

## 0 Generelt

### 01 Innhold

Dette bladet omhandler valg av vinduer i yrkesbygg. Det redegjør for forhold som har betydning for energibehov og inneklima, bl.a. solinnstråling (solfaktor), dagslysforhold, varmetap og ventilasjon.

### 02 Henvisninger

Plan- og bygningsloven (pbl)

Teknisk forskrift til pbl (TEK) med veiledning

Standarder:

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

prEN ISO 10077-1 Windows, doors and shutters – Thermal transmittance – calculation method – Part 1: Windows and doors

Byggdetaljer:

421.501 Temperaturforhold og lufthastighet. Betingelser for termisk komfort

421.602 Dagslys. Egenskaper og utnyttelse

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

471.111 Beregningsmetode for å unngå kondens eller muggvekst på innvendige overflater

472.308 Beregning av årlig energibehov i småhus etter NS 3031

472.411 Solstrålingsdata for energi- og effektberegninger

472.421 Valg av vinduer til boliger. Energibehov og inneklima

472.423 Valg av vinduer til yrkesbygg. Energibehov og inneklima. Eksempel

533.102 Vinduer. Typer og funksjoner

533.109 Lydisolasjonsegenskaper til vinduer

533.163 Solskjerming

571.953 Forseglede ruter

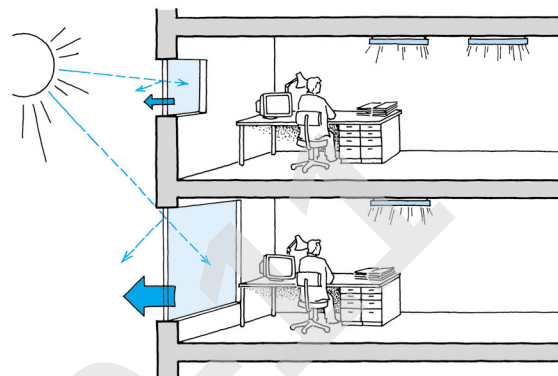
571.954 Forseglede ruter med spesielt god varmeisolasjon

## 1 Krav til vinduer

### 11 Funksjon

Et vindu skal:

- slippe inn mest mulig dagslys samt gi god lyskomfort
- gi mulighet for godt utsyn
- slippe ut minst mulig varme
- slippe inn solstråling som kan redusere oppvarmingsbehovet
- reflektere solstråling som forårsaker overoppvarming



– ikke forårsake trekkproblemer eller gi dårlig varme-komfort

– ikke forårsake uakseptabel kondens

Andre viktige egenskaper til vinduer er omtalt i Byggdetaljer 533.102.

Ovenstående forhold må tilpasses funksjonen til bygget; undervisningsbygg, kontorbygg, sykehus osv. har ulike forutsetninger og behov.

Energitilskuddet fra solstrålingen inn gjennom vinduene kan redusere energibehovet for romoppvarming. Bidraget er størst i bygg med stort varmetap. I bygninger med kjøleanlegg vil også ukontrollert solinnslipp påvirke energi til kjøling. På den andre siden gir dagslys mer belysning pr. tilført energienhet enn alle typer kunstig belysning. Valg av vindus- og rutetype har derfor stor betydning for bygningens energibehov.

### 12 Krav i TEK

121 **Energi.** TEK § 8-21 stiller alternative krav til effekt- og energibehov i bygninger. Utgangspunktet er krav til gjennomsnittlige U-verdier for hver bygningskomponent. For vinduer gjelder U-verdien rute og karm til sammen, se pkt. 2. U-verdien for en eller flere av bygningskomponentene kan overstige den gitte verdien dersom man gjør andre tiltak som sikrer at det totale varmetapet eller energitapet likevel ikke øker. U-verdiene for vinduer er gitt i tabell 121. Metoder for å dokumentere forventet varmetap er beskrevet i Byggdetaljer 471.018.

Tabell 121

Største gjennomsnittlige U-verdier, W/(m<sup>2</sup>K), for vinduer og glasspartier (inklusive kuldebroer, karm og ramme) i ytre bygningsdeler. Utdrag fra TEK § 8-21

| Bygningsdel             | Innetemperatur T, °C |             |             |            |
|-------------------------|----------------------|-------------|-------------|------------|
|                         | T ≥ 20               | 15 ≤ T < 20 | 10 ≤ T < 15 | 0 ≤ T < 10 |
| Vinduer                 | 1,6                  | 2,0         | 2,5         | 3,0        |
| Vinduer i yrkesbygg     | 2,0                  | 2,0         | 2,5         | 3,0        |
| Glassvegger og glasstak | 2,0                  | 2,0         | 3,0         | 3,0        |

- 122 *Kjølebehov.* TEK § 8-2 krever at byggverk med installasjoner skal utføres slik at kjølebehovet blir minst mulig og slik at et forsvarlig innemiljø sikres. Dette er spesielt viktig å vurdere i bygg som har relativt store interne varmelaster i kombinasjon med soloppvarming, se pkt. 3.
- 123 *Dagslys.* I TEK § 8-35 står det at rom for varig opphold, f.eks. kontorer, skal ha tilfredsstillende tilgang på dagslys. Se Byggdetaljer 421.602 og pkt. 4.
- 124 *Varmekomfort.* Ifølge TEK § 8-21 skal det termiske innemiljøet i rom beregnet for varig opphold gi tilfredsstillende helseforhold og komfortopplevelse ved forutsatt bruk, se pkt. 5.

