



# Universitetet i Sørøst-Norge

## Bachelor - hovedprosjekt

LYSBAC316

### Predefinert informasjon

<b>Startdato:</b>	15-04-2019 12:00	<b>Termin:</b>	2019 VÅR
<b>Slutt dato:</b>	15-05-2019 16:00	<b>Vurderingsform:</b>	Norsk 6-trinns skala (A-F)
<b>Eksamensform:</b>	Skriftlig prosjektrapport (framlegging i plenum)		
<b>SIS-kode:</b>	222 LYSBAC316 1 O 2019 VÅR		
<b>Intern sensor:</b>	Jan Henrik Wold		

### Deltaker

**Kandidatnr.:** 1



# HVORDAN SKAPE ET DAGSLYSMILJØ RETTET MOT MENNESKENE I ET ATRIUM?

Studier basert på næringsbygg ved en nordlig breddegrad

# HVORDAN SKAPE ET DAGSLYSMILJØ RETTET MOT MENNESKENE I ET ATRIUM?

Studier basert på næringsbygg ved en nordlig breddegrad.

OPPGAVE UTARBEIDET AV  
VIDA AMANDAR, ODD INGE FYLLING OG  
IGOR AXEL MALTHER THOMASSEN

BAHELOROPGAVE FOR KULL16, LYSDESIGN VED  
UNIVERSITETET I SØRØSTNORGE 

2019, 15 MAI.

VEILEDER: VERONIKA ZAIKINA

ANTALL ORD: 22203

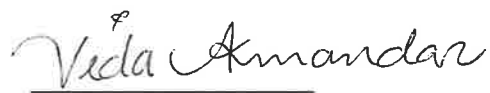
ANTALL SIDER:109

ANTALL SIDER VEDLEGG: 26

# ANSVARSERKLÆRING

Vi erklærer herved at denne bacheloravhandlingen er vårt eget arbeid, og at den ikke tidligere er sendt noen institusjon for vurderingsformål.

Vi erkjenner at alle kilder som er brukt og sitert, er oppgitt i referanseseksjonen.



Vida Amandar



Odd Inge Fylling



Igor Axel Malthe Thomassen

# FORORD

Gjennom denne prosessen, med mye slit, svette og tårer, har vi utformet en oppgave vi håper at reflekterer vårt ambisiøse mål. Vi ønsker å rette en stor takk til vår veileder, som har stått oss bi med uvurderlig hjelp da nøden var som størst.

Vi vil også få takke lærere som har hjulpet oss gjennom prosessen ...

Takk til

Veileder: Veronika Zaikina

Ekstern veileder: Frederik Friederichs

Tore Krok Nielsen (Utlån av Spektrometer)

Trude Malthe Thomassen (Korrekturlesing)

Vi vil også gjerne takke familie og venner som har vært med å motivere og støtte oss.

Kongsberg, mai 2019

## SAMMENDRAG

Hvordan kan man skape et atrium med et dagslysmiljø som er rettet mot mennesket i et næringsbygg? I denne oppgaven vil det bli beskrevet hvilke dagslyskriterier som må ligge til grunn for planlegging og design av atrier i næringsbygg lokalisert ved den nordlige breddegrad. Det vil også legges frem hvordan man kan oppnå disse dagslyskriteriene og gi atriene det riktige dagslysmiljøet. Det blir ved faglitterære studier, befaringer med observasjoner, simuleringer, lysmålinger og uthenting av data fra databaser lagt frem resultater som gir oss svar på hvordan denne problemstillingen kan løses.

Resultater som kom frem, var varierende, men fortsatt rettleidende i forhold til en diskusjon og konklusjon. Mange av resultatene var som forventet ut fra faglitterære teorier.

Det konkluderes med at følgende *tre* dagslyskriterier: **opplevd «utfølelse»**, **lysmengde og dagslysets spektralfordeling**, vil være sentrale og ligge til grunne for et atrium med riktig dagslysmiljø for mennesker i næringsbygg. Dette er kriterier som kan nås/tilfredsstilles ved å planlegge og designe utfra *fire* elementer. Vurderes designelementer som **areal for dagslysinnslipp**, **geometrisk utforming av dagslysinnslipp**, **transmisjonsmateriale** og **refleksjonsmateriale**, vil atriene kunne oppnå et godt dagslysmiljø.

# INNHALDSFORTEGNELSE

ANSVARSERKLÆRING.....	3
FORORD.....	4
SAMMENDRAG.....	5
INNLEDNING.....	6
1. TEORETISKDEL.....	10
1.1 ATRIUM I ET NÆRINGSBYGG.....	10
1.1.1 Fra neolittisk til moderne arkitektur for atrier.....	11
1.1.2 Tidligere bruksområder for atrier, og menneskenes behov ..	13
1.1.3 Revolusjonerende utvikling av moderne atrium.....	14
1.1.4 Generiske former for atrium .....	15
1.1.5 Dagslysets innvirkning på atrier.....	17
1.2 DAGSLYS.....	18
1.2.1 Dagslys.....	18
1.2.2 Dagslys ved nordlig breddegrad .....	19

1.2.3 Solenergi.....	20
1.2.4 Brytning av sollyset.....	20
1.2.5 Rayleigh Scattering .....	21
1.2.6 Mie scattering.....	21
1.2.7 Skyggedannelser .....	22
1.2.8 Spektralfordeling dagslys.....	23
Fargetemperatur .....	23
Fargegjengivelse .....	24
1.2.9 Psykologiske og fysiologiske effekter av dagslys.....	26
1.2.10 Cirkadisk rytme (cirka en dag) .....	26
1.2.11 Persepsjon og oppfattelse av rom .....	27
1.3 DAGSLYSDESIGN .....	29
1.3.1 Utforming av glassflater for atrium .....	29
1.3.2 Vinduer og lystransmisjonsmaterialer .....	31
1.3.3 Refleksjonsmateriale .....	33
1.3.4 Solavskjerming.....	33
Blending.....	37

2.	PRAKTISKDEL .....	38	2.3.1	Dagslyskriterier-Analyseskjema .....	48
2.1	Innledning .....	39	2.3.2	Valgte dagslyskriterier .....	60
2.2	Metode .....	40	2.3.2.1	«Opplevd utefølelse» .....	60
2.2.1	Faglitterære teorier .....	40	2.3.2.2	Lysmengde.....	65
	Analyseskjema .....	40	2.3.2.3	Dagslysets spektralfordeling.....	82
	Utvalgte dagslyskriterier.....	42	2.4	DISKURS.....	88
2.2.2	Befaringer med observasjoner .....	44	2.4.1	Dagslyskriterier-Analyseskjema .....	88
2.2.3	Simuleringer .....	44	2.4.1.1	Opplevd «utefølelse» .....	91
	Dialux evo 8.1 .....	44	2.4.1.2	Lysmengde .....	94
	SkechUp-modell .....	46	2.4.1.3	Dagslysets spektralfordeling.....	96
2.2.4	Lystekniske målinger .....	46	2.5	KONKLUSJON .....	98
	Lux-målinger.....	46	REFERANSER .....	101	
	Spektrometermålinger .....	46	Figurliste, med referanser .....	105	
2.2.5	Databaser.....	47	Tabell-liste .....	109	
2.3	RESULTAT .....	48			



# INNLEDNING

I denne bacheloroppgaven settes det fokus på dagslyskvaliteter ved den nordlige breddegrad, og hva de betyr for et atrium med glasstak, beregnet for sosial sone/pause- sone. Hovedmålet med denne oppgaven var hvordan et godt dagslysmiljø for mennesker i et næringsbygg, kan skapes i et atrium.

Gruppens interesse lå i arkitektonisk utforming ved hjelp av dagslys, på den nordlige halvkule. Ved å sette seg inn et litterært fagstoff basert på dagslysdesign, og få forståelse av hva et atrium defineres som, var det viktig å spesifisere hva slags atrium det settes fokus på, da det finnes mange forskjellige atrier med egne ulike funksjoner. Det ble enighet om at fokuset skulle være atrier for næringsbygg, med en satt romfunksjon og lokalisert ved en nordlig breddegrad. Atriene skulle også være sentrert mot urbane områder som Oslo. I dag søker mange mennesker til byene. Det er ofte her arbeidsplassene finnes. Det reises mange store næringsbygg med kontorer i flere etasjer. En «trend» ved disse kontorbyggene er å plassere atrier inn i bygningsmassen for å bringe inn dagslys til kjernen av bygget. Da er det spørsmål om disse atriene blir skapt for menneskers velvære, eller kun for å dekke kravet til dagslys. Innendørs dagslys gir mulighet for å plassere flere arbeidsstasjoner inne i bygningsmassen. Det vil da være ekstra viktig at designet bygger på de rette premisser.

Ut fra denne problemstillingen ble det bygget en struktur for hva det bør letes etter av kvaliteter, både for dagslyset og dels for det arkitektoniske, som spiller en rolle for dagslys i et atrium.

Hvilken innvirkning har dagslyskvaliteter i et atrium i et næringsbygg med en sosial sone/pause-sone for mennesker som skal oppholde seg der?

Formålet er å lete etter viktige dagslyskvaliteter, basert på fagteoretisk metode og observasjoner. Det er også utført målinger og 3D-simuleringer/beregninger, som så er satt opp mot teorier og observasjoner fra befaringene.

Det ble utarbeidet et analyseskjema for dagslyskriterier, som skulle benyttes ved observasjoner, målinger og beregninger. Skjemaet som var basert på faglitterær teori, viste seg å være altfor omfattende. Dagslyskriteriene det skulle jobbes videre med, måtte begrenses. Det ble derfor valgt tre dagslyskriterier, som anses som vesentlige. Begrensningen har imidlertid ingen konsekvens for oppgavens formål. Tvert imot kunne det settes større fokus på disse tre kriterier som støtte for andre kriterier i analyseskjemaet.

## **Disposisjonen av hele oppgaven i korte trekk;**

Første del av oppgaven legger frem den faglitterære teori som er benyttet. Andre del tar for seg problemstillingen med hvilke dagslyskriterier analysen

skal følge. Dette ble tatt med videre ut på befaring ved 9 forskjellige atrier i Oslo-området. Ut fra de analysene som ble gjort, kom vi frem til tre viktige dagslyskriterier som bør ligge til grunn for atrier i Norden, med sosiale soner. Disse var: **opplevd «utfølelse», lysmengde, og dagslysets spektrale fordeling.**

Etter disse dagslyskriteriene var funnet og definert ble de lagt frem til «testing». Dette ville gi oss resultater på hvordan disse dagslyskriteriene kan bli oppnådd i praksis.

Første dagslyskriterium som ble testet, var *opplevd «utfølelse»*. Dette ble testet ut under temaene: **opplevd våkenhet, utsyn, lysnivå, fargetemperatur og arkitektonisk utforming.**

Det andre dagslyskriterium som ble testet, var *lysmengde*. Det ble testet under temaer som **geografisk plassering, areal og geometrisk utforming av dagslysinnslipp, reflektanser i materiale og transmisjonsmateriale (vindusglass).**

Det tredje dagslyskriteriet, *dagslysets spektralfordeling*, ble testet ut under temaer som **korrelert fargetemperatur, color rendering index, chromaticity error, radiometrisk og relativ spektralfordeling.**

Analysen er gjenstand for diskurs og viser hvordan vi, gjennom befaringer og faglitterære teorier, kom frem til de tre dagslyskriteriene.

På basis av observasjon og teoretiske beregninger diskuteres det hvordan opplevd «utfølelse» kan oppnås. Resultater for lysmengde og dagslysets spektrale fordeling er også gjenstand for diskurs.

Til slutt konkluderes det med hvordan man kan innfri de satte dagslyskriterier for en bestemt romfunksjon for et atrium på den nordlige breddegrad med visse designelementer.

# 1. TEORETISKDEL

## 1.1 ATRIUM I ET NÆRINGSBYGG

Mange arbeider for det meste innendørs cirka 8 timer daglig, fem dager i uken. Det vil si at de ikke vil bli eksponert for mye dagslys i løpet av en dag. Dette kan forårsake negative helsepåvirkninger både fysisk og psykisk. Men det bygges i dag stadig flere boliger og næringsbygg med bedre dagslysinnslipp enn det som var vanlig tidligere (Boubekri, 2008). Atrium i et næringsbygg vil være til hjelp for å få mer tilgang til dagslys i bygget. En sosial sone/pausesone i et atrium med dagslysinnslipp, vil kunne gi menneskene mer energi og få dem til å føle seg mer avslappet. Dette vil være spesielt gunstig på de nordlige breddegrader, der både lys- og værforhold er varierende. Forskere har vist at en lyskvalitet med kontinuerlig fargespekter har en estetisk effekt som påvirker den sosiale fornemmelsen og inviterer til opphold i rommet. Et atrium kan således skape et godt innemiljø. (Veitch & Galasiu, 2012) I dag utgjør atrier en moderne bølge i arkitektonisk utforming av næringsbygg. I dag utgjør atrier en moderne bølge i arkitektonisk utforming av næringsbygg. Atrier gir innslipp av dagslys og forbinder de tilstøtende rommene/byggene med omverdenen og skaper en møteplass for mennesker. *Figur 1* viser et moderne næringsbygg, med atria.

*Figur 1*  
Verdens største atrium i Beijing, Cina Under konstruksjon,  
illustrasjon by; Leeza SOHO, Zaha Hadid Architacts



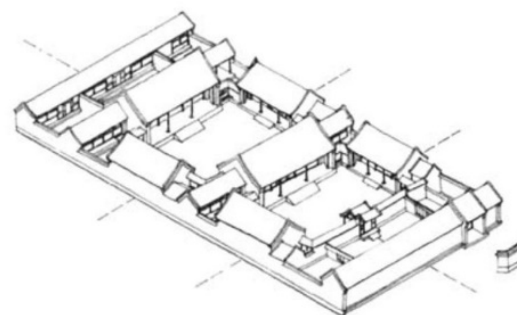
### 1.1.1 Fra neolittisk til moderne arkitektur for atrier

Atrium er et element som ble utviklet fra gårdsplasser i neolittisk tid som kan antas å være fra ca. 6000 fvt. En gårdsplass er et åpent rom ved eller mellom hus. I denne sammenheng er det tale om Midtøsten, nordlige del av Afrika og Kina, *Figur 2*. det vil si under varme klimatiske forhold. (Michael, 2016)

En gårdsplass kan defineres som et åpent, men samtidig innelukket rom med et åpent «himmelhvelv». Slike gårdsplasser ga videre mulighet for maksimal urbanisering uten å forstyrre sirkulasjonen av luft og dagslys inn til gårdsplassene. (Edwards, Sibley, Land, & Hakmi, 2006)

Dette var et vesentlig grep for videreutvikling av atrium i romersk antikk, som igjen er vesentlig for det moderne atrium med glasstak.

Guy Petherbridge skiller mellom to varianter av gårdsplasser. «*The interior courtyard house, where the house encloses a courtyard, characteristic of urban areas; and the exterior courtyard house, where the courtyard borders the house, providing a protected area contiguous with the dwelling units but not enclosed by them*» (Edwards, Sibley, Land, & Hakmi, 2006, s.27)



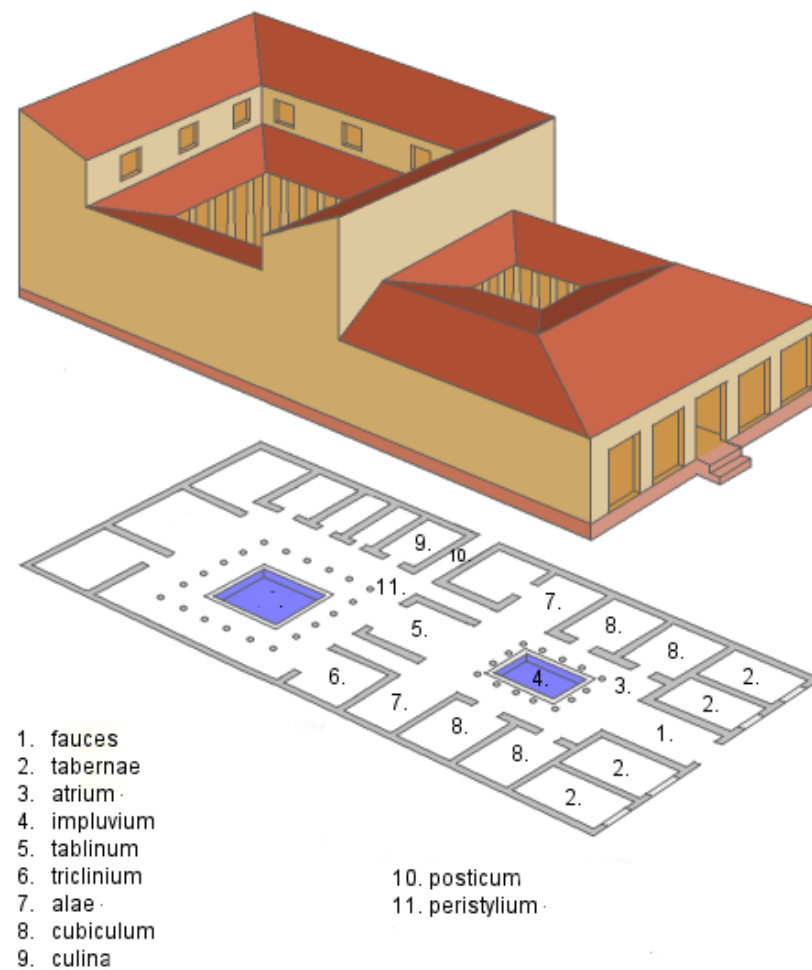
*Figur 2:*  
*Diagram of two- Courtyard house. Adapted From: Liu Dunzhun, ed. Zhongguo gongyue chubanshe, 1984). p12 <http://depts.washington.edu/chinaciv/home/tinrhme.htm>*

Fra tidlig gresk epoke ca. 900 fvt. ble monumentalbygg, som f.eks. templer, utformet med tanke på dagslys. Grekerne forstod seg på solens geometri og visste å utnytte dagslyset, slik at det slapp inn i bygget. Vi kan fremdeles gjøre oss nytte av greske filosofers og matematikers filosofi og teorier ved utformingen av bygg og atrier. En betraktning av moderne atrier viser imidlertid at de kan ha mange forskjellige utforminger samtidig som de sørger for at sollys eller dagslys på en god måte penetreres inn til interiøret. Dette blir mer utførlig omtalt i kapittelet Generiske former for atrier.

