



## 0 Generelt

### 01 Innhold

Dette bladet behandler planlegging av energieffektive kontorbygg. Det gir en generell oversikt over hensyn man bør ta ved planlegging både av bygning og tekniske installasjoner. Bladet omhandler kun energimessige forhold, og tar ikke for seg totaløkonomi.

### 02 Henvisninger

Plan- og bygningsloven (pbl)

Teknisk forskrift til pbl (TEK) med veiledning

Planløsning:

220.115 Daglysbehov i bygninger

222.220 Planlegging av boliger med lavt energibehov

374.662 Belysning i kontorer

Byggdetaljer:

421.503 Krav til luftmengder i ventilasjonsanlegg

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

471.019 Dokumentasjon av forventet energibruk i bygninger. Varmetapsrammer

471.020 Dokumentasjon av forventet energibruk i bygninger. Energirammer

472.421 Valg av vinduer til boliger. Energibehov og innneklima

527.231 Glassgårder i store bygg. Temperatur- og energiforhold

533.163 Solskjerming

552.340 Varmegjenvinnere i ventilasjonsanlegg

552.350 Vannbaserte kjøle- og varmesystemer for himlinger

552.352 Dimensjonering av tilluft fra ventilasjonsanlegg

554.212 Lyskilder. Lampetyper og forkoblingsutstyr

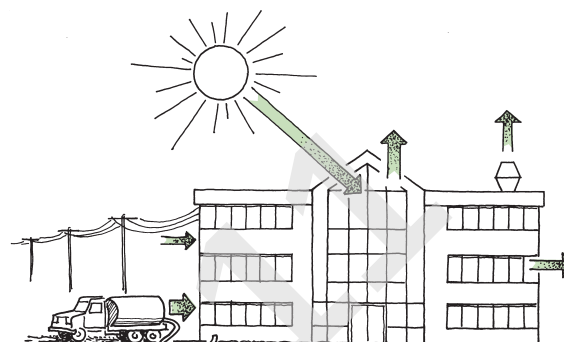
571.954 Forseglede ruter med spesielt god varmeisolasjon

571.955 Forseglede ruter med beskyttelse mot solinnstråling – solkontrollerende ruter

Byggforvaltning:

626.110 Mønster for drifts- og vedlikeholdsdokumentasjon for yrkesbygg

700.264 Systemer for energioppfølging



gitt i TEK og samtidig sikrer krav til forsvarlig innemiljø. For å tilfredsstille disse kravene er det viktig med en helhetlig planlegging av plassering, arkitektur, bygningstekniske konstruksjoner og installasjoner.

### 12 Metoder

121 **Generelt.** Man kan dokumentere at energikravene i TEK er tilfredsstillt på flere måter; henholdsvis ved å beregne maksimal U-verdi for hver bygningsdel, ved å bruke varmetapsrammer eller ved å bruke energirammer.

122 **Krav til hver enkelt bygningsdel.** En øvre grense for U-verdi er gitt for hver enkelt bygningsdel, samtidig som det er gitt en begrensning på samlet vindus- og dørareal. U-verdigrensene for hver bygningsdel danner grunnlag for å beregne varmetapsrammer og energirammer. Metoden er beskrevet nærmere i Byggdetaljer 471.018.

123 **Varmetapsrammer.** U-verdikravene for en eller flere bygningsdeler kan overskrides. Som kompensasjon må en eller flere andre bygningsdeler få tilsvarende bedre varmeisolasjon. Man må dokumentere at transmisjonsvarmetapet for hele bygningen ikke overskrider en gitt varmetapsramme basert på U-verdikravene og et gitt vindusareal. Metoden er beskrevet nærmere i Byggdetaljer 471.019.

124 **Energirammer.** Totalt netto energibehov til romoppvarming og ventilasjon vurderes i forhold til energirammen for den aktuelle bygningstypen. Framgangsmåten er basert på samme omfordeling av varmeisolasjon mellom bygningsdeler som metoden med varmetapsrammer. Forskjellen er at man ved energiramme-metoden også kan ta hensyn til energitilskudd fra sol, varmegjenvinner, varmepumpe samt varmetap på grunn av ventilasjon og infiltrasjon i tillegg til transmisjonsvarmetapet. Dermed har man mulighet til å foreta teknisk bytte mellom installasjonstekniske og bygningstekniske forhold. Metoden er beskrevet nærmere i Byggdetaljer 471.020.

## 1 Dokumentasjon av energibruk

### 11 Krav i teknisk forskrift

Byggverk med installasjoner skal utføres slik at det fremmer lavt energi- og effektbehov innenfor rammene

### 13 Valg av metode

Beregning med varmetapsrammer er enklere enn beregning med energirammer fordi varmetapsrammer bare tar for seg transmisjonsvarmetapet gjennom bygningsdelene, og annen energibruk eller -tilskudd ikke er inkludert. For bygninger hvor varmegjenvinning, energitilskudd, infiltrasjon og ventilasjonsvarmetap spiller en viktig rolle, egner metoden med energirammer seg bedre.

For mer omfattende beregninger som kan dokumentere det totale energibehovet i et næringsbygg, anbefales det å bruke energiberegningsprogrammer som omfatter både oppvarming, ventilasjon (inkludert vifter), belysning, teknisk utstyr og kjøling. Slike beregninger går noe lenger enn energirammeberegninger. De gir et energi- og effektbudsjett for hele energiforbruket, som kan benyttes til kontroll av hvordan bygningen driftes.

