



Teknikk – ingeniørfag

Dokumentasjon av forventet energibruk i bygninger

Energirammer

Byggforskserien
Byggdetaljer
471.020
Sending 2 – 1999

0 Generelt

01 Innhold

Dette bladet forklarer og gir eksempler på hvordan man dokumenterer forventet energibruk i bygninger ved hjelp av energirammemetoden. Metoden egner seg godt for bygninger hvor varmegjenvinning, energitilskudd, infiltrasjons- eller ventilasjonsvarmetap spiller en viktig rolle. Beregningsgrunnlag er gitt i Byggdetaljer 471.018.

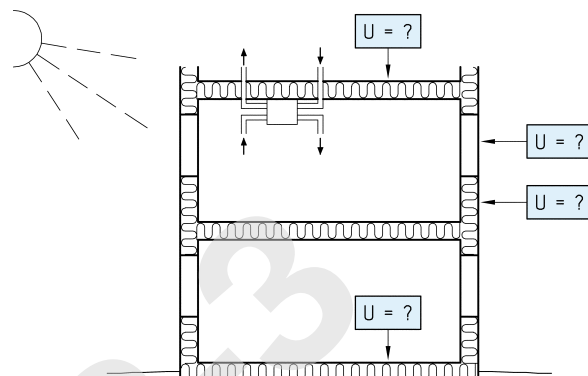
02 Hensikt

Teknisk forskrift (TEK) til plan- og bygningsloven (pbl) gir flere alternative metoder for å dokumentere forventet energibruk i bygninger. Oversikt over alle aktuelle metoder er gitt i Byggdetaljer 471.018. Man kan velge om man kun vil vurdere transmisjonvarmetapet (varmegjennomgangstapet), se Byggdetaljer 471.018 og 471.019, eller om man vil vurdere det totale energibehovet til en bygning ved bruk av energiramme.

03 Henvisninger

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

- 471.008 Beregning av U-verdier etter NS-EN ISO 6946
- 471.009 Beregning av U-verdi og varmestrøm for konstruksjoner mot grunnen etter NS-EN ISO 13370
- 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 kuldebroverdier
- 471.018 Dokumentasjon av forventet energibruk i bygninger. Krav til hver enkelt bygningsdel
- 471.019 Dokumentasjon av forventet energibruk i bygninger. Varmetapsrammer



- 471.021 Forenklet miljøvurderingsmetode for nye tømmerhus
- 472.308 Beregning av årlig energibehov i småhus etter NS 3031
- 472.421 Valg av vinduer. Energibehov og inneklima
- 521.112 Golv på grunnen med ringmur for oppvarmede bygninger. Varmeisolering og frostsikring
- 571.953 Forseglede ruter

1 Prinsipp

Kravet til energibruk i forskriften er tilfredsstillt hvis forventet energibruk til oppvarming og ventilasjon ikke er større enn energirammen. Energirammen beregner man på grunnlag av gitte U-verdier for bygningsdeler, se tabell 1, og koeffisienter for bygningskategorier. Rammen justeres etter uteklimaet for det aktuelle stedet. For innetemperaturer høyere eller lik 10 °C gir tabell 1 maksverdi i kolonnen til høyre for aktuell innetemperatur, i henhold til veiledning til TEK.

2 Arealer

21 Vegger, golv og tak

Bygningens innvendige dimensjoner målt fra yttervegg

Tabell 1
Største, gjennomsnittlige U-verdier for ytre bygningsdeler, W/(m²K)

Bygningsdel	Innetemperatur			
	$\theta \geq 20 \text{ °C}$	$15 \text{ °C} \leq \theta < 20 \text{ °C}$	$10 \text{ °C} \leq \theta < 15 \text{ °C}$	$0 \text{ °C} \leq \theta < 10 \text{ °C}$
Yttervegger ¹⁾	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 ²⁾ , dører	1,60	2,00	2,50	3,00
Glassvegger og glasstak	2,00	2,00	3,00	3,00

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

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

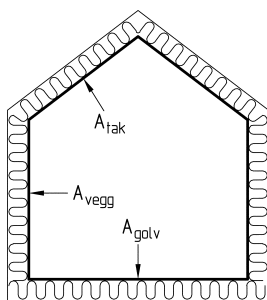


Fig. 21
Arealer for beregning av varmetap

til yttervegg og fra overkant golv til underkant himling skal 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.

