



**SINTEF Bygg og miljø**  
Arkitektur og byggteknikk

Postadresse: 7465 Trondheim  
Besøksadresse: Alfred Getz vei 3  
Telefon: 73 59 26 20  
Telefaks: 73 59 82 85

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

# SINTEF RAPPORT

TITTEL

**Nye forskriftskrav til bygningers energibehov**

FORFATTER(E)

Marit Thyholt, Tor Helge Dokka

OPPDRAGSGIVER(E)

Statens bygningstekniske etat (BE)

RAPPORTNR. STF A03524	GRADERING Åpen	OPPDRAGSGIVERS REF. Brita Dagestad	
GRADER. DENNE SIDE Åpen	ISBN 82-14-03073	PROSJEKTNR. 22408900	ANTALL SIDER OG BILAG 57 + 8
ELEKTRONISK ARKIVKODE		PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) Marit Thyholt	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Tore Wigestad
ARKIVKODE	DATO 2003-12-11	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Siri Hunnes Blakstad, Forsknings sjef	

## SAMMENDRAG

SINTEF Bygg og Miljø har hatt ansvaret for utarbeidelse av forslag til reviderte forskriftskrav når det gjelder energibehov i bygninger. Denne rapporten viser grunnlaget for og konklusjonene rundt SINTEF sine anbefalinger, basert på innspill fra en referansegruppe.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Energi	Energy
GRUPPE 2	Forskrifter	Regulations
EGENVALGTE	Energirammer	Energy frames

## Forord

SINTEF Bygg og Miljø har hatt ansvaret for utarbeidelse av forslag til reviderte forskriftskrav når det gjelder energibehov i bygninger. Denne rapporten viser grunnlaget for og konklusjonene rundt SINTEF sine anbefalinger, basert på innspill fra en referansegruppe.

Referansegruppen har bestått av:

SINTEF Bygg og miljø: Marit Thyholt og Tor Helge Dokka

Standard Norge: Thor E. Lexow

Erichsen & Horgen: Ida Bryn

Byggforsk: Trine Dyrstad Pettersen

GASA arkitekter: Per Monsen

Husbanken: Are Rødsjø

NVE: Harald Birkeland

ENOVA: Brynjulf Skjulsvik

BAE-rådet: Mats Eriksson

Oppdragsgiver for prosjektet har vært Statens bygningstekniske etat (BE), hvor kontaktperson har vært Brita Dagestad. Prosjektet er finansiert av BE og Enova.

# Innholdsfortegnelse

	Side
<b>Forord</b>	2
<b>1 Sammendrag</b>	4
<b>2 Innledning</b>	6
<b>3 Konklusjoner fra forprosjektet</b>	8
<b>4 EU-direktiv om energibruk i bygninger</b>	9
<b>5 Ny energirammemetode</b>	10
5.1 Bygningskategorier	10
5.2 Benevning for energibehov i energirammen	12
5.3 Netto og brutto energibehov, primærenergi behov	13
5.3.1 Netto energibehov	14
5.3.2 Brutto energibehov	15
5.3.3 Primærenergi behov	18
5.3.4 Konklusjon	21
<b>6 Beregningsforutsetninger for energirammene</b>	23
6.1 Beregningsmodeller	23
6.2 Bygningskropp	24
6.3 Romoppvarming	25
6.4 Ventilasjon	28
6.5 Varmt tappevann	32
6.6 Belysning	34
6.7 Utstyr	37
6.8 Kjøling	38
6.9 Personvarme	40
6.10 Driftstider	40
6.11 Sammenstilling av tabulerte inndata	42
<b>7 Beregnede energirammer</b>	43
<b>8 Tilleggskrav til energirammene</b>	45
<b>9 Dokumentasjon (kontrollberegning)</b>	47
9.1 Inndata i kontrollberegningen	48
9.2 Krav til beregningsmetode	48
9.3 Energiramme for ulike klima	49
9.4 Dokumentasjon av "andre" bygg	49
<b>10 Energisparepotensiale med nye forskriftskrav</b>	51
<b>11 Kostnader knyttet til nye forskrifter</b>	54
<b>Referanser</b>	56
<b>Vedlegg</b>	
A Energirammer sammenlignet med erfaringstall for eksisterende bygg	58
B Oversikt over faste og reelle inndata for kontrollberegningen	60
C Skjema for minimum dokumentasjonskrav	61
D Definisjon av virkningsgrader for varmegjenvinnere	62

# 1 Sammendrag

Forslag til revidert energirammemetode inkluderer all energibruk til drift av bygninger etter prinsippet for netto energibehov. Energirammer er gitt for fullt oppvarmede bygninger, hvor det er skilt mellom 13 ulike bygningskategorier. For andre bygningstyper, som ikke omfattes av disse definerte bygningskategoriene, anbefales det at dagens dokumentasjonsmetoder "Varmeisolasjon" og "Varmetapsrammer" benyttes. I tillegg bør det åpnes for at det kan utvikles egne energirammer etter visse bestemmelser.

Energirammen gis som spesifikt energibehov, dvs. kWh/m<sup>2</sup>år, og oppgis for Oslo-klima. Energirammen gjelder for hele landet, dvs. det gis ikke differensierte krav for ulike klima. Dette prinsippet ble vedtatt ved innføring av nye byggeforskrifter i 1980, og er ikke endret.

I kontrollberegningen skal de fleste inndata være reelle data for den spesifikke bygningen. Imidlertid skal en del brukeravhengige inndata være i tråd med normative verdier, tilsvarende verdier benyttet som grunnlag for energiramme. Dette gjelder innnetemperaturer, varmetilskudd fra personer, energibehov til varmt tappevann, utstyr og driftstider. Tilsvarende gjelder for belysning og kjølefaktor, men her kan andre verdier benyttes dersom disse kan dokumenteres.

Tiltakene som er benyttet for å oppnå mer energieffektive bygg, i forhold til dagens forskrift eller praksis der det ikke foreligger krav i dag, kan oppsummeres slik:

- Varmeisolasjon: lavere U-verdi for vinduer i forhold til dagens forskriftskrav.
- Tetthet: bedre tetthet enn dagens forskriftskrav
- Ventilasjon:
  - Lav SFP
  - Varmegjenvinning av ventilasjonsluft i boliger
  - Økt temperaturvirkningsgrad for varmegjennvinnere i forhold til energirammer fra 1997
- Natt og helgesenking av innnetemperatur for de bygningskategoriene hvor dette er aktuelt

Tiltakene oppsummert over er vurdert som lønnsomme.

I tillegg anbefales minstetemperaturer i glassgårder ved dokumentasjon av energibehovet (energirammemodellene har ikke glassgårder).

Det foreslås bruk av egen "sjekklister" ved dokumentasjon av en bygnings energibehov, hvor bl.a. beregningsmetode, inndata til beregningene og energibudsjett fremgår. Bruk av en slik sjekklister anses som svært viktig for at dokumentasjonen skal baseres på *reelle* data. Først da oppnås forskriftens intensjon mht energieffektive bygninger.

Det anbefales at energieffektiviteten til bygget oppgis med koeffisient for energieffektivitet (EEK), som er definert som beregnet energibehov dividert på energirammen for den aktuelle bygningskategorien.

En energirammemetode basert på brutto energibehov eller primærenergi behov vil ha svært store svakheter fordi den må basere seg på sviktende underlagsmateriale. Det anbefales derfor at energirammene baseres på netto energibehov inntil det foreligger et bedre underlag. En energirammemetode basert på netto energibehov vil dessuten være vesentlig enklere enn en metode basert på brutto energibehov eller primærenergi behov. Dette kan være en fordel siden ny energiramme allikevel krever stor omstilling når det gjelder prosjektering og dokumentasjon.

Beregnete energirammer (netto energibehov per år) er vist i tabell 1.1.

**Tabell 1.1** Beregnede energirammer

Bygningskategori	Energirammer kWh/m <sup>2</sup> år
Småhus	150
Boligblokk	130
Barnehager	160
Kontorbygg	160
Skolebygg	130
Sykehus	320
Sykehjem	210
Hoteller	230
Restaurantbygg	230
Idrettsbygg	180
Forretningsbygg	270
Kulturbygg	170
Bygning for lett industri, verksteder	160

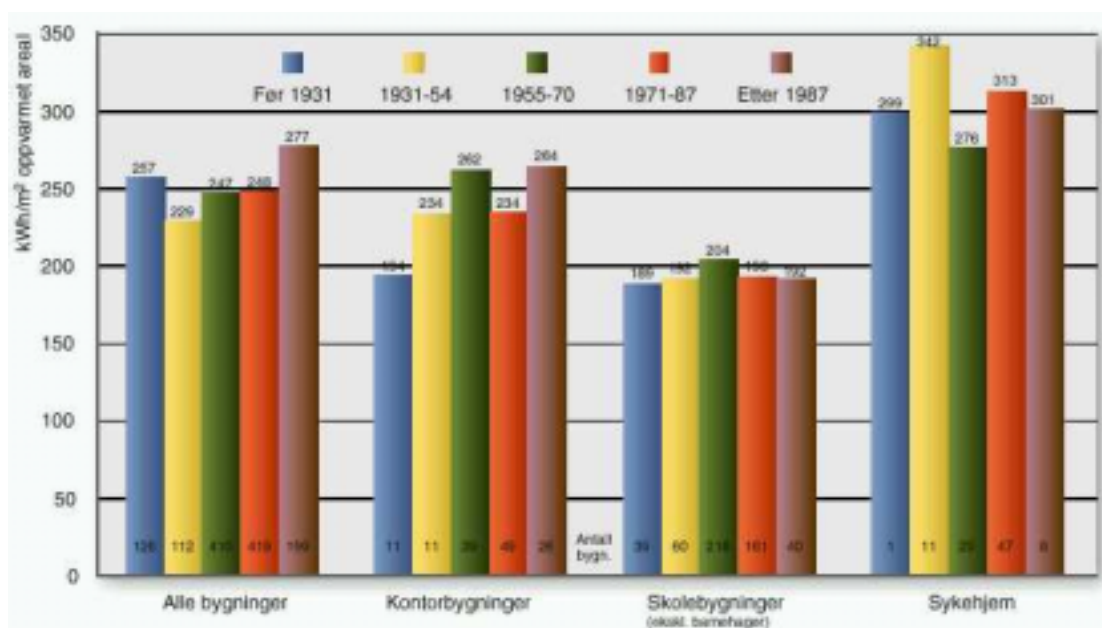
Total årlig energisparing for nye bygninger vil som følge av skjerpede forskriftskrav minst utgjøre 250 GWh. Etter 10 år vil årlig energisparing dermed utgjøre ca. 2,5 TWh. Sannsynligvis vil redusert energibehov være betydelig større, bl.a. fordi estimatet ikke inkluderer eksisterende bebyggelse.

## 2 Innledning

### Bakgrunn

Energibehov i nye og rehabiliterte bygg reguleres i tekniske forskrifter til Plan- og bygningsloven 1997 (TEK). Dagens krav stimulerer ikke i tilstrekkelig grad til energieffektive løsninger, og heller ikke til valg av miljøvennlige energibærere.

På tross av at tidligere byggeforskrifter har stilt stadig strengere krav til bygningers varmeisolasjonsegenskaper, brukes det heller mer energi i nye bygninger enn i eldre. Dette er illustrert i figur 1.1 [33].



Figur 1.1 Energibruk i ulike typer bygninger, avhengig av alder [33]

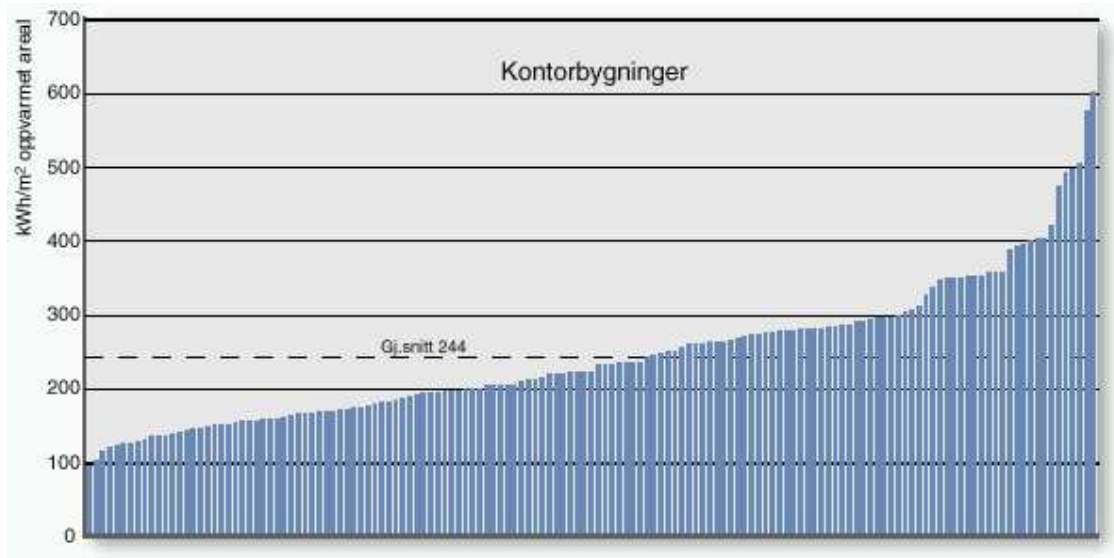
Sannsynlige årsaker til at energibruken ikke går ned til tross for stadig strengere krav til bygningers varmeisolasjonsegenskaper er bl.a.:

- Økte krav til inneklimate samtidige som bruken av varmegenererende utstyr økes
- Liten fokus på energieffektivitet og driftskostnader.
- Bygherrer, så vel offentlige som private, tar ofte beslutninger kun basert på investeringskostnad.
- Drifts- og vedlikeholdskostnader betales ofte av andre, vanligvis sluttforbruker. Dette har medført at næringen i liten grad tar i bruk løsninger som eksisterer, men velger "billige" løsninger med stor negativ konsekvens for energibruk.

Noen typiske eksempler på dette:

- Ventilasjonsanlegg lages så små og billige som mulig, dette gir høy energibruk til viftedrift.
- Lokale kjøleanlegg lages så små og billige som mulig, dette gir høy energibruk til pumper.

Av figur 1.2 ser en at energibruken varierer svært mye, her vist for kontorbygg. Figuren viser også et det er fullt mulig å oppnå bygg med relativt lav energibruk ved energieffektiv drift og utforming av bygget.



Figur 1.2 Energibruk i kontorbygg [33]

Skjerpede krav i nye forskrifter vil være et effektivt virkemiddel for å få ned energibruken i nye bygninger, samt i eksisterende bygninger som rehabiliteres. I nye forskrifter er det nødvendig å ta hensyn til all energibruk til drift av bygninger, siden andre energiposter enn oppvarming utgjør en betydelig del av den totale energibruken. Blant disse andre energipostene finner vi også størst energisparepotensiale.

#### **Prosjektets formål**

Forslag til reviderte krav til bygningers energieffektivitet i tekniske forskrifter er formålet med dette prosjektet. I dette ligger også utredning av hvordan hensynet til miljøvennlige energibærere kan ivaretas i forskriften. Prosjektet er en videreføring av et prosjekt [1], som ble utført i 2001, og hvor retningslinjene for den nye metoden ble trukket opp. Se forøvrig kapittel 3.

Forslaget til reviderte krav skal være i tråd med EU-direktivet om energibruk i bygninger (Directive 2002/91/EC on the energy performance of buildings), se ellers kapittel 4.

### 3 Konklusjoner fra forprosjektet

I 2001 ble det gjennomført et prosjekt [1] hvor målsetningen var å komme frem til en revidert versjon av den energirammemetoden som forligger i forskriften fra 1997. I løpet av prosjektperioden ble det tydelig at denne metoden burde utvides slik at energirammen inkluderte alle energiposter. Dette var også i tråd med EU-direktivet om energibruk i bygninger, som arbeidsgruppen ble kjent med i prosjektperioden. Resultatet av prosjektet ble en anbefaling til hvordan en fullstendig revidert energirammemetode burde utformes. Oppsummering av konklusjonene fra dette prosjektet var:

- Samtlige energiposter til drift av bygninger bør inngå ved dokumentasjon av energibehovet i bygninger. Beregnet energibehov spesifiseres i et energibudsjett, og sammenlignes med en energiramme, gitt i tabell.
- Beregningene i energirammen og faktisk energibehov baseres på netto energibruk, dvs. det ses bort fra energibærere og virkningsgrader for oppvarmingsystemer. Eventuelt kan det tas hensyn til bruk av miljøvennlige energibærere i energibehovsberegningene (energibudsjettet).
- Det faktiske energibehovet beregnes for aktuelt klima. Energirammen gis for Oslo-klima, men klimajusteres for aktuelt klima.
- For boliger og påbygg av bolig bør metoden for varmeisolering og varmetapsrammer fortsatt kunne benyttes. Dette gjør at arkitekter og selvbyggere fortsatt kan være i stand til å dokumentere energibehovet selv. (Kjøp av slike tjenester hos konsulent vil ved små påbygg være urimelig fordyrende.)
- Energirammekravet suppleres med minstenivå for varmeisolasjon, f.eks. kolonne for nærmeste dimensjonerende temperatur i U-verditabell i forskriftens § 8-21.
- Energirammen fastsettes på grunnlag av normaliserte driftsbetingelser
- Energirammen fastsettes for ulike bygningskategorier
- Faktisk energibehov dokumenteres med validert metode/verktøy.

Hovedprosjektet er i hovedsak basert på anbefalingene i forprosjektet, men brutto energibehov som rammekrav er utredet. Det samme gjelder premiering av miljøvennlige energibærere. Ut over dette er det gått bort fra klimajustering av energirammen (energirammen gjelder for hele landet), samt at det gis kun én metode for dokumentasjon av energibehovet (kun energiramme). Disse punktene er alle beskrevet i denne rapporten (hovedprosjektet).



## 4 EU-direktiv om energibruk i bygninger

Et EU-direktiv om energibruk i bygninger, *Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings*, trådte i kraft 4. januar 2003. Dette direktivet legger en del føringer for hvordan det norske regelverket mht. energibruk i bygninger kan utføres. Viktige momenter, som er relevante for arbeidet med reviderte energikrav er:

- Alle faktorer som påvirker energibruken til drift av bygninger skal inngå i minstekravet til energiteknisk standard for bygningen.
- Miljøvennlige energibærere skal premieres

Hvert land som er forpliktet i henhold til EU-direktivet, kan utarbeide en metode basert på de føringene som gis i direktivteksten. Det stilles altså ikke noe krav til felles europeisk metode. Siste frist på implementering av direktivet er 4. januar 2006 for de landene som er bundet av direktivet. Det er usikkert om direktivet skal implementeres i Norge. Imidlertid vil de retningslinjene i direktivet som angår bygningers energibehov følges ved utarbeidelsen av forslag til revidert norsk forskrift.

## 5 Ny energirammemetode

I dette kapitlet beskrives alle forutsetninger som er lagt til grunn for beregning av energirammen for ulike bygningskategorier.

### 5.1 Bygningskategorier

Vi ønsker et regelverk som omfatter de viktigste bygningskategoriene, dvs. de byggene hvor det brukes mest energi. I tabell 5.1 er energibruk for en del bygningskategorier vist. Energibruken er også sammenstilt med bruksareal.

**Tabell 5.1** Total årlig energibruk i bygninger, fordeling på bygningskategorier [7]

Byggkategori	TWh/år	% av forbruk	% bruksareal
Bolig	50,9	58,4	64
Industri og lagerbygg	7,8	8,9	8
Kontor og forretningsbygg	13,4	15,4	13
Samferdsel og kommunikasjonsbygg	1	1,1	1
Hotell og restaurantbygg	1,6	1,8	1
Kultur og forskningsbygg (inkl. skoler)	8,3	9,5	9
Helsebygg	2	2,3	2
Fengsels og beredskapsbygg	0,1	0,1	0
Diverse	2,1	2,4	2

I henhold til EU direktivet om energibruk i bygninger [8] skal bygningene klassifiseres etter følgende kategorier:

- Eneboliger
- Leilighetskomplekser
- Kontorer
- Skolebygg
- Sykehus
- Hoteller og restauranter
- Idrettsbygg
- Forretningsbygg
- Andre typer bygg

Det er i utgangspunktet ønskelig å benytte samme kategorisering i det norske regelverket. Bygninger som ikke faller innenfor disse definerte kategoriene, må imidlertid også fanges opp. Dette er viktig med tanke på kommende energisertifikatordning (også i henhold til EU-direktivet), hvor energirammeverdiene vil være en naturlig referanse. For at det skal la seg gjøre å dokumentere energibehovet i alle bygningstyper, i alle fall bygg som holdes oppvarmet til over 20 grader, er det nødvendig å utvide listen over. Dette vil neppe være i konflikt med EU-direktivet. Ved bruk av listen i tabell 5.2 vil det være mulig å finne en representativ bygningskategori for de aller fleste typer bygninger som er fullt oppvarmet. For andre bygningstyper enn de som er definert i tabell 5.2, må annen metode benyttes ved dokumentasjon av energibehovet, se kapittel 9.4.

