

Energi



Temaveiledning



Norsk Byggtjenestes Forlag

Haakon VII's gate 5
Postboks 1575 Vika
0118 Oslo

Trykk og innbinding

Melsom Grafisk, Sellebakk
1. utgave 1. opplag 05-2007

Illustrasjon: Anne Kristin Hagesæther



STATENS BYGNINGSTEKNISKE ETAT
Møllergt. 16 • Pb. 8742 Youngstorget 0028 Oslo
Tlf. 22 47 56 00 • Telefaks: 22 47 56 11
E-post: be@be.no • Internett: <http://www.be.no>

Melding HO-1/2007

Energi

Temaveiledning

Forord

Energikravene i tekniske forskrifter til plan- og bygningsloven (TEK) ble revidert i 2007 og skal redusere samlet energibehov i nye bygninger med cirka 25 %. Det er gitt en overgangsperiode frem til 1. august 2009 der nye og gamle energibestemmelser gjelder side om side.

De nye energikravene setter store krav til produsenter av byggevarer, prosjekterende og utførende, samt kommunen som tilsynsmyndighet. Denne temaveilederen skal bidra til at de nye energikravene etterlevs.

Forskriftsendringen fordrer også større oppmerksomhet rundt bygningers inneklimatekvaliteter. Valg av løsninger for å oppfylle energikravene må ses i sammenheng med gode løsninger på bl.a. ventilasjon (luftkvalitet og temperatur) og dagslys.

TEK er en minimumsforskrift. I praksis bør næringen ta sikte på å gjøre det bedre enn minimumskravet, slik at energikravene oppfylles med god margin. Dette vil også kunne brukes som et salgsargument overfor kunder som etterspør lavere energikostnader. Byggenæringen må også forberede seg på hyppige revisjoner av energikravene i forskriften; cirka hvert femte år. De flinkeste i klassen vil oppleve smidigere overganger ved fremtidige revisjoner.

BE utgir temaveiledere på ulike fokusområder i forskriften. Temaveiledere har samme status som veiledningen til TEK. Denne temaveilederen om energibestemmelsene er en førsteutgave, med spesiell fokus på småhus og kontorbygg, men hovedprinsippene vil naturligvis også gjelde ved oppføring og rehabilitering av alle bygninger.

BE vil revidere temaveilederen ved behov. Det kan bli aktuelt å sette fokus på andre bygningskategorier i fremtidige utgaver.

I arbeidet med denne temaveilederen har en referansegruppe bestående av Husbanken, Byggenæringens Landsforening, Boligprodusentenes forening, Arkitektbedriftene, RIF, NAL, TELFO, Kommunalteknisk forening og SINTEF Byggforsk bidratt med innspill underveis. Store deler av kapittel 2 er utarbeidet av SINTEF Byggforsk. BE er svært takknemlig for god hjelp fra referansegruppen.

Ved å sette fokus på lavt energibehov og miljøriktig energiforsyning i bygningsmassen, oppnås tre ting:

- mindre utslipp av klimagasser
- lavere energikostnader for oss forbrukere
- økt forsyningsikkerhet og redusert avhengighet av elektrisk kraft

Vi ser frem til å samarbeide med byggenæringen om oppfyllelse av de nye energibestemmelsene i TEK.

Innhold

| | |
|---|-----------|
| Definisjoner | 8 |
| 1. Innledning | 10 |
| 1.1 Energibruk i byggsektoren | 10 |
| 1.2 Hovedtrekkene ved revisjonen av TEK | 10 |
| 1.3 EU-direktiv 2002/91/EF om bygningers energiytelse | 10 |
| 2. Nye energikrav | 12 |
| 2.1 Energitiltak | 12 |
| 2.1.1 Småhus | 13 |
| 2.1.2 Kontorbygg..... | 16 |
| 2.1.3 Omfordeling – beregning av varmetapstall | 17 |
| 2.2 Byggets netto energibehov (energirammer)..... | 25 |
| 2.2.1 Eksempel kontrollberegning for småhus..... | 25 |
| 2.2.2 Eksempel kontrollberegning kontorbygg..... | 28 |
| 2.3 Minstekrav | 30 |
| 2.4 Fritidsbolig og bolig med laftede yttervegger | 31 |
| 2.5 Energiforsyning..... | 32 |
| 2.5.1 Løsninger som oppfyller forskriftskravene | 33 |
| 2.5.2 Eksempler fra virkeligheten..... | 35 |
| 2.5.3 Unntaksmulighet ved lønnsomhetsberegninger | 36 |
| 3. Byggesak – dokumentasjon og tilsyn | 38 |
| 3.1 Dokumentasjon..... | 38 |
| 3.1.1 Energistrategi – nivå A | 39 |
| 3.1.2 Detaljprosjektering – nivå B..... | 39 |
| 3.1.3 Bygging – nivå C..... | 39 |
| 3.1.4 Bruk – nivå D | 40 |
| 3.2 Tilsyn..... | 40 |
| 3.2.1 Generelt..... | 40 |
| 3.2.2 Energibehov | 40 |
| 3.2.3 Energiforsyning | 40 |
| 4. Neste skritt - lavenergi og passivnivå | 42 |
| 5. Andre initiativer fra myndighetene | 44 |
| 5.1 Husbankens satsinger..... | 44 |
| 5.2 Energimerkeordning i regi av OED og NVE..... | 44 |
| 5.3 Enovas tilskuddsordninger | 45 |
| 6. Vedlegg | 46 |
| 6.1 Forutsetningene bak energirammene i TEK | 46 |
| 6.2 Sjekkliste tiltaksmodellen og rammemodellen | 47 |
| 6.3 Flytskjema energiforsyning | 49 |
| 6.4 Formelverk nåverdiberegninger | 50 |
| 6.5 Eksempler på nåverdiberegninger | 51 |

Definisjoner

Energibudsjett: beskriver hvordan byggets samlede energibehov fordeler seg på energiposter som romoppvarming, kjøling, varmtvann, elektrisk utstyr, belysning, m.m.

Energirammer: Forskriftens § 8-21 b gir maksimumsgrenser for bygningers samlede netto energibehov. Grensene omtales som forskriftens energirammer.

Energiltak: Forskriftens § 8-21 a gir oppstilling av energiltak som kan utføres for å oppfylle energibestemmelsene i forskriften. Energiltakene kan sammenlignes med preaksepterte løsninger.

Fjernvarme: Varmeenergi som oppstår ved sentral forbrenning av avfall eller andre brennbare fraksjoner. Varmeenergien føres til bygninger, gjerne som varmtvann, og benyttes til å dekke bygningens varmebehov. Tilknytningsplikt til fjernvarmeanlegg vedtas i kommunestyret i den enkelte kommune, der konsesjon er gitt etter energiloven.

Lokal kjøling: Behovsstyrt fjerning av varme fra definert sone/rom. Lokal kjøling omtales også som (lokal) romkjøling, for eksempel i NS 3031.

Minstekrav: omfatter absolutte minimumsnivåer til isolasjonsevne for yttervegg, tak, gulv, vindu (maksimumskrav til U-verdier). Minstekravene gis som gjennomsnittsverdi for bygningsdelene i bygningen. I tillegg omfattes maksimumsverdier for bygningens lufttetthet av minstekravene.

Netto energibehov: skal beregnes etter NS 3031 og omfatter byggets samlede energibehov, fordelt på alle energipostene i en bygning. Virkningsgrad i varmesystem regnes ikke inn når byggets netto energibehov beregnes.

Netto varmebehov: omfatter byggets netto energibehov for romoppvarming (inkludert oppvarming av ventilasjonsluft) og varmtvann.

NS 3031: Norsk Standard 3031 – Beregning av bygningers energiytelse – Metode og data er basert på europeiske standarder og beskriver hvordan en bygningens energibehov skal beregnes.

Omfordeling: Energiltakene i forskriftens § 8-21 a beskriver hvordan energibestemmelsene i TEK enkelt kan oppfylles. Det er imidlertid tillatt å omfordele mellom tiltakene, det vil si gjøre én del bedre og en annen dårligere, så lenge byggets energibehov ikke øker. Dette vises ved å beregne byggets varmetapstall iht. NS 3031.

Oppvarmet bruksareal: omfatter alle bruksarealer som tilføres varme fra byggets varme-

system og som er omsluttet av byggets klimaskjerm. Oppvarmet bruksareal beregnes etter måleverdige deler etter regler gitt i NS 3940 og baseres på bruksareal (BRA). For eksempel vil alle rom for varig opphold inkluderes i bygningens oppvarmede areal. Nærmere definisjon er gitt i NS 3031.

Oppvarmet luftvolum: Oppvarmet luftvolum skal beregnes som nettovolum etter NS 3940 og omfatter nettovolum av en bygning beregnet innenfor dens innvendige, omsluttende flater. Volum opptatt av innvendige etasjeskillere og skillevegger skal ikke tas med ved beregning av oppvarmet luftvolum. Nettovolum er produktet av nettoarealet og høyden mellom gulvets overkant og underkant av overliggende dekkekonstruksjon eller nedforet himling.

Spesifikt energibehov: Beregnes som bygningers netto energibehov delt på bygningens oppvarmede bruksareal.

Småhus: Inkluderer eneboliger, to- til firemannsboliger og rekkehus.

Varmetransportkoeffisienten: Summen av varmetap på grunn av transmisjon, infiltrasjon og ventilasjon (W/K). Beregnes i henhold til NS 3031.

Varmetapstallet: Varmetransportkoeffisienten delt på oppvarmet bruksareal (W/m²K). Beregnes i henhold til NS 3031.

Varmetapsramme: Maksimal tillatt ramme for varmetap i henhold til krav gitt i forskriftens § 8-21 a (energiltaksmodellen). Varmetapsrammen beregnes som varmetransportkoeffisienten og/eller varmetapstallet for bygningen i henhold til NS 3031. Varmetransportkoeffisienten eller varmetapstallet for bygningen, basert på faktisk utforming, skal ikke være høyere enn varmetapsrammen.

1. Innledning

Byggenæringen står for en stor andel av Norges innenlandske energibruk. Bygninger har lang levetid og mesteparten av energien brukes i driftstiden. Ved å sette fokus på energi bidrar vi til et bedre miljø, lavere energiutgifter for den enkelte og å begrense Norges avhengighet av import av elektrisitet fra våre naboland.

Norge har ratifisert Kyotoprotokollen. Dette innebærer en forpliktelse til å kutte våre utslipp av klimagasser i perioden 2008 til 2012, slik at våre samlede utslipp ligger ett prosentpoeng over 1990-nivå ved utløp av perioden.

Norge inngår i et kraftmarked som går utover egne landegrenser. I et år med gjennomsnittlig nedbørsmengde importerer Norge mer elektrisitet enn vi eksporterer. Det er også knapphet på produksjons- og overføringskapasitet i elektrisitetsforsyningen i enkelte regioner innenlands.

Hensynene til klimagassutslipp, privatøkonomi og forsyningssikkerhet tilsier at fremtidens bygninger skal bygges med lavt energi- og oppvarmingsbehov og som hovedregel tilrettelegges for bruk av andre varmeløsninger enn elektrisitet og/eller fossile brensler hos sluttbruker. Elektrisitet, olje, gass, parafin og koks bør i utgangspunktet ikke nyttes til oppvarming av bygningsmassen.

1.1 Energibruk i byggsektoren

Energibruken i norsk bygningsmasse har de siste årene ligget stabilt på rundt 82 TWh i året¹, tilsvarende ca. 40 % av samlet innenlands energibruk.

Tiltaksanalyser² viser at energieffektivisering er et av de mest kostnadseffektive tiltakene for å redusere energibruken og utslipp av klimagasser innenlands. For forbruker vil det også være gunstig å kunne velge mellom ulike oppvarmingsalternativer, for eksempel i perioder når prisen på elektrisitet er høy.

Sammenlignet med TEK-kravene fra 1997 skal forskriftsendringen gi en årlig energibesparelse på cirka 4 til 4,5 TWh, etter at kravene har fått virke i 10 år. Det tilsvarer omlag produksjonskapasiteten i et gasskraftverk. Årlig energibesparelse som følge av nye energikrav i TEK vil øke – år for år.

¹ Enova: Bygningsnettverkets energistatistikk 2005.

² Statens forurensingstilsyn (SFT): Reduksjon av klimagassutslipp i Norge: Oppdatert tiltaksanalyse for 2010 og 2020.

1.2 Hovedtrekkene ved revisjonen av TEK

I Norge har energikvalitetene til bygninger vært regulert i mange år. Tidligere omfattet de tallfestede energibestemmelsene kun varmeisolering. Kravene har blitt stadig skjerpet gjennom årenes løp.

Revisjon av energikravene i 2007 medfører at andre egenskaper som har innvirkning på energi-behovet i bygninger også reguleres, for eksempel energibruk til lokalkjøling, vifteeffekt i ventilasjonsanlegg og styring av innetemperatur.

For byggenæringen vil de mest krevende endringene være høyere krav til byggets isolasjonsevne, bedre vinduer og bedre lufttetthet for småhus.

Nytt av forskriftsrevisjonen er at også byggets energiforsyning reguleres. Hovedregelen er at bygget skal tilrettelegges for at romoppvarming, inkludert oppvarming av ventilasjonsluft og oppvarming av tappevann (varmtvann) kan foregå med annen energiforsyning enn elektrisitet og/eller fossile brensler hos sluttbruker, så som olje, gass og parafin³. I konsesjonsområder for fjernvarme, der kommunen har fattet vedtak om tilknytningsplikt etter plan- og bygningsloven § 66a, skal bygget tilrettelegges slik at fjernvarme kan nyttes.

1.3 EU-direktiv 2002/91/EF om bygningers energiytelse

EU-direktiv 2002/91/EF om bygningers energiytelse (Energy performance of buildings) har fire hovedelementer:

- Innføring av minimumskrav til bygningers energibehov.
I Norge har vi hatt slike krav i en årrekke allerede, men kravene blir vesentlig skjerpet gjennom revisjonen av TEK. Det er opp til hvert enkelt land å bestemme ambisjonsnivå og innretning av kravene.
- Innføring av energiattest for bygninger.
Energiattesten skal kunne fremvises ved salg eller utleie av en bygning. Denne delen av direktivet ivaretas av Olje- og Energidepartementet (OED) og Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE).

³ Kravet kan fravikes for bygninger med særlig lavt varmebehov eller dersom kravet medfører privatøkonomiske merkostnader over bygningens livsløp.

- Innføring av inspeksjonsordning for kjeler over 20 kW og klimaanlegg over 12 kW.
Ivaretas av OED/NVE.
- Innføring av en harmonisert beregningsstandard for energibehov i bygninger
Denne delen av direktivet ivaretas gjennom revisjon av Norsk Standard NS 3031 – Beregning av bygningers energiytelse – Metode og data.

2. Nye energikrav

For dokumentasjon av bygningers energieffektivitet, i henhold til forskriftskravene, kan to alternative metoder benyttes:

- a. Energiltak (kapittel 2.1)
- b. Energirammer (kapittel 2.2)

I tillegg stilles minstekrav til varmeisolasjon (maksimumskrav til U-verdier) og lufttetthet (kapittel 2.3). Fritidsbolig og boliger med laftede yttervegger reguleres kun gjennom egne minstekrav (kapittel 2.4).

Forskriften inneholder også bestemmelser i forhold til byggets energiforsyning til varmeformål (kapittel 2.5).

Forskriften gjelder for oppvarmet bruksareal, definert etter NS 3031. Oppvarmet bruksareal (BRA) omfatter alle bruksarealer som tilføres varme fra bygningens varmesystem og som er omsluttet av bygningens klimaskjerm. Delvis oppvarmede glassgårder (kommunikasjonsarealer, frostfrie glassoner ol.) hvor det er installert varmeanlegg/som mottar varme fra byggets varmeanlegg regnes som fullt oppvarmede og skal oppfylle energikravene i forskriften på lik linje med andre bygninger.

I lokaler hvor internt varmetilskudd åpenbart er tilstrekkelig til å dekke oppvarmingsbehovet, slik som i smelteverk, papirfabrikker, fyrhus for fjernvarmeanlegg og lignende, har varmeisolasjonen ikke til formål å redusere energibruken, men å sikre bygningsdeler mot skadelig kondens og sikre et akseptabelt arbeidsmiljø. Isolasjonsbehovet bør i slike tilfeller fastlegges med bakgrunn i de reelle forhold. Dette gjelder også bygninger som for eksempel lokaler for fysisk arbeide, skipsverft, fiskeforedlingsbedrifter, slakterilokaler, sagbruks- og høvleribedrifter og diverse lagerhaller, der tilsiktet temperatur er under 15 °C.

For bygninger som omfattes av rehabilitering, og som krever søknad og tillatelse etter plan- og bygningsloven, gjelder samme krav som for nye bygg. Dersom oppfyllelse av nybyggkrav ikke er forenlig med bevaring av kulturminner/antikvariske verdier og en ellers hensiktsmessig oppgradering av bestående bygningsmasse, vil dispensasjonsadgangen i § 88 kunne komme til anvendelse.

I dette kapittelet gis det en beskrivelse av hvordan de ulike måtene å dokumentere bygningers energieffektivitet skal forstås og praktiseres. Det gis også en beskrivelse av hvordan kravet til energiforsyning kan oppfylles.

2.1 Energiltak

Energikravene i TEK § 8-21 kan enklest oppfylles ved å følge listen over energiltak.

Gjennomføres alle tiltakene er energikravene i § 8-21 oppfylt og beregninger er unødvendig.

Energiltak i TEK § 8-21 a

- Samlet glass-, vindus- og dørareal: maksimalt 20 % av bygningens oppvarmede BRA
- U-verdi yttervegg: 0,18 W/m²K
- U-verdi tak: 0,13 W/m²K
- U-verdi gulv på grunn og mot det fri: 0,15 W/m²K
- U-verdi glass/vindu/dør: 1,2 W/m²K
- Normalisert kuldebroverdi
 - 0,06 W/m²(BRA)K
 - 0,03 W/m²(BRA)K for småhus
- Lufttetthet:
 - 1,5 luftvekslinger per time ved 50 Pa trykkforskjell
 - 2,5 luftvekslinger per time ved 50 Pa trykkforskjell for småhus
- Gjenvinning av 70 % av varmen i ventilasjonsluften
- SFP faktor
 - 2,0/1,0 kW/(m³/s) for næringsbygg (dag/natt)
 - 2,5 kW/(m³/s) for bolig (hele døgnet)
- Automatisk utvendig solavskjermingsutstyr eller andre tiltak for å oppfylle krav til termisk komfort uten bruk av lokalkjøling
- Natt- og helgesenking av innetemperatur

Byggforskserien fra SINTEF Byggforsk beskriver hvordan tiltakene kan gjennomføres i praksis og er også et godt grunnlag for dokumentasjon.

Nedenfor omtales energiltakene, med særlig fokus på småhus og kontorbygg. For mer utfyllende detaljer rundt tiltakene henvises til blader i Byggforskserien fra SINTEF Byggforsk og relevante standarder. Foreløpige nye byggdetaljer for småhus er publisert i BEnytt nr. 2 2007, spesialnummer om nye energikrav i TEK.

Ved dokumentasjon av at energikravene er tilfredsstillt, benyttes sjekklister som vist i kapittel 6.2.

Det kan gjøres avvik fra tiltakslisten dersom det vises at byggets energibehov likevel ikke øker som følge av valgene som tas i prosjekteringen.

Ved avvik skal det foreligge dokumentasjon på at varmetapet på grunn av transmisjon, infiltrasjon og ventilasjon ikke øker. Slik dokumentasjon foretas ved beregning av varmetapstallet i henhold til NS 3031 (kapittel 2.1.3).

U-verdi regnes som gjennomsnittsverdi for de ulike bygningsdelene⁴.

2.1.1 Småhus

Yttervegger, tak og gulv

Tabell 1 nedenfor gir en oversikt over hvilke isolasjonstykkelser som er nødvendige for å oppnå U-verdiene som er gitt i § 8-21 a.

