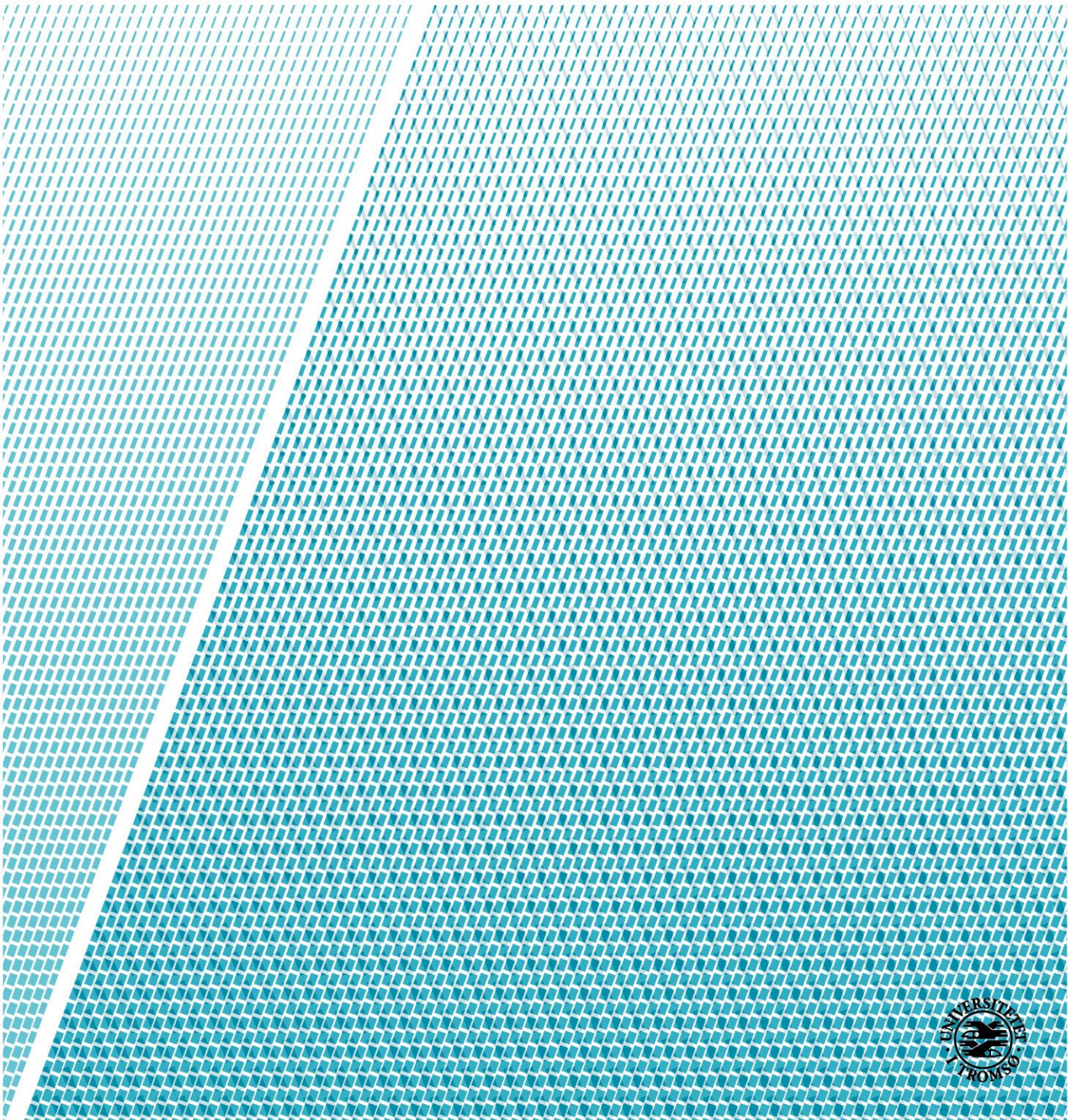


Solskjerming av vindu

Joakim Norum

Masteroppgave i intrigert bygningsteknologi 06.06.2018



Forord

Denne masteroppgaven ble skrevet som avsluttende arbeid høsten 2018, for studiet Integrert bygningsteknologi ved UiT, Norges Arktiske Universitet.

Oppgavens tema er utarbeidet av Consto AS, UiT, og meg selv. Formålet med oppgaven var å kartlegge solskjerming av vinduer for nye bygg. Det innebærete å se på hvilken effekt solskjerming kan ha på energiforbruket til nye bygg. Det var også et ønske å undersøke hvordan solskjermingsløsninger som finnes på markedet i dag.

Jeg vil rekke en takk til min veileder gjennom prosjektet, Per-Arne Sundsbø, for hjelp og støtte gjennom prosjektet. I tillegg vil jeg rette en takk til, Andre Knutssøn fra Consto AS for bistand når det var behov. Line R. Karlsen ved Erichsen & Horgen AS fortjener også en takk for veiledning i startfasen ved bruk av IDA ICE.

Til slutt vil jeg takke familie og venner for støtte underveis.

Narvik 06.06.2018



Joakim Norum

Sammendrag

Bakgrunnene for oppgaven er at et hvert byggeprosjekt har behov for klima- og energitekniske beregninger. Solavskjerming kan ha en innvirkende faktor på de klima- og energitekniske beregninger. I dag er det lite krav som stilles til solavskjermingen i byggetekniske forskrifter. Det er derfor ønskelig å forstå hvilke krav som er satt og forstå innvirkningen på solavskjerming i et energiperspektiv.

I hovedsak kan man dele solskjerming teknologiene opp i tre grupper; utvending, integrert og innvending. Hver av disse har sine svakheter og styrker. Utvendig solskjerming hindrer solenergien å slippe gjennom vinduet, det medvirker til lavere varmegjennomgang i vinduet. Løsningen blir derfor ofte bruk når målet er å hindre solinnstrålingen å komme inn i bygget. Integrert solskjerming er plassert mellom glassene til vinduene eller mellom glassene til en glassfasade. Solstrålingen slipper noe lengre inn i bygningen før den stoppes, og vil derfor være mindre effektiv enn utvending solskjerming. Innvendig solskjerming vil slippe inn det meste av solinnstrålingen før den blokkeres, derfor vil ikke denne metoden bli brukt til varme-kontroll.

For å undersøke effekten til solavskjerming har ett enkelt kontorbygg blitt modellert og simulert med IDA ICE. Bygget ble modellert etter kravene i TEK17. Til sammen ble seks vinduer undersøkt, hvorav fire også ble analysert med persienner plassert utvendig og innvendig. Bygget ble simulert med klimaprofiler fra Oslo og Tromsø.

Målet med simuleringene var å se hvordan lokal varme og kjøling endret seg ved de forskjellige systemoppbyggingene. For Oslo ble resultatet for innvendig skjerming en gjennomsnittlig økning av oppvarmingsbehovet på 5% og en reduksjon på 10% for kjølingsbehovet. For utvendig skjerming vil gjennomsnitt oppvarming øke med 15% og kjøling reduseres med 53%. For Tromsø ble resultatet for innvendig skjerming en gjennomsnittlig økning av oppvarmingsbehovet på med 3% og kjøling reduseres med 8%. For utvending skjerming vil gjennomsnitt oppvarming øke med 8% og kjøling reduseres med 48%. Alle prosentandelene er i forhold til å ikke bruke solskjerming.

Abstract

The background for the thesis is that; each building project needs climate and energy calculations. Blinds can have an influencing factor in the climate and energy calculations. In building technical regulations today there is little to none rules to regulate blinds. It is therefore desirable to understand the requirements that are set and understand the effect of blinds in an energy perspective.

Solar shadowing technology can be divided into three groups; exterior, between planes and interior. Each of these has its weaknesses and strengths. Exterior solar shadowing prevents solar energy to transfer through the window, this contributes to a lower heat transfer. The solution is therefore often used when the goal is to prevent solar energy from entering the building. Solar shadowing between planes will let the solar radiation reach a little further into the building before it is stopped and will therefore be less effective than exterior shielding. Interior solar shadowing will transmit most of the solar energy in before it is blocked, therefore this method will not be used for heat control.

To investigate the effect of solar shadowing, a single office building has been modeled and simulated with IDA ICE. The building was modeled according to the requirements of TEK17. In total, six windows were examined, four of which were also analyzed with exterior and interior blinds. The building was simulated with climate profiles from Oslo and Tromsø.

The aim of the simulations was to see how local heat and cooling changed in the various systems. For Oslo, the result of interior blinds was an average increase in the heating requirement of 5% and a 10% reduction in cooling demand. For exterior blinds average heating will increase by 15% and cooling will decrease by 53%. For Tromsø, the result of interior blinds was an average increase in heating demand of 3% and cooling decreased by 8%. For exterior blinds average heating will increase by 8% and cooling will decrease by 48%. All percentages are compared to not using sun shielding. All percentages are compared to not using sun shielding.

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	2
Abstract	3
Begrepsbeskrivelse	7
1.1 Symbol	7
1.2 Indeks	7
1 Introduksjon	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Mål	1
1.3 Begrensninger	1
2 Metode	2
2.1 Litteraturstudiet	2
2.2 Casestudiet	2
3 Solskjerming	3
3.1 Lover og bestemmelser	3
3.1.1 Standarder	3
3.2 Programvare	5
3.2.1 SIMIEN	5
3.2.2 IDA ICE	5
3.3 Egenskaper	6
3.3.1 Solstråling	6
3.3.2 Solenergi	6
3.3.3 Definisjoner på solavskjermingens egenskaper	7
3.4 Teknologier	8
3.4.1 Utvending	8
3.4.2 Innvending	10
3.4.3 Integret	10
3.4.4 Andre teknologier	11
4 Case	13
4.1 Bygningens oppbygning	14
4.1.1 Areal og geometri	14
4.1.2 Varme og kjøling	14
4.1.3 Ventilasjon	15

4.1.4	Andre inndata	15
4.2	Eventuelle feilkilder i simuleringen	17
4.3	Vindu	17
4.4	Solskjermings teknologi	18
4.4.1	Styring	20
4.5	Klimadata	21
4.5.1	Solforhold til kjente byer.....	21
4.5.2	Temperatur forhold.....	24
4.6	Resultat.....	25
4.6.1	Varmebalansen gjennom vinduene uten solskjerming	25
4.6.2	Oslo klima	27
4.6.3	Tromsø klima	30
5	Diskusjon.....	33
6	Konklusjon.....	34
7	Videre arbeid	34
8	Kilder	35
9	Vedlegg.....	36

Tabelliste

Tabell 1. Settpunkt temperatur for oppvarming og kjøling, i henhold til NS 3031:2014.....	14
Tabell 2. Luftmengder for kontorbygg i henhold til NS3031:2014	15
Tabell 3. Tek 17 Minimumskrav til energieffektivitet i henhold til TEK 17, og bruke verdier i referansebygget.	15
Tabell 4. Internlast og driftstiden i henhold til NS3031.	16
Tabell 5. Egenskapene til vinduene i case studien.	18
Tabell 6. g-verdi og U-verdi for glass kombinert med de simulerte solskjermingsteknologiene til vinduene C til og med F. Beregnet etter NS-ISO 15099.	19
Tabell 7. Lamellvinkling utfra direkte solinnstråling.	20

Figurliste

Figur 1. Vinkelsammenheng for solinnstrålings beregning.	7
Figur 2. Persienner	8
Figur 3. Screens.....	9
Figur 4. Markiser.....	9
Figur 5. Lyshyller.....	11
Figur 6. Den simulerte bygningen.....	13
Figur 7. Driftstid for personbelastning og lys. Hvor (A) er personbelastningen og (B) er lys.	16
Figur 8. Oppbygning av vinduer i simuleringene.....	18
Figur 9. Sammenligning av direkte og diffus solinnstråling hver måned over ett år.	21
Figur 10. Gjennomsnittlig direkte solinnstråling for Oslo og Tromsø.	22
Figur 11. Gjennomsnittlig diffus solinnstråling for Oslo og Tromsø.	22
Figur 12. Gjennomsnitt av direkte solinnstråling de timene hvor direkte solinnstråling er tilstede.	23
Figur 13. Gjennomsnitt av diffus solinnstråling de timene hvor diffus solinnstråling er tilstede	23
Figur 14. Soltimer i løpet av ett år.....	24
Figur 15. Gjennomsnitts temperatur for Oslo og Tromsø.	24
Figur 16. Netto energi tilskudd gjennom vinduene uten solskjerming for Oslo	26
Figur 17. Netto energi tilskudd gjennom vinduene uten solskjerming for Tromsø.....	26
Figur 18. Energiforbruk for bygningen i Oslo.....	27
Figur 19. Lokalt varme og kjølingsbehov i Oslo.....	28
Figur 20. Netto energitilskudd for vindu C og D i Oslo med utvendig skjerming.	29
Figur 21. Netto energitilskudd for vindu E med utvendig solskjerming, og vindu F med og uten solskjerming i Oslo.....	29
Figur 22. Energiforbruk for bygningen i Tromsø.....	30
Figur 23. Lokalt varme og kjølingsbehov i Tromsø.....	31
Figur 24. Netto energitilskudd for vindu C i Tromsø.....	31
Figur 25. Netto energitilskudd for vindu E med utvendig solskjerming og vindu F i Tromsø.	32

Begrepsbeskrivelse

TEK17 - Byggeteknisk forskrift, forskriften treddet i kraft den 1.juni 2017. Overgangsperioden fra TEK10 er satt til ett og et halvt år. I overgangsperioden er det kan utbygger velge å følge TEK10 eller TEK17. I denne rapporten vil bestemmelsene TEK17 bli benyttet, om ikke annet er spesifisert [1].

Solstråling – Går også under benevnelsene solinnstråling eller solfluks beskriver det samme bare med forskjellige navn. Det er omhandler W/m^2 fra sola.

PCM (Phase Change Materials) – I denne teksten vil PCM bli bruk når det snakk om vinduer med faseendrende materialer.

Dekningsområde – Det området som blir påvirket av solskjerming når den gitte løsningen er aktiv.

WWR – Window Wall Ratio. Forholdet mellom vindusareal og veggens areal.

1.1 Symbol

Symbol	Beskrivelse	Enhet
g	Total solenergi transmittert	
Q	Varme fluks	W/m^2
E	Irradians	W/m^2
SC	Avskjermningsfaktor	

1.2 Indeks

Indeks	Beskrivelse
dir	Direkte
dif	Diffus
i	Innfallende
sys	System, f.eks. vindu og solavskjerming kombinert
e	Energi
v	Visuell eller lys
h	Horisontalt
B	Solskjermings teknologien
g	Glass

1 Introduksjon

1.1 Bakgrunn

Et hvert byggeprosjekt vil ha behov for å klima- og energitekniske beregninger, for å legge et grunnlag for krav til underentreprenørene og leverandørene av tekniske installasjoner. Beregningene vil være et sentralt dokument i dokumentasjonen opp mot kravene som stilles til et nytt bygg. Solskjerming er et område som ikke er direkte regulert i byggeforskriftene(TEK17), men vil ha en indirekte effekt på både dagslys og energiforbruket.

Egenskapene som ofte er ønsket av solskjerming er i flere tilfeller motstridene. Om sommeren ønsker man å stoppe solvarmen, men likevel slippe inn dagslys og ha utsyn. På vinteren ønsker man ofte å slippe inn solvarmen for å redusere oppvarmingsbehovet, samtidig som man må redusere risikoen for blending og lokal disskomfort.

1.2 Mål

Formålet med oppgaven er å undersøke solskjerming i et energiperspektiv. Det medfører en kartlegging av bygge tekniske bestemmelser og relevante standarder. I dag er det svært mange typer solavskjermings teknologier som kan benyttes. Disse har hver sine svakheter og styrker når det kommer til bruksområde og soltekniske egenskaper. Når solavskjerming skal analyseres i et energiperspektiv må disse egenskapene kartlegges, før en analyse utføres med hensyn på energiforbruket. For å undersøke effekten av solskjerming vil avanserte simuleringmetoder bli utført med programmet IDA ICE. Effektiviteten av solskjerming er svært avhengig av hvilket klima den blir benyttet i, spesielt med tanke på solforholdene. Derfor vil simuleringene bruke flere klima profiler for lokasjoner i Norge.

1.3 Begrensninger

Litteraturstudiet blir begrenset til å kun se på hvilke solskjermingsløsninger som finnes, og egenskapene disse har. Solskjermingsløsningene som blir undersøkt vil i all hovedsak omhandle teknologier som kan monteres på fasaden eller vinduene. Mikrostrukturer og PCM vinduer som også er en form for solskjerming vil ikke bli undersøkt.