Den romerske antikken reflekterer den neolittiske ca. 500 fvt. og den greske antikken. «Fra romersk antikk er atrier bygget med et sentralt rom, eller åpen plass/gårdsplass mellom flere bygg. De første atriene ble bygget rundt 700 fvt.» (atrium - Det Norske Akademi's ordbok, 2019) Man fant dem først og fremst i private boliger for adelige. (*Domus* lat. for *hjem* eller *hus*.) Atriet ga naturlig dagslys og ventilasjon inn i bygget. I midten av atriet var det et *impluvium*, *Figur 3* (lat. for *det regner på*), en nedsenkning i gulvet for å samle regnvann fra *compluvium*, som var en firkantet åpning i taket. ("Byggeteknisk fagleksikon - Nasjonalbiblioteket," u.å, p. 20)



Figur 3:  
House of Menander, Pompeii before 79 C.E photo by: Carole Raddato  
<https://smarthistory.org/roman-domestic-architecture-domus/>



Figur 4:  
Plan of a typical Roman domus (house), <https://smarthistory.org/roman-domestic-architecture-domus/>

Basilika-kirkene i tidlig kristen arkitektur har atrium i form av en åpen plass eller forgård (*Kongelig søylehall*). Basilikaen var utformet med tanke på å forene en utstrakt gulvflate med jevnt lys. (Rygh Per, 2019).

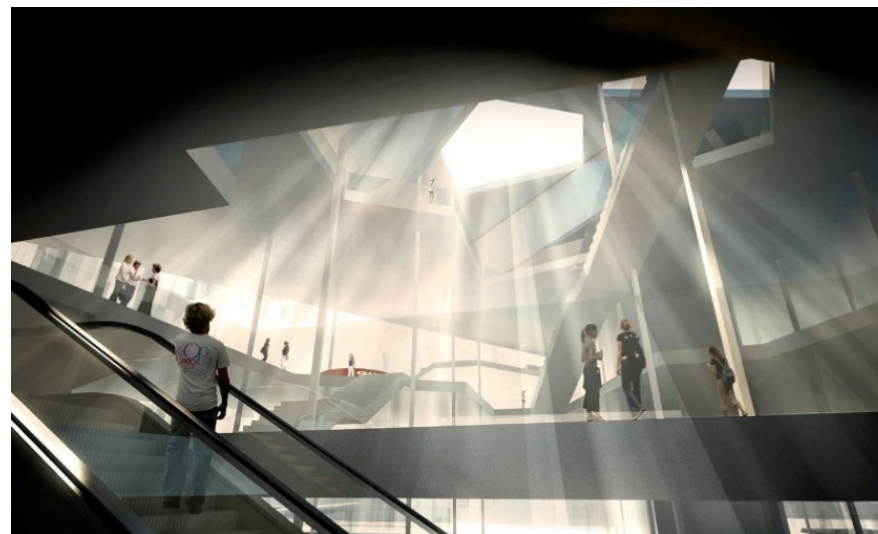
«Fra nordisk/norsk byggetradisjon før glass kom i bruk ca. 1500- tallet fikk man dagslys inn i huset gjennom ljoren i taket» (Aschehoug, 1998). Ljorens funksjon var å få røyk ut og dagslys inn *figur 5*. For å forhindre snø og regn fra å komme inn gjennom ljoren, samtidig som man fikk mest mulig dagslys inn, ble det lagt en gjennomsiktig dyrehinne over ljoren. Ljoren var den eneste lyskilden i huset. Ljorene er en indikasjon på hvordan atrium kunne føre dagslys inn til interiøret ved nordligere strøk, der temperaturene var lave.



Figur 5:  
Årestue fra Romsdalsmuseet i Molde.  
foto; Inst. for arkitekturhistorie, NTNU)

## 1.1.2 Tidligere bruksområder for atrier, og menneskenes behov

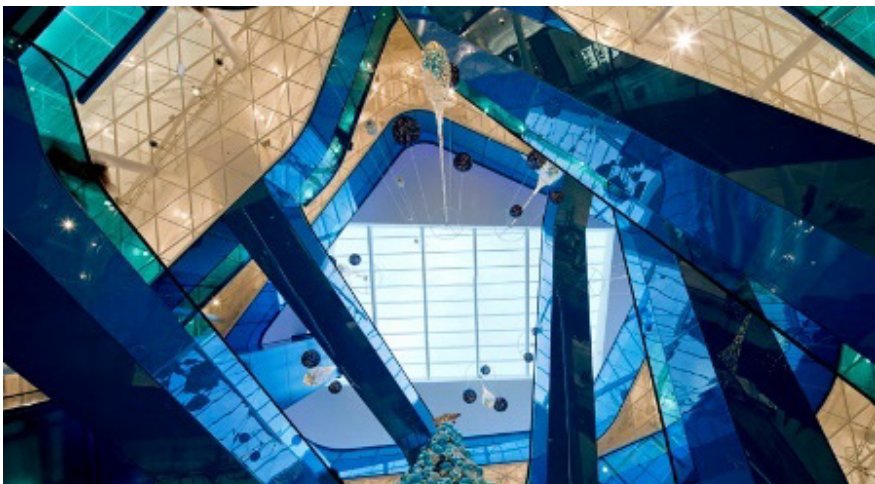
I romersk antikk var atriet senteret for husets sosiale liv. Her hadde huseieren også møter med klienter for å snakke forretninger. Atriet ble brukt som oppholdsrom eller venterom, og her kunne man nyte luft og lys. I denne sammenheng var dagslyset målrettet for interiøret. Atriet var godt utsmykket, enten arkitektonisk (søyler med utskjæringer) eller med fresker. (Becker, 2015).



Figur 6:  
Illustrasjon av Deichmanske bibliotek. Bilde: Lund Hagem Arkitekter Norge

### 1.1.3 Revolusjonerende utvikling av moderne atrium

Den industrielle revolusjon på slutten av 1700- og begynnelsen av 1800-tallet sørget for at glass- og jernteknologien kom i raskere produksjon. Det ble enklere og billigere å fremstille glass, og en konsekvens var at atrier ble hyppigere tatt i bruk på 1900-tallet. Slik kunne atriene åpne for mange nye, spennende muligheter; gi en optimal bruk ved dagslysinnslipp, men samtidig holde regn, vind og ikke minst ekstreme temperaturforskjeller, ute. (Saxon, 1986). Det kunne redusere økonomiske utgifter ved mindre bruk av elektrisk belysning, og samtidig øke komforten. Atriene kunne gi lettere tilgang til byggets forskjellige deler, gi nyttig plass for opphold/venteværelse



Figur 8: Emporia shoppingcenter i Malmø, Sverige. Photo by; Richard Misso, Wingårdh Arkitektkontor <http://designaddicts.com.au/platform/2013/10/07/making-an-entrance/?lang=fr>

(jfr. romersk antikk), det kunne inneholde restauranter, utstillingsrom, forestillingsplass/rom for eventer eller marked. Atrier kunne nå designes for større næringsbygg, shoppingssentre, boligkomplekser og for store drivhus. (Saxon, 1986) I nyere norsk arkitektur er atrium en type glassgård. “*En glassgård er en felles betegnelse for alle slags glassoverdekninger og glasstilbygg*”. (Aschehoug, 1998 s. 38) Glassgårder utformes som overdekning av gater, hager, oppholdsplasser og andre mellomrom mellom bygg. (Viestad, 1980) På nordlige breddegrader er glassgårder spesielt egnet grunnet varierende værforhold utendørs. (SINTEF & Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, 2007. kap. 5.2.5 Glassgårder).



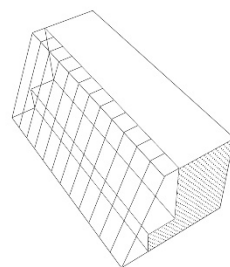
Figur 7: Emporia shoppingcenter i Malmø, Sverige. Photo by; Richard Misso, Wingårdh Arkitektkontor <http://designaddicts.com.au/platform/2013/10/07/making-an-entrance/?lang=fr>

### 1.1.4 Generiske former for atrium

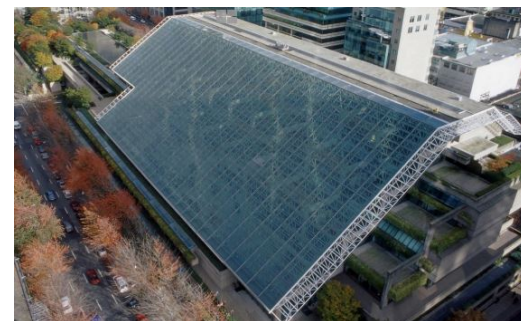
Solens akse og årstidene har stor innvirkning på dagslyskvaliteten i et atrium, derfor er plasseringen og formen på atriets viktig for dagslysinnslipp. Atrier i moderne tid har mange typer former, materialbruk og funksjoner, men med en felles faktor: viktigheten av dagslysinnslipp, luftsirkulasjon og energisparing.

Bildene nedenfor viser forskjellige generiske former for atrier som er bygget rundt om i verden, og noen fra Oslo-området. Geografisk plassering kan ha betydning for utformingene, f.eks. kan vertikale glassflater være mer egnet på nordlige breddegrader enn lengre syd.

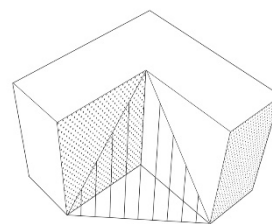
Et atrium med glassfasade vil i Norden kunne gi bedre dagslysinnslipp, da solen står lavere på himmelen enn det den gjør ved ekvator. Betydningen av solens posisjon på en nordlig breddegrad blir omtalt og forklart i kapittelet «Nordlig breddegrad» lengre ned i teksten. Atriens form er definert ved egne navn. Disse er hentet fra boken *Atrium Buildings, Development and Design* (Saxon, 1986). Illustrasjoner fra Sketchup og noen bilder fra boken har fått følge av egne observasjoner fra Oslo. I *Daylighting handbook 1* nevnes det at atriets forhold til bredde og lengde for dagslysinnslipp vil kunne ha en stor innvirkning for hvor mye dagslys som kommer inn i atriets. Som igjen spiller en rolle for utforming av atriene. (Reinhart, 2014)



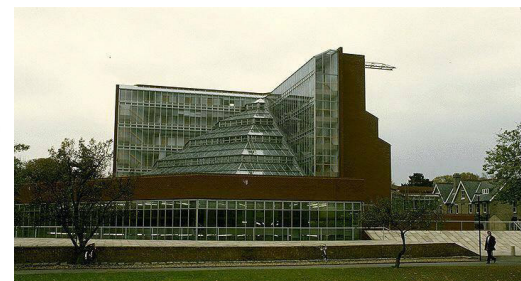
Figur 10:  
**Single-sided** atrium,  
illustrasjon SketchUp,



Figur 9:  
(Law Courts, Vancouver, Arthur Ericson) Photo by  
Geoffrey Erickson  
<https://www.arthurerickson.com/government%20buildings/law%20courts%20complex/>

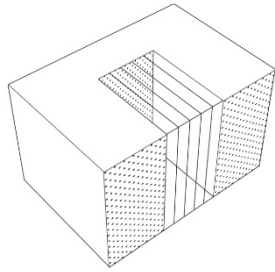


Figur 12:  
**Two-sided** atrium (two  
open sides) Illustrasjon:  
SketchUp



Figur 11:  
History Library, Cambridge, James Stirling, Photo by  
Donald Corner and Jenny Young  
[http://www.greatbuildings.com/cgi-bin/qbi.cgi/History\\_Faculty\\_Library.html/cid\\_2509088.html](http://www.greatbuildings.com/cgi-bin/qbi.cgi/History_Faculty_Library.html/cid_2509088.html)

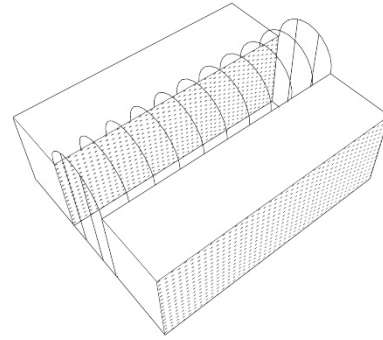




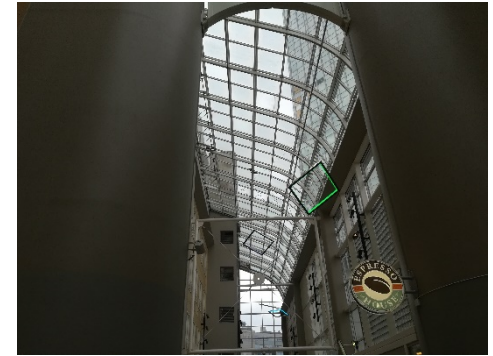
Figur 13:  
**Three-sided** atrium (one open side),  
illustrasjon SketchUp



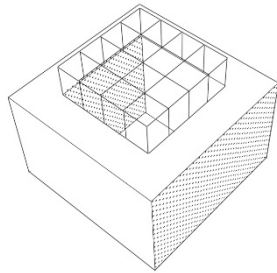
Figur 14:  
Bilde Akerselva Atrium



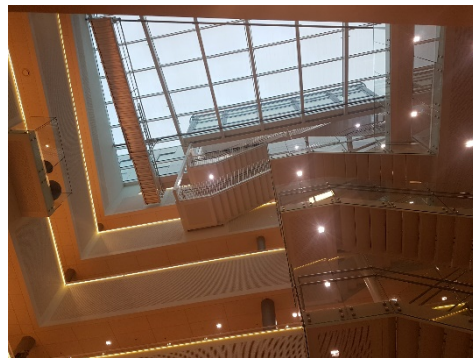
Figur 18:  
**Linear atrium**  
illustrasjon SketchUp



Figur 17:  
Galleri Oslo, med et lineært atrium



Figur 15:  
**Four-sided** atrium (no open side),  
illustrasjon SketchUp



Figur 16:  
Circle K AS NORGE, med atrium

### 1.1.5 Dagslysets innvirkning på atrier

Dagslys har fått innpass i arkitekturen parallelt med økonomisk utvikling og en erkjennelse av dagslysets betydning for helsen. Men dagslyset skaper også romslighet i bygget, det oppleves større og luftigere. I dag bygges det stadig flere boligbygg og næringsbygg med dagslysinnslipp. (Boubekri, 2008). Næringsbygg med atrium, blir gjerne bygd i flere etasjer.

**Arkitekturens form og bruk av materialer spiller en stor rolle for optimal nytte av dagslys.** Målet er å få dagslyset så langt ned i atriet som mulig. Med *materialer* mener vi virkningen det vil ha for dagslysinslippet. Med **glass** vil dagslyset bli brutt, reflektert og noe absorbert. Glass vil også ha en viss innvirkning på dagslysets UV-stråling og fargegjengivelse. **Interiøret, vegger, gulv og møblement/beplanting**, vil også ha en innvirkning på refleksjon, absorpsjon og opplevd fargetemperatur i rommet. **Utformingen av atriet** spiller en like stor rolle som materialene, for hvordan man kan kontrollere dagslyset.

I dag er atrier mote i arkitektonisk utforming av næringsbygg. Atrier gir innslipp av dagslys, forbinder de tilstøtende rommene/byggene med omverdenen og skaper et sted eller en møteplass for mennesker. *Et sted er, ifølge Norberg-Schulz, satt sammen av stemning, karakter og preg. Et sted «gir umiddelbar opplevd totalitet».* (Norberg-Schulz, 1980). **Atriet vil i mange**

**sammenhenger være hjertet av bygget, et sted mennesker kan ånde inn dagslys**, ha en avslappende stund med lunsj på kaféen eller bare en pause fra kontoret.