Tabell 1: Nødvendig isolasjonstykkelse for å oppnå U-verdiene som er gitt i § 8-21 a

| Bygningsdel | U-verdi (W/m ² K) | Nødvendig isolasjonstykkelse |
|-------------|------------------------------|------------------------------|
| Yttervegg | ≤ 0,18 | 25 cm |
| Tak | ≤ 0,13 | 30-35 cm |
| Gulv | ≤ 0,15 | 20-30 cm |

De største isolasjonstykkelsene er nødvendige for vanlige bindingsverkskonstruksjoner hvor inntil 12 % av arealet er gjennomgående bindingsverk. Denne treandelen er vanlig for yttervegger med 36 mm tykke profiler. For tak og bjelkelag kan treandelen være litt lavere. Ved å redusere arealandelen bindingsverk, eller ved å la deler av isolasjonen være kontinuerlig uten andre gjennomgående materialer, kan isolasjonstykkelsen reduseres. Det er derfor oppgitt alternative isolasjonstykkelser i tabellen.

I bindingsverk av tynnplateprofiler av stål bør det bare brukes profiler med godt slisset steg. Det er nødvendig for å kunne oppnå samme U-verdier som for bindingsverk av tre med samme isolasjonstykkelse.

For vegger mot terreng uten innstøpt isolasjon bør minst 10 cm av isolasjonen legges i et kontinuerlig sjikt på utsiden av veggen. Det er viktig for å oppnå god sikkerhet mot fuktskader innvendig på grunn av kondens.

U-verdien for tak, vegger og gulv mot det fri beregnes etter NS-EN ISO 6946. I Byggforskserien er det flere blad med ferdig beregnede U-verdier for en rekke vanlige konstruksjoner.

For gulv på grunn kan varmemotstanden som grunnen utgjør inngå i U-verdiberegningen. Den laveste isolasjonstykkelsen i tabellen over forut-

setter at gulvisolasjonen er kontinuerlig uten andre gjennomgående materialer og at det er cirka 10 cm isolasjon utvendig på ringmuren.

U-verdien for gulv på grunnen beregnes etter NS-EN ISO 13370. Regler for beregning av varmetap gjennom konstruksjoner mot grunnen er gitt i NS 3031.

I Byggforskserien er det flere blad med ferdig beregnede U-verdier for flere alternative gulvløsninger.

Glass/vinduer/dører, U-verdi ≤ 1,2 W/m²K

U-verdikravet gjelder som gjennomsnitt for samlet areal av alle vinduer, glassfelt og dører i bygningen. For vinduer med ruter som er over ca. 0,9 m x 0,9 m kan en oppnå en U-verdi på 1,2 W/m²K på to alternative måter:

- 3-lags isolerrute med to energibelegg og argon i hulrommene samt vanlige trekarm/rammeprofil eller PVC profiler
- 2-lags isolerrute med ett energibelegg og argon i hulrommet og isolert trekarm/rammeprofil eller PVC-profiler som er oppdelt i mange kammer

For vinduer med ruter som er mindre enn ca. 0,9 m x 0,9 m, som vinduer med gjennomgående post, losholt eller sprosser, kreves det isolert trekarm/rammeprofil eller PVC-profiler oppdelt i mange kammer selv om en bruker 3-lags rute.

U-verdier for vinduer kan beregnes etter NS-EN ISO 10077 del 1 eller 2, ISO 15099 eller måles i laboratorium i henhold til NS-EN ISO 12567⁵.

Normalisert kuldebroverdi (gitt per m² oppvarmet BRA): ≤ 0,03 W/m²K

I småhus av bindingsverk er det forholdsvis enkelt å unngå vesentlige kuldebroer. Med en isolasjonstykkelse i yttervegger på 25 cm bør minst 10 cm av isolasjonen ligge på utsiden av alle tunge bærende materialer. Da vil en normalt komme godt innenfor den oppgitte grenseverdien pr. kvadratmeter oppvarmet bruksareal også med etasjeskillere og skillevegger av betong. En bør unngå utkragede betongkonstruksjoner eller bruke spesielle prefabrikkerte kuldebrobrytere av trykkfast isolasjon med ilagt armering av rustfritt stål. Dersom normalisert kuldebroverdi ikke dokumenteres, benyttes verdier i henhold til NS 3031, tillegg A.

⁴ Det vil for eksempel kunne være mulig at deler av yttervegg har U-verdi høyere enn 0,18 W/m²K så lenge hele ytterveggen totalt sett har U-verdi lik eller under forskriftskravet.

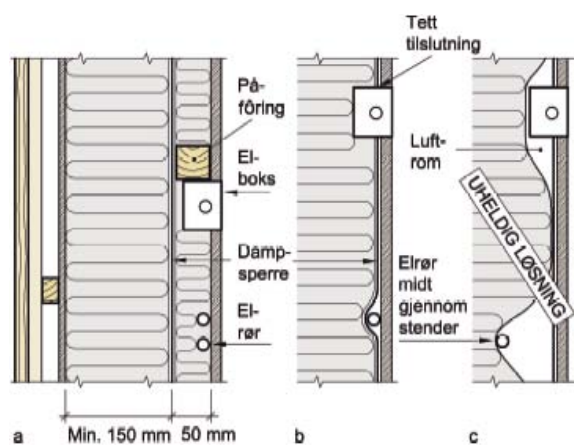
⁵ I henhold til NS-EN ISO 10077 del 1, oppgis U-verdi med to gjeldende sifre. I praksis betyr dette for eksempel 1,2 W/m²K og 0,85 W/m²K.

Lufttetthet, lekkasjetall: $\leq 2,5$ luftvekslinger per time ved 50 Pa trykkforskjell

Ved å gjøre bevisste valg allerede under prosjekteringen, slik at tettearbeidene ikke blir vanskeligere enn nødvendig, er det fullt mulig å bygge småhus med lavere lekkasjetall enn 2,5 med vanlige materialer og klemte skjøter. Lufttetthet kan prøves etter Norsk Standard NS-EN 13829.

Enkel husform gir enklere tettearbeid enn hus med kompliserende sprang i fasader og tak. Ved å velge takkonstruksjoner med løse takutstikk⁶ og kombinert undertak/vindspærre, blir det få skjøter, og vindtettingen kan føres kontinuerlig forbi overgangen tak/vegg som ellers er et problempunkt. Vindsperrer i form av plater blir tette nok, forutsatt at skjøtene klemmes godt med sløyfer eller egne klemlister mot fast underlag. Rulleprodukter i stort format gir få skjøter og forenkler vind- og lufttettingen, og kan med god utførelse av skjøter og avslutninger gi et vesentlig bidrag til husets tetthet.

Med inntrukket dampspærre kan trekrør for ledninger og andre rør monteres skjult uten at de trenger å perforere dampspærren. Dampspærren monteres da mellom to lag bindingsverk, hvorav det innerste sjiktet vanligvis er en 48 mm tykk påføring. Det gir sikrere og bedre lufttetting i både vegger og tak (se figur 1).



Figur 1: Inntrukket dampspærre (hentet fra Sintef Byggforsk Byggdetaljer 554.105)

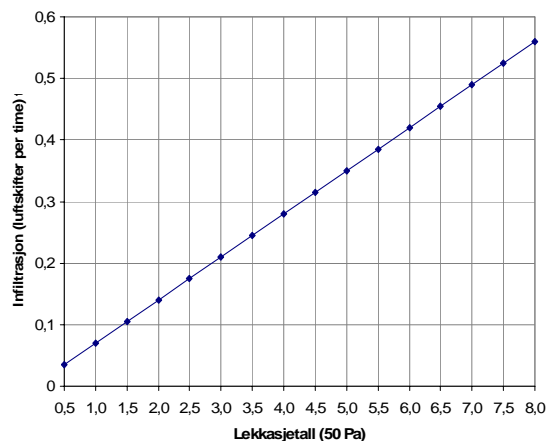
Piper av vanlig, luftåpen lettklinkerbetong er en potensiell stor utetthet som kan gi et betydelig bidrag til husets lekkasjetall. For å unngå store utettheter må lettklinkerpiper porettes ved slemming eller pusses på alle fire sider, også blokkene i mellombjelkelaget og taket. Et godt alternativ er å bruke etasjehøye pipeelementer som er porettet på alle sider på forhånd.

Det er også viktig med gode tetteløsninger rundt tekniske gjennomføringer i klimaskjermen (rør,

⁶ Det vil si takutstikk som er påsatt etter at vindspærre er etablert.

kanaler, o.l.). Det beste er å redusere slike gjennomføringer til et minimum ved god planlegging. Egnede mansjettløsninger eller bunnfyllingslist og fugemasse kan gi god tetthet for slike gjennomføringer.

Ved beregning av infiltrasjonsvarmetap benyttes verdier for luftvekslinger/luftskifte, gitt som funksjon av lekkasjetallet, som vist i figur 2. Figuren gjelder ved bruk av balansert ventilasjon. Dersom det benyttes mekanisk avtrekksventilasjon, beregnes luftskifte i henhold til regler gitt i NS 3031.



Figur 2: Infiltrasjon avhengig av lekkasjetall ved 50 Pa trykkdifferanse mellom inne og ute, beregnet i henhold til NS 3031. Det er forutsatt balansert ventilasjon, moderat skjerming og mer enn én utsatt fasade.

Årsmidlere temperaturvirkningsgrad for varmeveksler i ventilasjonsanlegg: 70 %

I hus med balansert mekanisk ventilasjon kan kravet oppfylles ved å installere varmeveksler med årsmidlere temperaturvirkningsgrad lik 70 %. Om man ønsker å benytte mekanisk avtrekksventilasjon, naturlig ventilasjon eller balansert ventilasjon med dårligere ytelse enn ovenfor, må dette kompenseres med andre tiltak, slik at byggets varmetapstall ikke øker. Alternativt kan slik omfordeling dokumenteres med energiramme-modellen.

Det er ingen minstekrav til varmegjenvinning, men det krever meget omfattende tiltak på isolering og tetthet hvis man ønsker å bruke naturlig ventilasjon eller avtrekksventilasjon (uten varmegjenvinning).

Leverandør av ventilasjonsanlegget må dokumentere varmevekslerens årsmidlere temperaturvirkningsgrad. I tillegg må det dokumenteres at anlegget oppfyller krav til nødvendig luftvekslinger (i henhold til veiledning til TEK § 8-34). Dokumentasjon må oppgis for normalt driftspunkt (kombinasjon luftmengde/trykkfall) som skal anvendes for den aktuelle bygningen. Se NS 3031 for fastsettelse av årsmidlere SFP (Specific

Fan Power) og årsmidlere temperaturvirkningsgrad.

Roterende varmegjennvinnere, kammervarmegjennvinnere samt visse typer platevarmegjennvinnere kan tilfredsstillende krav til 70 % årsmidlere temperaturvirkningsgrad for varmeveksler.

Varmevekslere kan bli utsatt for ising i kalde perioder, noe som kan føre til redusert virkningsgrad. I regenerative varmevekslere (roterende varmegjennvinnere og kammervarmegjennvinnere) føres avtrekksluft og friskluft vekselvis fram og tilbake i de samme luftspaltene, noe som gjør at isen normalt forsvinner av seg selv. Platevarmegjennvinnere er mer utsatt for frostproblemer og må som regel frostsikres. Slik frostsikring krever energi, og fører til at den effektive årsmidlere virkningsgraden blir lavere. Dette skal det tas hensyn til ved dokumentasjon av varmegjennvinneren i henhold til NS 3031.

Leverandører av små aggregater dokumenterer ofte aggregatets temperaturvirkningsgrad, som er noe høyere enn varmevekslerens temperaturvirkningsgrad fordi det tas hensyn til temperaturløft gjennom tilluftsviften. Der aggregatets temperaturvirkningsgrad er dokumentert, skal denne regnes om til varmevekslerens årsmidlere virkningsgrad i henhold til NS 3031. For å tilfredsstillende kravet til 70 % årsmidlere temperaturvirkningsgrad for varmeveksler, må aggregatets årsmidlere temperaturvirkningsgrad utgjøre ca. 75 %.

Se også:

- Byggforskserien: Byggedetaljer 552.340 Varmegjennvinnere i ventilasjonsanlegg.

Hele ventilasjonsanlegget, kanaler, aggregat og varmegjennvinner, bør i sin helhet plasseres på varm side av varmeisolasjonssjiktet. Høye inne-temperaturer om sommeren kan bli et problem i boliger, og for å unngå uønsket temperaturøkning av tilluften om sommeren kan tilluftskanaler isoleres. Ventilasjonskanalene bør ligge på innsiden av dampsperra (bortsett fra inntaks- og avkastkanal som jo må gå ut av huset).

Spesifikk vifteeffekt i ventilasjonsanlegg (SFP-faktor): 2,5 kW/(m³/s)

SFP er forholdet mellom den elektriske effekten som er nødvendig for å drive viftene og den prosjekterte luftmengden som forflyttes ved hjelp av disse viftene.

Riktig komponentbruk og god utforming av ventilasjonsanlegget i forhold til planløsning gir lav SFP-verdi. Det er derfor viktig at det tas hensyn til ventilasjonsanlegget tidlig i planleggingsfasen og at planløsningen velges med tanke på mulighetene for føringsveier, kanal-tverrsnitt og atkomst for renhold og vedlikehold.

Våtrom og kjøkken bør samles mot en «teknisk kjerne» i midten av boligen slik at alle installasjoner, inkludert ventilasjonskanaler, kan legges samlet i en sjakt og gi korte føringsveier.

Energikravene er basert på SFP i boliger lik 2,5 kW/(m³/s) ved normal ventilasjon. Ved planlegging av ventilasjonsanlegg har man sjelden full kontroll over alle parametrene som påvirker SFP-verdien (komponentvalg, praktisk utførelse, innregulering osv.). Det anbefales derfor at prosjekteringsmålet for SFP settes lik 2,1 kW/(m³/s) for å ta høyde for dette.

Følgende momenter bør legges til grunn ved prosjektering og utførelse:

- dimensjonere kanalnettet for lav hastighet (maks. lufthastighet lik 2,0–2,5 m/s)
- utforme kanalnettet for lavt trykkfall, dvs. planlegge med kortest mulig føringsveier og redusere antall bend, T-stykker, overganger etc. til et minimum. Man bør unngå kanaler med diameter under 100 mm.
- plassere aggregatet slik at kanalene blir så korte som mulig, helst i nærheten av sjakten for tekniske installasjoner
- bruke spirokanaler, ikke fleksikanaler
- velge vifter og motorer med høy virkningsgrad
- velge varmegjennvinner med lavt trykkfall (lufthastighet gjennom varmegjennvinner bør maksimalt være 2,5 m/s)
- utforme vifteutløp slik at systemtap unngås
- unngå filter med høyt trykkfall

Ventilasjonsanlegget bør innreguleres før det tas i bruk. Innregulering betyr at spjeld og ventilstillinger justeres til prosjekterte luftmengder. Deretter låses innstillingene. Kontrollmåling av SFP bør foretas etter innreguleringen, og ventilasjonsanlegget bør leveres med innreguleringsprotokoll som også omfatter målte SFP-verdier ved normal drift. Kravet til SFP gjelder ved midlere filtertrykkfall. Det er ofte hensiktsmessig å måle SFP med nytt filter og dimensjonerende luftmengde. Da bør SFP ligge under 2,3 kW/(m³/s) for å oppnå kravet på 2,5 kW/(m³/s) ved midlere filtertrykkfall. Denne tommelfingerregelen er basert på en maksimal trykkfallsøkning over filteret på 100 Pa før filterskift på både tilluft- og avtrekksiden og kun et filtersteg på tilluftssiden.

For ytterligere informasjon om balansert ventilasjon i småhus henvises det til:

- Byggforskserien: Byggedetaljer 552.301 Ventilasjon av boliger. Prinsipper og behov

- Byggforskserien: Byggedetaljer 552.303
Balansert ventilasjon i småhus
- NBI Rapport 113 Boligventilasjon

Tiltak for å unngå lokal kjøling

Energitiltaksmodellen krever at termisk komfort skal oppfylles uten bruk av lokal kjøling⁷. For å dokumentere oppfyllelse av dette kravet, må det vises til at ett eller flere forebyggende tiltak mot overoppvarming er gjennomført, som for eksempel:

- montere utvendig solavskjerming på solutsatte vinduer/glassflater
- redusere vindusarealet i solbelastede fasader
- bygge utspring over store sydvendte glassflater, for eksempel godt takutstikk
- benytte glasstyper med lav solfaktor (solreflekterende eller 3-lags energipareglass)
- benytte naturlig skjerming (vegetasjon, terreng)
- bygge bygningen med mulighet for gjennomlufting
- unngå utvendige flater med høy absorpsjonsfaktor
- benytte eksponert termisk masse, med det menes innvendige utildekkede tunge konstruksjoner i betong, mur eller lignende
- utforme ventilasjonsanlegget slik at temperaturstigning i anlegget på grunn av høy utetemperatur blir minimal (under 2 °C)

Det må bemerkes at all fast solavskjerming som solavskjermende glasstyper, utspring, vegetasjon, terreng osv. også vil redusere ønsket solvarmetilskudd på dager med varmebehov, samt dagslystilgangen. Valg av solavskjermingsstrategi må derfor balansere ulike krav som dagslystilgang, redusert oppvarmingsbehov og overoppvarming⁸.

Tiltak for natt- og helgesenking av innetemperaturen

Det er satt krav til temperatursenking for de bygningstyper der det kan skilles mellom natt-, dag- og helgedrift. I småhus bør det skilles mellom dag og natt og perioder med tilstedeværelse og fravær. I fyringssesongen senkes innetemperatur fra 21 °C til 19 °C om natten og i løpet av dagen når ingen er til stede. Det er ikke krav til automatisk styring av oppvarming og/eller

ventilasjon, men i mange tilfeller vil løsningen være hensiktsmessig. Automatisk tidsstyring av panelovner er stadig mer utbredt, enten med lokal automatikk på hver ovn eller med et sentralt styringssystem. Tidsstyring av vannbårent varmeanlegg må tilrettelegges med et sentralt styringssystem.

Se også

- Byggforskserien: Byggedetaljer 552.102:
Oppvarming av boliger. Metoder og systemer
- Byggforskserien: Byggedetaljer 552.108:
Automatisk temperaturregulering i elektrisk oppvarmede småhus

2.1.2 Kontorbygg

Både U-verdikrav, nødvendig isolasjonstykkelse og råd for å oppnå energieffektive løsninger er i hovedsak de samme som for småhus (kapittel 2.1.1). Det samme gjelder tiltak for natt- og helgesenking av innetemperaturen. Kravet til lufttetthet for kontorbygg (og alle andre bygningskategorier) er imidlertid strengere enn for småhus. Bygningens lekkasjetall skal være mindre eller lik 1,5 luftvekslinger per time ved 50 Pa trykkforskjell.

Under gis imidlertid en mer utfyllende beskrivelse av løsninger som vil kunne være typiske for kontorbygg.

Spesifikk vifteeffekt i ventilasjonsanlegg (SFP-faktor): 2/1 (dag/natt) kW/(m³/s)

Energibehovet til vifter i moderne næringsbygg kan utgjøre 15–20 % av byggets totale energibehov. Optimalt vifte- og motorvalg, gunstig utformede vifteutløp og gjennomtenkt komponentvalg langs den kanalveien som har høyest trykkfall, kan redusere energibehovet til viftdrift betydelig. Som regel lønner det seg også å optimalisere plassering av teknisk rom og sjakter, øke aggregatstørrelsen m.m. I tillegg gir energieffektive anlegg generelt mindre støy enn tradisjonelle anlegg.

Maksimumskravet til SFP i næringsbygg er 2 kW/(m³/s) ved normal ventilasjonsdrift. Ved prosjektering av ventilasjonsanlegg har man sjelden full kontroll over alle parametrene som påvirker SFP-verdien. Det anbefales derfor at prosjekteringsmålet for SFP settes lik 1,7 kW/(m³/s) ved normal ventilasjonsdrift for å ta høyde for dette. Videre er maksimumskrav til SFP utenom normal ventilasjonsdrift, det vil si natt og helg, 1 kW/(m³/s).