Tabell 22

Overflateareal for ulike bygningsformer

|                                        | Frittliggende | Vannrett forbundet | Loddrett | Vannrett/Loddrett |
|----------------------------------------|---------------|--------------------|----------|-------------------|
| Overflate pr. enhet                    | 320           | 280                | 187      | 147               |
| Relativ overflate pr. enhet            | 1             | 0,88               | 0,58     | 0,46              |
| Relativt varmetap med 15 % vindusareal | 1             | 0,91               | 0,71     | 0,62              |

gibruken, vil det i slike lokaler også kreves store rengjøringsutgifter.

**233 Lite arealforbruk.** I kontorbygg med lavt arealforbruk har de ansatte gjerne faste arbeidsplasser tett i kontorlandskap. I tillegg er kommunikasjonsarealene holdt på et minimum uten at det skal gå på bekostning av trivsel og effektivitet. Det fins også kontorbygninger med enda lavere arealbruk per ansatt. I slike bygninger har de ansatte adresseløse arbeidsplasser, dvs. arbeidsplassen kan være lokalisert forskjellig fra en periode til en annen og bare bestå av en enkelt pult med flyttbar skuffeseksjon. I slike tilfeller har ofte arbeidstakeren arbeidsplass andre steder i tillegg, for eksempel hos kunden. Se eksempel i fig. 233.

## 2 Bygningsform og planløsning

### 21 Planleggingsfasen

For å oppnå energieffektivitet i et kontorbygg er det viktig med god kommunikasjon og samarbeid mellom arkitekter og rådgivere innen alle fagområder på et tidlig stadium i planleggingsfasen.

I planleggingen må en vurdere hvilke faktorer som er de mest kritiske ved utforming av bygningskonstruksjonen. Man må gjøre en helhetlig vurdering av varmetapet, dvs. U-verdier og vindusstørrelser, varmetilskudd, dvs. både ønsket og uønsket soltilskudd, lystilskudd i kombinasjon med belysningsanlegget m.m. I tillegg må alle tekniske installasjoner og bygningstekniske løsninger tilpasses hverandre for å utnytte tilført energi optimalt.

### 22 Bygningsform

Både bygningens ytre form og plassering i forhold til vind har betydning for varmetapet. En bygning med en tilnærmet kubisk form har stort indre volum i forhold til omhyllingsflater, slik at varmetapet gjennom ytterkonstruksjonene reduseres, se tabell 22. Formen kan imidlertid komme i konflikt med bygningens bruksegenskaper og daglysforhold i rommene.

### 23 Arealeffektivitet

**231 Generelt.** Effektiv arealutnyttelse er en forutsetning for å oppnå et lavt totalforbruk av energi til drift av bygninger. God arealeffektivitet betyr et lite forbruk av arealer i forhold til virksomheten. Utforming og arealbruk må tilpasses bedriftens aktiviteter, men søkes holdt på et så lavt nivå som mulig med hensyn både til energikostnader og andre driftskostnader. I dag varierer arealbruken per person i typiske kontorer mellom 50 m<sup>2</sup>/person ned til 20 m<sup>2</sup>/person.

**232 Stort arealforbruk.** Kontorbygg med stort arealforbruk har ofte avsatt plass til store cellekontorer for hver ansatt i tillegg at bygget har store kommunikasjonsarealer, uformelle møteplasser, møterom m.m., se eksempel i fig. 232. I tillegg til høyt driftsbudsjett for ener-

