere perioder.

SÆRLIGE VARMETEKNISKE FORHOLD

I et højisoleret hus er der større risiko end i et mindre velisoleret hus for gener i form af for høje rumtemperaturer ved solindstråling, fordi det højisolerede hus afgiver mindre varme til omgivelserne. Selv om vinteren vil sådanne gener kunne opstå. Jo bedre et hus er isoleret, desto større er behovet for tunge bygningsdele (inden for varmeisoleringen), som kan akkumulere gratisvarmen.

Oplagring af varme

Figuren herunder viser eksempler på byggematerialers varmeakkumuleringseffekt. Kurverne angiver, hvor mange timers varmeforbrug, der kan oplagres, når udetemperaturen er 0 °C og gratisvarmen giver en temperaturstigning i bygningsdelene på 5 °C – med andre ord det antal timer, der går efter solindfaldets ophør, før huset er afkølet fra 25 °C til 20 °C.



I et hus på 120 m² med varmeisolering på 1972-niveau vil varmetabet ved 0 °C udetemperatur være ca. 6000 W, men med isolering på 1982-niveau kun 3000 W. Solindstråling gennem 10 m² sydvendte vinduer svarer til omkring 5000 W, dvs. at medens 1972-huset knap nok får sit varmebehov dækket i soltimerne, får 1982-huset et varmeoverskud på 2000 W.

Solindstråling giver temperaturstigning

I en bygning med lette bygningsdele vil varmeoverskuddet på 5 timer give en temperaturstigning på ca. 10 °C. I en tung bygning med betongulv og murede vægge vil temperaturstigningen blive ca. 1 °C. Med betongulv og letbetonvægge vil temperaturstigningen blive ca. 5 °C.

De anførte temperaturstigninger beror på overslagsmæssige beregninger, og det forudsættes blandt andet, at solvarmen fordeler sig umiddelbart i de pågældende bygningsdele.

KONSTRUKTIONSEKSEMPLER

I den sidste del af denne anvisning bringes en række konstruktionseksempler på ydervægge, gulve, tage og vinduer, dels eksempler, der netop har k-værdier som anført i bygningsreglementernes tabeller, dels eksempler med væsentlig mindre k-værdier. For hver bygningsdel indledes med nogle generelle anvisninger på konstruktionernes udførelse.

I konstruktionseksemplerne er isoleringsmaterialerne angivet med Varmeisoleringskontrollens, VIK's, klassebetegnelser for den praktiske varmeledningsevne. Til sammenligning med de tidligere anvendte betegnelser for mineraluld, A og B, kan anføres:

Isoleringsklasser

Isoleringsklasse 36 svarer til Super A ($\lambda_p = 36$ mW/mK)

Isoleringsklasse 39 svarer til Type A ($\lambda_p = 39$ mW/mK)

Isoleringsklasse 42 svarer til Type B 42 ($\lambda_p = 42$ mW/mK)

Isoleringsklasse 45 svarer til Type B ($\lambda_p = 45$ mW/mK)

Isoleringsklasserne anvendes for alle kontrollerede isoleringsmaterialer.

Typiske k-værdier

De i den efterfølgende tekst og i eksemplerne angivne k-værdier for konstruktioner er typiske værdier gældende for udførelser, som med hensyn til stentype, træprocent m.m. er almindelige. For nøjagtig dimensionering af varmeisolering henvises til k-værditabellerne udgivet af Dansk Forening af Fabrikanten af Varmeisoleringsmaterialer, VIF, og til Dansk Ingeniørforenings regler for beregning af bygningers varmetab, DS 418.

Efter gennemgangen af bygningsdele afsluttes med nogle udvalgte sammenbygningseksempler, som blandt andet viser, hvorledes kuldebroer kan undgås – eller i hvert tilfælde reduceres betydeligt. Eksemplerne er hentet fra lavt byggeri, men de kan i vidt omfang også være til hjælp ved projektering af andet byggeri.

*Konstruktioner i småhuse.
Styrke, fugt, isolering, brand,
SBI-anvisning 147.*

Nærmere omtale af dimensionering og udførelse af småhuses konstruktion findes i SBI-anvisning 147: Konstruktioner i småhuse.

TUNGE YDERVÆGGE

k-værdi $\leq 0,35$

Hulmure

I varmetabsrammen indgår tunge ydervægge med k-værdien 0,35. Massive vægge med denne k-værdi kan ikke anvendes, da den nødvendige tykkelse ville blive helt urimelig stor.

En 350 mm hulmur af tegl med 125 mm isolering, rustfaste bindere og fuld udmuring omkring vinduer (svarende til ca. 5 pct. ribber) har lige netop en k-værdi på 0,35. Anvendelsen af udmuring eller ribber, anført som ribbe-procent på figurerne, bør begrænses mest muligt for at nedsætte kuldebrovirkningen. På hver enkelt figur er angivet tykkelsen af den kuldebroisolering, der er regnet med ud for ribberne i det pågældende konstruktionseksempel.

For at et hus skal kunne klassificeres som lavenergihus, må dets ydervægge normalt udføres med en k-værdi omkring 0,20. Dette kan fx opnås med en 410 mm hulmur af tegl med 190 mm isolering.

Sandwichvægge

Beton-sandwichvægge med 125 mm isolering kan opnå en k-værdi på 0,35, hvis isoleringen føres helt ud til alle vægkanter, dvs. hvis for- og bagstøbning ikke forbindes med ribber. Sandwichvægge med bagstøbning af letklinkerbeton med ribber og med 125 mm mineraluld kan opnå en k-værdi på 0,35, hvis der isoleres med 30 mm isoleringsstrimler ud for ribberne.

Diffusionsmodstand

I en væg med såvel formur som bagmur af uorganisk materiale kan dampspærre udelades, idet fugt, som fra indeluften trænger ud i væggen og kondenserer i væggen ydre del, vil opuges og transporteres kapillært ud til overfladen, hvorfra den fordampes. Denne mekanisme må ikke forhindres ved at formuren påføres et diffusionstæt lag af for eksempel maling eller tyndpuds.

Frostfasthed

En formur er mere udsat for frostangreb, når ydervæggens varmeisolering forbedres, og iht. murværksnormen, DS414, skal der derfor anvendes frostfaste teglsten i formure.

Vandafvisning

Murede vægge skal have fyldte fuger, da regnvand ellers alt for let trænger ind. Dette er især vigtigt, hvis væggene stryges med silicone, idet den mængde vand, som ledes til revner og sprækker i regnvej, bliver større, når selve vægoverfladen afviser slagregn. I gasbeton bør opslugning af slagregn forhindres ved siliconebestrygning.

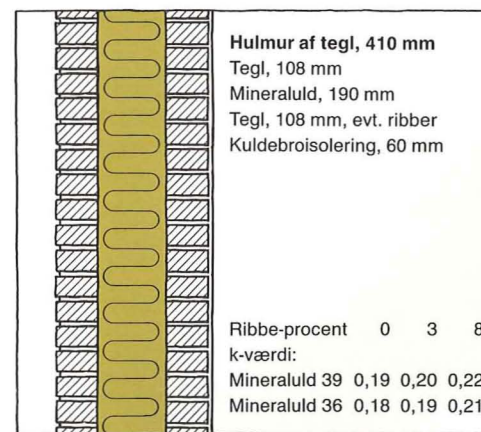
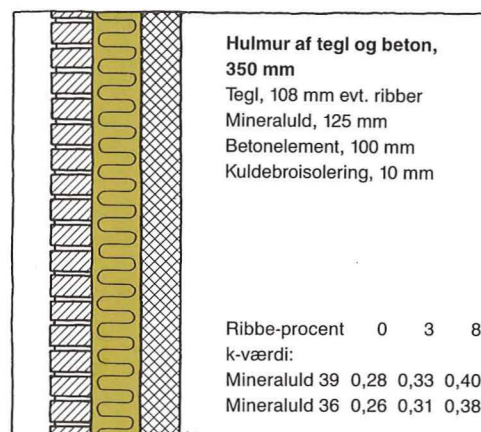
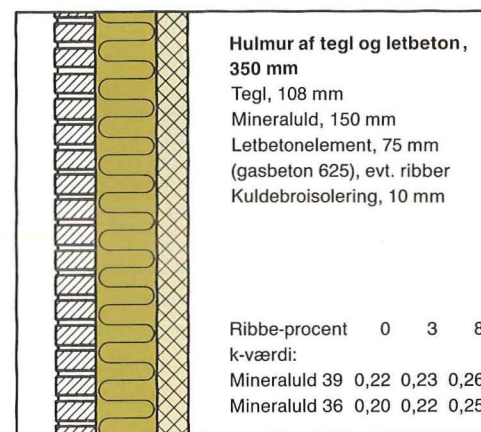
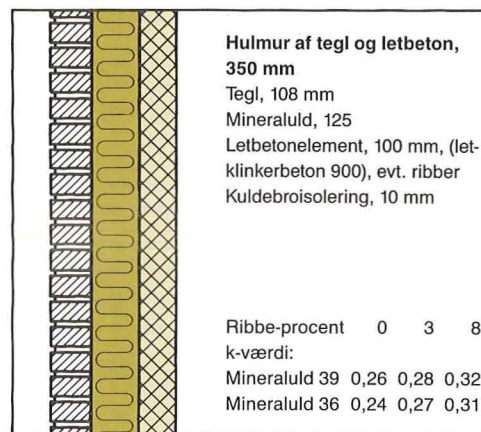
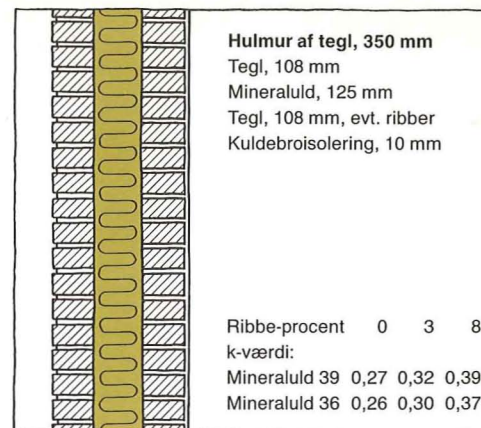
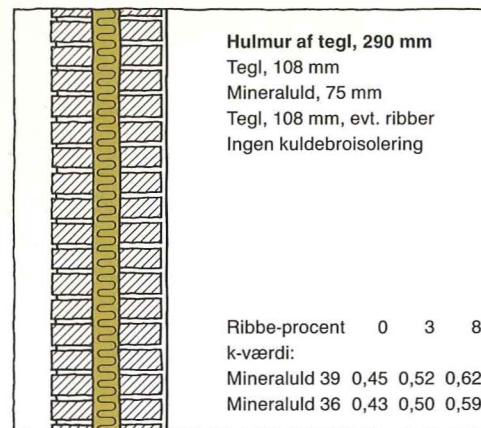
Murpap

Over vinduer, døre og fundamenter skal indmures opbøjede lag af asfaltimpregneret murpap for at lede regnvand, der trænger gennem formuren, ud af væggen.