Teorigrunnlaget blir begrenset til solens energi og hvordan solskjermingens effektivitet kan beskrives. Det er forventet at leseren har kunnskap om vinduer og deres rolle i energiberegninger.

Når det kommer til simuleringene i IDA ICE vil kontorbygget bli forenklet en del. Det som er interessant er å undersøke energiforbruket til den simulerte bygningen med og uten solskjerming. De tekniske installasjonene, deriblant lys, vifter, ventilasjon, vil derfor ikke bli undersøkt. Inneklimaet vil heller ikke undersøkes. Det er forventet at de settpunktene som blir satt i simuleringen vil være tilstrekkelig for å opprettholde ett akseptabelt arbeidsmiljø. Dagens kontorbygg er vanligvis ganske store, for å simulere et komplett bygg vil det kreve mye datakraft og risikoen for feil inndata kan bli stor. Derfor er det valgt å kun se på en etasjes bygning.

2 Metode

2.1 Litteraturstudiet

Litteraturstudiet blir gjort for å tilnærme seg kunnskap for å oppnå målet, samt legge et teoretisk grunnlag for oppgaven. Teoridelen for solskjerming er stort sett hentet fra, SINTEF Byggforsk, Norsk standard, Erichsen & Horgen AS og Statens Byggeforskningsinstitutt (SBI-DK).

For å oppnå en bred forståelse på hvordan solskjerming kan påvirke energiforbruket, men også innneklimaet blir det utført litteratursøk i databasene som er tilgjengelige ved UiT. Avhengig av innholdet til den leste litteraturen blir kildene i teksten videre undersøkt.

2.2 Casestudiet

Casestudiet blir gjennomført med simuleringer i IDA ICE versjon 4.8. Dette er et dynamisk simuleringstøyt utviklet av Equa Simulation AB. Programmet simulerer innneklima og energiforbruk til bygninger på en helårlig basis, ved en valgt lokalisasjon med tilhørende klima filer.

Modellen som blir modellert i IDA ICE skal tilfredsstillende kravene satt av byggeforskriftene, TEK17, og tilhørende Standarder. For å vurdere energibehovet til bygningen i forskjellige klimaer vil modellens tekniske installasjoner og laster holdes konstant. Foruten om en variasjon av klimafilene og lokasjonen til bygget blir det valgt å se på flere forskjellige vinduer med varierende egenskaper kombinert med forskjellige solskjermingsteknologier.

En grundig klimaanalyse med fokus på solforholdene til de lokasjonene blir utført for å legge et grunnlag for forståelsen av solenergiens rolle. Resultatene skal analyseres i et energiperspektiv, med det menes at oppvarming og kjøligbehovet skal undersøkes. Netto energitilskudd gjennom vindusarealene vil være en indikator på hvordan effekt solskjermingen har, og må derfor analyseres.

3 Solskjerming

3.1 Lover og bestemmelser

TEK17 krever at lys forholdene (§13-7) ivaretas gjennom to punkter [2].

1. Byggverk skal ha tilfredsstillende tilgang på lys.
2. Rom for varig opphold skal ha tilfredsstillende tilgang på dagslys.

Veiledningen til punkt en understreker viktigheten med gode lysforhold og dens påvirkning på menneskets helse, trivsel og arbeidsnivå. Dagslys og dagslysfaktoren blir omtalt.

Veiledningen til punkt to gir en forklaring på hvilke faktorer som normalt sett blir benyttet ved bestemmelse av dagslys. Preaksepterte ytelse for dagslys kan oppfylles ved å ha en gjennomsnittlig dagslysfaktor på minimum 2%. Beregninger av dagslysfaktor skal utføres med simuleringsverktøy validert etter CIE 171:2006 og forutsetninger gitt i NS-EN 12464-1:2011 kapittel 4.4. Boenheter og fritidsbygg har andre preaksepterte ytelser.

TEK 10, §14-5 (3.b): Total solfaktor for glass/vindu (g_{tot}) skal være mindre enn 0,15 på solbelastet fasade, med mindre det kan dokumenteres at bygningen ikke har kjølebehov. Kravet fra TEK 10 angående total solfaktor er fjernet i TEK 17.

3.1.1 Standarder

NS-EN 12216:2002 - Solskjerming - Terminologi, benevnelser og definisjoner

Standarden omhandler persienner, gardiner, skodder og sjalusier uansett formål, utførelse eller materialene i komponentene, slik de normalt brukes i bygninger. Standarden oppgir definisjoner og terminologi for beskrivelse av solskjermingsystemer. Det blir oppgitt flere utførelser av solskjermingsmetodene som er nevnt.

NS-EN 14501 - Persienner, sjalusier og skodder - Komfort med hensyn til varme og lys - Ytelseskaraktistikker og klassifisering

Denne standarden tar for seg sammenligne grunnlag av solskjermingsystemene definert i NS-EN 12216:2002. I tillegg gir den definerer de faktorer og klassifisering av termisk og visuell komfort.

Termisk komfort:

- Total solenergitransmittert (g-verdi)
- Sekunder varmetilførselen

Direkte soltransmisjon Visuell komfort:

- Mørklegging
- Privatvern om natten
- Visuelt utsyn
- Dagslysutnyttelse
- Fargegjengivelse

NS-EN ISO 52022-1:2017 - Bygningers energiytelse - Termiske egenskaper, sol- og dagslysegenskaper til bygningskomponenter og -deler - Del 1: Forenklet beregningsmetode av sol- og dagslysegenskaper for solskjermingsutstyr kombinert med glass

Standarden beskriver en enkel metode for å beregne totalt solenergitransmittans, direkte energi transmittans og lystransmittansen for vinduet kombinert med solavskjermingen. Metoden baserer seg på termisk-, sol- og lyskarakteristikken til vinduet, samt sol- og lyskarakteristikken til solavskjermingen. Metoden kan benyttes for alle typer solavskjerming når den er parallell med vinduet. Den innfallende solinnstrålingen er normal på solavskjermingen, vinkelavhengige egenskaper blir ikke medregnet. I tillegg er det satt noen begrensinger for når denne metoden er gjeldende, de tre viktigste er:

- Vinduets g -verdi: $0,15 \leq g \leq 0,85$
- Solskjermingens soltransmittans: $0 \leq \tau_{e,B} \leq 0,5$
- Solskjermingens reflektans: $0,1 \leq \rho_{e,B} \leq 0,8$

Har solavskjermingen verdier utenfor begrensningen skal NS-EN ISO 52022-3:2017 benyttes.

NS-EN ISO 52022-3:2017 - Bygningers energiytelse - Termiske egenskaper, sol- og dagslysegenskaper til bygningskomponenter og -deler - Del 3: Detaljert beregningsmetode av sol- og dagslysegenskaper for solskjermingsutstyr kombinert med glass

Standarden beskriver en detaljert metode for å beregne totalt solenergitransmittans, direkte energi transmittans og lystransmittansen for vinduet kombinert med solavskjermingen. Metoden baserer seg på spektrale transmittans og reflektans egenskaper til materialene for vinduet og solavskjermingen, hvis spektrale data er utilgjengelig kan integrerte data brukes. Metoden kan benyttes for alle typer solavskjerming når den er parallell med vinduet. Den innfallende solinnstrålingen er normal på solavskjermingen, vinkelavhengige egenskaper blir ikke medregnet. Materialene til solavskjermingen kan være gjennomsluktige, gjennomskinnelig og ugjennomsiktig.

Når en høyere nøyaktighet er ønsket eller når vinkelavhengige egenskaper skal medberegnes kan NS-EN ISO 15099:2003 benyttes.

NS-EN ISO 15099:2003 – Termiske egenskaper til vinduer, dører og skjerming - Detaljerte beregninger

Standarden beskriver nøyaktige beregningsmetoder for varme- og strålingstekniske verdier for vinduer og dører sammen med solavskjerming. Standarden baserer seg på de mest aktuelle algoritmene og metodene, kombinert med relevante sol- og termiske egenskaper til alle komponentene. Det innebærer deriblant; solhøyden og -vinklingen sin effekt, solinnstrålingens intensitet, temperaturer, ventilering av mellomrom og overgangsmotstander.

Beregningen er beregnet for bruk i simuleringsprogrammer, på grunn av kompleksitet på algoritmene. Standarden oppgir standardiserte grenseverdier som kan benyttes ved evaluering av systemet, vedlegg A. Det er også mulig å benytte reelle verdier.

NS-EN 410:2011 – Bygningsglass – Bestemmelse av lys- og strålingsegenskaper

Standarden beskriver hvordan metoder som skal benyttes for beregninger og målinger av stråletekniske egenskaper for glass. Glass som dekkes av denne standarden er; konvensjonell, absorberende, og reflekterende. Standarden kan brukes til sammenlign av forskjellige typer glass, samt brukes som et basisgrunnlag for beregninger av lys, varme og kjøling i rom. Solinnstrålingen blir definert som normalt på vinduet.

NS 3420 RJ2

Ved anbud gir NS 3420 RJ2 beskrivelse av hva som burde medregnes for solskjerming. Prisen skal inkludere solskjermingen og automatikk. Delprodukter og ytelser som ikke er inkludert er spikerslag, elektrisk tilkobling, SD-anlegg og givere for værforhold(Værstasjon). Disse skal beskrives med under andre postgrunnlag.

3.2 Programvare

3.2.1 SIMIEN

SIMIEN er det mest brukte simuleringsprogrammet bruket i Norge for å beregne bygningenes energiytelse. Programmet er utviklet av Programbyggerne ANS, et selskap stiftet i 1993. De har siden den tid utviklet og solgt simuleringsprogrammer som benyttes til beregninger av energibehov og inneklime i bygninger.

Den simulerte bygningen blir delt inn i forskjellige soner. I hver sone må det angis, ventilasjonssystem, varme, kjøling og interne laster. Simuleringene blir evaluert opp mot de norske byggeforskriftene. Programmet er validert opp mot NS 3031:2014.

3.2.2 IDA ICE

IDA ICE (Indoor Climate and Energy) er et avansert simuleringsprogram fra EQUA Simulation AB [3]. Programmet kan gjøre en full dynamisk beregning av energiforbruket og inneklime til bygninger. Systemet som skal simuleres bygges normalt sett opp av en bygningskropp inndelt i en eller flere soner, med et primersystem og en eller flere luftbehandlingsaggregat[4]. En av styrkene til IDA ICE er muligheten for fullstendig kontroll over variabler og likninger som benyttes. Alle linkinger og variabler kan inspiseres og loggføres for undersøkelse.

Værdata hentes fra klimafilere som inneholder; tørrkuletemperatur, relativ fuktighet, vindhastighet og retning, direkte og diffus sol stråling, og skydekke. Verdiene er basert på målte reelle verdier, hvor de har blitt tilpasset for bruk i timesberegninger. Simuleringene kan utføres på en helårs basis, men det er også mulighet for å spesifisere et tidsintervall for beregningene.

Programmer har flere verifiseringer, deriblant LEED, BREEM og CEN EN 15265 som NS 3031:2014 bruker som validering for detaljerte beregningsprogrammer.

I IDA ICE er det en detaljert vindusmodell som etter beregner vinduene og solskjermingens egenskaper etter ISO 15099. Denne modellen gir mulighet for avansert styring, doble fasader.

3.3 Egenskaper

3.3.1 Solstråling

Solens strålingsfluks er på ca. 1360 W m^{-2} ved ytre del av atmosfæren, og har et bølgelengdeområde fra ca. 290-3000 nm. Før solstrålingen når jordoverflaten vil noe av strålingen bli absorbert i atmosfæren og noe reflektert ut igjen. Strålingen som når jordoverflaten kan deles inn i direkte og diffuse stråling. Kombinert blir de kalt global stråling. Total stråling kombinerer global og reflektert stråling.

Direkte stråling

Den delen av strålingen fra sola som treffer jordoverflaten direkte, altså uten demping av atmosfæren.

Diffuse stråling

Strålingen som blir reflektert og absorbert i atmosfæren før den når jordoverflaten. Strålingen kommer fra hele himmel kuppelen og vil være tilstede uansett vær- og skyforhold.

Reflektert stråling

Strålingen som reflekteres av omgivelsene før den treffer det gitte målet.

Global stråling

Ved å legge sammen direkte og diffuse stråling får man den globale strålingen. Ofte brukt i solenergiberegninger. I noen tilfeller blir reflektert stråling også medtatt i beregningen.

Total stråling

Direkte, diffuse og reflektert stråling kombinert blir omtalt som total stråling, i noe litteratur blir også langbølget stråling tatt med.

3.3.2 Solenergi

Når solstrålingen treffer et bygg vil noe reflekteres bort, noe absorberes og noe transmitteres direkte. Fordelingen mellom disse er avhengig av materialeegenskapene til flaten strålingen treffer. Den absorberte strålingen vil øke flatetemperaturen, som da avgi energi i form av langbølget stråling og gjennom konveksjon. Solstrålingen som transmitteres direkte gjennom materialet blir kalt direkte soltransmisjon.

$$\text{Total stråling} = \text{Reflektert} + \text{Absorbert} + \text{Direkte soltransmisjon} \quad (1)$$

Likning (1) er prinsippet for energibalansen til solstrålingen på en flate. Prinsippet vil være det samme for vinduer med eller uten solskjerming.

Beregning av direkte stråling på en vinklet flate blir gjort med likning (2). Der $E_{dir,h}$ er direkte stråling på en horisontal flate, α vinkelhøyden til sola, β er helningen på flaten, ψ er asimut vinkelen på flaten, Θ er asimut vinkelen til sola. Figur 1 viser vinkel sammenhengen.

$$E_{dir,i} = E_{dir,h} [\cos(\alpha) \sin(\beta) \cos(\psi - \Theta) + \sin(\alpha) \cos(\beta)] \quad (2)$$

Når det skal beregnes innstråling på en vertikal flate, deriblant et vindu, kan den forenklete likningen (3) benyttes. De fleste databasene for solinnstråling oppgir innstrålingskalkulasjonene på et horisontalt plan.

$$E_{dir,i} = E_{dir,h} [\cos(\alpha) \cos(\psi - \Theta)] \quad (3)$$

Ekstra varmemotstand, ΔR

I noen tilfeller blir det oppgitt hvor mye ekstra isolasjon solskjermingen kan tilføre når den er aktivert. Verdien er sjeldent brukt, men kan i noen tilfeller ha en vesentlig innvirkning på den totale U-verdiene for vindussystemet.

Åpningsfaktor, C_d

Åpningsfaktoren også kalt perforeringsgrad, er andel av stoffets åpning på grunn av vevingen. Indeksen i_d , symboliserer vinklingen på solstrålingen som treffer stoffet.

3.4 Teknologier

Hovedfunksjonen til solskjerming er å medvirke til en god termisk komfort, i tillegg til å forhindre blending utenfra. Solskjermingen kan bidra til å lettere opprettholde optimal operativ temperatur. I tillegg vil det kunne motvirke store lokale temperatur gradienter. Det vil igjen kunne redusere behovet for kjølig og dermed redusere energibehovet.

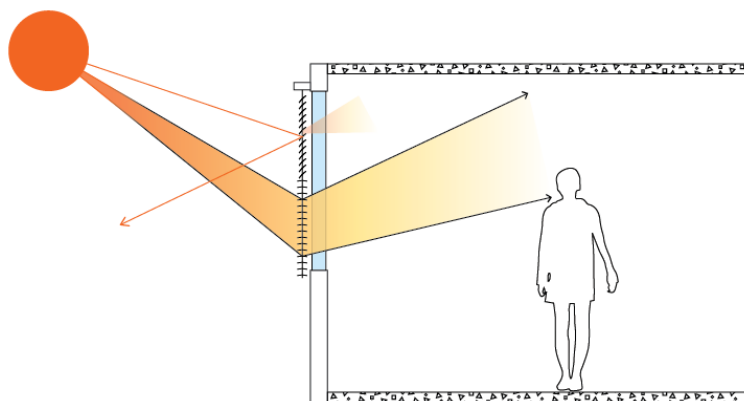
I hovedsak kan man dele solskjeriming teknologiene opp i tre grupper, utvending, integrert og innvending. Det finnes også vinduer med soldempende glass og PCM vinduer.

3.4.1 Utvending

Utvendig solskjerming stopper strålingen utenfor vinduet. Det medvirker til en lavere varmegjennomgang i vinduet. Derfor blir denne løsningen ofte brukt når målet er kontrollere innstrålingsfluksen fra sola. Løsningene krev er ofte et større og mer omfattende vedlikehold enn mellomliggende og innvending solskjerming. Under planleggingen må værforhold og klima bli vurdert nøye [5].