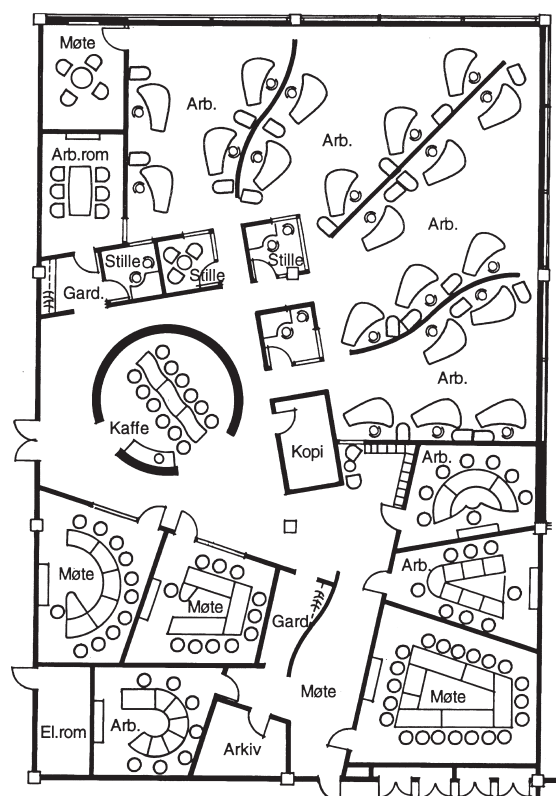


Fig. 233

Eksempel på kontorlandskap med adresseløse arbeidsplasser

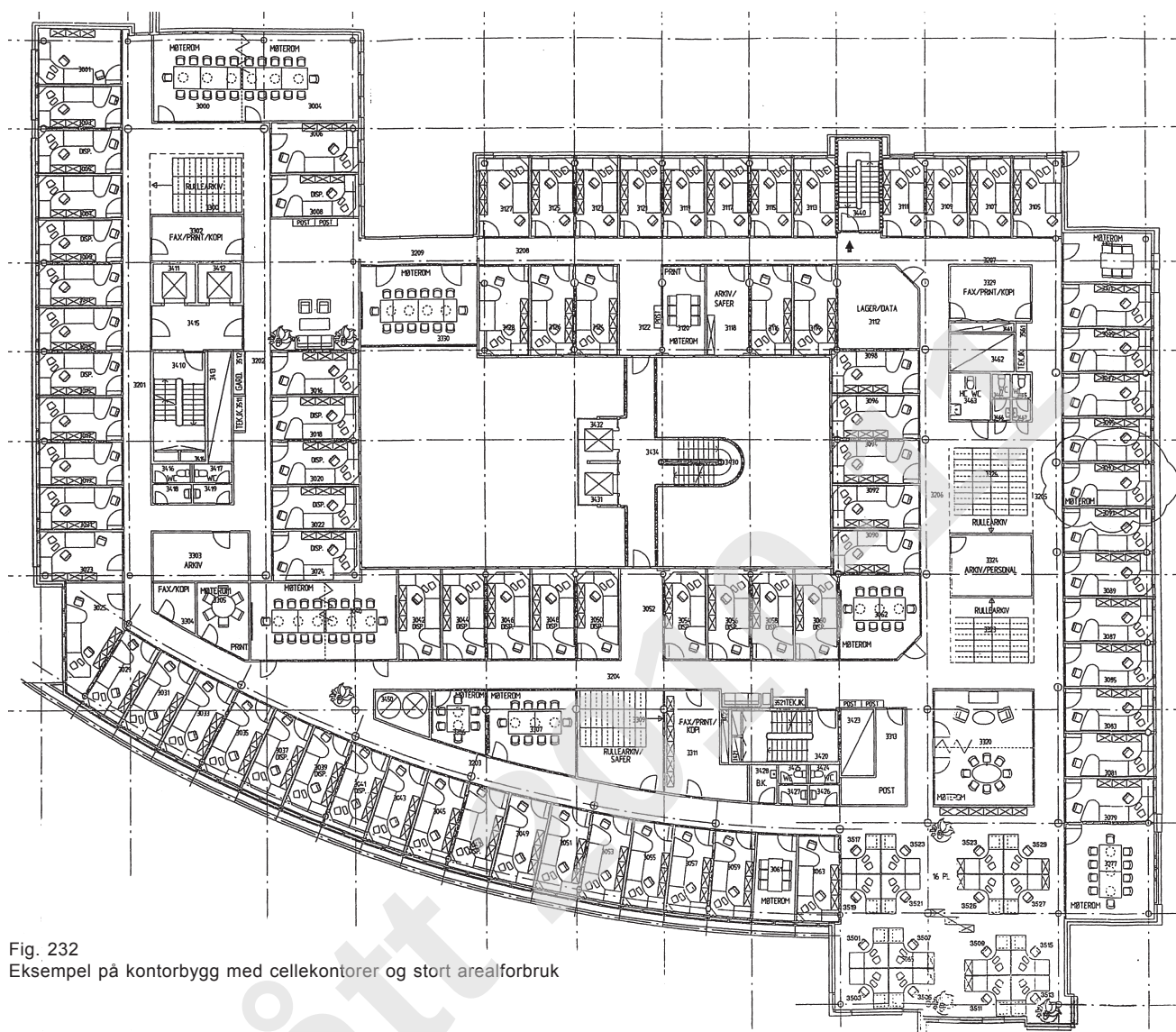


Fig. 232  
Eksempel på kontorbygg med cellekontorer og stort arealforbruk

### 3 Byggningskomponenter

### 31 Varmeisolering i ytterkonstruksjoner

God varmeisolerings- og ytterkonstruksjoner er en viktig forutsetning for lavt oppvarmingsbehov. Som beskrevet i pkt. 121 er en av metodene for å dokumentere at energikravet er tilfredsstillt å ta utgangspunkt i største tillatte U-verdi for bygningsdeler.

Maksimumsverdiene i tabell 31 gjelder så fremt samlet areal av vinduer, ytterdører, glasstak og glassvegger ikke overstiger 20 % av bygningens netto golvareal regnet inntil 10 m fra yttervegg. Arealer og U-verdier for vinduer, dører, glasstak og glassvegger er regnet som utvendige karmmå.

## 32 Varmeisolering i innvendige bygningsdeler

Enkelte bygninger har soner med vesentlig forskjellige temperaturer. For å oppnå energieffektivitet bør man ta hensyn til slike temperaturforskjeller ved valg av skillekonstruksjoner. Veiledningen til TEK anbefaler at gjennomsnittlige U-verdier for bygningsdeler mellom forskjellige temperatursoner ikke overstiger U-verdiene gitt i tabell 32.

Tabell 31

Største tillatte gjennomsnittlige U-verdier for ytre bygningsdeler aktuelle i næringsbygg, W/(m<sup>2</sup>K), i henhold til TEK

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

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

Tabell 32

Gjennomsnittlige U-verdier for indre bygningsdeler

| Bygningsdel                 | Temperaturforskjell og U-verdi<br>W/(m²K) |                                       |                                      |
|-----------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
|                             | $\Delta\theta \geq 15$<br>°C              | $10\text{ °C} \leq \Delta\theta < 15$ | $5\text{ °C} \leq \Delta\theta < 10$ |
| Vegger, tak og golv         | 0,3                                       | 0,4                                   | 0,5                                  |
| Vinduer, glassvegger, dører | 2,0                                       | 3,0                                   | 6,0                                  |



### 33 Vinduer

331 *U-verdi og areal* til vinduene har stor betydning for transmisjonstapet i en bygning. Potensialet for å redusere varmetapet i forhold til kravet i TEK er betydelig. U-verdien til hele vinduer avhenger av U-verdien og arealet til karm- og rammedelen, U-verdien og arealet til ruta, eventuelle poster eller gjennomgående sprosser og varmetapet gjennom kantforseglingen og randsonen til ruta. Rutas U-verdi, som i stor grad er bestemmende for vinduets U-verdi, avhenger av glassavstanden, antall glass, eventuell gass i hulrommet og lavemisjonsbelegg på et eller flere glass. Tabell 331 gir eksempler på U-verdier for ulike vindustyper.