**Tabell 5.2** Bygningskategorier det gis energirammer for

Bygningskategorier
Småhus <sup>1</sup>
Boligblokk
Barnehager
Kontorbygg
Skolebygg
Sykehus
Sykehjem
Hoteller
Restaurantbygg
Idrettsbygg
Forretningsbygg
Kulturbygg
Bygning for lett industri, verksteder

<sup>1</sup> Inkluderer eneboliger, to- til firemannsboliger og rekkehus

### **Fritidsboliger**

Ut over de gitte kategoriene, vist over, kan det også være ønskelig å innlemme fritidsboliger i regelverket. Det må da skilles mellom tradisjonelle (enkle) fritidsboliger/hytter og fritidsboliger med høy standard. Det statistiske grunnlaget for å dokumentere behovet for å innføre krav til energibruk for denne type bygninger er dårlig. Dette gjelder byggearealstatistikk for fritidsboliger, samt energibruken i denne type bebyggelse. Men fordi vi ser at en god del nye fritidsboliger i dag bygges med høy standard, og energibruken kan også forventes å være høyere enn for tradisjonelle og enkle hytter/fritidsboliger, bør eventuelle krav til energibruk diskuteres.

Eksempler på energibruk i høystandard fritidsboliger finnes. Av tall fra Gudbrandsdal Energi AS fremkommer det at gjennomsnittlig strømforbruk per hytte for hytteområdet i Hafjell er 16.400 kWh/år. En av hyttene her er registrert med en energibruk på 170. 000 kWh/år. Utendørs er det oppvarmet oppkjøring, varmelister på veranda og badestamp, til sammen en installert effekt på 70 kW for bare utendørs forbruk. Dette tilsvarer effektuttaket til 6 – 7 eneboliger [9]. Og enda er vi bare utendørs. I tillegg til at nye fritidsboliger som bygges i dag, gjennomgående har en høy standard, skjer det også en opprusting av eksisterende fritidsboliger slik at de også får en standard som mer og mer nærmer seg en vanlig bolig der dette er mulig. I dagens tekniske forskrifter er fritidsboliger unntatt fra kravene til energibruk. I følge miljøverndepartementet [10] er det satt i gang et arbeid med sikte på å bedre kunnskapsgrunnlaget om denne type bebyggelse, blant annet knyttet til arealbruk og energibruk. Spørsmålet om mulige endringer i plan- og bygningsloven i den forbindelse vil i følge departementet bli fulgt opp av Planlovutvalget.

På bakgrunn av dårlig statistisk grunnlag bør eventuelle krav til energibruk i fritidsboliger innlemmes i forskriftene først når temaet er utredet nærmere. Krav til fritidsboligers energieffektivitet kan dessuten reguleres gjennom andre ordninger, for eksempel effektbegrensninger i plandokumenter.

## 5.2 Benevning for energibehov i energirammen

I dagens energirammemetode, samt i ulik statistikk for energibruk i bygninger, benyttes enheten kWh/m<sup>2</sup>år som mål for energibehovet. Denne enheten er godt innarbeidet, bl.a. i energistatistikken til Enova [12], men er ikke en enhet som for eksempel stimulerer til bygging av arealeffektive bygg. Det er imidlertid ikke utarbeidet gode måltall når det gjelder annen form for spesifikk energibruk, som f.eks.:

- kWh/person
- kWh/antall liggedøgn
- kWh/brukstimer
- kWh/antall virksomheter
- osv.

Som følge av dårlig underlag for å angi andre enheter for spesifikt energibehov enn kWh/m<sup>2</sup>år, bør denne enheten beholdes i revidert forskrift.

I dagens tekniske forskrifter benyttes NTA (nettoareal) etter NS 3940 [46] som grunnlag for spesifikk energibehov. NTA inkluderer ikke innvendige vegger, men ellers areal som oppvarmede boder m.m. I energirammeberegningene er det forutsatt gjennomsnittstemperaturer for bygget, og det er derfor naturlig at trappeoppganger, oppvarmede eller ikke, samt innvendige boder er inkludert i arealet som legges til grunn for spesifikt energibehov. Eventuelt oppvarmet areal i kjeller er ikke inkludert.

Det foreslås at det i kontrollberegningen til energirammen kan velges om rom som kjellerrom, boder og lignende skal tas med eller utelates i oppvarmet areal, dvs. arealet som danner grunnlaget for spesifikt energibehov. Det er da to muligheter:

1. Dersom arealet tas med som oppvarmet areal, skal rommet regnes å ha samme temperatur som tilliggende oppvarmede rom.
2. Dersom arealet ikke tas med i oppvarmet areal for beregning av spesifikt energibehov, kan rommets varmemotstand tas med i beregningen av U-verdien for konstruksjonene som grenser mot rommet.

Beregninger som er gjort viser at spesifikt energibehov ved disse to alternativene blir tilnærmet lik. I stedet for NTA foreslås det at det benyttes BRA (bruksareal) i henhold til NS 3940, som til forskjell fra NTA inkluderer innvendige vegger i bruksenheten. Ved bruk av BRA som grunnlag for spesifikt energibehov i kontrollberegningen, må areal som ikke skal holdes oppvarmet trekkes fra, som beskrevet over.

### 5.3 Netto og brutto energibehov, primærenergibehov

I EU-direktivet om energibruk i bygninger [8], bilag A, heter det at positiv effekt av miljøvennlige energibærere skal tas hensyn til ved dokumentasjon av energibehovet. Det hører også til målsetningen for dette prosjektet at en slik vurdering skal inngå i energirammen. For norske forhold vil hensikten med en slik vurdering være flere forhold:

- Politisk målsetning om økt bruk av (nye) fornybare energikilder, varme basert på avfallsforbrenning, spillvarme og naturgass [20]
- Politisk målsetning om reduksjon av fossile brensler til oppvarming for redusert CO<sub>2</sub>-utslipp [21]
- Politisk målsetning om redusert forbruk av elektrisitet til oppvarming for å reduserte effektopper og belastning av el-nettet. [21]

En reduksjon av energibehovet ved skjerpet krav til energibehov, slik beskrevet i denne rapporten, er et viktig ledd i ovennevnte målsetning. Ut over disse tiltakene søkes det i tillegg omlegging til mer miljøvennlig og mindre elektrisitetsavhengig oppvarming.

En ordning for premiering av miljøvennlige energibærere innebærer at det må tas hensyn til hva slags oppvarmingssystem som benyttes i bygget. En vil da samtidig måtte vektlegge selve varmesystemets energieffektivitet. I løpet av prosjektet ble det imidlertid klart at denne problemstillingen ikke var helt uproblematisk, dette er utførlig beskrevet i dette kapittelet.

Det ble i denne prosessen nødvendig å definere ulike nivå mht hva slags energi til driften av bygget som må inkluderes i energirammene. Det skilles mellom netto, brutto og primær energibehov. Definisjonene er gitt i de respektive underkapiteler. Her er det også vist til fordeler og ulemper mht bruk av disse ulike energibehovsnivåene i forskriftssammenheng. Til slutt i dette kapittelet gis en anbefaling om hvilket energibehov som bør forutsettes i energirammemetoden.

For å synliggjøre hva som skiller netto, brutto og primær energibehov er det benyttet energibudsjetter. Disse er gitt i henhold til gjeldende standard NS 3032, Bygningers energi- og effektbudsjett. Energipost nr. 2 i NS 3032, *Ventilasjon*, er imidlertid under spesifisert som oppvarming av ventilasjonsluft. NS 3032 er under revidering, og oppsettet for energibudsjett i revidert standard vil sannsynligvis bli en del endret. Bruken av energibudsjett ved dokumentasjon av energibehovet mot energirammen (kontrollberegning) må foretas i henhold til revidert standard.

Når det vises til type energiressurser som benyttes til oppvarming, benyttes her begrepet *energibærere*. Det finnes flere definisjoner av *energibærere*, men i [38] defineres energibærere som *Energi som har fått en slik form at den egner seg godt til distribusjon og endelig bruk hos forbruker. Eks: elektrisitet, fyringsolje og naturgass.* I [39] er energibærere definert slik: *Energiressurser som er lett tilgjengelige for distribusjon og/eller sluttbruk kalles ofte for energibærere. Eksempler på energibærere er elektrisitet, olje, naturgass, varmebærere (vann/damp) og foredlet biobrensel som ved, briketter og pellets.* En skiller ofte mellom *energikilde* og

*energibærer*. Med *energikilde* mener man primærenergi, dvs. energi som finnes naturlig, for eksempel solenergi.

For enkelthets skyld er det i rapporten benyttet *energibærer* for alle typer energiressurser. Der det er snakk om fornybar energi, benyttes imidlertid *energikilder*.

### 5.3.1 Netto energibehov

Definisjon av netto energibehov til oppvarming er gitt i NS 3032 [42]. Med netto energibehov menes her *nyttiggjort energi på forbruksstedet, for eksempel varme fra varmeanlegget avgitt til bygningen*. Netto energibehov til oppvarming kan altså betraktes som varmebehovet når systemvirkningsgraden for varmesystemet har 100 % virkningsgrad. Energirammene skal inkludere *alle* energiposter, netto energibehov blir derfor her å forstå som *totalt energibehov til et bygg som har systemvirkningsgrad lik 100 % for varmeanlegget*.

Netto energibehov til oppvarming (romoppvarming og ventilasjonsluft) ble tidligere beregnet etter NS 3031 [41]. Dette energibehovet beregnes nå etter NS-EN 832 [44] (boliger) eller prEN ISO 13790 [45] (inkluderer ikke varmtvann). I tillegg til netto varmebehov inkluderer disse standardene også varmetap i varmeanlegg, dvs. brutto oppvarmingsbehov, se kapittel 5.3.2.

For energiposten kjøling er det egentlig meningsløst å snakke om netto energibehov, dvs. den overskuddsvarmen som skal fraktes ut av bygget. Det som er interessant er hvor mye energi som går med til denne jobben. Siden vår definisjonen av netto energibehov er all energibruk til drift av bygget, basert på 100 % systemvirkningsgrad for varmeanlegget, er det ikke problematisk at posten kjøling omfatter den energien som benyttes til å frakte bort overskuddsvarme. Dette energibehovet er som oftest lavere enn energiinnholdet i den bortførte varmen, men kan også være høyere. I eksempelet på energibudsjett i tabellen under er det antatt at totalt energibehov til å frakte bort overskuddsvarme tilsvarer energiinnholdet i overskuddsvarmen, dvs. en systemkjølefaktor på 1,0. Se også kapittel 6.8.

Foreløpig finnes det ikke noen nasjonal eller internasjonal standard for beregning av energibehov der alle energiposter er inkludert, se forøvrig kapittel 9.2.

Et energibudsjett for netto energibehov er vist i tabell 5.3.

Varmetilskudd fra solinnstråling og personer kommer ikke til uttrykk i energibudsjettet, men er tatt hensyn til ved beregning av oppvarmingsbehovet (romoppvarming). Det samme gjelder gjenvunnet varme fra ventilasjonsluften. Dette er standard beregningsprosedyre.

**Tabell 5.3** Eksempel på netto energibudsjett og netto energibehov

Energipost	Netto energibehov (kWh/m <sup>2</sup> år)
1. Romoppvarming	60
2. Ventilasjonsoppvarming (varmebatterier)	30
3. Varmt forbruksvann	30
4. Vifter og pumper	30
5. Belysning	30
6. Utstyr	30
7. Kjøling	20
SUM	230

**Fordeler med netto energibehov som grunnlag for energirammen**

- Netto energibehov er enklere å beregne enn brutto- og primærenergi, se kapittel 5.3.2 og 5.3.3.
- Det er vanskeligere å manipulere krav til netto energibehov, enn med de alternative metodene med brutto- og primærenergi beskrevet nedenfor.
- Alle energisparetiltakene i netto energibehov er lønnsomhetsvurdert (energirammene)

**Ulemper med netto energibehov som grunnlag for energirammen**

- Fremmer ikke energieffektive oppvarmingssystemer
- Tar ikke hensyn til fornybare/ikke fornybare energikilder
- Netto energibehov strider mot EU-direktivet [8], som sier at det skal tas hensyn til fornybare energikilder
- Det er i de fleste tilfeller vanskeligere å måle totalt netto energibehov, enn det er å måle brutto energibehov

### 5.3.2 Brutto energibehov

Brutto energibehov til oppvarming er i NS 3032 definert som *tilført energi før eventuell omvandling på forbruksstedet, for eksempel inklusiv energi fra varmepumpers kalde reservoar og uten reduksjon for varmesentralens virkningsgrad*. Som for netto energibehov skal det også for brutto energibehov i energirammene tas hensyn til alle energiposter. Brutto energibehov blir derfor her å forstå som *totalt energibehov til et bygg hvor det tas hensyn til alle tap i varmesystemet, dvs. totalt tilført energi*.

Det er i dag vanlig å betrakte brutto energibehov som kjøpt energi. Dette innebærer at det energibehovet som dekkes av varme fra solfangeranlegg og varmepumper trekkes fra byggets totale varmebehov. I henhold til både NS 3032 og prEN14335 [31] er imidlertid brutto energibehov til oppvarming (*Final energy* i prEN 14335) uavhengig av om tilført energi til oppvarming er ”gratis” eller ikke. Termodynamikken tar med andre ord ikke økonomiske hensyn.

Brutto energibehov til oppvarming kan beregnes etter samme standarder som netto energibehov, se kapittel 5.3.1. I prEN 14335 gis en mer utførlig metodikk for beregning av varmetap i varmesystemer. Brutto energibehov til oppvarming etter

denne standarden blir som vist under (for enkelthets skyld skilles det ikke mellom romoppvarming, oppvarming av ventilasjonsluft eller varmt tappevann).

$$Q_f = (Q - Q_{rh} - Q_{rw}) + Q_t$$

hvor

$Q_f$	”Final energy”, eller <i>brutto varmebehov</i>
$Q$	Netto varmebehov
$Q_{rh}$	Gjenvunnet varme fra tap i varmesystemet som ikke er tatt hensyn til i beregning av $Q_t$ .
$Q_{rw}$	Gjenvunnet varme fra varmt tappevann.
$Q_t$	Totalt varmetap i varmeanlegget.

Totalt varmetap,  $Q_t$ , i varmeanlegget defineres som vist under.

$$Q_t = Q_e + Q_d + Q_s + Q_g$$

hvor

$Q_e$	varmetap pga ikke ideell varmeavgivelse (unøyaktig regulering og ikke ideelle varmeflater)
$Q_d$	varmetap i distribusjonssystemet
$Q_s$	varmetap i varmelager
$Q_g$	varmetap ved varmeproduksjon, inkludert ikke-ideell regulering

Vanlig praksis i dag er at brutto energibehov beregnes ved bruk av systemvirkningsgrader, se under. For henholdsvis brutto og netto varmebehov benyttes her  $Q_{brutto}$  og  $Q_{netto}$ :

$$Q_{brutto} = \frac{Q_{netto}}{\eta_{sys}}$$

$$\eta_{sys} = \eta_{gen} \eta_{distr} \eta_{em}$$

der:

$Q_{netto}$	Netto varmebehov til romoppvarming, ventilasjonsoppvarming eller tappevannsoppvarming.
$\eta_{gen}$	Produksjonsvirkningsgraden til varmesentral/kjelsystemet. Varierer sterkt med type varmesentral og hvilken energibærer som brukes.
$\eta_{distr}$	Distribusjonsvirkningsgraden for varmesystemet, som tar hensyn til varmetapet fra distribusjonssystemet (rørsystemet). Typisk verdi: 0.9-0.98.
$\eta_{em}$	Virkningsgrad for varmeavgivelsen pga. ikke ideell regulering og ikke ideell varmedistribusjon i rommet (eks. varmetap fra gulvvarmesystemer) Typisk verdi: 0.85-1.0.

Tabell 5.4 viser forslag til hvordan brutto energibudsjet og brutto energibehov kan beregnes, basert på netto energibudsjett. Det er for enkelthets skyld valgt å vise



fremgangsmåten ved bruk av systemvirkningsgrader. Tallene i tabellen er tilfeldig valgt, og kun for illustrasjon.

**Tabell 5.4** Eksempel på brutto energibudsjett og brutto energibehov.

Energipost	Netto energibehov (kWh/m <sup>2</sup> år)	Systemvirkningsgrad	Brutto energibehov (kWh/m <sup>2</sup> år)
1. Romoppvarming	60	0,90	67
2. Ventilasjonsoppvarming (varmebatterier)	30	0,95	32
3. Varmt forbruksvann	30	0,95	32
4. Vifter og pumper	30	1	30
5. Belysning	30	1	30
6. Utstyr	30	1	30
7. Kjøling	20	1	20
SUM	230		240

#### **Fordeler med brutto energibehov som grunnlag for energirammen**

- Økt fokus på energieffektive varmeanlegg.
- Brutto energibehov er i de fleste tilfeller (ikke ved bruk av varmepumper og solfangeranlegg) tilnærmet lik tilført/kjøpt energi til bygget, og blir derfor i de fleste tilfeller allerede målt fordi det skal avregnes.
- Brutto energibehov er trolig det mest aktuelle å vise i et energisertifikat for bygget, siden det er nærmest kjøpt energi til bygget.

#### **Ulemper med brutto energibehov som grunnlag for energirammen**

- I brutto energibehov settes systemgrensen ved yttervegg. Dette innebærer at til dels store systemtap må inkluderes i energibehovsberegningen for noen energitilførselssystemer (for eksempel fyring med biobrensel), mens tilsvarende tap ikke inkluderes for andre systemer (for eksempel fjernvarme) hvor tapene hovedsakelig skjer utenfor husveggen. Primærenergi behov blir derfor et mer riktig og rettferdig grunnlag for energirammene.
- En har liten kontroll med hva slags varmeprodukerende enhet som vil bli brukt i virkeligheten, og i fremtiden. Dersom to systemer er tilgjengelige (energifleksibel energiforsyning) vil sannsynligvis den mest effektive benyttes i kontrollberegningen siden energirammen da blir lettest (billigst) å oppfylle. Slik ”tilpasning” til forskriften lar seg lett gjøre siden kontrollmuligheten og ikke minst forutsigbarheten er dårlig. Eksempler på dette:
  - Kombinert olje/elektrokjel gir ulike virkningsgrader avhengig av om det er olje eller elektrisitet som benyttes. Energiprisen styrer forbruket.
  - Kombinasjon av biobrensel (manuell eller halvautomatisk) og direkte elektrisitet (en typisk boligsituasjon): andelen av energibruken fra de ulike systemene er umulig å forutsi.
- Når i prosjekteringsfasen vet man hva slags energiforsyning som vil velges til oppvarming? Allerede tidlig i prosjekteringsfasen vil det være nødvendig å kjenne disse forutsetningene når energirammen etter brutto-prinsippet skal oppfylles.
- En brutto metode vil helt klart favorisere elektrisitet til oppvarming fremfor energibærere en ønsker omlegging til, se innledning til kapittel 5.3. Dette pga høyere virkningsgrad for varmesystemet. Brutto metode må derfor følges opp med

- beregning av primærenergibehov, hvor en har muligheten for å premiere/straffe bruken av prioriterte/ikke prioriterte energibærere.
- Som for netto energibehov vil ikke brutto energibehov alltid si noe om sannsynlige driftsutgifter ("kjøpt energi"), ved at det ikke tas hensyn til "gratis" energi ved bruk av varmpumper eller solfangeranlegg.
  - Som grunnlag for hvilket varmesystem som bør forutsettes i energirammen, burde det foreligge en lønnsomhetsanalyse slik det gjør for øvrige tiltak mht energieffektivitet. En slik lønnsomhetsanalyse foreligger ikke. Sannsynligvis ville en slik analyse vise at direkte elektrisk oppvarming var mest lønnsom.

### 5.3.3 Primærenergibehov

Primærenergibehovet er i prEN 14335 definert som energibehov hvor det tas hensyn til transformasjonstapet for hele energikjeden og benevnes *Primary energy*. Denne forløpige standarden behandler kun oppvarming. Dersom primærenergibehov skal danne grunnlaget for energirammemetoden, må alle energiposter inkluderes, slik som for netto og brutto energibehov.

Primærenergibehov kan bety den energimengden (gass, bio, olje, el.) man må ha tilgjengelig i energiverket/kraftverket for å dekke brutto energibehov til bygget. Det tas da hensyn til tap fra produksjon av energien og distribusjonstap til sluttbruker. Men ved beregning av primærenergibehovet kan det også tas hensyn til utslipp av lokal og global forurensing (f.eks. CO<sub>2</sub> utslipp), energibruk og utslipp til uttak og transport av energibærere (olje, kull, etc.) og andre miljøpåvirkninger. Det er ved beregning av primærenergibehov det vil være mulig å premiere bruken av for eksempel fornybare energikilder som omgivelsesvarme (via varmpumper), solenergi (via solfangeranlegg, solceller) osv.

I prEN 14335 beregnes primærenergibehovet til oppvarming ved en primærenergifaktor (her benevnt som *PEF*). Ved beregning av primærenergibehovet i prEN 14335 inkluderes også energibehovet til pumper. Denne energiposten er allerede forutsatt i både netto og brutto energibehov (alle energiposter) i denne rapporten. Ved bruk av  $Q_{brutto}$ , slik vist over, kan primærenergibehovet til oppvarming forenklet gis av følgende formel:

$$Q_{primær} = PEF \cdot Q_{brutto}$$

$Q_{brutto}$  Brutto energibehov til oppvarming..

