

3. UDGAVE JUNI 1968

REGLER FOR BEREGNING AF
BYGNINGERS VARMETAB

BEREGNINGSMETODER . VARMELEDNINGSTAL



TEKNISK FORLAG

Borge Christensen

3. UDGAVE JUNI 1968

REGLER FOR BEREGNING AF
BYGNINGERS VARMETAB
BEREGNINGSMETODER . VARMELEDNINGSTAL



EFTERTRYK FORBUDT

TEKNISK FORLAG
KØBENHAVN

© DANSK INGENIØRFORENING 1968

SKANDINAVISK BOKTRYK

INDHOLD

Forord	side 4
Oversigt over betegnelser, begreber og måleenheder	6
1. Indledning	7
2. Dimensionerende temperaturer	9
3. Beregning af transmissionstab	10
4. Beregning af ventilationstab	12
5. Beregning af det samlede varmetab	15
6. Beregning af transmissionstal	16
7. Tabel over varmeledningstal	21
8. Eksempler på beregning af transmissionstal	30

FORORD

De to tidligere udgaver af Regler for beregning af bygningers varmetab udkom i 1953 og i 1965. Selv om beregningsmetoderne i hovedtræk er forblevet uændrede fra udgave til udgave, fremstod 2. udgave som en ret gennemgribende modernisering af 1. udgave. Derimod adskiller den foreliggende 3. udgave sig kun på enkelte punkter fra 2. udgave.

De væsentligste tilføjelser er en bemærkning om kryberum i punkt 2.2, en bemærkning om fundamentsisolering i punkt 6.10, et nyt punkt 6.12 om isole-rede hulmure, en bemærkning om brudte mørtelfuger i punkt 7.5, en fodnote om isolationsmaterialer i jord på side 28 og et nyt regneeksempel på side 34. De væsentligste ændringer vedrører kalfatringsfuger i punkt 4.5 og 4.6 samt varmeledningstal for plastskum på side 27.

Der er indført mindre ændringer i den anvendte terminologi og i visse symboler af hensyn til, at der tilstræbes bedre overensstemmelse med DS 2001. Alle talværdier anføres som hidtil i traditionelle enheder, men det overvejes at indføre SI-enhedssystemet ved en senere revision.

Deltagerne i det udvalgsarbejde, som ligger til grund for reglerne, har været:

civilingeniør, dr. techn. *P. Becher* (1., 2. og 3. udg.)
professor, dr. techn. *N. F. Bisgaard* (1. og 2. udg.)
civilingeniør *J. C. Buus* (1. og 2. udg.)
civilingeniør *P. J. Hellegaard* (1. og 2. udg.)
civilingeniør *H. P. Knudsen* (1. og 2. udg.)
professor, civilingeniør *V. Korsgaard* (2. og 3. udg.)
civilingeniør, dr. phil. *P. W. Marke* (1., 2. og 3. udg.)
civilingeniør *P. Olufsen* (2. og 3. udg.)
civilingeniør *H. Peschardt-Hansen* (1. og 2. udg.)
civilingeniør *O. G. Posselt* (1. og 2. udg.)

Det oprindelige hovedformål med varmetabsreglerne har, som det også af-spejler sig i titlen, været at skabe en vis ensartethed med hensyn til bestem-melse af de maksimalydelse, som varmeanlæg skal dimensioneres for. Regler-nes biformål, at fastlægge en normeret beregning af bygningsdeles varmeisole-ringsevne, har dog fået stedse større betydning og må efter indførelsen af lovpligtige, generelle krav til bygningers varmeisolering i 1961 siges at være blevet lige så væsentligt som hovedformålet. Bygningsmyndighedernes krav må søges i den gældende udgave af Bygningsreglement for købstæderne og landet.

Tabeller over transmissionstal er ikke medtaget i reglerne. Der kan i stedet

henvises til »k-værdier 1968« udgivet af Kalk- og Teglværksforeningen af 1893 og Dansk Forening af Fabrikanter af Varmeisoleringsmaterialer.

I så vid udstrækning som praktisk muligt er reglerne udformede i overens-stemmelse med de retningslinier, som er udsendt fra udvalget for varmeisole-ringsbestemmelser under Den nordiske komite for bygningsbestemmelser.

Varmetabsreglernes 2. udgave godkendtes af Dansk Ingeniørforenings hoved-bestyrelse i november 1964. Et forslag til ændringer og tilføjelser til 2. udgave var til offentlig kritik i november og december 1967. Under hensyn til den ind-komne kritik blev forslaget delvis omarbejdet og derpå godkendt af Dansk Ingeniørforenings fagråd i april 1968. Reglernes 3. udgave træder i kraft den 1. august 1968.

DANSK INGENIØRFORENING



Gunnar P. Rosendahl
formand.

OVERSIGT OVER BETEGNELSER, BEGREBER OG MÅLEENHEDER

Φ	dimensionerende varmetab	...	...	kcal/h
Φ_k	transmissionstab	...	...	kcal/h
Φ_f	ventilationstab	...	...	kcal/h
t_i	dimensionerende rumtemperatur	...	...	°C
t_u	dimensionerende udetemperatur	...	...	°C
t_j	dybtliggende jordlags temperatur	...	...	°C
Δt	temperaturdifferens	...	...	°C
k	transmissionstal i almindelighed	...	...	kcal/m ² h°C
k_g	transmissionstal for vinduers glasareal	...	...	kcal/m ² h°C
k_t	transmissionstal for vinduers træareal	...	...	kcal/m ² h°C
A	areal	...	...	m ²
p_g	glasareal i procent	...	...	pct.
m_i	indvendigt overgangsmodstandstal	...	...	m ² h°C/kcal
m_u	udvendigt overgangsmodstandstal	...	...	m ² h°C/kcal
m_d	modstandstal for materialelag	...	...	m ² h°C/kcal
m_s	modstandstal for særlige lag	...	...	m ² h°C/kcal
m_l	modstandstal for luftlag	...	...	m ² h°C/kcal
m_j	modstandstal for jord	...	...	m ² h°C/kcal
λ	praktisk varmeledningstal	...	...	kcal/m h°C
λ_{10}	basisvarmeledningstal	...	...	kcal/m h°C
γ	rumvægt	...	...	kg/m ³
ω	fugtindhold i vægtprocent	...	...	pct.
d	lagtykkelse	...	...	m
h	kældergulvs dybde under terræn	...	...	m
f	fugetal	...	...	kcal/m h°C
L	fugelængde	...	...	m
n	luftskifte	...	...	h ⁻¹
V	rumfang	...	...	m ³
u	massiv del af murflade	...	...	dimensionsløs
b	korrektion for murbindere	...	...	dimensionsløs

Ved omregning til SI-enheder kan følgende omsætningsforhold benyttes:

for varmetab	1 kcal/h	= 1,16 W	<i>1 W = 0,860 kcal/h</i>
for transmissionstal	1 kcal/m ² h°C	= 1,16 W/m ² °C	
for varmeledningstal og fugetal	1 kcal/mh°C	= 1,16 W/m°C	
for modstandstal	1 m ² h°C/kcal	= 0,86 m ² °C/W	

1. INDLEDNING

1.1 Gyldighedsområde

Varmetabsreglerne har gyldighed for alle almindeligt forekommende opvarmede bygninger. Ved bygninger eller bygningsdele, hvis konstruktion eller anvendelse er usædvanlig, kan der gøres brug af andre beregningsmetoder, for så vidt disse må anses for at være mere nøjagtige.

Reglerne er hovedsageligt udformede med henblik på beboelsesbygninger, kontorbygninger og lignende, som opvarmes med radiatorvarmeanlæg. Reglerne kan også anvendes i andre tilfælde, dog med sådanne modifikationer, som er betingede af de særlige forhold.

Reglerne kan ikke umiddelbart anvendes til formål, der går ud over de i punkt 1.2 og punkt 1.4 nævnte. Det kræver teknisk indsigt at vurdere rækkevidden af reglerne.

1.2 Dimensionerende varmetab

Varmetabsreglerne angiver en metode til beregning af rums eller bygningers dimensionerende varmetab Φ kcal/h, hvilket er den varmeffekt, som skal danne grundlag for dimensioneringen af dele af et varmeanlæg (f. eks. radiatorerne) eller hele varmeanlægget. Metoden er udformet således, at beregningen bliver simpel og praktisk anvendelig, og samtidig er det tilstræbt, at det dimensionerende varmetab med tilnærmelse bliver lig med rummets eller bygningens virkelige varmetab under stationære forhold ved de angivne indvendige og udvendige klimabetingelser.

Varmetabet fra et rum eller en bygning er en kompliceret funktion af tiden og en række parametre for de klimatiske forhold og for nogle materialeegenskaber ved bygningsdelene. Den forenkling, som ligger til grund for varmetabsreglerne, består i, at der kun tages hensyn til de vigtigste af klimaparametrene, og at den funktionelle sammenhæng antages at være af simpel art, hvorved de særlige forhold ved ikke-stationær varmetransmission normalt lades ude af betragtning. Samtidigt ses der bort fra materialeegenskabernes eventuelle variation med tiden eller med klimaforholdene, ligesom der heller ikke tages hensyn til indvirkninger fra byggefugt. På grund af forenklingerne kan varmetabsreglerne ikke umiddelbart benyttes til detaljerede beregninger af f. eks. overfladetemperaturer, dugdannelse eller fugttransport.

De udvendige klimabetingelser, der er fastsat som grundlag for beregning af det dimensionerende varmetab, svarer ikke til de mest ekstreme klimapå-

virksomheder, som er observerede, men til sådanne, som kun optræder eller overskrides med en vis begrænset hyppighed.

Varmeanlæg i sjældent opvarmede bygninger kan ikke dimensioneres efter den almindelige beregningsmetode, som bygger på antagelsen om stationære forhold. I sådanne specielle tilfælde, hvor de ikke-stationære forhold er afgørende, må der tages hensyn til den varmeeffekt, som er nødvendig til at hæve rumtemperaturen i løbet af en vis tid, jfr. punkt 3.6.

1.3 Transmissionstab og ventilationstab

Varmetabet fra et rum eller en bygning består af transmissionstabet og ventilationstabet. Transmissionstabet Φ_k kcal/h er den varmeeffekt, som strømmer gennem rummets eller bygningens begrænsningsflader på grund af temperaturforskelle. Ventilationstabet Φ_f kcal/h er den varmeeffekt, som på grund af den tilsigtede eller utilsigtede luftfornyelse i rummet eller bygningen medgår til opvarmning af indtrængende luft.

Beregning af transmissionstabet for de enkelte bygningsdele angives i afsnit 3, af ventilationstabet for de enkelte rum i afsnit 4 og af det samlede varmetab for et rum eller en bygning i afsnit 5.

1.4 Transmissionstal

Reglerne giver endvidere anvisning på beregning af bygningsdeles transmissionstal k kcal/m² h°C til bedømmelse af bygningsdelenes varmeisoleringssevne. Transmissionstallet for en plan væg er den varmemængde i kcal, som i løbet af 1 time passerer gennem 1 m² af væggen, når temperaturforskellen mellem rummene på de to sider af væggen er 1 °C.

Transmissionstallet for en sammensat bygningsdel kan kun beregnes efter de angivne beregningsmetoder og med anvendelse af de angivne varmeledningstal, hvis konstruktionen er korrekt opbygget med hensyn til vindtæthed og fugttæthed. En konstruktion, der som helhed savner vindtæthed, eller som tillader en utilsigtet ventilation eller intern konvektion i eller omkring de varmeisolerende lag, kan have væsentlig mindre varmemodstand end udtrykt ved en beregning, der ikke tager hensyn til disse forhold. En bygningsdel, der er mangelfuldt beskyttet mod ophobning af fugt, kan ligeledes have nedsat varmemodstand.

Beregning af transmissionstal angives i afsnit 6, og den praktiske anvendelse er illustreret ved nogle eksempler i afsnit 8.

2. DIMENSIONERENDE TEMPERATUR

2.1 Dimensionerende rumtemperatur

Den dimensionerende rumtemperatur t_i i beboelsesrum og køkkener fastsættes i almindelighed til 20°C. I beboelseslejligheders birum fastsættes temperaturen i hvert enkelt tilfælde, i baderum regnes sædvanligvis med 22°C. I arbejdsrum fastsættes den dimensionerende rumtemperatur under hensyn til karakteren af det arbejde, som skal udføres i rummet.

I uopvarmede rum kan temperaturen fastsættes skønsmæssigt, men bør i tvivlstilfælde kontrolleres ved efterregning.

Den dimensionerende rumtemperatur er en middelterperatur for det pågældende rum og benyttes ved beregning af varmetabet ved alle dets flader. Ved bestemmelse af transmissionstabet gennem loftet i særlig høje rum regnes rumtemperaturen under loftet dog at være 1 °C højere for hver m, loftshøjden overstiger 4 m.

Rumtemperaturen ved ydervægspartier ud for radiatorer sættes i almindelighed til 50°C. I rum, som er opvarmede på anden måde end med radiatorer, kan det være nødvendigt at tage tilsvarende særlige hensyn ved fastsættelsen af rumtemperaturen.

2.2 Dimensionerende udetemperatur

Den dimensionerende udetemperatur t_u fastsættes i almindelighed til -12°C.

I bygninger til beboelse og dermed sidestillet brug giver denne udetemperatur en passende sikkerhed for, at rummene kan opvarmes som forudsat. I særlige tilfælde, hvor kravene til sikkerhed er større eller mindre end normalt, eller hvor andre forhold taler derfor, skal den dimensionerende udetemperatur nedsættes eller forhøjes.

Ved beregning af transmissionstabet gennem gulve direkte på jord sættes de dybereliggende jordlags permanente temperatur t_j til 8°C.

Ved beregning af transmissionstabet gennem varmeisolerede dæk over almindelige, stærkt ventilerede kryberum kan kryberumstemperaturen sættes til -5°C.

3. BEREGNING AF TRANSMISSIONSTAB

3.1 Transmissionstab gennem ydervægge

Transmissionstabet gennem lodrette flader vendende mod det fri findes af formlen

$$\Phi_k = k A (t_i - t_u)$$

Φ_k transmissionstabet i kcal/h.

k transmissionstallet i kcal/m² h°C.

A arealet af fladen i m².

t_i dimensionerende rumtemperatur i °C.

t_u dimensionerende udetemperatur i °C.

Transmissionstallet beregnes som angivet i afsnit 6 og arealet som angivet i punkt 3.5.

3.2 Transmissionstab gennem tage

Ved beregning af transmissionstabet gennem skrå eller vandrette tagflader tages hensyn til den forøgelse af varmetabet, som skyldes udstråling til himmelrummet i klart vejr, idet der gives et tillæg på 15 pct., dvs. transmissionstabet gennem tage findes af formlen

$$\Phi_k = 1,15 k A (t_i - t_u)$$

Vedrørende beregningen af arealet og transmissionstallet henvises til punkterne 3.5 og 6.11.

3.3 Transmissionstab gennem gulve og vægge mod jord

Transmissionstabet gennem gulve direkte på jord indtil 2,0 m under terræn i et ydre randfelt på 1,0 m bredde samt gennem kældervægge mod jord findes af den under punkt 3.1 anførte formel.

Transmissionstabet gennem gulve på jord iøvrigt findes af formlen

$$\Phi_k = k A (t_i - t_j)$$

t_j de dybtliggende jordlags permanente temperatur, som regnes at være 8°C.

Transmissionstallet beregnes som angivet i punkt 6.10.

3.4 Transmission gennem skillevægge og etageadskillelser

Varmetransmissionen gennem skillevægge og etageadskillelser mellem rum med forskellig temperatur findes af formlen

$$\Phi_k = k A \Delta t$$

Δt forskellen mellem rummenes temperatur i °C.

Varmetransmissionen medfører et varmetab fra det varmeste rum og et varmetilskud til det koldeste rum. Der kan ses bort fra varmeafgivelse fra eller varmetilskud til et rum ved transmission gennem skillevægge og etageadskillelser, hvis denne varmetransmission er ubetydelig i forhold til rummets samlede varmetab.

3.5 Beregning af transmissionsarealer

Arealet af vægflader beregnes som produktet af det indvendige vandrette murmål og bruttoetagehøjden (fra færdigt gulv til færdigt gulv), ved etplanshuse regnes dog med den indvendige etagehøjde. Ved facadepiller regnes pillens bredde forøget med det dobbelte af murtykkelsen som kompensation for varmetabet gennem pillens sider. Der tages i reglen ikke hensyn til faste skabe, og indvendige døre regnes i almindelighed som tilsluttende vægflader.

Gulv- og loftfladers arealer beregnes af de indvendige mål. Transmissionsstabet fra en bygnings øverste opvarmede rum gennem loft og tag beregnes normalt under ét, også når der findes et uopvarmet tagrum derimellem. Fladens areal sættes da lig med det indvendige loftsareal uanset, at tagarealet eventuelt er større end loftsarealet, jfr. punkt 6.11.

Dør- og vinduesfladers arealer beregnes af muråbningernes mål.

3.6 Diskontinuert opvarmning

Tillæg for diskontinuert opvarmning gives sædvanligvis ikke, uanset om varmeanlægget påregnes drevet med nedsat varmetilførsel om natten. Tillæg bør kun gives i undtagelsestilfælde, hvor kontinuerlig drift er teknisk udelukket.

Transmissionstabet fra rum, som kun opvarmes periodisk (f. eks. kirkerum) kan ikke bestemmes på grundlag af tillæg til det dimensionerende transmissionstab under stationære forhold, men må beregnes som den varmeeffekt, der er nødvendig til at hæve rumtemperaturen et vist antal grader i løbet af en vis tid, medens udetemperaturen er t_u °C, idet der bl. a. tages hensyn til varmeafgivelsen til varmeakkumulerende bygningsdeles overflader.

4. BEREGNING AF VENTILATIONSTAB

4.1 Ventilationstab ved naturlig og mekanisk ventilation

Ventilationstab fra beboelsesrum og lignende rum uden mekanisk ventilation beregnes normalt på grundlag af utæthederne ved fuger omkring vinduer og døre i ydervægge i henhold til punkterne 4.2 – 4.6. Det samme gælder køkkener og baderum, uanset om de har naturligt aftræk eller mekanisk udsugning i sædvanlig udførelse. I særlige tilfælde, når væsentlige mængder kold luft kommer ind i rummet på anden måde end gennem fugerne ved vinduer og døre, kan ventilationstab beregnes på grundlag af en ansættelse af luftfornyelsesgraden i henhold til punkt 4.7.

4.2 Dimensionerende vindhastigheder

Ved beregning af ventilationstab skelnes mellem fire beliggenhedsklasser, og i hver af disse regnes med nedennævnte vindhastigheder:

1. Beskyttet beliggenhed, hvis lægivende genstande når mere end 1/3 af afstanden til bygningen op over loftet i det betragtede rum, vindhastighed 4 m/s.
2. Fri beliggenhed, hvis lægivende genstande når op over rummets loft, men mindre end 1/3 af afstanden, vindhastighed 6 m/s.
3. Udsat beliggenhed, hvis der ingen væsentlige lægivende genstande findes, vindhastighed 8 m/s.
4. Særlig udsat beliggenhed, hvis huset ligger på en bakketop eller direkte ved kyst, samt hvis det drejer sig om de øvre etager i meget høje huse, vindhastighed 10 m/s.

Som lægivende genstande optræder mest husrækker, men også tætte trægrupper og andet kan medregnes. Beskyttet beliggenhed forekommer ved de nedre etager i bygningsfacader, der vender imod snævre gårde og gader af normal bredde. Fri beliggenhed gælder de øvre etager, samt huse ved åbne pladser og brede gader. Udsat beliggenhed gælder for huse, der er højere end deres nærmeste omgivelser, fritliggende landbygninger og lignende.

4.3 Fugetab

Ventilationstab fra et rum kan beregnes af formlen

$$\Phi_f = f L (t_i - t_u)$$

Φ_f ventilationstab i kcal/h.

f fugetallet i kcal/m h°C.

L fugelængden i m.

t_i dimensionerende rumtemperatur i °C.

t_u dimensionerende udetemperatur i °C.

Ved rum med vinduer eller døre i flere ydervægge regnes med fugetab i alle vægge. Dog kan fugetabet fra rum med vinduer i modstående vægge reduceres skønsmæssigt under hensyn til, at fuger i vindsiden og læsiden ikke er lige virksomme, men denne reduktion må ikke overstige 25 pct. af rummets ventilationstab.

Hvis ventilationstab bliver mindre end 10 kcal/h pr. m² gulvareal, når det beregnes på denne måde, skal det i stedet bestemmes i henhold til punkt 4.7.

4.4 Tillæg for verdenshjørner

Af hensyn til, at lave udetemperaturer fortrinsvis er kombinerede med nordlige til østlige vindretninger, gives i hver enkelt flade følgende tillæg til fugetabet svarende til fladens orientering:

syd, sydvest	0 pct.
sydøst, vest, nordvest	15 pct.
nord, nordøst, øst	30 pct.

4.5 Fugelængde

Fugelængden L for et vindue måles som den samlede længde af fugerne mellem karm og gående rammer. Tilsvarende gælder fugelængden for en dør mod det fri eller for en ventilationslem. Kalfatringsfugens længde for såvel vindue som dør måles som den samlede længde af fugerne mellem karm og mur. Der kan ses bort fra kalfatringsfuger, som ved omhyggelig masticforsegling er gjort tætte.

4.6 Fugetal

Fugetallet f , som er det varmetab, målt i kcal/h, der forårsages ved luftstrømningen gennem 1 m af fugen, når forskellen mellem lufttemperaturen ved fugens inder- og yderside er 1 °C, fastsættes efter følgende retningslinier.

Fugetallet f angivet i kcal/m h °C

	beliggenhedsklasse			
	1	2	3	4
vinduer med enkelte rammer	0,5	0,8	1,2	1,7
vinduer med koblede rammer	0,4	0,7	1,1	1,5
vinduer med dobbelte rammer	0,3	0,5	0,8	1,1
kalfatringsfuge	0,2	0,4	0,6	0,8

For vinduer med tætningslister kan fugetallene formindskes indtil halvdelen. Endvidere kan der benyttes formindskede fugetal for vinduer, for hvilke der kan dokumenteres særlig tæthed. For døre mod det fri anvendes samme fugetal som for tilsvarende vinduer.

Fugetallene er fastlagt ud fra følgende forudsætninger: Trykdifferensen over vinduet er lig med vindens dynamiske tryk. Luftstrømmen gennem fugerne er proportional med trykdifferensen i potensen 0.7. Fugernes luftgennemtrængelighed er for de tre vinduestyper henholdsvis 1,5 m³/h, 1,3 m³/h og 1.0 m³/h pr. m fuge ved en trykforskel på 1 mm vs.

4.7 Ventilationstab i særlige tilfælde

Alternativt kan ventilationstabet for et rum beregnes af formlen

$$\Phi_f = 0,31 n V (t_i - t_u)$$

n luftskifte pr. h, dvs. friskluftmængden pr. h i forhold til rummets volumen. V rummets volumen i m³.

Denne formel bruges kun i tilfælde, hvor ventilationstabet beregnet efter fugetabsmetoden bliver urimeligt lavt, eller f. eks. hvor der samtidig forefindes friskluftventiler. Luftsiftet ansættes da skønsomt under hensyntagen til beliggenheden og åbningernes karakter, dog ikke under 0,4.

5. BEREGNING AF DET SAMLEDE VARMETAB

5.1 Dimensionerende varmetab for et rum

Det samlede dimensionerende varmetab for et rum er summen af transmissionsstabile for rummets begrænsningsflader og ventilationstabet for hele rummet. Såfremt et rum har mere end én kold flade, gives for hver ekstra, kold flade et tillæg på 3 pct. til summen af transmissions- og ventilationstabet for hele rummet under hensyn til, at lufttemperaturen i disse rum må hæves som kompensation for de lavere vægtemperaturer. Som kolde flader regnes ydervægge, skillevægge vendende mod uopvarmede rum, lofter vendende mod tage eller kolde tagrum, gulve vendende mod uopvarmede rum eller direkte mod jord, dog ikke opvarmede lofter eller gulve.

5.2 Dimensionerende varmetab for en bygning

Det dimensionerende varmetab for en bygning med naturlig ventilation og eventuelt mekanisk aftræk fra køkken og bad er summen af de enkelte rums transmissionsstab samt en reduktionsfaktor gange summen af de enkelte rums ventilationstab, hvorved der tages hensyn til, at der ikke samtidigt kan være vindtryk på alle bygningens facader. For en bygning med ensartede vinduesarealer i facaderne er reduktionsfaktoren 0,5. I andre tilfælde fastsættes reduktionsfaktoren mellem 0,5 og 1,0 svarende til vinduesarealernes fordeling, og hvis bygningen kun har vinduer i én facade, reduceres slet ikke. Endvidere må der ved fastsættelsen af reduktionsfaktoren tages hensyn til i hvor høj grad, bygningen indeholder rum med vinduer i modstående vægge, hvor fuge-tabet i forvejen er reduceret i henhold til punkt 4.3.