*«The spirit of a place, its genius loci, can be conveyed by responding sensitively to its light. The importance of light to spirit of place is evident in the words and images in Christian Norberg-Schulz's book Genius Loci»*  
(Marietta S. Millet, 1996, s.8).

## 1.2 DAGSLYS

*“Without light, there would be no life on Earth. Electromagnetic radiation (EMR) across a very wide spectrum heats the planet sufficiently for biological activity; EMR across the range from ~380 to ~780nm is responsible for most plant life and, most importantly to us, stimulates photoreceptive cells in the retina of most creatures with eye”* (de Kort & Veitch, 2014)

### 1.2.1 Dagslys

*«Dagslys defineres av to komponenter; direkte sollys og reflektert diffusert lys fra himmelens overflate etter spredning i atmosfæren.»* (Boyce, 2014)

Solen sender ut et elektromagnetisk spekter ifra gammastråling til radiobølger. Men idet det treffer jordoverflaten har dette spekteret blitt redusert. Dagslys som treffer jordoverflaten utgjør en liten del av solens elektromagnetiske spekter, som strekker seg fra UV-stråling til dyp IR-stråling Dagslys-bølgelengder er synlige mellom 380nm og 780nm. *«Dagslyskvaliteten forandrer seg avhengig av tid, sesong, breddegrad, lysets spektralfordeling og værforhold».* (Boyce, 2014, kap.1.7.1). Dagslyskvalitet kan oppfattes forskjellig, avhengig av fysiske og menneskelige faktorer; så som alder, øyehelse eller ståsted.

Figur 19:  
Photo by Rayan Rios On



## 1.2.2 Dagslys ved nordlig breddegrad

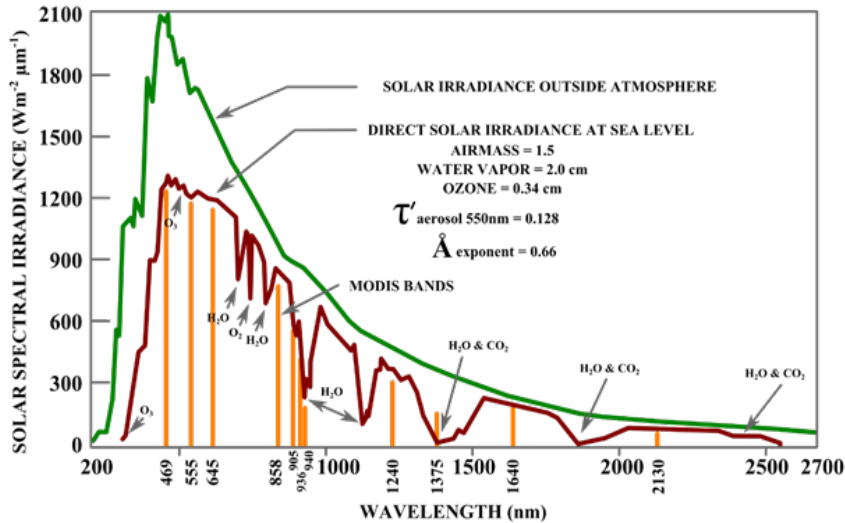
Dagslyset i nord er svært forskjellig fra hva det er ved ekvator. Norge er i tillegg et langstrakt land med store dagslysvariasjoner. Landet spenner over hele 14 grader, fra 58 grader nord til 72 grader nord. Jo lenger nord man kommer, desto større variasjoner. Kontrastene er store; med mørketid om vinteren og midnattssol om sommeren. Antall timer med dagslys er betinget av årstiden. Solens posisjon er mye lavere om vinteren enn om sommeren, og i nord viser ikke solen seg før våren er i anmarsj. I Tromsø, på 69 grader nord, vil man for eksempel være utsatt for vekselvis mørketid og midnattssol. Fra 27. november til 15. januar vil ikke solen vise seg over horisonten. Dagslyspotensialet vil altså være minimalt i vinterhalvåret. Det vil fortsatt være skumringslys på himmelen pga. lysbrytningen i atmosfæren, men skumringslyset vil ha helt andre kvaliteter enn «vanlig» dagslys. I sommerhalvåret vil det være motsatt. Da går solen ikke under horisonten, og dagslyspotensialet vil være relativt høyt hele døgnet.

I vinterhalvåret kan man på klare dager se flotte solnedgangsfarger i sør, mens nordhimmelen vil være mørkeblå. På den annen side kan hele eller deler av sommerhalvåret (mellom vårjevndøgn og høstjevndøgn) ha midnattssol.

Soldiagrammer benyttes for å vise solens høyde ved forskjellige breddegrader. Ved cirka 59 grader nord (Oslo) vil solen aldri komme høyere enn cirka 53 grader. Det innebærer at det dannes forholdsvis lange skygger. Norsk klima er også skiftende, og mye av året er preget av tett skydekke. Det skaper et diffust og spredt lys. Atmosfæren har også en påvirkning på dagslyset ved nordlige breddegrader. Den lave solen gjør at lyset brytes i atmosfæren; det får en varmere glød enn ved ekvator. (Plummer, 2012, s.6) (Calina Pandelet Yttredal, 2012, s.18), (SolarBeam, <http://solarbeam.sourceforge.net>)

### 1.2.3 Solenergi

Solenergien som treffer jordoverflaten inneholder bølgelengder mellom ca. 200nm og 3000nm. Den har en større båndbredde på strålingen, men denne forandrer seg ettersom solstrålene trenger inn i atmosfæren. Da vil båndbredden reduseres, og det vil bli energitap ved noen spesifikke båndbredder pga. atmosfærens gassblanding. Det er hovedsakelig O<sub>3</sub> (ozon), H<sub>2</sub>O (vanndamp) H (hydrogen) og CO<sub>2</sub> (karbondioksid) som gir de største utslagene. Det betyr at solenergien som treffer jordoverflaten ikke vil ha et jevnt lys-spekter. Se *Figur 20*



*Figur 20- Solenergi utenfor atmosfæren vs solenergi ved havnivå. Fordelt i bølgelengde, [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5e/MODIS\\_ATM\\_solar\\_irradiance.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5e/MODIS_ATM_solar_irradiance.jpg)*

### 1.2.4 Brytning av sollyset

Det vil også foregå en lysbrytning idet solen treffer og transmitteres gjennom atmosfæren. Det inntreer et optisk fenomen når lyset treffer vanddamp i atmosfæren. Effekten er størst når solen faller inn fra en lav vinkel. Det er dette fenomenet som kan gjøre solen blodrød på kvelden. Fenomenet eksisterer under hele solforløpet fra morgen til kveld, men vil hovedsakelig være merkbart ved soloppgang og solnedgang. Samtidig er det viktig å huske at vi på den nordlige halvkule har solen i lav vinkel store deler av året. Dette vil virke inn på lys-egenskapene til det direkte sollyset og hva himmel-lyset består av. (Tregenza, 2011, kap.2)



*Figur 21- Solnedgang*

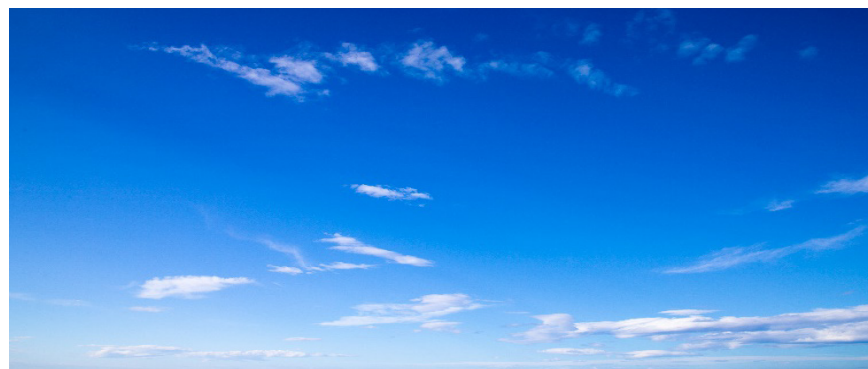
*Bilde: Colorbox.com*

### 1.2.5 Rayleigh Scattering

Hvorfor er himmelen blå? Ifølge Goethe oppstår himmelens blåfarge fordi bakgrunnen (himmelrommet) er mørkt og iakttas gjennom et belyst medium (atmosfæren) (Goethe, 1994). Sagt med andre ord er dette et optisk fenomen som inntreffer når solstrålene treffer atmosfæren og dens partikler. Når en «hvit» solstråle treffer en partikkel i atmosfæren, vil deler av denne strålen komme i resonans og få en annen utgangsvinkel fra partikkelen. Dette skjer oftest med de korte (fiolett-blålige) bølgelengdene. Det er også bare partikler som er mindre enn det synlige lysets bølgelengde (380nm-740nm), som vil få det som kalles en rayleigh-spredning. Derfor vil det være mer av de blå bølgelengdene i himmellyset, enn i det direkte sollyset. Det vil også være forskjellig utfra hvor man befinner seg på jordkloden. Ved ekvator vil blåfargen på himmelen ha en dypere (saturert) blåtone enn ved den nordlige eller sørlige halvkule. Det skyldes avstanden mellom solstrålene og observatørens øye. De blålige bølgelengdene vil gjennomgå flere partikkelspredninger i syd og nord, og dermed miste sin saturasjon. (Hoeppe,2007, kap.7) En klar himmel gir lys ned på bakken. Det er da viktig å tenke på hvordan lysspekteret i denne belysningen er. **Her vil det være en dominant energifordeling over det blålige spekteret.**

### 1.2.6 Mie scattering

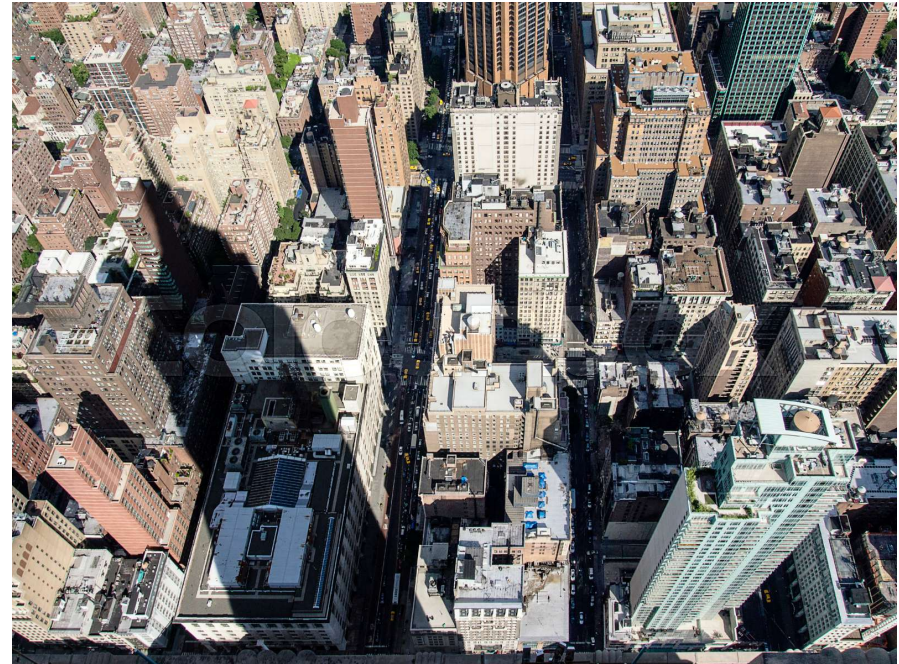
De lysstrålene som treffer partikler som er større enn lysets bølgelengde, vil gjennomgå en Mie-spredning. Her vil ikke lysstrålene sendes ut i hvilken som helst retning, som ved Rayleigh-spredningen. Lysstrålene vil få en utgangsvinkel som mer ligner en kjegleform. Ser man på solen en sommerdag med litt støvet og fuktig atmosfære, kan man oppdage en «halo» rundt solen. Dette fenomenet skyldes Mie-spredningen. (Hoeppe, 2007) **Både Rayleigh scattering og Mie scattering vil ha en stor innvirkning på himmellyset som treffer atriets dagslystilgang på en skyfri himmel. Spesielt om atriets dagslysinnslipp ikke er basert på direkte sollys, men himmel-lys.**



Figur 22- Blå himmel som mister sin saturasjon hvor nærmere horisonten man ser. Bilde: Colorbox

### 1.2.7 Skyggedannelser

At solens posisjon på himmelen forandres gjennom året, påvirker også slagskygger fra omgivelsene. Et bygg med en slagskygge på 1 meter midt på dagen sommerstid, vil kanskje ha 3 meters slagskygge midt på dagen om vinteren, avhengig av hvilken breddegrad man befinner seg på. Dette bør tas i betraktning under designprosessen. Det vil si at man må være observant på hvilken orientering atriet har og hvilke bebyggelser som ligger i front (mellom atriet og solen). Det er også viktig å tenke på om man vil få bebyggelse som skygger for himmelen eller solen. **Dette kan gi gode indikasjoner for i hvilken retning glassflatene skal vende.** (Tregenza, 2011, kap.4).



*Figur 23: Matthew Ragen: On a sunny day, the shadow of the Empire State building extends over blocks of buildings throughout midtown Manhattan in New York City, stock photo, Colorbox*

## 1.2.8 Spektralfordeling dagslys

### Fargetemperatur

Lyskilder blir i dag gjerne spesifisert med fargetemperatur. Dette kan være fra 1800K opp til 10000K. Dagslys blir gitt en kelvingrad mellom 5000K og 7500K. Dagslys på en overskyet dag beregnes gjerne til 6500K. Men hva innebærer dette begrepet?

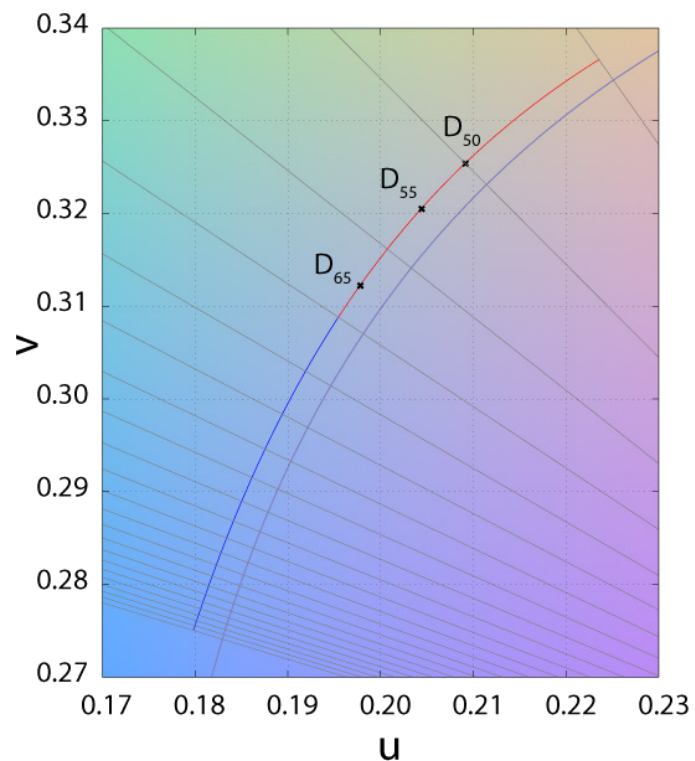
En «sortstråler» er et legeme som trekker til seg alle typer stråling, og som emitterer ut igjen like mye som det trakk til seg. Før denne «sortstråleren» tar til seg noen stråling, vil den være 0 Kelvin og fremstå som helt sort. Ettersom den varmes opp, vil den bli mer rødlig, etterhvert gul osv., inntil den blir blålig eller lilla. Dette er grunnelementet for Plancks locus, som definerer hvilke kelvingrader hver lyskilde skal tildeles. Det er utformet noen fargedigrammer, som benyttes for å finne fargekoordinatene til en lyskilde. Det mest kjente er CIEs xy-diagram fra 1931. Dette diagrammet blir gjerne fremstilt med Plancks locus inntegnet. Er det snakk om en fargetemperatur som er betegnet etter Plancks locus, er det viktig at lyskilden har et relativt spekter i forhold til en sortstråler. Det er somregel da betegnelsen CCT (Correlated Color Temperature) kommer inn i bildet. Den benyttes for lyskilder som ikke har et relativt likt utstrålingsspekter, som en sortstråler. Et lysstoffrør vil ha et utstrålingsspekter som vil avvike sterkt fra en

gråstråler-lyskilde, og få en helt annet fargekoordinat i xy-diagrammet, men vil allikevel kunne oppfattes med den samme fargetemperatur (K). Lyskilden vil ha en koordinat som faller utenfor Plancks locus. Det må da bestemmes hvilke kelvingrader i en sortstråler som ligner mest på denne lyskilden. Her benyttes isotermlinjer, som forteller hvilken fargetemperatur som vil være riktig. Dette er linjer som har en 90 graders vinkel på Plancks locus i CIEs UV-diagram fra 1976. En lyskilde som har en fargekoordinat som ligger for langt unna referanse-locus, skal ikke tildeles en CCT-verdi. Dette når verdien overstiger 0.05 på en av sidene av referanse-locus i CIEs UV-diagram. Dette blir også betegnet som Chromatisk Error. (Ohta, 2005).