PEF Primærenergifaktoren for energiposten<sup>1</sup>, og/eller energibæreren.

I prEN 14335 vises det til at primærenergifaktoren må bestemmes på nasjonal basis. Pr. i dag er det ikke utarbeidet slike faktorer for norske forhold. Det foregår arbeid i flere EU-land med å fastsette primærenergifaktorer for ulike energibærere. Men disse

---

<sup>1</sup> Hvis en energipost, for eksempel oppvarmingsbehov, har flere energibærere (el, olje, etc.) må man beregne en vektet PEF som tar hensyn til hvor mye av oppvarmingsbehovet som dekkes av de ulike energibærerne.

faktorene kan ikke brukes direkte i Norge siden energisituasjonen i sentral-Europa er veldig forskjellig fra Norges energisituasjon.

Tabell 5.5 viser forslag til hvordan primærenergibehovet kan beregnes, med utgangspunkt i netto og brutto energibudsjett. Tallene i tabellen er tilfeldig valgt, og kun for illustrasjon. Tallene ville også ha vært avhengige av energibærer for de ulike energipostene. I tabellen er PEF knyttet til alle energiposter, altså ikke bare oppvarming slik beskrevet i prEN 14335.

**Tabell 5.5** Eksempel på brutto energibudsjett og brutto energibehov.

Energipost	Netto energibehov (kWh/m <sup>2</sup> år)	System Virk.grad	Brutto energibehov (kWh/m <sup>2</sup> år)	Primær-energifaktor	Primær energibehov (kWh/m <sup>2</sup> år)
1. Romoppvarming	60	0,9	67	1.1	74
2. Ventilasjonsoppvarm. (varmebatterier)	30	0,95	32	1.1	35
3. Varmt forbruksvann	30	0,95	32	1.1	35
4. Vifter og pumper	30	1	30	1.5	45
5. Belysning	30	1	30	1.5	45
6. Utstyr	30	1	30	1.5	45
7. Kjøling	20	1	20	1.5	30
SUM	230		240		309

#### **Fordeler med primærenergibehov som grunnlag for energirammen**

- Oppfyller EU-direktivet om energibruk i bygninger når det gjelder hensynet til miljøvennlige energibærere.

#### **Ulemper med primærenergibehov som grunnlag for energirammen**

- Det foreligger ikke tall for energibruk i hele energikjeden, dvs. fra ”produksjon” til sluttbruker, og systemgrensen for denne energikjeden vil være uklar. Skal for eksempel energikjeden for fyringsolje starte i Nordsjøen? For biobrensel, skal all energibruk knyttet til distribusjon (transport) inkluderes?
- For at elektrisitet til oppvarming ikke skal favoriseres pga høy virkningsgrad, se også under brutto energibehov, må brutto energibehov til oppvarming korrigeres med en faktor. Følgende alternativer er da aktuelle:

#### *Premiering av politisk prioriterte energibærere*

Oppvarmingsbehovet ved bruk av energibærere vi ønsker omlegging til og som resulterer i lavere systemvirkningsgrader enn ved bruk av elektrisitet, må korrigeres med en faktor som minst tilsvarer systemvirkningsgraden. Korrigeringsfaktoren kan med andre ord bli vesentlig lavere enn 1,0. En konsekvens av dette er aksept for høyere energibruk når prioriterte energibærere til oppvarming benyttes. Et sentralvarmeanlegg (vannbåren varme) basert på for eksempel biopellets vil maksimalt kunne ha en virkningsgrad på om lag 80 % når alle tap inkluderes, trolig lavere i praksis. En korrigeringsfaktor måtte da bli minst 0,8 for at et slikt system skulle kunne ”konkurrere” med direkte elektrisk oppvarming i kontrollberegningen mot energirammen. Ytterligere reduksjon av korrigeringsfaktoren må til dersom det skal gis incentiver som monner mht økt bruk av slike prioriterte energibærere. Et resultat vil bli at denne ekstra marginen kan benyttes til å øke bygningens totale energibehov, dvs. spare kostnader knyttet

til energisparende tiltak. Ved å tillate redusert energiteknisk standard for bygget ved bruk av prioriterte energibærere, aksepteres at prinsippet om først å redusere energibehovet og dernest dekke behovet med miljøvennlig energi, fravikes. Dette prinsippet, også benevnt som "Trias Energetica", er etter hvert blitt anerkjent i Europa. Også Enova fronter denne tankegangen, ved en 4-punkts prioritetsliste på sin Web-side. Prinsippet "Trias Energetica" innebærer følgende prioriterte målsetninger mht reduksjon av energibruk og CO<sub>2</sub>-utslipp i bygninger:

1. Først reduseres behovet for energi ved energieffektiv utførelse av bygget
2. Dernest bør gjenstående energibehov dekkes av fornybare energikilder så langt som mulig
3. Dersom det fortsatt er behov for fossile brensler, bør slike brensler benyttes mest mulig effektivt og med så lave utslipp som mulig ("Clean fossile fuels").

I arbeidsgruppen i prosjektet har det vært bred enighet om at dette prinsippet bør gjelde. En konsekvens vil bl.a. være at bruk av varmepumper og solfangeranlegg ikke gis mulighet for bytte mot lavere energieffektivitet for bygget. Dette vil være en endring i forhold til gjeldende energirammemetode (1997). Det er for eksempel i dag vanlig at bruken av varmepumper "erstatte" god varmeisolasjon. En sitter da igjen med en dårligere bygningskropp, noe som selvsagt får uheldige konsekvenser dersom varmepumpeanlegget ikke fungerer tilfredsstillende. Dårlig fungerende varmepumpeanlegg er dessverre ikke uvanlig. Prinsippet om først å redusere energibehovet og dernest sørge for miljøvennlig energiforsyning gir en større sikkerhet mot denne type sviktende forutsetninger. Det er neppe heller ikke hensikten at såkalte alternative energiformer skal "erstatte" for eksempel god varmeisolasjon når det gis statlige støttemidler til slike anlegg (for eksempel fra Enova).

#### *"Straffe" ikke prioriterte energibærere*

For at hensynet til energitap i energiforsyningen til oppvarming ikke skal favorisere elektrisitet pga høy virkningsgrad, kan heller oppvarmingsbehovet som dekkes av elektrisitet korrigeres med en faktor høyere enn 1,0. Også fossile brensler hører inn under kategorien "ikke prioriterte" energibærere, og må derfor omfattes av samme type korrigeringsfaktor som elektrisitet. Spørsmålet om lik grad av korrigeringsfaktor vil da fort komme på banen. Målsetningen om reduksjon av elektrisitet og fossile brensler til oppvarming grunner i til dels ulike årsaker, se over. En vil også møte problemstillingen når det gjelder hvordan fjernvarme skal vurderes. I følge NVE [32] vil ca. en tredjedel av all energi i fjernvarmeanlegg i Norge komme fra olje, gass eller elektrisitet.

I denne sammenhengen er det også viktig å betrakte dagens praksis mht hvilke varmesystemer som benyttes. I [33] er det oppgitt at kun 5 av 746 bygninger, hvor det er sentralvarmeanlegg (57 % av byggene), kan benytte bioenergi. Kun 1 bygning kan benytte solvarme til oppvarming. 4,5 prosent av byggene med sentralvarmeanlegg har varmepumpe. Fornybare energikilder benyttes altså i dag i kun en svært liten andel av dagens bygningsmasse, når det ses bort fra boliger hvor vedfyring er vanlig. Dette er hensyn en bør ta i betraktning når en vurderer de skisserte virkemidlene som er diskutert over. Er markedet på kort sikt klart for en

omfattende omlegging? Dette gjelder kunnskap (leverandører, driftspersonale, privatpersoner), infrastruktur (tilgang på og lagring av biopellets) m.m.

- Kostnader knyttet til et ”kravnivå” når det gjelder varmesystem og energibærer, er ikke kjent. Dette burde foreligge på samme måte som for kravnivå når det gjelder bygningers energieffektivitet (varmeisolasjon m.m.). Siden hensikten er den samme, nemlig lavest mulig miljøbelastning og bedret effektsituasjon for elektrisitet, burde kriteriene for lønnsomhet være den samme. Bruk av en korrigeringsfaktor større enn 1,0 for ikke prioriterte energibærere vil medføre økte kostnader knyttet til energisparetiltak for å kunne tilfredsstille energirammen. Denne ekstrakostnaden må sammenstilles med spart energi (elektrisitet og/eller fossile brenslere), og kravet til inntjening av investeringen bør være tilsvarende som for de øvrige energisparetiltakene lagt inn i energirammen. Dersom lønnsomhet ikke er viktig når det gjelder ”kravnivå” for varmesystemer og energibærere, burde det heller ikke vært det når det gjelder bygningens energieffektivitet. Dersom vi også for bygningens energieffektivitet kunne se bort fra disse lønnsomhetskravene, kunne kravnivået til energibehov vært atskillig strengere, og dermed miljøgevinsten svært mye høyere.
- Som ved brutto energibehov, kan en umulig forutsi hvilke energibærere som vil bli benyttet til oppvarming i bygget i fremtiden.
- Også for mekanisk kjøling har en alternativer når det gjelder energibærere. Samme betraktninger må gjøres for denne energiposten som for oppvarming.

### 5.3.4 Konklusjon

Tilgjengelig underlag for å komme frem til en energirammemetode basert på brutto energibehov eller primærenergibehov, er på nåværende tidspunkt for dårlig til at det vil være mulig å fremme en god og sikker energirammemetode som baseres på disse prinsippene. Inntil det foreligger bedre underlag bør energirammene baseres på *netto energibehov*, dvs. all energi til drift av bygningen når systemvirkningsgraden for varmeanlegget er 100 %. Innspill fra referansegruppen viser også nokså bred enighet om denne konklusjonen.

En energirammemetode basert på netto energibehov vil være vesentlig enklere enn en metode basert på brutto energibehov eller primærenergibehov. Dette kan være en fordel siden ny energiramme allikevel krever stor omstilling når det gjelder prosjektering og dokumentasjon. Energiramme knyttet til netto energibehov, som foreslått, er allikevel ikke et hinder for å senere innføre energirammer basert på for eksempel primærenergibehov. Tvert imot vil beregning av netto energibehov være en forutsetning for å kunne beregne brutto- og primærenergibehov.

Videre arbeid med å inkludere varmesystemer og energibærere i fremtidig energirammemetode bør basere seg på primærenergibehov. Dette fordi en bør følge metodikken i de europeiske standardene som nå utarbeides for bl.a. å kunne tilfredsstille EU-direktivet. Videre arbeide bør derfor skje i samarbeid med øvrige land i EU, som må gjøre tilsvarende vurderinger. I dette arbeidet må det tas tak i og

finnes løsninger for de problemstillingene som er beskrevet i kapittel 5.3.2 (brutto energibehov) og 5.3.3 (primærenergibehov).

Et alternativ som bør kunne vurderes inntil metodikken rundt primærenergibehov er klar, er å kreve tilgang til ny fornybar energi til oppvarming dersom varmebehovet overskrider et bestemt nivå (i kontrollberegningen). En unngår da problemstillingene med systemgrenser, hvor stor andel av oppvarmingen som dekkes med hvilket varmesystem, osv, slik beskrevet over. Ved et slikt krav vil en i en byggesak kunne ta stilling til om det er mer lønnsomt å foreta tiltak for å redusere behovet for varme enn å investere ekstra i varmeanlegg. Et slikt krav vil være enkelt å forholde seg til. Dersom et slikt krav skal inngå i forskriften, må kostnader knyttet til kravet, nivå for varmebehovet hvor kravet inntreffer, definisjon av nye fornybare energikilder osv. utredes.

## 6 Beregningsforutsetninger for energirammene

I dette kapitlet gis en beskrivelse av de forutsetningene som er lagt til grunn for energirammeberegningene.

### 6.1 Beregningsmodeller

Energirammen er beregnet for bygningsmodeller som antas å være representative for ulike bygningskategorier. Det er for enkelthets skyld forutsatt lik bygningsmodell for alle bygningskategorier, bortsett fra boliger (småhus, boligblokker) og idrettsbygg. Under er det gitt en oversiktstabell over grunnflate, antall etasjer, romhøyde (under himling) og vindusorientering for de ulike bygningsmodellene.

**Tabell 6.1** Bygningsmodeller benyttet i energirammeberegningene

Bygningskategori	Grunnflate <sup>1</sup> m <sup>2</sup>	Antall etasjer	Romhøyde m	Vindusorientering nord/øst/sør/vest
Småhus	80 (10x8)	2	2,4	30/20/30/20
Blokkleilighet	300 (10x30)	4	2,4	40/0/60/0
Barnehager	300 (10 x 30)	1	2,4	30/20/30/20
Kontorbygg				
Skolebygg				
Sykehus				
Sykehjem				
Hoteller				
Restaurantbygg	1200 (20 x 60)	5	2,6	30/20/30/20
Kulturbygg				
Forretningsbygg				
Bygning for lett industri, verksteder				
Idrettsbygg	3200 (40 x 80)	1	8	30/20/30/20

<sup>1</sup> Arealet henviser til BRA, som diskutert i kapittel 5.2.

Bygningens form har betydning for energibehovet til oppvarming. Jo mindre overflateareal i forhold til oppvarmet areal (BRA), desto mindre vil oppvarmingsbehovet bli. Når det gjelder ventilasjonsluftmengdene er volum avgjørende, her er altså innvendig romhøyde en viktig parameter. En ugunstig bygningsform for ”småhus” og ”kontorbygg” vil som vist i tabell 6.2 gi økt energibehov i forhold til bygningsmodellene benyttet i energirammeberegningene. Her er bygningens varmetapsfaktor vist, som er et uttrykk for hvor energieffektiv bygningens formen er. Varmetapsfaktoren er her gitt som  $\Sigma(U_n \cdot A_n)/BRA$ , hvor  $U_n$  og  $A_n$  er henholdsvis U-verdi og areal for de ulike varmetapsflatene. Jo mindre varmetapsfaktoren er, desto mer energieffektiv er bygningsskroppen.



**Tabell 6.2** Bygningsform og energibehov

Bygningsmodell	BRA m <sup>2</sup>	Antall etasjer	Grunnflate m <sup>2</sup>	Varmetapsfaktor	Økning av energiebehov
Kontorbygg, energiramme	6000	5	20 x 60	0,39	Referanse
Annet kontorbygg	2000	1	20 x 100	0,62	+ 15 %
Småhus, energiramme	160	2	8 x 10	0,65	Referanse
Enebolig	120	1	8 x 12,5	0,76	+ 8 %

Som verdiene i tabell 6.2 viser, og som forventet, er energibehovet avhengig av bygningsformen. En konsekvens er derfor at mindre energieffektiv bygningsform enn forutsatt i energirammen må kompenseres med andre energisparende tiltak. Dette er en problemstilling som for øvrig også gjelder andre forutsetninger lagt til grunn for energirammen.

At energirammen er gitt av en bestemt bygningsform er nytt i forhold til gjeldende energirammemetode, hvor kravnivået er det samme uansett form på bygningen.

## 6.2 Bygningskropp

Forutsatte data for bygningskroppen i energirammeberegningene er beskrevet under.

### **U-verdier**

For vinduer er det utarbeidet en rapport [2] når det gjelder anbefalte U-verdikrav. Anbefalt krav i [2] er  $U = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$  for alle oppvarmede bygg (innetemperatur over 0 °C). Denne verdien legges til grunn for vinduer i energirammeberegningene. For yttervegger, tak, gulv og dører er det ikke utført nye utredninger for eventuelt endret kravnivå. For disse varmetapsflatene benyttes derfor gjeldende U-verdikrav.

### **Vindus- og dørareal**

Vindus- og dørareal settes lik 20 % av oppvarmet gulvflate, slik som i dagens forskrift. Dette arealet inkluderer karm og ramme.

### **Tetthet**

For alle bygningskategorier er tetthet for bygningskroppen satt til 2 luftvekslinger per time ved 50 Pa trykkdifferanse. Det refereres her til rapport fra Byggforsk [3]. I denne rapporten anbefales det at tetthetskravet settes rundt 1,5 - 2,0 luftskifter per time. Denne tettheten gir en infiltrasjon i størrelsesorden 0,1 luftvekslinger i timen, som er benyttet i energirammeberegningene.

### **Varmekapasitet**

Det antatt betongdekker, bortsett fra småhus hvor det er forutsatt lette gulv. For gulvene forutsettes det beleg, som ikke svekker gulvets varmeakkumulerende egenskaper nevneverdig. Alle innvendige tak, bortsett fra i boliger, har nedsenket himling for føring av kanaler. Dette reduserer den varmeakkumulerende effekten. Ytterveggene er antatt å ha lav varmekapasitet, for å ta hensyn til dagens praksis. For



innvendige vegger er det antatt lette vegger, dvs. bindingsverksvegger med gips på begge sidene.

### **Solskjerming**

For alle bygg, bortsett fra boligbygg, er det valgt effektiv utvendig solskjerming, se tabell under. Denne solskjermingen er antatt å ha en skjermingsfaktor på 0,15 (eksklusiv vinduer) når persiennene er i bruk. For overskyete dager er skjermingsfaktoren satt til 0,8 for å ta hensyn til at solskjermingen ofte ikke tas bort når behovet for solskjerming ikke er til stede. Også gardiner skjermer noe for solen, selv om de er fratrukket. I tillegg vil vinduene sjelden være helt rene, og soltransmisjonen blir derfor noe redusert. For avskjerming fra bebyggelse og vegetasjon m.m., er det forutsatt 6 grader skjerming i forhold til horisontalplanet, dvs. liten skjermingsgrad.

**Tabell 6.3** Skjermingsgrad for utvendige, sølvfargede persiener [16]

Helningsvinkel i forhold til horisontalplanet	Bredde lameller mm	$\xi_{\text{solskjerming}}$
0°	50	0,28
45°	50	0,15
0°	80	0,25
45°	80	0,13

For boliger er det antatt skjermingsfaktor lik 0,6 ved aktiv bruk av solskjerming. Dette tilsvarer lyse, innvendige persiener. Kostnader knyttet til effektiv solskjerming, eller tiltak som gir tilsvarende effekt, betraktes ikke, siden dagens forskrifter forutsetter nødvendige tiltak for å unngå unødvendig kjølebehov.

## 6.3 Romoppvarming

### **Romtemperaturer**

For de fleste byggtypen vil man ved dimensjoneringen gå ut fra en innnetemperatur på 21 °C som et gjennomsnitt for bygget. Nattsenkning av temperaturen kan være et godt energisparetiltak, men vil medføre økt effektbehov, som vil påvirke både installasjonskostnadene samt kapasiteten på el-nettet for bygninger med elektrisk oppvarming. På tross av dette forutsettes det i energirammeregningene en moderat natt/helgesenkning av temperaturen i de byggene hvor det kan skilles mellom natt-, dag- og helgedrift. Romtemperaturer forutsatt i energirammene er vist i tabell 6.4.

Driftstidene er beskrevet i kapittel 6.10.

**Tabell 6.4** *Temperaturer i og utenom driftstiden, benyttet i energirammene*

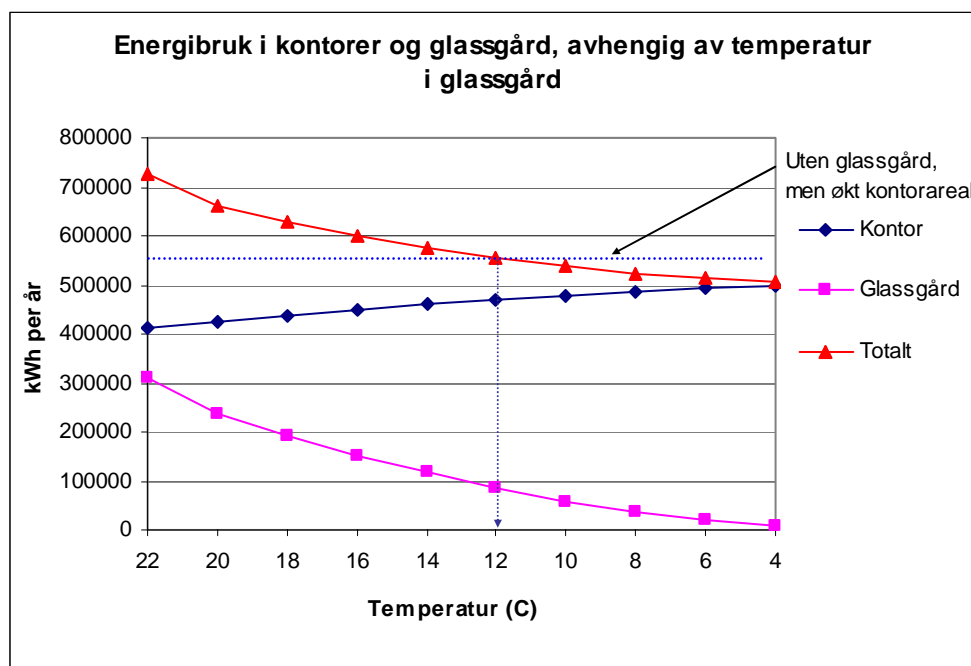
Bygningskategori	Temperaturer °C	Driftstid Timer/døgn/uke
Småhus	21/19	16/7/52
Boligblokk	21/19	16/7/52
Barnehager	21/19	10/5/52
Kontorbygg	21/19	12/5/52
Skolebygg	21/19	10/5/44
Sykehus	21/19	24/7/52
Sykehjem	21/19	24/7/52
Hoteller	21/19	24/7/52
Restaurantbygg	21/19	8/7/52
Idrettsbygg	19/17	12/5/44
Forretningsbygg	21/19	12/6/52
Kulturbygg	21/19	11/5/52
Bygning for lett industri, verksteder	21/19	9/5/52

Det bør benyttes samme temperaturer i kontrollberegningen som i energirammen, siden dette er en parameter som er høyst avhengig av brukervaner og som lett kan endres i driftsfasen. Dersom det i kontrollberegningen forutsettes natt- og helgesenking, må også samme temperaturer som i energirammen benyttes, men innretning for temperaturstyring må dokumenteres. Dersom slik innretning ikke kan dokumenteres, må det benyttes samme temperatur for hele døgnet i kontrollberegningen.