Maksimumskravet til SFP utenom driftstid tilfredstilles best ved å regulere ned turtallet på viften slik at luftmengden i anlegget reduseres. Dette krever at man har frekvensomformer for turtallsregulering av viften. En reduksjon av luft-

⁷ Termisk inneklima omtales i TEK § 8-36

⁸ Se for eksempel «Veileder for utforming av glassfasader» fra Enova.

mengden med 25 % vil da automatisk gi en reduksjon av SFP på mellom 50 % og 60 %. I praksis vil ofte luftmengdene reduseres med 60 % til 80 % utenfor driftstiden. Det vil si at et anlegg som tilfredsstiller kravet til SFP ved normal drift, vil også tilfredsstille kravet utenom normal drift ved å redusere turtallet på viftene.

Turtallsregulering er fordyrende og medfører også et energitap som må tas med i betraktningen, men turtallsregulering gir en rekke fordeler som:

- mulighet til å regulere ned luftmengden til et minimumsnivå framfor å stenge anlegget helt, noe som reduserer faren for mikrobiell vekst og slitasje på aggregatet
- mulighet for å forsere luftmengden i perioder med spesielle behov (for eksempel kjøling)
- optimal virkningsgrad på viftemotor
- mulighet for behovsstyring

Reduserer man luftmengden ved å strupe anlegget (øke trykkfallet), vil man i verste fall kun få lik reduksjon av luftmengde og SFP, det vil si at man må halvere luftmengden for å halvere SFP.

SFP kan også uttrykkes som forholdet mellom det totale trykkfallet som skal overvinnes ved hjelp av viftene i anlegget og viftesystemets virkningsgrad. Viftesystemets virkningsgrad angir hvor stor andel av effekten tilført viftemotoren som faktisk går med til å transportere luft i ventilasjonsanlegget. Det er derfor viktig å benytte vifter og viftemotorer med høy virkningsgrad og ha minst mulig kraftoverføringstap mellom vifte og motor.

Andre momenter som bør legges til grunn ved prosjektering og utførelse:

- dimensjonere kanalnettet for lav hastighet (maksimalt 1 Pa per meter)
- utforme kanalnett for lavt trykkfall, dvs. planlegge med kortest mulig føringsveier og redusere antall bend, T-stykker, overganger etc. til et minimum
- ikke bruke fleksikanaler – selv ikke ved ventilanslutning
- velge varmeveksler med lavt trykkfall
- velge vifter med utforming som gir små systemtap
- unngå filter med høyt trykkfall

Mange anlegg utformes med betydelig reservekapasitet i tilfelle endret bruk. Vifter og viftemotor bør dimensjoneres i forhold til forventet driftspunkt (luftmengde og trykkfall) slik at de får høy virkningsgrad ved normale driftsforhold.

Kontrollmåling av SFP bør foretas etter innreguleringen, og ventilasjonsanlegget bør leveres med innreguleringsprotokoll som også omfatter målte SFP-verdier ved normal drift. Kravet til SFP gjelder ved midlere filtertrykkfall. Det er ofte hensiktsmessig å måle SFP med nytt filter. Da bør SFP ligge under 1,8 kW/(m³/s) for å klare kravet på 2,0 kW/(m³/s) ved midlere trykkfall. Denne tommelfingerregelen er basert på en maksimal trykkfallsøkning over filteret på 100 Pa før filterskift på både tillufts- og avtrekkssiden og kun et filtersteg på tilluftssiden.

For ytterligere informasjon om SFP og behovsstyrt ventilasjon henvises det til:

- Byggforskserien: Byggdetaljer 552.335
Prosjektering av energieffektive ventilasjonsanlegg
- Byggforskserien: Byggdetaljer 552.323
Behovsstyrt ventilasjon

Tiltak for å unngå lokal kjøling

Energiltaksmodellen krever at termisk komfort skal oppfylles uten bruk av lokal kjøling⁹. Også Arbeidstilsynet har retningslinjer for temperaturforhold på arbeidsplasser.

For å dokumentere oppfyllelse av dette kravet, må det vises til at ett eller flere forebyggende tiltak mot overoppvarming er gjennomført. Tiltak for å hindre overoppvarming og/eller redusere kjølebehovet i kontorbygg, er de samme som for småhus (se kapittel 2.1.1). I tillegg vil det i kontorbygg være fornuftig med:

- Energieffektiv og behovsstyrt belysning for å minimere varmelast fra lys
- Nattventilering av bygget i varme perioder, som gjøres ved å ventilere bygget (enten mekanisk eller naturlig) med store kjølige luftmengder om natten. Effekten av nattventilering er avhengig av at bygget har et minimum av eksponerte tunge konstruksjoner innvendig.

Om man ikke kommer utenom lokal kjøling, må bygningens netto energibehov beregnes slik at det dokumenteres at energibehovet ligger under forskriftens energiramme (kapittel 2.2).

2.1.3 Omfordeling – beregning av varmetapstall

Avvik fra energiltakene gitt i § 8.21 a godtas dersom det kan dokumenteres at det samlede varmetapet på grunn av transmisjon, infiltrasjon og ventilasjon ikke øker. Minstekravene til bygningsdelers varmetransmisjonsegenskaper (U-

⁹ I veiledning til TEK anbefales at 26 °C (operativ temperatur) ikke overskrides mer enn 50 timer i et normalår.

verdier) og lufttetthet, gitt i forskriftens § 8.21 c, skal ved omfordeling mellom energitiltak allikevel ikke overskrides. Ved omfordeling mellom energitiltak gjelder følgende:

For konstruksjoner som vender mot uoppvarmede soner, beregnes varmetap gjennom konstruksjonene etter regler gitt i NS 3031.

Driftstider for ventilasjonen settes i henhold til verdier gitt i NS 3031 for den aktuelle bygningsskategorien. For andre bygningskategorier enn de 13 som det er gitt driftstider for, settes driftstider som for den bygningskategorien som ligner mest på den aktuelle bygningen.

I henhold til NS 3031 kan luftmengder ved VAV-styring (variable luftmengder/behovsstyrt ventilasjon) reduseres til 80 % i gjennomsnitt for bygningen sammenlignet med dimensjonerende luftmengder. Ved beregning av varmetapsrammen, legges luftmengder i henhold til dimensjonerende luftmengder (CAV, konstante luftmengder) til grunn.

Eksempel på omfordeling mellom energitiltak for småhus

Som eksempel på småhus tenkes en enebolig i tre, med grunnflate 8 x 10 meter, to fulle etasjer og med kaldt loft. Boligen er forutsatt å være utført med gulv på grunn, og med et oppvarmet bruksareal på 160 m². Det forutsettes 25 cm trebjelkelag mellom etasjene og innvendig romhøyde er 2,4 m. Brutto veggareal, dvs. inklusive vinduer og dører, utgjør 182 m². Oppvarmet luftvolum er forenklet beregnet til 364 m³, dvs. 90 % av bygningens samlede volum innenfor

bygningens ytterflater. Arealer og volumer er beregnet i henhold til regler gitt i NS 3031.

Det er ønskelig å vurdere hvilke kompenserende tiltak som må gjennomføres for å kunne øke samlet dør- og vindusareal til 30 % av oppvarmet bruksareal, samt å benytte 20 cm varmeisolasjon i yttervegger. Det er forutsatt at 20 cm varmeisolasjon i yttervegg gir en U-verdi på 0,22 W/m²K. Denne U-verdien er eksklusiv kuldebroer ut over den treandelen som utgjør normalt stenderverk. I stedet for å beregne kuldebroene detaljert, benyttes den konservative, normaliserte kuldebroverdien 0,04 W/m²K (per m² oppvarmet bruksareal), som er i henhold til NS 3031 tillegg A for bygninger med bærekonstruksjoner i tre.

Som kompenserende tiltak benyttes roterende varmegjenvinner i ventilasjonsanlegget. Varmegjenvinneren er forutsatt å ha en gjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad på 80 % over året, dokumentert i henhold til NS 3031. Luftvekslingen på grunn av ventilasjon er satt lik 0,5 luftvekslinger per time, som er i henhold til veiledning til TEK.

Som kompenserende tiltak benyttes også trevinduer med gjennomsnittlig U-verdi lik 0,80 W/m²K, som innebærer isolert karm og ramme, isolerende avstandslist mellom glassene, samt 3-lags rute med to lavemitterende belegg og argonfylte hulrom.

Det forutsettes at gulv og tak har U-verdier i henhold til TEK § 8-21 a. Lufttettheten utføres også i henhold til kravnivået, noe som gir infiltrasjon tilsvarende 0,18 luftvekslinger per time, se figur 2.

Beregning av varmetapsramme

Ved beregning av varmetapsrammen legges et vindus- og dørareal tilsvarende 20 % av oppvarmet bruksareal til grunn. Alle U-verdier, lekkasjetall, kuldebroverdi og temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner settes i henhold til kravnivået.

Transmisjonsvarmetap gjennom klimaskjermen beregnes som:

$$H_D = \Sigma(U_i \cdot A_i) + \Psi'' \cdot A_{fl} \text{ (W/K)}$$

hvor

U_i er gjennomsnittlig U-verdi for bygningsdelen (W/m²K)

A_i er arealet for bygningsdelen (m²)

" er normalisert kuldebroverdi ut fra byggets oppvarmede bruksareal (W/m²K)

A_{fl} er oppvarmet bruksareal.

Varmetap på grunn av infiltrasjon beregnes som:

$$H_{inf} = 0,33 \cdot n_{inf} \cdot V \text{ (W/K)}$$

hvor

n_{inf} er antall luftskifter på grunn av infiltrasjon (h⁻¹)

V er oppvarmet luftvolum (m³), beregnet etter NS 3031.

Varmetap på grunn av ventilasjon beregnes som:

$$H_v = 0,33 \cdot \dot{V} (1 - \eta) \text{ (W/K)}$$

hvor

\dot{V} er ventilasjonsluftmengde per time (m³/h)

er gjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad over året for varmegjenvinner (%). Verdi oppgis mellom 0 og 1, dvs. 70 % utgjør 0,70.

I tabell 2 fremkommer beregnet varmetapsramme, gitt som både varmetransportkoeffisienten og varmetapstallet.

Tabell 2. Varmetapsramme for eneboligen

| Varmetapsramme for eneboligen i henhold til TEK | Areal (m ²) | U-verdi/kuldebroverdi (W/m ² K) | H _p (W/K) | Luftmengde, V (m ³ /h) | Virkningsgrad varmegjenvinner (%) | H _v , H _i (W/K) | Varmetapsramme (W/K) |
|---|-------------------------|--|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|----------------------|
| Vinduer | 30 | 1,2 | 36,4 | | | | 36,4 |
| Dører | 2 | 1,2 | 2,4 | | | | 2,4 |
| Yttervegger, netto areal | 150 | 0,18 | 27,0 | | | | 27,0 |
| Gulv på grunn | 80 | 0,15 | 12,0 | | | | 12,0 |
| Tak | 80 | 0,13 | 10,4 | | | | 10,4 |
| Kuldebroer (m ² areal oppgis i oppvarmet BRA) | 160 | 0,03 | 4,8 | | | | 4,8 |
| Infiltrasjon | | | | 66 | | 22,0 | 22,0 |
| Ventilasjon | | | | 182 | 70 | 18,0 | 18,0 |
| Samlet varmetransportkoeffisient | | | | | | | 133,0 |
| Varmetapstallet W/m ² K (varmetransportkoeffisienten dividert på oppvarmet bruksareal) | | | | | | | 0,83 |

Beregning av varmetap for eneboligen

Som vist i tabell 3 utgjør varmetapsrammen for eneboligen 133,0 W/K, eller 0,83 W/K per m² oppvarmet bruksareal. Med økt vindusareal og høyere U-verdi for yttervegger, vil varmetapet med kompenserende tiltak bli som vist i tabell 3.

Bortsett fra endrede U-verdier og arealer, samt høyere temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner, beregnes varmetapene på samme måte som for varmetapsrammen.

Tabell 3: Varmetap for eneboligen med faktiske løsninger for vinduer, yttervegger og ventilasjon

| Varmetap for eneboligen | Areal (m ²) | U-verdi/kuldebroverdi (W/m ² K) | H _p (W/K) | Luftmengde, V (m ³ /h) | Virkningsgrad varmegjenvinner (%) | H _v , H _i (W/K) | Varmetap (W/K) |
|---|-------------------------|--|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|----------------|
| Vinduer | 46 | 0,80 | 36,8 | | | | 36,8 |
| Dører | 2 | 1,2 | 2,4 | | | | 2,4 |
| Yttervegger, netto areal | 134 | 0,22 | 29,5 | | | | 29,5 |
| Gulv på grunn | 80 | 0,15 | 12,0 | | | | 12,0 |
| Tak | 80 | 0,13 | 10,4 | | | | 10,4 |
| Kuldebroer (m ² areal oppgis i oppvarmet BRA) | 160 | 0,04 | 6,4 | | | | 6,4 |
| Infiltrasjon | | | | 66 | | 22,0 | 22,0 |
| Ventilasjon | | | | 182 | 80 | 12,0 | 12,0 |
| Samlet varmetransportkoeffisient | | | | | | | 131,5 |
| Varmetapstallet W/m ² K (varmetransportkoeffisienten dividert på oppvarmet bruksareal) | | | | | | | 0,82 |

Beregningene viser at godt isolerende vinduer og varmegjenvinner med ekstra høy virkningsgrad kan kompensere for ekstra vindusareal og tynnere yttervegg. I tabell 4 er det vist hvilke energiltak som er forutsatt. Denne sjekklisten

benyttes ved dokumentasjon av at energikravene er tilfredsstilt. Det skal i tillegg dokumenteres at tilfredsstillende termisk komfort kan oppfylles uten bruk av lokal kjøling, se kapittel 6.2.

Tabell 4: Sjekkliste for dokumentasjon etter energiltaksmodellen for enebolig

| Størrelser | | Inndata | Hvordan dokumentert |
|---|-----------------------------|---------|---|
| Arealer (m ²) | Yttervegger | 134 | I henhold til tegninger |
| | Tak | 80 | I henhold til tegninger |
| | Gulv på grunn | 80 | I henhold til tegninger |
| | Vinduer, dører og glassfelt | 48 | I henhold til tegninger |
| Oppvarmet bruksareal (A_{b}) (m ²) | | 160 | I henhold til tegninger |
| Oppvarmet luftvolum (V) (m ³) | | 364 | I henhold til tegninger |
| Gjennomsnittlig varmetapskoeffisient (U-verdi) for bygningsdeler (W/m ² K) | Yttervegger | 0,22 | Bindingsverk med 20 cm varmeisolasjon iht. Byggedetaljer 471.012 |
| | Tak | 0,13 | Kaldt loft, sperretak med 30 cm varmeisolasjon iht. Byggedetaljer 471.013 |
| | Gulv | 0,15 | Gulv på grunn, 20 cm EPS, isolert ringmur. Beregnet iht NS 3031 |
| | Vinduer, dører og glassfelt | 0,82 | Dokumentert av dør- og vindusleverandør ¹ |
| Arealandel for vinduer, dører og glassfelt i forhold til oppvarmet bruksareal (%) | | 30 | - |
| Normalisert kuldebroverdi (Ψ') (W/m ² K) | | 0,04 | NS 3031, Tillegg A |
| Lekkasjetall (n_{50}) (h ⁻¹) | | 2,5 | Byggedetaljer (nytt blad kommer). Se BENYTT nr. 2 2007 spesialnummer |
| Årsmidlere virkningsgrad (η) for varmegjenvinner (%) | | 80 % | NS 3031 |
| Spesifikk vifteeffekt (SFP) relatert til luftmengder, i driftstiden (kW/m ³ /s) | | 2,5 | Gjelder hele døgnet, beregnes iht NS 3031 |
| Spesifikk vifteeffekt (SFP) relatert til luftmengder, utenfor driftstiden (kW/m ³ /s) | | - | - |
| Gjennomsnittlig ventilasjonsluftmengde (\dot{V}) i driftstiden, gitt per m ² oppvarmet bruksareal (m ³ /m ² h) | | 1,26 | Minimumskrav 0,5 luftvekslinger i henhold til veiledning til TEK. Dokumentert av ansvarlig prosjekterende. Gjelder hele døgnet. |
| Ventilasjonsluftmengde (\dot{V}) utenfor driftstiden, gitt per m ² oppvarmet bruksareal (m ³ /m ² h) | | - | - |

¹Gjennomsnitt for vinduer med isolert karm og ramme, 3-lags ruter med to lavemitterende belegg og 16 mm argon i hulrom utgjør 0,80 W/m²K. Inkludert dører med U-verdi 1,2 W/m²K blir gjennomsnittlig U-verdi 0,82 W/m²K.

Eksempel på omfordeling mellom energiltak for kontorbygg

Som eksempel på kontorbygg er det forutsatt en tre-etasjers bygning med en grunnflate på 20 x 60 meter. Samlet oppvarmet bruksareal blir dermed 3600 m². Netto etasjehøyde er 2,7 meter. Når det tas hensyn til 25 cm dekke mellom etasjene samt 25 cm nedsenket akustisk himling, blir brutto yttervegsareal 1496 m². Høyden på ytterveggen beregnes som samlet netto romhøyde i tillegg til høyden på etasjeskillere og nedfelte himlinger. Også himling i tredje etasje er inkludert i høyden på yttervegg. Netto luftvolum for bygningen utgjør 11.220 m³. Oppvarmet luftvolum er forenklet beregnet til 10.098 m³, dvs. 90 % av bygningens samlede volum innenfor bygningens ytterflater. Arealer og volumer er beregnet i henhold til regler gitt i NS 3031. Det er forutsatt bærekonstruksjoner i stål og etasjeskillere i betong. Det er forutsatt bærekonstruksjoner i stål og etasjeskillere i betong.

I det følgende vurderes hvilke kompenserende tiltak som må gjennomføres for å øke samlet dør-, vindus- og glassareal til 30 % av oppvarmet bruksareal. Det benyttes også vinduer og glassfelt med en gjennomsnittlig U-verdi på 1,5 W/m²K, som i dette eksempelet tilsvarer 2-lags ruter med ett lavemitterende belegg og argon i hulrommet, samt karmen, rammer og profiler i aluminium.

Som kompenserende tiltak benyttes roterende varmegjenvinner i ventilasjonsanlegget, som er forutsatt å ha en gjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad på 80 % over året, samt VAV-styring som gir reduserte ventilasjonsluftmengder. Gjennomsnittlig ventilasjonsluftmengde i kontorbygningen i løpet av døgnet er i utgangspunktet satt lik 5,5 m³/m²h. Denne luftmengden er basert på en konstant dimensjonerende luftmengde (CAV) på 10 m³/m²h i driftstiden (60 timer per uke), og 3 m³/m²h utenfor driftstiden (108

timer per uke). Luftmengder på 3 m³/m²h utenfor driftstiden er satt for å fjerne emisjoner i bygget, samt for å motvirke mikrobiologisk vekst i ventilasjonsanlegget. I driftstiden benyttes imidlertid VAV-styring (variabel luftmengde etter behov) som energisparetiltak. I henhold til NS 3031 kan luftmengdene med VAV-styring reduseres til 80 % i gjennomsnitt for bygningen sammenlignet med dimensjonerende luftmengder. Gjennomsnittlig luftmengde i driftstiden settes derfor lik 8,0 m³/m²h, noe som gir en gjennomsnittlig luftmengde over døgnet lik 4,8 m³/m²h. Driftstidene er i henhold til NS 3031.