Persienner

Persienner som er plassert utvending for vinduet vil kunne gi god kontroll over solinnstrålingen. Både varmetransmisjon, dagslys og blending kan reguleres med å justere lamellvinkelen og dekningsområdet. I tillegg vil det være mulig å hindre inn- og utsyn. Normalt blir horisontale lameller brukt, men det er også mulighet å benytte vertikale. Påvirkende faktorer for soltransmisjon er lamellvinkelen, dekningsområdet og reflektansen til materialet som blir brukt i lamellene. For å oppnå best resultat burde det bli benyttet automatisk styring av lamellvinkel og dekningsområde i forhold til solhøyde.

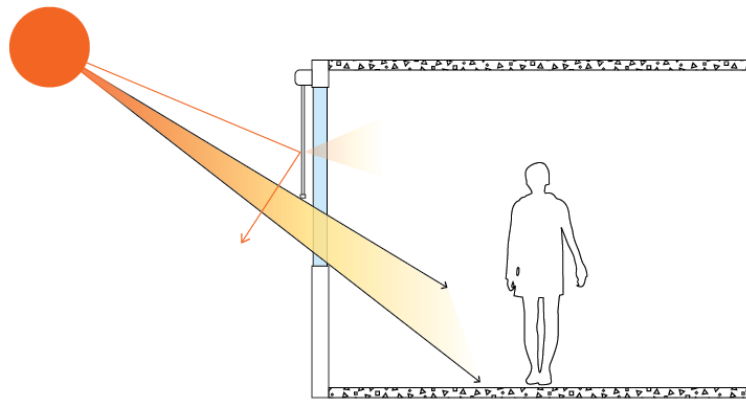


Figur 2. Persienner

Duker – screens

Utvendig duk også ofte kalt screens stopper solstrålingen før den når vinduet. Løsningen kan gi bra utsyn selv når solskjermingen er aktiv. Perforeringsgrad og tykkelse på duken angir lystransmisjon. Noen løsninger benytter en styreskinne på duken, dette øker vindstabiliteten betraktelig.

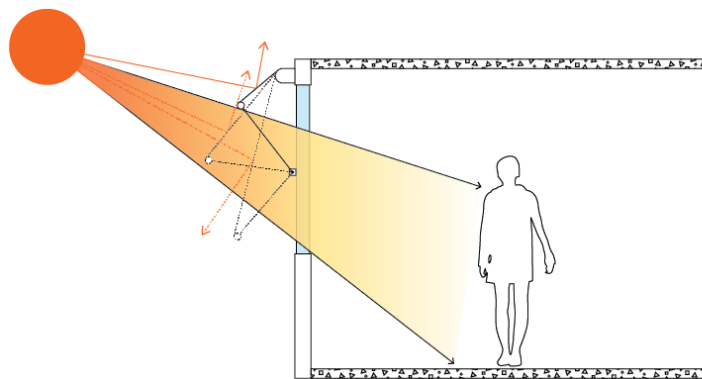
Avskjermingsfaktoren til screens blir ofte omtalt som konstant, det vil si at solhøyden ikke vil påvirke effektiviteten. Når duk materialet er mørkt og tett kan det oppstå en varmelomme mellom vinduet og duken, det må da benyttes en form for ventilasjon. Hvis dette ikke utføres på riktig måte kan det oppstå skadelige lokale spenninger i glasset.



Figur 3. Screens

Markiser

Markiser hindrer direkte solstråling og er ofte helt lystette. Denne løsningen tillater både inn- og utsyn når solskjermingen er aktiv. Dekningsområdet blir styr av utstrekningslengden på markisen og vinklingen. Løsningen gir også mulighet for vinduslufting med utstående vinduer.



Figur 4. Markiser

Skodder

Skodder kan deles inn i to typer; folde- og skyveskodder. Førstnevnte har et hengselsystem mellom skoddene som gjør det mulig å folde skodden sammen. Skoddene vil da stå vertikal ut fra veggen, enten vedsiden av vinduet eller over. Skyveskoddene monteres med ledesskinner for å kunne flytte skoddene vekk fra vinduet. Lys transmisjonen er noe mindre regulérbar enn de løsningen som er nevnt tidligere. I tillegg til å bli benyttet som solskjerming kan skodder bli brukt som et arkitektonisk element, ekstra innbruddssikring og værbeskyttelse. Mange av skoddene vil også kunne gi en ekstra varmeisolasjon til vinduet.

Rullesjalusier

Rullesjalusier kan også gå under navnet rulleskodder. På samme linje som vanlige skodder kan disse også gi ekstra innbruddssikring, værbeskyttelse og varmeisolering. Lys transmisjon er også mindre regulierbar enn andre løsninger. Rullesjaluserier monteres med styreskinner på siden av vinduet hvor lamellene blir før opp og ned. Denne løsningen krever plass over vinduet for å holde lamellene.

Fasade solskjerming

Lameller, flater eller andre ut stikk montert direkte på fasaden eller et stykke utenfor kan bli benyttet som solavskjerming. Siden denne løsningen ikke er regulierbar må det inngås et kompromiss mellom utsyn, lystransmisjon og varmestråling. Blir dette gjort rett vil denne løsningen kunne redusere direkte solinnstråling i de månedene hvor det er ønsket.

3.4.2 Innvending

Det finnes mange forskjellige innvendige solskjermings løsninger, deriblant persienner, screens og et stort utvalg av forskjellige typer gardiner. Til felles har alle innvendige solavskjermings løsninger dårlige egenskaper for varme-kontroll. Det kommer av at solvarmen blir ført gjennom vinduet før den blir stoppet. Ved å benytte lyse materialer på solskjermingen vil noe mer av strålingen bli reflektert ut enn men bruk av mørke materialer. Luftrommet mellom solskjermingen og vinduet vil uansett bli oppvarmet og kunne tilføre uønsket varme til rommet. Det denne teknologien er derimot god til å skjerme for direkte solstråling, blendingskontroll, ut- og innsyn, samt kontroll av dagslys. Kombinert med solbeskyttende ruter kan det være tilstrekkelig å kun benytte innvendig solavskjerming.

3.4.3 Integreert

Integreert solskjerming er solskjerming mellom glassene til et vindu eller plassert mellom glassene til en glassfasade. Solstrålingen vil bli ført noe lengre inn i konstruksjonen enn ved bruk av utvending solskjerming, og derfor være litt mindre effektiv til varmestyring. Denne løsningen vil være noe mer effektiv enn innvending solskjerming.

Begrunnelsen for å benytte mellomliggende solskjerming vil ofte være når noen av disse egenskapene er ønsket:

- Solskjerming som er beskyttet ovenfor vind og andre klimapåkjenninger.
- Mindre drift og vedlikehold
- Minimal arkitektonisk påvirkning

Merk at selv om det er et lavere behov vedlikehold kan kostnadene ved vedlikehold være mye større enn ved andre løsninger. Ved funksjonssvikt i en isolerrute med mellomliggende solskjerming kan den ensete løsninger være å bytte ut hele vinduet.

Benyttes mellomliggende solskjerming i f.eks koblede vinduer eller andre lignede løsninger, er ventilasjon av mellomrommet viktig. I mellomrom hvor ventilasjonen er dårlig kan det oppstå høye temperaturer ved sterk solinnstråling. Det kan medbringe svært høye overflatetemperaturer inn mot oppholdsrom og medvirke til for høy operativ temperatur. Det er også en fare for at materialene i vinduet og solskjermingen kan ta skade.

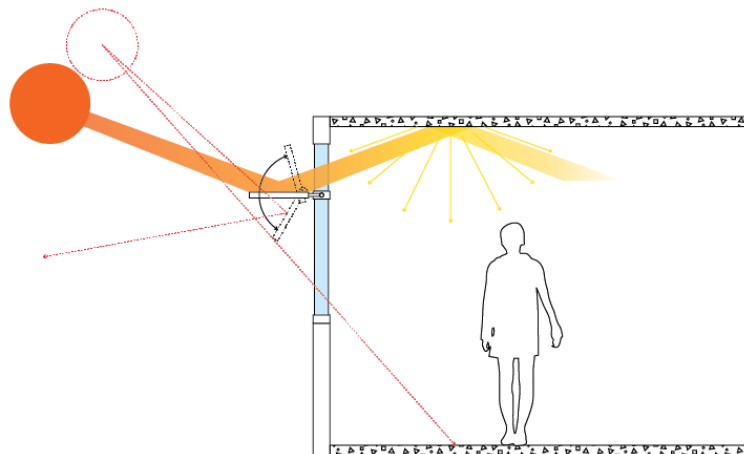
3.4.4 Andre teknologier

Lyshyller

Lyshyller benytter seg av en kurvet eller rett baffel montert enten på utsiden eller innsiden av et vindu. Normalt sett er denne montert rett over synsfeltet og deler vinduet i to. Funksjonene til lyshyllen er å redusere direkte solinnstråling nær vinduet, og reflektere solstråling opp i himlingen. Det er derfor viktig å ha en høy reflektans på oversiden av solhyllen og i himlingen. Det burde likevel ikke benyttes speil, da de kan gi sjenerende mønster i taket.

Ved å benytte denne teknologien vil det være mulig å redusere forskjellen mellom dagslysnivået nær vindu og lengre inn i et rom. Effekten vil være størst når solhøyden er stor og det er klart vær. Under værforhold der diffus solinnstråling er størst vil lyshyllene redusere dagslysnivået. Det er derfor viktig å vurdere effekten under av lyshyllene under de flere værforhold og orientering av fasaden, for å kunne ta en avgjørelse om denne teknologien vil kunne bedre dagslysnivået.

Lyshyller alene vil ikke kunne oppnå tilstrekkelig solskjerming. Denne teknologien må derfor kombineres med andre løsninger, f.eks. persiener eller screens. Dette både for å redusere blinding men også for å kontrollere varmegjennomføring.



Figur 5. Lyshyller

Isolerruter, belegg og mikrostrukturer

Isolerruter er en felles betegnelse på fabrikkframstilte to- eller flerglass ruter [6]. I all hovedsak er det to metoder for å lage solavskjermende vinduer; tilsette farge i glasset eller legge på et belegg. Førstnevnte vil redusere solvarmen med å absorbere solenergien. Glasset vil derfor kunne få svært høy temperatur og ved kraftige lokal skygger kan det oppstå store spenninger og brudd i glasset.

I dag finnes det flere forskjellige belegg eller filmer som kan legges på vinduer for å redusere solinnstrålingen. Noen er på lagt fra produsenten mens andre kan legges på etter montering av vinduet. Beleggene vil redusere innstrålingen men også redusere lystransmisjonen og utsyn. Det kommer av at halvparten av solenergien ligger i det synlige spekteret. Et belegg som reduserer solvarmen med 40 % vil da også redusere dagslyset med minst 20 % [7]. Dager hvor dagslyset er minimalt, deriblant på vinterstid, vil et slikt belegg kunne medvirke til en betraktelig reduksjon i dagslysnivået. Plasseringen av belegget er med på å bestemme hvilke egenskaper vinduet får. Vedlikehold av belegg er minimalt, men er belegget monter på utsiden av glasset må vask og renhold gjøres med forsiktighet for å ikke skade belegget.

Mikrostrukturer er en løsning som kan ligne på belegg. Det er snakk om et tynt sjikt som blir pålagt glasset, hvor strukturen til sjiktet avgjør hvordan stråling som blir transmittert inn. Strukturen kan bli bygd opp slik at stråling fra høy solhøyde blir reflektert bort, mens diffus stråling slipper inn.

Doble glassfasader

En dobbel glassfasade er en glassfasade påmontert utenfor den opprinnelige fasade. Det finnes mange forskjellige variasjoner av dette prinsippet, avhenging av hvilke egenskaper man ønsker. Ofte blir dette benyttet for å redusere energiforbruket, med å fungere som en klimabuffer. Rommet mellom fasadene kan holde en form for solavskjerming og andre tekniske installasjoner.

For å kunne utnytte egenskapene til en dobbel glassfasade må en styrbar ventilasjon benyttes. Dette gir mulighet for å regulere varmen som fanges opp i mellomrommet. Varmen kan enten bli ført ut av fasaden, eller bli brukt til oppvarming av bygget.

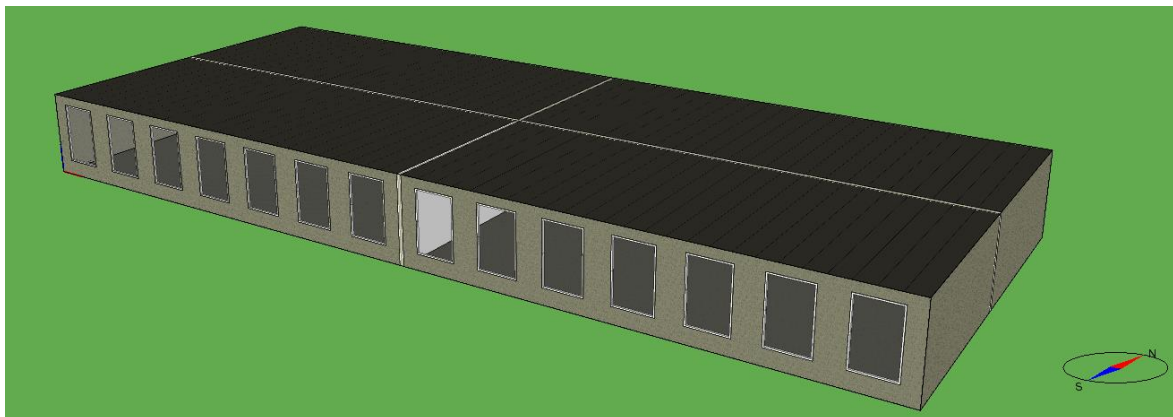
4 Case

Formålet med case studiet er å se på hvordan innvirkning solskjerming har på energiforbruket. Undersøkelsene som har blitt gjennomført ser på utnyttelsen av strålingsfluksen som blir transmittert gjennom vindus arealer med et energibesparende perspektiv. Det innebærer å analysere både varmetilførelse og behovet for kjøling. Et utvalg av solskjermings teknologier blir benyttet for å kunne evaluere egenskapene til teknologiene opp mot energiforbruket.

Hvor stor innvirkning solskjerming kan ha på energiforbruket korrelerer med klimaforholdene til lokasjonen for bygget. Det har derfor blitt utført en analyse av klimaforholdene til to byer i Norge; Oslo, og Tromsø. I tillegg til å ha en innvirkning på energiforbruket vil klimaet kunne påvirke utnyttelsen av solskjermingen. På lik linje med klimaet vil intensiteten av den innfallende strålingsfluksne på vinduene være sterkt avhengig av hvilken vending fasaden har. Den største kontrasten vil i de fleste tilfeller være mellom sør- og nord vendte fasader.

Simuleringene blir utført med programvaren IDA ICE.

For å redusere faren for eventuelle feil i modelleringen av referanse bygget har en enkel en etasjes kontorbygg blitt modulert. Bygget oppfyller spesifikasjonen satt i TEK 17, med standard verdier fra NS 3031:2016. Byggets BRA er på 360 m^2 ($15 \text{ m} \times 6 \text{ m}$) med en takhøyde på $2,8 \text{ m}$. Vinduene har et areal på $2,6 \text{ m}^2$ ($1,3 \text{ m} \times 2 \text{ m}$). Nærmere beskrivelse av byggets oppbygning blir presentert i kapittel 4.1.



Figur 6. Den simulerte bygningen

4.1 Bygningens oppbygning

4.1.1 Areal og geometri

Det er valgt å simulere en kompakt bygningskropp på en etasje. Avgjørelsene for å kun benytte en etasje er gjort for å redusere kompleksiteten for simuleringene, og med det minske risikoen for feil. En kompaktbygning vil redusere transmisjonstapet gjennom ytterflatene, samt redusere risikoen for økt infiltrasjon [8].

Bygningens BRA er på 360 m² med en takhøyde på 2,8 m. Bygningen er delt inn i fire soner; to nord vente og to sør vente. Sonene er i all hovedsak identiske, med et areal på 90 m². Ved å dele bygningen inn i fire soner er det mulig å se på energiforbruket til hver av sonene. Det kan da utføres en sammenligning mellom sør vente rom og nord vente rom. Begrunnelsen for å benytte to soner i hver vending av bygget er for å kunne variere solskjermingsteknologiene som blir benytt.