Det er forskjell på å omtale fargetemperatur for dagslys og kunstig belysning. Når dagslys skal tildeles en fargetemperatur, vil en annen standard «sortstråler» bli benyttet som referanse. Denne standarden omtales som dagslys-locusen. Den er et resultat av referanselyskilder som D50, D55, D65 og D75. Det tilsvarer en relativ spektralfordeling av gjennomsnittlig dagslys i en periode. Denne referansen er utarbeidet av CIE, som imidlertid ennå ikke har en lyskilde som kan brukes som referanse. Men xenon-lyskilder er nevnt som mulig fremtidig referansekilde. Denne dagslys-locusen ligger noe høyere enn Plancks locus i UV-diagrammet. Dette har egentlig liten betydning ved lave kelvingrader, men når vi for eksempel ser på en blå himmel, som vil ha en fargetemperatur på 20 000-25 000 Kelvin,



vil dette være av relevans. Dette er vesentlig for å forstå hvilke kvaliteter sollyset og himmellyset har når det benyttes til å belyse et atrium. Vi benytter i dag en helt annen teknologi for byggkonstruksjon enn hva som normalt ble benyttet bare noen tiår tilbake.



Figur 24: Daylight locus in the CIE 1960 UCS, The isotherms are perpendicular to the Planckian locus. [https://howlingpixel.com/i-en/Standard\\_illuminant](https://howlingpixel.com/i-en/Standard_illuminant)

## Fargegjengivelse

Fargegjengivelse er en definisjon som forteller hvor godt en lyskilde eller lysstråle vil fremheve observerte farger. I dag benyttes det flere målestandarder for å komme frem til en CRI-verdi (Color rendering indeks) for en lyskilde. Standardene benytter seg enten av 8, 14 eller 99 referanse-testfarger. De to førstnevnte, med 8 eller 14 testfarger, benytter seg av CIELAB farge-koordinatsystemet. CIE har satt krav til CRI-måling, hvor det minst skal testes mot 8 testfarger. (Ohta, 2005). Dette blir oppgitt som Ra (R1-R8). For leverandøren vil det være en fordel, for å oppnå best mulig verdier, men for kunden må det tas i betraktning at dette kan være noe misvisende. En ny form for måling er på vei inn som standard, den tar også med seg Rf-indeksen (Color Fidelity Index), og vil være en metode som ligner TM-30-15 eller TM-30-18, som har vært benyttet på det amerikanske markedet en stund. Metoden omfatter Rf, som benytter seg av 99 testfarger, og Rg (Ratio Gammut), som gir en indikasjon på saturasjonsnivået/forholdet av 6 primærfarger. Her er også testfargene kategorisert opp etter hvor/hvilke tema de mest sannsynlig vil være av relevans for. En av kategoriene er hudfarge. Den vil være viktig i en romfunksjon med mennesker som interagerer. Fargene blir testet opp mot en referanselyskilde. Ved lyskilder som er over 5000K, blir D65 eller de tilsvarende D50, D55, D75, benyttet som referanselyskilde. TM-30-15 benytter en blanding av dagslys-

standarden og Plancks locus hvis lyskilden er mellom 4500K og 5500K. (Royer, 2017)

I et atrium som hovedsakelig benytter dagslys som primærbelysning, vil det være viktig at fargegjengivelsen av dagslyset tilfredstiller atriets bruk og funksjon. Det atriet vi tar for oss i problemstillingen, har sosiale soner i sin romfunksjon. Det vil derfor være viktig at dagslyset har en god fargegjengivelse av ansikter/hudfarge og klær. Også interiøret bør ha gode fargegjengivelser fra dagslyset. Dette kan også skape en estetikk i rommet.



Figur 25: Seating in the atrium of modern university building, vertical, stock photo, Colorbox

### 1.2.9 Psykologiske og fysiologiske effekter av dagslys

*“Window size has an effect on the judgement of the attributes: Pleasantness, Excitement, Complexity, Legibility, Coherence, Spaciousness, Openness, and Spatial Definition”.*) (Moscoso, 2016, s. 206)

Dagslys er en avgjørende faktor for jordens og dens beboeres overlevelse. Solens gang påvirker døgnrytmen til mennesker og dyr, og har både en biologisk, fysiologisk og psykologisk funksjon. (de Kort & Veitch, 2014)

Når det gjelder dagslysets rolle for den mentale og fysiske helsen, viser forskningsresultater (analytisk tilnærming) at dagslysinnslipp fra vinduer i vegg og tak har stor positiv effekt både psykologisk og fysiologisk.

Dagslys og utsyn gir trygghet. Mennesker velger ubevisst å oppholde seg i rom med vinduer, fremfor rom uten. Dagslysinnslipp i tillegg til annen belysning, har vist seg å øke motivasjonsevnen og gi energi, samtidig som det skaper ro for den som oppholder seg i rommet. Dagslysinnslipp gir en også mulighet for å tolke tidspunkt på dagen ut fra solens posisjon, fargetemperatur og intensiteten på lyset, og påvirker døgnrytmen. (Veitch & Galasiu, 2012)

### 1.2.10 Cirkadisk rytme (cirka en dag)

Den naturlige rytme som regulerer funksjonen til celler og organer hos alle levende organismer i løpet av et døgn, kalles cirkadisk rytme. (Voigt, Forsyth, Green, Engen, & Keshavarzian, 2016)

Lys er kjent for å være den *viktigste faktor* for den cirkadiske rytmen (døgnrytmen) hos mennesker. Forskjellige dagslyselementer, så som lysets intensitet og bølgelengde, og tidspunkt på døgnet, påvirker produksjonen av melatonin, serotonin og kortisol. Og det er disse hormoner som bidrar til å regulere ulike funksjoner i kroppen. (Bjørn Bjorvatn, 2016).

*«Mennesker oppholder seg i dag nær 90 prosent av døgnet innendørs».* (Velux, 2019). Siden dagslys direkte virker inn på den cirkadiske rytmen, er det av grunnleggende betydning for et godt inneklima.

Mulighetene som ligger i et atrium, vil kunne tilfredsstille behovet for dagslys i forhold til døgnrytmen. I et kontorbygg vil dette f.eks. kunne virke forbyggende for arbeidstakerne, og redusere antall sykedager. (Velux, 2019).

### 1.2.11 Persepsjon og oppfattelse av rom

*«Consciously, we are aware of three-dimensional spaces defined by surfaces and containing objects, but in order to make this much sense of the flow of information arriving through the optic nerve, we have to be subconsciously aware of a light field that fills the volume of the space».*(Cuttle, 2015, s.21)

Mennesket har stor nytte av sanser som lukt, berøring, hørsel, smak og temperatur. Men synet er overordnet når det gjelder å forstå omgivelsene. For å forstå hva vi opplever når vi tolker omgivelsene, hvordan vi oppfatter rommet rundt oss, skal vi se litt på hvordan øyet fungerer.

Lysets elektromagnetiske stråling forårsaker synsinntrykk i øyet. Disse sender signalene videre til hjernen. Først på dette trinnet oppfatter vi form og farge i omgivelsene.

Det menneskelige øye har om lag 120 millioner reseptorer jevnt fordelt over netthinnen. Reseptorene er enten aktive eller inaktive. Ved oppfattet bevegelse i rommet, kan det være hodet eller øynene våre som beveger seg, mens rommet er statisk (ikke-bevegelige objekter som gulv og vegger). I slike situasjoner vil reseptorene vekselvis være aktive eller inaktive på grunn av de skiftende kontrastene og lysnivåene i rommet. Hjernen reflekterer og kombinerer all informasjon fra våre bevegelser. Når vi er adaptert til et visst lysnivå, blir vi straks oppmerksomme på lysforandringer. Men øynene

bruker en viss tid på å venne seg til forandringen, jo større forandring, desto lenger tid. Vi blir oppmerksom på endringer; når vi er ute og kommer inn, der lyset som regel er svakere, kjører inn i en mørk tunnel en solskinsdag, eller omvendt; om det er kveld og vi kommer inn i et opplyst rom, eller kjører ut av tunnelen. Oppholder vi oss i et rom en lengre periode, blir vi mer adaptert til rommets lysnivå.

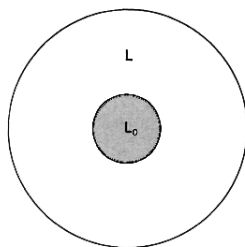
I et atrium med glasstak vil lyset fra atriets lysåpning gi forskjellig lysnivå på de vertikale flatene etter som det beveger seg fra toppen mot bunnen. Vi vil her kunne oppleve forskjellige luminansnivåer. Direkte sollys inn til atriet kan skape forstyrrende kontrastluminanser av skygge og lys, eller luminansen er så stor at den kan virke blendende. Luminans ( $L$ ) angir hvor mye lys som slippes gjennom eksempelvis et vindu, eller det er lys som reflekteres fra en flate og derved angir lysheten av flaten. Synsforholdene påvirkes av elementer som lysnivå, blinding, lysfarge, fargegjengivelse, luminans og kontraster.

*Ved å ha en bakgrunns-flate med en luminans  $L$ , og et objekt med en luminans  $L_0$ , må det være en viss luminansforskjell mellom  $L_0$  og  $L$  for at vi skal kunne oppdage luminanskontrasten.*

Luminanskontrasten er definert som

$$c = \frac{|L_0 - L|}{L}$$

«Fordi  $L_0$  kan være enten mindre eller større enn  $L$ , nytter en ofte tallverditegnet i formelen. En har positiv kontrast når  $L_0 > L$ , som ved lyse objekter mot mørkere bakgrunn og negativ kontrast når  $L_0 < L$ , som ved mørkt objekt mot lysere bakgrunn». (Bjørset, 2006, s.39) (Lillelien, 2012)



Figur 26:  
(Bjørset, 2006, s38)

Reseptorer som sender nerveimpulser til synssenteret i hjernen, er gangliaceller, horisontalceller, bipolarceller og amakrineceller. Av sansceller har vi to typer; staver og tapper. Stavene fungerer bare i mørket, og inneholder fargestoffet rhodopsin. Tappene sørger for fargeoppfattelsen og har en funksjon for dagssynets fargefølsomhet. Staver inndeles i tre hoveddeler. De betegnes gjerne «røde», «grønne» og «blå» staver idet de er sensitive for tilsvarende fargers bølgelengder. (Robert J. Snowden, 2012, kap.1) (Calina Pandelet Yttredal, 2012)

Øyene våre er bygd opp av muskler og plassert slik at vi kan fokusere blikket og oppnå et såkalt stereoskopisk syn, det vil si samsyn eller dybdesyn. Vi kan altså se tredimensjonalt. Hjernen mottar imidlertid to avvikende syn, ett fra hvert øye, men med et overlappende synsfelt på ett og samme bilde.

Hjernen kombinerer informasjonen og gir oss stereoskopisk syn. Lysets modelleringsevne kan påvirke vår mulighet til å vurdere avstand eller gjenkjenne objekter. Ved belysning av rom er det derfor viktig med sylindrisk belysning for å oppnå god visuell kommunikasjon og gjenkjenning av objekter, så som andre mennesker. Sylindrisk belysning er; «Den totale lysfluksen som treffer en meget liten sylinder, som befinner seg i et spesifisert punkt, dividert på arealet til den krumme overflaten. Sylinderens akse er vertikal med mindre annet er spesifisert». (Lillelien, 2012)

Hjernen bearbeider informasjonen og plasserer objektet i et tredimensjonalt rom. Slik kan vi hente informasjon om dybde. Dybdesynet spiller en viktig rolle for avstandsbedømmelse, romoppfattelse og gjenkjenning. I et atrium, der dagslysforhold og store avstander fort kan bli komplekse, vil manipulering ved hjelp av kunstig lys være nyttig. (Robert J. Snowden, 2012, kap.7) «En erfaren (lys)designer kan dra nytte av disse visuelle fenomenene og manipulere og forbedre vår visuelle oppfatning av rommet ved hjelp av lys.» (Innes, 2012, s.30) Barbara Matusiak hevder i sin doktoravhandling *Daylight in linear atrium buildings at high latitudes*, at visuell komfort bør velges ut fra rommets funksjon, altså de aktiviteter som vil foregå i rommet. Basert på hennes konklusjoner for visuell komfort, bør atriet tilfredsstillende tre kriterier. A. *form reading*, B. *modelling – shape reading*, C. *space reading*. (Matusiak, 1998)

## 1.3 DAGSLYSDESIGN

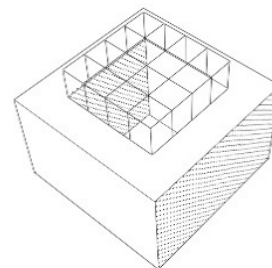
### 1.3.1 Utforming av glassflater for atrium

Som vi forsøksvis har vist ovenfor, har atrier forskjellig utforming, noe som igjen vil ha betydning for glassets utforming. Ved å la hele taket være en lysåpning, kan man påvirke hvordan dagslyset formidles videre inn i rommet. **Gjennom formgivningen kan dagslyset reflekteres inn i rommet, eller fordeles jevnt utover mot forskjellige flater.**

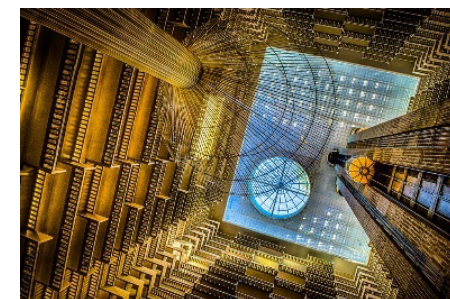
Solens akse er i vinterhalvåret mye lavere enn på sommeren. **Ved å lage geometrisk vinklede glass- former, som sagtanglass, pyramide, skråglass (pulttak), eller kuppelformede glass, vil man kunne få bedre utnyttelse av solen både i sommerhalvåret og i vinterhalvåret.** (Sharples & Lash, 2007)

Et flatt glasstak vil i Norge ikke være hensiktsmessig, hverken på grunn av solens akse eller et eventuelt snølag. Støv og skitt kan også lett legge seg på taket.

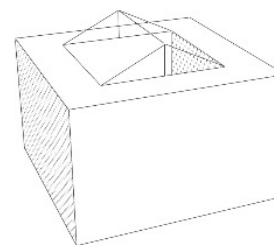
Det finnes en del atrier der man har skråstilt hele glasstaket. Da er det viktig at **glasset er i en slik vinkel at skitt og snø lett vaskes vekk av regn.** (Viestad, 1980)



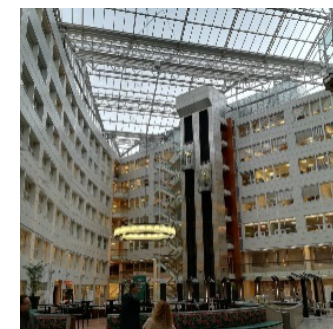
Figur 27:  
**Flatt-glasstak** atrium,  
Illustrasjon SketchUp



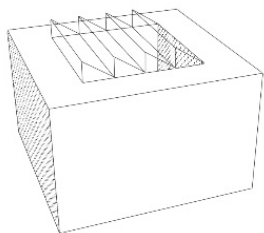
Figur 28:  
Ragency Hayatt Hotel, Atlanta, Architect John Porman. Photo by Aaron Hockley  
Her vises det et flatt tak i atriet.