Tagudhæng

Store tagudhæng kan øge ydervægges holdbarhed, da udhængene medfører en væsentlig reduktion af den slagregn, som rammer væggene.

TUNGE YDERVÆGGE



LETTE YDERVÆGGE

k-værdi $\leq 0,30$

Træskeletvægge

I varmetabsrammen indgår lette ydervægge med k-værdien 0,30. Med en tykkelse på omkring 300 mm kan der imidlertid udføres lette ydervægge med kun halvt så stor en k-værdi.

Lette ydervægge består ofte af et træskelet med isoleringsmateriale mellem stolper, indvendigt forsynet med en dampspærre under en beklædning af plader eller brædder, og udvendigt forsynet med en vejrfast skalmur eller en beklædning af plader eller brædder. Ved isoleringstykkelser på 150 mm eller mere vil det ofte være uøkonomisk at anvende en stolpedimension i den fulde isoleringstykkelse. Sådanne stolper vil desuden udgøre alvorlige kuldebroer.

Det er mere hensigtsmæssigt at anvende en mindre stolpedimension og påsømme vandrette lægter på stolpernes inder- eller yderside. Isoleringsmateriale må anbringes i to lag mellem henholdsvis de lodrette stolper og de vandrette lægter, hvorved samlinger i isoleringslagene kan blive forskudte og kuldebroer kan undgås.

Der kan i lette ydervægge også anvendes specielle stolper med krop af træfiberplade og flanger af træ, eller der kan anvendes sandwichelementer helt uden skelet.

Ved skalmurede træskeletvægge skal hulrummet bag skalmuren ventileres for at sikre udtørring af fugt, som ved kraftig slagregn vil kunne trænge ind gennem skalmuren.

Metalskeletvægge skal isoleres efter samme retningslinier som træskeletvægge. Men her er det endnu vigtigere at undgå kuldebroer, da metal har stor varmeledningsevne.

Det er en forudsætning for den beregnede isoleringsevne, at vægge udføres vindtætte. Der skal være et vindtæt – ikke damptæt – lag på den udvendige side og et damptæt lag på den indvendige side. Det vindtætte lag sikrer, at varmeisoleringsniveauet ikke reduceres. Det damptætte lag skal udføres med klemte – eventuelt limede eller svejsede – samlinger. Dampspærren sluttet tæt til dampspærren i loftet, så der opnås lufttæt samling mellem væg og loft. Det er normalt vigtigere, at dampspærren gør konstruktionen lufttæt, end at den har en meget høj dampdiffusionsmodstand.

Fuger mellem ydervægskomponenter bør have to-trinstætning. Mellem den udvendige regnafvisende del af væggen og den indvendige del bør der være et hulrum ventileret til det fri. Hulrummet medfører, at der bliver samme lufttryk på begge sider af regnskærmen, så regnvand ikke presses gennem dens fuger. Det sikrer også, at vanddamp fra indeluften, som måske trænger ud i væggen, ledes bort til det fri uden at give anledning til fugtgener.

Isolering i to lag

Skalmure

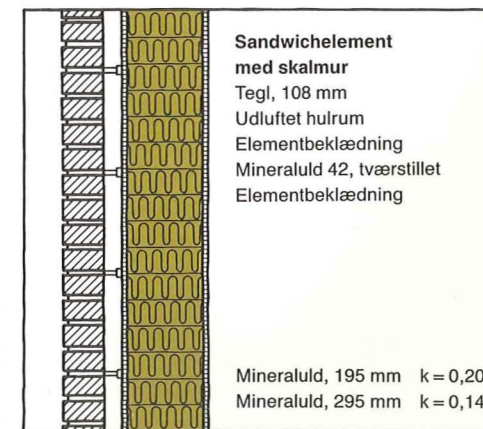
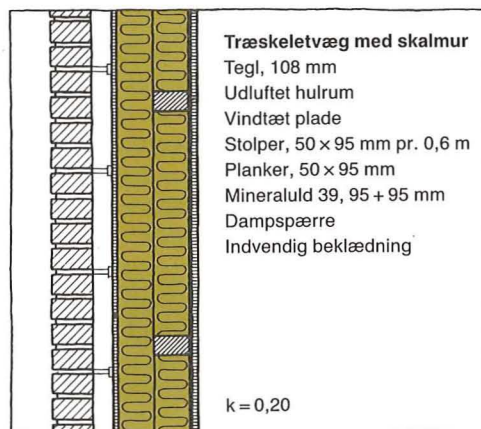
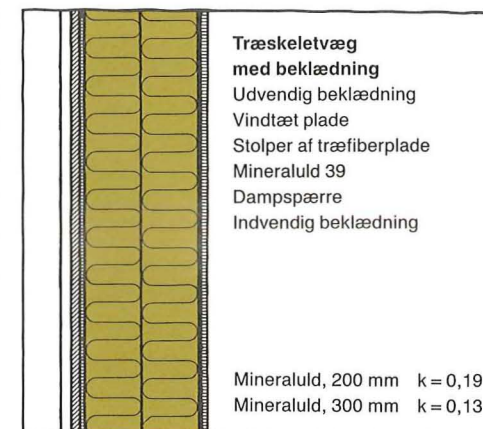
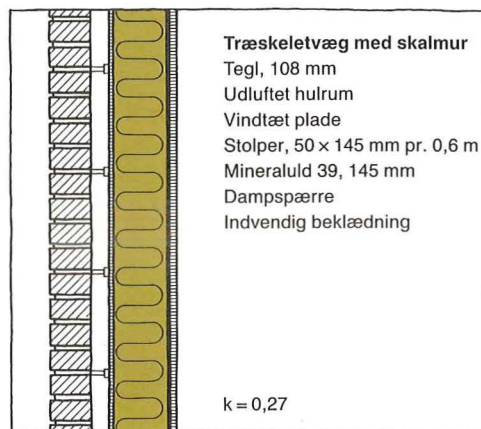
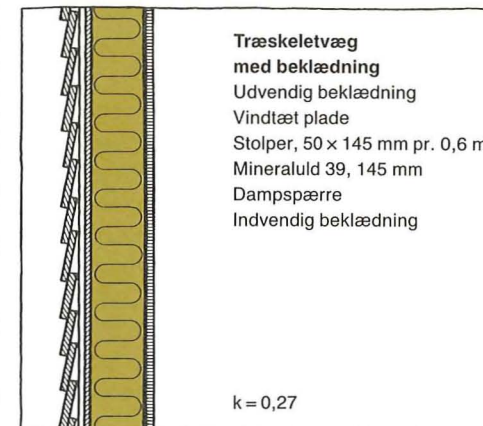
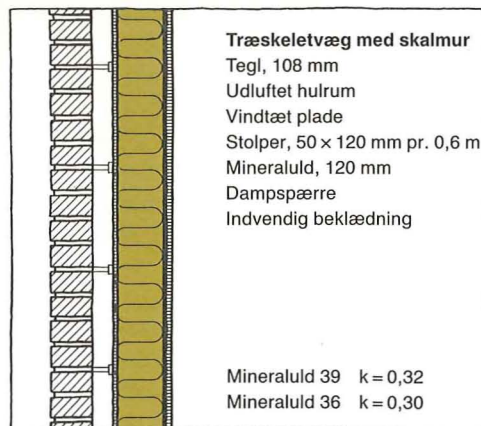
Metalskeletvægge

Vindtæthed

Damptæthed

To-trinstætning

LETTE YDERVÆGGE



KÆLDERYDERVÆGGE OG KÆLDERGULVE

Kælderydervægge
k-værdi $\leq 0,40$

Kælderydervægge i opvarmede rum skal have en k-værdi på højst 0,40. Som regel indgår de ikke i varmetabsrammen. Da massive vægge med denne k-værdi vil blive urimeligt tykke, forsynes kældervægge i opvarmede rum med varmeisolering.

Jordfugt

En kælderydervæg bør beskyttes mod fugt, selv når den ikke udsættes for vandtryk. Væggen afrettes eller berappes med cementmørtel - vægge af blokke pudses eventuelt. Derefter fugtisolerer ved stryging to gange med asfalt, eller der anbringes et lag hårde, profilerede plastplader.

Omfangsdræn

Langs en kælderydervæg skal der normalt lægges omfangsdræn, der dels kan aflede grundvand og dels opfange overfladevand, som søger ned i jorden omkring kælderen. Uden for væggen udføres vægdræn ved hjælp af isoleringsplader med drænende egenskaber, drænblokke eller drænende fyld (betongrus). Ved brug af fyld må asfalteringen beskyttes ved udkastning med cementmørtel.

Vægdræn

Udvendig isolering

Varmeisolering på væggens udvendige side giver de største fordele: Selve væggen bliver varm og tør, og der sker ikke overfladekondensation. Det er vigtigt at forbinde kældervæggens og ydervæggens isolering, så der ikke opstår kuldebro i terrænhøjde. Se sammenbygningseksempler side 43.

Isoleringsmaterialet på væggens yderside skal kunne modstå jordtryk, være kemisk og biologisk modstandsdygtigt samt være vandafvisende. Trykfaste plader af mineraluld eller polystyren kan normalt opfylde disse krav.

Indvendig isolering

Varmeisolering på den indvendige side af en kælderydervæg kan udføres ved at opstille en letbetonvæg et lille stykke fra ydervæggen og anbringe mineraluld i mellemrummet, men denne form for isolering er ret pladskrævende.