Vindus areal

Hver av sonene har syv vinduer med et areal på 2,6 m², med en høyde på 2 m og en lengde på 1,3 m. Til sammen tilsvare det et vindus areal på 18,2 m². Det gir et vindu til vegg (WWR) andel på 43%. En rapport som undersøkte vindu til vegg andel med tanke på energiforbruket til lavenergi kontorer, er grunnlaget for det valgte WWR[9].

For å kontrollere å kun analyserer solinnstrålingen fra Nord og Sør, har øst og vest side av bygget ingen vindusareal.

4.1.2 Varme og kjøling

Både varme og kjøling av rommene blir gjort med ideelle enheter. I IDA ICE er dette enheter som ikke har noen spesifikke detaljer angående plassering eller systemtype. Disse enhetene er valgt ettersom oppgaven ikke skal analysere effektiviteten av varme og kjøling systemet. Begge enhetene kontrolleres av en PI-kontroller, der settpunktetene for oppvarming og kjøling er sett etter NS 3031:2014.

Tabell 1. Settpunkt temperatur for oppvarming og kjøling, i henhold til NS 3031:2014

Settpunkt oppvarming, °C		Settpunkt kjøling, °C
I driftstiden	Utenfor driftstiden	
21	19	22

4.1.3 Ventilasjon

Bygningen blir utstyrt med et ventilasjonssystem med variabel luftmengde (VAV). Det er antatt full omrøring i systemet og derfor er gradienten satt til 0. Til lufttemperaturen er satt til å være konstant 19 °C. Det er valgt å kun styre ventilasjonen etter CO₂ nivået i sonene, dette er valgt for å ha bedre kontroll over hvor mye energi som blir brukt til å kjøle sonene. Settpunktet for CO₂ nivået er satt til 700-1000 ppm, utfra anbefalingen å ikke overstige 1000 ppm [8].

Minste tillatte luftmengde for kontorbygninger i henhold til NS3031:2014 er vist i Tabell 2. Ved bruk av VAV-anlegg kan luftmengden reduseres med 20%. Utfra dette har minste tillatte luftmengde tilført sonene blitt satt til 1,6 (L/s·m²) og største luftmengde til 7 (L/s·m²).

Tabell 2. Luftmengder for kontorbygg i henhold til NS3031:2014

	I driftstiden, m ³ /(h · m ²)	Utenfor driftstiden, m ³ /(h · m ²)
Kontrollberegninger mot offentlige krav (Tabell A.6)	7	3

Ventilasjonssystemet består har både et varme- og et kjølebatteri for å kunne opprettholde en konstant tilluftstemperatur. En varmegjenvinner med en effektivitet på 80% er installert. SFP faktoren til aggregatviftene er satt til 2 etter veiledende inndata fra NS 3031:2014. Det er antatt at viftene vil ha høy effektivitetsgrad og blir derfor satt til 80%.

I helger er det antatt at ingen skal oppholde seg i bygningen. Ventilasjonsanlegget vil da bli avslått.

4.1.4 Andre inndata

Bygningskroppen

Bygningskroppen har blitt konstruert etter minimumskravet til TEK 17, som vist i Tabell 3. Noen av verdiene er noe lavere enn det TEK 17 har satt som minimumskrav,

Tabell 3. Tek 17 Minimumskrav til energieffektivitet i henhold til TEK 17, og bruke verdier i referansebygget.

Bygningsdel	U-Verdi [W/m ² k]	
	TEK 17	Referansebygget
Yttervegg	0,22	0,22
Innvendig vegg	-	0,62
Tak	0,18	0,12
Gulv på grunn og mot det fri	0,18	0,16
Vindu og dør inkludert karm/ramme	1,2	Varierende
Luftveksling per time		
Lekkasjetall ved 50 Pa trykkforskjell	1,5	1,5

Kuldebro verdiene har blitt satt til typisk til god i IDA ICE, vedlegg B.

Internlast og driftstid

Internlasten er basert på verdiene oppgitt i NS3031:2014 for kontorbygg, som vist i Tabell 4.

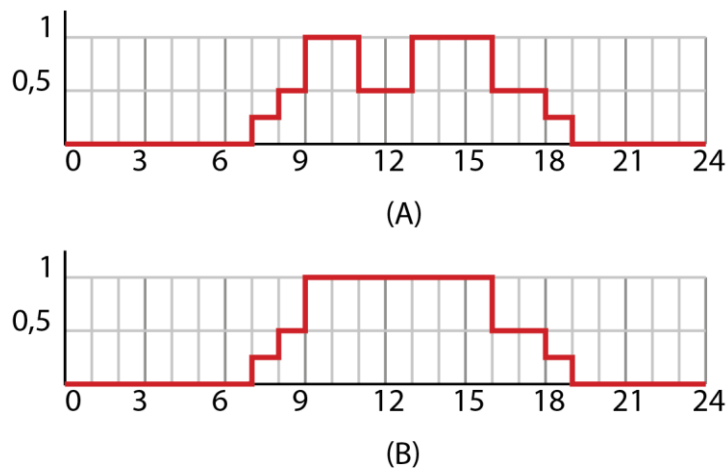
Tabell 4. Internlast og driftstiden i henhold til NS3031.

	Belysing	Utstyr	Personer
Varmetilskudd, W/m ²	8	11	4
Driftstid, timer/dager/uker	12/5/52	12/5/52	12/5/52

Hver sone er utstyr med 10 lys enheter med en effekt på 240W hvor 30% omgjøres til varme. Utstyrets utnyttelsesfaktor sett lik 1, det vil si at energien tilført blir utnyttet som varme i sonene.

Personbelastningen i IDA ICE beregnet utfra aktivitetsnivå og antall personer som oppholder seg i sonen. Det er derfor nødvendig å finne omentrent antall personer som vil oppholde seg i sonene og hvilket aktivitetsnivå de vil ha for å kunne bruke verdien fra NS3031:2014. Det antas et aktivitetsnivå på 1,2 MET med en variabel CLO verdi på $0,85 \pm 0,25$, som tilsvarer ca. 70 W/m^2 pr person [10]. Hver sone har et BRA på 90 m^2 , for å få en personbelastning på 4 W/m^2 tilsvarer det ca. 5 personer i hver sone.

Driftstiden for lys og personalet er vist i Figur 7. Den øverste (A) figuren beskriver tidsplanen for personbelastning. Det antas at bygningen vil ha en personbelastning fra 07:00-19:00, men med varierende andel. Det samme gjelder for lys tidsplanen (B).



Figur 7. Driftstid for personbelastning og lys. Hvor (A) er personbelastningen og (B) er lys.

Andre settpunkter

Andre settpunkt-verdier i sonen som ikke er nevnt ovenfor er satt til:

- Relativ fuktighet: 20-80%
- Dagslysnivå: 100-10000 Lux
- Trykkdifferanse til bygningskonstruksjon: -20 til -10 Pa.

Både relativ fuktighet og trykkdifferanse er settpunkter VAV-anlegget kan ta nytte av hvis styringsenheten endres. I prinsippet vil disse verdiene ikke bli benyttet i simuleringen, men pga. usikkerhet hvilke verdier som faktisk tas i bruk blir disse verdiene nevnt. Nedre settpunkt for dagslysnivået er når kunstig lys aktiveres, øvre settpunkt er når all kunstig lys blir slått av.

4.2 Eventuelle feilkilder i simuleringen

I Norge er det normalt sett programmet SIMIEN som blir benyttet for energiberegninger opp mot byggeforskriftene. Programmet er utviklet i Norge og er derfor skreddersydd for den norske beregningsmetodikken. IDA ICE er på andre siden et svensk utviklet program, som er valider iht. til NS-EN 15265 og kan derfor benyttes opp mot NS 3031. Energiberegninger utført med IDA ICE vil være mer tidkrevende og ha et større behov for manuelle tilpasninger [11].

Det har blitt gjort en rekke forenklinger i simuleringsmodellen, når disse lagges sammen kan det medføre til noe avvik med hensyn på en reell situasjon. Det er spesielt med tanke på at bygningen kun har en etasje. Varmeoverføring mellom etasjene vil derfor ikke bli medregnet. Planløsningen i etasjen tar kun høyde for fire kontorer, i en reell case vil det mest sannsynlig være flere rom og andre installasjoner som vil kunne påvirke energibehovet. Det har heller ikke blitt lagt vekt på hvilket oppvarming- og kjølesystem som blir benyttet i bygget.

Styringen av bygget har blitt utført til beste evne, men IDA ICE har mulighet for avanserte styringsløsninger for enhver teknisk installasjon. Det vil derfor medføre en viss usikkerhet rund hvordan hvert settpunkt vil påvirke systemets virking.

Vinduenes oppbygning blir omtalt i kapittel 4.3, eventuelle feilantagelser og forenklinger blir omtalt her. Som forklart er IDA ICE et program med svært mange parametere og har en avansert vindusoppbygning modul. Det har i denne oppgaven blitt fokusert på glass og solskjerming. Verdiene for ventilasjon, åpning, ramme og avstander og vinklinger for vinduene har ikke blitt undersøkt, og derfor ikke endret fra standardverdier gitt fra programmet. Sannsynlighetene for at dette kan påvirke energiforbruket er tilstede.

4.3 Vindu

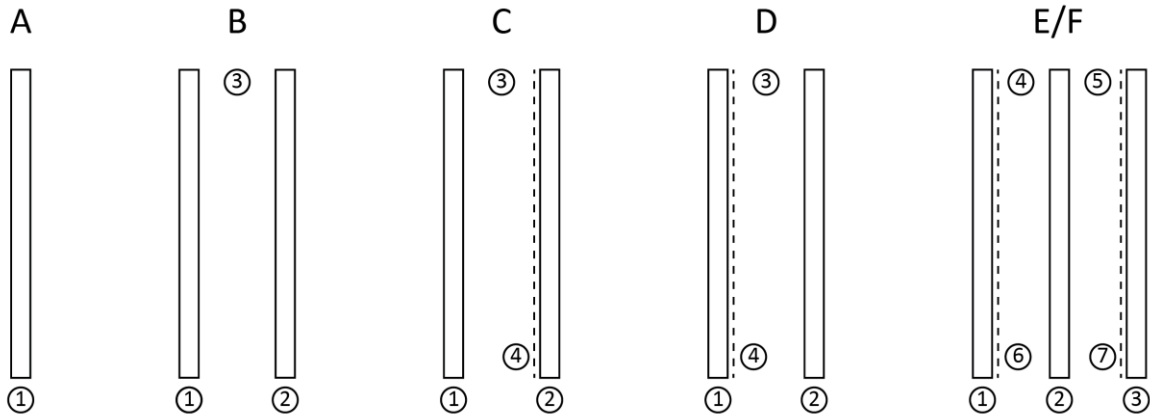
I NS-EN 14501 er det oppgitt fire forskjellige referanse vinduer som skal brukes ved sammenlign av ytelse og klassifisering av persienner, sjalusier og skodder. Referanse vinduene har et vidt spekter av egenskaper, som vist i Tabell 5. I tillegg til vinduene i NS-EN 14501 blir to vindu med bedre egenskaper fra produsenten Saint Gobain benyttet. Disse vinduet blir brukt for å kunne analysere effekten av solskjerming når vinduer med bedre egenskaper blir brukt.

Karmen til vinduene har blitt holdt konstant med en u-verdi på 2,0 og en ramme faktor på 0,1. Dette er verdier som kan tilsvare en aluminiumskarm.

Vinduenes oppbygning (Figur 8):

- A. Enkelt 4 mm float glass.
- B. Dobbelt 4 mm float glass med 12 mm mellomrom fylt med luft.
- C. Dobbelt 4 mm float glass med 12 mm mellomrom fylt med argon gass. I tillegg er det et lavemisjonsbelegg belegg på innvendig glass på utvendig side (C, 4).
- D. Dobbelt 4 mm float glass med 12 mm mellomrom fylt med argon gass. I tillegg er det et lavemisjonsbelegg belegg på utvendig glass på innvendigside side (D, 4).
- E. Trelags vindu. Utvendig glass Planitherm Ultra 4mm (E, 1), med et lavemisjonsbelegg belegg (E, 6). Mellom liggende glass Planilux 4mm (E, 2). Innvendig glass Planitherm Ultra 4 mm (E, 3), med et lavemisjonsbelegg belegg (E, 7). Mellomrommene (E,4-5) er fylt med argon gass.

- F. Trelags vindu. Utvendig glass COOL-LITE XTREME 50/22 6 mm (F, 1), med et lavemisjonsbelegg belegg (F, 6). Mellomliggende glass SGG Plainclear 4 mm (F, 2). Innvendig glass SSG Planitherm xn 4 mm (F, 3), med et lavemisjonsbelegg belegg (F, 7). Mellomrommene (F, 4-5) er fylt med 10% luft og 90% argon gass.



Figur 8. Oppbygning av vinduer i simuleringene.

Tabell 5. Egenskapene til vinduene i case studien.

Navn	Forkortelse	U_g [W/m^2k]	g	τ_e	τ_v	U [W/m^2k]
NS-EN 14501 A	A	5,89	0,85	0,83	0,89	5,50
NS-EN 14501 B	B	2,89	0,76	0,69	0,80	2,80
NS-EN 14501 C	C	1,24	0,59	0,49	0,72	1,31
NS-EN 14501 D	D	1,21	0,32	0,27	0,63	1,28
SSG Planitherm Ultra-N 3-panes	E	0,70	0,42	0,31	0,71	0,83
SSG Cool-Lite Xtreme 50/22	F	0,58	0,20	0,17	0,43	0,72

4.4 Solskjermings teknologi

Det er valgt å se på effekten av bruk av persienner som solskjermingsteknologi, fordi denne er den mest brukte teknologien når det kommer til dynamisk regulerbar skjerming [12].

Det er benyttet to typer lameller med forskjellige størrelse tilpasset plasseringen. Lamellenes material egenskaper vil påvirke effektiviteten til solskjermingen. Normalt sett vil materialegenskapene for utvendig og innvendige lammer være forskjellige. I denne oppgaven har det blitt valgt å la disse være like. Dette er gjort for å kunne analysere effekten av plasseringen av solskjermingen, uavhengig av materialegenskapene. Forenklingen vil medføre noe avvik fra hva som kan være forventet i en reell situasjon, men denne er ikke stor. Etter å ha undersøkt forskjellen mellom den valgte materialet og en generisk utvendig persienne materiale, var det kun g -verdien som ble 0,01-0,03 lavere med bruk av det generiske materialet.

Lamellenes størrelser og klimatisesettpunkt er:

- Utvending persienner har en bredde på 80 mm med en avstand på 80 mm mellom lamellene. Vindgrensen er satt til 15 m/s og temperaturgrensen til -20 °C.
- Innvendig persienner har en bredde på 25 mm med en avstand på 30 mm. Alle lamellen har samme emissivitet og reflektans.

Nærmere beskrive av materiale egenskapene er vist i vedlegg C.

I tabellen under er g-verdiene og U-verdiene for glass kombinert med solskjermingen presentert, resultatet er beregnet ur fra NS-ISO 15099. Det har kun blitt sett på vinduene fra C til F, begrunnelsen for dette er forklart i del kapitel 4.6.1. Helningsgraden til lamellene som blir analysert er $[0, 45, 75, 90]^{\circ}$, disse verdiene har blitt brukt i styringens algoritme, nærmere forklart i del kapitel 4.4.1.

For innvendig solskjerming selv ved en lamellvinkling på 90° vil det i beste tilfelle, vindu C, kun redusere g-verdiene med 37%. U-verdien for samme vindu og lamell helning tilsvarer en reduksjon på 22%, som også er det beste resultatet for innvendig solskjerming.

Utvending plassering av persienne vil ha en mye bedre virkningsgrad enn hva utvending solskjerming vil ha. Med en lamellvinkling på 45° vil reduksjonen på g-verdien ligge mellom 56-60%. U-verdien med 90° lamellvinkling vil være tilsvarende lik innvending solskjerming, men vil ha noe bedre u-verdi ved de andre lamellvinklingene.

Tabell 6. g-verdi og U-verdi for glass kombinert med de simulerte solskjermingsteknologiene til vinduene C til og med F. Beregnet etter NS-ISO 15099.