For gulv og tak forutsettes at kravene til varmeisolasjon er oppfylt. Kuldebroer dokumenteres ikke, og det må derfor benyttes en kuldebroverdi tilsvarende 0,07 W/m²K (per m² oppvarmet bruksareal), som er i henhold til NS 3031 tillegg A for bygninger med bærekonstruksjoner i betong, mur eller stål samt 10 cm kuldebrobryter i fasadene.

Også kravet til et lekkasjetall på 1,5 forutsettes tilfredsstillt. Dette gir infiltrasjon tilsvarende 0,11 luftvekslinger per time, se figur 2.

Beregning av varmetapsramme

Ved beregning av varmetapsrammen for kontorbygningen legges et vindus- og dørareal tilsvarende 20 % av oppvarmet bruksareal til grunn. For ventilasjonsluftmengdene legges dimensjonerende luftmengder med konstant drift (CAV) til grunn. Varmetap på grunn av transmisjon, infiltrasjon og ventilasjon beregnes som vist under eksempelet for småhus.

Beregnet varmetapsramme for kontorbygningen er vist i tabell 5. Alle U-verdier, lekkasjetall, kuldebroverdi og temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner settes i henhold til kravnivået i § 8-21 a (energitiltak).

Tabell 5: Varmetapsramme for kontorbygningen

| Varmetapsramme for kontorbygget iht. TEK | Areal (m ²) | U-verdi/kuldebroverdi (W/m ² K) | H _o (W/K) | Luftmengde, V (m ³ /h) | Virkningsgrad varmegjenvinner (%) | Hv, Hi (W/K) | Varmetapsramme (W/K) |
|---|-------------------------|--|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------|----------------------|
| Vinduer | 715 | 1,2 | 858,0 | | | | 858,0 |
| Dører | 5 | 1,2 | 6,0 | | | | 6,0 |
| Yttervegger, netto areal | 776 | 0,18 | 139,7 | | | | 139,7 |
| Gulv på grunn | 1200 | 0,15 | 180,0 | | | | 180,0 |
| Tak | 1200 | 0,13 | 156,0 | | | | 156,0 |
| Kuldebroer (m ² areal oppgis i oppvarmet BRA) | 3600 | 0,06 | 216,0 | | | | 216,0 |
| Infiltrasjon | | | | 1111 | | 366,6 | 366,6 |
| Ventilasjon | | | | 19800 | 70 | 1960,2 | 1960,2 |
| Samlet varmetransportkoeffisient | | | | | | | 3882,5 |
| Varmetapstallet W/m ² K (varmetransportkoeffisienten dividert på oppvarmet bruksareal) | | | | | | | 1,08 |

Beregning av varmetap for kontorbygningen

Som vist i tabell 6 utgjør varmetapsrammen 3882,5 W/K, eller 1,08 W/m²K. Med økt vindusareal og høyere U-verdi for vinduene vil varmetapene med kompenserende tiltak bli som vist i tabell 6.

Tabell 6: Varmetap for kontorbygningen med faktiske løsninger for vinduer, yttervegger, ventilasjon og lufttetthet

| Varmetap for kontorbygget | Areal (m ²) | U-verdi/kuldebroverdi (W/m ² K) | H _o (W/K) | Luftmengde, V (m ³ /h) | Virkningsgrad varmegjenvinner (%) | Hv, Hi (W/K) | Varmetap (W/K) |
|--|-------------------------|--|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------|----------------|
| Vinduer | 1075 | 1,5 | 1612,5 | | | | 1612,5 |
| Dører | 5 | 1,2 | 6,0 | | | | 6,0 |
| Yttervegger, netto areal | 416 | 0,18 | 74,9 | | | | 74,9 |
| Gulv på grunn | 1200 | 0,15 | 180,0 | | | | 180,0 |
| Tak | 1200 | 0,13 | 156,0 | | | | 156,0 |
| Kuldebroer (m ² areal oppgis i oppvarmet BRA) | 3600 | 0,07 | 252,0 | | | | 252,0 |
| Infiltrasjon | | | | 1111 | | 366,6 | 366,6 |
| Ventilasjon | | | | 17280 | 80 | 1140,5 | 1140,5 |
| Samlet varmetransportkoeffisient | | | | | | | 3788,5 |
| Varmetapstallet W/m ² K (varmetransportkoeffisienten dividert på oppvarmet bruksareal). | | | | | | | 1,05 |

Som tabell 6 viser, vil varmetapet ved å øke vindusarealet og U-verdien for vinduene ikke bli høyere enn varmetapsrammen når det benyttes høyeffektiv varmegjenvinner og VAV-styring av ventilasjonsluften. I sjekklisten, gitt i tabell 7, er det vist hvilke energitiltak som er forutsatt. Det skal i tillegg dokumenteres at tilfredsstillende termisk komfort kan oppfylles uten bruk av lokal kjøling, se kap. 6.2.

Tabell 7: Sjekkliste for dokumentasjon etter energiltaksmodellen for kontorbygg

| Størrelser | | Inndata | Hvordan dokumentert |
|---|-----------------------------|---------|---|
| Arealer (m ²) | Yttervegger | 416 | I henhold til tegninger |
| | Tak | 1200 | I henhold til tegninger |
| | Gulv på grunn | 1200 | I henhold til tegninger |
| | Vinduer, dører og glassfelt | 1080 | I henhold til tegninger |
| Oppvarmet bruksareal (A_p) (m ²) | | 3600 | I henhold til tegninger |
| Oppvarmet luftvolum (V) (m ³) | | 10098 | I henhold til tegninger |
| Gjennomsnittlig varmetapskoeffisient (U-verdi) for bygningsdeler (W/m ² K) | Yttervegger | 0,18 | Bindingsverk med 25 cm varmeisolasjon iht. Byggedetaljer 471.012 |
| | Tak | 0,13 | Kompakt tak på dekke av betong, 30 cm varmeisolasjon iht. Byggedetaljer 471.013 |
| | Gulv | 0,15 | Gulv på grunn, 20 cm EPS, isolert ringmur. Beregnet iht. NS 3031 |
| | Vinduer, dører og glassfelt | 1,5 | Dokumentert av dør- og vindusleverandør ¹ |
| Arealandel for vinduer, dører og glassfelt i forhold til oppvarmet bruksareal (%) | | 30 | - |
| Normalisert kuldebroverdi (Ψ') (W/m ² K) | | 0,07 | NS 3031, Tillegg A |
| Lekkasjetall (n_{50}) (h ⁻¹) | | 1,5 | Byggedetaljer (nytt blad kommer). Se BENYTT nr. 2 2007 spesialnummer |
| Årsmidlere virkningsgrad (η) for varmegjenvinner (%) | | 80 % | NS 3031 |
| Spesifikk vifteeffekt (SFP) relatert til luftmengder, i driftstiden (kW/m ³ /s) | | 2,0 | NS 3031 |
| Spesifikk vifteeffekt (SFP) relatert til luftmengder, utenfor driftstiden (kW/m ³ /s) | | 1,0 | NS 3031 |
| Gjennomsnittlig ventilasjonsluftmengde (\dot{V}) i driftstiden, gitt per m ² oppvarmet bruksareal (m ³ /m ² h) | | 8,0 | VAV, 80 % av CAV. Dokumentert av ansvarlig prosjekterende |
| Ventilasjonsluftmengde (\dot{V}) utenfor driftstiden, gitt per m ² oppvarmet bruksareal (m ³ /m ² h) | | 3,0 | Dokumentert av ansvarlig prosjekterende |

¹ Vinduer med 2-lags ruter med ett lavemitterende belegg og argon i hulrommet samt karmen, rammer og profiler i aluminium. U-verdien gjelder som gjennomsnitt for alle vinduer, glassfelt og dører (dører U-verdi 1,2 W/m²K)

2.2 Byggets netto energibehov (energirammer)

Det andre alternativet for å oppfylle energikravene i § 8-21, er å gjennomføre en kontrollberegning som viser at samlet netto energibehov ikke overskrider fastsatt energiramme, angitt i kWh/m² oppvarmet BRA per år. Alle energiposter skal inngå i kontrollberegningen.

Kontrollberegningen skal foregå etter regler fastsatt i «NS 3031: Beregning av bygningers energiytelse – Metode og data»¹⁰. For beregning av bruksareal (BRA) legges definisjonene i NS 3940 til grunn. Oppvarmet bruksareal beregnes etter NS 3031¹¹.

Energirammer i TEK § 8-21 b

(kWh pr m² oppvarmet BRA per år):

- Småhus: 125 + 1600/oppvarmet BRA
- Boligblokk: 120
- Barnehage: 150
- Kontorbygg: 165
- Skolebygg: 135
- Universitet/Høyskole: 180
- Sykehus: 325
- Sykehjem: 235
- Hoteller: 240
- Idrettsbygg: 185
- Forretningsbygg: 235
- Kulturbygg: 180
- Lett industri/verksteder: 185

Det skal benyttes faste og standardiserte verdier for bruksavhengige data som inne-temperaturer, driftstider, internvarmetilskudd, energibehov til varmtvann, belysning og elektrisk utstyr samt klimadata for Oslo (landsgjennomsnitt). Verdiene finnes i NS 3031. Ved beregning av infiltrasjon benyttes verdier for luftvekslinger, gitt av lekkasjetallet som vist i figur 2.

Ved beregning av netto energibehov tas det ikke hensyn til systemvirkningsgrader og varme- eller kjølefaktor for varme- og kjøleanlegg. Dette innebærer at det ses bort fra tap knyttet til varmeproduksjon, varmedistribusjon og regulering av slike anlegg. Elektrisitet til

drift av pumper for å sirkulere vann i vannbaserte varme og kjøleanlegg skal imidlertid medregnes. For komfortkjøling (sentral eller lokal) skal det altså kun regnes med nødvendig fjernet varme for å holde tilfredsstillende termisk komfort, beregnet etter regler gitt i NS 3031.

Ved beregning av netto energibehov kan det velges mellom månedsstasjonær og dynamisk (timesbasert) beregningsmetode. I henhold til NS 3031 skal det alltid benyttes dynamisk beregningsmetode når det benyttes mekanisk kjøling. For en del bygningskategorier kreves det at slik metode benyttes, i henhold til NS 3031.

Bygninger sammensatt av to eller flere bygningskategorier

En bygning vil kunne bestå av arealer med ulike bruksfunksjoner. Eksempelvis er det vanlig at nye forretningsbygg inneholder både kontorarealer og leiligheter, samt kanskje også lokaler for ulike typer helsetjenester m.m. Dette er virksomheter med ulike driftsbetingelser, og med ulike energirammer. I slike bygninger gjelder rammekravene for bygningskategoriene tilsvarende for de respektive arealene. Det vil derfor være naturlig å beregne de ulike bruksfunksjonene som separate energisoner etter regler gitt i NS 3031.

Bygningskategorier det ikke er gitt energirammer for

Bygningskategorier som faller utenfor de 13 definerte kategoriene i forskriften dokumenteres som for den bygningskategorien som ligner mest på den aktuelle bygningen, eller etter energitiltaksmodellen.

2.2.1 Eksempel kontrollberegning for småhus

Forskriftskravet (energiramme) for småhus avhenger av byggets oppvarmede bruksareal. Jo mindre oppvarmet bruksareal bygget har, desto høyere energibehov per kvadratmeter tillates for huset (tabell 8). Arealleddet er lagt til for å belønne mindre småhus (med lite areal som må varmes opp) og for å ta høyde for at småhus har relativt større ytterflate og tilhørende større varmetap per oppvarmet bruksareal enn større bygninger.

¹⁰ NS 3031 vil foreligge siste halvdel av 2007. Standardens kompleksitet mht omfanget av formelverk, inndata, soneinndelinger, beregningssteg og iterasjon tilsier at beregningsreglene i praksis egner seg for et databasert beregningsverktøy. Et slikt verktøy vil tidligst kunne foreligge i 2008. I eksemplene i denne temaveilederen vises hvordan dokumentasjon etter energirammemodellen kan utføres. Energiberegningene er, i mangel av ferdig NS 3031 og dataverktøy i henhold til standarden, utført med dataprogrammet Energi i Bygninger fra Programbyggerne.

¹¹ I energisammenheng gis det **ikke** anledning til å beregne bruksareal ved å legge inn et horisontalplan for hver tredje meter der bygningen har etasjehøyde over tre meter (i motsetning til TEK § 3-5).

Tabell 8: Energirammen for småhus avhenger av oppvarmet areal

| Oppvarmet areal småhus (m ²) | Forskriftskrav (kWh/m ²) | Energiramme (kWh/m ²) |
|--|---|-----------------------------------|
| 100 | $125 + \frac{1600}{\text{oppvarmet BRA}}$ | 141 |
| 150 | | 136 |
| 200 | | 133 |
| 250 | | 131 |
| 300 | | 130 |

Som eksempel på småhus benyttes samme eneboligeksempel som i kapittel 2.1.3. Vindusarealene i eneboligen er orientert med 30 %

mot sør, 30 % mot vest, 20 % mot øst og 20 % mot nord. Det er forutsatt at pellets-kamin tilfredsstillt kravet om at minimum 40 % av varmebehovet skal kunne dekkes med annen energiforsyning enn elektrisitet og fossile brenslere (se kap. 2.5). Elektrisitetsforbruket til drift av vifter i pellets-kaminen er satt lik 1 % av varmeproduksjonen.

I tabell 9 er viktige inndata til energiberegningene vist. Denne sjekklisten benyttes som en del av dokumentasjonen av at energikravene er tilfredsstillt.

Tabell 9: Eksempel på inndata for enebolig

| Størrelser | | Inndata | Hvordan dokumentert |
|---|-----------------------------|---------|---|
| Arealer (m ²) | Yttervegger | 134 | I henhold til tegninger |
| | Tak | 80 | I henhold til tegninger |
| | Gulv på grunn | 80 | I henhold til tegninger |
| | Vinduer, dører og glassfelt | 48 | I henhold til tegninger |
| Oppvarmet bruksareal (A_{p}) (m ²) | | 160 | I henhold til tegninger |
| Oppvarmet luftvolum (V) (m ³) | | 364 | I henhold til tegninger |
| Gjennomsnittlig varmetapskoeffisient (U-verdi) for bygningsdeler (W/m ² K) | Yttervegger | 0,22 | Bindingsverk med 20 cm varmeisolasjon ihht Byggedetaljer 471.012 |
| | Tak | 0,13 | Kaldt loft, sperretak med 30 cm varmeisolasjon ihht Byggedetaljer 471.013 |
| | Gulv | 0,15 | Gulv på grunn, 20 cm EPS, isolert ringmur. Beregnet ihht NS 3031 |
| | Vinduer, dører og glassfelt | 0,82 | Dokumentert av dør- og vindusleverandør ¹ |
| Arealandel for vinduer, dører og glassfelt i forhold til oppvarmet bruksareal (%) | | 30 | - |
| Normalisert kuldebroverdi (Ψ') (W/m ² K) | | 0,04 | NS 3031, Tillegg A |
| Lekkasjetall (n_{50}) (h ⁻¹) | | 2,5 | Byggedetaljer (nytt blad kommer). Se BE-nytt nr, 2 2007 spesialnummer |
| Årsmidlere virkningsgrad (η) for varmegjenvinner (%) | | 80 % | NS 3031 |
| Spesifikk vifteeffekt (SFP) relatert til luftmengder, i driftstiden (kW/m ³ /s) | | 2,5 | Gjelder hele døgnet, beregnes ihht NS 3031 |
| Spesifikk vifteeffekt (SFP) relatert til luftmengder, utenfor driftstiden (kW/m ³ /s) | | - | - |
| Gjennomsnittlig ventilasjonsluftmengde (\dot{V}) i driftstiden, gitt per m ² oppvarmet bruksareal (m ³ /m ² h) | | 1,26 | Minimumskrav 0,5 luftvekslinger i henhold til veiledning til TEK. Dokumentert av ansvarlig prosjekterende. Gjelder hele døgnet. |
| Ventilasjonsluftmengde (\dot{V}) utenfor driftstiden, gitt per m ² oppvarmet bruksareal (m ³ /m ² h) | | - | - |
| Spesifikk pumpeeffekt varmeanlegg (SPP) (kW/(l/s)) | | 0 | Ingen pumper |
| Spesifikk pumpeeffekt kjøleanlegg (SPP) (kW/(l/s)) | | 0 | Ingen pumper |
| Spesifikt effektbehov til belysning (q''_{lys}) i driftstiden dersom styring etter dagslys eller tilstedeværelse (W/m ²) | | - | Ikke styring etter dagslys eller tilstedeværelse |
| Total solfaktor (\bar{g}_t) for vinduer og glassfelt med kunstig solavskjerming (%) | | 25 | NS 3031 (verdier foreligger foreløpig ikke) |
| Avskjermingsfaktor (F) for horisont, bygninger, vegetasjon for ulike orienteringer (Grader) | | 10 | Situasjonsplan |

¹Gjennomsnitt for vinduer med isolert karm og ramme, trelags ruter med to lavemitterende belegg og 16 mm argon i hulrom utgjør 0,80 W/m²K. Inkludert dører med U-verdi 1,2 W/m²K blir gjennomsnittlig U-verdi 0,82 W/m²K.

Energirammen for et småhus med et oppvarmet bruksareal på 160 er 135 kWh/m². I tabell 10 er energibudsjettet etter NS 3031 for eneboligen

vist. Netto energibehov er beregnet til 130 kWh/m², som er innenfor energirammen.

Tabell 10: Energibudsjett for eneboligen

| Energipost | Netto energibehov (kWh/år) | Spesifikt energibehov (kWh/m ² ·år) |
|-----------------------------------|----------------------------|--|
| 1. Romoppvarming | 8304 | 52 |
| 2. Varmtvann | 4809 | 30 |
| 3. Vifter og pumper | 1281 | 8 |
| 4. Belysning | 2762 | 17 |
| 5. Teknisk utstyr | 3703 | 23 |
| 6. Kjøling | 0 | 0 |
| Totalt netto energibehov, sum 1-6 | 20860 | 130 |

2.2.2 Eksempel kontrollberegning kontorbygg

Eksempelet for kontorbygg tilsvarer kontorbygget beskrevet i kapittel 2.1.3. Arealet for dører, vinduer og glassfelt, som utgjør 30 % av oppvarmet bruksareal, fordeler seg med 40 % mot nord og 20 % mot hver av de andre himmelorienteringene. Alle glassflater, bortsett fra mot nord, består av solbeskyttelsesglass med 34 % solfaktor. Mot nord benyttes vanlige energiruter med solfaktor lik 63 %. Det er videre forutsatt at det mot sør, øst og vest benyttes effektiv utvendig solavskjerming, som gir en effektiv solfaktor for kombinasjon av glass og solavskjerming på 10 % under bruk. Ved beregning av netto energibehov tas det ikke hensyn til virkningsgraden i varme- og kjøleanlegg. Imidlertid inkluderes energibruk til mekanisk distribusjon av ventilasjonsluft og distribusjon av termisk energi. I praksis vil dette bety energibruk til vifter samt sirkulasjonspumper for vannbasert oppvarming og isvannsanlegg.

Energibruk til drift av sirkulasjonspumper er beregnet i henhold til NS 3031:

Vannbasert oppvarming

Dimensjonerende effektbehov til oppvarming er beregnet til 100 W/m². Det er da forutsatt natt-

senkning kun ved utetemperaturer høyere enn -10 °C, og 2 timers oppkjøringstid. Det er forutsatt at det benyttes vannbasert varmeanlegg for både romoppvarming og oppvarming av ventilasjonsluft. Energibruk til sirkulasjonspumper i varmeanlegget er i henhold til regler gitt i NS 3031 beregnet å utgjøre 2,5 kWh/m²·år (driftstid lik 4000 timer/år).

Isvannsanlegg

Overskuddsvarmen i lokalene er forutsatt fjernet via kjølt ventilasjonsluft.