## 2 U-verdi

### 21 Generelt

Varmegjennomgangskoeffisienten, U-verdien ( $W/(m^2K)$ ), til en konstruksjon angir hvor stort varmetapet ( $W$ ) er pr.  $m^2$  av konstruksjonen pr. grad temperaturforskjell. For vindusruter oppgis det vanligvis en U-verdi som bare gjelder for midtfeltet av ruta, dvs. senter U-verdi, som ofte er lavere enn U-verdien for hele vinduet. Ved beregning av varmetap og sammenlikning med forskriftskrav må U-verdien for hele vinduet benyttes. TEK tillater en U-verdi på  $2,0 W/(m^2K)$  for vinduer i yrkesbygg. Denne verdien ligger godt over det som er teknisk mulig i dag. Det er sannsynlig at det i de fleste tilfeller er økonomisk lønnsomt å velge vinduer med U-verdi ned mot  $1,5 W/(m^2K)$ .

### 22 Faktorer som påvirker U-verdien

Rutas U-verdi er i høy grad bestemmende for vinduets U-verdi. Varmetransporten gjennom en rute skjer dels ved stråling og dels ved ledning eller konveksjon i hulrommet mellom rutene. Varmeoverføringen ved ledning kan reduseres ved å øke glassavstanden eller ved å fylle hulrommet med en gass som har lavere varmeledningstall enn luft. Varmestrålingen kan reduseres ved å bruke glass med såkalt lavemisjonsbelegg, som reduserer strålingsoverføringen. Varmetekniske egenskaper for ruter er beskrevet nærmere i Byggdetaljer 571.954.

Andre faktorer som påvirker U-verdien til et vindu, er vinduets størrelse, U-verdien og arealet til karm, ramme og eventuelle poster eller gjennomgående spors, varmetapet gjennom kantforseglingen og randsonen til ruta. Dette er behandlet i Byggdetaljer 472.421.

### 23 Eksempel – effekt av lavere U-verdi

I forbindelse med rehabilitering av et 25 år gammelt bygg har man vurdert å skifte til nye ruter. Bygget har kontorer med  $5,5 m^2$  vindu med U-verdi på  $2,8 W/(m^2K)$ . Ved å skifte ut ruta med isolerrute med senter U-verdi på  $1,4 W/(m^2K)$ , som gir U-verdi på  $1,9 W/(m^2K)$  for vindu med aluminiumskarm, får man en betydelig forbedring av komfort og reduksjon av varmetap. Om beregning av U-verdi for hele vinduet, se Byggdetaljer 472.421. Energibesparelsen på  $56 kWh$  pr.  $m^2$  golv-

flate viser en positiv nåverdi på  $300 kr/m^2$  med en betraktning over 20 år og 7 % rente.

### 24 Solskjerming som varmeisolering

Solskjerming kan redusere varmetapet gjennom vinduene i en bygning. Spesielt i eksisterende bygning der varmetapet er høyt, kan solskjermingen bidra til en merkbar reduksjon av varmetapet.

## 3 Solfaktor

### 31 Solfaktor

Solfaktoren angir hvor stor del av energien i sollyset som går gjennom en rutekonstruksjon. Solfaktoren kalles også total solenergitransmisjon og omfatter både den energien som stråler direkte gjennom ruta og den som kommer gjennom fordi rutene blir oppvarmet av sola.

### 32 Innfallsvinkelen til solstrålingen

Innfallsvinkelen til solstrålingen har betydning for solfaktoren til ruta. I datagrunnlaget fra leverandørene oppgis vanligvis solfaktor for stråling som treffer vinkelrett på ruta. Solfaktoren minker med økende innfallsvinkel. Endringen er større for ruter med absorberende glass enn for reflekterende.

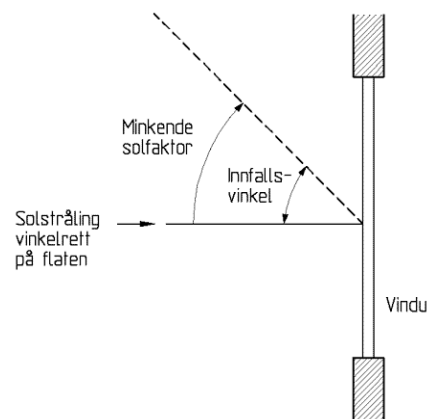


Fig. 32  
Solfaktoren varierer med solstrålingens innfallsvinkel

### 33 Sammenheng mellom U-verdi og solfaktor

Forbedret U-verdi ved hjelp av flere lag glass eller bedre lavemisjonsbelegg i rutene gir lavere solfaktor og dermed mindre solenergi inn gjennom vinduene. Forbedret U-verdi ved hjelp av gass i rutes hulrom i stedet for luft påvirker ikke solfaktoren.