5.3 Samtidighedsfaktor

Ved bestemmelse af det dimensionerende varmetab for et antal bygninger sluttet til fælles varmeanlæg kan der, når omstændighederne taler for det, multipliceres med en samtidighedsfaktor mindre end 1, som fastsættes skønsomt i hvert enkelt tilfælde afhængigt af bygningernes art, størrelse og benyttelse.

6. BEREGNING AF TRANSMISSIONSTAL

6.1 Transmissionstal

Transmissionstallet for en væg, en etageadskillelse, et tag eller lignende bygningsdel bestående af planparallelle, homogene lag bestemmes af formlen

$$\frac{1}{k} = m_i + m_u + \sum m_d + \sum m_s + \sum m_l$$

k transmissionstallet i kcal/m² h°C.

m_i modstandstal for overgang ved den indvendige overflade.

m_u modstandstal for overgang ved den udvendige overflade.

m_d modstandstal for ledning gennem materialelag.

m_s modstandstal for særlige lag i en konstruktion.

m_l modstandstal for luftlag, alle modstandstal i m² h°C/kcal.

6.2 Modstandstal for overgang

Overgangsmodstandstallene for en væg, en etageadskillelse, et tag eller lignende bygningsdel sættes til følgende.

Modstandstallene $m_i + m_u$ angivet i m² h°C/kcal

bygningedele vendende mod det fri	0,20
bygningedele i øvrigt	0,30

6.3 Modstandstal for materialelag

Modstandstal for ledning gennem et ubrudt, homogent materialelag er

$$m_d = \frac{d}{\lambda}$$

d materialelagets tykkelse i m. For sammentrykkelige materialer regnes med materialelagets tykkelse i den færdige konstruktion. Ved massivt murværk med formur og bagmur af forskellige sten regnes med middellagstykkelser.

λ det praktisk anvendelige varmeledningstal for materialet i kcal/m h°C. Værdier for λ anføres i afsnit 7.

6.4 Modstandstal for luftlag

Modstandstallet m_l for ikke-ventilerede, plane luftlag angives i følgende tabel. For svagt eller moderat ventilerede luftlag skønnes lavere værdier end efter tabellen, afhængigt af ventilationsgraden. Ved stærkt ventilerede luftlag må

transmissionstabet beregnes til luftlaget, idet dets temperatur bestemmes, jfr. dog punkt 6.11 vedrørende ventilerede tagrum.

Det forudsættes, at den anvendte aluminiumsfolie er blank, og at der ikke optræder kondensation af vanddamp på folien.

Modstandstallet m_l angivet i m² h°C/kcal for ikke-ventilerede, plane luftlag

luftlagstykkelse i mm	5	10	20	50
luftlag med ikke-metalliske begrænsningsflader . .	0,12	0,15	0,20	0,20
luftlag med én begrænsningsflade af alu-folie . . .	0,20	0,35	0,50	0,55
luftlag med to begrænsningsflader af alu-folie . . .	0,20	0,40	0,55	0,60

6.5 Modstandstal for luftspalter

Når to flader punktvis berører hinanden (klemt fugt), tillægges den mellem-liggende luftspalte modstandstallet $m_s = 0,03$ m² h°C/kcal. På denne måde medregnes luftspalter ved paplag eller folier i berøring med bræddebeklædninger eller plader. Derimod medregnes ikke eventuelle luftspalter mellem faste materialer og egentlige isoleringsmaterialer, uanset disses sammentrykkelighed, og uanset om disse er indsyede i eller sammenklæbede med papir eller folie.

6.6 Konstruktioner med inhomogene materialelag uden hulrum

Hvis et lag i en bygningsdel ikke er homogent, men er opdelt i partier af forskellig beskaffenhed, regnes som for et homogent materialelag med middelvarmeledningstallet

$$\lambda = \frac{A_1 \lambda_1 + A_2 \lambda_2 + \dots}{A_1 + A_2 + \dots}$$

hvor A_1, A_2, \dots er arealerne af de forskellige partier og $\lambda_1, \lambda_2, \dots$ de tilsvarende varmeledningstal. Formlen kan kun anvendes for konstruktioner uden hulrum, og hvor varmeledningstallene for materialerne i de forskellige partier ikke afviger stærkt fra hinanden.

Overstiger forholdet mellem partiernes største og mindste varmeledningstal 4:1, beregnes først et transmissionstal k' ved anvendelse af det nævnte middelvarmeledningstal. Dernæst beregnes transmissionstallet

$$k'' = \frac{A_1 k_1 + A_2 k_2 + \dots}{A_1 + A_2 + \dots}$$

hvor k_1, k_2, \dots er transmissionstallene for hele bygningsdelen ved hvert af partierne, som om disse er ubrudte materialelag. Det transmissionstal, som skal gælde for bygningsdelen, er da middeltallet af k' og k'' .

6.7 Konstruktioner med kuldebroer

Ved konstruktioner, som i ikke uvæsentlig grad indeholder kuldebroer (f. eks. bindere og forankringer af metal, tilslutninger mellem dæk og ydervæg) skal der tages hensyn til den forøgelse af varmetabet, som kuldebroerne forårsager. Isolerede hulmure med kuldebroer kan beregnes som angivet i punkt 6.6, men for 26–30 cm tykke hulmure angives i punkt 6.12 en alternativ metode, som er nøjagtigere.

6.8 Konstruktioner med hulrum

For konstruktioner, der indeholder hulrum, som vægge eller dæk af hulsten, anvendes modstandstal, der er fastsat på grundlag af direkte målinger eller specielle beregninger under hensyntagen til materialernes normale fugtindhold.

6.9 Vinduer

Transmissionstallet for vinduer beregnes som

$$k = k_g \frac{p_g}{100} + k_t \frac{100 - p_g}{100}$$

k_g transmissionstallet for glasarealet i kcal/m² h°C.

k_t transmissionstallet for træarealet i kcal/m² h°C.

p_g glasarealet i procent af vinduets ydre karmlysningsareal. Vinduer med rammer og karme af stål eller andet metal regnes at have 100 pct. glasareal.

For glasarealets og træarealets transmissionstal anvendes de i efterfølgende tabeller angivne værdier.

Transmissionstallet k_g angivet i kcal/m² h°C for vinduers glasareal

glasafstand i mm	4	6	8	10	12	14	20	over 30
2 glaslag	3,35	3,05	2,90	2,80	2,70	2,65	2,60	2,55
3 glaslag	2,40	2,10	1,95	1,85	1,80	1,75	1,65	1,60

Tabellen gælder for vinduer med hermetisk forseglede ruder og for vinduer med koblede eller selvstændige rammer. For vinduer med et enkelt glaslag sættes $k_g = 6$ kcal/m² h°C. Anvendes glas med reflekterende belægninger, kan transmissionstallene formindskes 10–20 pct.

Transmissionstallet k_t angivet i kcal/m² h°C for vinduers træareal

vinduer med 1 glaslag	2,5
vinduer med 2 glaslag udført som forseglede ruder	2,0
vinduer med 2 glaslag i koblede eller selvstændige rammer	1,5
vinduer med 3 glaslag udført som forseglede ruder	1,5
vinduer med 3 glaslag i koblede eller selvstændige rammer	1,0

Det procentiske glasareal p_g afhænger af vinduets størrelse og konstruktion.

6.10 Gulve og vægge direkte mod jord

Transmissionstallet for et gulv eller en kældervæg direkte mod jord bestemmes af formlen

$$\frac{1}{k} = m_j + \Sigma m_d$$

m_j et modstandstal i m² h°C/kcal, som omfatter jordens varmeledningsmodstand samt indvendig og udvendig overgangsmodstand. For modstandstallet m_j anvendes tabellens værdier.

m_d modstandstal for materialelag i selve gulv- eller vægkonstruktionen i m² h°C/kcal. Eventuelle kapillarbrydende lag kan medregnes, hvis de består af materialer, der er ufølsomme for fugt. For et 15 cm tykt lag af et stenmateriale med mindste kornstørrelse 4 mm sættes modstandstallet til 0,2 m² h°C/kcal. Ved gulves ydre randfelt kan isoleringslag, som er anbragt lodret mod fundament indtil mindst 1 m under gulvkoten, medregnes.

Modstandstallet m_j angivet i m² h°C/kcal

gulve mellem 0,5 m over og 0,5 m under terræn:	
ydre randfelt, 0–1 m fra ydervæg	0,8
indre randfelt, 1–6 m fra ydervæg	1,4
midterfelt, over 6 m fra ydervæg	2,2
gulve mellem 0,5 m under og 2,0 m under terræn:	
randfelt, 0–1 m fra ydervæg	1,4
midterfelt, over 1 m fra ydervæg	2,2
gulve dybere end 2,0 m under terræn:	
hele gulvet	2,2
kældervægge under terræn:	
hele væggen mod jord	0,2 + 0,4 h

Ved fastlæggelsen af randfelterne regnes afstandene fra indvendig side af ydervæg. Ved kældervægge er h kældergulvets dybde under terræn. Dele af kældervægge, som ligger over terræn, behandles som ydervægge mod det fri.

Tabellen gælder for en jordbund bestående af moræne. Såfremt grundvandspejlet ligger mindst 2,5 m under gulvfladen, og jordbunden består af grus, sand eller rent ler, kan værdierne for m_j forhøjes med 50 pct.

6.11 Tage og lofter

Ved lofter vendende mod kolde, ventilerede tagrum tillægges tagrummet og tagbeklædningen under ét følgende modstandstal, der henføres til loftsarealet uanset om tagfladen eventuelt danner en vinkel med loftsfladen.

Modstandstallet m_s angivet i $\text{m}^2 \text{h}^\circ\text{C}/\text{kcal}$

tegl med understrøgne fuger, asbestcementskifer eller -bølgeplader, aluminiumsplader eller jernplader på lægter og spær	0,2
tegl med undertag på lægter og spær, tagpap på 1" brædder og spær . .	0,4

6.12 Isolerede hulmure

Transmissionstallet for 26–30 cm tykke ydermure med et ca. 7 cm bredt, isoleret hulrum, som ikke er gennemgående over hele murfladen, kan beregnes af

$$k = 1,3 u k_1 + (1 - 1,3 u) k_2 (1 + b)$$

u den massive del af murfladen (som brøk).

k_1 transmissionstallet for de massive partier i $\text{kcal}/\text{m}^2 \text{h}^\circ\text{C}$.

k_2 transmissionstallet for de isolerede partier uden hensyntagen til murbindere i $\text{kcal}/\text{m}^2 \text{h}^\circ\text{C}$.

b korrektion af hensyn til murbindere.

Såfremt der anvendes løse isoleringsmaterialer, indgår isoleringslagets tykkelse i beregningen af k_2 med hulrummets nominelle bredde. Hvis der isoleres med plademateriale, regnes isoleringslagets tykkelse lig med pladetykkelsen, dog må den ikke sættes større end hulrummets nominelle bredde minus 0,5 cm. Det overskydende hulrum repræsenteret ved forskellen mellem hulrummets nominelle bredde og pladetykkelsen regnes at have varmemodstanden nul.

Ved anvendelse af bindere af 4 mm galvaniseret ståltråd gælder

$$b = 0,2 (1 - k_2)^2$$

Korrektionen bliver større, hvis tråden er tykkere eller af bedre varmeledende materiale. Korrektionen bliver nul, hvis der bruges plastbindere.

7. TABEL OVER VARMELEDNINGSTAL

7.1 Materiale

Der anvendes her artsbetegnelser og ikke varebetegnelser.

Letbeton fremstillet med porøse tilslag benævnes efter tilslaget (slaggebeton, klinkerbeton, hvor tilslaget kan være Leca eller Fibo klinker). Ordet porebeton er en fællesbetegnelse for sådanne letbetoner, hvor porøsiteten skyldes luftudvikling i eller skumtilsætning til den friske mørtel (Cellebeton, Gasbeton, Siporex). Træbeton betegner et cementbundet celluloseprodukt (træuldbeton, træspånbeton).

7.2 Tørrumvægt

γ_0 er materialernes rumvægt i kg/m^3 i tør tilstand. Man bør være opmærksom på, at denne rumvægt i nogle tilfælde kan afvige fra materialernes nominelle rumvægt i henhold til sædvanemæssig handelsbetegnelse eller lignende. Det har især betydning ved letbeton, hvor man i praksis bør fremskaffe oplysning om anvendte materialers virkelige tørrumvægte.

For murværk angives bruttorumvægten af stenene eller blokkene i murværket, dvs. vægten divideret med rumfanget uden fradrag for eventuelle hulrum (den såkaldte kasserumvægt). For mangehulsten fremgår teglmassens rumvægt af betegnelserne Ma/1800 osv. Varmeledningstallene for mangehulsten afhænger ikke alene af stenenes rumvægt, men også af hullernes størrelse og antal. De i tabellen anførte værdier refererer til sten af normalformat med en hulrumsprocent på 20 og mindst 50 huller.

For nogle materialers rumvægt angives et interval. Ved disse materialer gælder tabellens varmeledningstal kun, når rumvægten ligger inden for de anførte grænser.

Ved materialer som tegl og letbeton, hvor varmeledningstallene angives for forskellige rumvægte, kan der, om nødvendigt, interpoleres lineært mellem tabelværdierne.

7.3 Basisvarmeledningstal

λ_{10} er basisvarmeledningstallet i $\text{kcal}/\text{m h}^\circ\text{C}$ ved 10°C målt i laboratoriet, efter at materialet er kommet i fugtlige vægt i luft med relativ fugtighed 35–50 pct. Basisvarmeledningstallet har for de fleste materialer praktisk talt samme værdi som varmeledningstallet ved 10°C for fuldstændig udtørret materiale, dog er basisvarmeledningstallet for letbeton nogle få procent større end for det helt tørre materiale. Ved murværk gælder basisvarmeledningstallet alene stenene eller blokkene i murværket.

7.4 Fugtindhold

ω er det vægtmæssige fugtighedsindhold i procent af tørvægten, som under normale betingelser kan påregnes i materialet i en bygningsdel, som ikke er særlig udsat for fugtpåvirkning. I hygroskopiske materialer (f. eks. letbeton), som uden særlig beskyttelse er udsat for slagregn, eller som er indesluttet mellem tætte lag uden ventilationsmulighed, er beliggende under jordoverfladen eller er udsat for kondensation indefra, kan fugtindholdet blive betydeligt højere end opgivet i tabellen.

7.5 Praktisk varmeledningstal

λ er det praktisk anvendelige varmeledningstal i kcal/m h^oC ved det pågældende fugtighedsindhold. Forholdet mellem det praktisk anvendelige varmeledningstal og basisvarmeledningstallet er for de enkelte materialer fastsat under hensyn til det normale fugtindhold og varmeledningstallets afhængighed af fugtindholdet. Desuden indebærer forskellen mellem de to varmeledningstal en vis sikkerhed mod uundgåelige forskelle mellem laboratorieforhold og de forhold, hvorunder materialerne monteres i praksis, samt mod mulige variationer i materialernes kvalitet. Hvis et materiale i særlige tilfælde anvendes på en sådan måde, at der må påregnes et fugtindhold væsentlig forskelligt fra det anførte normale, skal værdien for det praktisk anvendelige varmeledningstal ændres under hensyn hertil.

Ved murede konstruktioner gælder de anførte praktisk anvendelige varmeledningstal for murværket som helhed, idet fugernes indflydelse er indregnet i tallene. De praktiske varmeledningstal gælder ved murværk af sten i normalformat uden hensyn til skiftegang og forbandt og ved murværk af letbetonblokke uden hensyn til mindre afvigelse fra de angivne blokformater og fugebredder. Sædvanligvis tages heller ingen hensyn til mørtelarten. Dog kan de praktiske varmeledningstal for letbetonmurværk reduceres, hvis der i alle fuger indlægges 1 cm tykke strimler af mineraluld eller polystyrenplastsium. Med en strimmelbredde på 1/5 af murtykkelsen skal reduktionen udgøre 8 pct.

7.6 Indvendigt og udvendigt

I tilfælde, hvor der i tabellen skelnes mellem indvendig og udvendig anvendelse af et materiale, gælder varmeledningstallene for indvendig anvendelse, hvor materialet bruges i skillevægge og etageadskillelser samt inderst i sammensatte ydervægge og tage. Varmeledningstallene for udvendigt anvendte materialer gælder, hvor materialet findes yderst i sammensatte ydervægge og tage samt i gulve på jord. I bygningsdele vendende mod det fri eller mod uopvarmede rum, og hvor der er risiko for fugtophobning, bør dog altid regnes med værdierne for udvendigt anvendte materialer eller højere værdier.

For massive ydervægge af murværk af sten i normalformat regnes med de udvendige varmeledningstal for facadeskifterne og med de indvendige for resten af muren. Facadeskifterne betragtes som et planparallelt lag med tykkelsen 17 cm. For hule ydervægge af murværk regnes med de udvendige værdier i formuren og de indvendige i bagmuren. For massive ydervægge af letbeton regnes med de udvendige værdier i halvdelen af murens tykkelse og med de indvendige værdier i den øvrige del.

7.7 Kontrol af isoleringsmaterialer

De varmeledningstal, der i tabellen er mærket * gælder kun for fabrikater, for hvilke der ved en af Dansk Ingeniørforening godkendt løbende kontrol kan dokumenteres et basisvarmeledningstal, der er lig med eller lavere end det i tabellen anførte for den materialegruppe, hvortil det pågældende fabrikat må henføres. Kun når dette er tilfældet, må tabelværdien af det praktiske varmeledningstal benyttes ved beregning af transmissionstal for bygningsdele, hvori fabrikatet indgår.

Er fabrikatet ikke underkastet godkendt, løbende kontrol, skal det for dets gruppe i tabellen nævnte praktiske varmeledningstal forhøjes med 25 pct.

7.8 Særlige bemærkninger

Nummerangivelser i tabellen refererer til nedenstående bemærkninger.

- 1) De angivne varmeledningstal gælder kun under forudsætning af, at der ikke optræder luftcirkulation i eller igennem materialet eller i fuger mellem plader af materialet, eller hvor plader støder op til andre bygningsdele, i en grad, der væsentligt nedsætter isoleringsevnen.
- 2) Trældbetonpladers virkelige tykkelse reduceres med 0,5 cm for hver side, der er pudset, opsat i mørtel eller støbt fast i beton. Varmeledningstallet for disse 0,5 cm beregnes som for puds, mørtel eller beton.
- 3) Bølget plastfolie er et materiale bestående af korsvis sammenlagte bølgede plastfolier. Imprægneret, bølget papir er et materiale bestående af afvekslende plane og bølgede papir- eller paplag, hvor bølgerne danner vandrette kanaler og største højde af bølgerne er 5 mm.
- 4) Ved mineraluld findes ingen umiddelbar forbindelse mellem rumvægt og varmeledningstal. I praksis bør det søges oplyst, til hvilken type en bestemt mineralulds kvalitet hører. De fleste af de produkter, som findes på markedet i 1968, hører til type B, men visse mineraluldsplader hører til type A. Nogle produkter med stor fiberdiameter hører til type C. Hvis et mineralulds slag i en konstruktion på begge sider er i berøring med andre faste materialer, og lagets tykkelse som følge deraf er veldefineret, regnes dets tykkelse lig med afstanden mellem de faste materialer. Hvis et mine-

raluldslag kun på én side er i berøring med et fast materiale, regnes dets tykkelse lig med den tykkelse, som måles, når mineralulden belastes med 10 kg/m² for plader, batts, filt og måtter og 50 kg/m² for løs og granuleret uld.

- 5) De angivne varmeledningstal for plastskum i hule ydermure forudsætter en kvalitet af det indsprøjtede materiale, som svarer til fabriksfremstillede plader af det samme materiale.
- 6) De angivne varmeledningstal gælder kun, når fyldstofferne ikke er særlig udsat for fugt. Desuden forudsættes, at lagtykkelsen er stor i forhold til den gennemsnitlige kornstørrelse, og at vandrette lag af fyldstofferne er afdækket med papir, hvis de ikke på anden måde overdækkes.

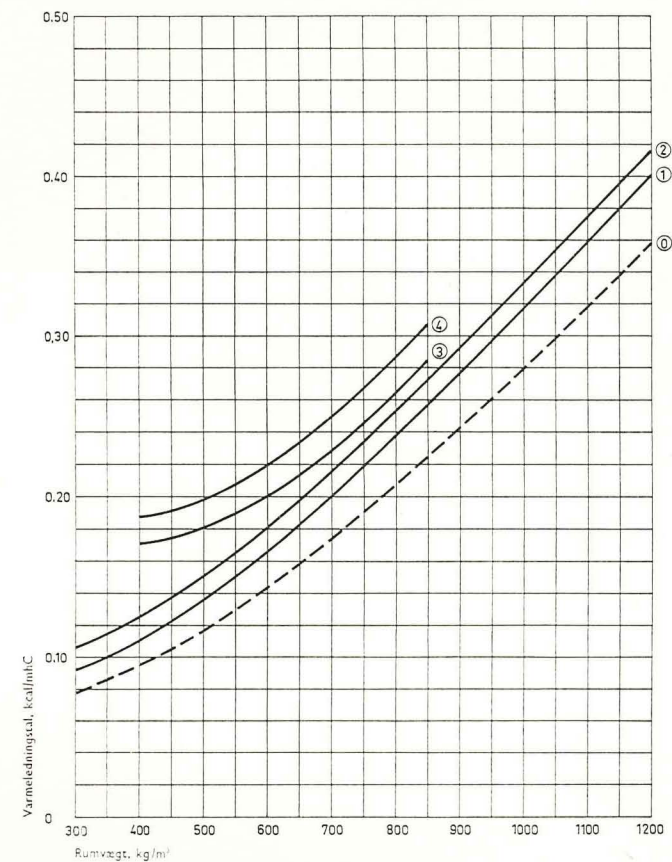
materiale	tør-rumvægt γ ₀ kg/m ³	basis-varmeledningstal λ ₁₀ kcal/m h°C	fugt-indhold ω vægtpct.	praktisk varmeledningstal λ kcal/m h°C
MURVÆRK AF STEN I NORMALFORMAT 23 × 11 × 5,5 cm				
<i>udvendigt:</i>				
massive teglsten T/1800	1800	0,50	1,5	0,70
massive teglsten T/1600	1600	0,40	1,5	0,55
massive teglsten T/1400	1400	0,35	1,5	0,50
massive teglsten T/1200	1200	0,30	1,5	0,45
mangehulsten Ma/1800	1450	0,40	1,5	0,55
mangehulsten Ma/1600	1300	0,35	1,5	0,50
mangehulsten Ma/1400	1100	0,30	1,5	0,45
mangehulsten Ma/1200	950	0,25	1,5	0,40
kalksandsten Ks/1800	1800	0,60	3	0,85
klinkerbetonsten Kl/800	800	0,21	6	0,40*
klinkerbetonsten Kl/600	600	0,15	6	0,30*
<i>indvendigt:</i>				
massive teglsten T/1800	1800	0,50	0,5	0,60
massive teglsten T/1600	1600	0,40	0,5	0,45
massive teglsten T/1400	1400	0,35	0,5	0,40
massive teglsten T/1200	1200	0,30	0,5	0,35
mangehulsten Ma/1800	1450	0,40	0,5	0,45
mangehulsten Ma/1600	1300	0,35	0,5	0,40
mangehulsten Ma/1400	1100	0,30	0,5	0,35
mangehulsten Ma/1200	950	0,25	0,5	0,30
kalksandsten Ks/1800	1800	0,60	2	0,75
molersten Mo/800	800	0,15	5	0,25*
klinkerbetonsten Kl/800	800	0,21	4	0,35*
klinkerbetonsten Kl/600	600	0,15	4	0,25*

LETBETON

Varmeledningstal for porebeton, klinkerbeton og slaggebeton. Diagrammet gælder også for homogen letbeton med armering, når bruttorumvægten incl. jern lægges til grund. Derimod gælder diagrammet ikke for murværk af klinkerbeton i normalformat, se tabellen side 24.

Ved rumvægte under 850 kg/m³ forudsættes letbetonerne kontrollerede, jfr. punkt 7.7.

Fugtindhold indvendigt 4 vægtpct. og udvendigt 6 vægtpct.



- Kurve 0 basisvarmeledningstal.
- Kurve 1 *indvendigt* { blokke og plader med limede fuger eller opsat i forskalling, etagehøje plader og andre større elementer, armerede dæk- og tagplader, letbeton støbt på stedet.
- Kurve 2 *udvendigt* { murværk af blokke, ca. 50 cm lange og 25 cm høje, 10 mm fulde fuger.
- Kurve 3 *indvendigt* {
- Kurve 4 *udvendigt* {

materiale	tør- rumvægt γ_0 kg/m ³	basis- varmeled- ningstal λ_{10} kcal/m h°C	fugt- indhold ω vægtpct.	praktisk varmeled- ningstal λ kcal/m h°C
NATURSTEN, KERAMIK, GLAS				3,0
granit, gneis, basalt	2700			3,0
kalksten, marmor	2700			2,4
tagskifer	2700			1,7
sandsten	2500			1,5
glaserede fliser	2000			0,9
porcelæn	2300			1,0
vinduesglas	2600			0,7
BETON				
armeret og uarmeret	2300	0,8	2	1,5
tæt klinkerbeton	1550	0,5	3	0,55
MURE- OG PUDS- MØRTEL, GIPS				
cementmørtel	2000	0,60	2	1,00
kalkcementmørtel	1800	0,55	2	0,90
kalkmørtel	1700	0,45	2	0,80
rørvæv og kalkpuds			2	0,30
støbt gips	1200	0,35	2	0,45
gipsplader med pap	800	0,13	2	0,17
ASBESTCEMENT				
asbestcementplader og -skifer	1900	0,35	2	0,50
culluloseasbestcement- plader	1300	0,21	6	0,30
asbestsilikatplader	700	0,10	3	0,13
asbestsilikatplader	600	0,08	3	0,10
TRÆ OG TRÆFIBERPLADER				
<i>træ parallelt med fibrene:</i>				
fyr, gran	500	0,20	16	0,25
bøg, eg, ask	700	0,25	18	0,30
<i>træ vinkelret på fibrene:</i>				
fyr, gran	500	0,10	16	0,12
bøg, eg, ask	700	0,12	18	0,14
møbelplader	550	0,10	12	0,12
hårde spånplader	650	0,10	12	0,12
hårde træfiberplader	900	0,10	8	0,11
halvhårde træfiberplader	600	0,065	9	0,07
bløde træfiberplader	300	0,04	10	0,045

materiale	tør- rumvægt γ_0 kg/m ³	basis- varmeled- ningstal λ_{10} kcal/m h°C	fugt- indhold ω vægtpct.	praktisk varmeled- ningstal λ kcal/m h°C
TRÆBETON ^{1) 2)}				
spånbetonplader	600	0,10	10	0,12*
spånbetonplader	500	0,09	10	0,11*
træuldbetonplader, 5 cm og derunder	350	0,08	10	0,10*
træuldbetonplader, over 5 cm	270	0,06	10	0,08*
PRESSET HALM OG BØLGET FOLIE ^{1) 2)}				
pressede halmplader med pap	380	0,075	10	0,08*
bølget plastfolie	11	0,05		0,06*
impregneret, bølget papir	30-60	0,04	10	0,05*
KORK ¹⁾				
korkparket	500	0,065	2	0,07
ekspanderet kork	150	0,035	4	0,04*
højekspanderet kork	110	0,032	4	0,035*
MINERALULD ^{1) 2)}				
plader, filt, måtter	10-300			
type A		0,025-29	1	0,033*
type B		0,030-34	1	0,038*
type C		0,035-39	1	0,043*
løs og granuleret mineraluld	15-200	0,03	1	0,04*
SKUMGLAS OG PLASTSKUM ¹⁾				
skumglas	140	0,045	0,5	0,05*
skumglas	170	0,05	0,5	0,055*
polystyrenplastsium				
ekspanderet i blokform	10-18	0,030	2	0,035*
ekspanderet i blokform	18-45	0,028	1	0,033*
ekstruderet i pladeform	35-45	0,025	0,5	0,030*
kugler og granulat	10-20	0,035	3	0,050*
polyurethanplastsium				
freonekspanderet	20-80	0,020	1	0,027*
carbamidplastsium i plader	10-30	0,03	15	0,05*
carbamidplastsium i hule ydermure ²⁾	10-30	0,03	20	0,06

materiale	tør- rumvægt γ ₀ kg/m ³	basis- varmeled- ningstal λ ₁₀ kcal/m h°C	fugt- indhold ω vægtpct.	praktisk varmeled- ningstal λ kcal/m h°C
GRANULERET FYLDSTOF 3) *)				
brændt, knust moler 2-10 mm	420	0,08	1	0,09
brændte klinker 3-20 mm	250-450	0,085	1	0,10*
porebetonsmuld	400	0,07	4	0,12
granuleret slagge (tørt)	250	0,06	1	0,08
ekspanderet glimmer	60-100	0,055	6	0,06*
asbestuld	700	0,20	5	0,20
korksmuld	50-120	0,035	5	0,04
savsmuld	200	0,06	15	0,07
savsmuld	120	0,08	15	0,10
kutterspåner	120	0,05	15	0,07
kutterspåner	80	0,09	15	0,12
stampet ler	1400	0,2	10	0,7
tørt sand	1700	0,3	1	0,4
JORDARTER OG DRÆNLAG				
fugtig jord (moræne)	1900	0,4	15	2,0
ler	1200	0,2	50	1,2
groft, lerfrit grus	1700	0,5	5	1,0
ral, skærver, singels	1500	0,3	2	0,6
grove, harpede slagger i jord	800	0,13	20	0,35
GULVBELÆGNINGS- MATERIALER				
klinker	2000			1,0
terrazzo	2200			1,0
magnesitgulvbelægning	1300			0,3
træbrolægning	1100			0,4
vulkaniseret gummi	1000			0,2
linoleum	1200			0,15
pvc-gulvbelægning	1900			0,8
støbeasfalt	2100			0,7

Praktisk varmeledningstal for isolationsmateriale i berøring med jord

mineraluld og polystyrenplastsium 0,06 kcal/m h°C
brændte klinker som kapillarbrydende lag 0,16 kcal/m h°C
letbetonmurværk som kældervæg side 23 kurve 4 + 20 pct.
letbeton igøvrigt side 23 kurve 2 eller 4 + 60 pct.

materiale	tør- rumvægt γ ₀ kg/m ³	basis- varmeled- ningstal λ ₁₀ kcal/m h°C	fugt- indhold ω vægtpct.	praktisk varmeled- ningstal λ kcal/m h°C
DIVERSE BRUGSSTOFFER				
asfaltpap (bitumen)	1050			0,15
pap	600			0,06
filt	180			0,04
asbestpap	1100			0,25
isolationspuds (med mine- raluld)	550	0,08		
kiselgurkomposition	500	0,08		
magnesiakomposition	225	0,05		
ebonit, hårdgummi	1150	0,20		
celluloid	1350	0,20		
polyamidplast (nylon)	1120	0,20		
polyethylenplast	950	0,35		
acrylplast (plexiglas)	1180	0,15		
polystyrenplast	1100	0,10		
polyvinylchloridplast, blød	1300	0,15		
polyvinylchloridplast, stiv	1400	0,30		
phenolplast med organisk fyldstof (f. eks. pertinax)	1400	0,25		
carbamidplast og mel- aminplast med fyldstof	1500	0,30		
polyesterplast med glasfiber	2000	0,45		
kobber	8900	330		
aluminium	2700	150		
messing	8500	100		
zink	7100	95		
blødt stål	7800	50		
rustfrit stål	7900	15		
støbejern	7200	40		
bly	11300	30		
vand (stillestående)	1000	0,5		
is ved 0°C	900	1,9		
sne ved 0°C	100	0,04		
sne ved 0°C	300	0,20		
luft (stillestående)	1,3	0,021		

Notater

8. EKSEMPLER PÅ BEREGNING AF TRANSMISSIONSTAL

Der forudsættes anvendt kontrollerede materialer, jfr. punkt 7.7. Mineralulden i eksempel 2, 3 og 5 antages at være af type B. Eksempelvalget indebærer ikke nogen stillingtagen til økonomien eller kvaliteten af de i figurerne viste konstruktioner. Eksemplerne tjener alene til vejledning i beregning af transmissionstal.

Eksempel 1. Massiv mur som fig. 1

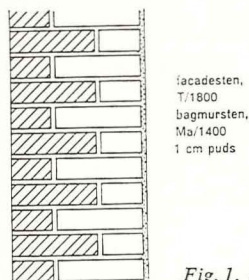


Fig. 1. Snit i 36 cm ydermur.

Facadeskifterne regnes som et 17 cm plant lag, hvorved bagmuren bliver 18 cm. For facadeskifterne bruges de udvendige varmeledningstal og for bagmuren de indvendige.

	d m	λ kcal/m h°C	m m ² h°C/kcal
udv. og indv. overgangsmodstand ..			0,20
facadeskifter T/1800	0,17	0,70	0,24
bagmur Ma/1400	0,18	0,35	0,51
puds, kalkmørtel	0,01	0,80	0,01
		$\Sigma m = 1/k = 0,96$	
		$k = 1,03$	

Eksempel 2. Let ydervæg som fig. 2

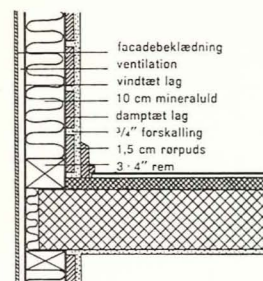


Fig. 2. Snit i ikke-bærende ydervæg.

Bag facadebeklædningen, der kan være plader af jern, aluminium, glas eller asbestcement, antages ventilationen at være så kraftig, at temperaturen bliver den samme som i det fri, dvs. at facadebeklædningen og luftmellemrummet ikke tillægges varmemodstand. Det vindtætte lag antages at være svær, imprægneret pap. Det diffusionstætte lag antages at være tynd plastfolie eller aluminiumsfolie, som alene tillægges varmemodstand i kraft af den klemte fuge mellem folien og bræddebeklædningen. Stolper, remme og løsholter forudsættes at udgøre 15 pct. af vægarealet. Da varmeledningstallene for træ er 0,12 og for mineraluld 0,038 kcal/m h°C, hvor $0,12 : 0,038 < 4 : 1$, fås middelvarmeledningstallet

$$\lambda = \frac{15 \cdot 0,12 + 85 \cdot 0,038}{15 + 85} = 0,050 \text{ kcal/m h}^\circ\text{C}$$

	d m	λ kcal/m h°C	m m ² h°C/kcal
udv. og indv. overgangsmodstand ..			0,20
vindtæt pap	0,001	0,06	0,02
85 pct. mineraluld + 15 pct. træ ..	0,10	0,050	2,00
klemte fuger ved diffusionstæt folie ..			0,03
forskallingsbrædder	0,019	0,12	0,16
rørpuds og kalkpuds	0,015	0,30	0,05
		$\Sigma m = 1/k = 2,46$	
		$k = 0,41$	

Eksempel 3. Lofts- og tagkonstruktion som fig. 3

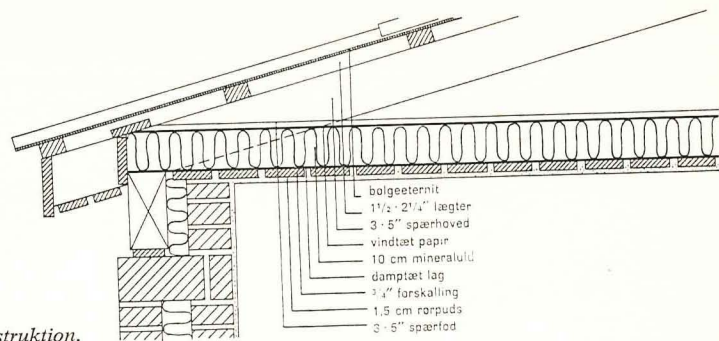


Fig. 3.
Snit i tagkonstruktion.

Tagrummet og tagbeklædningen tillægges modstandstallet $0,2 \text{ m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}/\text{kcal}$. Spærfoden udgør 7 pct. af loftsarealet. Idet der ses bort fra, at spærfodens højde er lidt større end mineraluldens tykkelse, bliver middelvarmeledningstallet for det 10 cm tykke lag bestående af 7 pct. træ og 93 pct. mineraluld

$$\lambda = \frac{7 \cdot 0,12 + 93 \cdot 0,038}{7 + 93} = 0,044 \text{ kcal/m h}^\circ\text{C}$$

	<i>d</i> m	λ kcal/m h [°] C	<i>m</i> m ² h [°] C/kcal
udv. og indv. overgangsmodstand ..			0,20
tagrum og tagbeklædning			0,20
vindtæt papir			0,00
93 pct. mineraluld + 7 pct. træ	0,100	0,044	2,27
klemte fuger ved diffusionstæt folie ..			0,03
forskallingsbrædder	0,019	0,12	0,16
rørvæv og kalkpuds	0,015	0,30	0,05

$$\Sigma m = 1/k = 2,91$$

$$k = 0,34$$

Eksempel 4. Gulv på jord som fig. 4

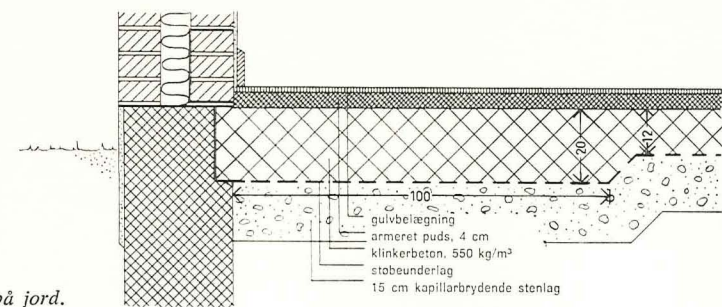


Fig. 4.
Snit i gulv på jord.

Gulvbelægningen kan f. eks. være 3 mm linoleum klæbet på et diffusionstæt spartellag. For klinkerbeton anvendes det udvendige varmeledningstal for letbeton støbt på stedet. Eventuelle diffusionstætte lag medregnes ikke. I det 1 m brede ydre randfelt fås følgende transmissionstal:

	<i>d</i> m	λ kcal/m h [°] C	<i>m</i> m ² h [°] C/kcal
overgangsmodstand + jord			0,80
kapillarbrydende lag			0,20
klinkerbeton 550 kg/m ³	0,20	0,16	1,25
armeret afretningslag	0,04	1,5	0,03
linoleum	0,003	0,15	0,02

$$\Sigma m = 1/k = 2,30$$

$$k = 0,43$$

I det indre randfelt, som udgør resten af gulvet, hvis bygningens bredde ikke overstiger 12 m, bliver transmissionstallet:

	<i>d</i> m	λ kcal/m h [°] C	<i>m</i> m ² h [°] C/kcal
overgangsmodstand + jord			1,40
kapillarbrydende lag			0,20
klinkerbeton 550 kg/m ³	0,12	0,16	0,75
armeret afretningslag	0,04	1,5	0,03
linoleum	0,003	0,15	0,02

$$\Sigma m = 1/k = 2,40$$

$$k = 0,42$$

Eksempel 5. Betonelementvæg som fig. 5

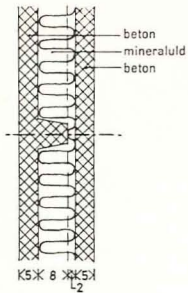


Fig. 5.
Snit i betonelementvæg med 10 pct. ribbeareal.

Middelvarmeledningstallet for det 8 cm tykke lag bestående af 10 pct. beton og 90 pct. mineraluld bliver

$$\lambda = \frac{10 \cdot 1,5 + 90 \cdot 0,038}{10 + 90} = 0,184 \text{ kcal/m h}^\circ\text{C}$$

Da varmeledningstallene for beton og mineraluld forholder sig som $1,5 : 0,038 > 4 : 1$, beregnes k' , k_1 , k_2 og k'' i henhold til punkt 6.6.

modstandstal i $\text{m}^2 \text{h}^\circ\text{C}/\text{kcal}$	k'	k_1	k_2
udv. og indv. overgangsmodstand	0,20	0,20	0,20
5 cm beton	0,03	0,03	0,03
8 cm beton/mineraluld	0,43	0,05	2,11
2 cm mineraluld	0,53	0,53	0,53
5 cm beton	0,03	0,03	0,03
	$\Sigma m = 1/k =$	1,22	0,84
	$k =$	0,82	1,18
			0,34

$$k'' = \frac{10 \cdot 1,18 + 90 \cdot 0,34}{10 + 90} = 0,43 \text{ kcal/m}^2 \text{h}^\circ\text{C}$$

Det transmissionstal, som gælder for betonelementvæggen, er middeltallet af k' og k'' :

$$k = \frac{0,82 + 0,43}{2} = 0,62 \text{ kcal/m}^2 \text{h}^\circ\text{C}$$