Tabell 331  
Eksempler på U-verdier for ulike vinduer, trekarmen

| Antall glass | Antall lavemisjonsbelegg | Gass-type | Rutekode                  | U-verdi, trevindu W/(m²K) |
|--------------|--------------------------|-----------|---------------------------|---------------------------|
| 2            | 0                        | Luft      | 4 – 15 – 4                | 2,5                       |
| 2            | 1                        | Luft      | 4 – 15 – E4               | 1,8                       |
| 2            | 0                        | Argon     | 4 – 15Ar – 4              | 2,4                       |
| 2            | 1                        | Argon     | 4 – 15Ar – 4E             | 1,7                       |
| 3            | 2                        | Luft      | 4E – 12 – 4 – 12 – E4     | 1,4                       |
| 3            | 2                        | Argon     | 4E – 12Ar – 4 – 12Ar – E4 | 1,3                       |

I tillegg til å ta hensyn til varmetapet bør man vurdere varme- og lystilskuddet for å oppnå en optimal utforming med hensyn til energibruk.

I store deler av året tilføres bygningen varmetilskudd fra sola, spesielt gjennom sør-, øst- og vestvendte vinduer. I periodene med oppvarmingsbehov er solskinn et kjærkomment bidrag som reduserer energibehovet til oppvarming, men varmetilskuddet er uønsket i varme perioder, se pkt. 332. Varmetilskuddet gjennom vinduer avhenger av vinduenes solfaktor, dvs. hvor stor del av strålingsenergien som passerer gjennom en rute. Jo høyere solfaktor, desto mer solvarme slippes igjennom. Vinduer med lav U-verdi har som regel noe lavere solfaktor. Energiegenskaper til vinduer og ruter er beskrevet nærmere i Byggetal 472.421, 571.954 og 571.955.

332 *Solskjerming*. I perioder uten oppvarmingsbehov er varmetilskudd gjennom vinduer en ulempe siden det enten medfører høy romtemperaturer eller behov for energikrevende kjøling. For å redusere kjølebehovet er det nødvendig med effektiv solskjerming. Det fins mange alternativer, blant annet:

- persienner og markiser (med lokal eller sentral styring)
- faste bygningsavskjerminger
- solkontrollerende ruter
- elektrokromatiske glass

Utvendig solskjerming skjermer bedre enn innvendig avskjerming, siden solstrålene stanses før de treffer vinduene. Utvendig skjerming er derimot mer utsatt for slitasje slik at man bør ta en totalvurdering av værbelastning og avskjermingsbehov før man velger type skjerming. Solskjerming er beskrevet nærmere i Byggetal 533.163.

333 *Dagslys*. Plassering og utforming av vinduer må vurderes for å redusere energibruken til kunstig belysning i

en bygning. Vinduers lystransmisjonsegenskaper betegner hvor stor del av solstrålingen i den synlige delen av spektralfordelingen som slipper gjennom ruta. Kombinasjon av høysittende vinduer og vinduer i vanlig høyde gir både god belysning og godt utsyn, se fig. 333. I tillegg til normal utforming av vinduer kan det installeres ulike innretninger som fordeler lyset lenger inn i rommet enn vanlig. For å utnytte dagslyset maksimalt er det viktig å tilpasse møbleringen av kontoret.

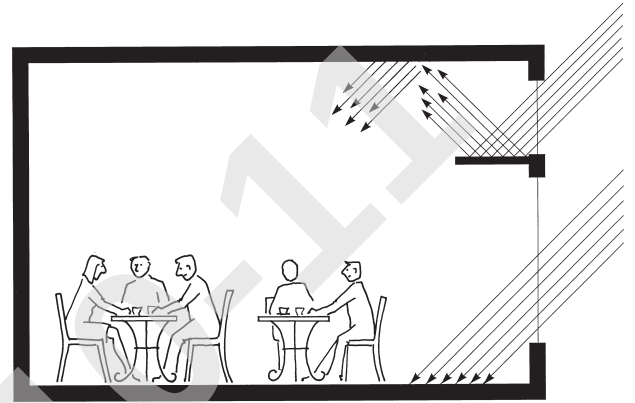


Fig. 333  
Eksempler på hvor mye dagslys som kommer inn i et rom avhengig av utformingen på vinduene

### 34 Glassgårder

Glassgårder i forbindelse med kontorbygg er ofte ønskelig, og glassgårdene kan påvirke energibruk og temperaturforhold betydelig i et bygningskompleks. Glassgårder må derfor prosjekteres og brukes riktig for å unngå store konsekvenser for energibehovet til oppvarming. Glassgårder gir mulighet for å utnytte solstrålingen til oppvarming (passiv solvarme) uten ekstra installasjoner i bygningen. Solstrålingen gjennom glasset hever temperaturen i glassgården over utetemperaturen, og varmetapet til glassgården fra en tilliggende bygningskropp blir mindre.