22 Vinduer

Vinduers areal regnes som byggearealet, dvs. selve vinduet samt utføringen.

3 Beregning av energirammer

31 Formel

Netto energibehov til oppvarming og ventilasjon av en bygning eller et rom skal ikke overskride energirammen som gjelder for den aktuelle bygningstypen. I veiledningen til TEK er følgende formel for energiramme gitt:

$$Q_{\text{ramme}} = Q_t + Q_i + Q_v - Q_T$$

$$Q_{\text{ramme}} = k_1 \cdot \frac{\sum (U \cdot A)}{A_g} + k_2 \cdot \frac{V}{A_g} + k_3 \cdot \frac{L}{A_g} - k_4 \cdot r$$

Q_{ramme} er største tillatte energibruk pr. netto golvareal (kWh/m^2) pr. år.

Q_t er varmetapet pga. transmisjon.

Q_i er varmetapet pga. infiltrasjon.

Q_v er varmetapet pga. ventilasjon.

Q_T er energitilskuddet.

U er U-verdi for hver ytre bygningsdel ($\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$). Verdiene tas fra tabell 1.

A er areal av hver ytre bygningsdel (m^2), se pkt. 21. Gjelder for aktuell bygning, men med vindusareal (utvendige karm mål) lik 20 % av nettoarealet av golv.

V er volum av bygningen (m^3). Gjelder for aktuell bygning.

L er tilført luftmengde (m^3/h), verdiene tas fra forskriftens kapittel om ventilasjon.

A_g er samlet nettoareal av golvene i alle etasjer (m^2). Gjelder for aktuell bygning.

k_1 er en koeffisient som bestemmer transmisjonsvarmetapet, se pkt. 32.

k_2 er en koeffisient som bestemmer infiltrasjonsvarmetapet, se pkt. 32.

k_3 er en koeffisient som bestemmer ventilasjonsvarmetapet, se pkt. 32.

k_4 er en koeffisient som uttrykker energitilskuddspostene, se pkt. 32.

r er utnyttingsgraden for energitilskuddspostene:

$$r = 0,15 \cdot R^2 - 0,55 \cdot R + 1,1$$

$$\text{der } R = \frac{\text{energitilskudd}}{\text{energitap}} = \frac{k_4}{Q_t + Q_i + Q_v}$$

32 Koeffisienter i formelen

Koeffisientene i formelen beregnes på grunnlag av standardiserte verdier for innnettemperaturer, driftstider, energitilskudd o.l. i henhold til beregningsreglene i NS 3031. Man fordeler vindusarealet jevnt på de fire himmelretningene, og setter solfaktoren for vindusrutene til 0,54. Koeffisientene kan også hentes fra tabell 32 a og b. Verdiene er bestemt på grunnlag av Oslo-klima, se pkt. 34. Koeffisienter for andre bygningskategorier enn de som inngår i tabell 32 a og b, kan man bestemme ved å bruke NS 3031.

Tabell 32 a
Koeffisienter for å regne ut energiramme for $\theta_i \geq 20^\circ\text{C}$

Bygningstype	k_1 kKh	k_2 kWh/m ³	k_3 kWh ² /m ³	k_4 kWh/m ²
Bolig ¹⁾	141	4,9	49,3	89
Forretningsbygg	141	4,9	5,7	108
Kontorbygg	141	4,9	4,8	69
Sykehjem, sykehus	150	5,2	21,0	106
Idrettshall	124	4,3	10,1	146
Skole, barnehage	141	4,9	5,3	83
Lagerbygning	97	3,7	3,2	57

¹⁾ For boliger med varmegjenvinner er $k_3 = 19,7 \text{ kWh}^2/\text{m}^3$.

Tabell 32 b
Fordeling av varmetilskuddet k_4

Bygningstype	Sol-tilskudd kWh/m ²	Intern-tilskudd kWh/m ²	k_4 kWh/m ²
Bolig	27	62	89
Forretningsbygg	27	81	108
Kontorbygg	27	42	69
Sykehjem, sykehus	27	79	106
Idrettshall	27	119	146
Skole, barnehage	27	56	83
Lagerbygning	27	30	57

33 Temperatursoner

Energirammen angis pr. år og m^2 netto golvareal for bygningens oppvarmede deler. Har bygningen flere temperatursoner, skal energirammen beregnes for hver sone fordelt på netto golvareal for hver sone. Koeffisientene k_1 , k_2 og k_3 må da tilpasses til å gjelde aktuell klimasone. Energirammen kan også beregnes for hele bygningen hvis ønskelig. En forutsetning er at man retter seg etter de anbefalte U-verdiene for skillekonstruksjonene mellom klimasonene gitt i veiledningen til TEK.

34 Klimakorreksjon

Energirammen og koeffisientene i veiledningen til TEK gjelder for Oslo-klima. For at det skal være mulig å sammenlikne energirammen mot bygningens reelle energibehov, må man klimakorrigere energirammen slik at den gjelder for reelle utetemperaturer og vindforhold. Koeffisienten som uttrykker energitilskuddet, er også til dels klimaavhengig siden den omfatter soltilskuddet. Energertilskuddet fra solstrålingen varierer for øvrig så lite i Norge at man ikke trenger å korrigere denne verdien.

Energirammen klimakorrigeres ved å multiplisere de klima-avhengige leddene med en eller flere klimakoeffisienter. Formel for energirammen blir:

$$Q_{\text{ramme}} = k_1 \cdot f_t \cdot \frac{\sum (U \cdot A)}{A_g} + k_2 \cdot f_t \cdot f_i \cdot \frac{V}{A_g} + k_3 \cdot f_t \cdot \frac{L}{A_g} - k_4 \cdot r$$

der temperaturkorreksjonsfaktoren, se tabell 34 a, er:

$$f_t = \frac{\theta_i - \theta_e}{\theta_i - 5,9}$$

der θ_i er innnetemperaturen, °C

θ_e er utetemperaturen, °C

f_i er korreksjonsfaktor for infiltrasjon, se tabell 34 b.

Tabell 34 a

Korreksjonsfaktor for utetemperatur, f_t

Sted	Middeltemperatur, °C	Temperaturkorreksjonsfaktor, f_t
Halden	6,7	0,95
Rena	2,6	1,20
Dombås	1,7	1,26
Lillehammer	3,3	1,16
Kongsberg	4,8	1,07
Horten	6,5	0,96
Skien	5,5	1,02
Grimstad	7,4	0,91
Kristiansand	7,2	0,92
Stavanger	7,6	0,89
Bergen	7,8	0,88
Førde	6,0	0,99
Molde	6,6	0,96
Trondheim	4,9	1,06
Steinkjer	5,2	1,04
Bodø	4,6	1,08
Tromsø	2,9	1,19
Vadsø	2,0	1,24

Tabell 34 b

Korreksjonsfaktorer for infiltrasjon, f_i

Beliggenhet/Vindforhold	Skjermingsgrad	Faktor, f_i
Innlandsstrøk og indre fjordstrøk med moderate vindforhold (0 – 2 m/s)	Skjernet Fri Utsatt	1 1,5 2
Utsatte innlandsstrøk, kyststrøk på Sørlandet og ved ytre Oslofjord, midtre kyststrøk på Vestlandet og i Nord-Norge (2 – 5 m/s)	Skjernet Fri Utsatt	2 3 4
Ytre kyststrøk på Vestlandet og i Nord-Norge og høyfjellsstrøk (over 5 m/s)	Skjernet Fri Utsatt	3 4 5

4 Beregning av reelt energibehov til oppvarming og ventilasjon

Reelt energibehov for bygningen beregnes på bakgrunn av aktuelle varmegjennomgangskoeffisienter, solfaktorer, vindusareal og -fordeling. Noe energitilskudd fra varmegjenvinning av ventilasjonsluften, varmepumper, solpaneler e.l. kan man inkludere. Øvrige verdier med betydning for energibehovet, f.eks. luftmengder, internvarmeforhold, driftstid, innnetemperatur osv., er brukeravhengige og bør beregnes i henhold til NS 3031. Netto energibehov til oppvarming og ventilasjon av bygningen kan man beregne etter NS 3031:

$$Q_N = Q_M - r \cdot Q_T = Q_t + Q_i + Q_v - r \cdot (Q_E + Q_S)$$

hvor

Q_N er totalt energibehov (kWh pr. år).

r er utnyttingsgraden av totalt energitilskudd.

Q_M er energibehov for å dekke totalt varmetap (kWh pr. år).

Q_T er energitilskudd (kWh pr. år).

Q_t er energibehov for å dekke transmisjonsvarmetap (kWh pr. år).

Q_i er energibehov for å dekke infiltrasjonsvarmetap (kWh pr. år).

Q_v er energibehov for å dekke ventilasjonsvarmetap (kWh pr. år).

Q_E er energitilskudd fra belysning, utstyr og personer (kWh pr. år).

Q_S er energitilskudd fra solinnstråling (kWh pr. år).

Man må dele Q_N på netto golvareal for å kunne sammenlikne verdien med energirammen.

Beregningen av hvert enkelt ledd er beskrevet i NS 3031. Byggdetaljer 472.308 viser hvordan man beregner årlig energibruk for småhus etter denne standarden. Videre kan varmetapsrammen og energirammen kontrolleres ved hjelp av et enkelt regneark fra Byggforsk [821].

5 Bygningsmessige og brukeravhengige tiltak

51 Soltilskudd

Større soltilskudd enn gitt av rammen er aktuelt ved bruk av energirammemetoden. Energirammen er beregnet med likt vindusareal i hver himmelretning. Ved å orientere og fordele vindusarealet slik at soltilskuddet blir høyere enn i rammen kan man tillate tilsvarende høyere varmetap. I tillegg til orientering avhenger solinnstrålingen av avskjermingsforhold og vindusrutas solfaktor. Solfaktoren angir hvor mye av solstrålingen som passerer gjennom ruta.

52 Tetthet

God tetthet medfører lavere infiltrasjonsvarmetap og forbedret inneklima i form av mindre trekk. Infiltrasjonstapet i energirammen er beregnet ut fra forutsetningen

om at bygningen tilfredsstiller tetthetskravene i forskriften. Ved beregning av reelt energibehov må man ta hensyn til ev. avvik fra tetthetskravene. Tetthet er imidlertid sterkt avhengig av godt håndverk. Å dokumentere infiltrasjonstapet allerede i planleggingsfasen er derfor vanskelig. Følgelig er det problematisk å argumentere for at bedre tetthet enn forskriftskravene skal kunne kompensere for høyere transmisjonstap. Målinger i ettertid dokumenterer tettheten. Dersom målingene viser at kravet ikke er tilfredsstillt, må man forbedre tettheten.

Verdiene i tabell 2 i NS 3031 gjelder for naturlig og mekanisk avtrekksventilasjon i småhus. I henhold til NS 3031 skal verdiene økes med $0,1 \text{ h}^{-1}$ ved balansert mekanisk ventilasjon. Dette gjelder ikke dersom bygningen er vesentlig tettere enn kravet i TEK. For større bygninger gjelder verdiene i tabell 2 i NS 3031 for balansert mekanisk ventilasjon. Ved mekanisk avtrekk kan verdiene reduseres med $0,1 \text{ h}^{-1}$. Disse kravene må man også ta hensyn til i beregning av energirammen.

53 Brukeravhengige energisparetiltak

Brukeravhengige energisparingstiltak som natt- og helgesenking av innetemperatur samt reduserte ventilasjonsmengder og driftstider er meget vanskelige å dokumentere over bygningens levetid. Slike tiltak bør man følgelig ikke ta med ved kontroll av energirammen. Videre bør samme ventilasjonsmengde brukes både i energirammen og beregning av reelt energibehov. Bakgrunnen er at energikravet ikke bør gå på bekostning av forbedret inneklima.

6 Teknisk bytte

61 Forutsetninger

611 *Krav.* Veiledningen til TEK åpner for teknisk bytte mellom energitilskudd fra tekniske installasjoner og økt varmetap gjennom bygningskonstruksjoner. En forutsetning for slikt bytte er at den tekniske installasjonen opprettholder sin funksjon gjennom bygningens levetid. Samlet varmetap gjennom ytterkonstruksjonene kan ikke være høyere enn varmetapsrammen (se Byggdetaljer 471.019) basert på U-verdiene i kolonnen til høyre for aktuell innetemperatur i tabell 1.

612 *Anbefaling.* Erfaringene viser at installasjoner fungerer dårligere i praksis enn forventet på planleggingsstadiet, spesielt i boliger der vedlikeholdet kan være noe tilfeldig. Konsekvensene av teknisk bytte mellom installasjoner og selve bygningskonstruksjonene er da en uforholdsmessig høy energibruk til oppvarming. Det anbefales derfor å unngå omfordeling mellom tekniske installasjoner og bygningskonstruksjonene, men heller benytte både varmegjenvinning eller varmepumpe sammen med godt isolerte ytterkonstruksjoner. Varmepumper og godt isolert bygning gir både lavt elektrisitetsforbruk og lavt energibehov. Med golvvarme oppnår man i tillegg meget god komfort.

62 Varmegjenvinning

I gitt energiramme for alle bygningstyper unntatt boliger er det forutsatt varmegjenvinning av ventilasjonsluften med minst 60 % virkningsgrad. For varmegjenvinnere med høyere virkningsgrad enn forutsetningen kan energibesparelsen utover 60 % virkningsgrad kompensere for større varmetap gjennom ytterkonstruksjoner. Situasjonen er den samme der man planlegger å bruke varmegjenvinner i boliger.

63 Varmepumper og solpaneler

631 *Generelt.* Energitilskudd fra varmepumpe og solpaneler kan man, ifølge veiledningen til TEK, ta med i beregningen av netto energibehov til oppvarming og ventilasjon. Tiltakene må da være dokumentert. Gratisenergien kan kompensere for økt varmetap gjennom ytterkonstruksjonene så lenge varmetapet ikke overskrider grenseverdien i pkt. 611.

632 *Vurdering.* Varmepumpers effektivitet avhenger blant annet av temperaturforskjellen mellom energikilden og varmedistribusjonssystemet. Effektiviteten er lavere desto høyere oppvarmingsbehovet og nødvendig vanntemperatur er. Det optimale oppvarmingssystemet vil være et vannbåret lavtemperaturanlegg ($30 - 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$) med lavt oppvarmingsbehov. Teknisk bytte mellom økt varmebehov og energitilskudd fra varmepumper anbefales derfor ikke siden effektiviteten til varmepumpa reduseres og elektrisitetsbehovet til å drive pumpa øker.

7 Eksempler

71 Soltilskudd

711 *Beskrivelse av bygningen.* For å illustrere bruken av formelen for energirammer, se pkt. 3, og orientering av bygninger har vi tatt utgangspunkt i et sykehjemsbygg i tre etasjer, se fig. 711.

Bygningskomponentene skal ha samme U-verdier og arealer som i gitt energiramme. Eneste avvik er at vindusarealet er disponert noe annerledes og at reell solfaktor er noe høyere. I stedet for jevn fordeling av vinduene mot hver av de fire himmelretningene vil 50 % av vindusarealet være rettet mot sør, 10 % mot henholdsvis øst og vest og 30 % mot nord. Solfaktor for de aktuelle vindusrutene er 0,59, mens den i gitt energiramme er 0,54 (se pkt. 32). Sykehjemmet er plassert i Oslo.

Arealer og U-verdier er som gitt i tabell 711. Samlet nettoareal for alle tre etasjene er 864 m^2 . Volumet av bygningen er $2\,592 \text{ m}^3$.

