Dagslys i moderne bygg

I byggebransjen er det i dag et stort fokus på fremtidens energieffektive bygg, spesielt siden myndighetene har lagt opp løpet mot nesten-nullenergibygg i 2020 med passivhusstandard som forskriftskrav i 2015. Myndighetene legger imidlertid vekt på at energieffektiviseringen ikke skal gå på bekostning av et godt inneklima.

KRONIKK

Forfattere: Line R. Karlsen, Høgskolen i Oslo og Akershus. Søren Gedsø, Erichsen & Horgen A/S
Arnkell J. Petersen, Erichsen & Horgen A/S

Med tanke på et sunt og godt inneklima er det ofte termisk komfort og luftkvalitet som kommer i fokus. Flere studier har imidlertid vist viktigheten av gode dagslysforhold i forhold til brukerkomfort og helse [1–3], likevel kan det til tider virke som om gode dagslysforhold blir tilsidesatt i moderne bygningsdesign. Dagens nybygg har som regel tykke vegger på grunn av høy isoleringsgrad for å redusere oppvarmingsbehovet. I tillegg benyttes det gjerne vinduer med lav g–verdi og dermed lav lystransmisjon for å redusere kjølebehovet. Disse bygningsfysiske grepene som spesielt er gjeldende for passivhus og lavenergibygg fører til betraktelig reduksjon for dagslysutbyttet til rommet dersom man ikke kompenserer med større glassarealer.

Flere av metodene som per dags dato benyttes for å dokumentere tilfredsstillende dagslysforhold tar ikke hensyn til dagens bygningstrender med tykke vegger og vinduer med lav lystransmisjon. Bruk av disse metodene kan derfor føre til urealistiske resultater. Denne artikkelen har som formål å illustrere at man kan ende opp med svært utilfredsstillende dagslysforhold dersom en benytter disse metodene ukritisk.

I det følgende gis det en kort presentasjon av forskriftskravene til lys og preaksepterte ytelser gitt i veiledning til teknisk forskrift. Deretter gjennomgås et case–studie hvor ulike anerkjente metoder benyttes for å beregne dagslysforholdene for et cellekontor. Artikkelen avsluttes med anbefalinger til endring/ utdyping i veiledning til teknisk forskrift.

Forskriftskrav

Kravene til lys er i teknisk forskrift gitt i paragraf 13.12, hvor det er beskrevet følgende:

1 Byggverk skal ha tilfredsstillende tilgang på lys uten sjenerende varmebelastning
2 Rom for varig opphold skal ha vindu som gir tilfredsstillende tilgang på dagslys, med mindre virksomheten tilsier noe annet

Preaksepterte ytelser

For å tilfredsstille forskriftskravet er det i veiledning til TEK10 gitt to preaksepterte ytelser;

1. Bekrefte ved hjelp av beregninger at gjennomsnittlig dagslysfaktor i rommet er minimum 2 prosent.
2. Dokumentere at rommets dagslysflate utgjør minimum 10 prosent av bruksarealet, hvor dagslysflaten er det samlede uskjermede glassarealet som formidler dagslys til rommet.

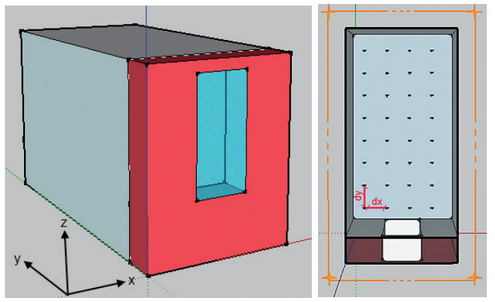
I tillegg henviser veiledningen til at en enkel kontroll av dagslysarealet kan gjennomføres i henhold til svensk standard SS 91 42 01. Denne metoden krever at forholdet mellom glassareal og gulvareal er kun 0,8 for fri horisont med et økt forholdstall med avskjerming opp til 30° fra horisontalen. Metoden har imidlertid mange begrensninger både i forhold til avskjerming, romgeometri, vindusstørrelse, vindustype og vindusplassering.

Preaksepterte ytelser (1)

Dagslysfaktoren defineres som forholdet mellom belysningsstyrken i et punkt innendørs og horisontal utendørs belysningsstyrke ved bruk av et teoretisk overskyet himmel. Denne overskyede himmelen benevnes i CIE overskyet himmel og benyttes i alle beregninger av dagslysfaktorfordelingen i bygninger. Når det gjelder å dokumentere at rommet har en gjennomsnittlig dagslysfaktor på 2 prosent er det flere måter å gjøre dette på, for eksempel ved hjelp av kurver utviklet av Byggforsk gitt i Byggdetaljer 421.626 [4] som viser sammenheng mellom forholdet glassareal/gulvareal og den gjennomsnittlige dagslysfaktoren eller bruke dataprogrammer.