For at en glassgård skal være positiv i energisammenheng er det viktig at temperaturen holdes på et lavt nivå i oppvarmingsperioden slik at gevinsten med lavere varmetap fra tilliggende bygning ikke blir borte i et unødvendig stort varmetap gjennom glassfasadene. Temperaturen i en glassgård i oppvarmingsperioden bør maksimalt være 15 °C.

For nærmere informasjon om glassgårder, se Byggetal 527.231.

## 4 Kunstig belysning

### 41 Generelt

I eksisterende kontorbygninger er det ikke uvanlig at belysningen utgjør 30 – 60 % av den totale energibruken [821]. Tradisjonelle belysningssystemer avgir effektivt opp mot 25 – 35 W/m², mens moderne belysningsutstyr kan komme ned i 10 W/m². Slike reduksjoner skyldes nye typer lysrør, elektronisk, høyfrekvent forkoblingsutstyr og mer effektive armaturer. Kortere

brukstid vil redusere energibruken til belysningen ytterligere. I tillegg vil energibesparende belysningsutstyr og styring minske energibruken til kjøling.

#### 42 Energisparende lysrør og forkoblingsutstyr

421 *Energisparende lysrør.* Man bør primært benytte lysrør, siden de gir mye lys av lite energi, har lang levetid, avgir lite varme og fins i et stort utvalg. Kompakt-lysrør er en nyere type lyskilde i stadig utvikling. De kan brukes overalt der vi ellers ville bruke lysrør eller glødelamper, men må ha sine egne armaturtyper. For nærmere informasjon om lyskilder, se Byggdetaljer 554.212.

422 *Forkoblingsutstyr.* Lysrør er avhengige av forkoblingsutstyr, som gir effekttap. Utstyret har som oppgave å gi startspenning og begrense strømmen til lyskilden etter at den er tent. Elektronisk utstyr er mer energieffektivt enn det konvensjonelle utstyret, men dyrere i innkjøp. Likevel blir det stadig mer vanlig fordi bruk av slikt utstyr lønner seg. Varmetapet blir lavere, levetiden til lysrørene blir lengre, lampene blir tent momentant, lystilbakegangen i løpet av lampens levetid blir mindre og utbrente lysrør blir automatisk slokt istedenfor å stå og blinke. For nærmere informasjon om forkoblingsutstyr, se Byggdetaljer 554.212.

#### 43 Styring

431 *Styringssystemer* kan deles inn som følger:

- dimmesystem som regulerer lysnivået trinnløst eller av/på avhengig av dagslysnivået
- persondetektor som kobler inn/ut belysningen avhengig av om det er noen til stede
- koblingsur som kobler ut og tenner lyskilden til bestemte tidspunkter

432 *Dimmesystemer* har størst effekt i sørvendte kontorer der lystilgangen er best. For at slike systemer skal være mest mulig effektive er det viktig at lystilgangen ikke reduseres av overheng eller andre faste skyggevirkninger. Erfaringer viser at energibruken kan reduseres med opptil 30 – 40 % i sørvendte kontorer og noe mindre i nordvendte kontorer. For av-/på-systemer er også potensialet stort for sørvendte kontorer (mer enn 30 %), men slike systemer har liten effekt i nordvendte kontorer, siden lysnivået normalt er for lavt [823].

Forutsetningen for at dimmesystemer skal være lønnsomme er ofte at flere cellekontorer styres sammen, for eksempel langs en hel fasade. En kan da velge om all allmennbelysning i kontorene skal styres samtidig eller om ulike lysrekker styres individuelt. Der en bruker styrt belysning, er det i tillegg viktig med god plassbelysning som brukerne kan slå av og på.

433 *Persondetektor.* For systemer basert på persondetektering er energisparepotensialet stort dersom kontorene av forskjellige grunner ikke benyttes. Persondetektorer monteres i hvert cellekontor, og lyset slukkes en tid etter at kontoret er forlatt. Slike løsninger er relativt rimelige og kan være lønnsomme for virksomheter med en del kontorer som bare er delvis i bruk.

434 *Koblingsur* som slukker og tenner lyset til bestemte tider, må gi mulighet til å tenne lyset manuelt dersom en arbeider utover tiden med lys. Det er viktig at ikke lyset

i alle kontorer tennes når det kun er behov for lys enkelte steder.

#### 44 Utendørs belysning

Tilført energi til utendørs belysning kan ikke utnyttes til oppvarming. Derfor er det spesielt viktig å tilføre lite energi samtidig som det ønskede lysnivået oppnås. I tillegg til å benytte lavenergilamper bør lampene kombineres med en form for styring. Vanligste styring baseres på slokking og tenning ved hjelp av fotoceller. I områder med liten aktivitet kan bevegelsesfølere også være hensiktsmessig. Sistnevnte løsning kan dessuten virke kriminalitetsforebyggende.

### 5 Ventilasjon

#### 51 Generelt

Ved prosjektering av nye bygninger og ved større rehabilitering er det stort energisparepotensial knyttet til ventilasjon.

#### 52 Valg av rett luftmengde

Ved å benytte materialer som har dokumentert lav emisjon i bygninger kan luftomskifting reduseres med 40 % i forhold til bygninger med udokumenterte materialer. Det reduserte luftskiftet vil gi tilnærmet tilsvarende reduksjon i energibehovet til sentralvarme, sentral kjøling og viftedrift. Energibehovet til ventilasjon kan da reduseres med ca. 40 %, som tilsvarer en reduksjon av det totale energibehovet i bygget på ca. 15 %. Materialer som teglstein, naturstein, keramiske fliser, glass og metalliske overflater regnes som lavemitterende. Øvrige materialer må dokumenteres etter standardisert målemetode. Retningslinjer for å beregne minimumsluftmengder er gitt i veiledningen til TEK og Byggdetaljer 421.503. Byggdetaljer 421.503 omhandler også materialbelastninger. Dimensjonering av tilluft er beskrevet i Byggdetaljer 552.352.