Vindu		U-verdi for glass og skjerming [W/m ² k]							
		<i>g_{tot}</i>							
		0°	45°	75°	90°	0°	45°	75°	90°
C	Innvendig	0,59	0,48	0,43	0,37	1,17	1,15	1,13	0,97
	Utvendig	0,60	0,24	0,06	0,03	1,1	1,08	1,04	0,95
D	Innvendig	0,33	0,28	0,24	0,21	1,14	1,12	1,10	0,95
	Utvendig	0,35	0,14	0,04	0,03	1,08	1,05	1,02	0,93
E	Innvendig	0,42	0,37	0,34	0,31	0,68	0,67	0,67	0,62
	Utvendig	0,43	0,17	0,04	0,02	0,66	0,66	0,64	0,61
F	Innvendig	0,19	0,17	0,15	0,14	0,56	0,56	0,55	0,52
	Utvendig	0,19	0,08	0,02	0,01	0,55	0,55	0,54	0,51

4.4.1 Styring

Solskjermings styring er satt til å aktiveres når en rekke med parametere er oppfylt. Målet med styringen er å tilføre solvarme til bygget når det er behov, samt redusere risikoen for blending. I tillegg er det lagt inn en enkel styring på lamell vinklingen.

Aktivering av solskjerming

Det er i grunn tre parametere som medvirker til aktivering av solskjermingen, disse er; solinnstrålingens intensitet, personbelastning og temperatur. Det er en av to sammensetninger av disse parameterne som må oppfylles for at aktiveringen skjer:

1. Solintensiteten er over 150 W/m^2 og det er en personal belastning på over 0,5. En person belastning på 0,5 betyr at 50% av personene som er forventet oppholder seg i rommet. Dette styres av tidskjemaet til personbelastningen.
2. Solintensiteten er over 150 W/m^2 og personal belastning på under 0,5 i tillegg til temperaturen i rommet er lavere enn den satte settpunkt temperaturen (21°C).

Når en av disse to betingelsene er oppfylt blir solskjermingen aktivert. I den bruke modellen vil det bety at så lenge solintensiteten er over 150 W/m^2 mellom 09-18.00 er solskjermingen aktivert. I restrendene tid vil solskjermingen aktiveres når solintensiteten overstiger 150 W/m^2 og temperaturen innvending er under 21°C .

Lamellvinkling

En optimal løsning for styring av lamellvinklingen er basert på solbanen [13]. Det er satt opp en tabell med lamellvinklingen utfra direkte solinnstråling, denne vises i Tabell 7. Denne løsningen er en forenkling av å styre lamellene utfra solbanen.

Formålet med å styre lamellene er i utgangspunktet å forhindre blending, dette er en parameter som ikke blir analysert i denne oppgaven. Som vist tidligere i Tabell 6 vil g-verdien være avhengig av lamellenes vinkling, og derfor medføre til energiforbruket til bygget. Utenfor driftstiden vil lamellvinklingen til enhver tid være 90° for å redusere varmetilskuddet, og derfor behovet for kjøling.

Tabell 7. Lamellvinkling utfra direkte solinnstråling.

Direkte solinnstråling	Lamell vinkling
$0 \leq E_{dir,h} < 150$	0°
$150 \leq E_{dir,h} < 400$	45°
$E_{dir,h} \leq 400$	75°
Utenfor driftstid	90°

4.5 Klimadata

Klimaforholdene er grunnlaget for forskjellene mellom de to byene. De forskjellige solskjermings teknologier har egenskaper som kan være avgjørende for hvordan teknologiene kan utnyttes ved forskjellige klimaforhold.

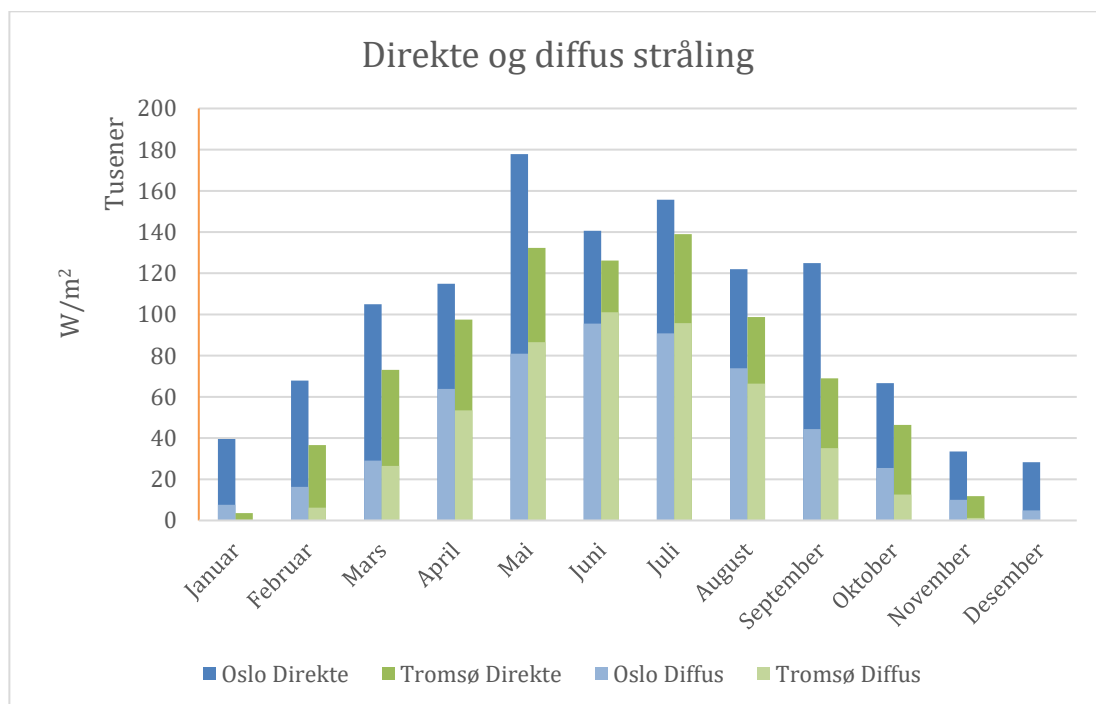
Klimadataene som blir brukt er fra ASHRAE's IWEC2. Databasen har samlet informasjon om temperatur, relativ fuktighet, vindretning, direkte solinnstråling, diffus solinnstråling og skydekke. Klimadataene er basert på 12-25 år med historisk værdata fra metrologiske rapportert, med unntak av solinnstråling. Solinnstrålingen blir beregnet utfra flere empiriske modeller basert på værdataene og solens bane[14].

Solbanen er forutsigbar, men faktorer som skydekke, fuktighet og andre påvirkende faktorer er varierende. Dette i tillegg til at solinnstrålingen kun er basert på empiriske modeller vil medføre noe usikkerhet på intensiteten. Det kan også oppstå store lokale variasjoner på grunn av blokkeringer, deriblant fjell og andre bygninger. I tillegg vil refleksjoner fra nærliggende reflekterende overflater som f.eks. vann og bygninger med store vindus areal kunne øke innstrålingen. Alt tatt i betraktning vil solinnstrålingen kun være et grovt estimat på hvordan solforholdene vil være.

Fra databasen har klimadataene fra Fornebu (Oslo) og Langnes (Tromsø) blitt benyttet.

4.5.1 Solforhold til kjente byer

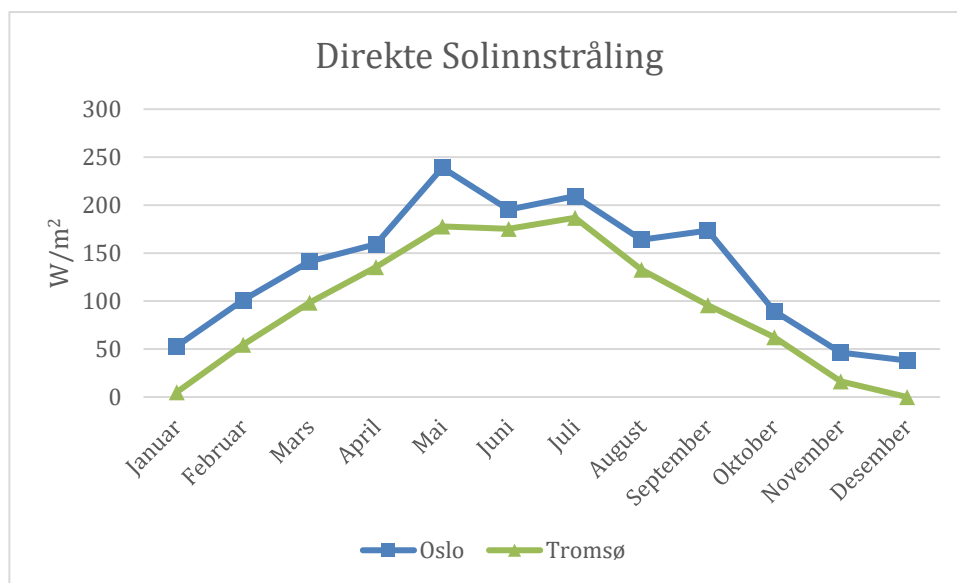
Solenergitilskuddet til bygningen blir beregnet utfra andel direkte og diffus solinnstråling. Det er derfor vesentlig å sammenligne og analysere solforholdet til de to lokasjonene. Solforholdene til Oslo og Tromsø er presentert i Figur 9. Oslo har desidert best solforhold, etterfulgt av Tromsø. Det tilsvarer godt med forventningen om bedre solforhold jo lengre sør i Norge man er. Blir solforholdene analysert på en månedlig basis kommer det frem at Tromsø har noe mer stabilt soltilskudd i løpet av sommer månedene.



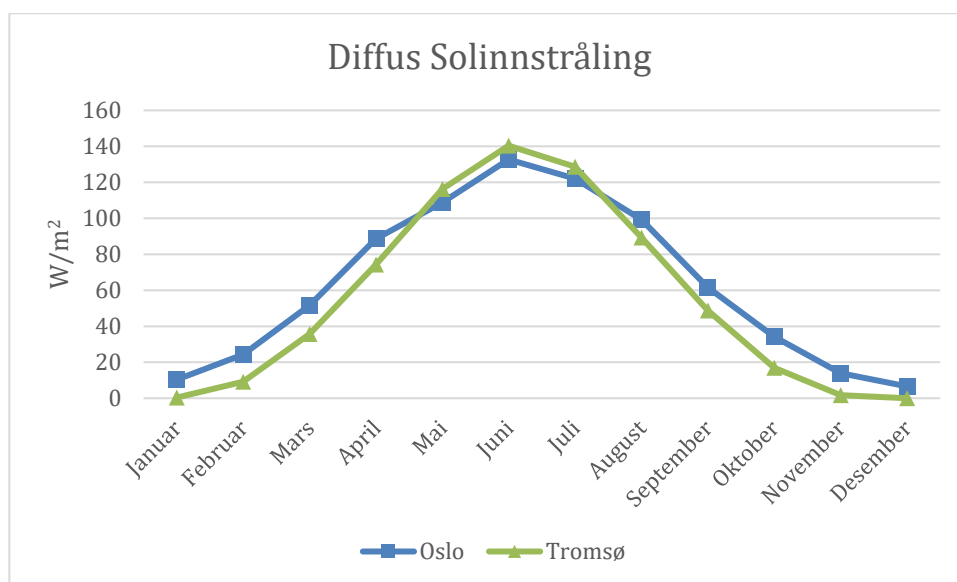
Figur 9. Sammenligning av direkte og diffus solinnstråling hver måned over ett år.

I Figur 10 vises gjennomsnittet av direkte solinnstråling for Oslo og Tromsø. Figur 11 gjør det samme for diffus solinnstråling. Disse gir i utgangspunktet en god indikasjon på hvordan solinnstrålingen er på en månedlig skala. Utfra grafene ser det tilsynelatende ut som at solinnstrålingen er relativt like i de tre byene. Problemet er at denne fremstillingen tar ikke høyde for hvordan solinnstrålingene er når solen faktisk er fremme.

Det er beregnet noe varierende solinnstråling fra mai til september i Oslo, som ikke følger den samme trenden som kommer frem i Tromsø. Det er ingen åpenbare forklaringer på hvorfor det skal være slikt. I beregningen blir ingen lokale blokkeringer medberegnet, de faktorene som da kan påvirke beregningene er temperatur, relativ fuktighet, vindhastighet og skydekke. Mest sannsynlig er det en kombinasjon av de nevnte faktorene, spesielt skydekke, som er årsaken variasjonen.



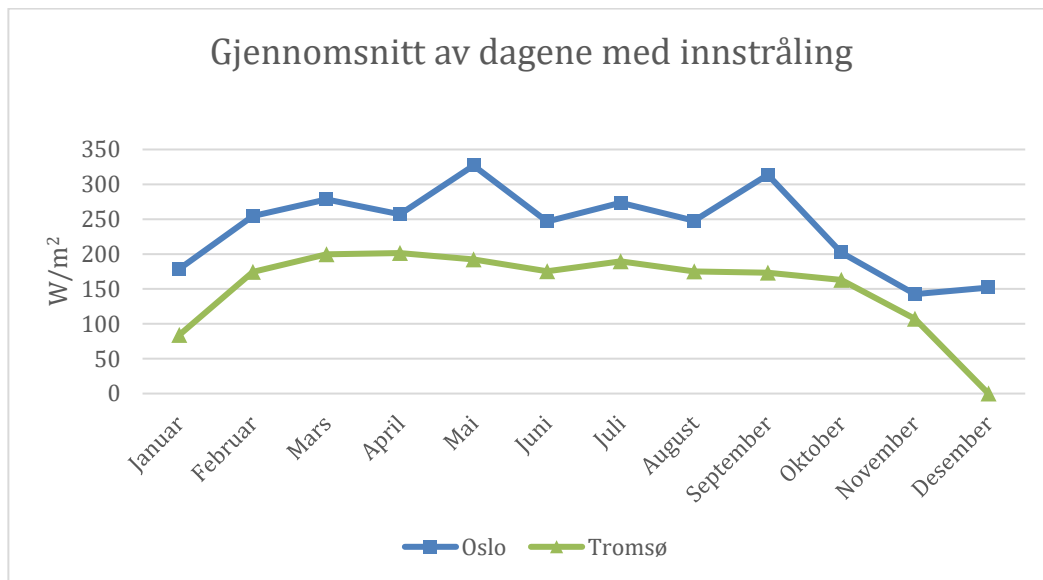
Figur 10. Gjennomsnittlig direkte solinnstråling for Oslo og Tromsø.



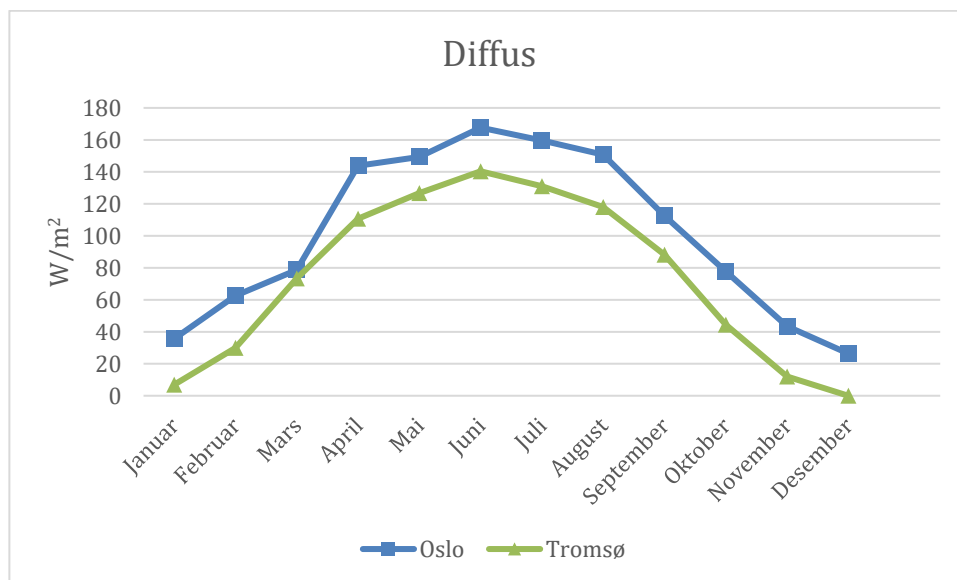
Figur 11. Gjennomsnittlig diffus solinnstråling for Oslo og Tromsø.