#### **Temperaturer i glassgårder**

Energibruken i bygninger med glassgårder er svært avhengig av både formen på glassgården, graden av integrering med oppvarmede bygninger og innnetemperaturen i glassgården. Inntil en viss temperatur i glassgården vil energibruken for bygningskomplekset kunne være lavere enn om arealet og funksjonene i glassgården heller ble lagt inne i de oppvarmede bygningene. I figur 6.1 er energibruken for et bygningskompleks med glassgård eller glassgate mellom to kontorbygg vist. Totalt areal er 500 m<sup>2</sup> for glassgård og 3600 m<sup>2</sup> samlet for de to kontorbygningene. Kontorbygningene har tre etasjer. Infiltrasjonen i glassgården er satt til 0,4 luftvekslinger i timen. Figuren viser også hva energibruken ville vært dersom arealet i glassgården heller ble fordelt på de to tilliggende bygningene, dette er den horisontale linjen.

Et skjæringspunkt går ved ca. 12 °C. Dette betyr at glassgården bidrar til redusert energibruk så lenge temperaturen holdes under 12 °C. For andre typer glassgårder vil dette skjæringspunktet kunne være både lavere (utenpåliggende glassgård) og høyere (innebygde glassgårder). Skjæringspunktet vil også flytte seg ved bedre/dårligere utførelse av glassoverdekningen og felles fasade mellom glassgård og bygning mht tetthet og varmeisolasjon. Anslagsvis (ikke dokumentert) vil skjæringspunktet ligge mellom 10 og 15 grader når foreslåtte U-verdikrav [2], dvs. senter U-verdi på 1,1 W/m<sup>2</sup>K, legges til grunn for glassoverdekningen.



**Figur 6.1** Energibruk i bygningskompleks med glassgård. Infiltrasjonen i glassgården er satt til 0,4 luftvekslinger i timen. Energibruk for bygninger uten glassgård, men med samme areal som for bygningskomplekset med glassgård, er også vist.

Erfaringer viser at temperaturnivået i glassgården ofte endres i forhold til planlagt nivå når bygget tas i bruk. Dette gjelder som oftest glassgårder som i utgangspunktet var ment som adkomstareal og vrimeleareal. Økningen av energibruken er ikke lineær, men øker mer jo høyere temperaturen er. I figur 6.1 er det tatt utgangspunkt i en nokså ”energieffektiv” glassgård. Temperaturavhengig energibruk i andre typer glassgårder vil kunne ha et helt annet forløp. Siden høye temperaturer i glassgården har så negativ effekt på byggets energibehov, samt at erfaringer viser at en ofte ender opp med slike temperaturer i glassgården, bør dette tas hensyn til i kontrollberegningen til energirammen. Det bør derfor stilles krav til hvilken innetemperatur i glassgården som skal benyttes ved beregning av byggets energibehov. Det foreslås følgende:

- For glassgårder, som ikke er ment å skulle varmes opp og heller ikke holdes frostfri, bør det ikke settes krav til minimumstemperatur i kontrollberegningen. Disse glassgårdene, eller glassrommene, er i fåtall, men kan typisk være innglassede balkonger og terrasser. Slike rom bør betraktes som uterom, og arealet bør ikke inkluderes i beregningsgrunnlaget (BRA) for spesifikk energibehov ved kontrollberegningen. Dette blir tilsvarende problemstilling som beskrevet for kalde kjellere osv, se kapittel 5.2.
- For glassgårder hvor det er installert varmeanlegg, men hvor det ikke er lokalisert arbeidsplasser (resepsjon, matservering og lignende), sitteplasser i tilknytning til matservering og lignende, anbefales at minimumstemperatur settes til 15 °C, selv om en i prosjekteringsfasen antar lavere driftstemperaturer.
- Dersom det er lokalisert funksjoner i glassgården, som beskrevet i punktet over, bør innetemperaturen settes til 20 °C. Nattsinking til 18 grader bør aksepteres, forutsatt at det kan dokumenteres styringssystem for dette.

### **Varmesystem og pumper**

I kapittel 5 ble det konkludert med at energirammen, og kontrollberegningen, skal baseres på netto energibehov, dvs. totalt energibehov til drift av bygget når systemvirkningsgraden for varmeanlegget er 100 %. Eventuelt energibehov til pumper skal derimot inkluderes. Dette innebærer at det må foretas valg mht type varmesystem i energirammen. Valg av vannbårent varmesystem i energirammene, med tilhørende pumpeenergi, vil straks favorisere direkte elektrisk oppvarming i kontrollberegningen, en problemstilling som er utførlig beskrevet i kapittel 5.3.2. I følge [19] kan imidlertid pumpeenergien holdes på et lavt nivå, dvs. 1 – 2 kWh/m<sup>2</sup>år ved energieffektiv utførelse og regulering av varmeanlegget. Problemstillingen mht favorisering av direkte elektrisk oppvarming kan dermed unngås. I energirammene er energibehovet til pumper tilknyttet varmeanlegg satt til 1 kWh/m<sup>2</sup>år.

## 6.4 Ventilasjon

### **Ventilasjonsluftmengder**

Ventilasjonsluftmengdene har svært stor betydning for energibruken i bygninger. Dette gjelder oppvarming og kjøling av tilluften samt energibruk til drift av viftene. I vanlige ventilasjonsanlegg vil vifteeffekten være proporsjonal med luftmengden i tredje potens, forutsatt samme kanaldimensjoner og aggregatstørrelse. Ved en dobling av luftmengden, vil dermed vifteeffekten bli 8 ganger så stor. I tillegg kommer selvsagt økt energibruk til oppvarming og eventuelt kjøling av tilluften. Valg av ventilasjonsluftmengden i energirammen er derfor svært avgjørende for kravnivået.

I henhold til REN veiledning til tekniske forskrifter (1997) er minimumskravet gitt som 7 l/s pr. person ("personbelastning") + 1 l/s m<sup>2</sup> ("materialbelastning") ved bruk av kjente og godt utprøvde materialer som er bedømt til å være lavemitterende. "Materialbelastningen" tilsvarer 3,6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h. Når det gjelder personbelastningen, avhenger denne av persontettheten. I REN veiledning er det angitt tall for noen typer lokaler, men disse tallene gjelder for de enkelte rom og ikke som gjennomsnitt for en bygning (unntak er kontorer og salgslokaler).

Som grunnlag for beregning av totale luftmengder, antas det en andel som er oppholdsareal (eks. kontor eller klasserom) og en andel som er felleareal/kommunikasjonsareal. Total spesifikk luftmengde regnes da ut fra formel:

$$\dot{V}_{tot} = x \cdot \dot{V}_{opph} + (1 - x) \cdot \dot{V}_{felles}$$

der:

$\dot{V}_{tot}$ ,  $\dot{V}_{opph}$ ,  $\dot{V}_{felles}$  er hhv. total luftmengde, luftmengde i oppholdsarealer og luftmengde i fellesarealer.

$x$  er forholdet mellom oppholdsareal og totalt gulvareal (oppvarmet BRA)

Tabell 6.5 viser hvilke verdier som er benyttet ved beregning av totale luftmengder. Andelen for oppholdsareal,  $x$ , er for de fleste bygningskategorier estimert ut fra typiske bygg. Luftmengde i oppholdsarealet er i de fleste tilfeller satt ut fra

personbelastning + normal materialbelastning, men for enkelte kategorier er det tatt hensyn til høyere forurensingsbelastning, dvs materialbelastning på 2 l/sm<sup>2</sup>.

Personbelastning som grunnlag for beregnet luftmengde er betydelig høyere enn det som er benyttet for beregning av varmetilskudd fra personer, se kapittel 6.9. Årsaken er at luftmengder er bestemt ut fra dimensjonerende belastning, mens varmeavgivelse fra personer er antatt ut fra en gjennomsnittsvurdering.

For de bygningskategoriene det ikke foreligger anbefalinger mht persontetthet ved dimensjonering av ventilasjonsluftmengder, er det estimert verdier. For gangarealer m.m. er det i hovedsak antatt luftmengder ut fra normal materialbelastning. Tabell 6.5 viser beregnede minimum nødvendige luftmengder for å tilfredsstille kravene til luftkvalitet.

**Tabell 6.5** Underlag for beregning av total luftmengde (eksklusiv infiltrasjon)

Bygningskategori	<i>x</i>	Persontetthet i oppholdssone m <sup>2</sup> /person	Nødvendig luft pga. personer m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h	Nødvendig luft pga. materialer m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h	Luft utenom oppholdsarealer m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h	Minimum luftmengder (totalt) m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h
Småhus	1	-				1,2*
Blokkleilighet	1	-				1,7**
Barnehager	0,7	2 <sup>[47]</sup>	12,6	3,6	3,6	12,4
Kontorbygg	0,7	10 <sup>[47]</sup>	2,5	3,6	3,6	5,4
Skolebygg	0,7	2 <sup>[47]</sup>	12,6	3,6	3,6	12,4
Sykehus	0,8	10 <sup>[47]</sup>	2,5	7,2***	7,2***	9,2
Sykehjem	0,8	10	2,5	3,6	7,2***	6,3
Hoteller	0,7	10 <sup>[47]</sup>	2,5	3,6	3,6	5,4
Restaurantbygg	0,8	2 <sup>[47]</sup>	12,6	7,2***	3,6	16,6
Idrettsbygg	0,8	4	6,3	7,2***	3,6	11,5
Forretningsbygg	0,9	4 <sup>[47]</sup>	6,3	7,2***	3,6	12,5
Kulturbygg	0,8	3	8,4	3,6	3,6	10,3
Bygning for lett industri, verksteder	0,9	10	2,5	7,2***	3,6	10,3

\* Tilsvare et luftskifte på 0,5 oms/t.

\*\* Pga krav til avtrekk fra bad og kjøkken vil kravet til luftskifte på mindre leiligheter oftest være høyere enn 0,5 luftskifter i timen. I energirammen for boligblokk er det forutsatt et luftskifte på 0,7 luftskifter i timen.

\*\*\* På grunn av generell forurensingsbelastning (eller økt aktivitet osv.) er det her brukt materialbelastning på 2 l/sm<sup>2</sup>.

Erfaringsmessig er ikke alltid luftmengder dimensjonert etter forurensningsbelastning tilstrekkelig. Svært ofte er det behov for større luftmengder for å unngå for høye temperaturer og for å unngå eller redusere behovet for lokal mekanisk kjøling. Større luftmengder gir også større fleksibilitet mht endret bruk av lokalene. Luftmengdene benyttet i energirammene, gitt i tabell 6.6, er derfor økt noe i forhold til beregnede verdier i tabell 6.5. Luftmengder utenfor driftstid er av lufthygieniske årsaker satt til 3 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>. Luftmengdene er gjennomsnittsverdier for bygget, og egentlig også i løpet av driftsperioden.

**Tabell 6.6** Luftmengder benyttet i energirammene, i og utenfor driftstiden (infiltrasjon kommer i tillegg)

Bygningskategori	Luftmengder m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	Driftstider Timer/døgn/uker
Småhus	1,2	24/7/52
Blokkleilighet	1,7	24/7/52
Barnehager	12/3	10/5/52
Kontorbygg	10/3	12/5/52
Skolebygg	16/3	10/5/44
Sykehus	16/3	16/7/52
Sykehjem	14/3	16/7/52
Hoteller	10/3	16/7/52
Restaurantbygg	18/3	8/7/52
Idrettsbygg	12/3	12/5/44
Forretningsbygg	18/3	12/6/52
Kulturbygg	12/3	11/5/52
Bygning for lett industri, verksteder	12/3	9/5/52

### **Varmegjenvinnerens virkningsgrad**

Det finnes en rekke måter å angi en varmegjenvinnerens virkningsgrad på. Eksempelvis er uttrykk som temperaturvirkningsgrad, fuktvirkningsgrad, entalpivirkningsgrad, energivirkningsgrad, aggregatets virkningsgrad, årsvarmevirkningsgrad mye brukt. Det er her valgt å bruke temperaturvirkningsgraden for *varmegjenvinneren*. Dette er en relativt enkel målbar størrelse, både i laboratorium (produkt dokumentasjon) og ved feltmåling på installerte anlegg. Den er også enkel å bruke i energiberegninger og simuleringer (med dataprogrammer). Ved dokumentasjon av temperaturvirkningsgraden må følgende tas hensyn til:

- Virkningsgraden må være oppgitt ved balanserte luftmengder, dvs. lik tilluft og avtrekk, og målt på avtrekkssiden. Virkningsgraden er avhengig av hvor store luftmengder (og dermed lufthastigheter) som går gjennom gjenvinneren, og må derfor oppgis for reelle luftmengder for bygget/aggregatet (i praksis må virkningsgrad oppgis for ulike luftmengder).
- ”Falsk” luft fra avtrekk til tilluft (omluft) skal ikke regnes inn som en del av varmegjenvinnerens varmeoverføring. Dette gjelder spesielt kammergjenvinnere og roterende gjenvinnere, som kan ha betydelig mengder ”falsk luft”.
- Virkningsgraden skal oppgis kun for varmegjenvinneren, og *ikke* for aggregatet der det også tas hensyn til varmeavgivelse fra vifter. Varmetilskudd og energiforbruk til vifter, ut fra plassering av viftene, skal selvsagt tas hensyn til i beregning av byggets energibruk.
- For noen varmegjenvinnere, især plategjenvinnere/kryssvarmevekslere og motstrømsvarmevekslere, vil reell temperaturvirkningsgrad reduseres i kalde perioder (under 0 °C) fordi det er behov for avriming av gjenvinneren. Dette skal det tas hensyn til ved angivelse av temperaturvirkningsgrad. I kontrollberegningen til energirammen bør det benyttes årsmidlere temperaturvirkningsgrad, som er graddagsjustert for Oslo-klima, og der det også regnes inn hvor mye energi som går til eventuelt avrimingsbatteri.

Det henvises for øvrig til NS EN 308 [41], og NORDTEST metode *Air/air heat recovery units: Aerodynamic and thermal performance testing* [36] og til notat fra Byggforsk, som er lagt ved som eget vedlegg (vedlegg D).

I energirammemetoden i tekniske forskrifter fra 1997 er temperaturvirkningsgraden for varmegjennvinnere satt til 60 %. En skjerping av krav til temperaturvirkningsgrad for varmegjennvinnere til 70 % vil ikke medføre økte investeringskostnader, de aller fleste ventilasjonsanlegg leveres i dag med løsninger som oppfyller de skjerpede kravene. Isolert sett er kostnaden for en gjenvinner med høy temperaturvirkningsgrad ikke høyere, men ofte lavere enn tilsvarende løsninger med for eksempel batterigjennvinnere.

De høyeffektive gjenvinnerne som for eksempel roterende gjenvinnere kan ved feilaktig bruk og drift overføre forurensing fra avtrekk til tilluft. Denne risikoen kan minimeres ved fornuftig prosjektering, installasjon og drift/vedlikehold. Dette krever ikke annerledes kunnskap eller kompetanse enn for de aller fleste bygningsmessige konstruksjoner og tekniske installasjoner.

I nye energirammer er det forutsatt temperaturvirkningsgrad på 70 % for alle bygningskategorier bortsett fra boliger. Her er temperaturvirkningsgraden satt lik 60 %, se ellers eget punkt under. Det er to grunner til at det ikke settes krav til 70 % for boliger:

1. En omlegging til 60 % varmegjenvinning er allerede en radikal omlegging i forhold til tekniske forskrifter fra 1997, der det "tillates" naturlig- eller avtrekksventilasjon uten varmegjenvinning. Skal det bygges med naturlig- eller avtrekksventilasjon med foreslått metode (60 % gjenvinning) må det bygges med en ekstremt godt isolert klimaskjerm. Settes kravet til 70 % gjenvinning vil det i praksis være svært vanskelig å bygge uten balansert ventilasjon.
2. For mindre leiligheter er det pr. i dag få eller ingen produkter/aggregater som kan leveres med en virkningsgrad på 70 %. Også ut fra dette anbefales det å forutsette en temperaturvirkningsgrad på 60 %.

#### **Varmegjenvinning av ventilasjonsluft i boliger**

Varmegjenvinning av ventilasjonsluften representerer et betydelig energisparepotensiale i ny boligmasse. For et småhus, tilsvarende bygningsmodellen benyttet i energirammeberegningene, vil bruk av varmegjenvinning medføre redusert oppvarmingsbehov i størrelsesorden 20 kWh/m<sup>2</sup> per år når temperaturvirkningsgraden er 60 %.

Balansert ventilasjon med varmegjenvinning benyttes i følge Boligprodusentenes forening i omlag 50 % av nye bolighus i dag (småhus). Naturlig ventilasjon benyttes omtrent ikke. Der det ikke installeres balansert ventilasjon benyttes mekanisk avtrekksventilasjon. I følge Byggforsk [5] er erfaringene med balansert ventilasjon med varmegjenvinning blant brukerne gode, og privatøkonomisk kan også slike anlegg forsvares. For alle anleggene som inngikk i Byggforsk sin studie, var internrenten vesentlig mye høyere enn realrenten ved 15 års tilbakebetaling og energipris 65 øre/kWh. Alternativet var mekanisk avtrekksventilasjon.

På grunnlag av det ovenstående er balansert ventilasjon med varmegjenvinning lagt inn som forutsetning i energirammeberegningene for boliger. Det forutsettes temperaturvirkningsgrad lik 60 %, dette er omtalt over.



### **Tilluftstemperaturer**

For tilluften er temperaturen satt til 18 °C om vinteren og 16 °C om sommeren for alle bygningskategorier bortsett fra boliger, barnehager, skolebygg, sykehjem og idrettsbygg, som er ansett å ikke ha behov for mekanisk kjøling. Her settes settpunkttemperaturen for tilluften (oppvarming) lik 18 °C hele året. Sommer defineres f.o.m. mai t.o.m. august. I kontrollberegningen bør reelle tilluftstemperaturer benyttes.

### **Kjølefaktor**

Ved eventuell kjøling av tilluften i ventilasjonsanlegget er det forutsatt en systemkjølefaktor på 1.0 for kjølesystemet, og at virkningsgrad for kjøleflatene i kjølebatteriet på 60 % (tilsvarende bypassfaktor på 0,4). Se også kapittel 6.8 når det gjelder fastsettelse av systemkjølefaktor for kjølesystemer.

### **Vifter**

Forbruket av elektrisk energi til vifter i yrkesbygg og boliger er i dag anslått til ca. 2,3 TWh per år. Målinger viser at energibehovet til vifter i moderne næringsbygg utgjør mellom 15 og 20 % av byggets totale energibehov [18]. Et nyttig begrep for vurdering av energieffektiviteten i ventilasjonsanlegg er SFP, eller Specific Fan Power ( $W/(m^3/s)$ ). SFP er forholdet mellom den elektriske effekten som er nødvendig for å drive viftene og luftmengden rundt i bygget ved hjelp av ventilasjonssystemet. I følge Mysen og Polak [18] viser målinger at SFP i norske næringsbygg ligger mellom 3,5 og 4. Det vises også til at energibehovet til viftedrift er vesentlig større enn energibehovet til ettervarming i et anlegg med effektiv varmegjenvinning. Vifteenergien blir derfor ikke fullt utnyttet til forvarming av tilluften. Den kan derimot føre til kjølebehov i perioder uten oppvarmingsbehov.

Kombinasjonen høye luftmengder og høy SFP vil gi svært høyt energibehov. Lav SFP i energirammen er derfor avgjørende for å oppnå redusert energibruk i bygningsmassen.

I følge rapport fra Byggforsk [4] gir tiltak for å redusere SFP ned til 1,5 god lønnsomhet. Tilsvarende er vist i [37]. I energirammen er SFP satt litt høyere, dvs. til 2 på dagdrift (fulle luftmengder) og 1,0 for nattdrift ved redusert ventilasjonsluftmengde. For boliger er SFP satt til 2,5 for hele døgnet.

Det er forutsatt en temperaturøkning av tilluften på 1 °C, som følge av varmeavgivelse fra tilluftsviften. Temperaturøkningen pga varmeavgivelse fra avtrekksviften, som er plassert før varmegjenvinneren, er også satt til 1 °C.

## **6.5 Varmt tappevann**

Erfaringstallene som eksisterer for energibruk til varmt tappevann er nokså mangelfulle. Her gjengis noen erfaringstall fra ulike undersøkelser.