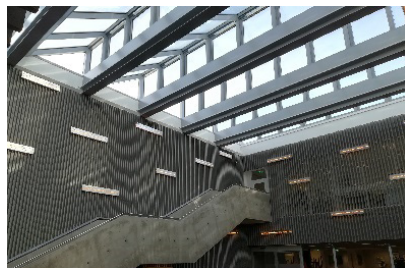
Figur 29:  
**Saltak (glasstak)** atrium,  
illustrasjon SketchUp



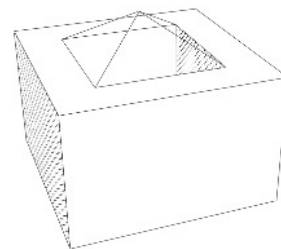
Figur 30:  
Vika Atrium, Thon Hotel  
Her brukes det saltak



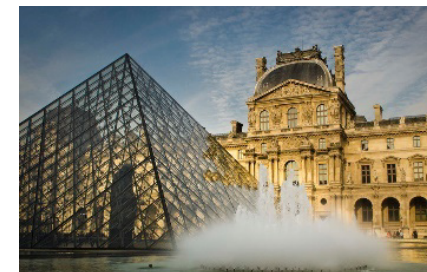
Figur 31:  
**Sagtann- glasstak** atrium,  
illustrasjon SketchUp



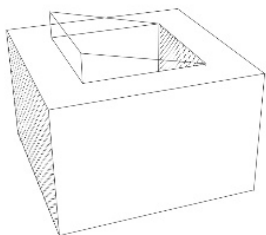
Figur 32:  
I Krona på Kongsberg brukes det  
sagtann- glasstak



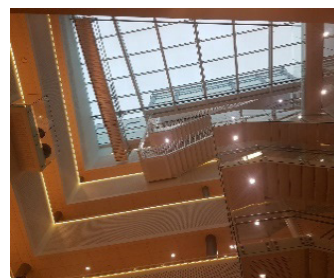
Figur 35:  
**Pyramide- glasstak** atrium,  
illustrasjon SketchUp



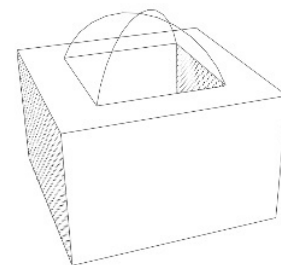
Figur 36:  
Louvre museet I Paris med et pyramide-  
glasstak. Architect I.M Pei. Photo  
by Alexander J.E. Bradley  
<https://www.aperturetours.com/blog/2017/1/14/where-to-photograph-the-louvre>



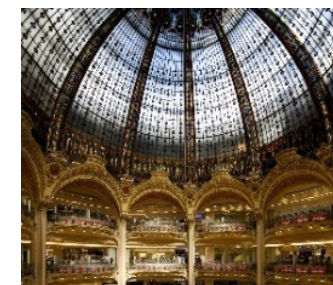
Figur 33:  
**Skråglass (pulttak)** atrium,  
illustrasjon SketchUp



Figur 34:  
Circle K AS med  
Skråglasstak (pulttak)



Figur 37:  
**Kuppelformed glasstak (Dome)** atrium,  
illustrasjon SketchUp



Figur 38:  
The Galeries Lafayette, a department  
store. Paris, France. George Chadanne.  
Photo by Keepress/National  
Geographic/Getty ImageArchitect  
<https://www.gettyimages.no/photos/galleries-lafayette-paris>

### 1.3.2 Vinduer og lystransmisjonsmaterialer

For å få dagslys inn i bygget er det nødvendig med fasadeflater som har egenskaper for lystransmisjon. **I atria benyttes det hovedsakelig glass eller pleksiglass for å bringe dagslyset inn.** Leverandørene tilbyr utallige vindusprodukter med forskjellige bruksområder. Det kan være energisparende glass, lydisolerende, selvrensende, etc. For lys-egenskapene er det utviklet glass med integrert UV-filter, diffuserende lysbrytning, og materialblandinger som gir forskjellig transmittanser av sollysets elektromagnetiske spekter. Kalk-natronglass benyttes i de fleste vindusløsninger som blir levert i dag. Pleksiglass benyttes ofte for å få andre effekter ut av dagslysinslippet, men fortsatt få lyset inn i bygget. (Pilkington, 2018) (Baker, 2002).

Vindusglass har en lang utvikling bak seg. Opp gjennom historien har det vært benyttet mange forskjellige teknikker for å fremstille glassflater. To eksempler er kron-glass og taffel-glass, med forskjellige egenskaper for lysbrytning. Glasset ble ofte «urent» og hadde en struktur som ga høye brytningsindekser. I dag gjør teknologien det mulig å produsere store glassflater med lave brytningsindekser og lite «billedforstyrrelser», dette som planglass (floatglass). (glass, Store Norske Leksikon, u.å).



*Figur 39: By Frank L Junior, Clouds reflected in windows of modern office building, Stock image, Colorbox*

Hvilke muligheter foreligger ved valg av glass med tanke på dagslys i et atrium?

Det er i dag store aktører internasjonalt som produserer planglass for kommersielle byggeprosjekter. Velger man en glassfasade eller et glasstak på et atrium på den nordlige halvkule, vil **hovedutfordringen være varmetap.** Ved bruk av enkelt-glass uten noen form for overflatebehandling eller material-legering, vil varmen produsert i, eller tilført bygget, ha en svært



høy transmisjonsgrad ut av bygget. Dette har produsentene i dag gode løsninger for; det benyttes flere glasslag med gassfylte mellomrom og overflatebehandling, som begge virker isolerende. Det kan også brukes forskjellige typer glasslegeringer for å oppnå den samme effekten. Denne teknologien har revolusjonert arkitekturen de siste tiårene. Det er viktig å være klar over **at man samtidig manipulerer det dagslyset som transmitteres inn i bygget. Når et glass blir overflatebehandlet for å få god isoleringsevne, går dette utover lystransmisjonsegenskapene.** De fleste vindusglass i dag gir en cut-off i spektralfordelingen til dagslyset. Også overflatebehandling som skal stopper UV-stråling fra å bleke interiøret, gir en effekt som forandrer dagslyskvaliteten for dem som benytter bygget/rommet.

Glassleverandørene er således pålagt å gjøre lys og strålingsmålinger etter NS-EN 410:2011 Bygningsglass, Bestemmelse av lys og strålingsegenskaper. **Overflatebehandling av vinduer kan også spille inn på fargegjengivelsen og fargetemperaturen til det transmitterte dagslyset, samt estetiske egenskaper ved interiøret.** Om arkitekt/interiørdesigner for eksempel benytter dyp blått eller rødt i interiøret, kan disse fargene fremtres som grålige eller bleke i dagslys som har passert et overflatebehandlet fasadeglass. Etter NS-EN 410:2011 skal referanselyskilden D65 benyttes for *definert fargegjengivelse etter transmittert dagslys*. Ved valg av glassflater og overflatebehandlinger

vil det derfor være av betydning å vite hvilke dagslyskvaliteter som er vesentlige for fargegjengivelsen av interiøret og brukerne av rommet. (Standard Norge, 2011), (Pilkington, 2018).

### 1.3.3 Refleksjonsmateriale

Refleksjon fra en overflate er avhengig av flere faktorer. Absorpsjonsverdier transmisjonsverdier til materialet lyset treffer forteller hvor stor del som reflekteres. En glatt overflate reflekterer mer lys enn en matt, og lyse farger reflekterer mer lys enn mørke. Ved å belyse overflater av forskjellige materialer med en fullspektret lyskilde, vil reflektert lys fra hvert materiale representere fargeverdien på akkurat denne overflaten.

Refleksjonsverdi vil si hvor stor del av lyset som påfaller overflaten reflekteres tilbake. En matt og en blank overflate av samme farge har samme fargeverdi, men med lav, henholdsvis høyere refleksjonsverdi, da den matte overflaten vil absorbere mer lys enn den blanke. En overflate kan tildeles en refleksjonskoeffisient som angir hvor mye lys som vil bli reflektert om en lysstråle treffer denne flaten. Absorpsjon er avhengig av den kjemiske sammensetningen i et materiale. En del av det elektromagnetiske spekteret vil bli reflektert, en annen del absorbert. (Calina Pandele Yttredal, 2012)

### 1.3.4 Solavskjerming

Solavskjerming blir hovedsakelig benyttet for å forhindre blinding, men også for å stenge ute sollys og hindre oppvarming. Dette gjelder like mye for den nordlige halvkule, der solens posisjon er lavere enn i syd, og sørger for mer direkte sollys inn gjennom vertikale vindusflater. I Norge dimensjoneres vinduene imidlertid for et kjølig vinterhalvår, og man benytter flerlagsglass og isolasjonsglass. Disse stenger samtidig ute det meste av varme-energien fra solen. Men det er også viktig å være klar over at det synlige lyset i det elektromagnetiske spekteret vil bidra til å varme opp bygget. Det skjer når lyset treffer flatene i rommet, og energien absorberes av materialet. Horisontale vindusflater blir ofte benyttet i atrier med skråtak eller flate tak, der romarealet skal lyses opp. Her vil det gjerne være større dagslysinnslipp gjennom tak enn gjennom de vertikale flatene. **Dagslysinnslipp i tak kan gi store mengder naturlig lys inn i bygget. Men solens lysintensitet kan også føre til blinding på lik linje med vertikale dagslysinnslipp. Det er derfor viktig at det foretas en analyse/vurdering av solens posisjon i forhold til dagslys-åpningens geografiske orientering. Ved dagslysinnslipp i skråtak vendt mot sør, vil det høyst sannsynlig forekomme blindingssituasjoner i bygget.** Det er da nødvendig å vurdere solavskjerming for å motvirke dette. (Baker, 2002, kap.7.2).

### Forskjellige typer solavskjerming

Det finnes utallige former for solavskjerming. Men ikke alle er relevante for bebyggelse på den nordlige halvkule, eller for atrium med horisontale dagslysinnslipp. Vi vil nevne noen eksempler som kan være relevante for utforming av et atrium.

### Horisontale/vinklede dagslysinnslipp

Solavskjerming for horisontale og vinklede dagslysinnslipp er vanskeligere å plassere på utsiden av bygget. I Norden er det ikke gunstig med flater der snøen kan legge seg. Løsningen vil være å plassere solavskjermingen inne i bygget.



Figur 40: Outside solar shading at Kong Bar, Guthrie Douglas, <https://www.guthriedouglas.com/shading-for>

### Venetian blinds – Vertikale dagslysinnslipp

Horisontale eller vertikale «louvers» blir ofte benyttet. Disse kan automatiseres og styres etter behov. Løsningen er effektiv både for dagslysinnslipp og for å hindre blending ettersom «louvers» justeres etter ønske. Koblet opp mot et styringssystem, kan man ta i betraktning både strålings-intensitet og hvilken posisjon solen har på himmelen. En **uønsket bi-effekt er imidlertid et redusert utsyn**. (Pilkington, 2018) (Lechner, 2015).

### Tekstilavskjerming - Horisontalt og skrått dagslysinnslipp

Bruk av tekstilavskjerming på de horisontale flatene vil være en god måte å redusere strålingstransmisjonen inn i bygget og redusere blending fra sol eller reflekterende flater. Det finnes produkter for både innendørs og utendørs montering. Produksjonsteknologien har de siste årene gjort utendørs-tekstilene mindre avhengig av vedlikehold; de er mer slitesterke mot vær og miljøpåvirkning, og de leveres i en rekke farger og grader av lystetthet. Bruk av tekstiler gjør solavskjermingen både økonomisk akseptabel, og enkel, fordi det ofte bare benyttes et system med trinser for å regulere dem. Om dette igjen kobles opp mot et styringssystem, kan solavskjermingen kjøres automatisk. Utendørs markiser krever tekstil av mer robust materiale enn annen utendørs solavskjerming. Tekstilavskjerming er den avskjermingen som oftest blir benyttet ved

horisontale dagslysinnslipp, og blir gjerne benyttet i atrier. **Denne type solavskjerming kan redusere utsynet, men det vil fortsatt være mulig å se struktur av eventuelle skylag eller bebyggelse på utsiden.** Dette vil variere etter hvilke transmisjonsgrader tekstilen som benyttes har. Hvilke farger tekstilen har, vil også spille en rolle for hvor godt man ser konturer/objekter utenfor. Ofte vil mørke farger gi et bedre utsyn enn lyse. Men lyse farger vil fortsatt emittere mer dagslys inn i rommet.



Figur 41- Solar shading in Trust Headquarters, Guthrie Douglas,  
<https://www.guthriedouglas.com/shading-for/>

### *Diffuserende glassflater*

Diffuserende glassflater kan redusere blanding fra solen uten at lystransmisjonen reduseres i vesentlig grad. Det finnes mange typer og grader av diffusering; hovedsakelig benyttes teknikker som silketrykk, laminering, sliping eller sandblåsing. Opalisert glass kan være en god løsning for solavskjerming i horisontale vindusflater – det krever ingen form for styring eller vedlikehold. **Det er også en effektiv måte å spre dagslyset i rommet og oppnå et jevnere lys.** Pleksiglass blir ofte benyttet pga. pris eller fordi det har andre foretrukne egenskaper enn glass. **Hvordan utsynet blir ved å benytte diffuserende glassflater eller pleksiglass, kommer an på hvor diffuserende de er. Noen typer gir gode bilder av hva som befinner seg på den andre siden.** Man får ofte en indikasjon på hva som befinner seg der, men det er vanskelig å se detaljer. (Pilkington, 2018).



Figur 42: Fasade Hotel deregion Lille2 med opaliserende glassflater. Kan monteres både horisontalt og vertikalt. Levert av Pilkington, NSG Group.  
[https://projects.pilkington.com/global/SearchResults.aspx?search\\_id=71864774](https://projects.pilkington.com/global/SearchResults.aspx?search_id=71864774)

### Fargete glassflater

Farget glass kan redusere både blanding fra solen og lystransmisjon. Farget glass kan også produseres diffust. Men det er viktig at man forstår konsekvensene av å benytte farget fasadeglass; man vil også forandre fargetemperaturen og de spektrometriske data for dagslyset. Det påvirker fargegjengivelsen av dagslyset, og hvordan materialer og farger generelt fremtrer i rommet. Det vil også påvirke oppfatningen av

utsynet/uterommet. Benytter man f.eks. glass med en grønlig tone, vil naturligvis også bildet av omgivelsene utenfor virke grønnere. I større atrier blir farget glass ofte benyttet i kombinasjon med sol-isolerende glass på grunn av store arealflater med dagslystilgang. **Utsynet kan forandres etter hvilken saturasjonsgrad det fargede glasset har og hvilke farger det har. Man kan også få en annen opplevelse av omgivelsene utenfor enn hva man ville hatt med klart glass.** (Pilkington, 2018).



Figur 43: Akzo-Eetgerinksweg-703603, Dette er fargete glassflater Pilkington leverer. Kan leveres horisontalt som vertikalt  
[https://projects.pilkington.com/global/SearchResults.aspx?search\\_id=71864774](https://projects.pilkington.com/global/SearchResults.aspx?search_id=71864774).

## Blending

Blending forekommer på to forskjellige måter; enten ved synsnedsettende blending eller ubehagsblending. **Ser man direkte på solen, som vil kanskje forekomme i et atrium**, vil man oppleve en så stor sløringsluminans at man mister informasjon fra andre steder i synsbildet pga. økende luminansterskel-forskjell. Dette vil vanskeliggjøre oppgaveløsninger, da synsutfordringene blir store. Ved ubehagsblending er ikke den blendende lyskildens luminans stor nok til å redusere observatørens syn i vesentlig grad. Det vil riktignok bli vanskeligere å utføre synsoppgaver, men allikevel ikke gi en økning i luminansterskel-forskjellen. For å definere et måltall ved prosjektering av belysningsanlegg i offentlig bygg, benyttes ofte UGR (Unified Glare Rating). (Bjørset, 2006, kap.6.1).

## 2. PRAKTISKDEL

Figur 44:  
Cairo Expo City. Exhibition Hall atrium; Cairo, Egypt  
Illustration by Zaha Hadid Architects  
<https://www.zaha-hadid.com/masterplans/cairo-expo-city/>



## 2.1 Innledning

*“Architecture appears for the first time when the sunlight hits a wall.*

*The sunlight did not know what it was before it hit a wall “.*

*Louis Khan, american architect*

I dette kapittelet legges frem de metoder som er benyttet i den praktiske delen av oppgaven.

Fra **forskningsartikler**, **fagbøker**, og andre **publikasjoner** om dagslys og atrium, kom det frem at dagslyskvalitetene, slik vi finner dem utendørs, mest sannsynlig forandres når lyset passerer et glasstak i et atrium, eller reflekteres i andre medier. Når dagslyset reduseres, vil det ha en viss grad av innvirkning på dem som oppholder seg innendørs i et atrium.

Videre legges det frem **observasjoner** og **analyser** av 9 atrier i Oslo-området. Observasjonene ble gjort på en overskyet dag i mars måned. Ut fra **observasjonene** og **analysene** kom det frem hvilke dagslyskriterier det synes viktig å gå nærmere inn på.

**Kvantitative fysiske målinger** er en tredje innfallsvinkel. Det ble foretatt lystekniske, refleksjons, spektrometer- og Lux-målinger av de valgte dagslyskriterier. Disse ble sammenlignet med **simuleringsberegninger i 3D** av **referansemodellen**. Ved hjelp av simuleringsberegninger i 3D kunne vi manipulere formene i arkitekturen, spesielt med tanke på glasstaket. Vi kunne også manipulere reflektanser i rommet for å finne eventuelle elementer det bør tas hensyn til i en sosial sone/pause-sone i et atrium.

**Konklusjoner** er trukket på bakgrunn av **resultater** og **diskurs** i den praktiske delen.



## 2.2 Metode

Oppgavens målsetting er å definere og lokalisere hvilke dagslyskriterier som er mest vesentlige i et atrium med sosiale soner, deretter å komme frem til hvordan det er mulig å oppfylle disse. Vi har benyttet oss av faglitterære teorier, befaringer med observasjon, simuleringer og lystekniske målinger.

### 2.2.1 Faglitterære teorier

Faglitterære studier ga kunnskap om hva et **analyseskjema** burde inneholde. I et næringsbygg prøver designere å oppnå forskjellige mål ved enten å tenke på energisparing for miljø, estetikk eller arkitektonisk utforming av atrier. Skjemaet ble benyttet under befaringene. Det skulle bidra til å finne de dagslyskriterier som vil være mest relevante i et næringsbygg med atrium i den nordlige breddegrad rettet mot sosiale soner for mennesker. Etter å ha kommet frem til *de tre mest fremtredende* dagslyskriteriene ut fra observasjoner under befaringene, ble det gjort simuleringer for å finne ut hvordan det er mulig å oppfylle dem. Utfra faglitterær teori vil disse beregningene være vesentlige for denne oppgaven, selv om det kanskje også vil finnes andre måter å løse utfordringene på.