For å kunne gi et bedre bilde av hvordan solinnstrålingen er i de tre byene har gjennomsnittet av direkte og diffus solinnstråling blitt beregnet utfra når de to forskjellige solinnstrålingen er

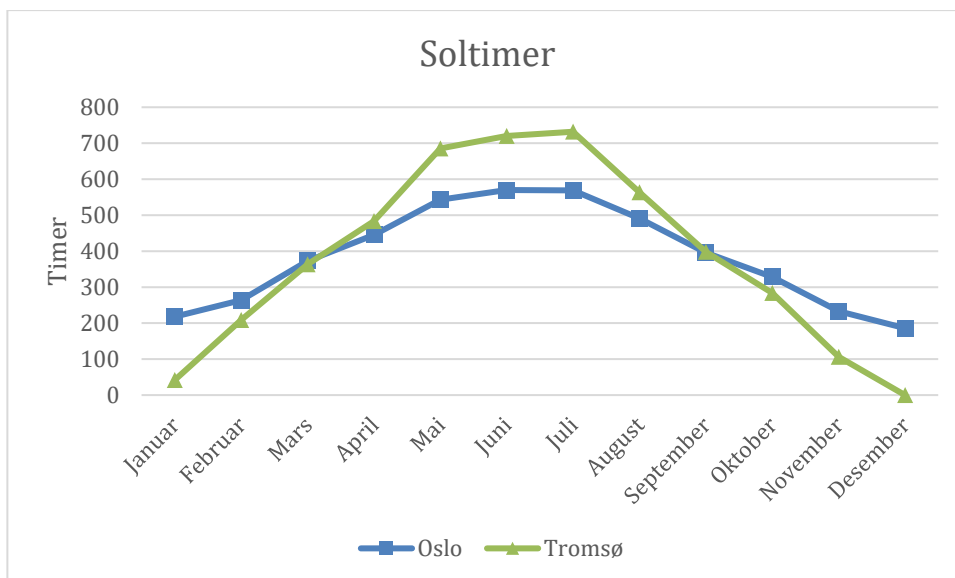
tilgjengelig. Disse er vist i Figur 12 og Figur 13. Som forventet utfra gjennomsnittet verdiene har Oslo størst solinnstråling når sola er fremme. Både Trondheim og Tromsø har noe lavere solinnstråling de fleste månedene. Det som er interessant er å se hvordan solinnstrålingen er i vintermånedene, her kommer Oslo klart best ut. I den her perioden vil behovet for oppvarming være størst, derfor kan solavskjerming ha en negativ effekt på energiforbruket, fordi den hindrer solenergien i å slippe inn i bygget. Trenden til gjennomsnittlig diffus solinnstråling når sola er fremme er tilsvarende lik gjennomsnittlig diffuse solinnstrålingen.



Figur 12. Gjennomsnitt av direkte solinnstråling de timene hvor direkte solinnstråling er tilstede.



Figur 13. Gjennomsnitt av diffus solinnstråling de timene hvor diffus solinnstråling er tilstede

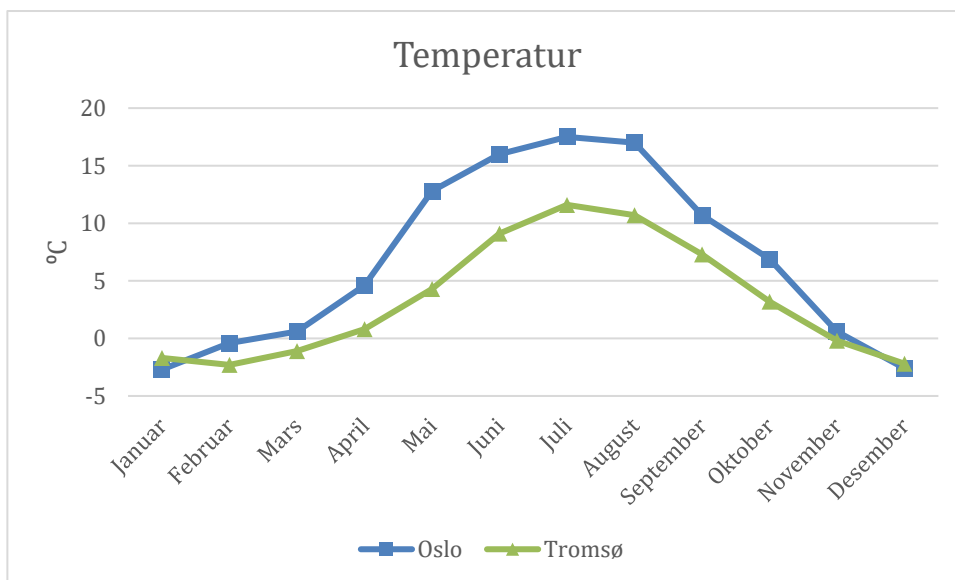


Figur 14. Soltimer i løpet av ett år.

4.5.2 Temperatur forhold

Energi forbruket er sterkt avhengig av temperaturen utvendig, både når det kommer til oppvarming og kjøling. U-verdien til vindusarealet er normalt sett mye høyere enn ytterveggen og vil derfor transmittre mer energi. Solskjermingen kan påvirke vinduets U-verdi og derfor påvirke energiforbruket gjennom varme transmittering.

Oslo har desidert høyst temperatur gjennom hele året. Tromsø vil derimot ha noe lavere gjennomsnitts temperatur i løpet av hele året, som vist i Figur 15. Nærmere illustrasjon av temperaure svingningen er presentert i vedlegg D.



Figur 15. Gjennomsnitts temperatur for Oslo og Tromsø.

4.6 Resultat

Energiforbruket til ventilasjonsanlegget, lokal oppvarming og kjøling har blitt analysert for hver av vindustypene med de valgte solskjermingsteknologiene. Kombinert blir de i denne oppgaven sett på som totalt energiforbruk, merk at varmtvann, belysning, utstyr og annet ikke blir medregnet. Disse verdiene har blitt holdt tilnærmet konstant, ettersom settverdiene er de samme i alle simuleringene.

Kontorbygg må ha en eller annen form for solskjerming for å forhindre blanding, det vil derfor ikke være reelt så på energiforbruket uten noen form for solskjerming. For å kunne se forskjellen mellom vindustypenes g-verdi og U-verdi, er det aktuelt å analysere varmembalansen gjennom vinduene.

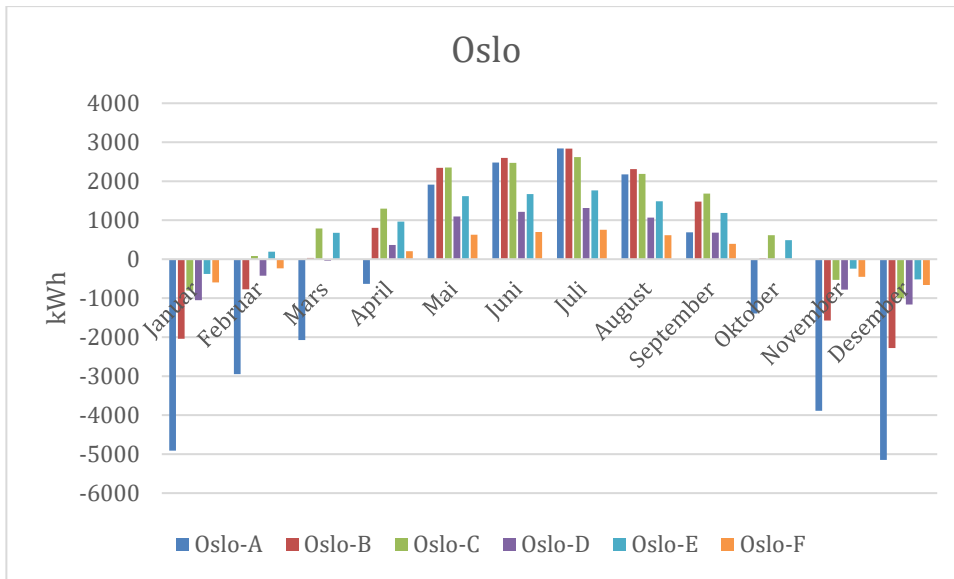
4.6.1 Varmebalansen gjennom vinduene uten solskjerming

Netto energitilskudd gjennom vinduer blir beregnet ut fra lang- og kortbølge stråling, samt varme transmisjonen gjennom glasset og rammen. Avhengig av hvilken måned det er vil denne energien kunne utnyttes eller måtte fjernes.

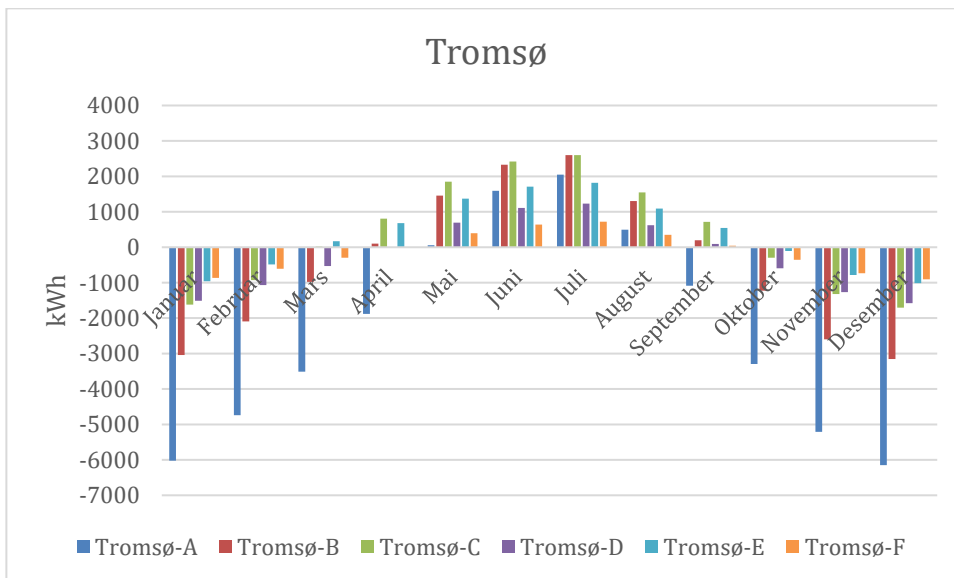
Oslo og Tromsø har både positivt tilskudd og negativ energi tilskudd i løpet av et år i varierende grad, som vist i Figur 16 og Figur 17. I de månedene hvor netto energitilskudd fra vinduene er negativt er varme transmisjonen ut av bygget større enn tilskuddet av varme og innstråling fra utsiden. De månedene hvor energitilskuddet er positivt tilsier det ikke en reduksjon av energiforbruket, det er avhengig av hvordan oppvarmingsbehovet er den aktuelle måneden. De månedene hvor energitilskuddet er stort og temperaturen er høy vil det oppstå et varmeoverskudd i bygget. Det vil medføre et nedkjølingsbehov for å kunne opprettholde en akseptabel operativtemperatur.

Vindu A og B har mye høyere U-verdi enn de andre vinduene i simuleringen, i figurene for netto energi tilskudd kommer det klart frem et energitap i løpet av månedene med lave temperaturer. I sommer månedene vil disse vinduene transmittre mer energi inn i bygget, pga. høyere g-verdi, men vil også transmittre ut en god del varme på natten og de dagene hvor temperaturen er lav. Netto energitilskuddet for vindu A, B og C, kan trenden til gjennomsnittlig solinnstråling og temperatur gjenkjennes. For vindu D, E og F er den samme trenden nærmest ikke tilstedeværende, som er et resultat av lav U-verdi og g-verdi. I et energiperspektiv er det en egenskap som ofte er ønsket. Når energitilskuddet fra vinduene er forutsigbart vil det være mulig å kunne dimensjonere et høyeffektivt og stabilt oppvarming- og ventilasjonssystem.

Av de vinduene som har blitt simulert er det vindu C, D, E og F som har størst relevansen for dagens marked. For videre analyse av energiforbruket vil disse vinduene bli brukt.



Figur 16. Netto energi tilskudd gjennom vinduene uten solskjerming for Oslo

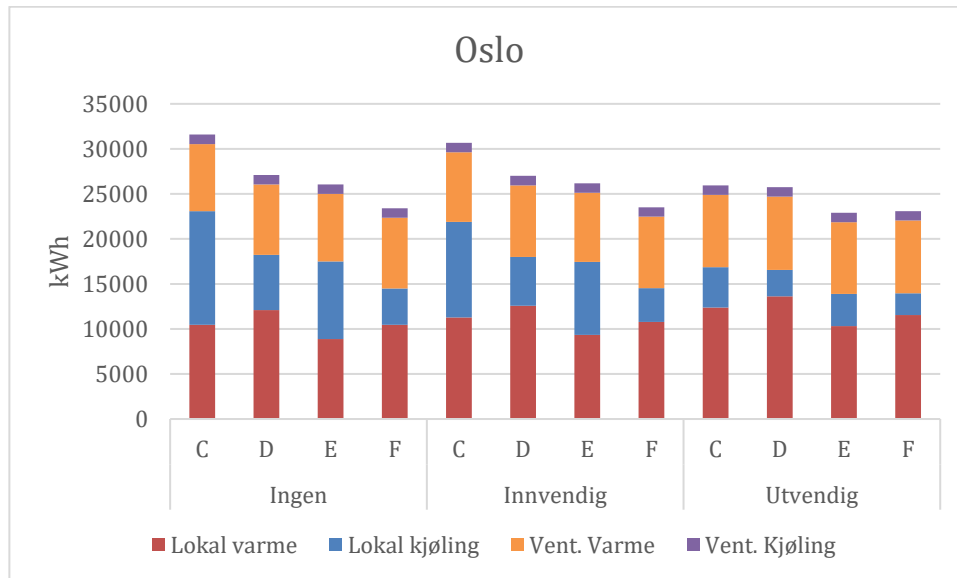


Figur 17. Netto energi tilskudd gjennom vinduene uten solskjerming for Tromsø

4.6.2 Oslo klima

Total energi forbruk i Oslo

Energiforbruket til kontorbygget har blitt simulert med vinduene C til og med F. Som referanse har bygget blitt simulert uten solskjerming. Dette vil legge til grunn for sammenligning av besparelse av energiforbruket, mellom innvendig og utvendig plassering av persiennene. Resultatene for det totale energiforbruket fra simuleringene blir vist i Figur 18.



Figur 18. Energiforbruk for bygningen i Oslo.

Det totale energiforbruket blir lavere jo bedre vinduskonstruksjon som blir benyttet. Vindu C har desidert størst totalt energiforbruk uavhengig av hvilken solskjerming som blir benyttet. Det beste vinduet, F, har som forventet det laveste energiforbruket, uavhengig av benyttet solskjerming. Resultatene for er i stor grad som forventet, utfra ideen om jo bedre egenskaper vinduene har jo lavere energibehov vil bygningen ha.

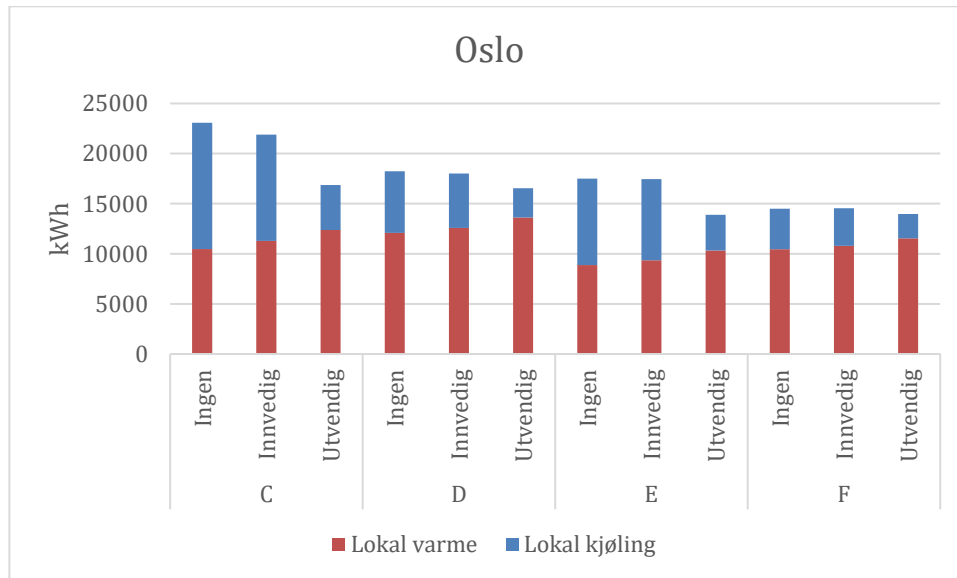
Ut fra simuleringresultatene for innvendig solskjerming har det totale energiforbruket blitt beregnet til å kun redusere energiforbruket med 3% i det beste tilfellet, og det dårligste resultatet tilsvarer en økning på 0,5%. Når det er så minimale forskjeller mellom å bruke innvendig solskjerming kontra å ikke bruke det, er det forsvarlig å konkludere med at innvendig solskjerming ikke har noen innvirkning på det totale energiforbruket.