### 34 Solinnstrålingens betydning for energibehovet

341 *Energibehov avhengig av solfaktor.* Som et eksempel ser vi på en bygning med cellekontor mot sør med 15 % vindusareal i forhold til netto golvareal, vindu med U-verdi  $1,6 W/(m^2K)$  og rute med solfaktor på 0,56. Byg-

ningen ligger i Oslo. Vi ser i fig. 341 at energibehovet for bygningen blir høyere med rute med lav solfaktor enn med høy solfaktor fordi økningen i oppvarmingsbehov blir større enn redusert kjøling. I et kaldere klima (f.eks. innland) ville gevinsten av høy solfaktor være enda større. Bygningsforvaltere velger likevel ofte løsninger med lav solfaktor. Begrunnelsen er gjerne at en da kan eliminere behov for lokal kjøling eller at en mener å kunne utelate solskjerming, som gir god totaløkonomi. Dette bør imidlertid beregnes i hvert enkelt tilfelle. Man kan f.eks. velge mellom flere typer oppvarmingskilder dersom det er lagt til rette for det (gass, elektrisitet, olje, solvarme, varmepumpe osv.). Til kjølemaskiner trenger en derimot alltid strøm for å drive kompressorer. Å redusere kjølebehovet kan derfor være viktigere enn å redusere oppvarmingsbehovet.

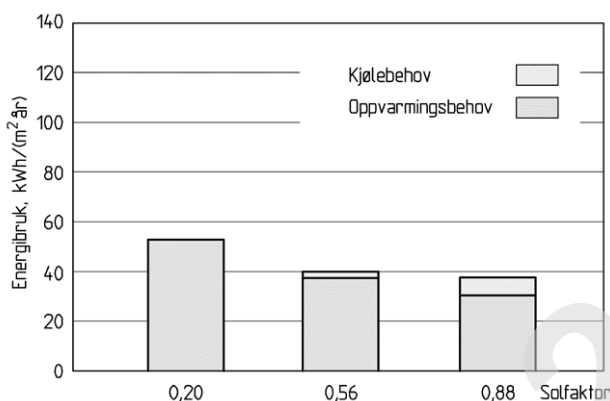


Fig. 341  
Energibruk til oppvarming og kjøling for et sørvendt kontor som funksjon av solfaktor for ruta  
Det er 15 % vindusareal i forhold til netto golvareal. Kontoret har lokal kjøling, men ingen solskjerming.

342 *Energibehov avhengig av type solskjerming.* Figur 342 viser hvordan en kan utnytte solenergien passivt ved å benytte innvendig solskjerming om vinteren og utvendig om sommeren. Kontoret er det samme som i pkt. 341.

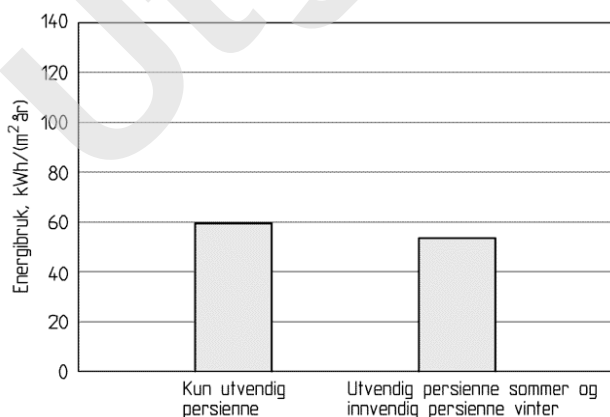


Fig. 342  
Energibruk i et sørvendt kontor ved ulike solskjermingsalternativer  
Vinduet har U-verdi 1,6 W/(m²K) og ruta en solfaktor på 0,56.

Som fig. 341 og 342 viser er vinduenes varmebalanse av stor betydning. Vinduene utgjør et betydelig varmetap, men kan også gi varmetilskudd. En skal imidlertid

være klar over at kun små arealer skal til for å gi netto nyttig varmetilskudd. Velger en vinduer med lav U-verdi, kan en øke arealet og fortsatt ha et netto tilskudd av energi. Sørvendte vinduer gir størst mulighet for passiv solenergiutnyttelse. Rommets samlede tap og tilskudd er avgjørende for energibruken. En må derfor foreta en beregning for å vurdere vindusareal og solfaktor for hvert enkelt tilfelle.

## 4 Dagslys og vindusstørrelse

### 41 Generelt

Vinduene påvirker energibehov til belysning, oppvarming og kjøling. Tradisjonelt har vi hatt liten praksis for å bevisst utnytte dagslyset i Norge. Imidlertid fører god dagslysutnyttelse til redusert elektrisitetsbruk til belysning. Ved å kontrollere innslipp av dagslys og solinnstråling med solskjerming oppnår man dagslys uten unødig kjølebehov. Redusert elektrisitetsbruk til belysning gir samtidig noe økning i oppvarmingsbehovet. Ved å flytte energibehovet fra elektrisk belysning til oppvarming står man friere i valg av energikilde.