En svensk undersøkelse (Briheim 1991) viser at forbruket i boliger varierer med antall beboere og gulvareal; 1600-2700 kWh/person eller 50-70 kWh/m<sup>2</sup>.



I et doktorgradsarbeid [12] fremkommer følgende data for varmtvannsforbruk i sykehus og kontorbygg:

- varmtvannsforbruk på sykehus 25,6 kWh/m<sup>2</sup> år (spredning 21,9-30,7), alternativt 100,8 l/pasient dag (spredning 74,8-146)
- kontorbygninger 1,82 kWh/m<sup>2</sup> år (spredning 0,96-3,41)

Det foreligger data for målt energibruk til varmt tappevann for noen bygningstyper i Modellbyggprosjektet [13], resultatene er vist i tabell 6.7.

**Tabell 6.7** *Energibruk til varmt tappevann [13]*

Bygningstype	Antall bygg med målinger av varmt tappevann	Gjennomsnittlig energibruk kWh/m <sup>2</sup> år	Spredning energibruk kWh/m <sup>2</sup> år
Høgskolebygg	4	7	1 - 22
Kontorbygg	8	5	1 - 14
Sykehjem	4	27	26 - 30
Dagligvarebutikker	3	5	2 - 10
Grunnskolebygg	6	9	4 - 16

I en undersøkelse som ble utført av SINTEF i 1999 [7] er energibruk til varmt tappevann beregnet på grunnlag av en rekke kilder. I tabell 6.8 er verdier vist for ulike bygningskategorier, basert på [7]. Verdiene avviker vært mye fra målte verdier i Modellbyggprosjektet.

**Tabell 6.8** *Spesifikk energibruk til varmt tappevann, på grunnlag av [7]*

Bygningskategori	Spesifikk energibruk kWh/m <sup>2</sup> år
Boliger	26,7
Industri- og lagerbygninger	5,3
Kontor- og forretningsbygg	15,2
Samferdsels- og kommunikasjonsbygg	18,5
Hotell- og restaurantbygg	36,3
Kultur- og forskningsbygg	19,8
Helsebygg	40,5
Fengselsbygning og beredskapsbygning	22,9
Diverse	10,1

I rapport fra SBI, Danmark [28], er det vist til energibruk knyttet til varmtvannsforbruk som vist i tabell 6.9. Disse tallene er basert på både statistikk og en del registreringer. For andre bygninger enn boliger gjelder tallene som grove gjennomsnittstall, og må derfor kun betraktes som veiledende.

**Tabell 6.9** Veiledende gjennomsnittsverdier for ulike "bygningstyper"

Bygningstype/"bygningssanvendelse"	Energibruk kWh/m <sup>2</sup> pr år
Boliger	10 - 24
Kontor, handel, skoler, forskningslaboratorier, biograf, bibliotek, museum, industri, transport- og garasjeanlegg	7
Daginstitutioner, kaserner, fengsler, ferieformål, feriebyer, idrettshaller, svømmehaller	28
Sykehus, sykehjem, hotell, servicevirksomhet, pleiehjem, døgninstitusjon	35

For bolighus kan energibehov til varmt tappevann beregnes på grunnlag av formel oppgitt i [30]:

$$E = 4300 + 700 \cdot (p-3), \text{ der } p \text{ er antall personer}$$

Dersom det forutsettes at areal per person er 48 m<sup>2</sup> (Husbanken/SSB), blir energibehov til varmt tappevann for bolighus 35 kWh/m<sup>2</sup>år.

Energibehov til varmt tappevann i energirammen er stipulert på grunnlag av den informasjonen som vist til over, og er vist i tabell 6.10. Pga. usikkerheten rundt disse verdiene bør samme verdier for varmt tappevann benyttes i kontrollberegningen.

**Tabell 6.10** Spesifikk energibruk til tappevannsoppvarming i energirammene

Bygningskategori	Årlig energibehov til varmt tappevann kWh/m <sup>2</sup>
Småhus	35
Boligblokk	35
Barnehager	10
Kontorbygg	5
Skolebygg	10
Sykehus	30
Sykehjem	30
Hoteller	30
Restaurantbygg	30
Idrettsbygg	50
Forretningsbygg	10
Kulturbygg	10
Bygning for lett industri, verksteder	10

## 6.6 Belysning

Ulike bygningstyper har forskjellige krav til belysning, og det er disse kravene som vanligvis er utgangspunktet for planleggingen av belysningen, ikke vurderingen av energibruken. Men energieffektivitet bør også være et kriterium for prosjektering. Lyskultur [27] anbefaler maksimumsverdier for installert effekt i noen typiske

bruksarealer i yrkesbygg som vist i tabell 6.11. Verdiene representerer energieffektive belysningsanlegg.

**Tabell 6.11** Maksimumsverdier for installert effekt i noen typiske bruksarealer i yrkesbygg [27]

Lokale	Maks. effekt (W/m <sup>2</sup> )
Småkontor	10
Kontorlandskap	8
Korridor og trapperom	5
Garasje	3
Konferanserom	12
Laboratorier/undersøkelsesrom	15

Lysteknisk Selskab i Danmark har utgitt en publikasjon om energieffektiv belysning i handels- og servicesektoren [23]. Bygningstyper som omfattes av rapporten er skoler, helsebygg, kontorer og butikker. Rapporten viser hva som innenfor en akseptabel økonomisk ramme er mulig å oppnå ved ombygging av eksisterende lysanlegg når det gjelder energieffektivitet. Ombyggingen omfatter utskifting av alle glødelamper, installasjon av elektronisk forkoblingsutstyr overalt samt utskifting av armaturer til mer effektive typer. I rapporten *God og energiriktig kontorbelysning* [25] fra Energistyrelsen i Danmark gis verdier for installert effekt i nye lysanlegg. Disse ligger vesentlig over verdiene i [23] når det gjelder de enkelte rom. Rapporten *God og energiriktig skolebelysning* fra Lys & Optikk og Lysteknisk Selskab [26] gir verdier for installert effekt i energieffektive lysanlegg i skolebygg. Disse verdiene ligger både under og over i forhold til verdiene i [23] for ulike typer rom.

Selv om informasjonen i de nevnte rapportene spriker, er det antatt at verdiene i tabell 6.12 kan betraktes som representative for energieffektiv belysning. Tabellen viser gjennomsnittlig installert effekt for hele bygget for de byggene som var omhandlet i [23]. Tabellen viser også installert effekt noen andre bygningstyper, antatt på grunnlag av [25, 26]. For butikker er det sett bort fra lysbruk i utstillingsvinduer, som dersom inkludert ville gitt installert effekt på 35 W/m<sup>2</sup>.

**Tabell 6.12.** Energieffektiv belysning, basert på [23, 25, 26]

Bygningstype	Snitt installert effekt W/m <sup>2</sup>
Skolebygg	10
Kontorbygg	8
Butikker	15
Helsebygg	8
Sportshaller	8
Kafeteria/restauranter	8
Bibliotek	10
Lager	5

Selv om vi har opplysninger om installert effekt for energieffektive lysanlegg, sier ikke dette uten videre noe om energibruken. Energibruken avhenger av hvordan lysanlegget styres. Dersom det ikke forutsettes noen form for styring av den installerte effekten innenfor brukstiden, er energibruken ensbetydende med installert effekt multiplisert med driftstid.

Det foreligger ikke noen representative målinger for energieffektiv belysning, verken når det gjelder effekt eller energibruk. Målte verdier for energibruk til belysning i Modellbyggprosjektet [13] er vist i tabellen under. Tabellen viser tilsvarende verdier oppgitt i NS 3031 og Enøk Normtall.

**Tabell 6.13** Målte verdier [13] og verdier fra NS 3031 og Enøk Normtall for energibruk til belysning

Bygningstype	Antall bygg Modellbygg	Gjennomsnittlig energibruk Modellbygg kWh/m <sup>2</sup> år	Spredning energibruk Modellbygg kWh/m <sup>2</sup> år	NS 3031 kWh/m <sup>2</sup> år	Enøk Normtall kWh/m <sup>2</sup> år
Høgskolebygg	4	35	15 - 45	34 (Skole)	29
Kontorbygg	8	27	17 - 48	28	26
Sykehjem	4	67	38 - 110	44	26
Dagligvare- butikker	3	69	53 - 95	42/42 (Butikk og varehus, med og uten matvarer)	-
Grunnskole- bygg	7	19	12 - 33	34 (Skole)	23 (barne- og ungdomsskole)

De målte verdiene har stor spredning, og for flere bygningstyper er det målinger fra for få bygg til at man kan trekke noen konklusjoner. I forhold til de målte verdiene i Modellbyggprosjektet er verdiene i NS 3031 og Enøk Normtall både lave, middels og høye. Avvikene kan skyldes ulik installert effekt, men også ulike driftstider.

I energirammene er det først og fremst verdier for installert effekt som er viktig, siden brukstidene vil kunne variere mye for ulike brukere, selv innenfor samme bygningskategori. Verdier benyttet i energirammene er gitt i tabell 6.14. Valgte verdier er basert på ulike kilder, som er beskrevet over. Driftstider er beskrevet i kapittel 6.10.

**Tabell 6.14** Verdier for installert effekt for belysning i ulike bygningskategorier, benyttet i energirammene.

Bygningskategori	Effekt W/m <sup>2</sup>	Kilde	Driftstid Timer/døgn/uke	Energi kWh/m <sup>2</sup> år
Småhus	4	Enøk Normtall	16/7/52	23
Boligblokk	4	Tilnærmet Enøk Normtall	16/7/52	23
Barnehager	8	Tilnærmet Enøk Normtall	10/5/52	21
Kontorbygg	8	[23, 25, 26]	12/5/52	25
Skolebygg	10	[23]	10/5/44	22
Sykehus	8	[23, 25, 26], NS 3031	16/7/52	47
Sykehjem	8	[23, 25, 26]	16/7/52	47
Hoteller	8	NS 3031	16/7/52	47
Restaurantbygg	8	[23, 25, 26]	8/7/52	23
Idrettsbygg	8	[23, 25, 26]	12/5/44	21
Forretningsbygg	15	[23, 25, 26]	12/6/52	56
Kulturbygg	8	Estimert	11/5/52	23
Bygning for lett industri, verksteder	8	Antas som for kontorbygg	9/5/52	19

I energirammeberegningene antas for enkelthets skyld all tilskuddsvarme fra belysningen overføres til rommet som varme.

Det er usikkert om verdiene i tabell 6.14, med unntak av verdiene fra Lysteknisk Selskap, kan sies å gjelde energieffektive lysanlegg. Dersom slike verdier hadde vært

tilgjengelige også for disse andre byggene, ville disse verdiene med stor sannsynlighet vært lagt til grunn. I energirammeberegningene er det også forutsatt kontinuerlig drift av belysningen i driftsperioden. For noen bygningstyper vil dette være representativt for driften, for andre ikke. Denne variasjonen gjelder også for bygg innenfor samme bygningskategori. Fordi energirammene ikke kan være representative for alle typer drift av lysanlegg, bør det i utgangspunktet ikke benyttes andre og mindre energikrevende driftsbetingelser for lysbruken i kontrollberegningen til energirammen.

En bør imidlertid kunne akseptere at det tas hensyn til gode energisparetiltak som styring av belysningen etter dagslysnivået samt bruk av tilstedeværelsesdetektorer i kontrollberegningen (tiltak som er best egnet hver for seg). I kontrollberegningen legges da verdier oppgitt for energirammen til grunn for energisparingen. Det må i denne sammenhengen huskes at verdiene oppgitt for energirammene er gjennomsnittsverdier for hele bygget, og de rommene som styres etter dagslyset eller tilstedeværelse vil kunne ha annen installert effekt. For boliger er det ikke aktuelt med slik styringsstrategi. Av den grunn bør slike bygg holdes utenfor når det gjelder muligheten for lysstyring i kontrollberegningen.

## 6.7 Utstyr

Det eksisterer lite data for energibruk til utstyr i bygninger. Her gjengis det som er funnet av slike data.

Budsjettposten *Diverse* i Modellbyggprosjektet [13] omfatter all annen energibruk enn målt for de øvrige energipostene. Dette innebærer i praksis energibruk til utstyr. Men annen energibruk, som egentlig hører under andre energiposter, kan være inkludert i posten *Diverse*. De målte verdiene for denne posten viser stor spredning innenfor de ulike bygningstypene, se tabellen under. Som følge av usikkerheten mht. hva disse postene egentlig omfatter, samt at spredningen er så stor, er ikke disse verdiene benyttet i energirammene.

**Tabell 6.15** Målte verdier [13] og verdier fra NS 3031 og Enøk Normtall for energibruk til belysning

Bygningstype	Antall bygg. Modellbygg	Gjennomsnittlig energibruk Modellbygg	Spredning energibruk Modellbygg	NS 3031	Enøk Normtall
		kWh/m <sup>2</sup> år	kWh/m <sup>2</sup> år	kWh/m <sup>2</sup> år	kWh/m <sup>2</sup> år
Høgskolebygg	4	35	15 – 45	34 (Skole)	29
Kontorbygg	8	27	17 – 48	28	26
Sykehjem	4	67	38 – 110	44	26
Dagligvare- butikker	3	69	53 – 95	42/42 (Butikk og varehus, med og uten matvarer)	-
Grunnskole- bygg	7	19	12 – 33	34 (Skole)	23 (barne- og ungdomsskole)

Enøk Normtall ble sist revidert i 1999, og gir de mest oppdaterte verdiene for utstyr for de bygningskategoriene som omfattes av normverdiene. Disse verdiene er benyttet

i energirammeberegningene. I Enøk Normtall oppgis energibruk til utstyr som både ikke utnyttbart og som utnyttbart. I energirammeberegningene forenkles dette slik at all energibruk til utstyr betraktes som utnyttbar, dvs. energien overføres til rommet som varme. For de bygningskategoriene som ikke omfattes av Enøk Normtall, benyttes verdier i NS 3031, eller de stipuleres.

**Tabell 6.16** Energibehov til utstyr, benyttet i energirammene

Bygningskategori	Effekt W/m <sup>2</sup>	Kilde	Driftstid Timer/døgn/uke	Energi kWh/m <sup>2</sup>
Småhus	5	Tilnærmet EN	16/7/52	29
Boligblokk	5	Tilnærmet EN	16/7/52	29
Barnehager	2	Tilnærmet EN	10/5/52	5
Kontorbygg	11	EN	12/5/52	34
Skolebygg	6	EN	10/5/44	13
Sykehus	8	Stipulert	16/7/52	47
Sykehjem	4	Tilnærmet EN	16/7/52	23
Hoteller	1	NS 3031	16/7/52	6
Restaurantbygg	10	Stipulert	8/7/52	58
Idrettsbygg	1	Tilnærmet NS 3031	12/5/44	3
Forretningsbygg	1	NS 3031	12/6/52	4
Kulturbygg	1	Tilnærmet NS 3031, museum	11/5/52	3
Bygning for lett industri, verksteder	10	Stipulert	9/5/52	23

Bruken av utstyr er svært brukeravhengig, og vil kunne variere mye. Det bør derfor benyttes samme verdier i kontrollberegningen som i energirammen.

For enkelthets skyld er det i energirammeberegningene antatt at all tilskuddsvarme fra utstyr overføres til rommet som varme.

## 6.8 Kjøling

I dagens tekniske forskrifter, § 8-2, heter det: *Byggverket og dets installasjoner skal utføres slik at kjølebehovet blir minst mulig og slik at det ikke oppstår et unødig kjølebehov.* Det er her snakk om komfortkjøling. Det er ikke gitt noen ytterligere bestemmelser knyttet til kjøling, som for eksempel maks. energibruk, slik det er gjort for oppvarming.

I prosjektet "Kartlegging av mekanisk kjøling i nye kontor- og forretningsbygg" [15] viste analysene at det installeres mekanisk kjøling (komfortkjøling) i minst 50 % av nye kontorbygg. Sannsynligvis er denne prosentandelen mye høyere. To av studiene i undersøkelsen antydet at kjøleanlegg installeres i nesten alle nye kontorbygg. For forretningsbygg var dataunderlaget mindre, men i en av studiene (spørreundersøkelse blant VVS-rådgivere) fremkom det at slike anlegg installeres i nesten alle nye forretningsbygg. Det fremkom ikke av det undersøkte materialet hvor stor andel av kjøleanleggene som var sentrale anlegg (kjølebatteri i ventilasjonsanlegg) eller lokal romkjøling.

Hvorfor mekanisk kjøling stadig benyttes oftere er ikke avklart, men mer bruk av glass og dårlig kontroll med solvarmen på toppen av allerede høyt varmetilskudd fra

lys og utstyr vil fort gi kjølebehov. Uhensiktsmessig utforming og styring av kjøleanlegget, som ikke er uvanlig, bidrar i seg selv også til økt energibruk. Dette kan gjelde både kjøling og oppvarming. En fornuftig utforming av bygningskroppen, først og fremst glassflatene, vil i mange bygg bidra til redusert kjølebehov.

I Bygningsnettverkets energistatistikk fra 2002 fremkommer det at energibruken i bygg med kjøleanlegg er betydelig høyere enn for bygg uten slike anlegg, dvs. ca. 25 % høyere for kontorbygg og ca. 30 % for forretningsbygg. Noe av den økte energibruken kan tilskrives vannbårne varmeanlegg, som er vanlig i bygg med kjøleanlegg (større bygg).

Energibehov til kjøling skal i revidert forskrift inkluderes i det totale energibehovet til drift av bygningen, både i energirammen og kontrollberegningen. I energirammeberegningene er det kun antatt kjøling av ventilasjonsluften i de bygningskategoriene hvor dette er aktuelt.

I [29] er det vist at lokal romkjøling i kontorbygg kan unngås ved fornuftig utforming av fasaden. Det er på grunnlag av dette ikke forutsatt energi til lokal romkjøling i energirammene.

Energiposten kjøling, som omfatter både sentral ventilasjonskjøling (kjølebatterier) og lokalkjøling (eks. kjøletak eller kjølebaffel), kan prinsipielt angis på to måter:

1. Som fjernet varme fra rommene (lokal kjøling) eller fjernet varme fra ventilasjonsluften, uten at det tas hensyn til effektiviteten (kjøle faktoren) til kjølesystemet. Det er dette som i internasjonal litteratur kalles "Cooling load", som best kan oversettes til kjølelast.
2. Eller som det elektriske energibehovet til kjølesystemet<sup>2</sup>, inkludert energi til kompressor/kjølemaskin, distribusjonspumper, vifter i tørrkjøler, motorstyrte ventiler, styringssystem, osv. Det elektriske energibehovet til kjøling angis da med en effektiv systemkjøle faktor for hele kjølesystemet. Systemkjøle faktoren er da definert som fjernet varme (kjølelast) delt på det elektriske behovet til utstyret nevnt over, og vil i praksis være betydelig lavere enn kjøle faktoren til kompressoren i kjølemaskinen.

I energirammen (netto energibehov) er det valgt å angi energibehovet til kjøling som det elektriske energibehovet til *hele* kjølesystemet. Dessverre finnes ikke noe godt datagrunnlag for å bestemme praktisk systemkjøle faktor, men i følge [40] er ikke systemkjøle faktor rundt 1,0 uvanlig. Systemkjøle faktoren er i energirammen satt til 1,0. Dette betyr at det elektriske energibehovet til kjølesystemet antas likt som kjølelasten til bygget (sentralt og lokalt). Videre innebærer dette at energirammen

---

<sup>2</sup> Elektrisk energibehov til romkjøling og ventilasjonskjøling (komfortkjøling) beregnes som:

$E_{cool} = Q_{cool} / COP = W_{kompr} + W_{aux}$

$Q_{cool}$  Kjølelasten (fjernet varme) til romkjøling og ventilasjonskjøling.

COP Systemkjøle faktor for kjølesystemet som er forholdet mellom fjernet varme og elektrisk energi til kompressor, sirkulasjonspumper, vifter, ventiler og styringssystem.

$W_{kompr}$  Elektrisk energi til kompressoren i kjølemaskinen(e)

$W_{aux}$  Elektrisk energi til sirkulasjonspumper, vifter, ventiler (motorstyrte) og styringssystem i kjølesystemet

ikke blir så stram som den ville ha blitt dersom høyere systemkjølefaktor hadde blitt lagt til grunn.

Samme kjølefaktor bør benyttes i kontrollberegningen til energirammen dersom ikke annen og bedre kjølefaktor kan dokumenteres nøye. Da må også energibehov til distribusjonspumper, vifter i tørrkjølere, osv. dokumenteres, og ikke bare bruke kjøle faktoren for kjølemaskinen.

## 6.9 Personvarme

Varmetilskudd fra personer påvirker en bygnings varmebalanse, og må derfor tas hensyn til i energiberegninger. For varmetilskudd fra personer finnes det ikke noe statistikk. Det er derfor benyttet verdier i Enøk Normtall og NS 3031. Samme verdier bør benyttes i kontrollberegningen. Tabellen under viser tilført effekt og energi fra personer.

**Tabell 6.17** Varmetilskudd fra personer, benyttet i energirammene (EN tilsvarende Enøk Normtall)

Bygningskategori	Effekt W/m <sup>2</sup>	Kilde	Driftstid Timer/døgn/ uke	Tilført varme kWh/m <sup>2</sup> år
Småhus	2	Tilnærmet EN	24/7/52	17
Boligblokk	2	Tilnærmet EN	24/7/52	17
Barnehager	6	EN	10/5/52	16
Kontorbygg	4	EN	12/5/52	12
Skolebygg	12	EN	10/5/44	26
Sykehus	2	NS 3031	24/7/52	17
Sykehjem	3	Tilnærmet EN	24/7/52	26
Hoteller	2	NS 3031	24/7/52	17
Restaurantbygg	2	Som hoteller	8/7/52	12
Idrettsbygg	10	NS 3031	12/5/44	26
Forretningsbygg	10	NS 3031	12/6/52	37
Kulturbygg	4	NS 3031	11/5/52	11
Bygning for lett industri, verksteder	2	NS 3031	9/5/52	5

## 6.10 Driftstider

I årsrapporten fra Bygningsnettverkets energistatistikk fra 2002 [33] er det vist brukstider per uke for de største bygningsgruppene, dvs. timer med full drift mht temperaturer, ventilasjonsluftmengder og bruk av lys og utstyr. Ved fastsettelse av driftstider i energirammeberegningene er det hensiktsmessig å benytte tilsvarende verdier i den grad det er mulig ut fra ønsket om enkle driftsbetingelser, se under. Bruk av denne statistikken gjør at energirammenivået blir mest mulig realistisk i forhold til virkelig drift. Statistikken viser ikke i hvilken grad driften av bygningene er tilpasset ferieavvikling.

Det er nødvendig å benytte driftstider i både energirammen og kontrollberegningene som er enkle å forholde seg til. Av den grunn er det, men unntak fra skolebygninger



og idrettsbygg, valgt å se bort fra helligdager og ferier. For skole- og idrettsbygg forutsettes det 8 ukers ferie.

For at verdiene for driftstider, som skal benyttes i kontrollberegningene til energirammen, skal bli mest mulig oversiktelige, er det i utgangspunktet ønskelig å benytte samme driftstider for lys, utstyr osv for de enkelte bygningskategoriene. Samtidig er det behov for å gi mest mulig realistiske energirammer. For å ta hensyn til dette, er det for noen bygningstyper hensiktsmessig å differensiere driftstidene. Disse driftstidene er vist i uthevet font i tabell 6.18. Tabellen angir antall timer per døgn, antall døgn per uke og antall uker per år.

**Tabell 6.18** Driftstider benyttet i energirammene.

Bygningskategori	Driftstider	Driftstider	Driftstider
	Lys, utstyr, temperaturer	Personer	Ventilasjon
	Timer/døgn/uker	Timer/døgn/uker	Timer/døgn/uker
Småhus	<b>16/7/52</b>	24/7/52	24/7/52
Boligblokk	<b>16/7/52</b>	24/7/52	24/7/52
Barnehager	10/5/52	10/5/52	10/5/52
Kontorbygg	12/5/52	12/5/52	12/5/52
Skolebygg	10/5/44	10/5/44	10/5/44
Sykehus	16/7/52	<b>24/7/52</b>	16/7/52
Sykehjem	16/7/52	<b>24/7/52</b>	16/7/52
Hoteller	16/7/52	<b>24/7/52</b>	16/7/52
Restaurantbygg	8/7/52	8/7/52	8/7/52
Idrettsbygg	12/5/44	12/5/44	12/5/44
Forretningsbygg	12/6/52	12/6/52	12/6/52
Kulturbygg	11/5/52	11/5/52	11/5/52
Bygning for lett industri, verksteder	9/5/52	9/5/52	9/5/52

## 6.11 Sammenstilling av tabulerte inndata

I tabell 6.19 er det vist en samlet oversikt over inputdata til tekniske anlegg og utstyr som skal benyttes i kontrollberegningen til energirammen. For belysning kan verdiene i tabellen korrigeres ved styring etter dagslystilgang eller tilstedeværelse. Også inndata for ventilasjonsluftmengder er vist for oversiktens skyld, disse verdiene er *ikke* normative verdier som verdiene for lys, utstyr osv. I kapittel 6.10 er det gitt en sammenstilling av driftstider, denne gjengis ikke her.

**Tabell 6.19** Sammenstilling av en del driftsbetingelser, benyttet i energirammene og som skal benyttes i kontrollberegningen til energirammen (ikke luftmengder).

Bygningskategori	Driftsbetingelser i energirammen og kontrollberegningen					Ventilasjonsluftmengder m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h
	Lys W/m <sup>2</sup>	Utstyr W/m <sup>2</sup>	Temperaturer, romoppvarming °C	Personer W/m <sup>2</sup>	Varmt tappevann kWh/m <sup>2</sup>	
Småhus	4	5	21/19	2	35	1,2
Boligblokk	4	5	21/19	2	35	1,4
Barnehager	8	2	21/19	6	10	12/3
Kontorbygg	8	11	21/19	4	5	10/3
Skolebygg	10	6	21/19	12	10	16/3
Sykehus	8	8	21/19	2	30	16/3
Sykehjem	8	4	21/19	3	30	14/3
Hoteller	8	1	21/19	2	30	10/3
Restaurantbygg	8	20	21/19	4	30	18/3
Idrettsbygg	8	1	19/17	10	50	12/3
Forretningsbygg	15	1	21/19	10	10	18/3
Kulturbygg	8	1	21/19	4	10	12/3
Bygning for lett industri, verksteder	8	10	21/19	2	10	12/3

## 7 Beregnede energirammer

Under presenteres beregnet energibehov for energirammene. Alle energiberegninger er foretatt for Oslo, Blindern. Beregningene er utført med programmet Energi i bygninger fra Programbyggerne [17]. Det er det totale energibehovet (netto) som er rammen, de ulike energipostene er kun tatt med for oversiktens del.

Tabellen er ikke nødvendigvis representativ for et energibudsjett for bruk i kontrollberegningen. Et slikt energibudsjett må følge NS 3032 Bygningers energi- og effektbudsjett når denne blir revidert.

**Tabell 7.1** Beregnede energirammer

Bygningskategori Energibudsjett (kWh/m <sup>2</sup> år)	Småhus	Boligblokker	Barnehager	Kontorbygg	Skolebygg	Sykehus	Sykehjem	Hoteller	Restaurantbygg	Idrettsbygg	Forretningsbygg	Kulturbygg	Bygning for lett industri og verksteder
	Romoppvarming	41	15	70	27	32	50	38	47	46	49	51	52
Varmebatterier	9	11	25	21	25	41	37	28	33	40	44	26	25
Varmt forbruksvann	35	35	10	5	10	30	30	30	30	50	10	10	10
Vifter	7	10	23	22	25	54	48	35	34	23	49	24	21
Pumper oppvarming		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Belysning	23	23	21	25	22	47	47	47	23	21	56	23	19
Utstyr	29	29	5	34	13	47	23	6	29	3	4	3	23
Lokal kjøling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kjølebatterier	0	0	0	24	0	50	0	31	36	0	53	26	21
Sum (netto energibehov)	144	124	155	159	128	320	224	225	232	187	268	165	156
Avrundet verdi for energirammer	150*	130*	160	160	130	320	220	230	230	190	270	170	160

\* For småhus og boligblokker det avrundet oppover.

I tabell 7.2 er beregnede energirammer sammenlignet med høyeste nivå for spesifikk energibruk for de mest energieffektive bygningene i Enovas energistatistikk (henholdsvis 10 % og 20 % av bygningene).

**Tabell 7.2** Sammenligning mellom beregnede energirammer og høyeste energibruk for de mest energieffektive bygningene (10 % og 20 % av bygningene) i Enovas energistatistikk [33].

Bygningskategori	10 % av byggene. <i>Brutto</i> energibehov kWh/m <sup>2</sup> år	20 % av byggene. <i>Brutto</i> energibehov kWh/m <sup>2</sup> år	Energirammer. <i>Netto</i> energibehov kWh/m <sup>2</sup> år
Småhus	-	-	150
Boligblokk	-	-	130
Barnehager	Ca. 160	Ca. 175	160
Kontorbygg	Ca. 150	Ca. 160	160
Skolebygg	Ca. 130	Ca. 150	130
Sykehus	Ca. 300	Ca. 335	320
Sykehjem	Ca. 240	Ca. 245	220
Bo- og behandlingssenter	Ca. 200	Ca. 220	
Hoteller	-	-	230
Restaurantbygg	-	-	230
Idrettsbygg	Ca. 160	Ca. 175	190
Forretningsbygg			270
Kjøpesenter	Ca. 300	Ca. 350	
Butikker	Ca. 350	Ca. 380	
Andre forretningsbygg	Ca. 220	Ca. 240	
Kulturbygg	-	-	170
Bygning for lett industri, verksteder	-	-	160

Det skal ikke legges for stor vekt på sammenligningen av verdiene i tabell 7.2. Til det kan mye av forutsetningene være for ulike. I energistatistikken vil for eksempel lave verdier for energibehov i enkelte tilfeller kunne tilskrives store arealer, slik at spesifikk energibruk blir lav. Antall bygg som grunnlag for statistikken er også begrenset for enkelte bygningstyper. I statistikken er tap i varmesystemer inkludert, dette gjelder ikke de beregnede energirammene. Med slikt tap kunne en forenklet antatt at energirammene hadde blitt opp til 10 % høyere.

På tross av punktene nevnt over, kan en generelt si at energirammene ligger innenfor de 20 % mest energieffektive bygningene i Enovas energistatistikk.

## 8 Tilleggskrav til energirammene

### Minstekrav til varmeisolasjon

Energirammemetoden gir fleksibilitet mht. tiltak for å tilfredsstille kravet til energibehov. For å sikre at bygningskroppens varmeisolasjonsnivå ikke blir for dårlig, er det nødvendig å opprettholde et minstekrav på samme måte som i dagens forskrift for metoden ”Varmetapsrammer”. I REN veiledning fra 2003 er det gitt følgende bestemmelse: *U-verdiene for de enkelte bygningsdeler bør ikke velges høyere enn normative U-verdier gitt for nærmeste lavere temperaturklasse.*

For bygninger som omfattes av energirammene, dvs. fullt oppvarmede bygninger, betyr bestemmelsen at minstestandarden skal følge verdiene i kolonnen  $15\text{ °C} < T < 20\text{ °C}$  i tabell i § 8-2. I stedet for ”bør”, anbefales det at ”skal” benyttes, slik at en oppnår et absolutt minstekrav. Dagens U-verditabell benyttes, men U-verdier for vinduer, glassvegger og glasstak justeres slik anbefalt i [2]. Kolonnen for  $T \geq 20\text{ °C}$  kan sløyfes. For dører anbefales det at U-verdien følger verdien for vinduer, slik det er gjort i gjeldene tabell. For bygg oppvarmet til under  $20\text{ °C}$ , vil også tabellen kunne benyttes, se kapittel 9.4. Forslag til revidert tabell er vist under.

**Tabell 8.1** Forslag til revidert U-verditabell, for bygningstyper oppvarmet til under  $20\text{ °C}$

Bygningsdel	Innetemperatur og varmegjennomgangskoeffisient ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ )		
	$15\text{ °C} \leq T \leq 20\text{ °C}$	$10\text{ °C} \leq T \leq 15\text{ °C}$	$0\text{ °C} \leq T \leq 10\text{ °C}$
Yttervegger <sup>1</sup>	0,28	0,40	0,60
Tak, gulv på grunn og mot det fri	0,20	0,30	0,60
Vinduer <sup>2</sup> , dører	1,4	1,4	1,4
Glassvegger og glasstak <sup>2</sup>	1,6	1,6	1,6

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

2 Verdier gitt for vertikale flater

For glassgårder bør det stilles krav til hva slags innetemperatur som skal benyttes i kontrollberegningen, avhengig av glassgårdens funksjon. Dette er beskrevet i kapittel 6.3

### Krav til vannbåren varme?

Som et supplement til energirammer fremmes stadig synspunkter om at det må påbys vannbårne varmeanlegg. I dette ligger hovedsakelig hensynet til redusert elektrisitetsforbruk (både energi og effekt) til oppvarming. Et slikt krav bør på samme måte som utredning av forskriftskrav til energibruk baseres på en lønnsomhetsvurdering. Dersom ikke lønnsomhetskriteriet skal ligge til grunn for et krav til vannbåren varme, burde det heller ikke gjøre det når det gjelder bygningers energieffektivitet. En kunne da rett og slett påby nok energisparetiltak slik at behovet for oppvarming (ikke varmtvann) ikke var tilstede. All vurdering av type varmesystemer for romoppvarming ville således bli overflødig. Imidlertid tilsier all erfaring at det siste alternativet ville møtt massiv motstand. Men kostnaden knyttet til et slikt krav ville ikke nødvendigvis vært høyere enn for et vannbårent varmeanlegg. Miljøeffekten ville sannsynligvis blitt bedre, i alle fall når en sammenligner med vannbårne anlegg basert på fossile brensler (inkludert fjernvarme).

Et eventuelt krav om vannbåren varme vil også slå bena unna lavenergikonsepter hvor oppvarmingsbehovet er marginalt. En kan ikke investere i både kostbart varmeanlegg og energisparende tiltak som gir lavt varmebehov.

De siste årene har det vært en økning i andel vannbåren gulvvarme i nye eneboliger. Tall fra Statistisk Sentralbyrå viser at vannbasert gulvvarme nå installeres i nær 40 % av alle nye eneboliger. Det foreligger ikke noen statistikk over hva slags energibærer som brukes i disse varmeanleggene, men det antydes fra flere hold at rundt 80 % har kun elektrisk oppvarmingsmulighet. Også NVE antyder at de fleste nye vannbårne anlegg i boligsektoren baseres på elektrisitet [32]. Vannbårne varmesystemer er med andre ord ingen garanti for omlegging fra elektrisk oppvarming.

Det hevdes i denne sammenhengen at det vannbårne varmeanlegget gir mulighet for konvertering til andre energibærere. Realismen i dette kan diskuteres, spesielt for boliger, siden en slik konvertering krever store investeringer. Disse investeringene skal betales av differansen i energiprisen mellom elektrisitet og alternativ energibærer.

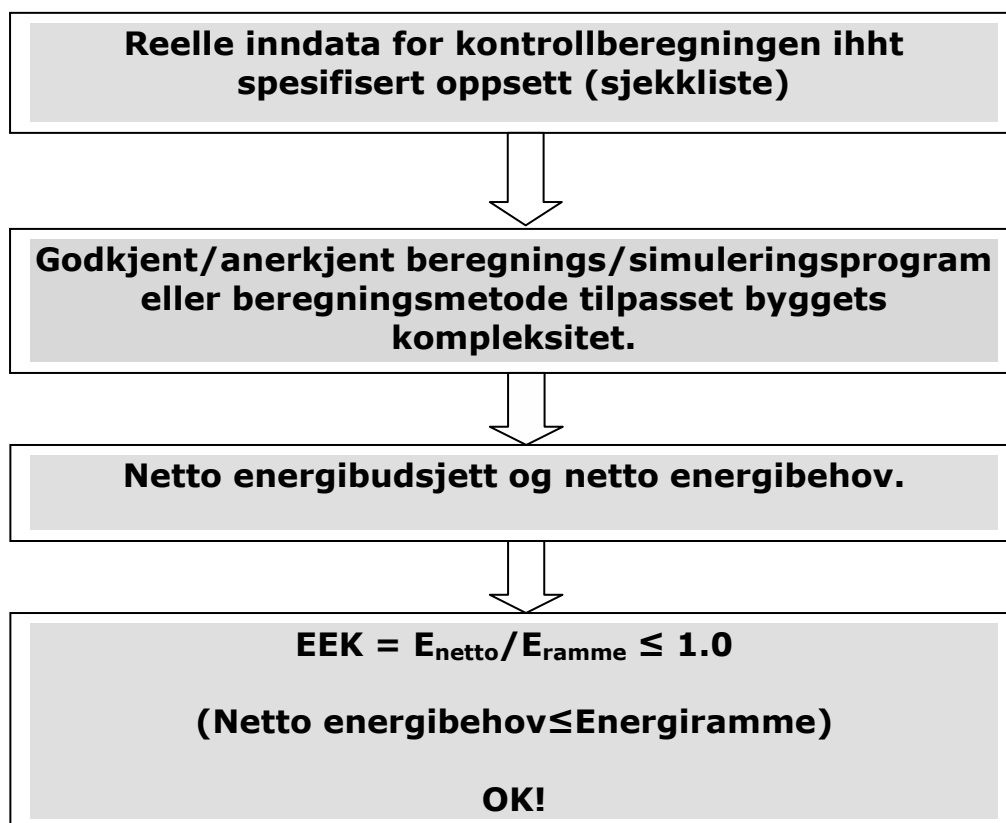
Det hevdes også at man med vannbårne gulvvarmeanlegg kan opprettholde lavere innetemperatur som følge av økt komfort når gulvene er varme. På denne måten skal det da kunne spares 5 til 10 % av varmebehovet. I teorien er ikke dette urealistisk. Men statistikk fra Enova [33], viser at det i bygninger med vannbåren varme brukes ca. 10 % *mer* energi enn de bygningene som er varmet opp med direkte elektrisitet. Denne økningen er knyttet til oppvarmingen, og oppvarmingsbehov vil derfor være relativt større, anslagsvis 20 %.

Krav om vannbåren varme bør av de nevnte årsakene ikke fremmes, i alle fall ikke uten grundig konsekvensutredning på linje med de energisparetiltakene som inngår i energirammene.

## 9 Dokumentasjon (kontrollberegning)

For at intensjonene med reviderte energikrav skal oppfylles, bør det stilles til dels store krav til dokumentasjon av beregnet energibehov (kontrollberegningen). Gangen i dokumentasjonsprosedyren kan beskrives slik:

1. Først bestemmes reelle (prosjekterte) inndata for kontrollberegningen, sammenholdt mot standard inndata som ligger til grunn for energirammen. Se avsnitt 9.1.
2. Beskrivelse eller angivelse av beregningsmetode som er brukt i kontrollberegningen. Se avsnitt. 9.2.
3. Beregnet netto energibehov etter visse retningslinjer.
4. Beregning av koeffisient for byggets energieffektivitet (EEK<sup>3</sup>), som skal være mindre eller lik 1.0. Det betyr at beregnet netto energibehov skal være lik eller mindre enn energirammen for bygningstypen.



Figur 9.1 Illustrasjon av foreslått dokumentasjonsmetode.

<sup>3</sup> EEK kan sammenlignes med den engelske forkortelsen EPC, som står for Energy Performance Coefficient. EPC er allerede et innarbeidet begrep i Europeisk standardiseringsarbeid.

### **EEK**

Det anbefales at energieffektiviteten til bygget oppgis med en koeffisient for energieffektivitet, her benevnt *EEK*, se punkt 4 over. *EEK* er definert som netto energibehov dividert på energirammen for bygningskategorien:

$$EEK = \frac{E_{netto}}{E_{ramme}}$$

Kravet til energieffektivitet er da at *EEK* er mindre eller lik 1.0.

Argumenter for å innføre *EEK* er:

- Gir en normalisert fremstilling av energieffektiviteten til bygningen uavhengig av bygningstype/kategori. "Benchmark" er foreslått energiramme.
- Vil være nyttig ved revisjoner/skjerpelser av forskriftene (hvert 5 år ihht EU-direktivet). En skjerpelse til for eksempel  $EEK = 0,9$  (må selvsagt konsekvensutredes), vil da føre til en 10 % reduksjon av energibruken i nye bygg.
- Vil på en enkel måte synliggjøre forskjellen på eksisterende bygg med lav energistandard ( $EEK > 1.0$ ) og nye energieffektive bygg ( $EEK < 1.0$ ).
- Vil være nyttig når det skal innføres frivillige og/eller obligatoriske energimerke- og energisertifikatsordninger ihht EU-direktivet.

I vedlegg C er det gitt et utkast til hvordan hele dokumentasjonskravet kan presenteres på en A4 side, der prosjektdata, beregningsmetode, inndata, energibudsjett og *EEK* angis.

## 9.1 Inndataverdier i kontrollberegningen

I vedlegg C er det vist hvilke inndata som bør oppgis i kontrollberegningen, og sammenlignes med verdier brukt i beregningen av energirammen. Inndata vist i kursiv er data som er faste, dvs. data der det skal brukes samme verdi i kontrollberegningen og energiramme, se også vedlegg B. En slik sjekklister vil være nyttig som en grov beskrivelse av energistandarden for bygget. Det vil også bidra til å gjøre energiberegningen mer transparent sli at det blir enklere å sjekke energirammeberegningen i ettertid. Det vil dessuten gjøre det vanskeligere å manipulere kontrollberegningen.

## 9.2 Krav til beregningsmetode

Pr. i dag finnes det ikke noen nasjonal (NS) eller internasjonal (CEN eller ISO) standard som kan beregne "integrert" energibruk for alle typer bygg med ulik kompleksitet. For enklere bygg som boliger og bygg uten kjøling og avanserte ventilasjonsanlegg, kan standardene NS-EN 832 og prEN ISO 13790 brukes. Det arbeides i CEN med å få fram standarder som kan beregne integrert energibruk, dvs. kjøling, ventilasjon og belysning i mer komplekse bygg. Men dette arbeidet er ventet



å ta flere år. Det må derfor åpnes for at ulike programmer og beregningsmetoder skal kunne brukes, avhengig av type bygg, og kompleksiteten til bygget. Det bør imidlertid stilles visse krav til program/beregningsmetoden. Det foreslås at det settes krav til at ett av kriteriene under er tilfredsstillt:

- Beregningen gjøres etter en nasjonal/internasjonalt standard, som NS-EN 832 eller prEN ISO 13790.
- Beregningen utføres med anerkjente beregningsprogram som har stor utbredelse og som har blitt uttestet gjennom praktisk bruk over lengre tid.
- Simuleringsprogrammer som har blitt grundig testet gjennom standard testprosedyrer, for eksempel: BESTTEST [34] og ”Empirical validation of thermal simulation programs” [35] utarbeidet i IEA regi.

### 9.3 Energiramme for ulike klima

Energirammen for ulike bygningstyper er utarbeidet for Oslo-klima (Blindern). Kontrollberegningen skal også beregnes for Oslo-klima. Kravet til bygningens energieffektivitet vil derfor være uavhengig av lokalt klima. Prinsippet om likt krav for hele landet ble innført i 1980, og er ikke endret her.

Når krav til energisertifikat for bygget skal implementeres, vil det være nødvendig å beregne energibehov med klimadata for stedet bygget skal oppføres. Å beregne energibehov for et annet klima enn Oslo vil i de fleste tilfeller være svært enkelt ved bruk av dataprogram.

### 9.4 Dokumentasjon av ”andre” bygg

Noen bygningstyper vil falle utenfor de definerte bygningskategoriene som det er utarbeidet energiramme for, se kapittel 5.1. Dette gjelder hovedsakelig delvis oppvarmede bygninger, men kan også gjelde fullt oppvarmede bygninger. For slike bygg foreslås det at energieffektiviteten kan tilfredsstilltes på følgende måte:

Delvis oppvarmede bygg: dagens metoder ”Varmeisolasjon” og ”Varmetapsrammer” benyttes. Som for andre bygninger bør 20 %-regelen for vindus- og dørareal gjelde. U-verdier etter tabell gitt i kapittel 8 benyttes.

Fullt oppvarmede bygg (og delvis oppvarmede bygg): Det gis adgang til at det utarbeides egen energiramme. De samme forutsetninger som er innbakt i energirammen for U-verdier, SFP, varmegjenvinning, osv. bør brukes også her. For driftstider, luftmengder, utstyr- og belysningseffekt brukes typiske verdier for den aktuelle bygningstypen. Som for andre bygningskategorier kan man bruke en annen energimessig utforming/standard for bygget (dokumentert i kontrollberegningen) forutsatt at energirammen overholdes. Slik type dokumentasjon vil gi større rom for manipulasjon enn for andre definerte bygningskategorier. Men dette vil neppe ha noe stor samfunnsmessig konsekvens siden denne bygningsmassen trolig utgjør en relativt liten andel av den totale bygningsmassen og dermed energibruken (se også avsnitt

5.1). Det bør gis nærmere retningslinjer for hvordan en slik metode skal utformes, for eksempel i en temaveileder.

Ved vurderingen av energirammen for bygningskomplekser med flere bruksfunksjoner, bør det være mulig å behandle ulike deler av bygningsmassen i henhold til kravene for de aktuelle funksjonene (bygningsskategorier). For en skole med gymnastikksal vil det være naturlig å stille samme krav til gymnastikksalen som for idrettsbygg, mens undervisningsdelene av bygget må oppfylle kravene for skolebygget.

## 10 Energisparepotensiale med nye forskriftskrav

Beregning av energisparepotensialet ved nye forskriftskrav til energibehov i bygninger, er foretatt for ny bygningsmasse. For den eksisterende bygningsmassen foreligger det dårlig statistikkunderlag når det gjelder energieffektivitet, samt omfanget av og type enøktiltak som iverksettes ved rehabilitering.

Ved beregning av energisparepotensialet er det antatt en viss grad av årlig utbygging, se under. Som underlag er det tatt utgangspunkt i byggearealstatistikk fra Statistisk Sentralbyrå (SSB), for de 10 siste årene det foreligger statistikk.

*Årlig utbygging:*

Boliger: 2.800.000 m<sup>2</sup>

Andre bygningstyper (ikke jordbruk, fiske, produksjonsbygg for bergverk og industri): 2.166.000 m<sup>2</sup>

*Nytt vindusareal er satt til 20 % av nytt bruksareal, dvs.:*

Boliger: 560.000 m<sup>2</sup>

Andre bygningstyper: 433.200 m<sup>2</sup>

### **Energisparing ved bedre tetthet**

En reduksjon av tetthetskravet fra 4 til 2 luftskifter i timen ved 50 Pa, medfører en reduksjon av infiltrasjonen på 0,1 luftvekslinger i timen. Dersom en antar innvendig romhøyde på 2,5 meter som et gjennomsnitt for ny bebyggelse, og at 90 % av arealet er åpent gulvareal (grunnlag for volumberegning), vil økt tetthet medføre en energisparing på om lag 40 GWh for ny bygningsmasse hvert år.

### **Energisparing ved lavere U-verdier for vinduer**

For boliger er reduksjonen av U-verdi 0,2 W/m<sup>2</sup>K. Tilsvarende gjelder sykehjem, sykehus og skolebygg. Totalt areal for denne bygningsmassen (ikke boliger) utgjør om lag 15 % av arealet for ”andre bygningstyper”, se over. For øvrige bygningstyper er redusert U-verdi for vinduer 0,6 W/m<sup>2</sup>K. Samlet energisparepotensiale hvert år for ny bygningsmasse blir om lag 35 GWh som følge av skjerpet kravnivå for vinduer.

### **Energisparing pga. varmegjenvinning fra ventilasjonsluft i boliger**

Det antas at 50 % av nye boliger i dag har balansert ventilasjonsanlegg. Det antas også at virkningsgrad for varmegjenvinneren er 60 %. Alternativet til balansert ventilasjon med varmegjenvinning er mekanisk avtrekksventilasjon. Sparepotensialet blir med disse forutsetningene om lag 35 GWh for ny boligmasse hvert år.

### **Energisparing pga. økt temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinnere (ikke boliger)**

Sparepotensialet ved økning av temperaturvirkningsgraden fra 60 til 70 % er avhengig av ventilasjonsluftmengdene. Dessuten er ikke dagens energirammemetode pålagt å bruke ved dokumentasjon av energibehovet i nye bygg. Det kan derfor ikke sies at forskriften blir skjerpet på dette området. Dersom det allikevel ses bort fra disse punktene, og det antas en gjennomsnittlig luftmengde på 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h, vil årlig redusert energibehov for ”andre bygningstyper” bli om lag 60 GWh.

**Energisparing pga. lav SFP i ventilasjonsanlegg (ikke boliger)**

Det antas at SFP for ventilasjonsanlegg i ”andre bygningstyper” reduseres med 2 (kW/(m<sup>3</sup>/s)) i snitt. Videre antas en gjennomsnittlig luftmengde i denne bygningsmassen på 8 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h over døgnet. Sparepotensialet blir med disse forutsetningene om lag 84 GWh per år for ny bygningsmasse.

**Annen energisparing**

Ut over de energisparetiltakene som er nevnt over, vil ytterligere energisparing ved nye forskrifter være sannsynlig som følge av:

- redusert kjølebehov, spesielt i kontorbygg
- moderate luftmengder i energirammen (pga forutsetning om normalemitterende materialer og lav solbelastning)
- endrede krav til U-verdier for delvis oppvarmede bygg, inkludert glassgårder
- økt krav til dokumentasjon av energibehovet, som gir større ansvar mht realistisk energibehov

Dette er tiltak det ikke er mulig å anslå noe energisparepotensiale for. Men potensialet kan regnes å være betydelig.

**Eksisterende bygningsmasse**

Nye forskrifter vil også bidra til et energisparepotensiale for eksisterende bygningsmasse, som omfattes av forskriften. Det ikke foreligger noen god oversikt over denne bygningsmassens energitekniske standard, og det er derfor vanskelig å estimere noe energisparepotensiale som følge av nye forskriftskrav. Imidlertid kan en gjøre noen grove estimater når det gjelder utskifting av vinduer, som er et enkelt tiltak i eksisterende bygninger.

Eksisterende boligmasse utgjør om lag 285.000.000 m<sup>2</sup>. For annen bygningsmasse, som antas holdes oppvarmet til over 20 grader, er tilsvarende areal ca. 125.156.000 m<sup>2</sup> [7]. For hver % (areal) av bygningsmassen som hvert år får skiftet ut vinduene, vil en få redusert energibehovet med:

Boliger: ca. 10 GWh

Annen oppvarmet bygningsmasse: ca. 13 GWh.

Hvor stor andel av eksisterende bygningsmasse (arealandel) som får skiftet ut vinduene er ikke kjent. Det er i beregningene av energisparepotensialet forutsatt at vindusarealet utgjør 15 % av gulvarealet, og at U-verdien for vinduer i boliger ved utskifting er 1,4 W/m<sup>2</sup>K i stedet for 1,6 W/m<sup>2</sup>K (1997-forskrift), og for andre bygninger 1,4 W/m<sup>2</sup>K i stedet for 2,0 W/m<sup>2</sup>K (1997-forskrift). Det er ikke tatt hensyn til varmesystemenes systemvirkningsgrad.

**Total energisparing**

Total energisparing for nye bygg vil ved nye forskrifter minst bli 250 GWh per år. Etter 10 år vil årlig energisparing dermed utgjøre ca. 2,5 TWh. Det totale sparepotensialet kan, sli beskrevet over, antas å bli betydelig høyere.

Prosentvis reduksjon av energibehovet for både boliger og øvrig bygningsmasse (oppvarmet) blir ca. 20 %, når det er tatt hensyn til bedret tetthet, lavere U-verdi for

vinduer, varmegjenvinning i boliger samt redusert vifteenergi. Ventilasjonsluftmengdene er antatt like for beregninger etter forskrift fra 1997 og forslag til revidert forskrift.

## 11 Kostnader knyttet til nye forskrifter

### **Byggekostnader**

Energisparetiltak som er forutsatt i nye energirammer, er i ulike undersøkelser vist å være lønnsomme når det tas hensyn til energisparingen. Lønnsomhetskriteriene varierer for de ulike undersøkelsene, både når det gjelder nedbetalingstid, rente og energipris. Det har ikke vært en del av prosjektet å foreta nye analyser for å få etablert samme lønnsomhetskriterier. Tiltakene vil ikke nødvendigvis betraktes som privatøkonomisk lønnsomme, dersom det tas hensyn til alternativ plassering av investert kapital. I forskriftssammenheng er det imidlertid vanlig å forutsette en levetid tilsvarende økonomisk levetid for de tiltakene som vurderes.

For tiltakshaver er det ikke bare lønnsomhet over tiltakets levetid som er interessant. Viktigere er ofte selve investeringskostnaden for tiltaket. Under er det forsøkt å gi en oversikt over hva ulike energisparetiltak, sett i forhold til 1997-forskriften, innebærer mht til både økte og reduserte investeringskostnader. I hvilken grad disse er tatt hensyn til ved eventuell omsetning av bygget, er ikke vurdert.

**Tabell 11.1** Økte/sparte investeringskostnader forbundet med nye forskriftskrav

Type tiltak	1997-forskrift	Nye energirammer	Økt/spart kostnad	Kommentar
Vinduer (W/m <sup>2</sup> K)	1,6	1,4	0 [2]	Det tas hensyn til redusert behov for installert effekt for oppvarming. Kostnader ses i forhold til forskrift fra 1997, ikke dagens praksis.
Vinduer (W/m <sup>2</sup> K)	2,0	1,4	Tilnærmet 0 [2]	Det tas hensyn til redusert behov for installert effekt for oppvarming
Bedre tetthet (luftvekslinger per time, 50 Pa)	4,0	2,0	+ ca. 3.000 kroner for en bolig på 150 m <sup>2</sup> [3]	Ikke tatt hensyn til reduserte kostnader for installert effekt til oppvarming
Varmegjenvinning i boliger	Ikke krav	Forutsatt	+ ca. 25.000 kroner [5]	Ikke nødvendigvis økt kostnad, siden dette tiltaket benyttes i utstrakt grad i dag. Ses i forhold til mekanisk avtrekksventilasjon (1997). Ikke tatt hensyn til reduserte kostnader for installert effekt til oppvarming
Temperaturvirkningsgrad 70 % (ikke boliger)	60 %	70 %	0 kroner	I følge NVEF (i referansegruppen) innebærer ikke dette økt kostnad.
SFP (kW/m <sup>3</sup> s)	Ikke krav	Forutsatt 2 dag/1,0 ved redusert luftskifte	+ 20kr/m <sup>2</sup>	Gjelder reduksjon av SFP fra 4 til 2 for 10.000 m <sup>3</sup> /h. Antar areal 1000 m <sup>2</sup> . Kostnad per m <sup>2</sup> blir dermed ca. 20kroner.
Kjøling	Ikke tallfestet krav	Forutsatt lavere kjølebehov i forhold til praksis	Usikkert	Kan representere betydelig <i>sparte</i> kostnader, både for bygg og installasjoner

***Kostnader for dokumentasjon av energibehov***

I dagens forskrift er det kun påkrevd at energibehov til oppvarming eller kun U-verdier er dokumentert. Ny foreslått metode krever utvilsomt både mer arbeid og større kompetanse mht dokumentasjon av energibehovet. Kostnaden knyttet til dokumentasjonen vil derfor bli høyere enn i dag. Det er her ikke foretatt noen estimat over disse kostnadene.

## Referanser

- 1 Dokka, T. H., Thyholt, M. *Revidert metode for energirammeberegning*. STF22 A01523. SINTEF, 2001
- 2 Thyholt, M. *Revidering av U-verdikrav for vinduer og glassfelt*. STF 22 A02515. SINTEF, 2002
- 3 Pettersen, T. m.fl. *Infiltrasjon og lufttetthet til bygninger – Statusrapport*. Norges byggforskningsinstitutt, 2003.
- 4 Mysen, M., Polak, K., Valasjø, F. *Energieffektiv viftedrift -prosjekteringsveiledning*. Prosjekteringsveiledning for Statsbygg. Norges byggforskningsinstitutt, 2000.
- 5 Schild, P. *Nasjonal undersøkelse av boligventilasjon med varmegjenvinning*. Prosjektrapport 2003. Norges byggforskningsinstitutt, 2003.
- 6 Pettersen, T: *Uncertainty analysis of energy consumption in dwellings*. 1997
- 7 Tokle, T., Tønnesen, J, Enlid, E. *Status for energibruk, energibærere og CO2-utslipp for den norske bygningsmassen*. Rapport A 4887. SINTEF, 1999
- 8 *Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings*.
- 9 NINA. *Hyttebygging i Norge*. Oppdragsmelding 709. 2002
- 10 Miljøverndepartementet. *Planjuss nr. 1/2002*
- 11 Byggforskserien. *Byggdetaljer A552.340*. Norges byggforskningsinstitutt, 1994.
- 12 Volla, R. *Consumer heating systems for district heating - development by system simulations and service hot measurements*. NTH, 1996.
- 13 Enovas byggoperatør. *Modellbyggprosjektet. Måling av formålsdelt energibruk i 26 bygninger*. 2002.
- 14 Tønnesen, J. *Utvikling i interne varmelaster i bygninger i tiden fremover*. 1999
- 15 Thyholt, M., Lien, A. G., Dokka, T. H. *Kartlegging av mekanisk kjøling i nye kontor- og forretningsbygg*. Rapport STF22 A01525. SINTEF, 2002
- 16 Wall, M., Bülow-Hübe, H. *Solar Protection in Buildings. Part 2: 2000 – 2002*. Report EBD-R—03/1. Lund University, 2003.
- 17 ProgramByggerne ANS. *Energi i bygninger. Versjon 3.5*.
- 18 Mysen, M., Polak, K. *Vi har glemt vifteenergien*. Norsk VVS 3/2000.
- 19 Sørensen P. *Energiforbruk til pumper i vannbårne anlegg, Måltall*. Erichsen & Horgen, 2002
- 20 <http://www.enova.no/>
- 21 OED. *Strategi for utbygging av vannbåren varme*. Rapport 2002
- 22 Dokka, T.H., Pettersen, T.D, Hellenen, B. *Forslag til energimerking av nye boliger – Forprosjekt*. STF22 A03503. SINTEF, 2003.
- 23 Lysteknisk Selskab. *Energieffektiv Belysning i Handels- og Servicesektoren. Merkedundersøkelse*. Danmark, 2002.
- 24 ENSI AS. *Manual for Enøk Normtall*. Oslo, 1999
- 25 Energistyrelsen. *God og energiriktig kontorbelysning*. Danmark
- 26 Lys & Optikk, Lysteknisk Selskab. *God og energiriktig skolebelysning*. Danmark
- 27 Lyskultur. *Lys og Energibruk*. Publikasjon nr. 19. 2001
- 28 Thomsen, K. E., Aggerholm, S. *Beregning av brutto energiforbrug*. SBI-meddelelse 129. Danmark, 2000
- 29 Bryn, I., Matusiak, B. *Glassfasadeprosjektet*. 2003.
- 30 Novakovic, V. et al. *Enøk i bygninger*. SINTEF, 1996
- 31 prEN 14335. *Heating Systems in buildings – Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies*. 2001.
- 32 NVE. *Energistatus*. 2003
- 33 Enova. *Bygningsnettverkets energistatistikk. Årsrapport 2002*.
- 34 Judkoff, R., Neymark, J. *International Energy Agency Building Energy Simulation Test (BESTEST) and Diagnostic Method*. IEA/NRE, 1995
- 35 Loams K. J., Eppel H., Martin C., Bloomfield D., *Empirical Validation of thermal building simulation programs using test room data*. IEA Energy Conservation in Buildings and Community Systems Annex 21 & IEA Solar Heating and Cooling Task 12.
- 36 NORDTEST metode NT VVS 130. “Air/air heat recovery units: Aerodynamic and thermal performance testing”. (nedlastbar fra <http://www.nordtest.org/>)



- 37 [http://www.pm-luft.no/munkerud\\_skole/index.htm](http://www.pm-luft.no/munkerud_skole/index.htm)
- 38 SINTEF. *Energikilden – en guide til kilowattens rike*.2000.
- 39 EBLs faktasider om energi. <http://www.energifakta.no/>
- 40 Bryn, I., Hilt, B. *Roterende varmegjenvinnere og inneklima*. Skarland Press 1997
- 41 NS-EN 308:1997 “*Heat exchangers – Test procedure for establishing performance of air to air and flue gases heat recovery devices*”
- 42 NS 3032, Bygningers energi- og effektbudsjett. 1984
- 43 NS 3031, Varmeisolering. Beregning av bygningers energi- og effektbehov til oppvarming og ventilasjon. 1987
- 44 NS EN 832, Bygningers termiske egenskaper. Beregning av bygningers energibehov til oppvarming. Boliger. 1999
- 45 prEN ISO 13790, Thermal performance of buildings – Calculation of energy use for space heating. 2002
- 46 NS 3940, Areal- og volumberegning av bygninger. 1986
- 47 prEn 13779:2003

## Vedlegg A. Energirammer sammenlignet med erfaringstall for eksisterende bygg. Energirammene er *netto* energibehov. Erfaringstallene er *brutto* energibehov og gjelder gjennomsnitt for eksisterende bygninger,

**Tabell A.1** Beregnet energiramme sammenlignet med energibehov (gjennomsnitt) for ulike typer eksisterende bygninger.

Bygningskategorier	Beregnet energiramme kWh/m <sup>2</sup>	Statsbygg kWh/m <sup>2</sup>	Enovas bygn. nettverk kWh/m <sup>2</sup>	Trønder Enøk kWh/m <sup>2</sup>	EFI målinger kWh/m <sup>2</sup>	EAB kWh/m <sup>2</sup>	Oslo Energi		SINTEF		Modellbyggprosjekt <sup>1</sup> kWh/m <sup>2</sup>
							lav kWh/m <sup>2</sup>	høy kWh/m <sup>2</sup>	middel kWh/m <sup>2</sup>	høy kWh/m <sup>2</sup>	
Boliger							154	191	201		
Eneboliger	<b>150</b>				205		153	195	208		
Rekkehus					180		158	174	180		
Boligblokker	<b>130</b>		220		170		164	169	170		
Industri- og lagerbygn.	<b>160</b>		429	209		242	177	223	244		
Kontor- og forretningsbygg				260	260	360	178	123	242	360	
Kontorbygninger	<b>160</b>	214	266 <sup>2</sup>	260	235	310	129	229	310	200	
Forretningsbygg	<b>270</b>		439		280	400	280	377	495		
Samferdsel- og kommunikasjonsbygg		342	359				285	314	342		
Hotell- og restaurantbygg	<b>230</b>		311		282	214	363	258	295	363	
Kultur- og forskningsbygg		267		219	212	214		171	218	248	
Skolebygg	<b>130</b>	208	193 <sup>2</sup>	216	212		188	123	201	216	184
Universitet- og høyskolebygg		228	274					228	285	341	177
Museum- og biblioteksbygg	<b>170</b>	182	222					181	204	222	
Idrettsbygg	<b>190</b>		307	258				258	295	315	
Kulturhus			217	210				210	217	222	
Bygg for religiøse aktiviteter			243		250			177	177	177	
Helsebygg		314		272				250	297	347	
Sykehus	<b>320</b>	343	388		250			341	358	454	
Sykehjem	<b>220</b>	193	283	272				193	251	299	296
Primærhelesbygg			215					265	265	265	
Fengsel- og beredskapsbygg		279						274	276	279	
Diverse (ikke reg. byggtipe)								158	207	236	

1: Ulike klima ligger til grunn for gjennomsnittet / 2: (Sør\_Norge , Innland)

**Kilder benyttet i tabell A.1**

Statsbygg: Basert på registreringer fra 275 bygg. Korrigert til klimasone indre Sør-Norge. Tallene basert på rapporten *Energibruk i statens bygninger, 1997* fra Statsbygg

EFI målinger: Tallmaterialet gjelder for Oslo. Tall fra rapporten *Belastningsforhold hos sluttbrukere og i fordelingsnett. Resultater basert på belastningsundersøkelser og offentlig statistikk*. 1993.