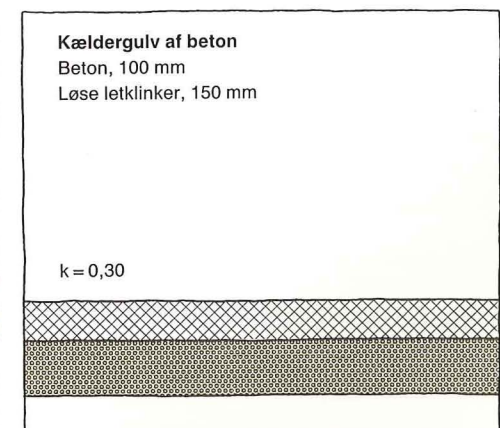
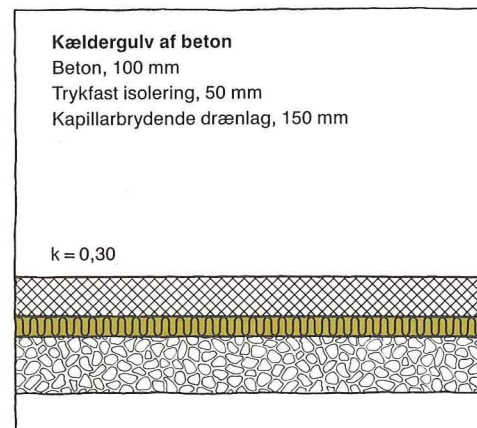
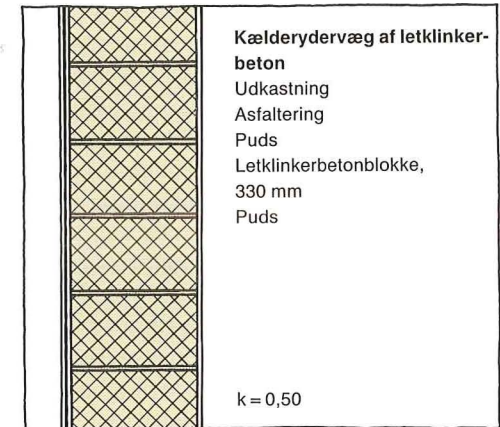
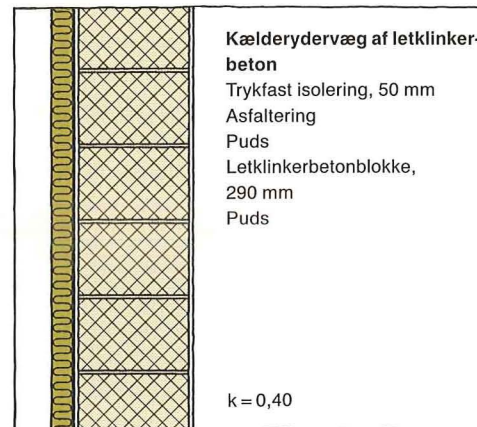
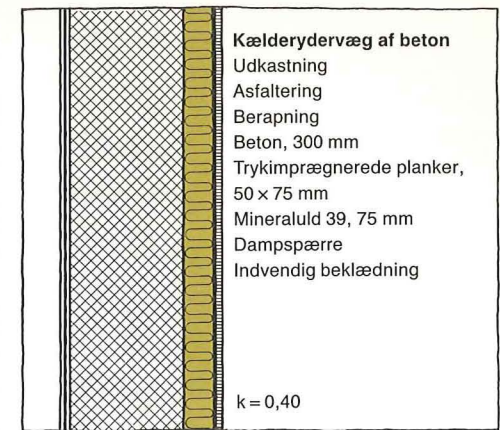
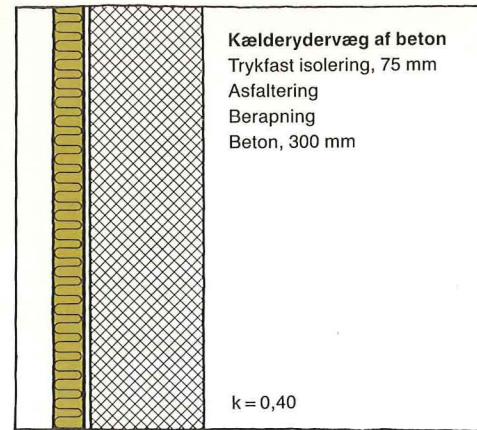
Indvendig varmeisolering kan også udføres af mineraluldplader, opsat mellem trykimprægnerede lægter, som forsynes med dampspærre og beklædning. Men hvis der er risiko for indtrængning af vand, eller hvis rummet i perioder står uopvarmet om vinteren, bør dampspærren udelades og isoleringen højst være 50 mm tyk på den del af væggen, der ligger mere end 1 meter under terræn, hvorved eventuelt indtrængende vand og kondensvand kan fordampe ind i rummet.

Hvis en større del af en kælderydervæg mod opvarmede rum ligger over terræn, skal den varmeisoleres som ydervæg.

Kældergulve i opvarmede rum skal have en k-værdi på højst 0,30. Som regel indgår de ikke i varmetabsrammen. Varmeisolering svarende til $k = 0,30$ fås med 50 mm polystyren- eller mineraluldplader, eller med et kombineret varmeisolerende og kapillarbrydende lag af 150 mm letklinker.

Kældergulve
k-værdi $\leq 0,30$

KÆLDERYDERVÆGGE OG KÆLDERGULVE



TERRÆNDÆK

k-værdi $\leq 0,30$

I varmetabsrammen indgår terrændæk med k-værdien 0,30. Ved bestemmelse af k-værdien efter DIF's beregningsregler medregnes jordens isolans. Der kan bruges tre forskellige isoleringstykkelser, afhængigt af afstanden til indersiden af ydervæggen. I praksis foretrækkes dog ofte at anvende samme isoleringstykkelser overalt i terrændækket, hvilket også er grundlaget for de her viste eksempler.

En forudsætning for at benytte samme isolering og regne med samme k-værdi for hele terrændækket er, at kuldebroer ved fundamenter undgås.

Fundamentisolering

Den mindste acceptable fundamentisolering opnås, når den øverste del af fundamentet udføres af letklinkerbeton i fundamentets fulde bredde. En bedre isolering fås ved at udføre fundamentets øverste del af to letklinkerbetonblokke med et mellemliggende lag af mineraluld. Se sammenbygningseksempler side 40.

Varmeisolering under betonpladen

Et terrændæk med varmeisoleringsmateriale under betonpladen har den fordel, at betonen i alle tilfælde bliver tør på længere sigt, da den bliver varmere end jorden under betonen. Det er en forudsætning, at isoleringsmaterialet er trykfast. For eksempel kan der anvendes løse letklinker, hårde mineraluldplader eller polystyrenplader.

Et varmeisoleringslag af løse letklinker må være 150 mm tykt for med sikkerhed at virke som kapillarbrydende lag.

Trægulv på strøer kræver fugtspærre

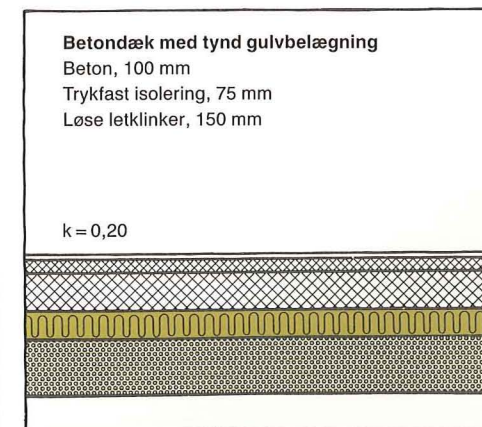
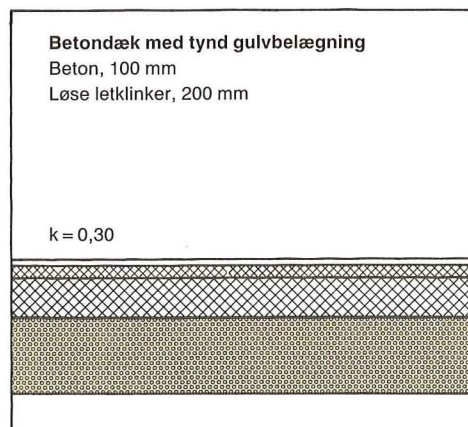
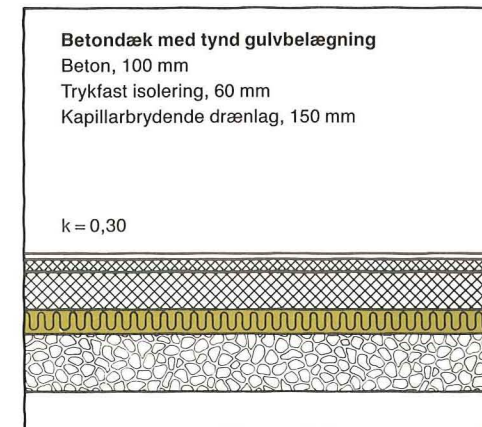
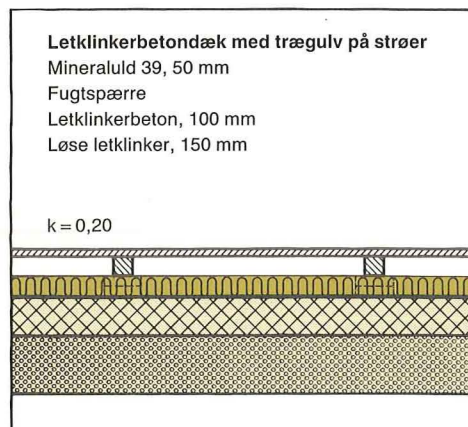
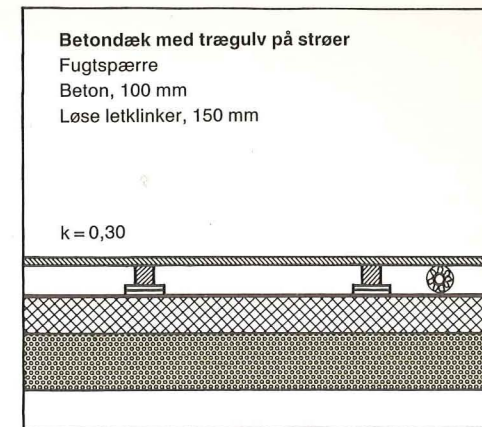
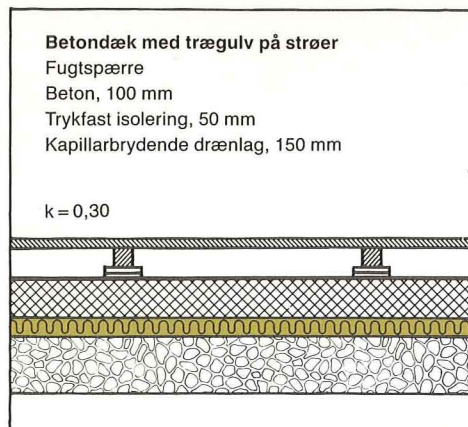
Et trægulv er så fugtfølsomt, at der altid må lægges en fugtspærre ud oven på betonpladen, som afgiver byggefugt i en ret lang periode efter støbningen.