Ved hjelp av kurveavlesningsmetoden fra Byggforsk må man korrigere for skygge fra avskjermet horisont, støttemur, balkonger og lysgraver. Metoden tar kun hensyn til glassareal som befinner seg høyere enn 0,8 m over gulv. I tillegg har denne metoden implementert at man må korrigere for glass med lystransmisjonsfaktor som avviker fra 80 prosent.

Det finnes mange dataprogrammer av ulik kompleksitet til beregning av dagslys. Per dags dato ansees Radiance [5] som det mest avanserte simuleringsverktøyet innenfor beregning av dagslys. Radiance er en godt validert simuleringsmetode og programmer som benytter denne metoden benevnes med bakward raytracing verktøy [6]›B.



Figur 1: *T.v. visualisering av test–case modellen i Google SketchUp, t.h. beregningspunkter for dagslysfaktor i plan 0,8m over gulvnivå dx=dy=0,5 m.*

TABELL 1: *Beregnings–forutsetninger for case–studiet*

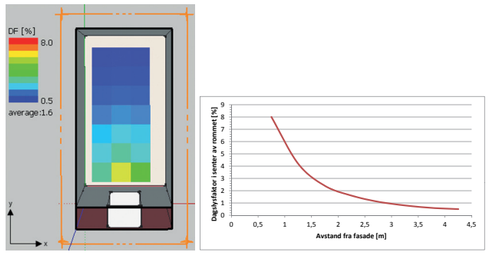
Rombredde	2,2	[m]
Romdybde	4,1	[m]
Romhøyde	2,7	[m]
Veggtykkelse	0,5	[m]
Vindushøyde	1,8	[m]
Vindusbredde	0,8	[m]
Glassareal/karmareal	78	[%]
Glassareal/bruksareal	12	[%]
Brystning	0,8	[m]
LT glass	72	[%]
Refleksjonsfaktor vegg	60	[%]
Refleksjonsfaktor himling	80	[%]
Refleksjonsfaktor gulv	20	[%]

Tabell 2: *Evaluering av dagslysforholdene for test–case cellekotor med ulike analysemetoder slik de fremstår i veiledning til TEK10 og Byggdetaljer 421.626.*

Metode	Dagslysforhold	Kommentar
10 % regelen	☺	Med et glassareal/bruksareal på 12 % tilsier denne metoden at dagslysforholdene er tilfredsstillende.
Svensk standard SS 91 42 01	☺	Kan ikke benyttes på dette cellekontoret pga. geometribegrensninger i metoden.
Byggforsk kurveavlesning	☺	Med denne metoden korrigerer vi for glassets lystransmittans. Resulterende gj. snitt DF blir med dette 3,0 prosent
Daysim	☹	Resulterende gj. snitt DF=1,6 present.

Tabell 3: *Evaluering av dagslysforholdene for test–case cellekontor etter at det er korrigert for veggtykkelse og lystransmittans.*

Metode	Dagslysforhold	Kommentar
10 % regelen	☺	Korreksjonsfaktorene gitt i SBi 219 kan benyttes for å korrigere gjennomsnittlig dagslysfaktor. Siden forholdet mellom gjennomsnittlig dagslysfaktor og glassareal ikke er proporsjonalt kan ikke korreksjonsfaktorene benyttes på denne analysemetoden.
Byggforsk kurveavlesning	☹	Etter korrigering for veggtykkelse* blir resulterende gj. snitt DF=1,65 prosent.
Daysim	☹	Resulterende gj. snitt DF = 1,6 prosent.



Figur 2: *Visualisering av resultater fra Daysim, t.v. variasjon av dagslysfaktor i rommet, t.h. illustrasjon av hvordan dagslysfaktoren avtar innover i rommet x=1,25.*

* Kurven gitt i SBi 219 for korreksjon av veggtykkelse gjelder for vinduer hvor forhold mellom høyde og bredde ligger i intervallet 0,7-1.5. Hvis forholdet er større blir korreksjonsfaktoren større. Forholdet mellom høyde og bredde for gjeldende case er 2,3 og korreksjonsfaktor er estimert til 0,55.

Case–studie

Det er gjennomført et case–studie for å undersøke om dagens dagslysdokumenteringsmetoder kan benyttes for å evaluere dagslysforholdene i fremtidens energieffektive bygninger. Siden dagslysfaktoren er vanskelig å dokumentere nøyaktig med målinger [7], forårsaket av at himmelforholdene nesten aldri korresponderer med en ideell overskyet CIE himmel, er metodene validert opp mot Daysim simuleringer. Studier har vist at Daysim gir nøyaktige resultater for innendørs dagslysilluminans [8].