Tillufttemperaturen er satt glidende fra 20–16 °C, styrt av avtrekkstemperatur mellom 20–25 °C ($T_{\text{tilluft, min}} = 16$ °C når T_{avtrekk} er 25 °C og høyere). En kontrollberegning viser at denne kjølestrategien gir tilfredsstillende termisk inn klima, og resulterer i et dimensjonerende kjølebehov på 85 kW, tilsvarende 23 W/m². Driftstiden til isvannsanlegget beregnes til 480 timer/år, og energibruken til sirkulasjonspumper regnes på samme måte som over til 0,5 kWh/m²·år.

Effektbehov til drift av vifter forutsettes lik kravnivået. I tabell 11 er viktige inndata til energiberegningene for kontorbygget vist.

Tabell 11: Eksempel på inndatatabell for kontorbygg

| Størrelser | | Inndata | Hvordan dokumentert |
|---|-----------------------------|---------|--|
| Arealer (m ²) | Yttervegger | 416 | I henhold til tegninger |
| | Tak | 1200 | I henhold til tegninger |
| | Gulv på grunn | 1200 | I henhold til tegninger |
| | Vinduer, dører og glassfelt | 1080 | I henhold til tegninger |
| Oppvarmet bruksareal (A_{p}) (m ²) | | 3600 | I henhold til tegninger |
| Oppvarmet luftvolum (V) (m ³) | | 10098 | I henhold til tegninger |
| Gjennomsnittlig varmetapskoeffisient (U-verdi) for bygningsdeler (W/m ² K) | Yttervegger | 0,18 | Bindingsverk med 25 cm varmeisolasjon iht. Byggedetaljer 471.012 |
| | Tak | 0,13 | Kompakt tak på dekke av betong, 30 cm varmeisolasjon, iht. Byggedetaljer 471.013 |
| | Gulv | 0,15 | Gulv på grunn, 20 cm EPS, isolert ringmur. Beregnet iht. NS 3031 |
| | Vinduer, dører og glassfelt | 1,5 | Dokumentert av dør-vindusleverandør ¹ |
| Arealandel for vinduer, dører og glassfelt i forhold til oppvarmet bruksareal (%) | | 30 | - |
| Normalisert kuldebroverdi (Ψ') (W/m ² K) | | 0,07 | NS 3031, Tillegg A |
| Lekkasjetall (n_{50}) (h ⁻¹) | | 1,5 | Byggedetaljer (nytt blad kommer). Se BE-nytt nr, 2 2007 spesialnummer |
| Årsmidlere virkningsgrad (η) for varmegjenvinner (%) | | 80 % | NS 3031 |
| Spesifikk vifteeffekt (SFP) relatert til luftmengder, i driftstiden (kW/m ³ /s) | | 2,0 | NS 3031 |
| Spesifikk vifteeffekt (SFP) relatert til luftmengder, utenfor driftstiden (kW/m ³ /s) | | 1,0 | NS 3031 |
| Gjennomsnittlig ventilasjonsluftmengde (\dot{V}) i driftstiden, gitt per m ² oppvarmet bruksareal (m ³ /m ² h) | | 8,0 | VAV, 80 % av CAV. Dokumentert av ansvarlig prosjekterende |
| Ventilasjonsluftmengde (\dot{V}) utenfor driftstiden, gitt per m ² oppvarmet bruksareal (m ³ /m ² h) | | 3,0 | Dokumentert av ansvarlig prosjekterende |
| Spesifikk pumpeeffekt varmeanlegg ($SP\dot{P}$) (kW/(l/s)) | | 0,5 | Dokumentert av ansvarlig prosjekterende |
| Spesifikk pumpeeffekt kjøleanlegg ($SP\dot{P}$) (kW/(l/s)) | | 0,7 | Dokumentert av ansvarlig prosjekterende |
| Spesifikt effektbehov til belysning (q''_{lys}) i driftstiden dersom styring etter dagslys eller tilstedeværelse (W/m ²) | | - | Ikke styring etter dagslys eller tilstedeværelse |
| Total solfaktor (\bar{g}_t) for vinduer og glassfelt med kunstig solavskjerming (%) | | 10 | NS 3031 (verdier foreligger foreløpig ikke) |
| Avskjermingsfaktor (F) for horisont, bygninger, vegetasjon for ulike orienteringer (Grader) | | 10 | Situasjonsplan |

¹Vinduer med 2-lags ruter med ett lavemitterende belegg og argon i hulrommet, samt karmen, rammer og profiler i aluminium. U-verdien gjelder som gjennomsnitt for alle vinduer, glassfelt og dører (dører U-verdi 1,2 W/m²K).

Energirammen for kontorbygg er 165 kWh/m². I tabell 12 er detaljert energibudsjettet for kontorbygget vist. Netto energibehov er beregnet til 153 kWh/m², som er godt innenfor energirammen. Det er høy virkningsgrad for varmegjenvinneren samt VAV-styringen av

ventilasjonsluften som bidrar til at energibehovet er så lavt sammenlignet med energirammen. Ved CAV-styring og 70 % varmegjenvinning av ventilasjonsluften ville netto energibehov for kontorbygningen blitt 171 kWh/m².

Tabell 12: Detaljert energibudsjett for kontorbygningen

| Energipost | Netto energibehov (kWh/år) | Spesifikt energibehov (kWh/m ² -år) |
|-----------------------------------|--|--|
| 1a Romoppvarming | 147523 | 41 |
| 1b Ventilasjonsvarme | 49258 | 14 |
| 2. Varmtvann | 18792 | 5 |
| 3a. Vifter | 66996 | 19 |
| 3b. Pumper | 9000 (varmeanlegg) 1080 (isvannsanlegg) | 2,5 0,5 |
| 4. Belysning | 90202 | 25 |
| 5. Teknisk utstyr | 124027 | 34 |
| 6a. Romkjøling | 0 | 0 |
| 6b. Ventilasjonkjøling | 41813 | 12 |
| Totalt netto energibehov, sum 1-6 | 548691 | 153 |

2.3 Minstekrav

Minstekravene i forskriftens § 8-21 c er absolutte. Hensikten med minstekravene er å sikre god isolasjonsstandard og tetthet i alle bygg. Nedenfor gis en kort beskrivelse av minstekravene som gjelder for vanlige bygninger og fritidsboliger over 50 m². For bolig og fritidsbolig med alle yttervegger i laft gjelder egne minstekrav, som beskrevet i kapittel 2.4. U-verdiene gjelder som gjennomsnitt for de ulike bygningsdelene.

Minstekrav (bygning) i TEK § 8-21 c

- U-verdi yttervegg: 0,22 W/m²K
- U-verdi tak: 0,18 W/m²K
- U-verdi gulv på grunn og mot det fri: 0,18 W/m²K
- U-verdi glass/vindu/dør: 1,6 W/m²K
- Lufttetthet: 3,0 luftvekslinger per time ved 50 Pa trykkforskjell

Tak, vegger og gulv

Tabellen nedenfor gir en oversikt over hvilke isolasjonstykkelse som er nødvendige for å tilfredsstille minstekravene til varmeisolasjon (maksimumskrav til U-verdier) gitt i § 8-21 c for bygningsdeler i vanlige bygninger

Tabell 13: Nødvendig isolasjonstykkelse for å oppnå U-verdiene som er gitt i § 8-21 c

| Bygningsdel | U-verdier W/m ² K | Nødvendig isolasjonstykkelse |
|-------------|------------------------------|------------------------------|
| Yttervegg | ≤ 0,22 | ca. 20 cm |
| Tak | ≤ 0,18 | ca. 25 cm |
| Gulv | ≤ 0,18 | ca. 15–25 cm |

Minstekravene gjelder som gjennomsnitt for bygningsdelene. Dette innebærer at deler av yttervegger, tak og gulv kan ha høyere U-verdi enn gitt i tabellen. Det vises til kapittel 2.1.1 for nærmere beskrivelse av varmeisolasjon i yttervegger, tak, gulv samt lufttetthet.

Glass/vinduer/dører, U-verdi ≤ 1,6 W/m²K

U-verdikravet gjelder som gjennomsnitt for samlet areal av glassfelt, vinduer og dører i bygningen. Dette innebærer at enkelte vinduer, glassfelt og dører kan ha høyere U-verdi enn 1,6 W/m²K. For vinduer med ruter som er over ca. 0,9 m x 0,9 m kan en oppnå en U-verdi på 1,6 W/m²K med 2-lags isolerrute med ett energibelegg og argon i hulrommet samt karm/rammeprofiler av tre, PVC, eller metall med gode kuldebrytere.

For vinduer med ruter som er mindre enn ca. 0,9 m x 0,9 m, som vinduer med gjennomgående post, losholt eller sprosser, må en ha 3-lags isolerrute med energibelegg og eventuelt argon i begge hulrommene for å klare minstekravet dersom vinduene har vanlige karm/rammeprofiler.

Lufttetthet, lekkasjetall < 3,0 luftvekslinger per time ved 50 Pa trykkforskjell

Minstekrav til lufttetthet er tatt inn i forskriften ved revisjonen av 2007. Det tilsier at tetthet gis spesiell oppmerksomhet ved utførelse og at det tas sikte på langt bedre lufttetthet enn minstekravet. Ettetetting er kostbart og særdeles vanskelig å få til, slik at en bør være sikker på at tetthetskravet nås med god margin.

Kuldebroer

Det er ikke noen tallfestede minstekrav i TEK når det gjelder kuldebroer. Indirekte er det imidlertid krav til en viss minsteisolering for å hindre at det kan bli oppfukning og vekstforhold for muggsopp og andre skadelige mikroorganismer, samt for å unngå dårlig varmekomfort (Se § 8-36 og § 8-37 i TEK).

For å unngå skadelig oppfukning på grunn av kondens er det normalt nok med kuldebrobrytere tilsvarende 5 cm utvendig isolasjon. Men for å sikre lavt varmetap og god varmekomfort på gulv anbefales minimum 10 cm isolasjon utvendig for tunge bærekonstruksjoner. I mange tilfeller vil dette kreve ytterveggkonstruksjon med 23–25 cm isolasjon, i sær der det brukes stålsøyler og ståldragere for bæring av dekker. For kuldebroer i forbindelse med svalganger/balkonger innfestet i dekker,

ved overgang yttervegg-fundament, for bærekonstruksjoner i parkeringskjellere, utkragede dekker som bæres av bjelker eller arkader, og lignende, bør gjennomsnittlig lineær kuldebroverdi etterstrebtes å være under 0,05 W/mK.

2.4 Fritidsbolig og bolig med laftede yttervegger

Ordinære fritidsboliger mellom 50 m² og 150 m² BRA reguleres kun gjennom minstekravene til varmeisolasjon og lufttetthet, som beskrevet i kapittel 2.3. For fritidsboliger over 150 m² gjelder samme energikrav som til småhus. Fritidsboliger under 50 m² BRA er unntatt energikravene.

For at det skal være mulig å videreføre tradisjonene med boliger og fritidshus oppført i laft, reguleres slike bygninger gjennom minstekrav slik vist i tabell 14. Kravene gjelder i tilfeller der alle yttervegger er utført i laft (rundtømmer). For å redusere energibehovet i slike bygninger ut over det som følger av minstekravene, anbefales innvendig eller utvendig isolering av ytterveggene. I tillegg bør det tilstrebtes å oppnå så god lufttetthet som mulig. Balansert ventilasjon med varmegjenvinning av ventilasjonsluften er også et godt energisparetiltak forutsatt at huset har god lufttetthet.

Tabell 14: Minstekrav til boliger og fritidsboliger med laftede yttervegger

| | U-verdi yttervegg, W/m ² K | U-verdi tak, W/m ² K | U-verdi gulv på grunn og mot det fri, W/m ² K | U-verdi vindu, W/m ² K | Lufttetthet, luftvekslinger pr. time ved 50 Pa trykkforskjell |
|---|---------------------------------------|---------------------------------|--|-----------------------------------|---|
| Bygning med laftede yttervegger | 0,60 | 0,13 | 0,15 | 1,4 | Ikke krav |
| Fritidsboliger under 150 m ² BRA med laftede yttervegger | 0,72 | 0,18 | 0,18 | 1,6 | Ikke krav |

Tømmertykkelsen må være ca. 20 cm for å oppnå U-verdi på 0,60 W/m²K og ca. 17 cm for å oppnå i U-verdi på 0,72 W/m²K.



Fritidsbolig med laftede yttervegger (Foto: Øverbygg Norge AS, www.Overbygg.no)

2.5 Energiforsyning

§ 8-22 i TEK, med tilhørende veiledning, setter krav om at bygning skal tilrettelegges for at cirka halvparten, og minimum 40 prosent, av energibehovet til varmtvann og romoppvarming (inkludert oppvarming av ventilasjonsluft) kan dekket av annen energiforsyning enn elektrisitet og/eller fossile brensler hos sluttbruker (eksempelvis olje, gass og parafin). Typiske løsninger som kan brukes til å oppfylle kravet vil være fjernvarme, nærvarme, alle typer varmepumper, solfanger, biokjeler, bi-pelletskamin eller vedovn.

Dersom byggesøknaden omfatter bygning med et samlet netto varmebehov til romoppvarming og varmtvann under 17.000 kWh i året, kan hovedkravet fravikes. Her ligger altså en stimulans til å bygge bygninger med lite areal som skal varmes opp og/eller å bygge med bedre energimessig yteevne enn hva som gis av forskriftskravene i § 8-21. Det er viktig å være klar over at for eksempel rekkehus, eneboliger i kjede o.l. betraktes som én bygning.

Varmebehovet regnes ut etter NS 3031. For bygninger som har dokumentert oppfyllelse av forskriften etter energitiltaksmetoden i § 8.21 a benyttes varmebehovet som ligger til grunn for utregning av energirammene (kapittel 6.1). Et anslag for hva dette betyr i oppvarmet areal for ulike bygningskategorier kan sees i tabell 15.

Tabell 15: Forenklet anslag for varmebehov og tilhørende BRA

| | Avrundet varmebehov (kWh/m ²) | Grense – netto varmebehov | Areal (m ²) for bygg prosjektert og utført etter energitiltaksmodellen |
|--------------------------|---|---------------------------|--|
| Småhus | 85 | < 17.000 kWh/år | < 200 m ² |
| Barnehager | 105 | | < 160 m ² |
| Kontorbygg | 60 | | < 285 m ² |
| Skolebygg | 75 | | < 225 m ² |
| Forretningsbygg | 90 | | < 190 m ² |
| Kulturbygg | 100 | | < 170 m ² |
| Lett industri/verksteder | 100 | | < 170 m ² |

Et småhus med under 200 m² oppvarmet BRA, dokumentert etter energitiltaksmetoden, vil altså kunne fritas forskriftskravet om at en vesentlig del av varmebehovet skal kunne dekket av annen energiforsyning enn elektrisitet og/eller fossile brensler. Slik tabell 16 viser gjelder det samme for eksempel barnehager med under 160 m² oppvarmet areal, kontorbygg under 285 m² oppvarmet areal osv¹².

Det gis også mulighet til å regne på privatøkonomisk lønnsomhet over byggets livsløp gjennom å regne ut nåverdi for investering i

ulike aktuelle varmesystem. En formel for nåverdibetraktninger er gitt i veiledningen til forskriften og gjengitt i kapittel 6.4. Årsmidlere virkningsgrad i varmesystemene skal tas hensyn til i lønnsomhetsberegningen. Kapittel 6.5 viser tre eksempler på nåverdiberegninger.

Ved gjentatt påvist negativ nåverdi for ulike alternativer til elektrisitet og/eller fossil oppvarming kan hovedkravet til energiforsyning fravikes, i likhet med for bygninger med beregnet netto varmebehov under 17.000 kWh per år. I slike tilfeller hvor hovedkravet til energiforsyning fravikes, enten på grunn av lavt varmebehov eller privatøkonomisk ulønnsomhet, skal boliger over 50 m² ha skorstein og

¹² For bygninger med lavere varmebehov enn det som er forutsatt i forskriftens energiramme (se kapittel 6.1) blir naturligvis arealet (m² BRA) større enn i tabell 15.

lukket ildsted for bruk av biobrensel, for eksempel vedovn eller bipelletskamin¹³ (se kapittel 6.3).

I konsesjonsområder for fjernvarme, der det foreligger tilknytningsplikt, skal bygget, uansett andre energiløsninger, ha varmesystem som kan nytte fjernvarme. Dette er gitt i plan- og bygningsloven § 66a og TEK § 8-23 (som gjelder uavhengig av TEK § 8-22). Her gis det ikke rom for å regne lønnsomhet eller dokumentere lavt varmebehov. Fjernvarme er naturligvis også et god måte å oppfylle energiforsyningskravet i § 8-22 på.

2.5.1 Løsninger som oppfyller forskriftskravene

Tabell 16 viser hvordan varmebehovet fordeler seg på romoppvarming, oppvarming av ventilasjonsluft og varmtvann for ulike bygningskategorier. Tabellen kan være nyttig for å bestemme hvordan man kan oppfylle kravet om at cirka halvparten, og minimum 40 %, av varmebehovet skal dekkes av annen energiforsyning enn elektrisitet og fossile brensler.

¹³ En bolig tilsvarer en bruksenhet. En blokkleilighet betraktes for eksempel som én bolig.

Tabell 16: Forenklet anslag for varmebehov fordelt på aktuelle energiposter

| | Småhus (160 m ²) | | Boligblokker | | Barnehager | | Kontorbygg | | Skolebygg | |
|-----------------------------|--------------------------------|-----|--------------------------------|-----|--------------------------------|-----|--------------------------------|-----|--------------------------------|-----|
| | Energi [kWh/m ² år] | % | Energi [kWh/m ² år] | % | Energi [kWh/m ² år] | % | Energi [kWh/m ² år] | % | Energi [kWh/m ² år] | % |
| Romoppvarming | 51 | 59 | 30 | 45 | 67 | 65 | 33 | 56 | 39 | 51 |
| Oppvarming ventilasjonsluft | 6 | 7 | 7 | 10 | 26 | 25 | 21 | 36 | 27 | 36 |
| Varmtvann | 30 | 34 | 30 | 45 | 10 | 10 | 5 | 8 | 10 | 13 |
| Termisk | 87 | 100 | 67 | 100 | 103 | 100 | 59 | 100 | 76 | 100 |

For de bygningskategoriene det er gitt energitall for i tabellen, ser vi at det er tilstrekkelig at romoppvarmingsbehovet dekkes av annen energiforsyning enn elektrisitet og fossile brensler for at kravet til energiforsyning skal være oppfylt. For boligblokker vil det være tilstrekkelig at kun oppvarmingen av varmtvann skjer med slik energiforsyning. Under gis en beskrivelse av ulike typer energiforsyning som vil kunne bidra til oppfyllelse av energiforsyningskravet.

Fjernvarme:

Fjernvarmeforsyningen er konsesjonsbelagt. Kommunen kan vedta tilknytningsplikt gjennom vedtekt til plan- og bygningslovens § 66 a, hvilket vil si at utbygger i regelen er pålagt å tilrettelegge for at all termisk energi kan dekkes via dette systemet. Dette betyr i praksis et anlegg for vannbasert oppvarming som normalt dekker varmetap i selve bygget, oppvarming av ventilasjonsluft og varmt forbruksvann. Dekningsgraden blir etter dette 100 %.

Nærvarme:

Nærvarme har ingen streng definisjon, men vil gjerne være et mindre sentralanlegg for varmeproduksjon og -distribusjon til omliggende bygninger, for eksempel borettslag. Varmen kan for eksempel være basert på bioenergi, varmepumper eller industriell spillvarme. Investeringskostnadene vil normalt være så store i et slikt anlegg at mest mulig av varmebehovet bør dekkes fra systemet. Som et minimum bør energi til varmt forbruksvann og oppvarming av ventilasjonsluft dekkes.