For at undgå risiko for kondensdannelse oven på fugtspærren er det fordelagtigt, hvis varmeisoleringen placeres under betonen. Ved stor tæthed af en bygning og et nedsat luftskifte, som tilstræbes med henblik på energibesparelse, øges fugtindholdet i rumluften. Dette medfører større risiko for kondens og understreger betydningen af, at isoleringen placeres under betonpladen, for at denne kan holdes varm. Hvis det ønskes, kan dog indtil halvdelen af isoleringen lægges oven på betonpladen.

Varmerør

Varmerør i terrændæk med trægulv medfører særlig risiko for fugtskader, hvis varmen fra rørene får fugt i betonen til at fordampe og derefter give kondensation på undersiden af trægulvet. Rørene selv isoleres med mindst 20 mm mineraluld, og de bør klodses så meget op, at de kommer på den varme side af eventuel isolering på betonpladen, idet varmetabet selv fra isolerede varmerør er betydeligt. Isolering af rørene forhindrer i øvrigt, at trægulvet sprækker som følge af udtørring.

TERRÆNDÆK



KRYBEKÆLDERDÆK

k-værdi $\leq 0,30$

Træbjælkelag

Vindtæthed

Damptæthed

Letbetondæk

Fugtspærre på betonen

Betondæk

Varmerør

I varmetabsrammen indgår krybekælderdek med k-værdien 0,30.

For at opnå denne k-værdi skal træbjælkelag varmeisoleres med ca. 150 mm mineraluld. Isoleringen kan anbringes mellem bjælkerne. Hvis bjælkehøjden ikke er tilstrækkelig, må der anbringes lægter over eller under bjælkerne for at skabe tilstrækkelig højde. Konstruktionen skal være vindtæt, så der ikke opstår trækgener ved gulvet eller forringelse af varmeisoleringsvevnen. Begge disse problemer løses ved at anbringe et vindtæt, men diffusionsåbent lag med klemte samlinger under varmeisoleringen. En tynd træfiberplade eller et tilsvarende diffusionsåbent plademateriale kan anvendes. Direkte under gulvbrædderne anbringes en dampspærre af for eksempel plastfolie. Dampspærren skal slutte tæt til vægge, for eksempel kan den klemmes fast under fodpaneler, så den udgør en ekstra sikkerhed mod trækgener fra kryberummet.

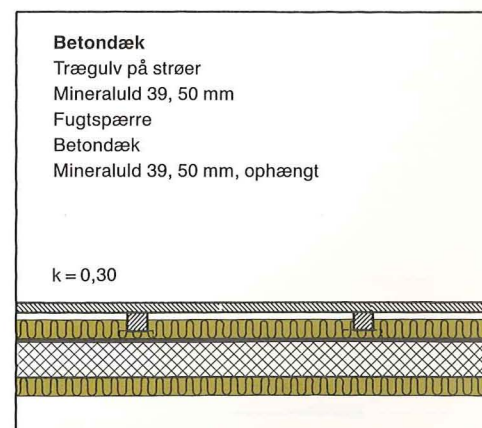
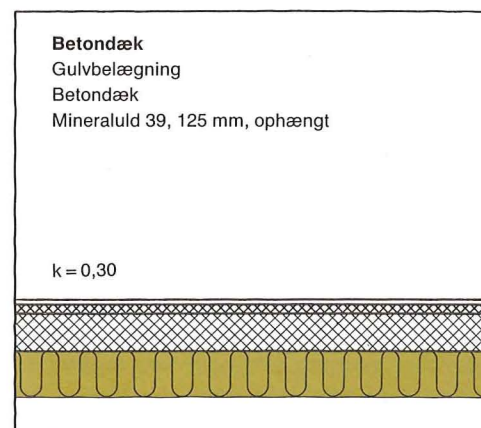
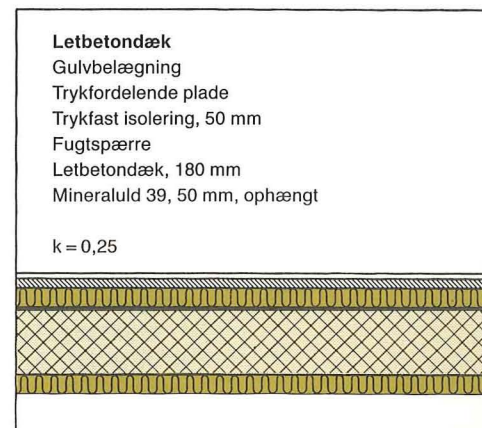
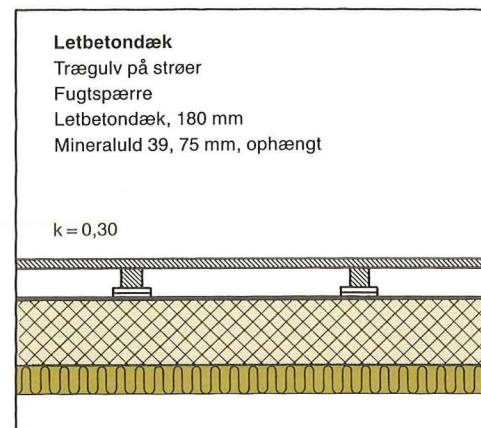
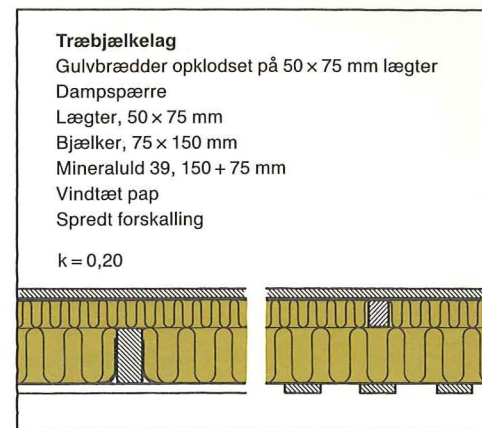
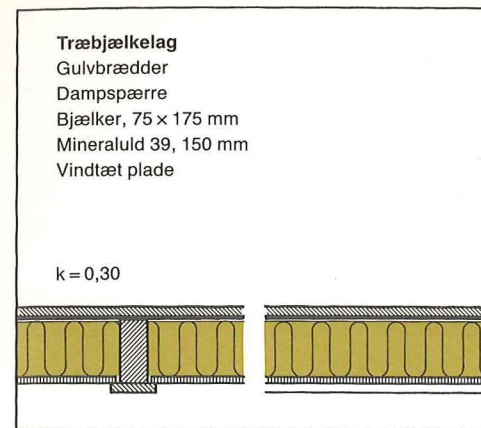
Letbetondæk over kryberum skal suppleres med varmeisolering af for eksempel mineraluld i en tykkelse, som er bestemt af dækkets isoleringsevne. Normalt skal der anbringes en fugtspærre oven på letbetonpladen for at sikre, at byggefugt ikke skader en fugtfølsom gulvbelægning. Kun omkring halvdelen af den supplerende varmeisolering må anbringes oven på fugtspærren. Hvis al den supplerende varmeisolering blev anbragt over fugtspærren, ville denne under vinterforhold blive så kold, at der kunne opstå kondensation på fugtspærrens overside. Fugtteknisk må det foretrækkes, at al den supplerende varmeisolering fastgøres under letbetonpladen.

Betondæk over kryberum varmeisoleres efter samme princip som letbetondæk, men isoleringstykkelsen må være større.

Varmerør bør placeres på varmeisoleringens overside, således at varmetabet kommer huset til gode. Selv isolerede varmerør anbragt under isoleringen i en normalt ventileret krybekælder kan i løbet af en opvarmningssæson bevirke et så betydeligt varmetab, at det svarer til omtrent halvdelen af husets varmebehov.

I træbjælker kan der udskæres for varmerør indtil 0,5 m fra ydervæggen. Der skal udskæres i bjælkernes overkant og maksimalt i $1/3$ af bjælkehøjden. Isolering af varmerør, som lægges i bjælkeudskæringer, må ikke udelades, da de fleste gulvbelægnings skades ved kraftig varmepåvirkning (svindrevner m.m.). Uisolerede varmerør kan desuden give anledning til uønsket varmeafgivelse med deraf følgende overopvarmning af rummet.

KRYBEKÆLDERDÆK



LOFT- OG TAGKONSTRUKTIONER

k-værdi $\leq 0,20$

Udluftede tage

I varmetabsrammen indgår loft- og tagkonstruktioner med k-værdien 0,20. Konstruktioner med denne k-værdi skal varmeisoleres med for eksempel 200 mm mineraluld.

I tagkonstruktioner af træ skal hulrum mellem tagdækningen og oversiden af isoleringen udluftes til det fri for at fjerne mindre fugtmængder, som trods dampspærren alligevel trænger op i tagkonstruktionen. Højden af hulrum over loftisoleringen bør være mindst 50 mm. I Bygningsreglement 1982 foreskrives et samlet areal af ventilationsåbningerne på mindst $1/500$ af det bebyggede areal, og åbningerne skal være placeret, så ventilationsluften fordeles jævnt over varmeisoleringens overside.

I flade tage og i tage over udnyttede tagetager er spærenes højde i mange tilfælde så lille, at der må foretages påbygning eller underbygning med tværgående lægter for at skaffe plads til isoleringen. Dette medfører den fordel, at kuldebroer gennem spærene brydes næsten helt. Den kraftige varmeisolering giver risiko for kondensation, og det må derfor forhindres, at vanddamp trænger op gennem loftkonstruktionen. Dette opnås ved, at der på den varme side af isoleringen anbringes en dampspærre, hvis Z-værdi bør være større end 50 (PAM-værdi større end 100). Samlingerne i dampspærren skal udføres klemte, svejste eller lukket med tape af god kvalitet, og tilslutninger til kanaler, der gennembryder loftet, skal være lufttætte.

Isolering i tag og vægge skal mødes, så afbrydelser med deraf følgende kuldebroer undgås, og dampspærren i loftkonstruktionen skal sluttes tæt til dampspærren i væggene, så samlinger mellem loft og vægge bliver lufttætte.

Ved tegltag med undertag af plastfolie eller andre diffusionsstætte materialer skal der foruden en tæt dampspærre være effektiv ventilation mellem undertag og isolering.