#### 53 Driftstid

3 000 timer (12 timer pr. arbeidsdag) er typisk driftstid for ventilasjonsanlegg i kontorer. En reduksjon til 10 timer pr. dag, men en viss luftmengde utenfor arbeidstiden, vil minske det totale energibehovet med 5 – 10 %. Det forutsettes da at bygget ikke brukes særlig mer enn 10 timer pr. dag. Brukerne bør ha mulighet til å starte ventilasjonen utover faste brukstider. Ventilasjonen bør da reduseres automatisk etter en tid.

#### 54 Behovsstyrt ventilasjon

Behovsstyrt ventilasjon der sensorer regulerer luftmengden etter behovet, gir også store energisparevinster. Prinsippet er at en eller flere sensorer, for eksempel persondetektorer, CO<sub>2</sub>-målere eller temperaturfølere gir signal til vifteaggregatet som regulerer luftmengden. Når rommet ikke er i bruk, tilføres rommet kun minimumsluftmengder til utlufting av emisjoner fra

materialer. Når rommet tas i bruk, økes luftmengden til det normale, se Byggetal 421.503.

For å redusere kostnader kan det være aktuelt å benytte samme system for lysstyring og ventilasjonsstyring.

## 55 Høy virkningsgrad på varmegjenvinneren

Ethvert nytt kontorbygg bør bygges med varmegjenvinning av ventilasjonsluften. Ved å erstatte en kryss-varmeveksler med en roterende gjenvinner kan energibehovet til oppvarming av ventilasjonsluft reduseres med 90 %, fordi det kun blir behov for ettervarming av ventilasjonsluften på årets kaldeste dager. Det forutsettes da lav lufthastighet over gjenvinneren. Bruk av roterende gjenvinner kan gi litt lekkasje fra avtrekksluften til tilluften, men i næringsbygg kan dette aksepteres. Lekkasjeene kan reduseres med riktig plassering av tillufts- og avtrekksviften i forhold til gjenvinneren. Varmegjenvinnere er beskrevet i Byggetal 552.340.

## 56 Energieffektiv viftedrift

561 *Energibruk.* I moderne næringsbygninger utgjør energibehovet til viftedrift 15 – 20 % av bygningens totale behov. Andelen har økt ettersom kravet til innneklimaet har ført til større luftmengder. Ved bevisst planlegging for å redusere trykkfall og optimalisere viftedriften kan energi til transport av ventilasjonsluft halveres i forhold til typiske løsninger som brukes i dag. Energibruken til viftedrift reduseres ved:

- høy virkningsgrad for viftesystemet, dvs. gode motorer tilpasset reelt effektbehov og vifter med høy virkningsgrad
- lite kanaltrykkfall, dvs. aerodynamisk utløp mellom vifte og kanalanlegg, bend i stedet for avgreininger langs kritisk vei og riktig innregulering
- lite aggregattrykkfall, dvs. noe redusert hastighet gjennom aggregatet

562 *Effektivitet til vifter.* Et mål på energieffektiv viftedrift er forholdet mellom elektrisk effekt som er nødvendig for drift av viftene i et ventilasjonsanlegg, og den luftmengden som viftene bidrar til å skifte ut i de ventilerte lokalene. Dette forholdet kalles forkortet for SFP (Specific Fan Power). Energi til viftedrift avhenger i tillegg til trykkfall og virkningsgrader også av ventilasjonsmengdene og driftstiden. En del eksempler på energi til viftedrift med ulike verdier for luftmengde, SFP og driftstid er gitt i tabell 562.

Det anbefales en SFP < 1,5 kW/(m³/s) for nye bygninger med døgkontinuerlig drift, mens SFP-faktoren kan være opptil 2,0 kW/(m³/s) for bygninger med begrenset driftstid. For nærmere informasjon, se [824] og [825].

Det er også mulig å bygge ventilasjonsanlegg med svært lav SFP, dvs. under 0,5. Denne typen anlegg kan i prinsippet benytte naturlige drivkrefter og vifter med svært lav energibruk. EU-prosjektet Natvent omhandler slike systemer, se [826].

Prosjektering av lavtrykksanlegg kan gi behov for større kanaldimensjoner på enkelte hovedstrekk. Utover dette er det små merinvesteringer, og tiltakene er svært lønnsomme når man tar hensyn til de reduserte driftskostnadene.

Tabell 562

Energi til viftedrift avhengig av luftmengde, SFP og driftstid [824]

|                       |            | Lav   | Middels | Høy   |
|-----------------------|------------|-------|---------|-------|
| Spesifikk luftmengde  | l/(m²/s)   | 2,0   | 3,0     | 5,0   |
| SFP                   | kW/(m³/s)  | 2,0   | 3,5     | 5,0   |
| Driftstid             | timer/år   | 2 000 | 2 500   | 3 000 |
| Energi til viftedrift | kWh/(m²år) | 8     | 26      | 75    |

## 6 Kjøling, oppvarming og teknisk utstyr

### 61 Kjøling

611 *Generelt.* For å opprettholde komforten i kontorbygg er det ofte behov for en eller annen form for kjøling. Energiforbruket til kjøling i typiske kontorer ligger omkring 20 – 30 % av det totale energibehovet, men variasjonene kan være større, avhengig av klima og tekniske løsninger. Utforming av bygningskonstruksjonen med effektiv solskjerming, en tung bygningskropp som akkumulerer varmen og energieffektiv belysning og teknisk utstyr, reduserer kjølebehovet og bør derfor fremmes.

Dersom det er behov for kjøling av bygget, fins ulike løsninger. Ved bruk av kjøling må en sørge for at kjøle- og varmeanlegget ikke er i drift samtidig, dvs. systemene forrigrles.

612 *Forenklete kjøleløsninger* kan være frikjøling med luft (forsert ventilasjon om natten, eventuelt ved naturlig ventilasjon) eller frikjøling med vann, dvs. direkte kjøling via varmeveksler mot sjøvann, grunnvann e.l.

613 *Lokale kjølesystemer*, for eksempel med vannbaserte kjølebafler (kjølehimlinger), er generelt mer energieffektive enn sentral, luftbasert kjøling via ventilasjonsanlegget. I mange tilfeller kan det også være en energieffektiv løsning der både kuldesiden og varmesiden av en varmepumpe utnyttes. For nærmere informasjon, se Byggetal 552.350.

### 62 Oppvarmingssystem

621 *Energifleksibilitet.* Oppvarmingssystemet bør fremme energifleksibilitet, dvs. være tilrettelagt for bruk av mer enn en energikilde. I tillegg bør systemet være utformet slik at nye fornybare energikilder benyttes som minst en av energikildene. Det tenkes da spesielt på utnyttelse av varmepumpe, solpanel, biobrensel eller annet. For at slike energikilder skal kunne utnyttes best mulig, bør oppvarmingssystemet fordeles over store flater, som for eksempel golv- eller takvarme. Siden oppvarmingsbehovet er lavt og vanntemperaturene kan holdes lave, vil komforten ved denne typen løsninger være god. Ved å benytte takvarme kan slike systemer enkelt kombineres med kjøling i varme perioder. Tradisjonelle radiatorer fremmer også energifleksibilitet og er fram til i dag mest benyttet i tilknytning til vannbårne oppvarmingsanlegg.

Elektriske panelovner og andre former for direkte elektrisk oppvarming fremmer ikke energifleksibilitet.

622 *Temperaturstyring.* Siden det tar lang tid å heve temperaturen i bygningsdeler med høy varmelagrings-evne, er energisparepotensialet mindre i "tunge" byg-

ninger enn i lette bygninger. I bygning med liten varmelagringssevne gir temperatursenking om natten og i helger god energisparing fordi perioden med lavere temperaturer blir lengre. I bygning med høy varmelagringssevne (typisk betong/mur) vil innsparingen ved nattsenking bli mindre.

Valg av temperatursenking i perioder må også ses i sammenheng med hvilket oppvarmingssystem som brukes. I bygninger med nattsenking er effektforbruket normalt høyere enn i bygninger med jevn temperatur, slik at det gir utslag på kostnadene dersom tariffen også inkluderer effekt.

Uavhengig av bygningskonstruksjonenes utforming og tyngde samt oppvarmingssystem bør det benyttes termostattstyring, som gir gode resultater med hensyn til energibesparelser.

For å oppnå best mulig komfort for arbeidstakerne bør en vurdere bruken av individuell regulering av romtemperatur, både med hensyn til oppvarming og kjøling. I slike tilfeller må en påse at den individuelle reguleringen ikke påvirker andre personer som er knyttet til klimaanlegget.

### 63 Styringsystemer

Optimal drift av klimainstallasjoner krever reguleringsautomatikk. Systemer med sentral driftskontroll ivaretar muligheten til å overvåke og styre driften av de tekniske installasjonene fra en pc. Det letter arbeidet betydelig sammenliknet med tidligere systemer, siden man enkelt får oversikt over alle systemer. Med sentral driftskontroll lettes også arbeidet med energioppfølging, dvs. EOS, som anbefales i alle større bygninger.

I buss-systemer, dvs. digital overføring av signaler, kobles de enkelte enhetene i klimaanlegget sammen i et databasert nettverk. Nettverket gir økt fleksibilitet og flere muligheter, slik at man blant annet kan styre installasjoner lokalt (f.eks. i enkeltkontorer) uten for store kostnader. Behov for overstyring av brukerne må vurderes i hvert enkelt tilfelle og bør eventuelt tidsbegrenses med tidsur.

### 64 Drift og vedlikehold

Under planlegging av bygninger må en sørge for tilstrekkelig plass og tilgjengelighet til de tekniske installasjonene slik at det er mulig å komme fram for å utføre inspeksjon og vedlikehold. Videre bør det før levering utarbeides drifts- og vedlikeholdsinstrukser for alle tekniske installasjoner, og driftsteknisk personale bør få opplæring i systemene. Gode FDV-rutiner og EOS medfører ofte at energibruken reduseres med opptil 20 % i forhold til tilsvarende bygninger uten slike rutiner og er et svært effektivt energibesparende tiltak uten store investeringskostnader. For nærmere informasjon, se Byggforvaltning 626.110 og 700.264.

### 65 Teknisk utstyr

På samme måte som for belysning er det viktig å redusere energibruken til teknisk utstyr i kontorer. Man bør velge utstyr med lavt energibehov under normal drift samt utstyr som går over til hvilemodus når det ikke er i bruk. Eksempler er pc-er, kopimaskiner, skrivere, fakser og liknende.