### 42 Lystransmisjon

Lystransmisjonen (lysgjennomgangen) viser hvor stor del av solstrålingen i den synlige delen av spekret som slipper gjennom ruta. Er lystransmisjonen lav, må man kompensere med kunstig lys. Det fins i dag flere typer belegg som er forholdsvis fargenøytrale og som slipper inn nesten like mye dagslys som ruter uten belagte glass. Slike ruter gir samtidig lav U-verdi.

### 43 Dagslysfaktor

En av vinduenes hovedfunksjoner i tillegg til utsyn er å skaffe dagslys til rommene. Ifølge veiledningen til TEK § 8-35 er kravet til dagslys oppfylt hvis dagslysfaktoren er minst 1 % i et punkt halvveis inn i rommet og 1,0 m fra sidevegg i en høyde 0,8 m over golvet. Forenklet regner man at kravet er oppfylt når dagslysflaten til rommet utgjør minst 10 % av golvflaten, men det må da i tillegg tas hensyn til ev. ovenforliggende balkonger eller nære bygninger. Dagslysflaten er iht. veiledningen til TEK det samlede, uskjermede glassarealet som formidler dagslys til rommet. Skal rommene benytte dagslys som hovedlyskilde, bør dagslysfaktoren være 5 %.

Fordi vårt klima domineres av overskyet vær, dimensjoneres dagslyset også for overskyet vær. Høy lystransmisjon og ingen faste skjermer som hindrer himmellyset er dermed avgjørende for å oppnå høy dagslysfaktor.

Figur 43 a viser eksempel på varianter av vindu som gir samme dagslysfaktor i et rom. Figur 43 b viser hvordan et utspring over et vindu reduserer dagslysforholdene.

Beregning av dagslysfaktor er forklart i Byggedetaljer 421.602.

For å sikre at lyset bringes dypt inn i rommet bør dagslysflaten (vinduet) være plassert så høyt som mulig.

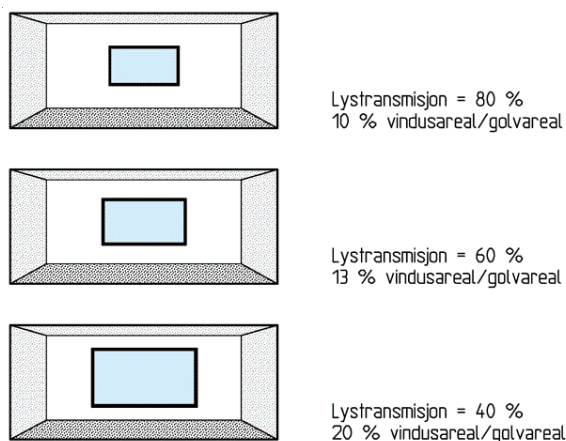


Fig. 43 a  
Eksempel på ulike vinduer som gir samme dagslysfaktor i et rom

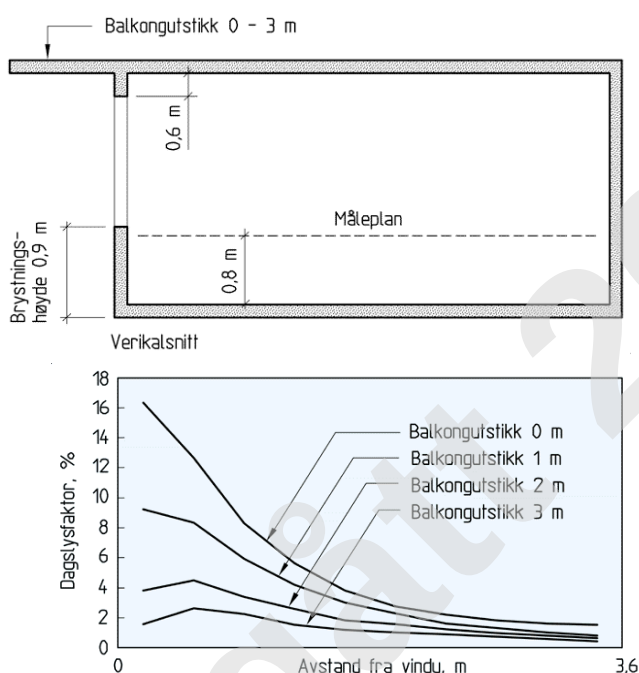


Fig. 43 b  
Dagslysfaktor avhengig av utspring over vindu. Dagslysfaktoren er middelverdier over rommets bredde for et måleplan 0,8 m over golv. Rommets bredde er 2,4 m, og vinduets bredde er 2,0 m. Vinduet har lystransmisjon på 80 %.

#### 44 Solskjerming

Bevegelig solskjerming er avgjørende for å oppnå god dagslysutnyttelse i vårt klima. Det er imidlertid viktig å velge en type solskjerming som slipper inn tilstrekkelig mye lys til å kunne utnytte dagslyset når solskjermingen er nede. Det fins i dag solskjerming med ulike vinkel oppe og nede slik at lys kan slippe inn i øvre del mens nedre del skjærer helt. Solskjerming er nærmere behandlet i Byggdetaljer 533.163.