Casestudiet tar utgangspunkt i et typisk cellekontor med passivhuskvaliteter, dvs. energiriktige vinduer og økt isolering i veggene. Modellen er ikke utstyrt med noen form for utvendig skjerming og den er beliggende med fri horisont, se Figur 1: Beregningsforutsetningene er gitt i tabell1.

Resultater:

Tabell 2: Evaluering av dagslysforholdene for test–case cellekotor med ulike analysemetoder slik de fremstår i veiledning til TEK10 og Byggdetaljer 421.626. sammenfatter dagslysresultatene for test–caset med ulike analysemetoder i henhold til hvordan metodene fremstår i veiledning til TEK10 og Byggdetaljer 421.626. Figur 2 visualiserer simuleringsresultatene fra Daysim.
Ut fra Tabell 2 kan man se at dagslysforholdene blir evaluert som tilfredsstillende både med 10 prosentregelen og Byggforsk sin kurveavlesningsmetode, men ikke ved evaluering med simuleringsprogrammet Daysim. En av hovedårsakene til disse ulike resultatene er sannsynligvis at verken 10 prosent regelen eller Byggforsk sin kurveavlesningsmetode tar hensyn til veggtykkelse. For 10 prosentregelen er det i tillegg ingen korreksjon for vinduets lystransmittans. Figur 3 viser en visualisering av hvordan dagslyset er fordelt i et vanlig kontor med ulike gjennomsnittlige dagslysfaktorer.
I den danske anvisningen SBi 219 [9] er det gitt en rekke korreksjonsfaktorer for å korrigere teoretisk beregnede dagslysfaktorer hentet fra kurveavlesning med hensyn til faktiske forhold i et rom eller en bygning. Veggtykkelse og lystransmisjon nevnes blant noen av de viktigste forholdene å korrigere for. Ved å korrigere for veggtykkelse i henhold til SBi anvisning 219 får dagslysevalueringen en ny vending, se Tabell 3: Evaluering av dagslysforholdene for test–case cellekontor etter at det er korrigert for veggtykkelse og lystransmittans.
Tabell 3 viser at dagslysforholdene nå også fremstår som utilstrekkelige for Byggforsk sin kurveavlesningsmetode når man i tillegg til lystransmisjon også har korrigert for veggtykkelse. Det er imidlertid noe bekymringsfullt at resulterende gjennomsnitt DF er høyere med kurveavlesningsmetoden enn med simuleringer med Daysim, spesielt når det i simuleringsmodellen er benyttet materialer med høyere eller lik refleksjonsfaktor for innvendige flater enn det Byggforsk sin kurveavlesningsmetode baserer seg på. Dette tyder på at korreksjonsfaktorene muligens bør være lavere dersom denne analysemetoden fortsatt skal fremstå som en konservativ metode. I tillegg viser Tabell 3 at korreksjonsfaktorene gitt i SBi 219 ikke er egnet for å benytte på 10 prosent regelen. >>

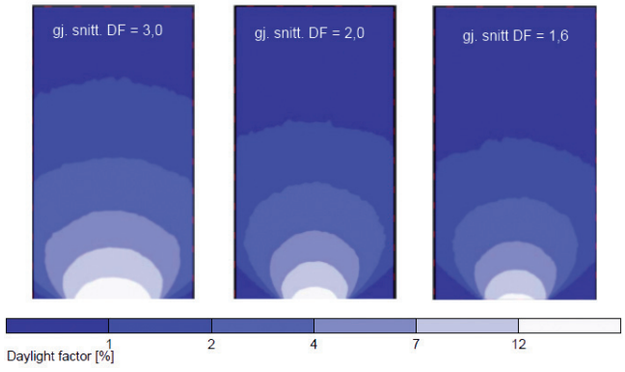
Så vidt oss bekjent eksisterer det heller ingen korreksjonsfaktorer for veggtykkelse. Glass og fasadeforeningen har imidlertid oppstillet tabellverdier for korreksjonsfaktorer for glass med lavere lysstrasmittans enn 80 prosent, når 10 prosentreglen benyttes, se Tabell 4.
Figur 4 visualiserer fordelingen av dagslys ved ulike lystransmittanser, mens Figur 5 viser fordelingen av dagslys ved ulike veggtykkelser.

Grunnet 10 prosentregelen manglende kompensering ansees metoden derfor som utdatert som analyseverktøy for fremtidens bygg dersom det ikke utarbeides passende korreksjonsfaktorer med hensyn til glassareal, det samme vil være gjeldende for metoden gitt i svensk standard SS 91 42 01.

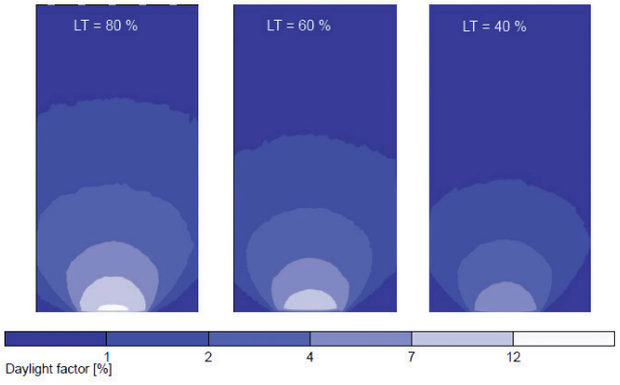
Lystransmittans, LT [%]	Korreksjonsfaktor*	Min. lysareal i % av gulvareal
80 (ref)	1,00	10,0
75	1,06	10,6
70	1,14	11,4
65	1,23	12,3
60	1,33	13,3
55	1,46	14,6
50	1,60	16,0
45	1,78	17,8
40	2,00	20,0

*Korreksjonsfaktor for å kompensere for redusert lystransmisjon

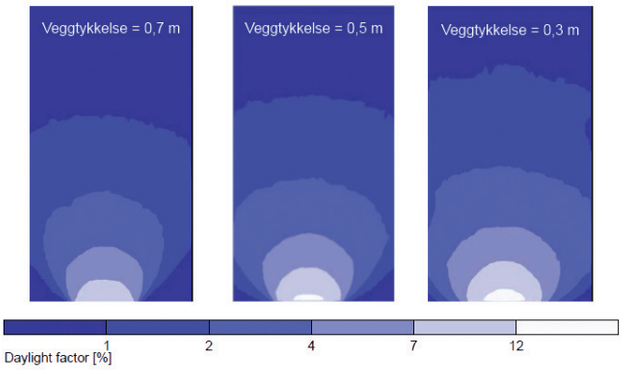
Tabell 4: *Tabellverdier for korrigering av lysstransmittans ved bruk av 10 prosent reglen [10]*



Figur 3 *Visualisering av dagslysfaktorfordelingen ved ulike gjennomsnittlige dagslysfaktorer.*



Figur 4 *Visualisering av fordelingen av dagslysfaktorfordelingen ved ulike lystransmittanser.*



Figur 5 *Visualisering av fordelingen av dagslysfaktorfordelingen ved ulike veggtykkelser.*

Fremtidens bygg og krav

Ved å benytte flere av dagens anerkjente dagslysanalysemetoder på fremtidens bygg uten å korrigere for veggtykkelse og lystransmisjon kan man risikere å designe bygg med lite tilfredsstillende dagslysforhold. Resultatene i denne undersøkelsen indikerer at korreksjonsfaktorer lignende dem som er gitt i den danske SBi anvisningen 219 kan benyttes i kombinasjon med Byggforsk sin kurveavlesningsmetode for å gi en bedre antydning på faktiske dagslysforhold. Det må utarbeides korreksjonsfaktorer for veggtykkelse med referanse til glassareal dersom 10 prosentregelen og dokumentering etter svensk standard SS 91 42 01 skal være gyldig for fremtidens bygg. Det er behov for å implementere korreksjonsfaktorer for veggtykkelse og lystransmisjon eksplisitt i veiledning til TEK10 for å sikre at fremtidens bygg blir designet med tilfredsstillende dagslysforhold. Dette er noe direktoratet for byggkvalitet allerede er oppmerksomme på og endringer vil sannsynligvis forekomme i nærmeste fremtid.

KILDER:

Begemann, S.H.A., G.J. van den Beld, and A.D. Tenner, Daylight, artificial light and people in an office environment, overview of visual and biological responses. International Journal of Industrial Ergonomics, 1997. 20(3): p. 231–239.

Escuyer, S. and M. Fontoynont, Lighting controls: a field study of office workers' reactions. Lighting Research and Technology, 2001. 33(2): p. 77–94.

Osterhaus, W., Design guidelines for glare–free daylight work environments, in LUX Europa2009.

Nersveen, J., Byggdetaljer 421.626 Beregning av gjennomsnittlig dagslysfaktor og glassareal 2004, SINTEF Byggforsk.

Lawrence Berkeley Laboratory. Radiance Synthetic Imaging System. 2011; Available from: http://radsite.lbl.gov/radiance/HOME.html.

Mardaljevic, J., Validation of a lighting simulation program under real sky conditions. Lighting Research and Technology, 1995. 27(4): p. 181–188.

Tregenza, P.R., The daylight factor and actual illuminance ratios. Lighting Research and Technology, 1980. 12(2): p. 64–68.

Reinhart, C.F. and O. Walkenhorst, Validation of dynamic RADIANCE–based daylight simulations for a test office with external blinds. Energy and Buildings, 2001. 33(7): p. 683–697.

Johnsen, K. and J. Christoffersen, Korrektion af dagslysfaktoren, in SBi anvisnisning 219, Dagslys i rum og bygninger 2008, Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet. p. 63–86.

Tangen, S. Glass og Fasadeforeningen