### 66 Integrerte løsninger

Det fins flere løsninger som dekker ulike funksjoner i en bygning. Et eksempel som kan nevnes, er lameller med integrerte solcellepaneler som en egen fasade utenfor den egentlige fasaden. Lamellene skal til dels skjerme mot solvarme, og til dels lede sollys inn i bygningen for å erstatte kunstig belysning. Samtidig produseres elektrisitet. Denne er tilsvarende løsninger er kostbare og er sjelden lønnsomme i Norge pga. lave elektrisitetspriser.

## 7 Sparepotensial i nye bygninger

### 71 Tenkt kontorbygg – eksempel

711 *Beskrivelse.* I pkt. 712 – 715 er tre ulike energitekniske løsninger for et tenkt kontorbygg beskrevet og sammenliknet. Bygget ligger i Oslo, har oppvarmet areal på 2 100 m<sup>2</sup> og er i tre etasjer. Vindusarealet er lik 20 % av netto golvareal.

712 *Kontorbygning etter kravene i TEK:*

- varmegjenvinner (50 %)
- relativt stort trykktap i ventilasjonsanlegget (SFP 3)
- tilluftsmengde 12 m<sup>3</sup>/h pr. m<sup>2</sup>
- ingen nattsenking av temperaturen

713 *Energieffektiv kontorbygning:*

- bedre varmegjenvinner (70 %)
- lavere trykktap i ventilasjonsanlegg (SFP 2)
- tilluftsmengde 10 m<sup>3</sup>/h pr. m<sup>2</sup>
- bedre regulering av tilluftstemperatur
- temperatursenking om natten

714 *Energioptimal kontorbygning:*

- lavt trykktap i ventilasjonsanlegg (SFP 1)
- ingen oppvarming av tilluft (kun varmegjenvinning)
- tilluftsmengde 7 m<sup>3</sup>/h pr. m<sup>2</sup> (lavemitterende materialer)
- behovsstyrt ventilasjon
- behovsstyrt lavenergi belysning (5 W/m<sup>2</sup>)
- lavenergi utstyr med hvilemodus (4 W/m<sup>2</sup>)
- ingen lokal kjøling
- tung bygning (redusere kjølebehovet)
- varmepumpe til oppvarming

715 *Energiforbruket for det tre løsningene* er vist i fig. 715. Eksemplet viser at det er et stort energisparepotensial i å bedre utformingen av bygningen og de tekniske installasjonene inkludert oppvarmingssystemet. For nærmere informasjon om eksemplene, se [827].

### 72 Senter for marint miljø og sikkerhet – eksempel

Eksempel på et energieffektivt kontorbygg er Senter for miljø og sikkerhet i Horten, som har et prosjektert energiforbruk lik 123 kWh/m<sup>2</sup> per år, se fig. 72. Dette forholdsvis lave forbruket skyldes blant annet bruk av varmepumpe for oppvarming av rom og ventilasjonsluft, kjøling av tilluft med sjøvann, godt isolerte konstruksjoner samt avansert styring av de fleste tekniske installasjonene (bl.a. oppvarming, ventilasjon, belysning, varmepumpe, energioppfølging). I tillegg har bedriften forsøkt å redusere arealbruken per ansatt til et minimum uten at det skal gå ut over trivsel og effektivitet. For nærmere beskrivelse, se [828].



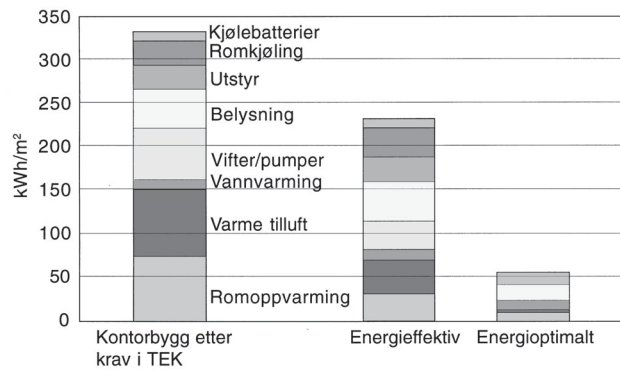


Fig. 715  
Total energibruk i kWh/m² per år for tre energitekniske løsninger.  
Oslo-klima



Fig. 72  
Senter for marint miljø og sikkerhet. Foto: Jiri Havran

## 8 Litteratur

### 81 Forfatter og redaksjon

Bladet er skrevet av Trine Dyrstad Pettersen. Saksbehandler har vært Ingrid Aske. Redaksjonen ble avsluttet i februar 2000.

### 82 Referanser

- 821 Lyskultur. Lys og energibruk. 1993
- 822 Blom, Peter m.fl. Energieffektivitet i bygninger. Norges byggforskningsinstitutt, Prosjektrapport 247. Oslo, 1997
- 823 Brekke, Bjørn og Hansen, Eilif H. Energy saving in

lighting installations by utilising daylight. Caddet Newsletter No. 1, 1997

- 824 Polak, Kristoffer. Ventøk blad nr. 7.3. Energieffektiv luft-distribusjon. Skarland Press. 1997
- 825 Polak, Kristoffer. Ventøk blad nr. 7.4. Praktisk anvendelse av SFP. Skarland Press. 1998
- 826 Natvent: Overcoming barriers to natural ventilation. CD-rom. Norges byggforskningsinstitutt. Oslo, 1999
- 827 Dokka, Tor Helge. Nye byggeforskrifter med feil fokus. Norsk VVS Teknisk Magasin 11/97. 1997
- 828 Fossdal, Sverre m.fl. Green Building Challenge '98. National Team Report. Centre for marine environment and safety. 1998