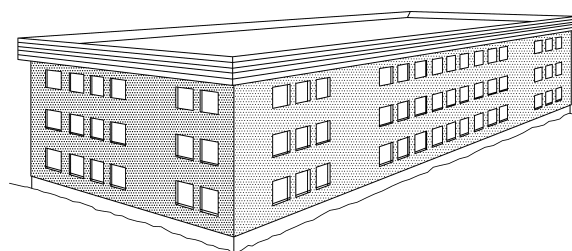


Fig. 711
Sykehjem brukt i beregning med energirammer

Tabell 711
Arealer og U-verdier for sykehjemsbygget

Bygningsdel	Areal m ²	U-verdi W/(m ² K)
Dører og vinduer	173	1,60
Fasader	475	0,22
Golv	288	0,15
Tak	288	0,15

712 *Beregning av energirammen.* Energirammen for bygget skal oppgis i energibruk pr. netto golvareal, og regnes ved hjelp av formelen i pkt. 31. Tabell 32 a gir følgende koeffisienter for sykehjemsbygg:

- $k_1 = 150$
- $k_2 = 5,2$
- $k_3 = 21,0$
- $k_4 = 106$

I beregning av ventilasjonsvarmetap har man benyttet tilførte luftmengder i henhold til avsnittet om ventilasjon i veiledningen til TEK. Det regnes 7 l/s pr. person. Skal bygget f.eks. romme 60 personer, blir kravet til lufttilførsel 420 l/s. I tillegg regnes det 1 l/s pr. m² nettoareal for materialene i rommene, som gir 864 l/s. Totalt blir tilført luftmengde 1 284 l/s eller 4 622 m³/h.

De fire leddene i formelen for energirammer beregnes som beskrevet i pkt. 31. Verdiene blir henholdsvis:

$$Q_t = 150 \cdot \frac{173 \cdot 1,6 + 475 \cdot 0,22 + 2 \cdot 288 \cdot 0,15}{864}$$

$$= 81 \text{ kWh/m}^2 \text{ pr. år for transmisjonsvarmetap}$$

$$Q_i = \frac{5,2 \cdot 2\,592}{864}$$

$$= 16 \text{ kWh/m}^2 \text{ pr. år for infiltrasjonsvarmetap}$$

$$Q_v = \frac{21 \cdot 4\,622}{864}$$

$$= 112 \text{ kWh/m}^2 \text{ pr. år for ventilasjonsvarmetap}$$

$$R = \frac{106}{81 + 15,6 + 112} = 0,51$$

$$r = 0,15 \cdot 0,51^2 - 0,55 \cdot 0,51 + 1,1 = 0,86$$

$Q_T = 106 \cdot 0,86 = 91,2 \cdot \text{kWh/m}^2 \text{ pr. år for energitilskudd}$
Bygningens samlede energiramme blir:

$$Q_{\text{ramme}} = Q_t + Q_i + Q_v - Q_T$$

$$= 81 + 16 + 112 - 91 = 118 \text{ kWh/m}^2$$

713 *Beregning av reelt energibehov.* I beregning av det reelle tilfellet vil Q_t , Q_i og Q_v være identisk med gitt energiramme, mens Q_T vil øke pga. høyere solfaktor for vindusrutene. Beregningen gjøres etter NS 3031, se Byggetaljer 472.308.

I gitt energiramme utgjør soltilskuddet 27 kWh/m² pr. år av Q_T . Reelt soltilskudd i sykehjemmet blir 32 kWh/m² og Q_T blir $111 \cdot r \text{ kWh/m}^2$. Utnyttingsgraden, r , er 0,85. Reelt energibehov til oppvarming blir da 115 kWh/m² eller 3 kWh/m² mindre enn energirammen. Om ønskelig kan varmetapet da øke tilsvarende.

72 Varmegjenvinner med virkningsgrad høyere enn 60 %

721 *Eksempelbolig.* Vi tar utgangspunkt i en eksempelbolig som vist i fig. 721 (se også Byggetaljer 471.019). Beregning i 471.019, pkt. 43, viser at transmisjonsvarmetapet (varmegjennomgangstapet) i boligen overskrider varmetapsrammen. Tillatt varmetapsramme, dvs.

transmisjonsvarmetap gjennom ytterkonstruksjonene, er 109,2 W/K, mens varmetapet for den planlagte løsningen er 117,1 W/K. Vi skal nå sette inn balansert ventilasjon med varmegjenvinning i eksempelboligen for å redusere energiforbruket til ventilasjon.



Fig. 721
Skisse av eksempelboligen

722 *Valg av varmegjenvinner.* Siden koeffisienten for ventilasjonsvarmetap er basert på 60 % virkningsgrad, kan varmegjenvinner med høyere virkningsgrad kompensere noe for et større varmetap gjennom ytterkonstruksjonen enn det U-verdikravene tilsier. Som beskrevet i pkt. 62 kan man ta med differansen mellom faktisk virkningsgrad og 60 % virkningsgrad ved kontroll mot gitt energiramme. Temperaturvirkningsgraden for ulike varmegjenvinnere er vist i tabell 722.

I eksempelboligen planlegger man å bruke kammervarmegjenvinner. I tillegg ønsker man å oppføre bygningen med de samme ytterkonstruksjonene som i eksempelboligen i pkt. 43 i Byggetaljer 471.019.

Tabell 722
Ulike typer gjenvinnere med tilhørende virkningsgrader

Type Varmeveksel	Temperatur- virkningsgrad
Roterende varmegjenvinner	75 %
Kammervarmegjenvinner	80 %
Plate- og rør varmegjenvinner	60 %
Væskeskoblete varmegjenvinnere	53 %
Fordampningsvarmegjenvinner	53 %
Varmegjenvinner med varmepumpe	70 %

723 *Kontroll av maksimalt varmetap.* Først kontrollerer man om valgte ytterveggsløsninger tilfredsstiller kravet til maksimalt varmetap gjennom ytterkonstruksjonene. Samlet transmisjonsvarmetap kan ikke være høyere enn varmetapsrammen basert på U-verdiene i tabell 1 som gjelder for den nærmeste lavere dimensjonerende innnetemperaturen, se pkt. 611. Varmetapsrammen beregner man som vist i Byggetaljer 471.019. For temperaturer mellom 15 og 20 °C blir varmetapsrammen 139,5 W/K. Den skisserte ytterveggsløsningen tilfredsstiller kravet om maksimalt samlet varmetap (139,5 W/K > 117,1 W/K) dersom energirammen er tilfredsstilt.

724 *Kontroll av energirammen* er vist i tabell 724. Reelt energibehov er beregnet etter NS 3031, se Byggetaljer 472.308. Følgende verdier er brukt:

$$\theta_i = 22 \text{ °C}$$

$$\theta_e = 5,9 \text{ °C (Oslo)}$$

$$V = 376 \text{ m}^3$$

$$A_g = 155 \text{ m}^2$$

Antall luftvekslinger pr. time på grunn av ventilasjon er $0,5 \text{ h}^{-1}$.

Antall luftvekslinger pr. time på grunn av infiltrasjon er $0,1 \text{ h}^{-1}$.

Kammervarmegjenvinner, se pkt. 722, gir temperaturvirkningsgraden 0,8. I beregningen av energirammen er det brukt koeffisienter for bolig fra tabell 32 a. For boliger med varmegjenvinner er $k_3 = 19,7 \text{ kWh}^2/\text{m}^3$, se fotnote i tabell 32 a.

Beregningen viser at energikravene i TEK er tilfredsstillt.

terveggsløsningen tilfredsstiller kravet om maksimalt samlet varmetap, er energikravene i TEK tilfredsstillt.

8 Referanser

81 Utarbeidelse

Dette bladet er utarbeidet av Trine Dyrstad Pettersen. Saksbehandler har vært Ingrid Aske. Redaksjonen ble avsluttet i oktober 1999.

82 Litteratur

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

73 Varmepumpe

Energiene for boligen i pkt. 72 skal vurderes med varmepumpe i stedet for varmegjenvinner. Varmepumpe er prosjektert til å dekke ca. 85 % av oppvarmingsbehovet, og har en netto varmefaktor lik 2,5. Siden yt-

Tabell 724

Vurdering av varmegjenvinner med høy virkningsgrad. Kontroll av reelt energibehov mot gitt energiramme. Ventilasjonsvarmetapet blir redusert når man bruker varmegjenvinner med 80 % virkningsgrad i stedet for 60 %, som gjelder for energirammen (se uthevet skrift).

Varmetap							Reelt	Ramme	
Transmisjon		$117,1 \cdot (22 - 5,9) \cdot 8,76 =$					16 515 kWh/år	$109,2 \cdot 141 =$	15 397 kWh/år
Ventilasjon		$0,35 \cdot 0,5 \cdot 376 \cdot (1 - \mathbf{0,8}) \cdot (22 - 5,9) \cdot 8,76 =$					1 856 kWh/år	$0,5 \cdot 376 \cdot 19,7 =$	3 704 kWh/år
Infiltrasjon		$0,35 \cdot (0,1 + 0,1) \cdot 376 \cdot (22 - 5,9) \cdot 8,76 =$					3 712 kWh/år	$376 \cdot 4,9 \cdot 2 =$	3 685 kWh/år ¹⁾
Totalt varmetap		$=$					22 083 kWh/år	$=$	22 786 kWh/år
Tilskudd	Sol-stråling	Areal	Sol-faktor	Glass-andel	Avskjer-ming				
Øst	64	0	0,67	0,7	0,6	0 kWh/år			
Nord	29	4,4	0,67	0,7	0,6	314 kWh/år			
Vest	64	2,5	0,67	0,7	0,6	394 kWh/år			
Sør	95	14,2	0,67	0,7	0,6	3 325 kWh/år			
Toltalt soltilskudd		$=$					4 033 kWh/år		
Internt tilskudd		$=$					10 073 kWh/år		
Totalt tilskudd		$=$					14 106 kWh/år	$89 \cdot 155 =$	13 795 kWh/år
Utnyttingsgrad, r						0,81			0,82
Totalt oppvarmingsbehov		$22\,083 - 14\,106 \cdot 0,81 =$					10 657 kWh/år	$22\,786 - 13\,795 \cdot 0,82 =$	11 474 kWh/år

¹⁾ Rammen multipliseres med 2 pga. bestemmelser i NS 3031 om å øke infiltrasjonen med 0,1 (dobles i dette tilfellet) hvis man benytter balansert ventilasjon i småhus. De små forskjellene mellom reelt varmetap og rammen skyldes avrundinger i rammekoeffisientene. Se pkt. 52.

Tabell 73

Vurdering av varmepumpe. Kontroll av reelt energibehov mot gitt energiramme

Varmetap	Reelt		Ramme	
Transmisjonstap	117,1 · (22 - 5,9) · 8,76 = 16 515 kWh/år		109,2 · 141 =	15 397 kWh/år
Ventilasjonstap	0,35 · 0,5 · 376 · (22 - 5,9) · 8,76 = 9 280 kWh/år		0,5 · 376 · 49,3 =	9 268 kWh/år ¹⁾
Infiltrasjonstap	0,35 · 0,1 · 376 · (22 - 5,9) · 8,76 = 1 856 kWh/år		376 · 4,9 =	1 842 kWh/år ¹⁾
Totalt varmetap	= 27 651 kWh/år		=	26 507 kWh/år
Tilskudd				
Soltilskudd	=	4 033 kWh/år		
Internt tilskudd	=	10 073 kWh/år		
Totalt tilskudd	=	14 106 kWh/år	89 · 155 =	13 795 kWh/år
Utnyttingsgrad, r		0,86		0,85
Oppvarmingsbehov	27 651 - 14 106 · 0,86 =	15 520 kWh/år		
Varmepumpe	Dekker 85 % av oppv.behov: 0,86 · 15 520 = "Gratisvarme": 13 347 - (13 347/2,5) =	13 347 kWh/år 8 008 kWh/år		
Totalt oppvarmingsbehov	15 520 - 8 008 =	7 512 kWh/år	26 507 - 13 795 · 0,85 =	14 781 kWh/år

¹⁾ De små forskjellene mellom reelt varmetap og rammen skyldes avrundinger i rammekoeffisientene.