Utvending solskjerming er den metoden som vil gi best resultatet. Vindu C er det vinduet som vil ha størst reduksjon i energiforbruket ved bruk av utvending solskjerming, som gir en reduksjon på ca. 18%. Ut fra simuleringene presentert i Tabell 6, er det vinduet C kombinert med utvending solskjerming som har de beste reduksjonene til både g og U-verdi. Som da gjenspeiles i det totale energiforbruket. Med å bruke utvending solskjermen blir forskjellene mellom vinduene C og D kombinert med solskjerming er i stor grad borte, det samme gjelder for vindu E og F.

Når bygget er plassert i Oslo vil kjølingsbehovet for ventilasjonene være tilnærmet konstant, på ca. 1050 kWh. Det blir slik fordi settpunktet for ventilasjons kjøling er satt ut fra utvending temperatur. Ventilasjonsvarmen vil i noe større grad variere, ca. 7840 ± 342 kWh.

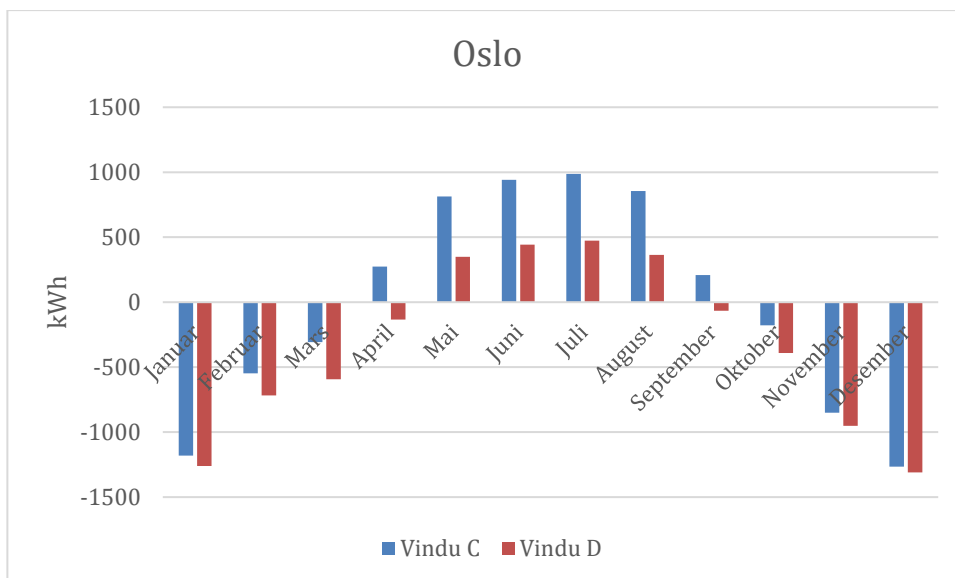
Energiforbruk til varme og kjøling i Oslo

Det som er mest interessant å se nærmere på er energiforbruket til lokal varme og kjølings enhet, Figur 19. På grunn av måten modellen er bygd opp på vil disse to enhetene stå for energiforbruket til oppvarming og kjøling. For innvendig skjerming vil gjennomsnittets oppvarming øke med 5% og kjøling reduseres med 10%. For utvendig skjerming vil gjennomsnittets oppvarming øke med 15% og kjøling reduseres med 53%.



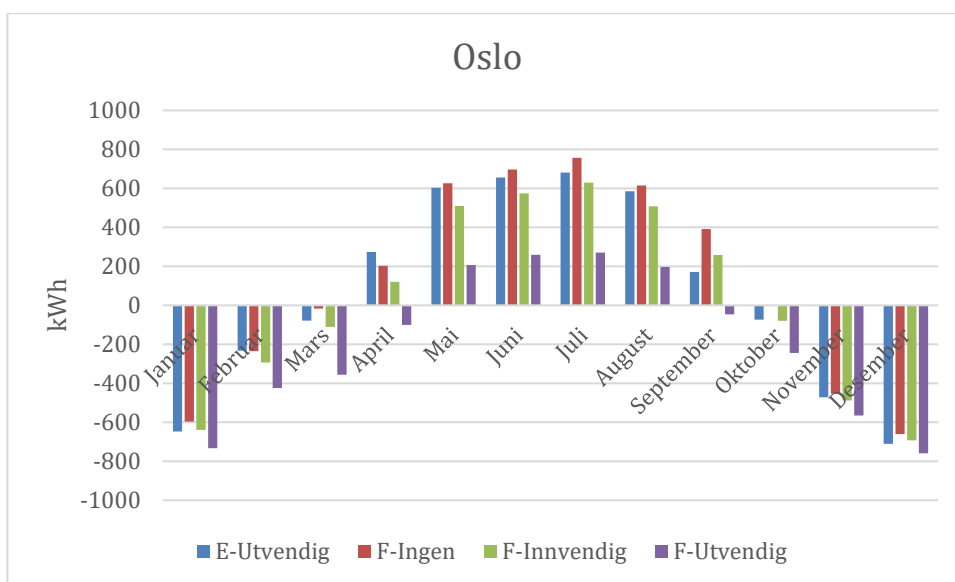
Figur 19. Lokalt varme og kjølingsbehov i Oslo.

Tidligere i Figur 16 har netto energitilskudd for vinduene blitt vist, utfra den figuren kom det frem en forskjell mellom vindu C og D. Med utvendig solskjerming vil denne forskjells trenden ikke endre seg stort, vist i Figur 20. Det som har skjedd er at differensen mellom det totale netto energitilskuddet her endret seg, fra ca. 9500 kWh til ca. 3500 kWh. Tidligere var energitilskuddet positivt og vil derfor måtte fjernes, som vist i figuren over. Når utvendig skjerming blir benyttet er energitilskuddet negativt og mer energi måtte tilføres for oppvarming. På grunn av reduksjonen av differansen mellom de to vinduene blir energibehovet for bygget med begge vindus konstruksjonene med utvendig solskjerming være tilnærmet lik.



Figur 20. Netto energitilskudd for vindu C og D i Oslo med utvendig skjerming.

Vindu F uavhengig med eller uten solskjerming har tilnærmet likt total oppvarming og kjølings behov som vindu E med utvendig solskjerming. Ved å se nærmere på energitilskuddet gjennom disse vinduene, Figur 21, kommer det klart frem en likhet mellom disse. Fra tidligere i Figur 16 var forskjellen mellom netto energitilskudd til vinduene på ca. 7800 kWh. Når utvendig solskjerming blir brukt, vil forskjellen mellom netto energitilskudd til vinduene ligge på ca. 3000 kWh. Totalt netto energitilskudd med vindu F og utvendig solskjerming er negativ, og vil derfor ha et større varmebehov, som vist i Figur 19. Merk også at netto energitilskudd i løpet av sommer månedene ikke er stort og derfor vil behovet for kjøling reduseres.

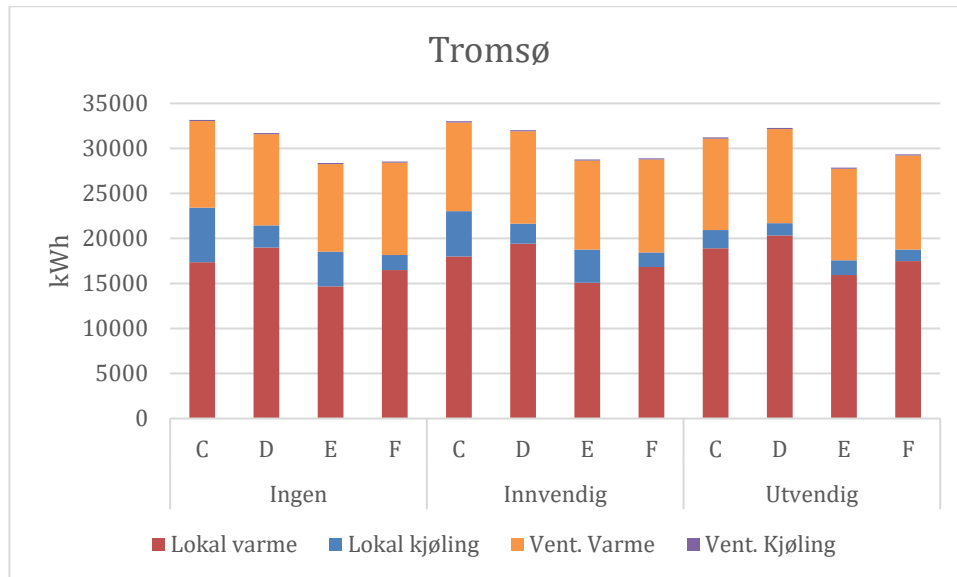


Figur 21. Netto energitilskudd for vindu E med utvendig solskjerming, og vindu F med og uten solskjerming i Oslo.

4.6.3 Tromsø klima

Total energi forbruk i Tromsø

Kontorbygget som har blitt simulert i Oslo, er identisk med det bygget som har blitt simulert i Tromsø. Den eneste endringen som er gjort er å endre klima filene og plasseringen. I Figur 22 vises energiforbruket til bygningen i Tromsø.



Figur 22. Energiforbruk for bygningen i Tromsø.

Med å ikke bruke solskjerming vil bygget med vindu C ha høyest energiforbruk og vindu E vil ha lavest. Reduksjonen i det totale energiforbruket tilsvarer ca. 4800 kWh, som er en reduksjon på ca. 14%. Normalt sett vil det antas at vindu F vil være det vinduet som vil kunne redusere energiforbruket mest, pga. lavere u-verdi. Forskjellene mellom U-verdien til vindu E og F er på 0,11 W/m²k mens forskjellen på g-verdien er på 0,22. I Tromsø er temperaturen såpass lav at den solinnstrålingen som blir tilført bygget ikke tilsvarer varmetapet pga. temperaturen.

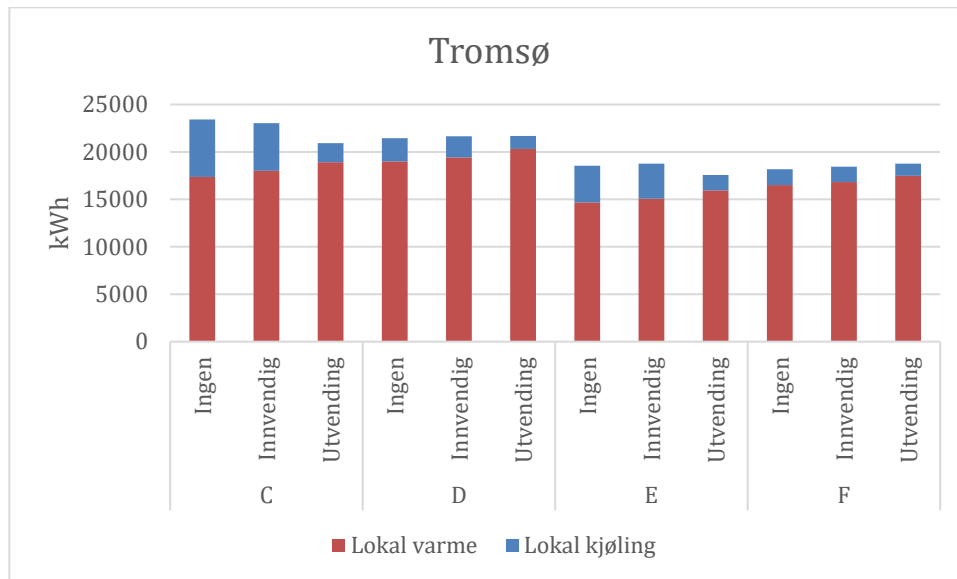
Når det benyttes innvendig persienner blir trenden for det totale energi forbruket mellom vinduene ikke endret i forhold til å ikke bruke noen form for skjerming. Utfra simuleringsresultatene ble det beste resultatet en reduksjon på 0,44%, vindu C. Mens det dårligste resultatet tilsvarer en økning av energiforbruket på 2,8%, vindu F. Både vindu D og E hadde også et økt energiforbruk når innvendig skjerming ble benyttet. På lik linje med Oslo klimaet kan det konkluderes med at innvendig persienner ikke vil påvirke energiforbruket.

Utvendig persienner vil i beste situasjon, vindu C, redusere energiforbruket med 5,9% i forhold til å ikke bruke solskjerming. Det dårligste resultatet er ved bruk av vindu F, da blir det totale energiforbruket økt med 2,8%, i forhold til å ikke benytte solskjerming. Når utvendig solskjerming blir benyttet vil vindu E være den beste løsningen, og vindu D være den dårligste. Forskjellen mellom det totale energiforbruket mellom disse to er en reduksjon på 13,7%.

I Tromsø klima vil kjølingsbehovet for ventilasjonene være tilnærmet konstant, på ca. 130 kWh. Det blir slik fordi settpunktet for ventilasjons kjøling er satt utfra utvending temperatur. Ventilasjonsvarmen vil i noe større grad variere, ca. 10100 ± 425 kWh.

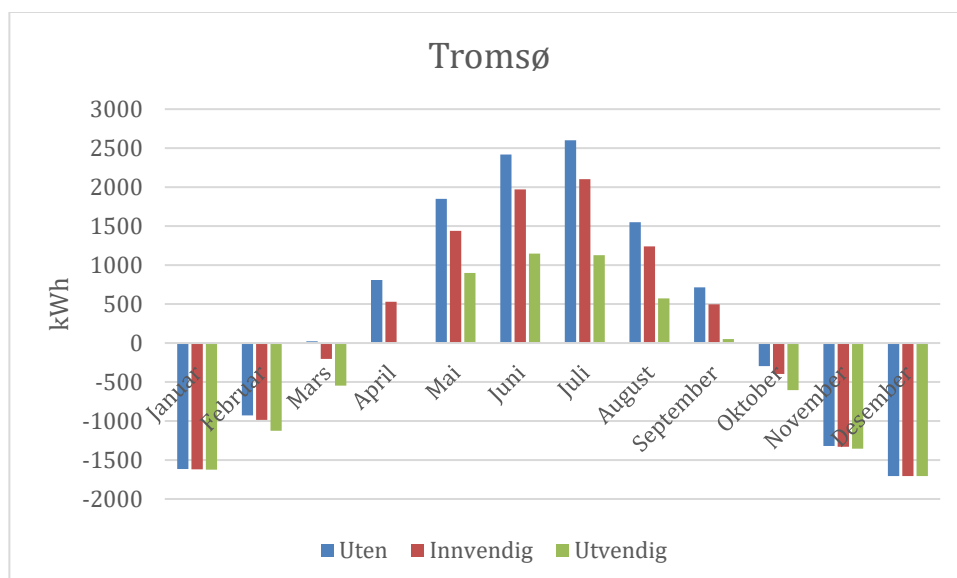
Energiforbruk til varme og kjøling i Tromsø

Energiforbruket til lokal varme og kjølingsenhet er vist i Figur 23. For innvendig skjerming vil gjennomsnittets oppvarming øke med 3% og kjøling reduseres med 8%. For utvendig skjerming vil gjennomsnittets oppvarming øke med 8% og kjøling reduseres med 48%.



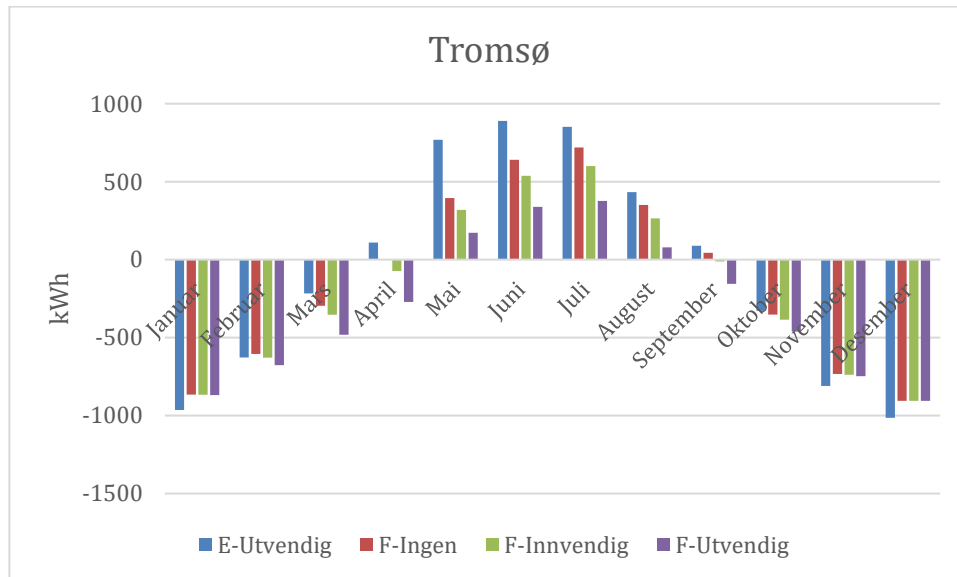
Figur 23. Lokalt varme og kjølingsbehov i Tromsø.