Tagkonstruktioner, som ikke er udluftede, består almindeligvis af en bærende tagplade af letbeton eller beton, der er isoleret på oversiden med trykfast mineraluld, skumplast eller lignende, i reglen med et trykfordelende lag på oversiden. Alle isoleringsmaterialer (undtagen skumglas) er så diffusionsåbne, at der almindeligvis må anbringes en dampspærre, eksempelvis af asfaltpap med indlagt aluminiumsfolie, mellem den bærende tagplade og isoleringen. Solopvarmning kan forårsage overtryk i den indespærrede luft i isoleringen. Normalt udlignes overtrykket gennem åbninger ved tagkanten. Ved store tagflader kan det være nødvendigt desuden at opsætte trykudligningshætter.

Damptæthed

Z-værdi måles i $\frac{\text{GPa}}{\text{kg/m}^2\text{s}}$

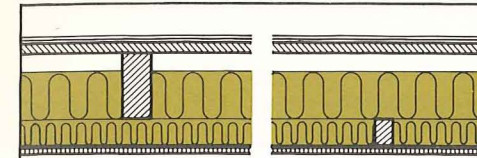
PAM-værdi måles i $\frac{\text{g/m}^3}{\text{g/m}^2\text{h}}$

Tegltag med undertag

Ikke-udluftede tage

Trykudligning

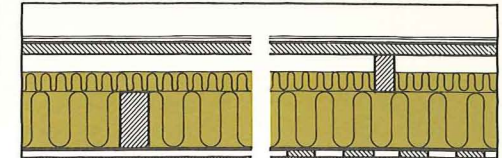
LOFT- OG TAGKONSTRUKTIONER



Plankespær med underbygning

Tagbelægning
Tagunderlag
Udluftet hulrum, 50 mm
Spær 75 x 175 mm
Underbygning, 50 x 75 mm
Mineraluld 39, 125 + 75 mm
Dampspærre
Loftbeklædning

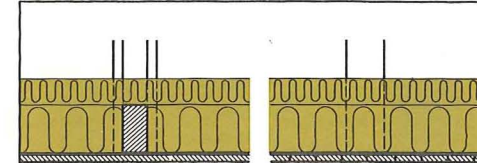
k = 0,20



Plankespær med påbygning

Tagbelægning
Tagunderlag
Udluftet hulrum, 50 mm
Påbygning, 50 x 100 mm
Spær, 75 x 150 mm
Mineraluld 39, 50 + 150 mm
Dampspærre
Loftbeklædning

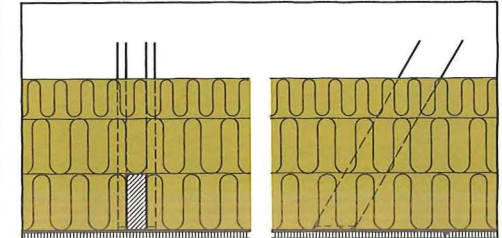
k = 0,20



Gitterspærfag

Udluftet tagrum
Spærfod, 63 x 125 mm
Mineraluld 39, 125 + 75 mm eller
Mineraluld 45, 125 + 100 mm
Dampspærre
Loftbeklædning

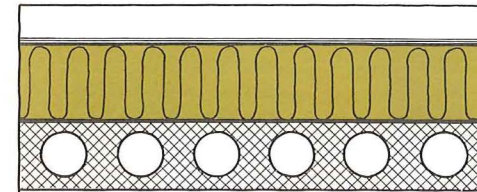
k = 0,20



Gitterspærfag

Udluftet tagrum
Spærfod, 50 x 150 mm
Mineraluld 39, 400 mm i alt
Dampspærre
Loftbeklædning

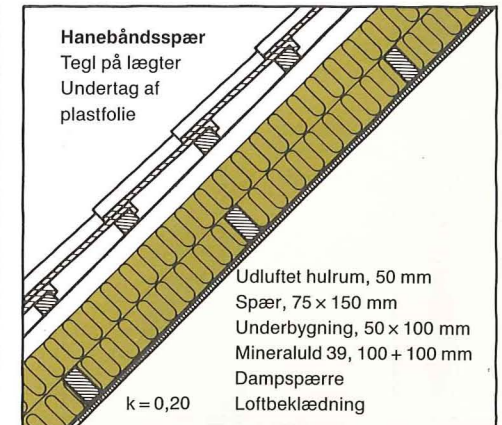
k = 0,10



Ikke udluftet tag

Tagbelægning
Trykfast isolering, 200 mm
Dampspærre
Betondæk

k = 0,20



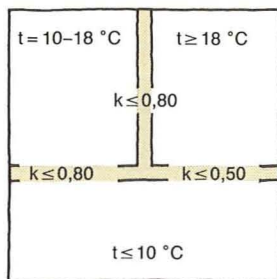
Hanebåndsspær

Tegl på lægter
Undertag af plastfolie

Udluftet hulrum, 50 mm
Spær, 75 x 150 mm
Underbygning, 50 x 100 mm
Mineraluld 39, 100 + 100 mm
Dampspærre
Loftbeklædning

k = 0,20

SKILLEVÆGGE

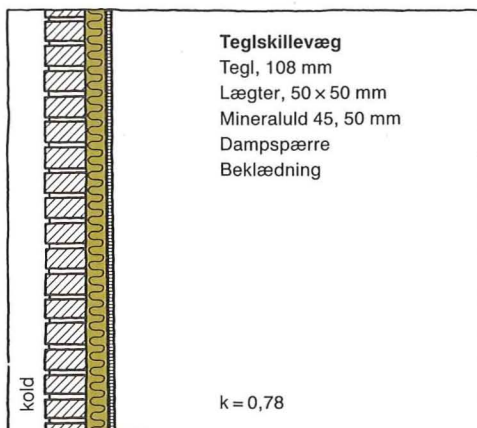
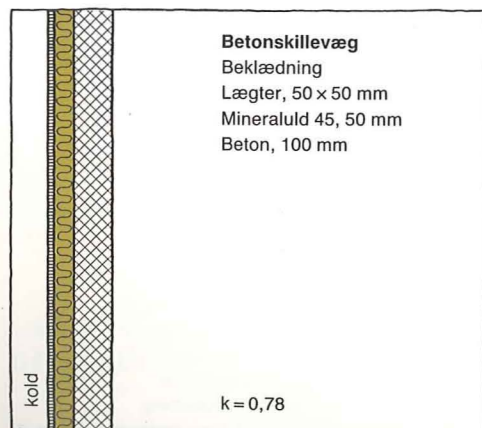
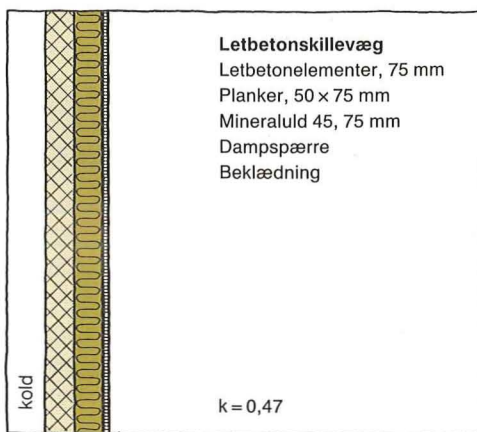
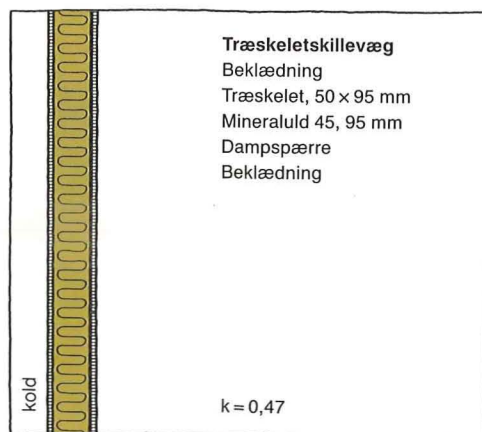


I varmetabsrammen indgår skillevægge mellem opvarmede og uopvarmede rum med k-værdien 0,50. Bygningsreglement 1982 har yderligere en bestemmelse om, at skillevægge mellem opvarmede og delvis opvarmede rum ($10-18\text{ }^{\circ}\text{C}$) skal have en k-værdi på højst 0,80. De almindeligt anvendte skillevægge i boligbyggeri har ikke en isoleringsevne svarende til ovennævnte k-værdier.

Skeletkonstruktioner kan udfyldes med isoleringsmateriale, og der må anbringes dampspærre på væggen varme side.

Massive vægge af tegl, letbeton eller beton må pålægges isolering. Hvis isoleringen anbringes på den varme side af væggen, skal der som ved ydervægge også anbringes en dampspærre på væggen varme side. Hvis isoleringen anbringes på den kolde side, er dampspærre normalt ikke nødvendig.

Krav om k-værdi $\leq 0,80$ for vægge mod rum opvarmet til $10-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ findes kun i BR-82.