### Analyseskjema

Analyseskjemaet inneholdt kriterier for teknisk utforming, materialbruk og faktorer som atriets funksjon i forhold til persepsjon, lysnivåer, fargetemperatur og fargegjengivelsen. Det ble satt kriterier for helse og trivsel med fokus på opplevd dagslys og våkenhet, utsyn, og estetikk i rommet. Emosjonelle og sosiale opplevelser ble også tatt i betraktning. **Se neste side eller *Vedlegg 1 Analyseskjema med forklaringer.***

<b>Sted:</b>	Navn lokasjon
<b>Adresse:</b>	Adresse lokasjon
<b>Koordinater:</b>	Koordinater lokasjon
<b>Dato:</b>	Dato befarng
<b>Værforhold:</b>	Værforhold under befarng
<b>Romfunksjon :</b>	Atriets romfunksjon
<b>Teknisk</b>	
Materialbruk	Hvilke materialer blir benyttet i ariet. Dette vil være både refleksjon og transmisjonmateriale.
Refleksjonsmateriale	Er det refleksjoner fra noen materialer i ariet
Areal dagslysinnslipp	Arealet av dagslysinnsippet. Horisontale
Utforming dagslyseareal	Geometrisk utforming av dagslysinnsippet
Byggeteknisk utforming	Hvordan er rommets form? Hva er den arkitektoniske utformingen? Hvor mange etasjer er det?
Proporsjon takhøyde og dagslysinnsippets bredde	Hvilken proporsjon er det mellom takhøyde og dagslysinnsippets bredde/lengde
Solavskjerming	Er solavskjerming tilstede i ariet? Hvilken?
<b>Dagslyskriterier</b>	
Persepsjon	Dagslysets bidrag til persepsjon av rommet.
Orientering	Dagslyset bidrag til å gjøre rommet orienterbart
Lyshierarki	Dagslysets hierarkifordeling i rommet.
Modellering (objekt, forståelse)	Hvor god modellering av ansikter, evt. objekter og rom.
Blending	Blendingskilder fra dagslyset i rommet
CRI lysspekteret (Opplevd/fargegjengivelse)	Opplevd fargegjengivelse fra dagslyset
Fargetemperatur (Opplevd)	Opplevd fargetemperatur på dagslyset som trenger inn i rommet
Kontraster (Lys og farge)	Dagslysets evne til å skape kontraster i rommet
Lysnivå	Dagslysets lysnivå i rommet
Sylindrisk belysning	Dagslysets sylindriske fordeling i rommet. Evne til å belyse ansikter
Jevnhet belysning	Dagslysets jevnhet i rommet
<b>Dagslyskriterier helse og trivsel</b>	
Døgnrytme	Rytmer som danner en slags indre klokke. Klokken reagerer på vekslingen mellom lys og mørke
Utsyn	Hvor stor utsyn har man fra ariet og ut i frie omgivelser?
Estetikk (Fremheving av arkitektur og interiør)	Skaper dagslyset estetikk i rommet, ved farger i interiør eller arkitektur?
Opplevd våkenhet (Grad)	Følelsen dagslyset gir når man beveger seg inn i ariet. "Våkner" man?
Motivasjon (glede, trivsel,	Gir dagslys noen form for følelser i et rom som atrium, dagslyset evne til å skape tanker og følelser
Emosjonelle og sosiale opplevelser	Dagslysets effekt i forhold til sosiale interaksjoner

Analyseeskjema med forklaring – Utdrag *Vedlegg 1-1*.

## Utvalgte dagslyskriterier

Basert på befaringsresultatene ble det valgt ut tre dagslyskriter, det til dels på grunn av deres egenskaper i et atrium for mennesker i en sosial sone som vi mener bør være viktig. (opplevd «utfølelse», lysmengde og dagslysets spektrale fordeling) ble gjenstand for et dypere litterært studium for å finne måter de kan oppfylles på.

## Opplevd «utfølelse»

I kapittelet om opplevd «utfølelse» er det benyttet faglitteratur som grunnlag for enkelte resultater som legges frem. Det er benyttet en publikasjon fra *Lyskultur, Dagslys i bygninger – prosjekteringsveiledning*, for å vise effekten av dagslyskriteriet «utfølelse» i et atrium.

## Lysmengde

Faglitterære studier ligger til grunn for omtalen av transmisjonsmaterialer under kapittelet [2.3.1.2 Lysmengde](#). Det ble benyttet produktblad fra glassleverandøren Pilkington for å vise til de resultater produsenten oppgir.

## Dagslysets spektrale fordeling

Det blir benytte det samme faglitterære studie fra glassleverandøren Pilkington. Som beskrevet i avsnittet over.



Vika Atrium

Akerbrygge shopping

Østbanehallen

Oslo Atrium

Galleri Oslo

Circle K AS Norge

Figur 45:  
Kartverket, ortofoto Oslo sentrum.  
Det som understreker disse atriene er at alle er geografisk plassert i samme by med deres ulike arkitektoniske utforming og samme funksjon, men allikevel vil de ha ulike dagslys kvaliteter i seg.

## 2.2.2 Befaringer med observasjoner

Observasjonene ble gjennomført på en overskyet dag i mars måned. Ved befarings til de forskjellige atriene i Oslo-området, benyttet vi analyseeskjemaet, som beskrevet ovenfor. Hver lokasjon ble analysert. Det ble gjort befaringer til 9 forskjellige atrier med samme romfunksjon. Atriene befinner seg i Oslo, Sandvika og Kongsberg.

Resultatet av disse befaringene, førte til et utvalg på tre hovedkriterier for dagslys-opplevelse for atrier med en sosial sone/pause-sone.

De valgte dagslyskriteriene (opplevd «utefølelse», lysmengde og dagslysets spektrale fordeling) ble deretter testet ut under observasjonene gjort på befaringen. Det ble observert i hvilken grad de tre kriteriene var oppfylt. Resultatene for de forskjellige atriene ble deretter sammenlignet.

## 2.2.3 Simuleringer

### Dialux evo 8.1

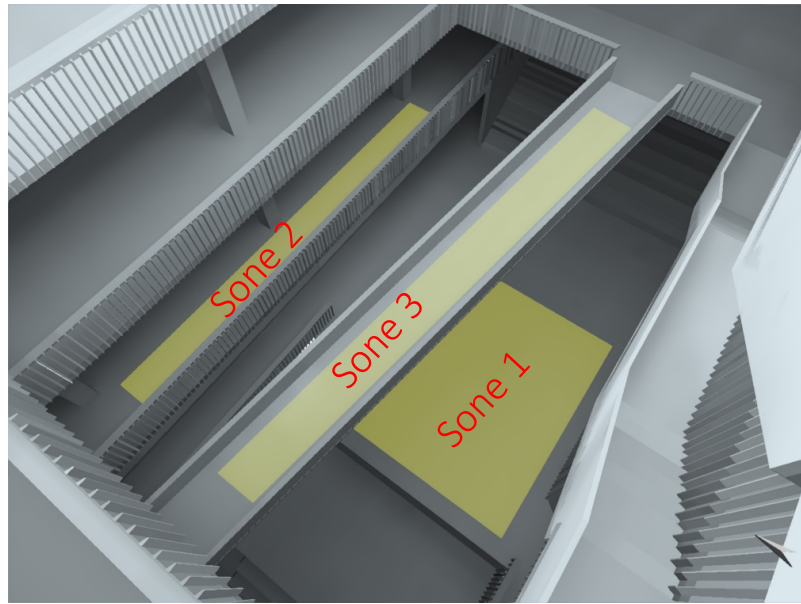
Det ble utformet en referansemodell av Krona, Kongsberg, som skulle benyttes til utprøving av de valgte dagslyskriterier.

I lysberegningsprogrammet Dialux Evo 8.1 ble det tatt en referansemåling i modellen, dels med overskyet himmel som utgangspunkt, dels med skyfri

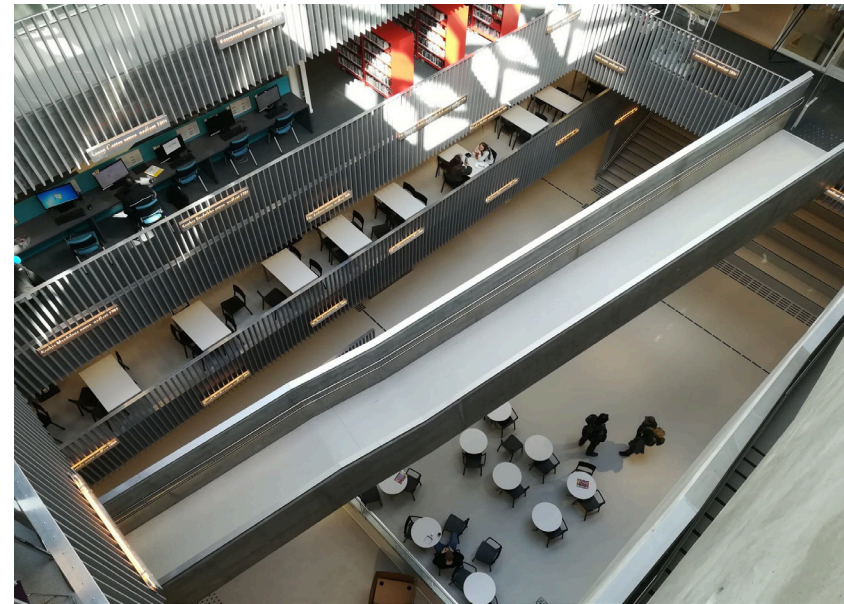
himmel. Referansemodellen er utformet med sagtannvindu i topp av atriet, og et parti med vertikale vinduer i 6.etg., slik det er bygget i dag.

Refleksjonsfaktor er 0,5 på alle flater. Lysberegningen inneholder tre kalkulasjoner av beregningsområder – som vesentlig er aktivitetsareal – med tanke på dagslyseksposeringen i atriet. Et av beregningsfeltene (sone 3) er passasje-rampe fra 3. til 4.etg. Dette er ikke et sitte- eller mingleareal, men det er et så sentralt element og aktivitetsområde i atriet at det bør være med i beregningene. Neste beregningsfelt (Sone 2) er sittearealet ved gelender 3.etg. Siste beregningsfelt (Sone 1) er sitteareal i 2.etg. under passasje-rampe se *Figur 46a*.

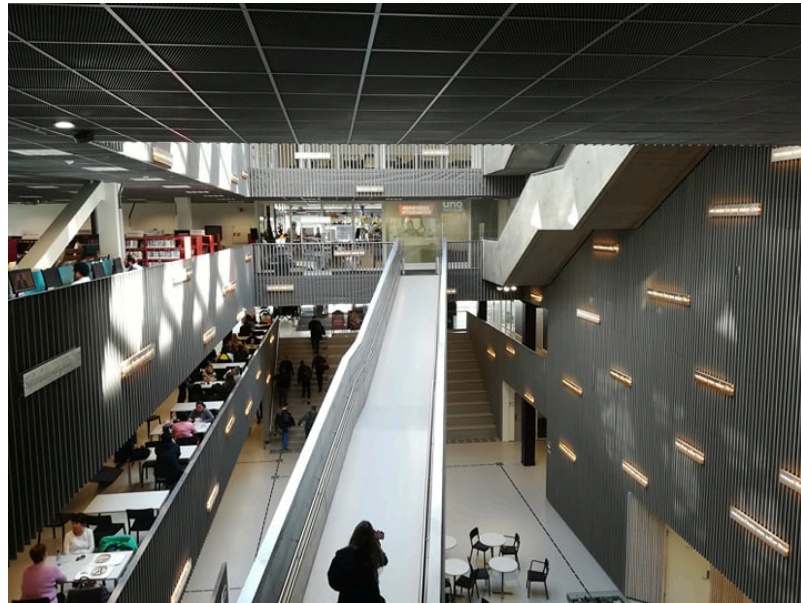
Denne beregningsmodellen ble videre benyttet for å teste hvordan lysmengden forandrer seg ved å forandre den geometriske utformingen av daglyskonstruksjonen. Den blir også benyttet for å teste hvordan lysmengden forandres om refleksjonsfaktoren forandres. Dette blir hovedsakelig presentert i resultater i kapittelet 2.3.2.2 Lysmengde.



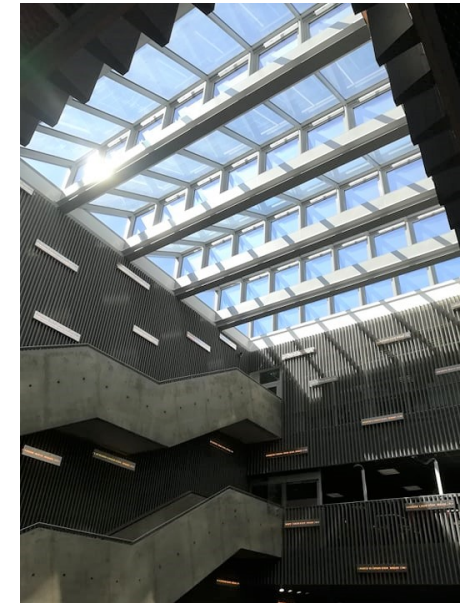
a



b



c



d

Figur 46:

a) Illustrasjon Dialux evo 8.1 av måle grid og beregningsfelter, se vedlegg 2-1, 3-1, 4-1. b) Krona sett fra 5 etg. c) Krona, utsikt over passasjerampe fra 4 etg. d) Kronas dagslysløslipp, med sagtannløsning

## SkechUp-modell

En SketchUp-modell ble benyttet for å ta solkalkulasjoner og skygge-kalkulasjoner av referansebygget Krona, Kongsberg, i en riktig geografisk plassering. Modellen ble benyttet til utprøving av de valgte dagslyskriteriene. Det vises i hovedsak til resultatkapittelet for lysmengde. SketchUp-modellen er også benyttet i resultatkapittelet for opplevd «utføelse», hvor det legges frem kalkulasjoner for og visualisering av utsyn. Til solkalkulasjoner og skygge-kalkulasjoner er benyttet et tilleggs-program for SketchUp; Curic Sun.

### 2.2.4 Lystekniske målinger

Det ble foretatt to typer målinger: Lux- og spektrometer-målinger. Det ble gjennomført reelle lysmålinger av Krona, Kongsberg, som er referansemodell og modell for simuleringer.

#### Lux-målinger

Lux-målingene ville vise hvilke nivåer som reelt sett foreligger, og disses forhold til målinger i den simulerte modellen. Målingene presenteres i resultatkapittelet 2.3.2.2 Lysmengde i vedlegg 2-1. De er også omtalt i resultatkapittelet 2.3.2.1 opplevd «utføelse».

Det ble også foretatt Lux-målinger som grunnlag for en enkel beregning av referanse-modellens faktiske refleksjonsfaktor. Denne er oppgitt i *Vedlegg 3-1*. Det ble benyttet Lux/luminans-meter fra Hagner, MODEL EC1-L, for målinger ved Krona, Kongsberg.

På befaringer i de øvrige atrier ble det benyttet telefon med en app, kalt «Lightmeter» (lysmåler). Denne ble benyttet for å få en indikasjon på lysnivået i atriene. (*Verdiene varierer og er upålitelige. De er derfor ikke gjengitt med tall i analysearkene*).

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.tsana.alan.lightmeter>

#### Spektrometermålinger

Det ble foretatt spektrometer-målinger utenfor Krona, Kongsberg. Etter 13 fullførte spektrometer-målinger av dagslys, under satte differensierte miljøer, kunne vi iaktta hva miljøet gjør med dagslysets spektralfordeling. Dette ville gi en indikasjon på dagslysets spektralfordeling inne i bygget til forskjell fra dagslyset på utsiden. Det ble også foretatt utendørs spektrometer-målinger av forskjellige glass-/akryl-materialer. Dette ville fortelle oss hvordan dagslysets spektrale fordeling forandres når det passerer materialer som benyttes for å redusere blanding, eller skape estetiske bygningsfasader. Det ble tatt en referanse-måling under overskyet himmel, som ga spektralfordeling og fargetemperatur. Tilsvarende målinger

ble gjort i atriet på Krona; en under dagslysinnsliippet i 6. etg. og en ved den sosiale sonen i 2. etg.

De resterende 11 målingene ble utført ute med diverse glass og pleksiglass. Disse ble delt inn i 4 forskjellige grupper; 1) glass/pleksiglass uten fargetone, 2) frostet, 3) med svak fargetone og 4) med dypere fargetone.

Målingene ble utført med et GL SPECTIS 1.0 TOUCH spektrometer fra GL-Optic.