Vindu C vil ha den største reduksjonen av energiforbruket tilknyttet varme og kjøling behovet. Fra å ikke benytte solskjerming til å bruke utvendig vil energibehovet for kjøling reduseres med ca. 67% og oppvarmingen økes med 9%. I Figur 24 vises netto energitilskudd for vind C, merk fra oktober til mars har vinduet med utvendig persienner større varmetap en vinduet med innvendig skjerming og uten noen form for skjerming. I løpet av disse er varmebehovet stort, pga. temperaturen. Det medfører til økningen på varmebehovet. I løpet av sommer månedene vil vinduet med utvendig persienner kunne redusere varmetilskuddet, og derfor reduseres kjølebehovet.



Figur 24. Netto energitilskudd for Vind C i Tromsø.

Vindu E med utvendig skjerming er den løsningen som vil ha lavest energiforbruk. I forhold til den dårligste løsningen, vindu C uten skjerming, tilsvarer det en reduksjon for varme og kjølings behov på ca. 25%. Ved å undersøke netto energitilskudd til vindu E med utvendig solskjerming opp mot løsningene for vindu F, kommer det frem hvorfor energibehovet blir lavere med vindu E. I løpet av vår og høst månedene vil vindu E slippe inn mer solvarme og derfor redusere energibehovet for oppvarming. I løpet av sommer månedene vil solinnstrålingen være noe høyere, men forskjellen er ikke av en størrelse som vil gi noe stort utslag på kjølingsbehovet.



Figur 25. Netto energitilskudd for vindu E med utvendig solskjerming og vindu F i Tromsø.

5 Diskusjon

Måten kontorbygget er modellert kan medføre noe usikkerhet rundt hvor realistisk simuleringene vil være. Når det velges å bruke ideelle varme og kjøling systemer vil virkningsgraden til enhver tid være optimal. Realistisk sett vil et oppvarmingssystem ha en øvre grense på effekt den kan avgi, det samme gjelder for lokal kjølingsenhet. Dette har ikke de ideelle enhetene. Måten simuleringene blir utført på vil likevel gi et klarere bilde på hvilken effekt solskjerming har på energiforbruket. Nettopp på grunn av at energiberegningene ikke blir påvirket av lokale varme og kjøling enhetenes virkningsgrad.

Utfra resultatene viste det seg at når U-verdien til vinduene blir mindre vil det i de fleste tilfeller påvirket energiforbruket i en positiv forstand, energiforbruket går ned. Det er likevel ikke nødvendigvis slik at oppvarmingsbehovet blir mindre, men kombinert med kjøling vil det totale energiforbruket gå ned. Når vindu F ble undersøkt i Tromsø ble det observert en motstridene effekt, vinduet hadde ikke lavest energiforbruk. Dette indikerer at når vinduer og solskjerming skal dimensjoneres i områder hvor solinnstrålingen og temperaturen er lav, vil det nødvendigvis ikke kun være tilstrekkelig å bruke lavest mulig U-verdi. Selv ved lav solinnstrålings intensitet kan solenergien påvirke bygningens energibehov.

Både i Tromsø og Oslo har innvending solskjerming nesten ingen ting å si på energiforbruket. Forholdet mellom kjøling og oppvarming endres heller ikke. Det antas derfor at innvendig solskjerming ikke kan benyttes som et energibesparende tiltak. Innvending solskjerming vil derfor kun ha som funksjon å hindre blinding, og mest sannsynligvis lokal diskomfort.

Resultatene for utvendig solskjerming viser en energireducerende effekt og kan derfor benyttes i for å redusere energibehovet. Merk at jo dårligere soltekniske egenskaper vinduet har, jo bedre vil solskjermingen fungere. Vinduene E og F med utvending skjerming ga nesten ingen endring i energiforbruket. Det samsvarer med funnet gjort uten solskjerming, vindu E er bedre i Tromsø enn vindu F.

6 Konklusjon

Resultatene til modellen som har blitt simulert viser en klar trend i reduksjon av energiforbruket til lokal kjøling når utvendig solskjerming blir brukt. For Oslo tilsvarte det en gjennomsnittlig reduksjon på 53% og i Tromsø 48%. Energiforbruket til lokal varme enhet økte i Oslo med 15% og Tromsø med 8%. For innvendig skjerming ble det ikke registrert store forskjeller mellom å bruke solskjerming og ikke bruke det. Det kan derfor konkluderes med at innvendig solskjerming ikke kan brukes som et energireducerende tiltak. Det er forventet at denne typen solskjerming kun skal brukes for å hindre blanding.

Når nye bygg skal planlegges må solforholdene bli tatt i betraktning ved valg av vinduer og solskjerming. Forskjellene mellom Oslo og Tromsø var relativt store. Det er ikke nødvendigvis bestandig rett å kun gå etter U-verdien til vinduene, man må også ta høyde for hvor mye solenergi de vil slippe inn. Dette er også viking når solintensiteten ikke er stor. Selv små mengder med solinnstråling kan gi bygningen et redusert energibehov for oppvarming.

7 Videre arbeid

Oppgaven har tatt for seg et forenklet kontorbygg på en etasje, med ideelle oppvarming og kjøling enheter. Videre arbeid vil være å simulere et reelt bygg med tekniske installasjoner som har reelle virkningsgrader og egenskaper.

I denne oppgaven var det kun persienner som ble undersøkt. For å kunne med sikkerhet kartlegge effekten av solskjerming og lage en anbefaling for hvilken teknologi som burde brukes i forskjellige sammenhenger. Deriblant plassering av bygget, forventet klima påkjenninger og ønsket effekt. Må flere teknologier simuleres og sammenlignes.

Inneklimate har ikke blitt undersøkt, det vil være ønskelig å kunne se på hvordan effekten solskjerming har på arbeidsmiljøet. Da med tanke på lokal diskomfort, blanding og forstyrrelser. Med forstyrrelser mens den automatiske styringen av aktiveringen til solskjermingen. Dette er også et område som kan trenge videre arbeid. Med å finne en optimal styring av solskjermingen, er det tenkelig at energibehovet kan gå ned ytterligere og øke inneklimate.

8 Kilder

- [1] *TEK17 - § 17-1. Ikrafttredelse.* .
- [2] *TEK17 - § 13-7. Lys.* .
- [3] «IDA ICE - Simulation Software | EQUA». [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.equa.se/index.php/en/ida-ice>. [Åpnet: 24-mai-2018].
- [4] EQUA Simulation AB 2013, «IDA Indoor Climate and Energy 4.5». EQUA Simulation AB, 01-feb-2013.
- [5] Byggforsk, «Solskjerming. Typer og hensyn ved valg». 2017.
- [6] Byggforsk, «Isolerruter. Typer og konstruksjoner». 2016.
- [7] Statens Byggeforskningsinstitutt, *Solafskærmninger*. Kbh.: Statens Byggeforskningsinstitutt, Aalborg Universitet, 2016.
- [8] Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet og SINTEF, *ENØK i bygninger effektiv energibruk*. Oslo: Gyldendal undervisning, 2007.
- [9] F. Goia, M. Haase, og M. Perino, «Optimizing the configuration of a façade module for office buildings by means of integrated thermal and lighting simulations in a total energy perspective», *Appl. Energy*, bd. 108, s. 515–527, aug. 2013.
- [10] H. E. Hansen, P. Kjerulf-Jensen, O. B. Stampe, og Dansk Varme- og Klimateknisk Selskab, *Varme- og klimateknik, grundbog*. Lyngby: Danvak, 2013.
- [11] I. R. Ørnes, «Bruk av BIM i energiberegninger», s. 20, jan. 2013.
- [12] I. Bryn, A. Bjørnulf, S. Gedsø, og L. Karlsen, «Glass i fasader og solskjerming». Erichsen & Horgen AS og Glass og Fasadeforeningen, 2014.
- [13] M. Thalfeldt og J. Kurnitski, «External shading optimal control macros for 1- and 2-piece automated blinds in European climates», *Build. Simul.*, bd. 8, nr. 1, s. 13–25, feb. 2015.
- [14] «Frequently Asked Questions about ASHRAE IWEC2 Weather Data and White Box Technologies». [Online]. Tilgjengelig på: <http://ashrae.whiteboxtechnologies.com/faq>. [Åpnet: 28-apr-2018].

9 Vedlegg

A. Grenseverdiene til NS-ISO 15099

8.2.2 Winter conditions

$$T_{\text{int}} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{ex}} = 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$h_{\text{cv,int}} = 3,8 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$$

$$h_{\text{cv,ex}} = 20 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$$

$$T_{\text{r,m}} = T_{\text{ex}}$$

$$I_{\text{S}} = 300 \text{ W}/\text{m}^2$$

8.2.3 Summer conditions

$$T_{\text{int}} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{ex}} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

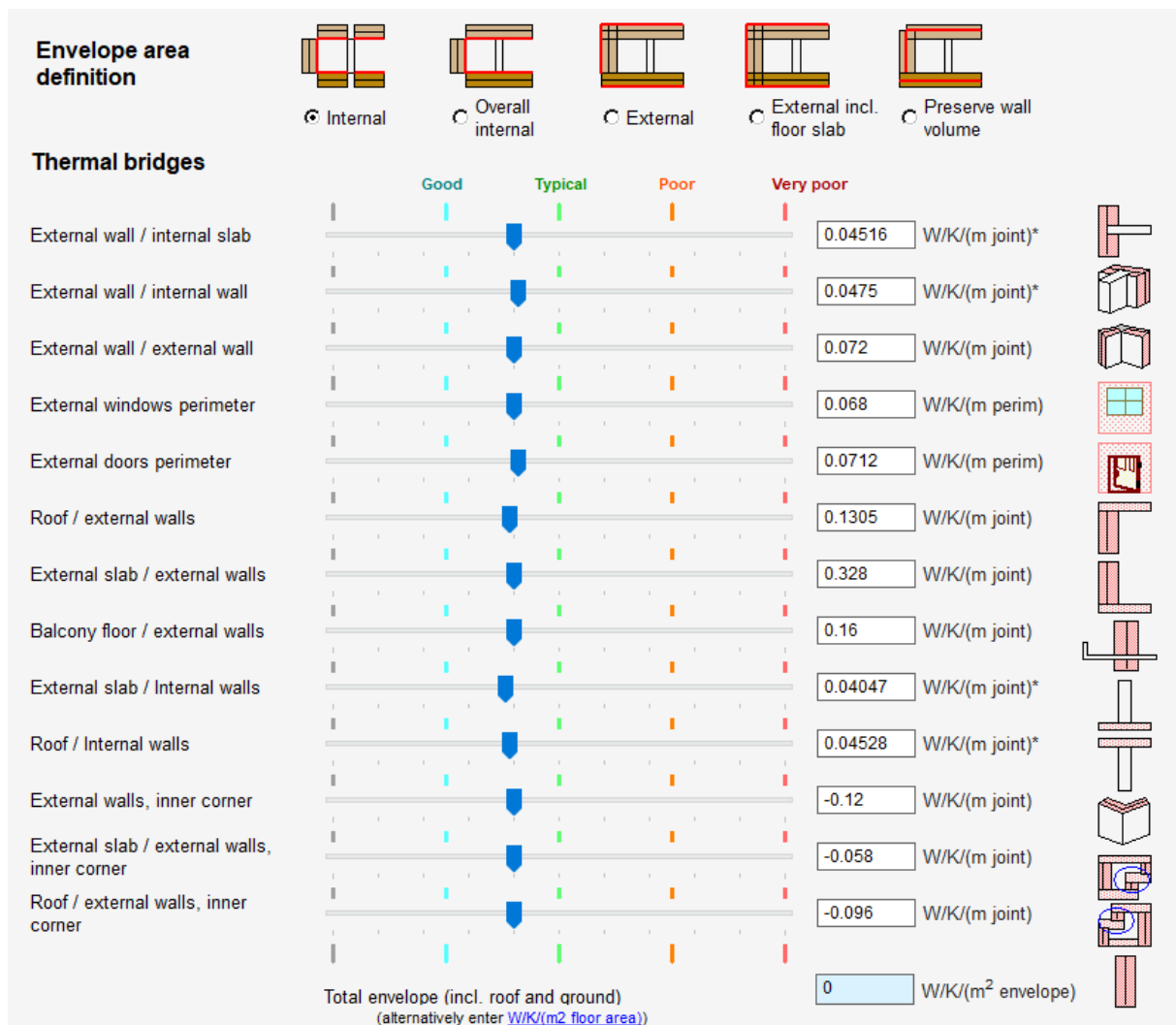
$$h_{\text{cv,int}} = 2,5 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$$

$$h_{\text{cv,ex}} = 8 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$$

$$T_{\text{r,m}} = T_{\text{ex}}$$

$$I_{\text{S}} = 500 \text{ W}/\text{m}^2$$

B. Kuldebro verdier til kontorbygget

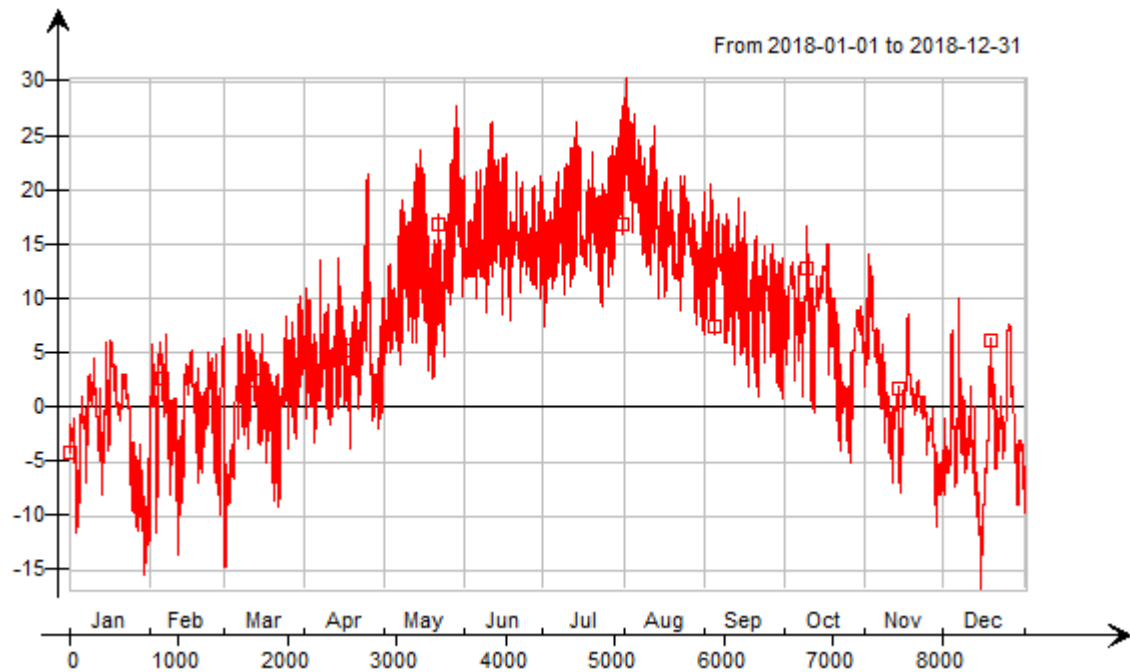


C. Materialegenskapene til persiennene

Shade material	Transmittance	Outside	Inside
		(upper for slats)	(lower for slats)
Total shortwave	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.6446031"/>	<input type="text" value="0.6446031"/>
Visible	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.6791688"/>	<input type="text" value="0.6791688"/>
Diffusion	<input type="text" value="1.0"/>	<input type="text" value="1.0"/>	<input type="text" value="1.0"/>
		Emissivity	
Longwave	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.9"/>	<input type="text" value="0.9"/>
Thickness	<input type="text" value="0.6"/>	mm	
k	<input type="text" value="160.0"/>	W/(K.m)	
Ventilation			
Openess factor	<input type="text" value="0.0"/>	m ² /m ²	

D. Temperatur forhold i Oslo og Tromsø

Oslo:



Tromsø:

