

## 0 Generelt

### 01 Innhold

Dette bladet forklarer og gir eksempler på hvordan man dokumenterer forventet energibruk i bygninger ved bruk av varmetapsrammer. Oversikt over alle aktuelle dokumentasjonsmetoder, samt beregningsgrunnlag, er gitt i Byggdetaljer 471.018.

### 02 Hensikt

Teknisk forskrift (TEK) til plan- og bygningsloven setter grense for maksimal varmegjennomgangskoeffisient (U-verdi) for bygningsdeler. Forskriften tillater å omfordere varmeisolasjon mellom bygningsdelene, forutsatt at totalt varmetap fra bygningen ikke øker. Ofte kan det være praktisk å redusere isolasjonstykkelsen i veggen mot å øke isolasjonstykkelsen i f.eks. taket, eller å bruke vinduer med bedre varmeisolerende evne enn forskriften krever.

### 03 Henvisninger

Teknisk forskrift (TEK) til plan- og bygningsloven (pbl) med veiledning

Norsk Standard:

NS 3031 Beregning av bygningers energi- og effektbehov til oppvarming og ventilasjon

NS-EN ISO 6946 Bygningskomponenter- og elementer. Varmemotstand og varmegjennomgangskoeffisient. Beregningsmetode

NS 3940 Areal- og volumberegning av bygninger

Byggdetaljer:

471.008 Beregning av U-verdier etter NS-EN ISO 6946

471.010 U-verdier for bygningskonstruksjoner. Beregningsgrunnlag

471.011 U-verdier. Etasjeskillere

471.012 U-verdier. Vegger over terreng. Del I og II

471.013 U-verdier. Tak

471.014 U-verdier. Vegger mot terreng

471.015 Kuldebroer. Vurdering av konsekvenser og dokumentasjon av energibruk

471.016 Kuldebroer. Metoder for å bestemme kuldebroverdi

471.017 Kuldebroer. Tabeller med kuldebroverdi

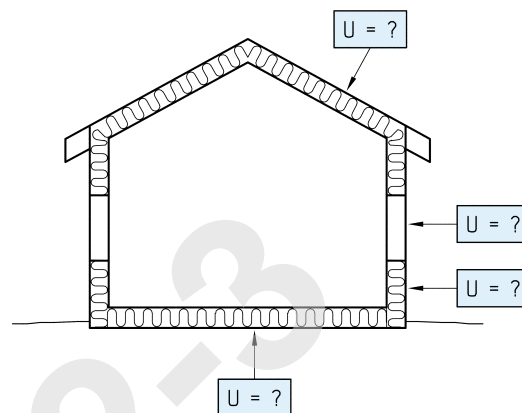
Tabell 1

Største, gjennomsnittlige U-verdier for ytre bygningsdeler, W/(m<sup>2</sup>K)

Bygningsdel	Innetemperatur			
	$\theta \geq 20 \text{ }^\circ\text{C}$	$15 \text{ }^\circ\text{C} \leq \theta < 20 \text{ }^\circ\text{C}$	$10 \text{ }^\circ\text{C} \leq \theta < 15 \text{ }^\circ\text{C}$	$0 \text{ }^\circ\text{C} \leq \theta < 10 \text{ }^\circ\text{C}$
Yttervegger <sup>1)</sup>	0,22	0,28	0,40	0,60
Tak, golv på grunn og mot det fri	0,15	0,20	0,30	0,60
Golv mot uoppvarmet rom	0,30	0,40	0,50	0,60
Vinduer <sup>2)</sup> , dører	1,60	2,00	2,50	3,00
Glassvegger og glasstak	2,00	2,00	3,00	3,00

<sup>1)</sup> Yttervegger i uoppvarmet kjeller kan ha  $U \leq 0,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ .

<sup>2)</sup> Vinduer i yrkesbygg kan ha  $U = 2,0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  for  $\theta \geq 20 \text{ }^\circ\text{C}$ .