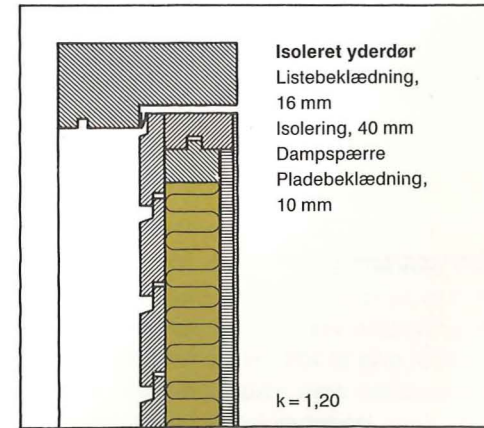
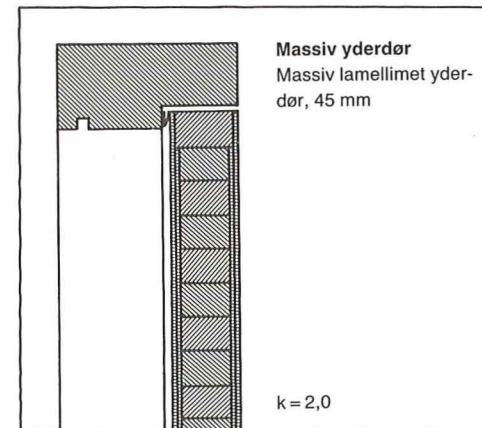
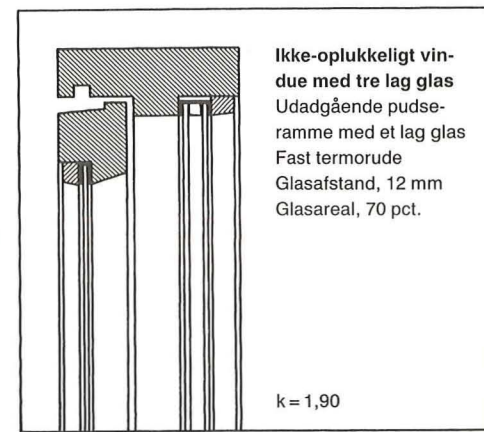
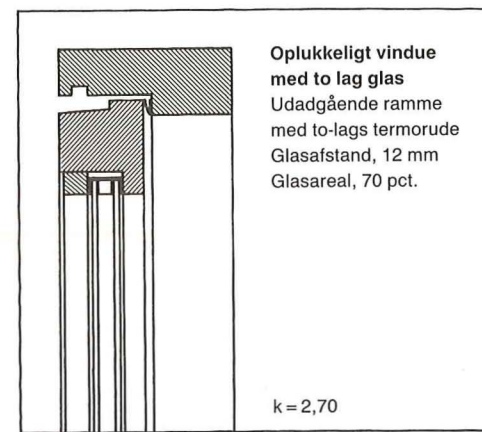
VINDUER OG YDERDØRE

Vinduer
k-værdi $\leq 2,90$

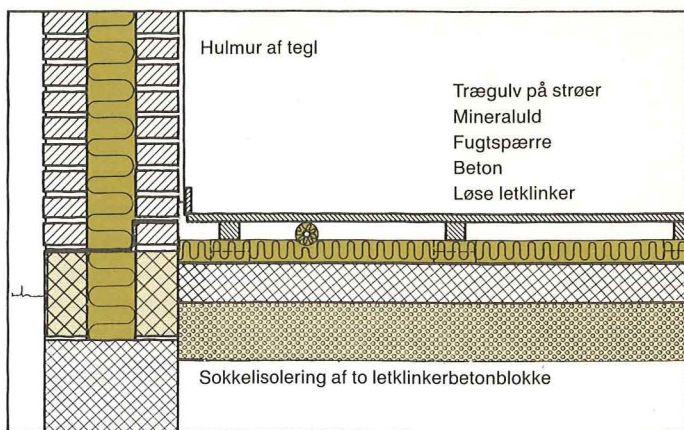
I varmetabsrammen indgår vinduer med k-værdien 2,90. Termoruder med to lag glas og reflekterende belægning af forskellig art kan have k-værdier omkring 2,00. Vinduer med tre lag glas har k-værdier af samme størrelsesorden, men oplukkelige vinduer med tre-lags termoruder kræver meget kraftige vinduesrammer. Ønskes der en mindre gennemsnitlig k-værdi for vinduer end 2,90, kan det derfor være rimeligt at anvende oplukkelige vinduer med to lag glas samt faste vinduespartier med tre lag glas. Et fast vinduesparti kan med fordel bestå af en fast to-lags termorude og en udvendig oplukkelig ramme med ét lag glas, idet termoruden herved aflastes for en del af klimapåvirkningerne.

Yderdøre
k-værdi $\leq 2,00$

I varmetabsrammen indgår yderdøre med k-værdien 2,00, svarende til en 45 mm massiv dørplade uden isolering.

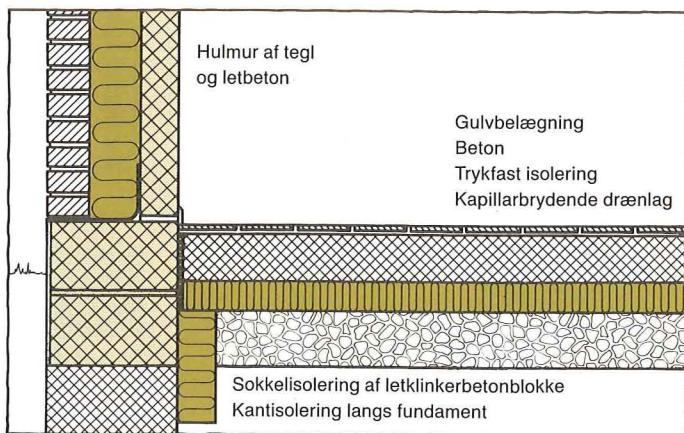


EKSEMPLER PÅ SAMMENBYGNING



Ydervæg/terrændæk

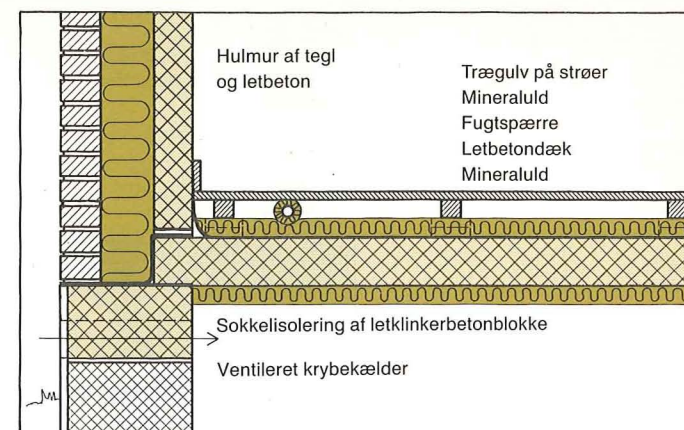
Hulmur sammenbygget med terrændæk med trægulv
Der er ingen kuldebro gennem fundamentets øverste del, som er udført af to letklinkerbetonblokke adskilt af mineraluld. Reglen om, at højst halvdelen af terrændækkets isolering må ligge over betonen, er overholdt, da 150 mm løse letklinker og 50 mm mineraluld har samme isoleringsevne.



Ydervæg/terrændæk

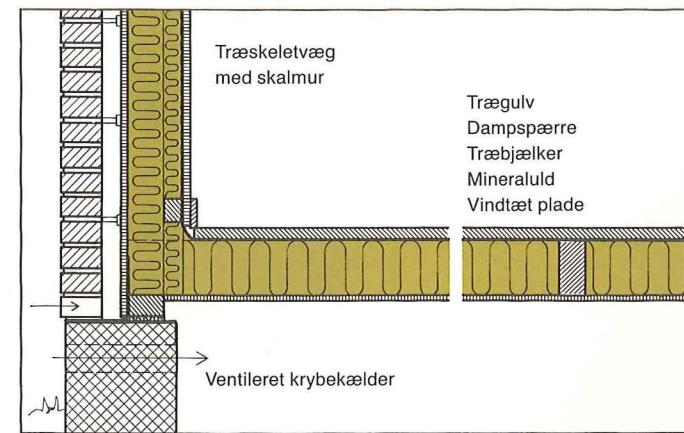
Hulmur sammenbygget med terrændæk med tyndt gulv
Kuldebroen gennem fundamentets øverste del er reduceret ved hjælp af letklinkerbeton. Den trykfaste isolering under betonpladen kan bestå af løse letklinker, hårde mineraluldplader eller polystyrenplader. Der er en isoleringsstrimmel ud for betonpladen og en 100 mm tyk kantisolering.

EKSEMPLER PÅ SAMMENBYGNING



Ydervæg/
krybekælderdek

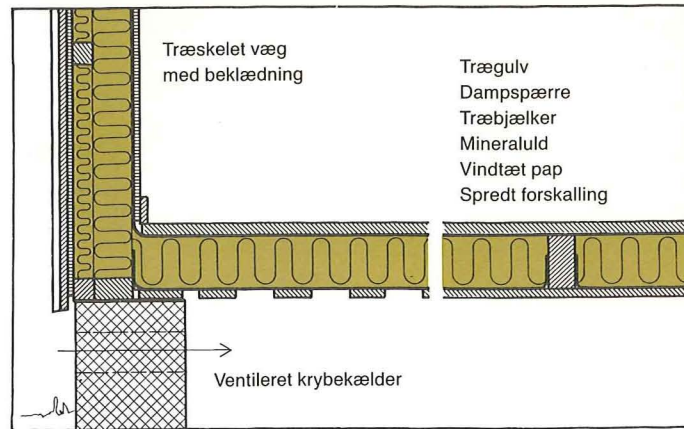
Hulmur sammenbygget med krybekælderdek af letbeton
Kuldebroen gennem fundamentets øverste del er reduceret ved hjælp af et skifte letklinkerbetonblokke. Halvdelen af letbetonpladens ekstra isolering er anbragt på fugtspærren på pladens overside mellem strøerne. Varmerebene er placeret over isoleringen og er selvstændigt isoleret.



Ydervæg/
krybekælderdek

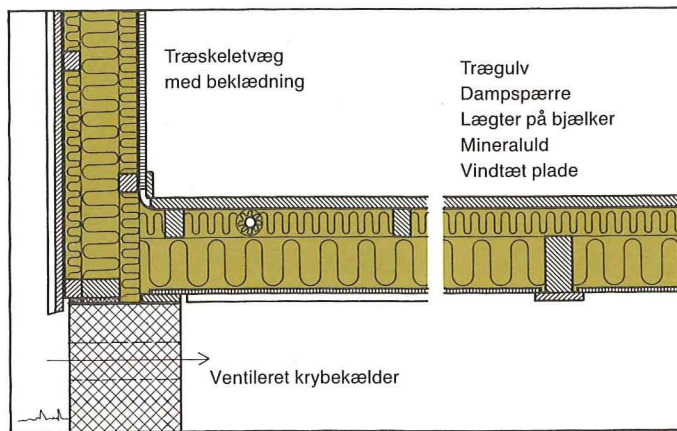
Skalmuret væg sammenbygget med krybekælderdek af træ
Ved en træskeletvæg med skalmur er det meget vigtigt, at hulrummet bag skalmuren ventileres for at sikre udtørring af fugt, som kan trænge ind bag skalmuren. For at give lufttæthed skal dampspærre i væg og i gulv være omhyggeligt monteret med et bredt overlæg og klemt sammen.

EKSEMPLER PÅ SAMMENBYGNING



Ydervæg/
krybekælderdek

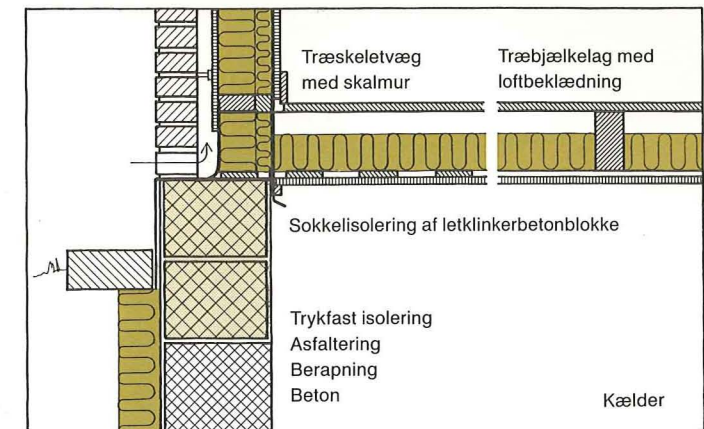
Træskeletvæg sammenbygget med krybekælderdek af træ
Den lette væg er udvendigt beklædt med brædder og herunder en vindtæt plade. Det vindtætte lag på undersiden af bjælkerne skal slutte tæt langs fundamentet, så kold luft ikke trænger op i isoleringen. Dampspærre i væg og gulv skal monteres med et bredt overlæg og have klemte samlinger.



Ydervæg/
krybekælderdek

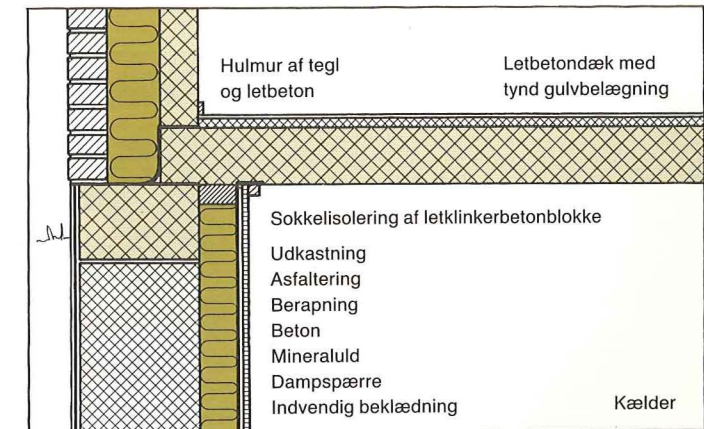
Træskeletvæg sammenbygget med krybekælderdek af træ
Bjælkelagets tykkelse er forøget af hensyn til den ønskede isoleringstykkelse, idet gulvet er opklodset på lægter på tværs af bjælkerne. Varmerørene er placeret over bjælkerne mellem disse lægter og er selvstændigt isoleret.

EKSEMPLER PÅ SAMMENBYGNING



Ydervæg/
kælderydervæg

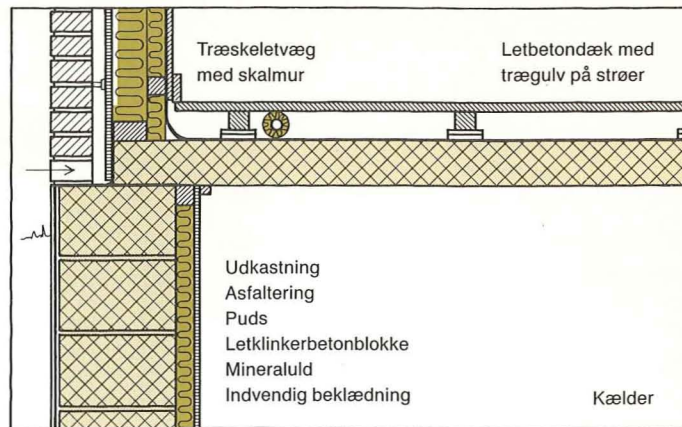
Skalmuret væg opført på udvendigt isoleret kældervæg
Kuldebroen gennem kældervægens øverste del, som ikke er isoleret med mineraluld, er her reduceret ved hjælp af to skifter letklinkerbetonblokke. Vægens dampspærre skal føres ned gennem kælderdekke. Den udvendige isolering på kældervæggen er afdækket til beskyttelse mod overløst.



Ydervæg/
kælderydervæg

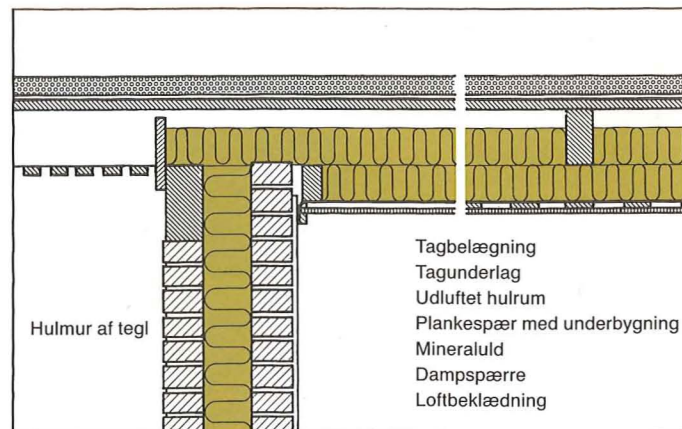
Hulmur opført på indvendigt isoleret kældervæg
Kuldebroen mellem kældervæggen, som har indvendig isolering, og letbetondækket er her reduceret ved hjælp af et skifte letklinkerbetonblokke. Kældervæggen er afrettet eller berappet på den udvendige side, hvorefter der er asfalteret og udkastet med cementmørtel. Soklen er pudset.

EKSEMPLER PÅ SAMMENBYGNING



Ydervæg/
kælderydervæg

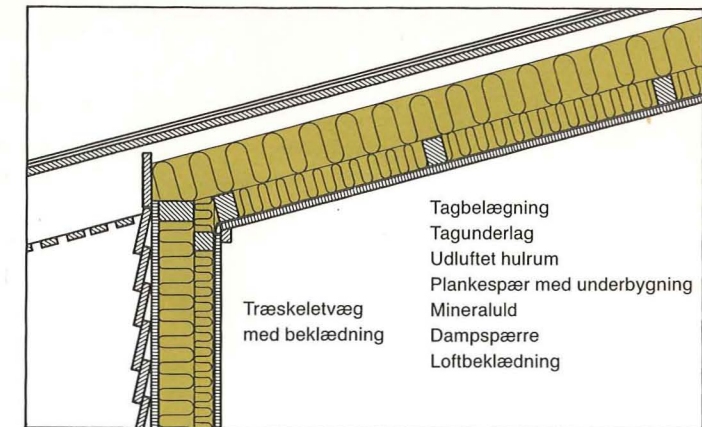
Skalmuret væg opført på kældervæg af letklinkerbeton
Over kælderdækket af letbeton er der anbragt en fugtspærre til beskyttelse af trægulvet mod byggefugt. Denne fugtspærre skal slutte tæt til væggenes dampspærre. Kuldebrovirkningen gennem letklinkerbetonblokkene til letbetondækket er ikke større, end at den kan accepteres.



Udluftet tag/ydervæg

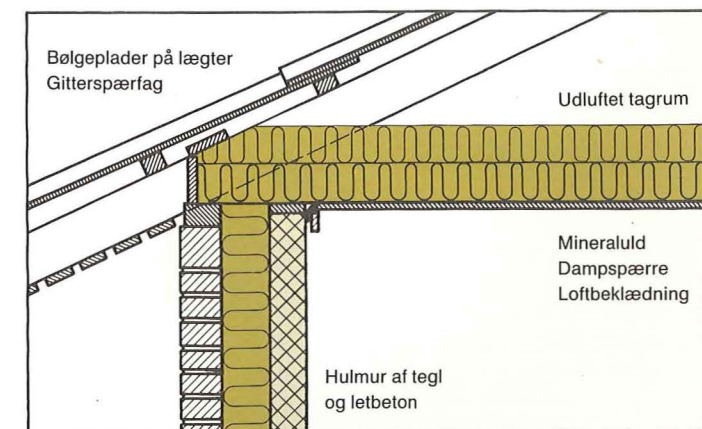
Tag af plankespær sammenbygget med hulmur
Tæthed mellem ydervæg og loft er opnået ved at klemme dampspærren mod en strimmel fugemasse ved hjælp af en liste langs loftet. Foran tagisoleringen er der anbragt et vindbræt. Hulrummet til udluftning over tagisoleringen skal være mindst 50 mm, og 10 mm over vindbrættet.

EKSEMPLER PÅ SAMMENBYGNING



Udluftet tag/ydervæg

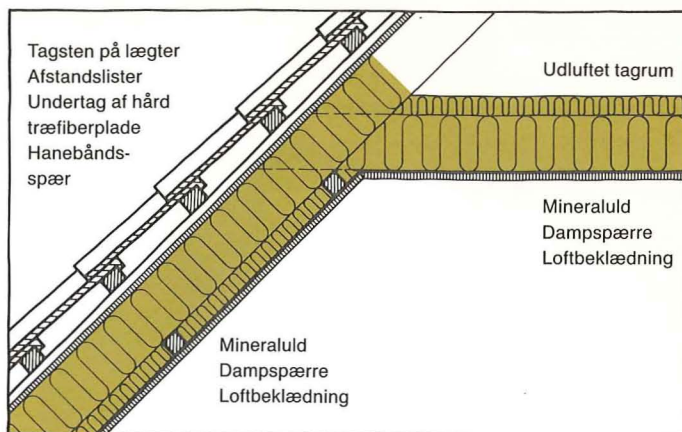
Tag af plankespær sammenbygget med træskeletvæg
Lægter på undersiden af spærerne har skaffet plads til tagisoleringen. Dampspærrene i loft og væg er samlet med klemt overlæg ud for en lægte. Foran tagisoleringen er der anbragt et vindbræt. Hulrummet over tagisoleringen skal være mindst 50 mm, og 10 mm over vindbrættet.



Udluftet tag/ydervæg

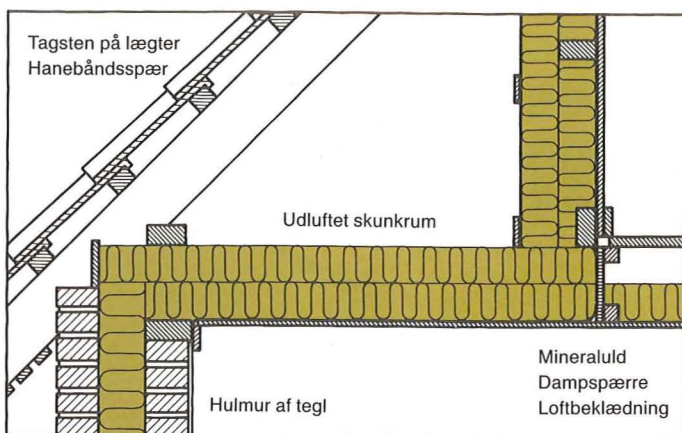
Tag af gitterspær sammenbygget med hulmur
Gitterspærerne hviler på formuren. Dampspærren i loftet er klemt mod bagmuren ved hjælp af en liste. Vindbrættet foran tagisoleringen skal slutte tæt til tagremmen. Det skrå vindbræt på spærernes overside skal sikre, at isoleringen ikke spærres for luftens adgang til tagrummet.

EKSEMPLER PÅ SAMMENBYGNING



Udnyttet tagetage

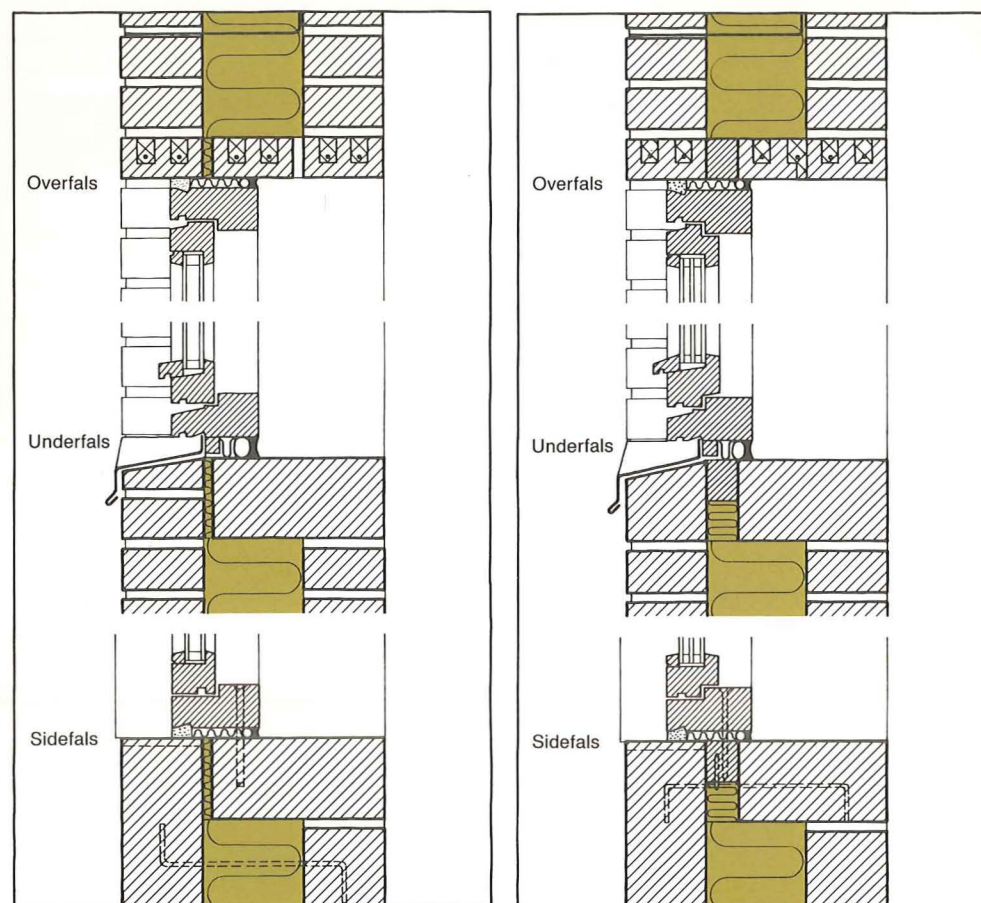
Tag af hanebåndsspær, isolering af skrå væg og loft
 Undertaget er udført af olieimprægnerede træfiberplader, som er så diffusionsåbne, at udluftning af tagisoleringen ikke er nødvendig. Men en betingelse herfor er, at dampspærren bag loftbeklædningen er monteret så omhyggeligt, at indtrængen af indeluft ud i isoleringen er udelukket.



Udnyttet tagetage

Tag af hanebåndsspær, isolering ved tagfod og skunkrum
 Tagspær og bjælker hviler på bagmuren. Formuren er ført lidt højere op og der er yderligere anbragt et vindbræt foran isoleringen. Dampspærren i skunkvæggen er ført ned gennem bjælkelaget til loftet i rummet nedenunder og herfra mod ydervæggen, hvortil den er klemmet med en liste.

EKSEMPLER PÅ SAMMENBYGNING



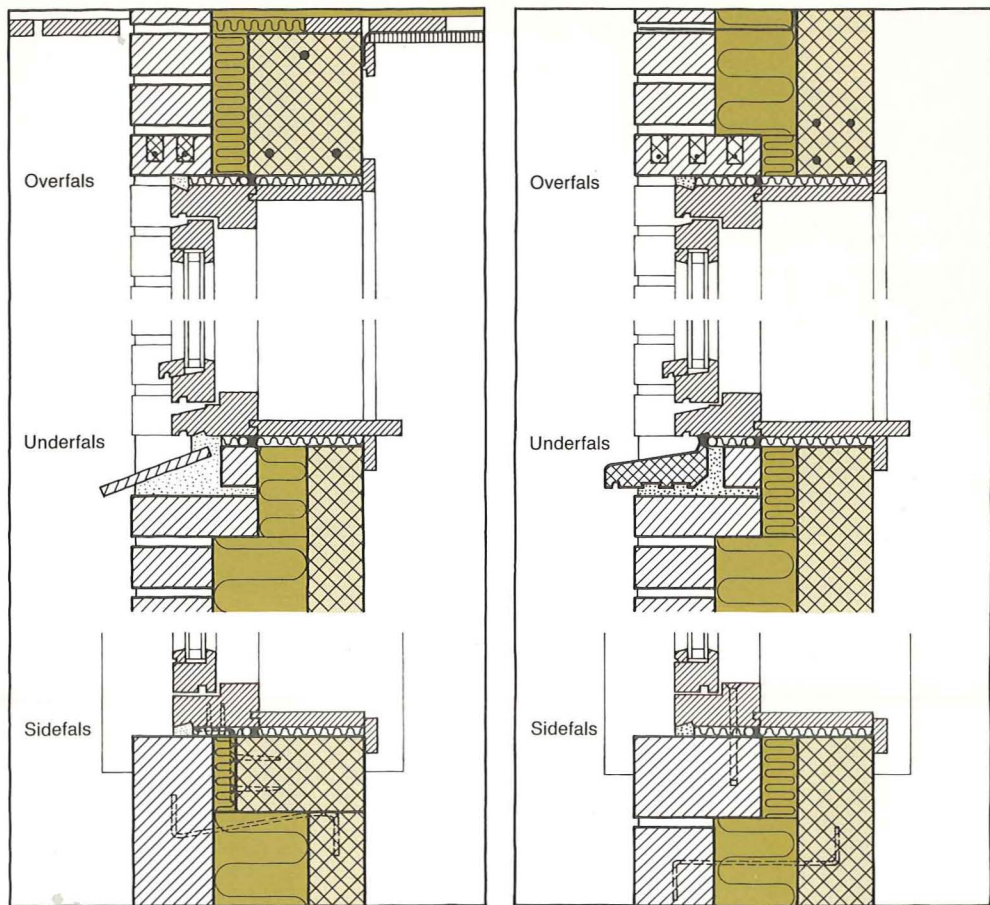
Hulmur helt af tegl/vindue

Over vinduet er anbragt tre 108 mm brede tegloverligger, som sammen med de påmurede skifter fungerer som to teglbjælker. Kuldebroerne i alle vinduesfåse er brudt med 10 mm skumplast, en tykkelse, som svarer til en studsuge. Udmuringen ved sidefåse og underfåse kræver således kun tilfaldelse af få mursten. For at stabilisere hulmuren er murvingerne i sidefåsene ført ned til oversiden af fundament eller dæk, og der er indmuret trådbindere for hvert tredje skifte ca. 150 mm fra sidefåsene.

Hulmur helt af tegl/vindue

Over vinduet er i formuren anbragt en 108 mm bred tegloverligger og i bagmuren en 200 mm bred tegloverligger. Sammen med de påmurede skifter fungerer overliggerne som teglbjælker. Kuldebroerne i alle vinduesfåse er brudt af en blindkarm af tryk-imprægneret træ, hvori vinduet er fastskruet. Blindkarmen fastholdes ved hjælp af trådbindere indmuret i hvert tredje skifte i sidefåsene. For yderligere at stabilisere hulmuren er murvingerne i sidefåsene ført ned til oversiden af fundament eller dæk.

EKSEMPLER PÅ SAMMENBYGNING



Hulmur med gasbeton/vindue

Over vinduet er i formuren anvendt en 108 mm bred tegloverligger, og i bagmuren er anvendt en gasbetonbjælke, der hviler på to næsten etagehøje falselementer af gasbeton, limet til bagmurselementerne. Kuldebroerne ved over-, under- og sidefalsene er brudt med skumplast. Trådbindere, som ved sidefalsene er banket ind i bagmurselementernes kant, indmures for hvert tredje skifte i formuren. Vinduerne er fastgjort til falselementerne ved hjælp af vinkelbeslag, inden formuren er opført.

Hulmur med letklinkerbeton/vindue

Over vinduet er i formuren anvendt en 168 mm bred tegloverligger. I det rumhøje bagmurselement er der udsparet for vindue, og den armerede bjælke over hullet er en del af elementet. Kuldebroerne i vinduesfalsene er brudt med skumplast, og langs alle falsene er formurens tykkelse øget til $\frac{3}{4}$ sten. Herved opnås gode betingelser for fastgørelse af vinduet og god understøtning af sålbænken. For at dække skumplasten er det i dette eksempel nødvendigt at benytte såvel vinduesplade som tilsætning.



Denne SBI-anvisning omtaler og uddyber kravene til varmeisolering i bygningsreglementet BR-82 og småhusreglementet BR-S 85. Begrebet »varmetabsramme« forklares og anvendes i beregningseksempler. Der angives k-værdier for en række bygningsdele og vises eksempler på varme- og fugtteknisk korrekt sammenbygning af gulv og ydervæg, ydervæg og loftkonstruktion etc. Anvisningen tager fortrinsvis sigte på lavt boligbyggeri, men vil også i vid udstrækning kunne anvendes i forbindelse med andre bygningskategorier.