Trønder Enøk: Tall fra energioppfølging i ca. 80 bygg i Sør-Trøndelag. Korrigert for klimasone indre Sør-Norge.

EAB: Tall fra Energiselskapet Asker og Bærum samt Oslo Energi. Fra rapporten *Energifleksible varmeanlegg og energieffektivitet*. SINTEF Energiforskning 1998.

Enovas bygningsnettverk: Fra årsrapporten 2001.

SINTEF: tall basert på en rekke kilder, bl.a. flere som er oppgitt i tabellen. Tallene er hentet fra rapporten *Status og energibruk, energibærere og CO<sub>2</sub>-utslipp for den norske bygningsmassen*. A 4887. 1999

Modellbyggprosjektet: Enovas byggoperatør. *Modellbyggprosjekt. Måling av formålsdelt energibruk i 26 bygninger*. 2002.

## Vedlegg B. Oversikt over faste og reelle inndata for kontrollberegningen

**Tabell B1** Oversikt over hvilke inndata for kontrollberegningen som er faste (som i energirammen) og hvilke som er reelle for det enkelte bygg.

Energiposter/inndata	Verdier i kontrollberegningen	Kommentarer
<b>Oppvarming</b>		
Driftstider	Som energirammen	
Temperaturer	Som energirammen	Eventuell nattsinking må dokumenteres
U-verdier, tetthet, vindusareal/orientering, varmekapasitet	Reelle verdier	
Varmetilskudd fra personer	Som energirammen	
Systemvirkningsgrad for varmeanlegg	Reelle verdier	Miljøkorrigering for kategori-1 energibærere
Pumper	Reelle verdier	
<b>Belysning</b>		
Driftstider	Som energirammen	
Energibruk	Som energirammen	Premiering ved dagslysutnyttelse og tilstedeværelseskontroll. Verdier i energirammen legges til grunn.
<b>Utstyr</b>		
Driftstider	Som energirammen	
Energibruk	Som energirammen	
<b>Ventilasjon</b>		
Driftstider	Som energirammen	
Luftmengder	Reelle verdier	
SFP	Reelle verdier	
Virkningsgrad varmegjenvinner	Reelle verdier	
Temperaturer tilluft	Reelle verdier	
Systemvirkningsgrad varmebatteri	Reelle verdier	Miljøkorrigering for kategori-1 energibærere
Systemkjølefaktor	Som energirammen	Dersom høyere kjølefaktor kan dokumenteres, kan dette benyttes
<b>Varmt tappevann</b>		
Netto energibehov	Som energirammen	
<b>Lokal mekanisk kjøling</b>		
Systemkjølefaktor	Som energirammen	Dersom høyere kjølefaktor kan dokumenteres, kan dette benyttes
Reguleringstemperatur	Reelle verdier	
<b>Solskjerming</b>	Reelle verdier	

## Vedlegg C. Skjema for minimum dokumentasjonskrav

Figuren/tabellen nedenfor viser forslag til hvordan en energibehovsberegning i konsentrert form kan dokumenteres, der prosjektdata, beregningsmetode, inndata, energibudsjett, og koeffisient for energieffektivitet (EEK) inngår. Energibudsjettet oppgis her i henhold til gjeldende NS 3032, men denne standarden er under revidering. Energibudsjettet i fremtidig dokumentasjon vil derfor høyst sannsynligvis være noe annerledes.

### Dokumentasjon av energirammeberegning

#### Prosjektdata og beregningsmetode

Prosjektnavn	Herbarium ungdomskole, Geitvik kommune, GNR: 16, BNR: 238
Beregning utført av	J.T. Pedersen, SKR Arkitekter, Geitvik
Type bygg	Skolebygg
Energiramme	130 kWh/m <sup>2</sup> år
Beregningsmetode	NS-EN 832 + normative data for belysning, tappevann og utstyr fra energiramme.

#### Inndata

	I kontrollberegning	I energiramme
<b>Areal og volum</b>		
Oppvarmet gulvareal	6000 m <sup>2</sup>	-
Oppvarmet luftvolum	18000 m <sup>3</sup>	-
Yttervegg/yttertak/gulv/ vindu og dør	1575/1200/1200/1800 m <sup>2</sup>	-
Vindusareal/oppv.gulvareal	30 %	20 %
<b>Uverdier og infiltrasjon</b>		
Yttervegg/yttertak/gulv/ vindu og dører	0.22/0.15/0.15/1.1 W/m <sup>2</sup> K	0.22/0.15/0.15/1.4 W/m <sup>2</sup> K
Infiltrasjon	0.1 oms/h	0.1 oms/h
<b>Internlaster</b>		
Belysning	7 W/m <sup>2</sup>	10 W/m <sup>2</sup>
Utstyr	6 W/m <sup>2</sup>	6 W/m <sup>2</sup>
Personer	12 W/m <sup>2</sup>	12 W/m <sup>2</sup>
Tappevannsoppvarming	10 kWh/m <sup>2</sup> år	10 kWh/m <sup>2</sup> år
<b>Ventilasjon</b>		
Luftmengde	10 (3) m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	16 (3) m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>
Virkn.grad gj.vinner	75 %	70 %
SFP (i drift/utenfor)	2.0/1.0 kW/m <sup>3</sup> /s	2/1 kW/m <sup>3</sup> /s
<b>Kjøling og oppvarming</b>		
Settpunkt oppvarming	21/19 °C	21/19 °C
Kjøling (Ja/Nei, effekt)	Nei	Nei
<b>Driftstider</b>		
Ventilasjon	10/5/44	10/5/44
Lys/utstyr/temperatur	10/5/44	10/5/44
Personer	10/5/44	10/5/44

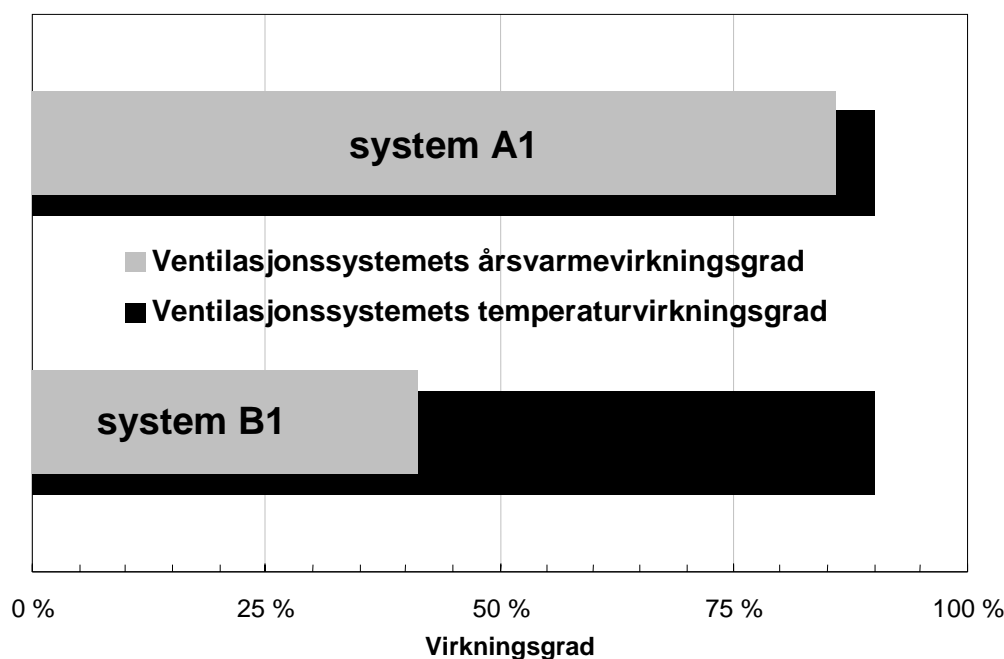
#### Energibudsjett (netto energibehov)

Energipost	Spesifikk energibruk	Total energibruk
1. Romoppvarming	44 kWh/m <sup>2</sup> år	264 000 kWh/år
2. Varmebatterier	14 kWh/m <sup>2</sup> år	84 000 kWh/år
3. Tappevann	10 kWh/m <sup>2</sup> år	60 000 kWh/år
4. Vifter og pumper	20 kWh/m <sup>2</sup> år	120 000 kWh/år
5. Belysning	22 kWh/m <sup>2</sup> år	132 000 kWh/år
6. Diverse utstyr	20 kWh/m <sup>2</sup> år	120 000 kWh/år
7. Kjøling	0 kWh/m <sup>2</sup> år	0 kWh/år
SUM 1.- 7. (netto energibehov, E <sub>netto</sub> )	<b>130 kWh/m<sup>2</sup>år</b>	<b>780 000 kWh/år</b>
<b>Koeffisient for energieffektivitet</b>	<b>EEK = E<sub>netto</sub>/E<sub>ramme</sub> = 130/130 = 1,0</b>	

## Vedlegg D. Definisjon av virkningsgrader for varmegjenvinnere

Fra Byggforsk

### 1. Temperaturvirkningsgrad kontra årsvarmevirkningsgrad



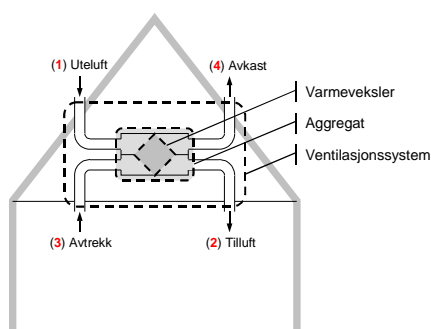
**Figur 1** Illustrasjon av virkningsgrad for to ventilasjonssystemer A1 og B1. Grå stolpe er årsvarmevirkningsgrad, og svart stolpe er kontrollmålt temperaturvirkningsgrad (målt på tilluftsiden; dokumentert ved +5°C utetemperatur iht. NS-EN 308)

Det råder flere alternative definisjoner på virkningsgrad for ventilasjonssystemer. Det er derfor viktig at energirammen stiller krav til riktig type virkningsgrad, og redegjør for hvilken type virkningsgrad som gjelder. Den populære betegnelsen *temperaturvirkningsgrad* er tvetydig — dette er et generelt uttrykk, det finnes flere tolkninger av temperaturvirkningsgrad. Den mest vanlige tolkning av temperaturvirkningsgrad er kontrollmålt temperaturforhold for tilluftsiden for hele aggregatet (Se  $\eta_{\text{tilluft}}$  i Ligning 1). Denne verdien er uegnet som en mål på ventilasjonssystemets faktiske energiegenskaper. *Figur 1* illustrerer dette. To tenkte ventilasjonssystemer A1 og B1 har den samme kontrollmålte temperaturvirkningsgraden på tilluftsiden (90%), men de har veldig forskjellige faktiske systemvirkningsgrad over fyringssesongen (årsvarmevirkningsgrad). Forskjellene i systemene er oppsummert i

*Tabell 1* under. *Ventilasjonssystemets varmevirkningsgrad*, som er det beste mål på faktisk systemvirkningsgrad, er tilnærmet lik temperaturvirkningsgraden på avtrekkssiden av aggregatet, og kan derfor lett kontrolleres (Se  $\eta_{\text{avtrekk}}$  i Ligning 1). Den er også like lett å måle i laboratorium som temperaturvirkningsgrad på tilluftssiden. Årsvarmevirkningsgraden måles ikke med en enkel kontrollmåling; den må *beregnes* for hele fyringssesongen basert på målinger ved forskjellige utetemperaturer (men den kan være ganske lik en enkel måling ved gjeldende lokalklimas snitt temperatur i fyringssesongen.)

**Tabell 1**

	System A1	System B1
<b>SFP</b>	1 kW/(m <sup>3</sup> /h)	4.5 kW/(m <sup>3</sup> /h)
<b>Vifteplassering</b>	tilluftsvifte før gjenvinner; avtrekksvifte etter gjenvinner	tilluftsvifte etter gjenvinner; avtrekksvifte før gjenvinner
<b>Varmeveksler</b>	regenerativ (rotor), $\eta = 89.7\%$	rekuperativ (plate), $\eta = 71\%$
<b>Frostsikring</b>	redusert turtall for å holde over $-9^{\circ}\text{C}$ i avkastluft etter veksler	bypass for å holde over $+9^{\circ}\text{C}$ i avkastluft etter veksler
<b>Lokal klima</b>	Oslo	Karasjøk

**Figur 1** Illustrasjon av systemgrenser for ventilasjonssystemet, aggregatet, og varmeveksleren i aggregatet.


$$\eta_{\text{tilluft}} \approx \frac{T_2 - T_1}{T_3 - T_1} \qquad \eta_{\text{avtrekk}} \approx \frac{T_3 - T_4}{T_3 - T_1} \qquad (\text{Ligning 1})$$

hvor

 $\eta$  Temperaturvirkningsgrad. Målt enten på tilluftssiden eller avtrekssiden

 $T$  Lufttemperatur [ $^{\circ}\text{C}$ ]

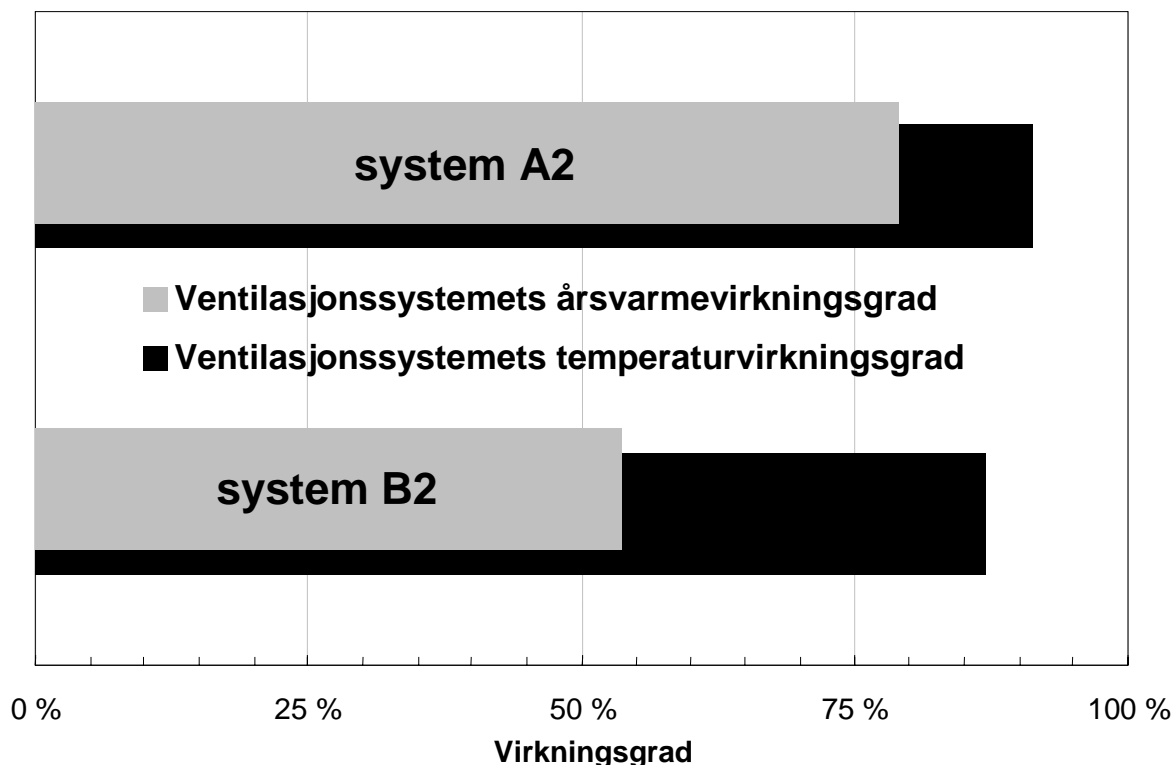
1,2,3,4 Kanal nummer. Se Figur 1

Følgende forhold er tatt hensyn til i aggregatets netto årsvarmevirkningsgrad, men ikke i den tradisjonelle temperaturvirkningsgraden:

- kassens varmetap
- resirkulasjon av brukt luft, som reduserer netto friskluftomsetning:
  - interne luftlekkasjer (kan forekomme i begge retninger samtidig)
  - ekstern luftlekkasje i kassen
  - ekstern kortslutning mellom avkast og friskluftinntak for kammerveksler
- frostsikring:
  - reduksjon av virkningsgrad ved forskjellige frostsikringstiltak
  - økt infiltrasjonsvarmetap pga. avvik fra balanserte luftmengder (f.eks. pga. reduksjon av tilluftmengde)
- totalt effektforbruk til alt elektrisk & elektronisk utstyr i aggregatet (vifter, forvarmebatteri osv.), hvorav de enkelte komponenters plassering i aggregatet påvirker hvorvidt varmen nyttiggjøres til boligvarming eller tapes i avkastluft.

Aggregatets netto årsvarmevirkningsgrad gir derfor den mest rettfærdige sammenligning av ventilasjonsprodukter.

## 2. Vifteeffekt og plassering



**Figur 2** Illustrasjon av virkningsgrad for to ventilasjonssystemer A2 og B2. Grå stolpe er årsvarmevirkningsgrad, og svart stolpe er kontrollmålt temperaturvirkningsgrad på tilluftssiden

Viftene har en stor innflytelse på ventilasjonssystemets systemvirkningsgrad. Figur 2 illustrerer dette. De to tenkte systemer A2 og B2 er tilsynelatende helt like; de har begge samme SFP og varmevekslerene har samme virkningsgrad. De avviker bare i vifteplassering og type varmeveksler (se Tabell 2). De har nesten den samme kontrollmålte (tilsynelatende) temperaturvirkningsgrad på tilluftssiden, men de har veldig forskjellige systemvirkningsgrader over fyringssesongen (årsvarmevirkningsgrad). Dette bekrefter at energirammen bør ta hensyn til viftenes innflytelse på ventilasjonssystemets årsvarmevirkningsgrad, og bør ignorere aggregatets temperaturvirkningsgrad på tilluftssiden. Jo mer energikrevende tilluftsviften er, jo høyere blir temperaturvirkningsgraden — der er dermed mulig å oppnå over 100% temperaturvirkningsgrad på tilluftssiden!

**Tabell 2**

	System A2	System B2
<b>SFP</b>	2.5 kW/(m <sup>3</sup> /h)	2.5 kW/(m <sup>3</sup> /h)
<b>Vifteplassering</b>	tilluftsvifte etter gjenvinner (70W); avtrekksvifte før gjenvinner (70 W)	tilluftsvifte etter gjenvinner (70 W); avtrekksvifte etter gjenvinner (70 W)
<b>Varmeveksler</b>	$\eta = 80\%$ (regenerativ: rotor)	$\eta = 80\%$ (rekuperativ: plate)
<b>Frostsikring</b>	reduisert turtall for å holde over $-9^{\circ}\text{C}$ i avkastluft etter veksler	bypass for å holde over $+9^{\circ}\text{C}$ i avkastluft etter veksler
<b>Lokal klima</b>	Oslo	Oslo



### 3. Dokumentasjon av basis-systemet i energirammen

Siden dokumentasjon av årsvarmevirkningsgrad ennå er ganske ny, spesielt for større aggregater, kan vi være pragmatiske og beskrive virkningsgraden i energirammemetoden på to alternative måter som gir akkurat samme verdi for årsvarmevirkningsgrad:

- (a) **Aggregatets årsvarmevirkningsgrad = 60%** i Oslo klima etter Nordtest metode ”*Air/air heat recovery units: Aerodynamic and thermal performance testing*”. Den gjelder alle typer og størrelser aggregat for balansert ventilasjon. Metoden har forankring i NS-EN 308 ”*Heat exchangers – Test procedure for establishing performance of air to air and flue gases heat recovery devices*”.
- (b) **Varmevekslerens temperaturvirkningsgrad\* = 65% for regenerative eller 70% for rekuperative varmevekslere** (målt under frostfri forhold iht. NS-EN 308), forutsatt SFP = 2.5 kW/m<sup>3</sup>/s og viftene er plassert etter varmeveksleren på begge sider, med ideell frostsikring, og neglisjerbar luftresirkulasjon i aggregatet, og bygningen er lokalisert i kystnær strøk (Oslo). Dersom viftenes plassering eller effekt avviker fra dette, kan du beregne aggregatets årsvarmevirkningsgrad f.eks. med et gratis regnearkverktøy fra Byggforsk.

\* Merk at *varmevekslerens temperaturvirkningsgrad* er det samme om det er målt på tilluftssiden eller avtrekkssiden av veksleren, forutsatt balanserte luftmengder.