471.018 Dokumentasjon av forventet energibruk i bygninger. Krav til hver enkelt bygningsdel

471.020 Dokumentasjon av forventet energibruk i bygninger. Energirammer

471.021 Forenklet miljøvurderingsmetode for nye tømmerhus

472.421 Valg av vinduer. Energibehov og inneklimate

521.112 Golv på grunnen med ringmur for oppvarmede bygninger. Varmeisolerings og frostsikring

## 1 Prinsipp

TEK setter grense for maksimal U-verdi for bygningsdeler, se tabell 1. U-verdien til en eller flere bygningsdeler kan overskride verdiene i tabellen. Forutsetningen er at man kompenserer for det økte transmisjonsvarmetapet ved å la andre bygningsdeler gi tilsvarende bedre varmeisolerings. På samme måte kan man øke andelen av vindus- og dørareal utover grenseverdien angitt i pkt. 31, dersom transmisjonsvarmetapet reduseres tilsvarende for en annen bygningsdel. Veiledningen til TEK anbefaler å ikke velge for høye U-verdier for de enkelte bygningsdelene. For innetemperaturer høyere eller lik  $15 \text{ }^\circ\text{C}$  gir tabell 1 anbefalt maksverdi i kolonne nr. to til høyre for aktuell innetemperatur. Flere løsninger kan tilfredsstillende samme varmetapsramme, slik at man kan velge den økonomisk mest optimale løsningen.

## 2 Arealer

### 21 Vegger, tak og golv

Innvendige dimensjoner målt fra yttervegg til yttervegg og fra overkant av golv til underkant av himling legges til grunn for beregning av varmetapet. For vegger i fleretasjes bygninger regnes høyden fra overkant av nederste golv til underkant av øverste himling. Se fig. 21.

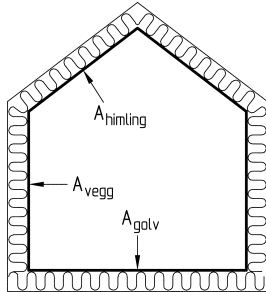


Fig. 21  
Arealer for beregning av varmetap

### 22 Vinduer

Arealet til vinduene er byggearealet, dvs. selve vinduet samt utføringen.

## 3 Beregning

### 31 Framgangsmåte

Bygningens samlede transmisjonsvarmetap kan ikke overskride varmetapsrammen. Varmetapsrammen framkommer ved å beregne transmisjonsvarmetapet for bygningen når alle bygningsdelene har U-verdier som angitt i tabell 1, og med et dør- og vindusareal på 20 % av nettoarealet av golvet. Arealberegning og annet beregningsgrunnlag er nærmere beskrevet i Byggedetaljer 471.018. Det reelle transmisjonstapet regnes med arealer og U-verdier som gjelder for den aktuelle bygningen, og kontrolleres mot rammen.

### 32 Transmisjonsvarmetap

Transmisjonsvarmetap,  $\Phi_t$ , (reelt eller varmetapsramme) beregnes etter NS 3031 eller tilsvarende metoder. I NS 3031 er følgende formel gitt:

$$\Phi_t = \Sigma U \cdot A \cdot \Delta\theta$$

der

$\Phi_t$  = transmisjonsvarmetap eller varmetapsramme (W)  
U = U-verdi for hver bygningsdel, inkludert kuldebro (W/(m<sup>2</sup>K))

A = areal for hver bygningsdel (m<sup>2</sup>), se pkt. 2

$\Delta\theta$  = differansen mellom temperaturen ute og inne (°C)

Med lik temperatur i hele den oppvarmede delen av bygningen vil  $\Delta\theta$  være konstant, og bare U og A varierer. Betingelsen for at forskriftskravet er oppfylt etter omfordeling, blir da:

$$(\Sigma U \cdot A)_{\text{reell}} \leq (\Sigma U \cdot A)_{\text{forskrift}}$$

### 33 Varmetapsrammen

Varmetapsrammen for en bygning med lik temperatur i hele den oppvarmede delen, er:

$$(\Sigma U \cdot A)_{\text{forskrift}} =$$

$$U_{\text{tak}} \cdot A_{\text{tak}} + U_{\text{golv}} \cdot A_{\text{golv}} + U_{\text{vindu/dør}} \cdot A_{\text{vindu/dør}} + U_{\text{vegg}} \cdot A_{\text{vegg}}$$

der

$$A_{\text{vindu/dør}} = 0,20 \cdot A_{\text{golv}}$$

$$A_{\text{vegg}} = A_{\text{fasade}} - 0,20 \cdot A_{\text{golv}}$$

### 34 Omfordeling mellom kun to bygningsdeler

Ved omfordeling mellom kun to bygningsdeler kan formelen sist i pkt. 32 forenkles til:

$$(U \cdot A)_{R1} + (U \cdot A)_{R2} \leq (U \cdot A)_{F1} + (U \cdot A)_{F2}$$

der

indeks R1 = reell verdi for bygningsdel 1

indeks R2 = angir reell verdi for bygningsdel 2

indeks F1 = angir krav for bygningsdel 1 i TEK

indeks F2 = angir krav for bygningsdel 2 i TEK

Omfordelingen mellom flere enn to bygningsdeler gjøres tilsvarende.

### 35 Finne nødvendig U-verdi for en bygningsdel

Formelen i pkt. 34 kan omordnes dersom man ønsker å bestemme hvor lav U-verdien for bygningsdel 2 må være for at U-verdien i bygningsdel 1 skal kunne være høyere enn kravet. Formelen kan også benyttes dersom man ønsker å endre andelen av dør- og vindusarealet i forhold til begrensningen i pkt. 31.

$$U_{R2} \leq \frac{1}{A_{R2}} \cdot ((A \cdot U)_{F1} + (A \cdot U)_{F2} - (A \cdot U)_{R1})$$

### 36 Omfordeling mellom andre bygningsdeler enn vinduer og dører

Arealet for hver bygningsdel vil ved omfordeling mellom andre bygningsdeler enn vinduer og dører være det samme enten man beregner varmetapsramme eller aktuelt varmetap ( $A_{R1} = A_{F1} = A_1$  og  $A_{R2} = A_{F2} = A_2$ ). Årsaken er at man da slipper å ta hensyn til regelen i pkt. 31 som begrenser dør- og vindusarealet ved beregning av rammeverdi. I slike tilfeller kan man benytte følgende formel for å finne ut hvor mye lavere U-verdien må være for en bygningsdel for å kompensere for økt varmetap i en annen:

$$U_{R2} \leq U_{F2} - \frac{A_1}{A_2} (U_{R1} - U_{F1})$$

## 4 Eksempler

### 41 Omfordeling mellom andre bygningsdeler enn vinduer og dører

Er f.eks. arealet og U-verdien for en takkonstruksjon gitt, se fig. 41 a og tabell 41, kan man finne nødvendig U-verdi for aktuell veggkonstruksjon.

$$U_{R2} \leq U_{F2} - \frac{A_1}{A_2} (U_{R1} - U_{F1})$$

$$U_{\text{vegg}} \leq 0,22 - \frac{80}{100} \quad (0,13 - 0,15) \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$U_{\text{vegg}} \leq 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Veggkonstruksjonen i fig. 41 b har en U-verdi på 0,24 W/(m<sup>2</sup>K), jf. Byggdetaljer 471.012, og tilfredsstillers dermed U-verdikravet til veggen. På tilsvarende måte kan man omfordele mellom andre bygningsdeler.

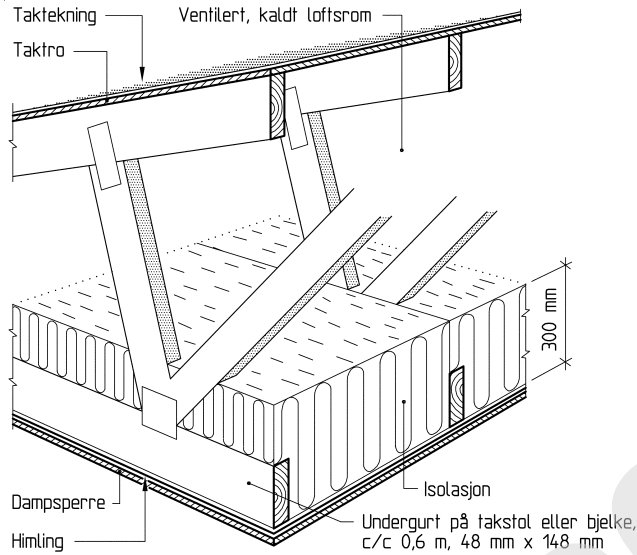


Fig. 41 a  
Eksempel på takkonstruksjon

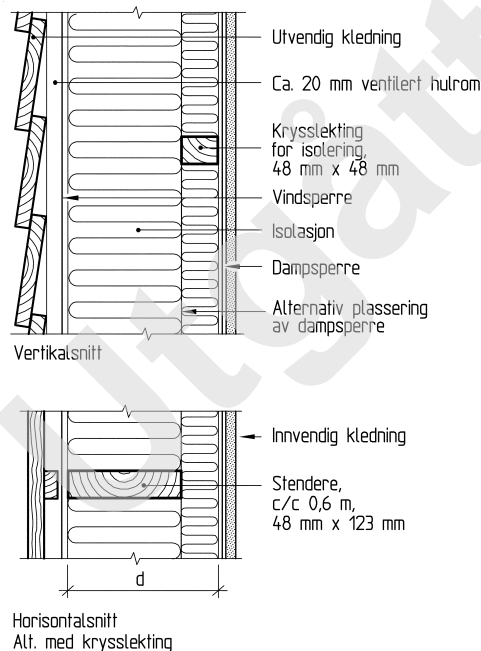


Fig. 41 b  
Aktuell veggkonstruksjon, gitt tak som i fig. 41 a og tabell 41.