#### 45 Blending

Det er viktig å unngå blending i forbindelse med planlegging av vinduer. Blending oppstår ved ekstreme kontraster i luminans. Solskjerming i feil vinkel eller vindu i enden på en mørk korridor er eksempler på situasjoner som gir store kontraster. Blending kan reduseres ved å benytte lyse farger rundt vinduet. Avrundede

sprosser i vinduene kan også redusere blending. Solskjerming og gardiner er viktige hjelpemidler for å redusere blendingsproblemer.

#### 46 Vindusarealets betydning for energibehovet

Som en referanse ser vi på samme cellekontoret som i pkt. 34, dvs. et kontor mot sør i kontorbygning i Oslo, med 15 % vindusareal i forhold til netto golvareal, vindu med U-verdi 1,6 W/(m<sup>2</sup>K) og rute med solfaktor på 0,56. Kontoret har et ytterveggsareal på 7,5 m<sup>2</sup> og et netto golvareal på 10 m<sup>2</sup>. Vinduet har utvendig solskjerming, og det er ikke lokal kjøling i bygningen. Vi har deretter økt vindusandelen i fasaden i forhold til netto golvareal til hhv. 30 % og 75 % (hele ytterveggen). Resultatet er vist i fig. 46 a.

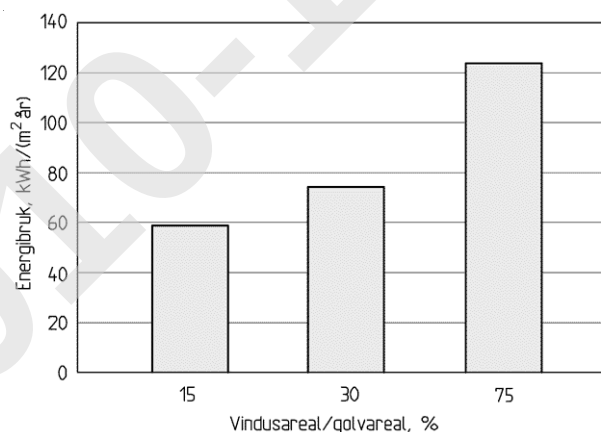


Fig. 46 a  
Energibruk til oppvarming som funksjon av vindusareal for et typisk kontor. Kontoret har utvendig solskjerming.

Som en ser er energibruken til bygningen svært avhengig av vindusarealet. Oppvarmingsbehovet for referansetilfellet er på 58 kWh/m<sup>2</sup>. Når vinduet dekker hele ytterveggen (75 % av netto golvareal), kommer vi opp i en energibruk til oppvarming alene på 120 kWh/m<sup>2</sup>. Dette er høye verdier, og vi får i slike tilfeller ofte et totalt energiforbruk, inkludert kjøling, på over 300 kWh/m<sup>2</sup>. Figur 46 b viser samme cellekontoret, men uten solskjerming og med lokal kjøling.

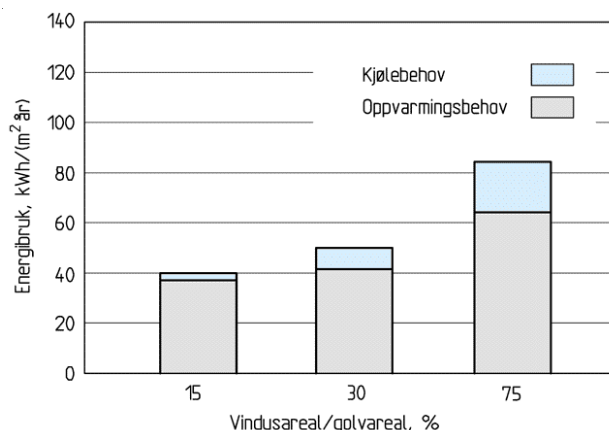


Fig. 46 b  
Energibruk til oppvarming og kjøling som funksjon av vindusareal for et typisk kontor. Kontoret har kjøling, men ingen solskjerming.

Den teoretiske energibruken blir her lavere. Forklaringen er at man slipper inn mer av solvarmen og utnytter denne passivt. I praksis viser det seg at energibruken blir vesentlig høyere. Løsningen gir også direkte stråling på arbeidsplassen, noe som skaper ubehag. Elektrisitetsavhengigheten øker ved at energi til kjøling må være basert på strøm. Ved økte strømpriser kommer denne løsningen svært dårlig ut økonomisk sett.

## 5 Termisk komfort

### 51 Strålingsutveksling

På kalde vinterdager kan det være stor forskjell mellom vindusrutas innvendige overflatetemperatur og øvrig overflatetemperatur i rommet. Sitter man nær vinduet, opplever man en forskjell i strålingstemperatur (strålingstemperatursymmetri) som kan være ubehagelig. Ifølge Byggdetaljer 421.501 bør strålingstemperatursymmetrien være mindre enn 10 °C. For vinduer som tilfredsstiller TEK (se tabell 121), er manglende komfort pga. strålingstemperatursymmetri et ubetydelig problem. En vindusrute med to lag klart glass uten lavemisjonsbelegg kan gi for dårlig varme-komfort på kalde vinterdager. Men uansett vil en kjøligere flate senke den operative temperaturen (se pkt. 52), slik at romlufttemperaturen må heves noe vinterstid. Temperaturen må økes jo større den kalde flaten er.

### 52 Operativ temperatur og solinnstråling

Den operative (opplevde) temperaturen i et rom avhenger av lufttemperaturen og strålingstemperaturen fra overflatene i rommet. Hvis den ene faktoren øker, må den andre minskes for å opprettholde den samme operative temperaturen. Se også Byggdetaljer 421.501. Direkte solstråling, også inne, gir en sterk effekt på operativ temperatur. Dette fenomenet kjenner vi godt fra påskefjellet. Personer som sitter innenfor et vindu uten annen solskjerming enn solskjermende belegg (lav solfaktor), vil også oppleve at operativ temperatur er høyere enn lufttemperaturen. Figur 52 a og b viser midlere strålingstemperatur og operativ temperatur ved ulike lufttemperaturer med to ulike rutealternativer. En solbestrålt arbeidsplass er ikke nødvendigvis en god løsning. På samme måte som en relativt stor og kald flate i et rom vil medføre behov for økt lufttemperatur, vil høyere strålingstemperatur medføre behov for lavere lufttemperatur. Dette betyr gjerne at det er nødvendig med et kjølesystem.

### 53 Kaldras

**531 Generelt.** Når luft avkjøles mot kalde flater, skapes en nedadrettet konveksjonsstrøm langs flaten (kaldras). Kaldraset kan forårsake trekkproblemer i oppholdssonen nær vinduet. Kaldraset er avhengig av høyden på ruta og U-verdien for ruta. Trekkproblemene som kaldraset forårsaker, avhenger av kaldrassikring og til en viss grad utformingen av sprusser og vindusbrett.

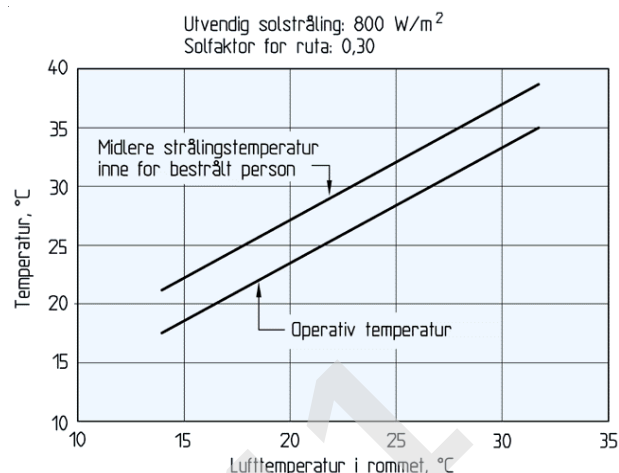


Fig. 52 a  
Midlere strålingstemperatur og operativ temperatur ved ulike lufttemperaturer for rute med solfaktor 0,30

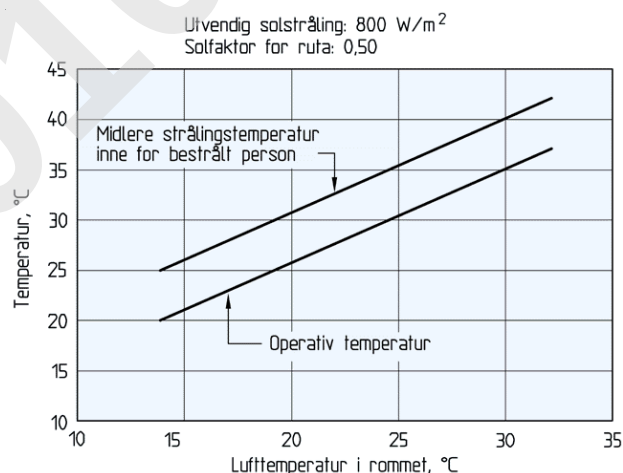


Fig. 52 b  
Midlere strålingstemperatur og operativ temperatur ved ulike lufttemperaturer for rute med solfaktor 0,50

Kaldras kan kompenseres ved hjelp av ventilasjonsstråler som stopper luftstrømmen. Skjermer som bryter kaldraset, kan også være effektivt.

**532 Kaldrassikring som enøktiltak.** I et kontor med dårlige vinduer kan det være behov for kaldrassikring fra 0 °C utetemperatur, mens det reelt er et varmeoverskudd i rommet. Termostaten kobler da inn, og det brukes energi til oppvarming samtidig med at kjøleanlegget går. Dette fenomenet er undervurdert og blir gjerne ikke dokumentert ved beregninger. Passive løsninger som kaldrassikring kan være et viktig enøktiltak.

**533 Mål på kaldras.** Lufthastigheten i bunnen av vinduet er et mål for kaldraset. Figur 533 viser lufthastigheten som funksjon av vinduets høyde nederst ved et vindu uten kaldrassikring for tre ulike utetemperaturer og fire representative U-verdier. Generelt kan man regne med at lufthastigheten i bunnen av vinduet bør være under 0,2 m/s hvis lufthastigheten i oppholdssonen (0,6 m fra vinduet) skal være under 0,15 m/s (jf. Byggdetaljer 421.501), som er et vanlig krav til termisk komfort.

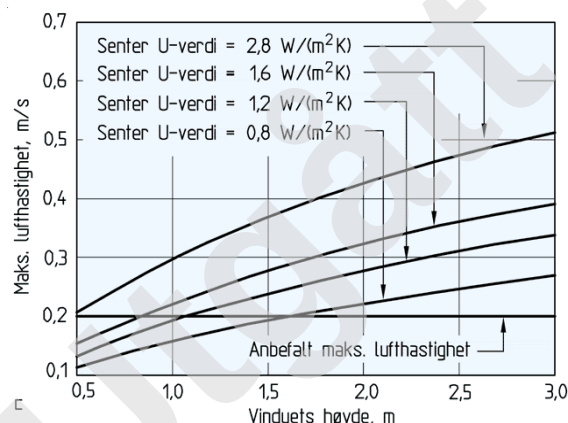
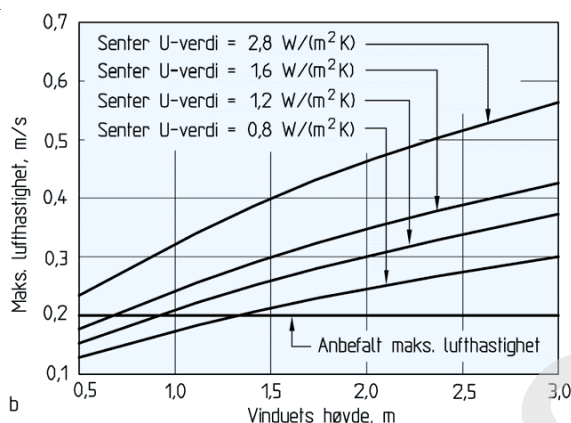
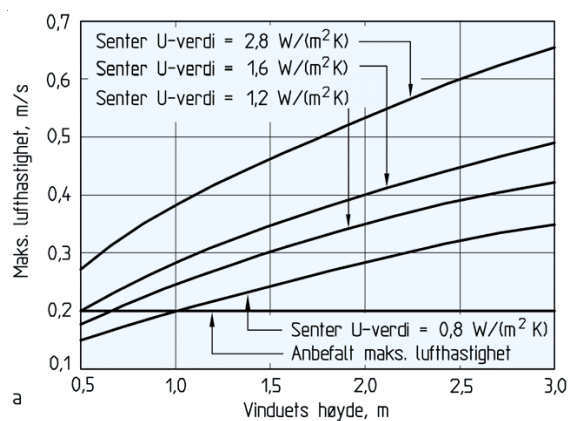


Fig. 533

Maksimal lufthastighet i underkant av vinduet ved:  
 a. Utetemperatur - 20 °C og innetemperatur 20 °C  
 b. Utetemperatur -10 °C og innetemperatur 20 °C  
 c. Utetemperatur - 5 °C og innetemperatur 20 °C  
 U-verdiene er senterverdi for ruta.

lig energiøkonomi. Lufting med vinduer bør derfor kun planlegges som et supplement ved spesielle behov (forsert ventilasjon). Selv om en ikke planlegger at vinduene skal være en del av basisventilasjonen, er det viktig for brukerne av en bygning å kunne åpne deler av vinduet.

I bygninger med balansert ventilasjon ønsker en gjerne et lite undertrykk i hele bygningen for å unngå luftlekkasjer, som igjen gir kondens i konstruksjonen. Dette kan føre til store lufthastigheter ved vinduslufting.

622 *Plassering og form.* Når en planlegger for vinduslufting, er det gjerne termisk oppdrift en søker å utnytte. Luftvekslingen i åpningen er en funksjon av vindusareal, høyde og temperaturforskjell mellom inne og ute. Når det er like varmt ute som inne, blir det ingen luftutveksling. Dersom det kun er ett vindu for ventilasjon i et rom, er det viktig at vinduet er høyt. Man må være oppmerksom på at vinduslufting ofte medfører trekk.

623 *I høye rom* planlegger en ofte vinduslufting med vinduene plassert med stor høydeforskjell. I glassgårder er prinsippet mye benyttet for å redusere temperaturen på solbelastede dager. Det er imidlertid viktig å være klar over at løsningen fører til betydelig nedsmussing av glassgårder i byer.

### 63 Kondens

631 *Innvendig kondens* (dugg) på innsiden av nye vinduer er oftest et tegn på høy innvendig luftfuktighet som følge av for dårlig ventilasjon og/eller stor fukttilførsel i lokalet. I yrkesbygninger av typen skoler, service- og kontorbygninger er kondens på vinduer med U-verdi i henhold til TEK sjelden noe problem. I rom med fuktproduksjon utover det normale bør man velge vinduer med høy temperaturfaktor i randsonen (og derfor med høyere overflatetemperatur) i kombinasjon med riktige varme- og ventilasjonsløsninger i lokalet. Beregning av kondens er beskrevet nærmere i Byggdetaljer 471.111.

632 *Utvendig kondens.* På samme måte som det kondenserer utvendig på vegger og tak, vil det også kondensere utvendig på vindusruter når utvendig overflatetemperatur er lavere enn luftas duggpunktstemperatur. Risikoen for utvendig kondens er størst for ruter som isolerer godt fordi utvendig overflatetemperatur avtar med avtakende U-verdi. Utvendig kondens er derfor et tegn på at ruta isolerer godt, men kan likevel være skjenkende. Forekomsten er størst om morgenen i stille vær med klar himmel. Kondens dannes helst på ruter med senter U-verdi på 1,4 W/(m²K) og lavere. Et effektivt tiltak er å benytte ruter med et lavemisjonsbelegg på ytterste glassflate. Det må i så fall være et såkalt hard-belegg som tåler eksponering og vask.

### 64 Varmelagring

Ved å lagre varme midlertidig i konstruksjonene kan noe av overskuddsvarmen utnyttes til oppvarming. Mengden som kan utnyttes, er i høy grad bestemt av:

- bygningsdelenes varmekapasitet
- hvor lett solvarmen kan ledes til og fra bygningsdelene
- hvor mye man tillater innetemperaturen å svinge i løpet av et døgn

Bygninger med utildekkede flater av betong, stein eller

## 6 Andre hensyn

### 62 Ventilasjon og lufting

621 *Generelt.* Vinduene har tradisjonelt hatt en viktig funksjon som ventilasjonsåpning. Riktig utformet kan de på en effektiv måte gi stort luftskifte i rommet. Problemet med vinduslufting er trekk, støy, nedsmussing og dår-

tegl som er i direkte kontakt med romluften og helst blir utsatt for direkte solstråling, kan ta opp og lagre mest solvarme. Det er imidlertid en klar betingelse at man tillater at innetemperaturen stiger når sola varmer, og at temperaturen faller når sola er borte slik at varmen gis tilbake til rommet. Store temperatursvingninger betyr at mer solvarme kan utnyttes, men kommer ofte i strid med ønske om termisk komfort på arbeidsplassen. Vi aksepterer sjelden mer enn 4 – 6 °C temperaturforskjell mellom minimums- og maksimumstemperatur i luften over et døgn. Temperaturen i bygningskonstruksjonen kan dermed maksimalt svinge 2 – 3 °C. For et cellekontor på 10 m<sup>2</sup> betyr det at maksimal lagring kan være tilsvarende en effekt på rundt 100 W, dvs. en svært beskjeden solbelastning.

## 7 Beregningsprogram

Energibehov og temperaturforhold kan beregnes med simuleringsprogrammer. Virkning av ulike vindusløsninger med hensyn til U-verdi og solavskjerming, lufting gjennom luker, ventilasjonsløsninger, installert varmekapasitet, valgt minimumstemperatur for start av oppvarming osv. kan beregnes relativt nøyaktig med egnet simuleringsmodell og verktøy. For å velge riktige løsninger er det viktig å foreta slike beregninger og vurderinger tidlig i prosjekteringsfasen.

Det fins flere aktuelle beregningsverktøy. Relativt enkle verktøy kan benyttes til å vurdere månedlig eller årlig oppvarmingsbehov og termisk innklima, eksempelvis [822] og [823], mens mer avanserte verktøy kreves for å beregne temperaturforhold i ulike nivåer i et rom, kaldraskompensering, innflytelse av luftings-/ventilasjonsstrategier osv. Simuleringsprogrammet FRES (Fleksibel Romklima- og EnergiSimulator) beskrevet i [824] dekker de fleste behovene i så måte. Ulike ruteprodusenter har også utarbeidet egne program som er til hjelp ved valg vindusløsninger.

Det fins også dataprogram for å beregne belysningsnivåer og dagslysfaktor.

## 8 Referanser

### 81 Utarbeidelse

Dette bladet er utarbeidet av Ida Bryn, Ericson & Horgen AS, og Terje Jacobsen. Saksbehandler har vært Ingrid Hole. Redaksjonen ble avsluttet i november 2000.

### 82 Litteratur

- 821 Fanger, P. O. Thermal comfort – Analyses and applications in environmental engineering. New York, 1972
- 822 ProgramByggerne ANS, SCIAQ (Simulation of Climate and Indoor Air Quality). Skarland Press AS. Oslo, 1999
- 823 Varmetap og energibehov i småhus. Norges byggforskningsinstitutt. Regnearkprogram for PC. Oslo, 1999
- 824 Rømen, B. H. m.fl. FRES, versjon 2.0, Fleksibel romklima- og energisimulator, Brukerveiledning. SINTEF-rapport STF15 A93032. Trondheim, 1993
- 825 Lyskultur. Dagslys i bygninger. Prosjekteringsveiledning. Publikasjon 21. Oslo, 1998
- 826 Norges Vassdrags- og energidirektorat (NVE), Forum for regionale enøk-sentre (FRES) og ENSI AS: Enøk Normtall