Varmepumper:

En varmepumpe henter varme fra våre omgivelser og hever temperaturen slik at vi kan nyttiggjøre oss denne varmen. Alle varmepumper fungerer i prinsippet på samme måte, men deles gjerne inn etter hvilken energikilde varmen hentes fra. Eksempler kan være luft/luft, luft/vann, sjøvannsvarmepumpe,

bergvarmepumpe, grunnvannsvarmepumpe osv. Som en tommelfingerregel er kostnads-optimal effektdekning fra slike systemer på ca. 60 %, hvilket normalt betyr en dekning av ca 90 % av energibehovet. Fra tabell 16 ser vi at dette betyr at energidekningen fra varmepumpa i praksis må inkludere romoppvarming. Varmepumpe som dekker kun varmt forbruksvann vil imidlertid kunne benyttes for boligblokker.

Biokjeler:

For biokjeler gjelder samme prinsipp som for fjern- og nærvarme. Når en slik varmeløsning først planlegges installert, er det naturligvis kostnadseffektivt at størst mulig andel av varmebehovet dekkes gjennom anlegget. Som et minimum bør energi til varmt forbruksvann og varmebatteri dekkes via kjeleanlegget.

Biopelletsaminer:

De enkleste biopelletsaminerne varmer opp det luftvolumet de står i. Det er imidlertid en utfordring å spre den oppvarmede lufta til store deler av bygningen. Dette er analogt til luft/luft varmepumper og andre punktkilder for oppvarming.

Litt mer avanserte pelletsaminer er basert på en kombinasjon av oppvarming av varmt vann og luftoppvarming som beskrevet over. Dersom pelletskaminen dekker 100 % av varmtvannsbehovet samt noe luftoppvarming, vil dette være tilstrekkelig til å tilfredsstille kravet til energiforsyning for småhus og boligblokker i perioder. I periodene uten behov for romoppvarming vil pelletskaminen i praksis være avslått, selv om det er behov for varmtvann.

Vedovn:

Ved bruk av vedovner gjelder det samme som for enkle biopelletsaminer beskrevet over. Vedovner betjenes imidlertid manuelt, og det vil kreves jevnlig fyring i vinterhalvåret dersom minst 40 % av det samlede varmebehovet skal kunne dekkes med vedfyring.

Solfanger:

Et tradisjonelt solfangeranlegg vil typisk dekke 50 %–55 % av energibehovet til varmtvann, og er i henhold til tabellen over altså ikke tilstrekkelig som eneste tiltak. Slike anlegg vil også kunne dekke noe av behovet for romoppvarming, men solvarme til varmtvann vil da bli redusert. For småhus vil man kunne tenke seg bruk av solfanger for eksempel i kombinasjon med en vedovn, pelletskamin eller en luft/luft varmepumpe.

Boligblokk:



Husby Amfi. Foto: SINTEF Byggforsk

2.5.2 Eksempler fra virkeligheten

Det finnes få eksempler fra gjennomførte og dokumenterte prosjekt hvor energibehovet er i henhold til TEK eller bedre, og hvor mer enn 40 % av varmebehovet dekkes av annen energiforsyning enn elektrisitet og fossile brensler. Det gis her eksempler for henholdsvis en boligblokk og et kontorbygg.

Husby Amfi i Stjørdal består av ca. 50 leiligheter og ble ferdigstilt høsten 2005. Totalt årlig netto energibehov er beregnet til i underkant av 100 kWh/m² per år. I henhold til verdier i NS 3031 utgjør energi til varmt forbruksvann ca 30 kWh/m² år. Til dekning av dette energibehovet er det installert en sentral varmepumpe som benytter avløpsvannet som varmekilde. Tilført energi til systemet for å dekke energibehovet til varmtvann er beregnet til 7 kWh/m² per år. Behovet for levert energi utgjør dermed i overkant av 70 kWh/m². Av samlet varmebehov utgjør gjenvunnet varme fra avløpsvannet godt over 40 %.

Kontorbygg:



Bravidahuset Foto: Norsk Energi AS

Bravidahuset i Fredrikstad er et kontorbygg på ca 6000 m². Bygget ble ferdigstilt januar 2003. Bygningskroppen ble planlagt iht. forrige utgave av TEK. Som energisparetiltak er det bl.a. benyttet et avansert system for behovsstyring av lys og ventilasjon. Energiforsyningen er bl.a. basert på et solfangeranlegg på 300 m² som går mot termisk lager via et nedgravd tankanlegg. I tillegg benyttes et varmepumpeanlegg på 250 kW som henter varme fra grunnen via borede brønner.

Disse energibrønnene benyttes også som lager for kjøleenergi sommerstid. Erfaringer så langt har vist at denne kjøleenergien er tilstrekkelig til å kjøle bygget gjennom sommerhalvåret. Det er også installert et kjelanlegg forberedt for biobrensel. Planlagt behov for tilført energi var ca 100 kWh/m². Erfaring så langt viser at tilført energi ligger i det samme området.

Ref: TELFO Faktahefte nr 2) Norsk Energi AS

2.5.3 Unntaksmulighet ved lønnsomhetsberegninger

Privatøkonomisk lønnsomhet eller ulønnsomhet dokumenteres gjennom nåverdibetraktninger. Nåverdi benyttes for å vurdere lønnsomheten ved en investering. Dagens og fremtidens inntekter og utgifter føres til nåtidspunktet. Positiv nåverdi betyr at investeringen er lønnsom i forhold til en alternativ investering. Negativ nåverdi for investering i alternativer til elektrisk og/eller fossil oppvarming er godkjent dokumentasjon på privatøkonomisk ulønnsomhet, det vi si merkostnader i henhold til TEK § 8-22.

I kapittel 6.5 finnes nåverdiutregninger for tre eksempelbygg. Hensikten med eksemplene er å vise metodikken bak en nåverdibetraktning, ikke å gi en innføring i dimensjonering av varmesystem i byggeprosjekter. Eksemplene er derfor forenklet i forhold til detaljprosjekteringen som gjøres i forbindelse med nye byggeprosjekter.

Priser varierer og endres over tid, for eksempel avhengig av geografisk beliggenhet, markeds-situasjon osv. Dette kan ha innvirkning på lønnsomheten i eksemplene. Virkningsgrad for varmesystemene kan også variere avhengig av hvilke produkt som velges. Det er viktig å være klar over at regneeksemplene i kapittel 6.5 ikke gir et fasitsvar på lønnsomhet, men en oppskrift på hvordan beregningene skal gjennomføres.

Til sist minnes det om at muligheter for offentlig tilskudd alltid bør undersøkes. For eksempel vil Enova (kapittel 5.3) og enkelte kommuner kunne gi tilskudd til energiløsninger som varmepumper, biokjeler, utskifting av oljekjeler osv. Eventuelle offentlige tilskudd vil naturligvis også ha betydning for lønnsomheten i eksemplene i kapittel 6.5.

3. Byggesak – dokumentasjon og tilsyn

2007 revisjonen av TEK løftet energibestemmelsene opp som et sentralt tema i forskriften. Energikvalitetene til en bygning må tas inn som et kriterium tidlig i planleggingsprosessen. Prosjektering med hensyn på lavt energibehov blir nødvendig. Tekniske løsninger må velges med hensikt å fremme lavt energibehov. Utførelse blir særlig viktig. Bygningen må tettes godt og kuldebroer reduseres skal energikravene oppfylles. Kommunen må også belage seg på å føre tilsyn med energibestemmelsene oftere enn før. 2007 revisjonen av TEK krever økt fokus på energi i alle deler av byggesaken.

3.1 Dokumentasjon

Det er et generelt krav at dokumentasjon i byggesak skal være systematisk og oversiktlig og inneholde alle opplysninger kommunen trenger for å sjekke at tiltaket er i henhold til kravene i Plan- og bygningsloven med forskrifter.

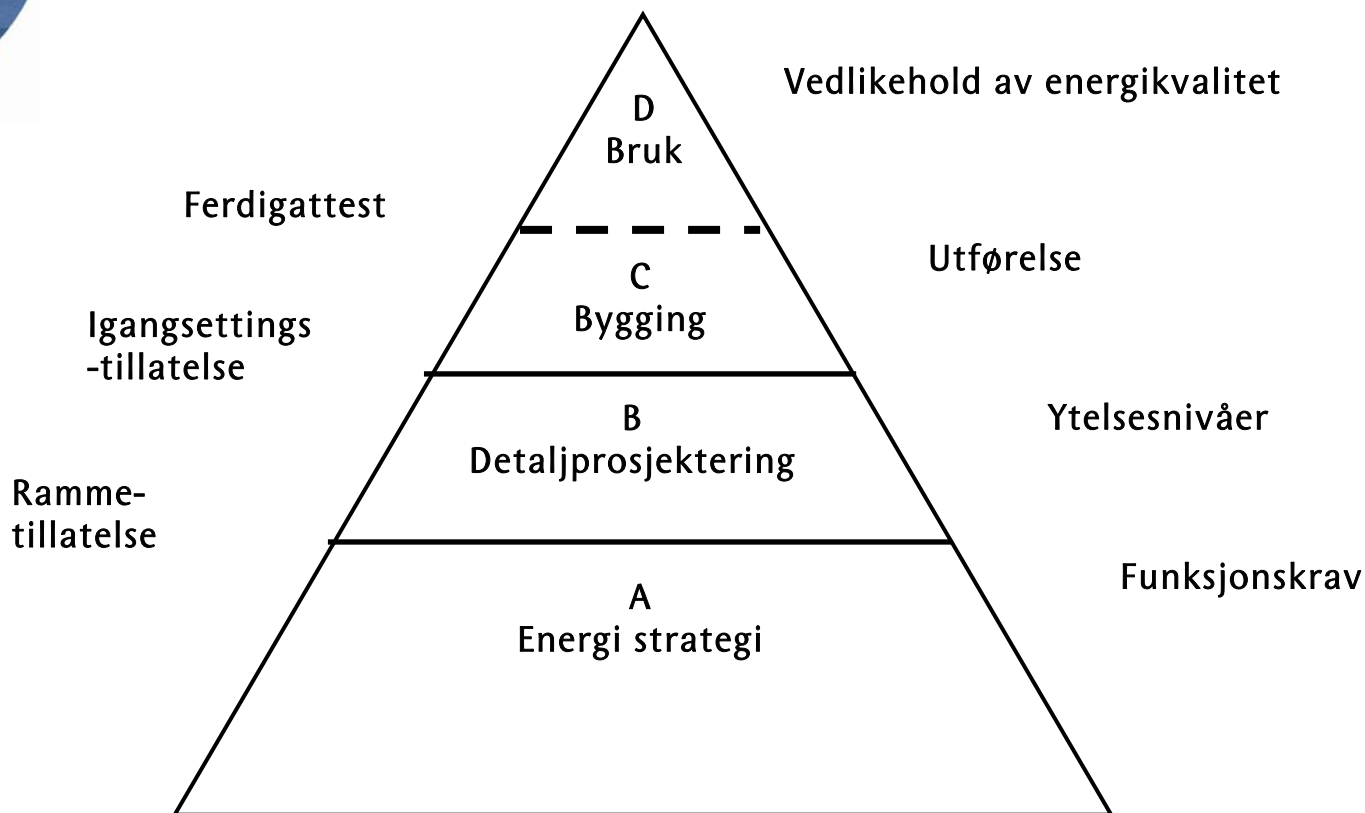
For oppfyllelse av energibestemmelsene kan man under § 8-21 i TEK velge mellom å oppfylle bestemte energiltak (§ 8-21 a) eller vise ved beregninger at bygget har et netto energibehov under et gitt rammenivå (§ 8-21 b). For begge modeller foreligger sjekklister (kapittel 6.2).

Dersom prosjekterende benytter energiltaksmetoden i § 8-21 a, og det gjøres avvik fra energiltakene i TEK § 8-21 a, skal avvikene fremgå av dokumentasjonen. Det skal vises hvilke konsekvenser avvikene har og hvilke kompenserende tiltak som er gjort.

Dokumentasjon av energiytelse skal utarbeides under prosjektering og utførelse av et byggeprosjekt, inklusive nødvendig underlag for bruksfasen. Dokumentasjon foregår på fire nivåer (figur 3):

- energistrategi (nivå A)
- detaljprosjektering (nivå B)
- bygging (nivå C)
- bruk (nivå D)

For å få bedre styring og oversikt over bygningens energibehov, bør det utarbeides energi- og effektbudsjett for bygget.



Figur 3: Nivåer for dokumentasjon av energiytelse

3.1.1 Energistrategi – nivå A

Energistrategien (nivå A) angir ytelser. Strategien skal vise at bygningen med de valgte ytelsene vil tilfredsstille kravene i TEK. Det foretaket som er ansvarlig for å utforme en strategi slik at kravene oppfylles, må ha en for- mening om hvordan energikravene skal nås og hvilket nivå bygget skal ligge på sammenlignet med forskriftskravene. Dette dokumenteres i form av en rapport bestående av tegninger og beskrivelse av bygningens energitekniske ut- forming, samt bevisførelse for at hovedut- formingen tilfredsstiller kravene i TEK. På enkle, mindre prosjekter kan rapporten ansees som innarbeidet i prosjektets ordinære prosjekt- dokumentasjon.

Sjekklistene i kapittel 6.2 gir en oversikt over inndata som skal kunne dokumenteres i henhold til § 8-21. Velges det å dokumentere bygget ved å regne ut byggets netto energi- behov må naturligvis regnestykket foreligge. På lik linje må det kunne vises hvilken løsning for byggets energiforsyning som er tenkt. Denne skal som hovedregel kunne dekke cirka halv- parten, og minimum 40 %, av byggets årlige varmebehov uten å ta i bruk elektrisitet og/eller fossile brensler hos forbruker (TEK §§ 8-22 og 8-23).

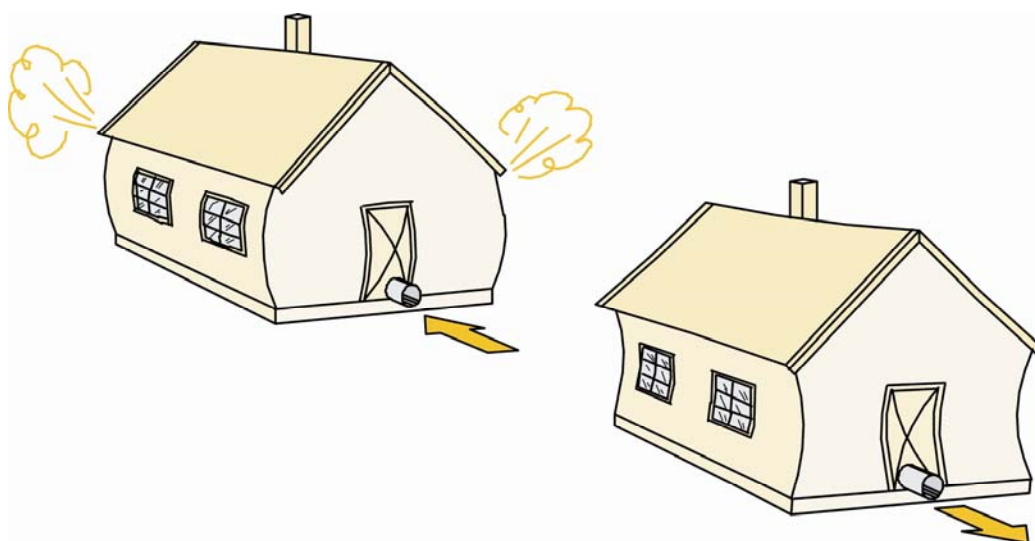
3.1.2 Detaljprosjektering – nivå B

Under detaljprosjekteringen (nivå B) skal doku- mentasjonen vise at de løsningene som velges, tilfredsstiller ytelsesnivåene som er definert i

energistrategien. Med andre ord må det velges veggløsninger, vinduer osv som er i samsvar med det som er skissert i nivå A. Forutsettes en vegg med U-verdi $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ må selvsagt vegg- løsningen som velges i detaljprosjekteringen også ha en slik verdi i virkeligheten. Dette skal kunne dokumenteres av ansvarlig prosjek- terende. Valgt løsning for energiforsyning må samsvare med de forutsetningene som er gjort ved utforming av en helhetlig strategi under nivå A.

3.1.3 Bygging – nivå C

Byggingen (nivå C) skal skje i henhold til tegninger og beskrivelser fra detaljprosjek- teringen. De utførende må da vise at den fysiske utførelsen av tekniske løsninger er i samsvar med tegninger og beskrivelser. Som regel vil utførelse være i tråd med forskriftskrav dersom Byggforskeren fra SINTEF Byggforsk benyttes og følges i arbeidet. De nye energi- kravene setter store krav til utførende blant annet når det gjelder å redusere av kuldebroer og å oppnå god lufttetthet. Det er viktig å være klar over at tetthetskravet nå er tatt inn i forskriften. Tidligere har BE kun operert med verdier for tetthet i veiledning til forskriften. For å sikre samsvar med forskriftskravet, bør det vurderes å foreta tetthetsmålinger allerede rett etter at vindsperren er etablert. Det fore- ligger nå enkelt måleutstyr som gjør det mulig å måle selv. Ny måling anbefales utført etter at dampspærren er montert og bygningen ferdig- stilt (figur 4).



Figur 4: Tetthetsmåling utføres ved å sette huset under trykk og måle luftstrømmen som må til for å opprettholde trykket. (Hentet fra SINTEF Byggforsk byggedetaljer 720.035)

3.1.4 Bruk – nivå D

I bruksfasen skal bygget vedlikeholdes slik at energiytelsen opprettholdes i størst mulig grad. Dette er særlig aktuelt for ventilasjonssystemer (varmegjenvinning og spesifikk vifteeffekt), løsninger for solavskjerming og ikke minst lokale løsninger for energiforsyning, for eksempel varmepumper og solfangere. Luftfilteret i ventilasjonssystemer bør rengjøres etter instruksjoner angitt i bruksanvisning for å sikre godt innklima. Tekniske installasjoner skal planlegges og utføres slik at helse, miljø, sikkerhet og brukbarhet ivaretas. Det skal legges til rette for enkel betjening, ettersyn og vedlikehold av installasjoner.

3.2 Tilsyn

3.2.1 Generelt

I utgangspunktet får ikke myndighetene tilsendt noen dokumentasjon på byggets energikvaliteter i forbindelse med byggesaken, utover det som går frem av søknadsskjemaer og kontrolldokumentasjon. Myndighetene har imidlertid anledning til å be om å få tilsendt dokumentasjon, for eksempel i forbindelse med en forhåndskonferanse.

For at de nye energikravene i TEK skal få den effekten som ønskes, må kommunene trappe opp tilsynet på energiområdet. Det blir viktig å følge med på om de nye reglene blir forstått og etterlevd.

Kommunalt tilsyn med hensyn til energibestemmelser kan gjøres på to nivåer. Ved den enkleste formen er det ikke forutsatt at det skal gjøres en teknisk vurdering av prosjekteringen. I første omgang vil det være tilstrekkelig å vurdere om energistrategien oppfyller krav i forskrift og er i samsvar med sjekklister i kapittel 6.2. Formålet med denne første fasen er å undersøke om dokumentasjonen fra prosjekteringen inneholder vesentlige og nødvendige opplysninger. Det vil da avklares om det er nødvendig å løfte tilsynet opp til neste nivå og undersøke dokumentasjonen ytterligere, det vil si om løsningene valgt i detaljprosjekteringen, samsvarer med forutsetningene for å oppfylle forskriftkravene og om utførelsen virkelig samsvarer med tegningene.

3.2.2 Energibehov

I forhold til oppfyllelse av energikravene blir sjekklister med sentrale inndata (kapittel 6.2) særlig relevante, uavhengig av om bygget dokumenteres etter energiltakene i TEK § 8-21 a, eller ved beregning av netto energibehov etter § 8-21 b.

Dersom energiltaksmodellen i TEK § 8-21 a legges til grunn for oppfyllelse av energikravene og byggets ytelsesnivåer avviker fra tiltakene i forskriften, skal varmetapstallet være regnet ut, slik at det kan dokumenteres at byggets energibehov ikke øker som følge av omfordeling mellom tiltakene (kapittel 2.1.3).

Dersom beregning av byggets netto energibehov etter NS 3031 legges til grunn vil det være relevant å kontrollere inndataene i sjekklister (kapittel 6.2) mot de tiltakene som er lagt til grunn som strategi for å oppfylle energikravene.

Ved mistanke om at bygget, slik det er prosjektert, vil overstige energigrammene i forskriften kan kommunen forlange tredjepartskontroll for å ettergå energiberegningene som skal være utført i samsvar med i NS 3031. En indikasjon på om byggets energibehov vil overstige energigrammen i forskrift kan være at inndataene avviker vesentlig fra energiltakene i TEK § 8-21 a uten at det kan redegjøres for hvilke kompensierende tiltak som er gjort.

3.2.3 Energiforsyning

For energiforsyningskravet i § 8-22 må det kunne dokumenteres at bygget er tilrettelagt for at omlag halvparten, og ikke mindre enn 40 %, av det årlige energibehovet til romoppvarming (inkludert oppvarming av ventilasjonsluft) og varmtvann kan dekkes av annen energiforsyning enn elektrisitet, olje, gass og/eller parafin. Typiske løsninger for å oppfylle forskriftskravet omtales i kapittel 2.5.2.

Dersom bygget har et beregnet varmebehov under 17.000 kWh/år, er bygget fritatt fra hovedkravet til energiforsyning i § 8-22. Hovedkravet kan også fravikes dersom negativ nåverdi over byggets levetid kan dokumenteres ved investering i ulike alternative varmesystemer i forhold til fortsatt oppvarming med elektrisitet, olje eller gass¹⁴.

¹⁴ I slike tilfeller hvor hovedkravet til energiforsyning fravikes, enten på grunn av lavt varmebehov eller privatøkonomisk ulønnsomhet, skal boliger over 50 m² ha skorstein og lukket ildsted for bruk av biobrensel, for eksempel vedovn eller biopelletskamin.

Ved tilsyn skal kommunen kontrollere eventuelle slike nåverdiberegninger. Inndataene må derfor være transparente og på en sånn form at de er mulige å kontrollere. Flere relevante varmeløsninger må undersøkes før det eventuelt kan konkluderes med at tilrettelegging av bygget for annen energiforsyning enn elektrisitet og/eller fossile brensler hos sluttbruker fører til merkostnader over byggets livsløp.

Flytskjemaet i kapittel 6.3 kan benyttes ved tilsyn, når det skal kontrolleres at bygget oppfyller kravene i forskriftens § 8-22.

4. Neste skritt – lavenergi og passivnivå

Med nye TEK blir energibehovet i nye bygninger redusert med omlag 25 % sammenlignet med energibehovet til bygninger bygget i henhold til forskriftsversjonen fra 1997.

Potensialet for ytterligere reduksjon av energibehovet er relativt stort. For boliger med såkalt passivhusstandard vil varmebehovet til romoppvarming og oppvarming av ventilasjonsluft utgjøre i størrelsesorden 15 kWh/m²år. Dette er over 70 % reduksjon sammenlignet med varmebehovet i boliger bygget etter nye energikrav.

Statistikk fra Husbanken for 2007 viser at om lag 10.000 nye boliger med lavenergi- eller passivhusstandard enten er bygget, eller under planlegging. Dette er en stor økning fra året før da tilsvarende statistikk viste omlag 3000 slike boliger. Dette viser at interessen for bygging av slike boliger blant boligutbyggere er sterkt økende. I Sentral-Europa har man bygget passivhus siden tidlig på 90-tallet, og status i 2006 var om lag 5000 bygde passivhus. I passivhus er det vanlig at en del av varmebehovet dekkes med fornybar energi. Mye brukte løsninger er solfangeranlegg, ulike typer varmepumper og biobrenseløsninger.

Økte byggekostnader knyttet til energisparende tiltak vil i en viss grad kunne kompenseres ved at investerings- og driftskostnadene for varmeanlegg kan reduseres vesentlig. På kalde vinterdager kan effektbehovet for slike boliger være betydelig redusert, og varmeanlegget kan med god planlegging forenkles. Samlet sett vil likevel byggekostnadene for boliger bygget med energibehov ned mot 100 kWh/m², eller som passivhus, måtte bli noe høyere enn boliger bygget etter ny minstestandard. Et viktig mål er imidlertid at månedlige utgifter til renter og avdrag på boliglån samt energiutgifter skal være lavere enn for tilsvarende bolig bygget etter alminnelig standard.

Energibehov til oppvarming i bygninger vil i fremtiden utgjøre en stadig mindre andel av den totale energibruken. Veksten i energibruk stammer fra elspesifikke områder (belysning, motorer, vifter, apparater og utstyr mv.) som vanskelig kan erstattes med alternative energibærere. Skal hele potensialet for energieffektivisering utløses, må ny teknologi for å styre, regulere og overvåke den totale energibruken tas i bruk.

Relevant informasjon om lavenergi boliger og passivhus:

- Håndbok for planlegging av energieffektive boliger for fremtiden.
<http://www.lavenergi boliger.no/hb/lavenergi.nsf/viewForside/150898C3F3AEA1FEC12571960041C3D4!OpenDocument>
- Energieffektive løsninger i småhus. SINTEF Byggforsk, Anvisning 40, 2004
- www.lavenergi boliger.no
- www.europeanpassivehouses.org
- www.passiv.no

5. Andre initiativer fra myndighetene

5.1 Husbankens satsinger

Husbanken skal medvirke til bærekraftig utvikling av boliger og steder ved bruk av sin regionale struktur og gjennom samarbeid, kunnskapsformidling og økonomiske virkemidler rettet mot kommuner, bransjen og sluttbrukere.

Husbanken tilbyr kompetanseutvikling og -formidling

- Passiv energidesign
 - Husbanken har lagt metoden passiv energidesign til grunn for sin satsing på redusert energibehov i boliger. Metoden legger vekt på kostnadseffektive, brukervennlige og robuste tiltak, på sammen måte som forskriften gjør det. Fremgangsmåten har fem trinn hvor man starter med å redusere energitapet og velger en miljøvennlig energikilde til slutt. Dette gir også miljømessige fordeler fordi den mest miljøvennlige energien er den som ikke blir brukt. Husbanken har utviklet Kyotopyramiden for enkelt å beskrive metoden.
- Håndbøker
 - *Energieffektive boliger for fremtiden* er en håndbok for planlegging av passivhus og lavenergiboliger.
 - *Business Opportunities in Sustainable Housing* er en håndbok i markedsføring basert på erfaringer fra 10 land.
 - Begge håndbøkene er resultat av et samarbeid mellom Husbanken, Enova og SINTEF Byggforsk. De bygger bl.a. på erfaringer som ble gjort ved deltagelsen i det internasjonale prosjektet IEA SHC Task 28 Sustainable Solar Housing.
- Regneverktøy
 - Varmetapskalkulator
 - Husbanken støtter utvikling av et nettbasert verktøy for energiberegning etter NS 3031
- Forbildeprosjekter

- Husbanken initierer igangsetting av forbildeprosjekter i samarbeid med innovative aktører i kommune- og bransjesegmentet. Hovedfokuset rettes mot prosjekter som i tillegg til å ha høye ambisjoner mht lavt energibehov (på nivå med passivhusstandard) også har fokus på Husbankens andre kvalitetsmålsettinger.

- EVU-kurs
 - Husbanken tilbyr i samarbeid med NTNU og SINTEF et etter- og videreutdanningskurs om lavenergiboliger og passivhus.

For konseptutvikling i prosjekter med ambisjoner om å gå vesentlig lengre enn forskriftens minimumskrav kan det søkes om kompetansetilskudd. Husbanken tilbyr også lån. For mer informasjon om husbankens tilbud, se

- www.husbanken.no
- www.lavenergiboliger.no

5.2 Energimerkeordning i regi av OED og NVE

En ny ordning for energimerking av bygninger er en del av gjennomføringen av EU-direktivet om bygningers energiytelse (kapittel 1.3). Kravet om en energiattest vil supplere energikravene i byggeforskriftene, og gi incentiver til å bygge enda bedre enn det byggeforskriftene krever. Kravet om energimerking vil også gjelde for eksisterende bygninger.

En energiattest vil kreves ved:

- Ved nybygging og omfattende renovering
- Ved salg
- Ved utleie
- For offentlige bygninger kreves regelmessig merking.

Energiattesten vil inneholde et energimerke og informasjon om bygningen. Energimerket vil være en visuell og letleselig fremstilling av bygningens energieffektivitet. Dette kan f.eks. være piler som viser energiklasser og en bokstavkarakter, jf. energimerking av hvitevarer. Attesten kan også inneholde opplysninger og vurderinger av oppvarmings-systemet, energibærere, miljøforhold og sammenligning med andre bygninger i samme kategori.

I tillegg til energimerking av bygninger vil det komme krav om regelmessig energivurdering av kjellanlegg og klimaanlegg over en viss størrelse.

NVE utreder hvilket kompetansenivå som skal gjelde for ordningene. Viktige nøkkelord er: kompetansenivå, utdanningsmuligheter og register over energirådgivere.

Det vil bli utarbeidet forslag til lov og forskrifter, og det forventes at disse legges frem til høring i løpet av 2007.

Mer informasjon om alle ordningene kan lastes ned på:

www.bygningsenergidirektivet.no

Les mer om Enovas virksomhet på www.enova.no.

5.3 Enovas tilskuddsordninger

Enova er eid av Olje- og energidepartementet. Enovas formål er å forvalte Energifondet for å bidra til en varig energiomlegging i Norge. De overordnede, langsiktige målene er knyttet til energisparing og til produksjon av ny fornybar energi. Enova skal gjennom sine virkemidler bidra til å utvikle velfungerende markeder for effektive og miljøvennlige energiløsninger. I dette arbeidet benytter Enova seg av ulike virkemidler. Investeringsstøtte er et svært viktig virkemiddel, men også informasjon og kunnskap, støtte til ny teknologi og støtte til forbildeprosjekter er viktig tiltak for å bygge ned barrierer. I mange tilfeller er manglende kunnskap i seg selv et hinder for å foreta investeringer eller endre atferd. Investeringsstøtte blir brukt når barrieren for realisering av prosjektet er manglende lønnsomhet eller kapital. En forutsetning er at prosjekter som gis støtte fra Enova ikke ville blitt realisert uten støtte. I 2006 utgjorde Enovas støtte i gjennomsnitt 15 prosent av de totale prosjektkostnadene.

Revisjonen av TEK har som målsetting å redusere energibruk for nye bygg i forhold til 97-forskriften med om lag 25 %. Bygningsnettverkets energistatistikk viser at det er grunn til å tro at forrige forskriftsendring ikke har hatt den tilsiktede virkning for alle bygningskategorier. Det er sannsynlig at gapet mellom faktisk energibruk og de nye forskriftene er betydelig større enn 25 %. Enovas virkemidler vil støtte opp om implementeringen av nye forskriftskrav. Enova kan gi støtte for å gjøre utbyggere i stand til å møte eller overstige kravene før overgangsperioden utløper (1. august 2009) gjennom programmet Energibruk – Bolig, bygg og anlegg. Her kan prosjekteiere søke om støtte for å øke energieffektiviteten i nye og eksisterende bygg, samt til å gjennomføre forbildeprosjekt. Utvikling av og støtte til forbildeprosjekter er et virkemiddel som i stadig større grad tas i bruk. Enova ser at forbilderosjekter bidrar til å få fram nye ideer og ny teknologi av betydning for energiomleggingen.

6. Vedlegg

6.1 Forutsetningene bak energirammene i TEK

Tabell 1: Energirammene fordelt på energiposter (kWh/m² oppvarmet BRA)

| | Småhus | Boligblokker | Barnehager | Kontorbygg | Skolebygg | Universitets- og høyskolebygg | Sykehus | Sykehjem | Hoteller | Idrettsbygg | Forretningsbygg | Kulturbygg | lett industri, verksteder |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------|------------|------------|-----------|-------------------------------|---------|----------|----------|-------------|-----------------|------------|---------------------------|
| Romoppvarming | 51 | 30 | 67 | 33 | 39 | 33 | 57 | 49 | 61 | 48 | 45 | 65 | 67 |
| Oppvarming av ventilasjonsluft | 6 | 7 | 26 | 21 | 27 | 24 | 42 | 38 | 29 | 40 | 34 | 26 | 25 |
| Vannoppvarming | 30 | 30 | 10 | 5 | 10 | 5 | 30 | 30 | 30 | 50 | 10 | 10 | 10 |
| Vifter og pumper | 8 | 10 | 23 | 22 | 25 | 27 | 54 | 48 | 35 | 23 | 42 | 24 | 21 |
| Belysning | 17 | 17 | 21 | 25 | 22 | 25 | 47 | 47 | 47 | 21 | 56 | 23 | 19 |
| Teknisk utstyr | 23 | 23 | 5 | 34 | 13 | 34 | 47 | 23 | 6 | 3 | 4 | 3 | 23 |
| Romkjøling | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Kjøle batterier | 0 | 0 | 0 | 24 | 0 | 30 | 50 | 0 | 31 | 0 | 47 | 26 | 21 |
| Sum netto energibehov | 136 | 118 | 152 | 165 | 137 | 179 | 327 | 234 | 239 | 185 | 237 | 178 | 186 |
| Avrundet energiramme | 125 + 1600/kvm ¹ | 120 | 150 | 165 | 135 | 180 | 325 | 235 | 240 | 185 | 235 | 180 | 185 |

¹ oppvarmet BRA

6.2 Sjekkliste tiltaksmodellen og rammemodellen

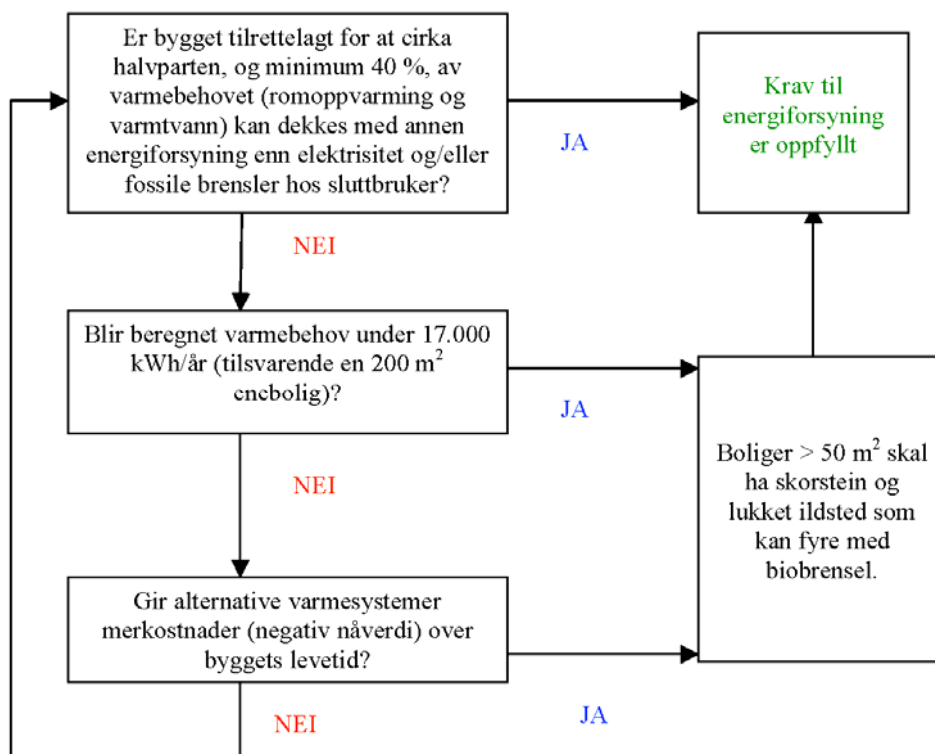
Tabell 2: Sjekkliste for dokumentasjon etter energitiltaksmodellen

| Størrelser | | Inndata | Dokumentasjon ^d |
|---|---|---------|----------------------------|
| Arealer [m ²] | Yttervegger ^a | | |
| | Tak | | |
| | Gulv ^b | | |
| | Vinduer, dører og glassfelt | | |
| Oppvarmet gulvareal (A_{η}) [m ²] | | | |
| Oppvarmet luftvolum (V) [m ³] | | | |
| Gjennomsnittlig varmegjennomgangskoeffisient for bygningsdeler [W/m ² K] (U-verdi) | Yttervegger ^a | | |
| | Tak | | |
| | Gulv ^b | | |
| | Vinduer, dører og glassfelt | | |
| Arealandel for vinduer, dører og glassfelt i forhold til oppvarmet bruksareal (%) | | | |
| Normalisert kuldebroverdi (Ψ') [W/m ² K] | | | |
| Lekkasjetall (n_{30}) [h ⁻¹] | | | |
| Årsmidlere virkningsgrad (η) for varmegjenvinner [%] | | | |
| Spesifikk vifteeffekt (SFP) relatert til luftmengder, i driftstiden [kW/m ³ /s] | | | |
| Spesifikk vifteeffekt (SFP) relatert til luftmengder, utenfor driftstiden [kW/m ³ /s] | | | |
| Gjennomsnittlig ventilasjonsluftmengde (\dot{V}) i driftstiden, gitt per m ² oppvarmet bruksareal (m ³ /m ² h) | | | |
| Ventilasjonsluftmengde (\dot{V}) utenfor driftstiden, gitt per m ² oppvarmet bruksareal (m ³ /m ² h) | | | |
| Tiltak for å unngå lokal kjøling | | | |
| a | Det angis om yttervegg er mot uteluft, eller mot delvis eller uoppvarmet sone | | |
| b | Det angis om gulv er mot grunnen eller mot uoppvarmet sone | | |
| c | Dersom det benyttes ulike verdier over året, eventuelt også for ulike systemer, vises disse | | |
| d | Hvilke standarder, metoder, dokumentasjon fra byggevareprodusenter o.l. som er lagt til grunn. Konstruksjoner og tekniske løsninger beskrives | | |

Tabell 3: Sjekkliste for dokumentasjon etter energirammemodellen

| Størrelser | | Inndata | Dokumentasjon ^d |
|---|---|---------|----------------------------|
| Arealer [m ²] | Yttervegger ^a | | |
| | Tak | | |
| | Gulv ^b | | |
| | Vinduer, dører og glassfelt | | |
| Oppvarmet gulvareal (A_{η}) [m ²] | | | |
| Oppvarmet luftvolum (V) [m ³] | | | |
| Gjennomsnittlig varmegjennomgangskoeffisient for bygningsdeler [W/m ² K] (U-verdi) | Yttervegger ^a | | |
| | Tak | | |
| | Gulv ^b | | |
| | Vinduer, dører og glassfelt | | |
| Arealandel for vinduer, dører og glassfelt i forhold til oppvarmet bruksareal (%) | | | |
| Normalisert kuldebroverdi (Ψ') [W/m ² K] | | | |
| Lekkasjetall (n_{50}) [h ⁻¹] | | | |
| Årsmidlere virkningsgrad (η) for varmegjenvinner [%] | | | |
| Spesifikk vifteeffekt (SFP) relatert til luftmengder, i driftstiden [kW/m ³ /s] | | | |
| Spesifikk vifteeffekt (SFP) relatert til luftmengder, utenfor driftstiden [kW/m ³ /s] | | | |
| Gjennomsnittlig ventilasjonsluftmengde (\dot{V}) i driftstiden, gitt per m ² oppvarmet bruksareal (m ³ /m ² h) | | | |
| Ventilasjonsluftmengde (\dot{V}) utenfor driftstiden, gitt per m ² oppvarmet bruksareal (m ³ /m ² h) | | | |
| Spesifikk pumpeeffekt varmeanlegg (SPP) (kW/(l/s)) | | | |
| Spesifikk pumpeeffekt kjøleanlegg (SPP) (kW/(l/s)) | | | |
| Spesifikt effektbehov til belysning (q''_{lys}) i driftstiden dersom styring etter dagslys eller tilstedeværelse [m ²] | | | |
| Total solfaktor (\bar{g}_t) for vinduer og glassfelt med kunstig solavskjerming ^c | | | |
| Avskjermingsfaktor (F_s) for horisont, bygninger, vegetasjon for ulike orienteringer | | | |
| a | Det angis om yttervegg er mot uteluft, eller mot delvis eller uoppvarmet sone | | |
| b | Det angis om gulv er mot grunnen eller mot uoppvarmet sone | | |
| c | Dersom det benyttes ulike verdier over året, eventuelt også for ulike systemer, vises disse | | |
| d | Hvilke standarder, metoder, dokumentasjon fra byggevareprodusenter o.l. som er lagt til grunn. Konstruksjoner og tekniske løsninger beskrives | | |

6.3 Flytskjema energiforsyning



6.4 Formelverk nåverdiberegninger

Nåverdi = privatøkonomisk besparelse – merkostnad investering

$$\text{Nåverdi} = B \cdot \frac{1 - (1 + r)^{-n}}{r} - \left[\sum (I_0 + I_1 + I_2 + \dots) - \sum (I_{el/fos-0} + I_{el/fos-1} + I_{el/fos-2} + \dots) \right]$$

- Levetid (n) for en bygning settes til 50 år.
- I_0 er investeringskostnad for varmesystem basert på annen energiforsyning enn elektrisitet og /eller fossile brensler.
- $I_{el/fos-0}$ er investeringskostnad for varmesystem basert på elektrisitet og/eller fossile brensler.
- I_1, I_2 osv og $I_{el/fos-1}, I_{el/fos-2}$ osv er nåverdien av fremtidige investeringskostnader, for å opprettholde de ulike varmesystemenes funksjon gjennom bygningens levetid.

$$\circ I_1 = \frac{I}{(1+r)^{m-1}}, I_2 = \frac{I}{(1+r)^{m-2}}, \text{ osv.}$$

$$\circ I_{el/fos-1} = \frac{I_{el/fos}}{(1+r)^{m-1}}, I_{el/fos-2} = \frac{I_{el/fos}}{(1+r)^{m-2}}, \text{ osv.}$$

- Levetid (m) for en teknisk installasjon settes til 20 år. Annen levetid for installasjoner kan benyttes der dette kan dokumenteres.
- Kalkulasjonsrente (r) settes til = 4 %.
- B er årlig privatøkonomisk besparelse.

$$\circ B = Q \cdot \left(\frac{P_{el/fos}}{\eta_{el/fos}} - \frac{P_{alt}}{\eta_{alt}} \right)$$

der

- Q er varmebehov i kWh/år som vil kunne dekkes av valgt energiløsning (minimum 40 prosent av bygningens totale netto varmebehov).
- $P_{el/fos}$ er aktuell årsgjennomsnittlig kWh-pris, inkludert distribusjon og avgifter, på elektrisitet og/eller fossile brensler.
- P_{alt} er aktuell årsgjennomsnittlig kWh-pris, inkludert distribusjon og avgifter, ved annen energiforsyning enn elektrisitet og/eller fossile brensler.
- $\eta_{el/fos}$ er virkningsgrad for varmesystem basert på elektrisitet og/eller fossile brensler.
- η_{alt} er virkningsgrad for varmesystem basert på annen energiforsyning enn elektrisitet og/eller fossile brensler.

Typiske virkningsgrader for varmesystem kan finnes i NS 3031. Bedre virkningsgrad i varmesystemet kan benyttes der dette kan dokumenteres.

Større vedlikeholdskostnader kan inkluderes i regnestykket der dette må påregnes.

I den grad det kan påregnes offentlig tilskudd til valgt energiløsning, bør dette tas hensyn til ved beregning av investeringskostnad.

6.5 Eksempler på nåverdiberegninger

Nedenfor følger tre eksempler på nåverdiutregninger ved investering i annen energiforsyning enn elektrisitet og/eller fossile brenslers hos sluttbruker. Det er viktig å huske på at priser varierer og endres over tid, slik at man vil kunne oppleve andre priser enn de som er lagt til grunn i eksemplene. Dette gjelder ikke minst energipriser, vedlikeholdskostnader osv. Mange produsenter vil også kunne vise til andre virkningsgrader for sine produkter enn det som er benyttet i denne temaveilederen.

Eksempel 1 tar utgangspunkt i en frittliggende boligblokk, utenfor konsesjonsområder for fjernvarme. I tilfeller der det ikke gir lønnsomhet å dekke romoppvarmingsbehovet med annen energiforsyning enn elektrisitet, vil varmtvannsbehovet uansett kunne dekkes for eksempel med en felles biokjel for alle leilighetene. Energien til varmtvann utgjør over 40 % av det totale varmebehovet for boligblokk, slik at hovedkravet til energiforsyning i § 8-22 også i slike tilfeller vil være oppfylt.

Eksempel 2 tar utgangspunkt i et frittliggende kontorbygg med oppvarmet bruksareal på 1400 m². Energibehovet til romoppvarming og tappevann dekkes av en bergvarmepumpe som bruker elektrisitet til å hente varme fra grunnen. Virkningsgraden (varmefaktoren) til varmepumpen er på 2,35 (iht. NS 3031) det vil si at 1 kWh elektrisitet gir 2,35 kWh omgivelsesvarme. Selv om omgivelsesvarmen i seg selv er gratis, må forbruker likevel betale for den elektrisiteten som går med til å drifte varmepumpen. Omgivelsesvarmen fra varmepumpen kan dekke 85 prosent av årlig varmebehov¹⁵.

En bergvarmepumpe, som henter energi fra energibrønner, er en varmeløsning med forholdsvis store investeringskostnader. For mindre kontorbygninger kan andre varmeløsninger, som for eksempel luft/vann varmepumper gi bedre lønnsomhet. Det kan også være hensiktsmessig å etablere en varmesentral basert på biobrensel som eventuelt også kan levere varme til flere bygninger i området.

Eksempel 3 tar utgangspunkt i et småhus på 200 m² og en pelletskamin som dekker 90 % av det årlige varmebehovet til romoppvarming og tappevann. Det er regnet med vannbåren gulvvarme og at ikke alle rom, for eksempel soverom, trenger gulvvarme nå som boligene skal isoleres bedre enn før. Eksempelet gir negativ nåverdi, og innebærer altså merkostnader for forbruker over bygningens livsløp.

¹⁵ I perioder der oppvarmingsbehovet er lite, og det er behov for kjøling av ventilasjonsluft, vil slike varmepumper ofte kunne benyttes til kjøling. Dette bedrer lønnsomheten på investeringen.

I slike tilfeller må andre varmeløsninger som ivaretar hovedkravet til energiforsyning i § 8-22 undersøkes. Dette kan for eksempel være luft/luft varmepumpe kombinert med en pelletskamin for luftbåren varme, andre typer varmepumper eller solfanger for å dekke deler av varmtvannsbehovet kombinert med en vedovn for romoppvarming i vinterhalvåret. Et enkelt radiatorsystem kan også gi bedre lønnsomhet enn gulvvarme.

Dersom ingen av disse løsningene heller skulle gi positiv nåverdi, og tiltakshaver velger å ikke oppfylle hovedkravet til energiforsyning, må boligen utstyres med skorstein og lukket ildsted for bruk av biobrensel.

Eksempel 1: Varmtvann i boligblokk fra biokjel, 10 leiligheter á 70 m²

- Levetid (n) for en bygning settes til 50 år
- Kalkulasjonsrente (r) settes til = 4 %
- I_0 er investeringskostnad for felles varmesystem basert på biokjel (for å dekke varmebehovet til varmtvann)
 - Investeringskostnad felles biokjel = kr 100000
 - Investeringskostnad pelletslager og utstyr (35 m³ lagringsplass) = kr 50000
 - Ekstra panelovn kr 1500 á 10 stk (kompenserer for vedovn) = kr 15000
 - Reinvesteringskostnad biokjel pluss ekstra panelovn (etter 20 år) = kr 115000
- $I_{el/fos-0}$ er investeringskostnad for felles varmesystem basert på oljekjel (for å dekke varmebehovet til varmtvann)
 - Investeringskostnad felles oljekjel (inkludert oljetank over bakkenivå) = kr 40000
 - Vedovn i hver leilighet (kr 5000 x 10 leiligheter) = kr 50000
 - Reinvesteringskostnad oljekjel (etter 20 år) = kr 30000
 - Reinvestering vedovn (etter 20 år) = kr 50000
- Elektriske panelovner benyttes til romoppvarming for begge systemene, men for varmeløsningen basert på biokjel trengs én panelovn ekstra i hver leilighet for å kompensere for vedovn. Investeringskostnaden i vannbårne rør til varmtvann og bereder er likt uavhengig av om biokjel eller oljekjel benyttes.

$$I_1 = \frac{I}{(1+r)^{m-1}} = I_1 = \frac{115000}{(1,04)^{20}} = 52500$$

$$I_2 = \frac{I}{(1+r)^{m-2}} = I_2 = \frac{115000}{(1,04)^{40}} = 24000$$

$$I_{el/fos-1} = \frac{I_{el/fos}}{(1+r)^{m-1}} = I_{el/fos-1} = \frac{80000}{(1,04)^{20}} = 36500$$

$$I_{el/fos-2} = \frac{I_{el/fos}}{(1+r)^{m-2}} = I_{el/fos-2} = \frac{80000}{(1,04)^{40}} = 16500$$

- Levetid (m) for oljefyren og biokjelen settes til 20 år. Levetid for det vannbårne systemet regnes like lang som byggets levetid

- B er årlig privatøkonomisk besparelse

$$B = Q \cdot \left(\frac{P_{el/fos}}{\eta_{el/fos}} - \frac{P_{alt}}{\eta_{alt}} \right) = 21000 \cdot \left(\frac{0,67}{0,80} - \frac{0,40}{0,80} \right) = 7100$$

der

- Q er varmebehov i kWh/år som vil kunne dekkes av biokjel = 21000 kWh/år*
- $P_{el/fos}$ er aktuell årsgjennomsnittlig kWh-pris, inkludert distribusjon og avgifter, på fyringsolje = 0,67 kr/kWh (6,35 kroner per liter)
- P_{alt} er aktuell årsgjennomsnittlig kWh-pris, inkludert distribusjon og avgifter, på varme fra biokjel = 0,40 kr/kWh (Pellets bulk til i underkant av 2000 kroner per tonn, inkludert frakt. Prisforskjell bulk i forhold til storsekk vil ofte kunne ligge cirka 10 øre høyere per kWh. Dersom pellets kjøpes i småsekk blir prisdifferansen gjerne enda litt høyere)
- $\eta_{el/fos}$ er virkningsgrad for varmesystem basert på oljekjel = 0,80
- η_{alt} er virkningsgrad for varmesystem basert biokjel = 0,80.

Nåverdi = privatøkonomisk besparelse – merkostnad investering

$$\text{Nåverdi} = B \cdot \frac{1-(1+r)^{-n}}{r} - \left[\sum (I_0 + I_1 + I_2 + \dots) - \sum (I_{el/fos-0} + I_{el/fos-1} + I_{el/fos-2} + \dots) \right]$$

$$7100 \cdot \frac{1-(1,04)^{-50}}{0,04} - \left[\sum (165000 + 52500 + 24000) - \sum (90000 + 36500 + 16500) \right] = \underline{54000}$$

Nåverdi = 54000 kroner > 0, dvs. at investeringen i felles biokjel er lønnsom sammenlignet med en investering i felles oljekjel.

* Varmebehov varmtvann = 30 kWh/m² x 70 m² x 10 leiligheter = 21000 kWh i året

Eksempel 2: Kontorbygg på 1400 m² med bergvarmepumpe

- Levetid (n) for en bygning settes til 50 år
- Kalkulasjonsrente (r) settes til = 4 %
- I₀ er investeringskostnad for varmesystem basert på bergvarmepumpe (kan dekke 85 % av årlig varmebehov)
 - Investeringskostnad bergvarmepumpe m/utstyr og kjel (el., gass eller olje) for å dekke spisslast = kr 180000
 - Energibrønner (pluss noe grøfter til teknisk rom) = kr 150000
 - Dobbeltmantlet bereder forbruksvann = kr 15000
 - Investeringskostnad radiatorsystem med rør for vannbåren varme (450 kroner/m²) = kr 630000
 - Gjennomsnittlig vedlikeholdskostnad inkludert reinvesteringer (varmesystem, varmepumpe, kjel, pumper og ventiler) etter 20 år = kr 210000
 - Reinvesteringskostnad dobbeltmantlet bereder forbruksvann (etter 20 år) = kr 15000
- I_{el/fos-0} er investeringskostnad for felles varmesystem basert på **elektrisitet**
 - Investeringskostnad elektrisk oppvarming, panelovner og installasjon/kabler (250 kroner/m²) = kr 350000
 - Investeringskostnad enkeltmantlet bereder til forbruksvann = kr 10000
 - Gjennomsnittlig vedlikeholdskostnad inkludert reinvesteringer elektrisk varmesystem, inkludert bereder (etter 20 år) = kr 120000
- Det er forutsatt med én panelovn/én radiator for hver 20 m² i kontorbygget. Infrastruktur for vannbåren varmtvarmesystem er likt for begge varmeløsningene.

$$I_1 = \frac{I}{(1+r)^{m-1}} = I_1 = \frac{225000}{(1,04)^{20}} = 102500$$

$$I_2 = \frac{I}{(1+r)^{m-2}} = I_2 = \frac{225000}{(1,04)^{40}} = 47000$$

$$I_{el/fos-1} = \frac{I_{el/fos}}{(1+r)^{m-1}} = I_{el/fos-1} = \frac{120000}{(1,04)^{20}} = 55000$$

$$I_{el/fos-2} = \frac{I_{el/fos}}{(1+r)^{m-2}} = I_{el/fos-2} = \frac{120000}{(1,04)^{40}} = 25000$$

- Levetid (m) for varmepumpen er 20 år. Levetid for det vannbårene systemet regnes like lang som byggets levetid
- B er årlig privatøkonomisk besparelse

$$B = Q \cdot \left(\frac{P_{el/fos}}{\eta_{el/fos}} - \frac{P_{alt}}{\eta_{alt}} \right) = 71400 \cdot \left(\frac{0,80}{1,0} - \frac{0,80}{2,35} \right) = 32800$$

der

- Q er varmebehov i kWh/år som vil kunne dekkes av varmepumpen = 71400 kWh/år*
- P_{el/fos} er aktuell årsgjennomsnittlig kWh-pris, inkludert distribusjon og avgifter, på *elektrisitet* = 0,80 kr/kWh
- P_{alt} er aktuell årsgjennomsnittlig kWh-pris, inkludert distribusjon og avgifter, på varme fra varmepumpen = 0,80 kr/kWh (fordi varmepumpen drives av elektrisitet)
- η_{el/fos} er virkningsgrad for varmesystem basert på elektrisitet = 1,0
- η_{alt} er virkningsgrad (varmefaktor) for varmesystem basert på varmepumpe = 2,35 (som vil være konservativt ved lavtemperatur distribusjonssystem)

Nåverdi = privatøkonomisk besparelse – merkostnad investering

$$\text{Nåverdi} = B \cdot \frac{1-(1+r)^{-n}}{r} - \left[\sum (I_0 + I_1 + I_2 + \dots) - \sum (I_{el/fos-0} + I_{el/fos-1} + I_{el/fos-2} + \dots) \right]$$

$$32800 \cdot \frac{1-(1,04)^{-50}}{0,04} - \left[\sum (975000 + 102500 + 47000) - \sum (350000 + 55000 + 25000) \right] = \underline{10000}$$

Nåverdi = 10000 kroner > 0, dvs. at investeringen i en bergvarmepumpe er lønnsom sammenlignet med elektrisk oppvarming.

* Varmebehov = 60 kWh/m² x 1400 m² x 0,85 = 71400 kWh i året

Eksempel 3: Pelletskamin til vannbåren gulvvarme i enebolig på 200 m²

- Levetid (n) for en bygning settes til 50 år
- Kalkulasjonsrente (r) settes til = 4 %
- I₀ er investeringskostnad for varmesystem basert på pelletskamin (kan dekke 90 % av varmebehovet til romoppvarming og tappevann[#])
 - Investeringskostnad gulvvarme = kr 45000
 - Investeringskostnad dobbeltmantlet bereder til forbruksvann = kr 15000
 - Investeringskostnad pelletskamin til vann, inkludert innebygget pelletslager (30 kg - 40 kg) og utstyr = kr 45000
 - Reinvesteringskostnad (etter 20 år) = kr 60000
- I_{el/fos-0} er investeringskostnad for varmesystem basert på elektrisitet
 - 8 panelovner a kr 1500, inkludert styringssystem = kr 12000
 - Installasjon (strekking av kabler osv) = kr 4000
 - Enkeltmantlet varmtvannsbereder = kr 10000
 - Tillegg gulvvarme i to rom = kr 12000
 - Vedovn = kr 5000
 - Reinvestering (etter 20 år) = kr 27000
- $I_1 = \frac{I}{(1+r)^{m-1}} = I_1 = \frac{60000}{(1,04)^{20}} = 27400$
- $I_2 = \frac{I}{(1+r)^{m-2}} = I_2 = \frac{60000}{(1,04)^{40}} = 12500$
- $I_{el/fos-1} = \frac{I_{el/fos}}{(1+r)^{m-1}} = I_{el/fos-1} = \frac{27000}{(1,04)^{20}} = 12500$
- $I_{el/fos-2} = \frac{I_{el/fos}}{(1+r)^{m-2}} = I_{el/fos-2} = \frac{27000}{(1,04)^{40}} = 5500$
- Levetid (m) for installasjonene settes til 20 år. Levetid for det vannbårne systemet regnes like lang som byggets levetid
- B er årlig privatøkonomisk besparelse
 - $B = Q \cdot \left(\frac{P_{el/fos}}{\eta_{el/fos}} - \frac{P_{alt}}{\eta_{alt}} \right) = 15300 \cdot \left(\frac{0,80}{1,0} - \frac{0,50}{0,80} \right) = 2680$
- der
 - Q er varmebehov i kWh/år som vil kunne dekkes av pelletskaminen = 15300 kWh/år*
 - P_{el/fos} er aktuell årsgjennomsnittlig kWh-pris, inkludert distribusjon og avgifter, på elektrisitet = 0,80 kr/kWh
 - P_{alt} er aktuell årsgjennomsnittlig kWh-pris, inkludert distribusjon og avgifter, på varme fra pelletskamin = 0,50 kr/kWh (Forutsetter pellets i storsekk til 42 øre/kWh, tilsvarende i overkant av 2 kroner per kg, og frakt på 8 øre per kWh, tilsvarende 40 øre per kg)
 - η_{el/fos} er virkningsgrad for varmesystem basert på elektrisitet = 1,0
 - η_{alt} er virkningsgrad for varmesystem basert pelletskamin = 0,80.

Nåverdi = privatøkonomisk besparelse – merkostnad investering

$$\text{Nåverdi} = B \cdot \frac{1-(1+r)^{-n}}{r} - \left[\sum (I_0 + I_1 + I_2 + \dots) - \sum (I_{el/fos-0} + I_{el/fos-1} + I_{el/fos-2} + \dots) \right]$$

$$2680 \cdot \frac{1-(1,04)^{-50}}{0,04} - \left[\sum (105000 + 27400 + 12500) - \sum (43000 + 12500 + 5500) \right] = -26500$$

Nåverdi = - 26500 kroner < 0, dvs. at investeringen i vannbåren varme fra pelletskamin er ulønnsom sammenlignet med elektrisk oppvarming.

[#] Om sommeren når romoppvarmingsbehovet er lite, dekkes også energibehovet til varmtvann med elektrisitet, herav dekningsgrad på 90 prosent av totalt netto varmebehov

* Årlig varmebehov som dekkes av pelletskaminen = 85 kWh/m² x 200 m² x 0,90 = 15300 kWh i året

Statens bygningstekniske etat
Møllergt. 16 Oslo
Pb. 8742 Youngstorget
0028 Oslo
Tlf: 22 47 56 00
Epost: be@be.no
Internett: www.be.no