Tabell 42  
Eksempel på arealer og U-verdi for vegg med vindu og dør

Bygningsdel	Reelle verdier			Verdier etter forskriften		
	Areal m <sup>2</sup>	U-verdi W/(m <sup>2</sup> K)	(A · U) <sub>R</sub> W/K	Areal m <sup>2</sup>	U-verdi W/(m <sup>2</sup> K)	(A · U) <sub>F</sub> W/K
1. Vindu/dør	22	1,6	35,2	20	1,6	32,0
2. Vegg	80	?	?	82	0,22	18,0
Sum			50,0			50,0

Tabell 41

Eksempel på areal og U-verdi for tak, som utgangspunkt for å finne aktuell vegg. U-verdi fra Byggdetaljer 471.013

Bygningsdel	Areal (m <sup>2</sup> )	U-verdi (W/(m <sup>2</sup> K))	
		Reell	Forskriften
1. Tak	80	0,13	0,15
2. Vegg	100	?	0,22

#### 42 Beregning av tillatt reell U-verdi for en bygningsdel

Dersom dør- og vindusarealet økes til over 20 % av nettoarealet av golvet, må varmetapet reduseres tilsvarende i en annen bygningsdel. For eksempel kan isolasjonstykkelsen i veggen økes. Tabell 42 viser eksempel på areal og U-verdi til bygningsdeler.

Nettoarealet av golvet er 100 m<sup>2</sup>, og dør- og vindusarealet er 22 % av dette. Vi vet at samlet transmisjonsvarmetap for de ulike bygningsdelene ikke kan være større enn om U-verdier og arealer var i henhold pkt. 31. U-verdien i veggen må da være:

$$U_{R2} \leq \frac{1}{A_{R2}} ((A \cdot U)_{F1} + (A \cdot U)_{F2} - (A \cdot U)_{R1})$$

$$U_{R2} \leq \frac{1}{80} (32,0 + 18,0 - 35,2) \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$U_{R2} \leq 0,19 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Etter at man har bestemt U-verdien, kan man slå opp i Byggdetaljer 471.012 for å finne en aktuell konstruksjon for veggen.

#### 43 Eksempel på beregning med regneark

Byggforsk har laget et enkelt regneark som beregner transmisjonsvarmetapet og kontrollerer det med tillatt varmetapsramme [521]. Med dette eller tilsvarende programmer kan ulike løsninger raskt kontrolleres.

En tenkt bolig med kjeller, se fig. 43, velges for å illustrere bruken av varmetapsrammer og energirammer. I tabell 43 a er arealer, reelle U-verdier og en kort beskrivelse av konstruksjonene i boligen gitt sammen med reelt varmetap og maksimal tillatt varmetapsramme. U-verdier for bygningsdelene er hentet fra Byggdetaljer 471.011 – 471.014. Ekstra varmetap pga. kuldebroer

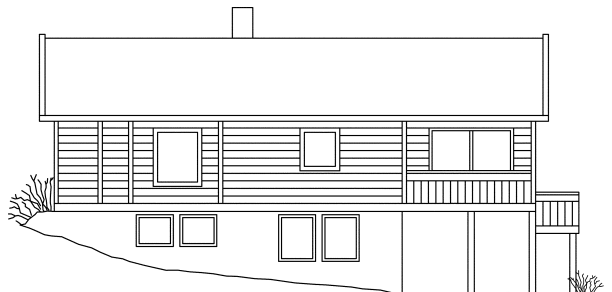


Fig. 43  
Enebolig med kjeller brukt i beregningseksempel

mellom bygningskomponenter må inkluderes i disse U-verdiene. Slike verdier kan hentes fra Byggdetaljer 471.016. Hvordan man beregner økningen i U-verdi pga. kuldebroer, er forklart i Byggdetaljer 471.018.

Som beregningen viser vil boligen ikke tilfredsstillere energikravene med de skisserte konstruksjonene. En eller flere bygningskomponenter må forbedres varmeteknisk dersom varmetapsrammen skal tilfredsstillers. Et alternativ er å benytte bedre varmeisolerende vinduer. Som vist i tabell 43 b kan også vindusarealet økes betydelig ved å velge superisolerende vinduer.

En annen mulighet er å gjennomføre et eller flere andre tiltak som ikke direkte berører ytterkonstruksjonene. Da må energirammen tilfredsstillers, se Byggdetaljer 471.020.

## 5 Referanser

### 51 Utarbeidelse

Dette bladet er utarbeidet av Trine Dyrstad Pettersen. Det erstatter delvis Byggdetaljer 471.018, utgitt høsten 1996. Saksbehandler har vært Ingrid Aske. Redaksjonen ble avsluttet i september 1999.

### 52 Referanser

521 Varmetap og energibehov i småhus. Regneark. Norges byggforskningsinstitutt. Oslo, 1999

Tabell 43 a

Beregning av varmetapsrammer. Regneark er gitt i [521]. Netto golvareal er 155 m<sup>2</sup>.

Bygningsdeler	Areal m <sup>2</sup>	Netto-areal m <sup>2</sup>	U-verdi W/(m <sup>2</sup> K)	Varmetap W/K	U-verdikrav W/(m <sup>2</sup> K)	Varmetap W/K	Kommentar/henvisning
Yttervegger:							
– vegg i underetasje (1)	45,6	37,4	0,25	9,35			120 mm isolasjon (vegg mot luft) 120 mm isolasjon (vegg mot jord) 150 mm isolasjon (471.012)
– vegg i underetasje (2)	39,6	39,6	0,22	8,71			
– vegg i 1. etasje	96,6	78,7	0,27	21,25			
Sum yttervegger		155,7		39,31	0,22	33,18	
Vinduer og dører:	(16,8 %)				(maks 20 %)		
– vinduer i underetasje	6,2		2,00	12,40			2-glass vindu (472.421)
– vinduer i 1. etasje	14,9		2,00	29,80			
– dør i underetasje	2,0		2,00	4,00			
– dør i 1. etasje	3,0		2,00	6,00			
Sum vinduer og dører	26,1			52,20	1,60	49,60	
Tak (kaldt loft)	88,2		0,14	12,35	0,15	13,23	300 mm isolasjon (471.013)
Golv på grunnen	88,2		0,15	13,23	0,15	13,23	180 mm isolasjon (521.112)
Sum varmetap				117,09		109,24	

Konklusjon: 117,09 W/K > 109,24 W/K (maks. tillatt) dvs. varmetapet er for stort!

Tabell 43 b

Beregning av varmetapsrammer. Det er valgt vinduer med lavere U-verdi en i tabell 43 a. Regneark er gitt i [521]. Netto golvareal er 155 m<sup>2</sup>.

Bygningsdeler	Areal m <sup>2</sup>	Netto-areal m <sup>2</sup>	U-verdi W/(m <sup>2</sup> K)	Varmetap W/K	U-verdikrav W/(m <sup>2</sup> K)	Varmetap W/K	Kommentar/henvisning
Yttervegger:							
– vegg i underetasje (1)	45,6	34,6	0,25	8,65			120 mm isolasjon (vegg mot luft) 120 mm isolasjon (vegg mot jord) 150 mm isolasjon (471.012)
– vegg i underetasje (2)	39,6	39,6	0,22	8,71			
– vegg i 1. etasje	96,6	68,6	0,27	18,52			
Sum yttervegger		142,8		35,88	0,22	33,18	
Vinduer og dører:	(25,2 %)				maks. 20 %		
– vinduer i underetasje	9,0		1,20	10,80			2-glass vindu (472.421)
– vinduer i 1. etasje	25,0		1,20	30,00			
– dør i underetasje	2,0		1,20	2,40			
– dør i 1. etasje	3,0		1,20	3,60			
Sum vinduer og dører	39,0			46,80	1,60	49,60	
Tak (kaldt loft)	88,2		0,14	12,35	0,15	13,23	300 mm isolasjon (471.013)
Golv på grunnen	88,2		0,15	13,23	0,15	13,23	180 mm isolasjon (521.112)
Sum varmetap				108,26		109,24	

Konklusjon: 108,26 W/K < 109,24 W/K (maks. tillatt) dvs. varmetapet er OK!