#### **Målinger utført 15. mars 2019, klokken 12.30 – 13.00:**

1. Dagslysmåling utendørs (referansemåling) (intet glasstak)

*Målinger inne i Krona:*

2. Dagslysmåling under dagslysinnslipp (rett under glass) 6. etg.
3. Dagslysmåling 2.etg., sosial sone

*Målinger av glass/pleksiglass uten pregende fargetoner:*

4. Dagslysmåling blankt enkeltglass
5. Dagslysmåling grått pleksiglass

*Målinger av glass/pleksiglass uten pregende fargetoner, men med frosting:*

6. Dagslysmåling med frostet pleksiglass
7. Dagslysmålinger med PMMA akrylglass, frostet

*Målinger av glass/pleksiglass svak pregende fargetoner:*

8. Dagslysmåling med lyseblått glass
9. Dagslysmåling med rosa plexiglass
10. Dagslysmåling med lyseblått plexiglass

*Målinger av glass med sterkt pregende fargetoner:*

11. Dagslysmåling med mørkeblått glass
12. Dagslysmåling med mørkerødt glass
13. Dagslysmåling med mørkebrunt glass

Se vedlegg 5 og kap. 2.3.2.3 for resultater.

## 2.2.5 Databaser

Det er hentet informasjon fra to databaser/program for å finne soltid og solposisjon. Informasjonen er benyttet i resultatkapittelet for lysmengde.

Nettstedet Time And Date ([www.timeanddate.no](http://www.timeanddate.no)) er benyttet for å finne soltid for vår referansemodells geografiske posisjon. Solarbeam (<http://solarbeam.sourceforge.net>) er benyttet for kontroll av solposisjon i SketchUp-modell.



## 2.3 RESULTAT

### 2.3.1 Dagslyskriterier-Analyseskjema

Dagslyskriterier og kvaliteter ble observert og analysert under befarung i overskyet vær, mars 2019. Resultatene er analysert ut fra *Vedlegg 1-1* og fremlegges i *Vedlegg 1-2* til *Vedlegg 1-10*.

Det viste seg snart ved befarung at det ville bli for omfattende å teste ut alle dagslyskriteriene i analyseskjemaet. Kriteriene måtte reduseres. Atriene var valgt ut fra en satt romfunksjon, nærmere bestemt en sosial sone/pause-sone. Med tanke på hvordan dagslyset i denne sonen fungerte som virkemiddel for menneskers velvære, kom vi frem til tre vesentlige dagslyskriterier. Disse ble testet med tanke på hvordan de kunne tilfredsstilles. De tre dagslyskriteriene er definert i resultatkapittel [2.3.1.2](#) **Opplevd «utefølelse»**, **Lysmengde** og **Dagslyset spektralfordeling**.

Figur 47:  
Ragency Hayatt Hotel, Atlanta, Architect John  
Porman. Photo by Aaron Hockley  
Her vises det et flatt tak i atriets.



### 2.3.1.1 Analyse befaring

Funksjoner som ble testet i de 8 atriene, i tillegg til referanse-atriet, var hvordan rommet stimulerte persepsjonen, orienteringsmulighetene, rommets lysnivå, modellering av mennesker og øvrige objekter, fargegjengivelse, lys-hierarkier, jevnhet i belysningen, blending, fargetemperatur (kulde/varme), luminanskontraster, fargekontraster, opplevelse av døgnrytmen, estetikk, opplevd våkenhet, motivasjonsstimulans, emosjonelle og sosiale stimulanser, og utsyn.

Når det gjelder **persepsjon** og forståelse av rom, var a) Østbanehallen, b) Galleri Oslo og c) Vika Atrium blant de mest oversiktlige se *Figur 48*.

Romopplevelsen var luftig, med god oversikt over alle elementene i rommet. Det å kunne se enden av rommet, antall etasjer, trapper og hindringer, var betryggende. Derimot var d) og e) Oslo Atrium den mest komplekse av disse atriene. Selv om Oslo Atrium var i kontakt med etasjene, som vist på bilde, var det mange forstyrrende elementer i arkitekturen; så som små trappeløp gjennom pause-sonen og skillevegg mellom heis og inngang. Ifølge Barbara Matusiak må tre kriterier for visuell komfort være tilfredsstilt for å kunne lese rommets (atriets) funksjon. A) form reading, B) modeling – shape reading og C) room reading. Disse kan ikke sies å være oppfylt i Oslo Atrium.



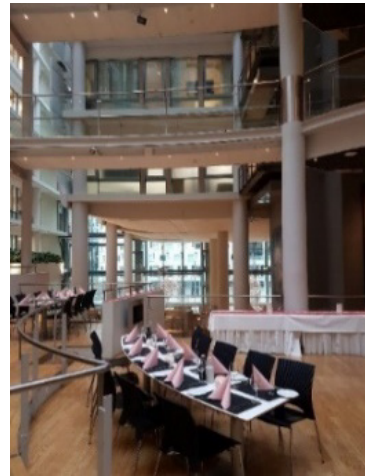
a



b



c



d



e

Figur 48:

a) Østbanehallen, lineær utforming med kurvet takkonstruksjon. Enkel og forståelig persepsjon og oppfatelse av rommet. b) Galleri Oslo, enkel og forståelig persepsjon av de arkitektoniske linjene i atriet. c) Vika Atrium, stort åpent rom, enkel og forståelig arkitektonisk utforming. d) Oslo Atrium, persepsjonene blir forstyrret av mange elementer i rommet. e) Oslo Atrium, gir kontakt med etasjene, men persepsjonen blir forstyrret av mange elementer i rommet.

Geometrisk utforming har stor påvirkning på **orienteringen** i rommet. Det er ikke nødvendigvis behov for mye plass eller begrensninger i området for å kunne skape orientering. Ved å ha elementer som skaper visuelle føringer og fungerer som veiledere, kan orientering likevel oppnås forholdsvis enkelt. Aker Brygge shoppingsenter i *Figur 49* a) og b) med pentagonform og sitte-område i midten, er oversiktlig og gir god orientering. Butikker og innganger er godt synlige. Østbanehallen med lineært langsgående glasstak har tydelig visuell orientering til utganger eller tilstøtende rom i bygget.

Oslo Atrium og Circle K's atrium i *Figur 49* c) og d) var derimot vanskeligere å orientere seg i. Til tross for stort dagslysinnslipp i tillegg til kunstig belysning, var det lite oversiktlig hvor utgangen fra Oslo Atrium lå. En måtte ha veiledning for å finne frem.

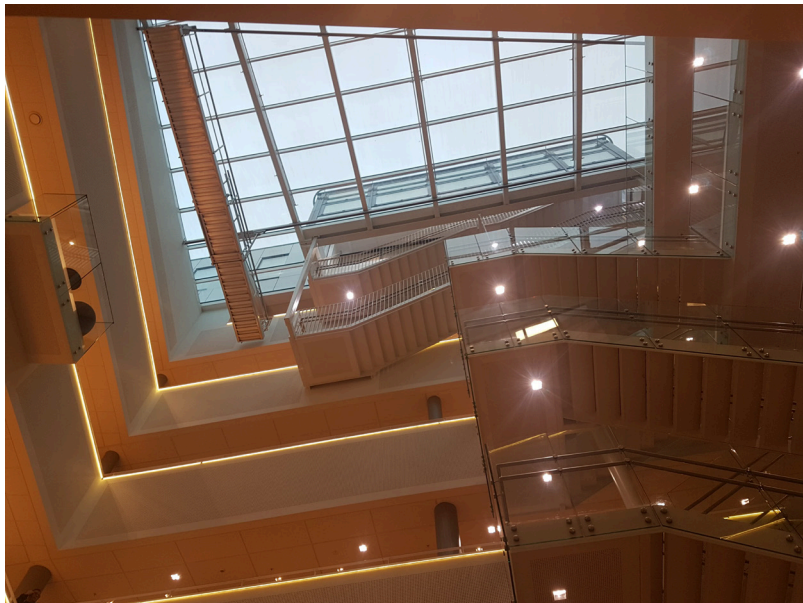
Dagslysinnsippet på Circle K's atrium var ikke merkbart før en befant seg rett under glassoverdekket og så opp. I tillegg til utformingen av rommet, var det også generelt lavt lysnivå. Dette førte til mindre gode orienteringsmuligheter.



a



b



c



d

Figur 49:

a) Aker Brygge shoppingssenter, [http://blogg.akershuseiendom.no/wp-content/uploads/2015/03/2014.11.03.Terminalbygget\\_014.jpg](http://blogg.akershuseiendom.no/wp-content/uploads/2015/03/2014.11.03.Terminalbygget_014.jpg).

b) Aker Brygge Shopping, har god modellering av interiøret og andre elementer i rommet. c) Circle K AS. Atrium. d) Circle K AS, atrium med sosial/pause- sone.

Under befaring ble det observert **lysnivå** fra dagslysinslippet og ned i atriene. De fleste atriene ga et opplevd lysnivå som var meget godt. Blant disse skal fremheves Vika Atrium, Østbanehallen, Galleri Oslo og Norconsult, som alle ga en opplevelse av høyt lysnivå. Her opplevde man at atriets funksjon ble realisert; dvs. å bringe lys ned i lokalet. Det gir en også en illusjon av «utefølelse». Denne effekten ble tydeliggjort – ved sitt fravær – i Circle K's atrium. Her var dagslysinslippet så godt som fraværende, og den kunstige belysningen sto for det meste av lysmengden i rommet.

**Hierarkier** av dagslys kunne observeres i de fleste atrieer. Tilstedeværelsen av dagslys, og hvor det kom fra, kunne registreres allerede ved ankomst i Vika Atrium, Oslo Atrium, Akerselva Atrium og Galleri Oslo. I Akerselva Atrium kunne man registrere lysets fargeskift inn til interiøret. I Circle K's atrium kunne man derimot *ikke* observere noe dagslyshierarki.

En opplevd **modellering** av mennesker, objekter og interiør ved hjelp av dagslys, var godt synlig i de fleste atrieer. Et godt eksempel er Aker Brygge shoppingssenter. Dagslyset ga en følelse av at rommet er større enn det det i virkeligheten er, og mennesker og objekter trer tydelig frem. Shoppingssentre kan, på sensitive mennesker, virke masete og stressende. Aker Brygge shoppingssenter virker i så måte roligere; belysningens modellering av mennesker, objekter og interiør får en til å føle seg mer avslappet og ikke så stresset. Det kan tenkes at interiøret som er valgt, også

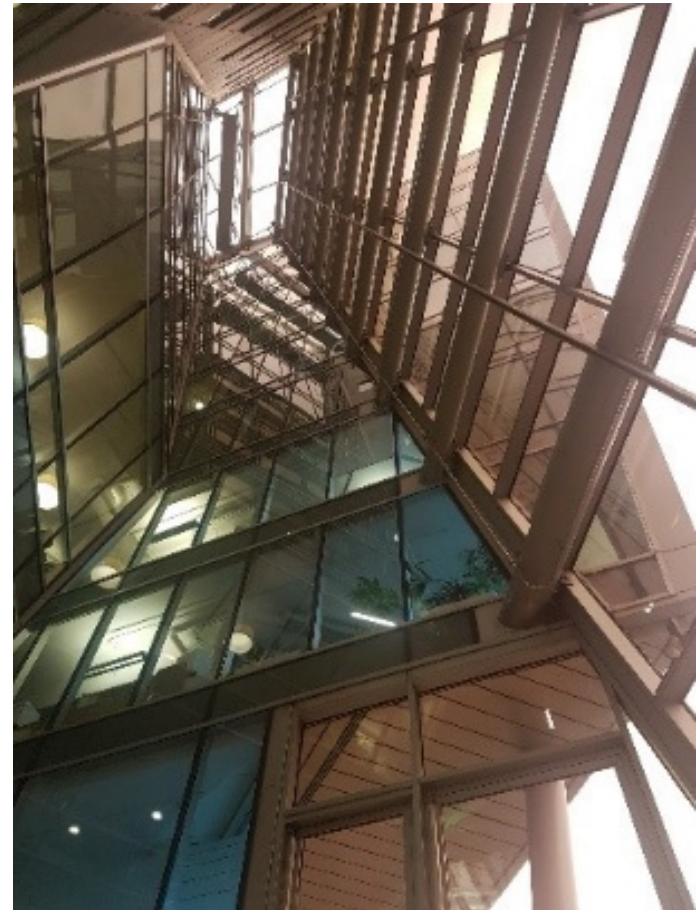
spiller en vesentlig rolle, idet dette reflekterer dagslyset innover i rommet. God **syindrisk belysning** av ansikter kunne observeres godt i de fleste atrieer.

**Jevnhet** var uproblematisk under observasjoner og analyser, men varierte ut fra materialbruken i de forskjellige atrieer. Ingen merkbare forandringer ble observert.

Avhengig av overflater og materialbruk kan noen atrieer ha mer **blending** enn andre. Blending fra overflater kan også forekomme på en overskyet dag, men dette kriteriet kunne ikke registreres i vesentlig grad på dagen for observasjon.

Aker Brygge shoppingssenter utnytter reflekterende flater. Disse kan forårsake blending. Ved solskinn kan det trolig oppstå blending i dette atriene. Se *Figur 49 a)* og *b)*

Observert **fargetemperatur** (under overskyet vær) opplevdes som noe kald i de fleste atrieer. En kald fargetemperatur fra dagslys gjennom transmittert glass, ga imidlertid en assosiasjon til «utefølelse» og reelt dagslys. I enkelte atrieer opplevde man i tillegg at den kunstige belysningen, der fargetemperaturen føles «varmere» fordi den er gulere, ga et mer intimt preg til rommet. Dette var tilfellet for Akerselva Atrium se *Figur 50*; observert fargetemperatur ved dagslys transmittert gjennom glassfasaden, ga et varmere preg til den sosiale sonen/pause-sonen.



*Figur 50:  
Akerselva Atrium oppleves fargegjengivelsen av interiøret, hudfargen til mennesker som lite naturlig og det meste blir brun- grått. Akerselva Atrium har gjennomgående glassfasade med Orange fargefilter*

Observasjonene viste en gjennomgående god **fargegjengivelse** av mennesker, interiør og andre objekter, den var naturlig, som om man kunne ha vært ute. Akerselva Atrium skilte seg her negativt ut; bruken av oransje glassfasade hadde en merkbar virkning på innemiljøet. Et farget glass vil selvsagt i enda høyere grad ha en effekt på interiøret og menneskene som oppholder seg der.

**Luminanskontraster** er del av krav til universell utforming, og skal bidra til å gjøre bygg lettere tilgjengelige for både -friske og funksjonshemmede brukere. For å oppnå luminanskontraster er bruk av mørke, vekselvis lyse, materialer et virkemiddel. De observerte atriene viste her store differanser. Østbanehallen i Oslo har tydelig skille mellom gulv, vegg og tak. Dette gjør at det er lett å orientere seg i Østbanehallen. Det hierarkiske dagslysinnsippet har også en luminanskontrast til de deler av taket der man har bærende konstruksjoner. Ellers hadde flere av atriene en jevn luminanskontrast, dvs. den var lite merkbar. Den ga sikt ut til rommet og en viss forståelse, men det kunne dels være vanskelig å skille gulv fra vegg grunnet bruk av lyse materialer på begge flater. Dette var allikevel ikke noe stort problem.

I Norconsults atrium *Figur 51* var **fargekontrastene** varierende grunnet bruken av kunstig belysning. Allikevel var luminanskontrasten meget god og

forståelig. Atriet har mørke gulvflater og lyse vegger. Dette medvirker til at man lett forstår rommets utforming.





*Figur 51:  
Norconsult, Sandvika. Sosial/pause- sone. Bruk av mansard- glasstak.*

Et annet atrium som bør fremheves når det gjelder fargekontrast, er Akerselva Atrium. Det ble brukt oransje fasadeglass, men rundt i lokalet til tilstøtende rom, er det benyttet blått glass, som vist i bilde nedenfor. Dermed vil man allikevel kunne forstå hva som er horisontalt og hva som tilhører vertikalplanet. Dagslysinnslipp innendørs gir i seg selv et **estetisk** preg på interiøret i flere av atriene. Det ble i tillegg observert en farget glassfasade, som forsterket den estetiske opplevelsen. Som Akerselva Atrium.

**Opplevd våkenhet** ble observert å ha direkte sammenheng med lysnivået i rommet. Ved ankomst til atrier med større dagslysinnslipp, økte våkenheten i forhold til dem med mindre dagslys, og det førte til økt energinivå.

**Motivasjon** ble observert som avhengig av farger og lys. Jo lysere rommet var, desto større motivasjon for å oppholde seg i rommet. Vika Atrium var et av de atrier der man følte seg vel og ble motivert til å oppholde seg, enten det var for å gjøre noe, eller bare for å slappe av, liksom man kan oppsøke en park (utendørs) for å drive aktivitet eller slappe av.

**Emosjonelle** og sosiale opplevelser er subjektive og varierer fra person til person. Kulturell bakgrunn har også en betydning. Atriene som ble observert, hadde forskjellige kvaliteter og nivåer av sterke eller svake emosjonelle og sosiale elementer. Vika Atrium og Aker Brygge

shoppingsenter var blant de stedene som overasket oss ved ankomst; to vidt forskjellige atrier, både i utforming og dimensjon, ga allikevel en wow-faktor.

Dimensjon og volum av dagslys inn i rommet skapte en umiddelbar fornemmelse av frihet, motivasjon og romslighet i Vika Atrium. I atriet til Aker Brygge shoppingsenter kunne man være tilbøyelig til å forvente en mer klaustrofobisk opplevelse; et lite atrium med mørke, speilende overflater. Utformingen av de speilende glassmaterialene og en kunstinnsjallasjon ga allikevel dagslysinslippet mulighet for å skape en opplevelse av romslighet og tilgang på mye dagslys.

**Utsyn** er definert ved tre kriterier; utsyn til bakke, landskap eller andre bygg, og himmel.(Standard Norge, 2019). Et kriterium i denne oppgaven er at *godt* utsyn kan gi en assosiasjoner til «utefølelse». Det krever at dagslysinslippet til atriet er av en viss størrelse. De fleste atrier som ble observert, tilfredsstilte kriteriet for utsyn til himmel. Ser man himmelen, kan man observere om det er sol eller overskyet, og man kan orientere seg noenlunde om solens posisjon og tidspunkt på døgnet.

### 2.3.1.2 Definisjon av utvalgte dagslyskriterier

#### Opplevd «utefølelse»

Kriterier som **opplevd våkenhet, utsyn, lysnivå, fargetemperatur** og den **arkitektoniske utformingen** av atriets, er samlet under betegnelsen *opplevd «utefølelse»*.

«**Opplevd våkenhet**» er en effekt av et visst dagslysnivå målt i lumen. Dvs. at en «opplevde våkenhet» i et atrium krever tilstrekkelig dagslys uten hjelp av kunstig belysning. Kriteriet **utsyn** innebærer at referansepersonen skal kunne se ut, og gjennom utsynet kunne oppfatte tiden på døgnet.

I et atrium med glasstak vil man kunne oppnå en viss orienteringsevne med tanke på solens posisjon, dvs. tidsperspektiv, himmelretninger og værforhold.

Det må tas i betraktning at opplevd «utefølelse» i et atrium kan være forskjellig fra person til person.

I et atrium med flere etasjer vil en dagslyskvalitet som **lysnivå** for opplevd «utefølelse», være sterkere jo nærmere glassoverdekket man befinner seg.

Vika Atrium utmerker seg med et høyt lysnivå også på bunnen av atriets.

Den **arkitektoniske utformingen** er vesentlig for mengden lys ned i atriets og dermed for opplevd «utefølelse». I analyseskjemaet er arkitektonisk utforming et kriterium som omfatter *areal for dagslysinnslipp, formen på dagslysarealet, byggeteknisk utforming og proporsjoner for rom og bygg*.

Idealet synes å være at byggets proporsjoner i forhold til lysinnslippets areal bør være 1:1. Vika Atrium utmerker seg her, som det desidert beste; byggets utforming og areal, og areal for dagslysinnslipp antas av å være tilnærmet 1:1.

#### Lysmengde

Analyser viser at et hovedkriterium for godt dagslydesign, er *lysmengden* i rommet og belysningsstyrken som treffer øyet (**syindrisk belysning**). Et atrium skal hovedsakelig bringe dagslys inn i bygget og skape et rom som får en til å føle seg «ute», uavhengig av værforhold. Lysmengde (lumen) har betydning for rommets funksjon og en persons forståelse av rommet. Lysmengden influerer på luminansnivåer på vegg og gulv, som igjen fremhever **lysnivået** i rommet. Analysen indikerer at lysmengden avhenger av forholdet mellom **takhøyde og dagslysinnslippets bredde**.

#### Dagslysets spektralfordeling

Er av tre hovedkriterier for dagslys vektlagt i foreliggende bacheloroppgave, er *daglysets spektralfordeling*. Kriteriet er valgt ut fra faglitterære studier, observasjoner og analyse av de forskjellige atriets. Det utkrystalliserte seg som et sentralt tema i sammenheng med fordypning i forskjellige glasstyper og transmisjonsmaterialer. Her kom det frem at moderne bygg benytter

teknologiske løsninger for glass for å oppnå varierende effekter og kvaliteter. I produsentens (Pilkingtons) informasjonsmateriale ble det indikert at dagslys som transmitteres gjennom disse glasstypene, vil bli manipulert. Noen av de manipulerede kvalitetene er oppgitt av leverandør, men er også standardisert etter NS-EN 410-2011. Denne standarden krever ikke en dypere analysing av dagslysets spektralfordeling etter transittering.

Dagslysets spektralfordeling spiller en stor rolle for **fargetemperaturen** og **fargegjengivelsen**. Dette er relevant både for interiøret og menneskene som befinner seg i rommet, og for foreliggende oppgave om dagslys i atrium, vil dette være et sentralt tema. I atriets skal det oppnås en såkalt «utefølelse», og dermed bør lysets fargetemperatur også være tilnærmet dagslysets fargetemperatur. Denne oppgaven omfatter atrium med en sosial sone/pause-sone. Det innebærer sosialisering og menneskelig interaksjon. **Hvordan hudtoner og farger gjengis**, vil da være viktig.

## 2.3.2 Valgte dagslyskriterier

De valgte kriteriene for dagslyskvalitet ble testet. Resultatene legges frem i de forskjellige kapitlene, 2.3.2.1, 2.3.2.2 og 2.3.2.3 etter hvilken metode som er benyttet og gjort nærmere rede for i metodekapittelet.

### 2.3.2.1 «Opplevd utefølelse»

Skal man komme frem til og bestemme en opplevd «utefølelse» innendørs og under et glasstak, vil det være mange elementer som spiller inn og kan gjøre en forskjell. Slike elementer er:

- Opplevd våkenhet
- Utsyn (synsvinkler)
- Lysnivå
- Arkitektonisk utforming (dimensjon og areal)
- Fargetemperatur

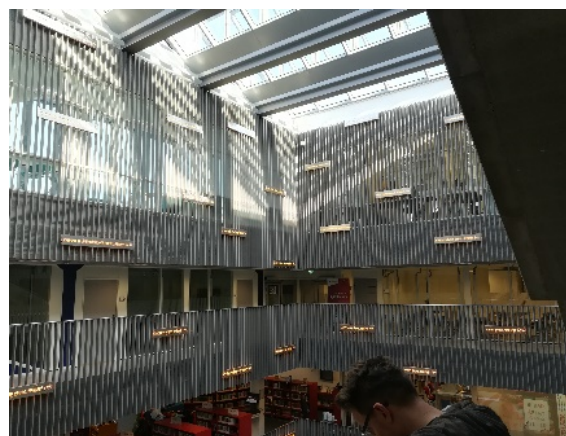
Resultatene er basert på våre observasjoner av atrier i Oslo-området, i tillegg til faglitterære teorier om opplevd «utefølelse». Noen atrier har flere dagslyskriterier for å oppnå en god «utefølelse». Disse legges også frem i resultater av målte og beregnede resultater for opplevd «utefølelse».

**Opplevd våkenhet** i Vika Atrium er en observasjon ved opplevd «utefølelse».

En mindre grad av opplevd våkenhet ble gjort i observasjonen av Circle K's atrium. Der tok den kunstige belysningen overhånd over dagslyset.

**Utsynet** fra Vika Atrium gjør det lett å observere himmelen. Det gir ekstra score for opplevd «utefølelse». Det samme ble observert ved de øvrige atriene, også Krona i Kongsberg. Men et atrium som skilte seg ut når det gjelder utsyn, og som oppfylte tre kriterier i henhold til NS EN 17037(2018), var Akerselva Atrium. Her ble det observert utsyn både til bakke, landskap, bygg og himmel.

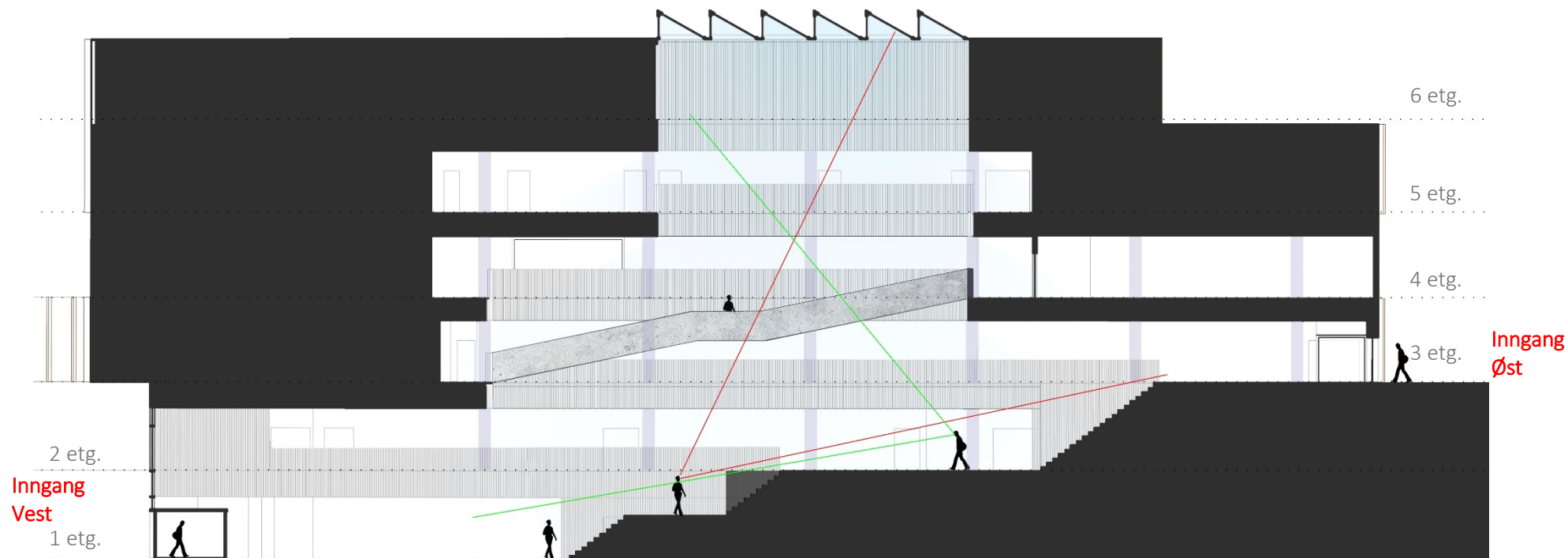
I Krona kan man observere hvor solen står på himmelen utfra solflekker på atriets vegger *Figur 52*



*Figur 52:*  
Krona, Kongsberg. Med solflekker på fasade

Utsynet fra et atrium er påvirket av synvinkel og hvor man er plassert i rommet. Atriet på Krona har to hovedinnganger, en fra vest og en fra øst. På vestsiden kan opplevelsen av «utefølelse» i atriet være noe bedre enn på østsiden fordi trappen åpner rommet tidligere mot de øvrige etasjer. Og på tross av at inngangen befinner seg to etasjer lengre ned i vest enn i øst, slipper det mer dagslys inn, dels fordi takhøyden er større, dels grunnet vindu i veggen mot vest. Rettes blikket opp, kan man orientere seg mot de øvre etasjer, dagslyset vil kunne treffe øyet, og man kan se glasstaket med utsyn mot himmelen, som er et av kriteriene til NS EN 17037 (2018). Se *Figur 53 (rød synsvinkel)*.

Er man på østsiden av atriet (**grønn synsvinkel**), vil man ha utsikt til de nedre etasjer og den motstående vegg med vindu. Ser man opp, vil man også kunne se taket, men her er det ikke naturlig å rette blikket opp, da man ikke umiddelbart vil orientere seg mot de øvre etasjer fra dette sted i atriet. Opplevd «utefølelse» vil være mindre enn fra vest.



Figur 53:

Illustrasjons- snitt, SketchUp/photoshop; Hovedinnganger fra Vest og Øst ved Krona, Kongsberg.

Det vises her et prinsipp snitt av observatører med deres vertikale synsvinkler i forhold til hvor de er plassert i atriet.

fra Vika Atrium gjør det lett å observere himmelen. Det gir ekstra score for opplevd «utefølelse». Det samme ble observert ved de øvrige atriene, også Krona i Kongsberg. Men et atrium som skilte seg ut når det gjelder utsyn, og som oppfylte tre kriterier i henhold til NS EN 17037(2018), var Akerselva Atrium. Her ble det observert utsyn både til bakke, landskap, bygg og himmel.

I Krona kan man observere hvor solen står på himmelen utfra solflekker på atriets vegger (se *Figur 52*), og tilsier større opplevd «utefølelse».

I en 3D-simulering ble broen fjernet, og forsøket i Dialux evo 8.1, viste økt lysnivå og en større opplevd «utefølelse». Se *Vedlegg 4-1*

Forsøk med å endre form på glasstaket, ble også utført ved hjelp av 3D simulering i Dialux evo 8.1. Et **saltak** ga høyere lysnivå og (kan muligens gi) større opplevd «utefølelse». Se *Vedlegg 2-1*

I Vika Atrium og Norconsults atrium er takkonstruksjonen saltak. Individuelle observasjoner i Vika Atrium og Norconsults atrium viste at lysnivået er høyere i disse atriene enn det er på Krona. Men det må legges til at atriene også har større **dimensjoner** enn Krona, noe som er av vesentlig betydning for høyere lysnivå og større opplevd «utefølelse».

Den **arkitektoniske utforming** av atriets ved hovedkontoret til Circle K AS se *Figur 49*, viser et pulttak og en rektangulær dagslysåpning. Byggets arkitektoniske utforming gjør at glasstakets lysåpning ikke kommer til sin

rett i atriets. Norsk kartverk og iakttagelser på stedet viser at det er mange hindre for dagslysåpningen. Gjennom lysåpningen sees 3 til 4 ekstra etasjer utenfor. Disse ligger sør for atriets og stenger for solen. Videre ser man trappeløp, nisjer og en rengjørings-lift, som er plassert innenfor dagslysåpningen. I den sosiale sonen/pausesonen i atriets blir det benyttet mye kunstig belysning. Som resultat av nevnte forhold, vil opplevd «utefølelse» være minimal.

Aker Brygge shoppingssenter, *Figur 49* har mange arkitektoniske vinkler og speilende vertikale flater. Det er ingen bygg eller andre hindre som skygger for lysinnslippet til atriets. Dette atriets antas å ha omtrent de samme dimensjoner, og areal for glasstaket, som Circle K AS, *Figur 49*.

Innvendig, under glassoverdekket er en kunstinstallasjon med mange vinklede speil.

Det er lite bruk av elektrisk belysning i dette atriets, utelukkende belysning langs veggene mot butikkene i første etasje. Ellers kan man observere kunstig belysning i kontorene utenfor atriets lyssjakt.

Kunstinstallasjonen med speilende flater, og de vinklede vindusflatene, manipulere dagslyset og skaper økt «utefølelse» i atriets.



Akerselva Atrium har et oransje fargefilter på hele glassfasaden. Inne vil en da miste de **fargekvaliteter** en vil finne ute. Som nevnt i kapittelet *Vinduer og lystransmisjonsmaterialer*, kan bruk av overflatebehandling av vinduer spille inn på fargegjengivelsen og fargetemperaturen til det transmitterte dagslyset.

Atriet har en sosial sone/pause-sone. Det oransje glasset gjør det vanskelig å få en korrekt fargegjengivelse av interiøret – selv om man ikke kan se bort fra at det er et bevisst valg at interiøret skal få den kuløren det oransje glasset skaper. Maten man eventuelt fortærer i denne sonen, får imidlertid et mindre appetittlig preg.

Bildene viser hvordan utsynet mister utendørs fargekvaliteter i *Figur 50*.

Spektralmåling av **fargetemperaturen** utenfor Krona en overskyet dag, viser fargetemperaturen for en reell «utefølelse» denne dagen. Se *vedlegg 5-1*

En spektralmåling innvendig i Krona samme dag viser en annerledes fargetemperatur enn den som er ute. Det ble gjort en måling i 6. etasje og en i 2. etasje (sosial/pause- sone) for å finne fargetemperaturforskjellene mellom 2. etasje med kunstig belysning, og 6. etasje som ikke har noen slik belysning. Dette ga en indikasjon på hvor mye av det blålige spekteret som tapes ved bruk av det gulere kunstige lyset. Dette blir utdypet i kapittelet *Spektralfordeling*, se i *vedlegg 5-3*.

Det ble også gjort målinger utendørs av en rekke forskjellige glass, både farget og klart, for å sammenligne med våre observasjoner i Oslo.



*Figur 54:*  
*Spektralmålinger i 2 etg. for den sosiale/pause- sonen på Krona, Kongsberg.*

### 2.3.2.2 Lysmengde

Det er flere måter å oppnå høyere lysmengde i rommet på. Listen nedenfor oppgir noen elementer som vil utgjøre store forskjeller. Vi vil gå nærmere inn på disse.

- Geografisk plassering
  - Solkurvebilde
  - Solflekker
- Areal og geometrisk utforming av dagslysinnslipp.
  - Areal dagslysinnslipp og takhøyde
- Reflektans i overflatematerialer
- Transmisjonsmateriale

### Geografisk plassering

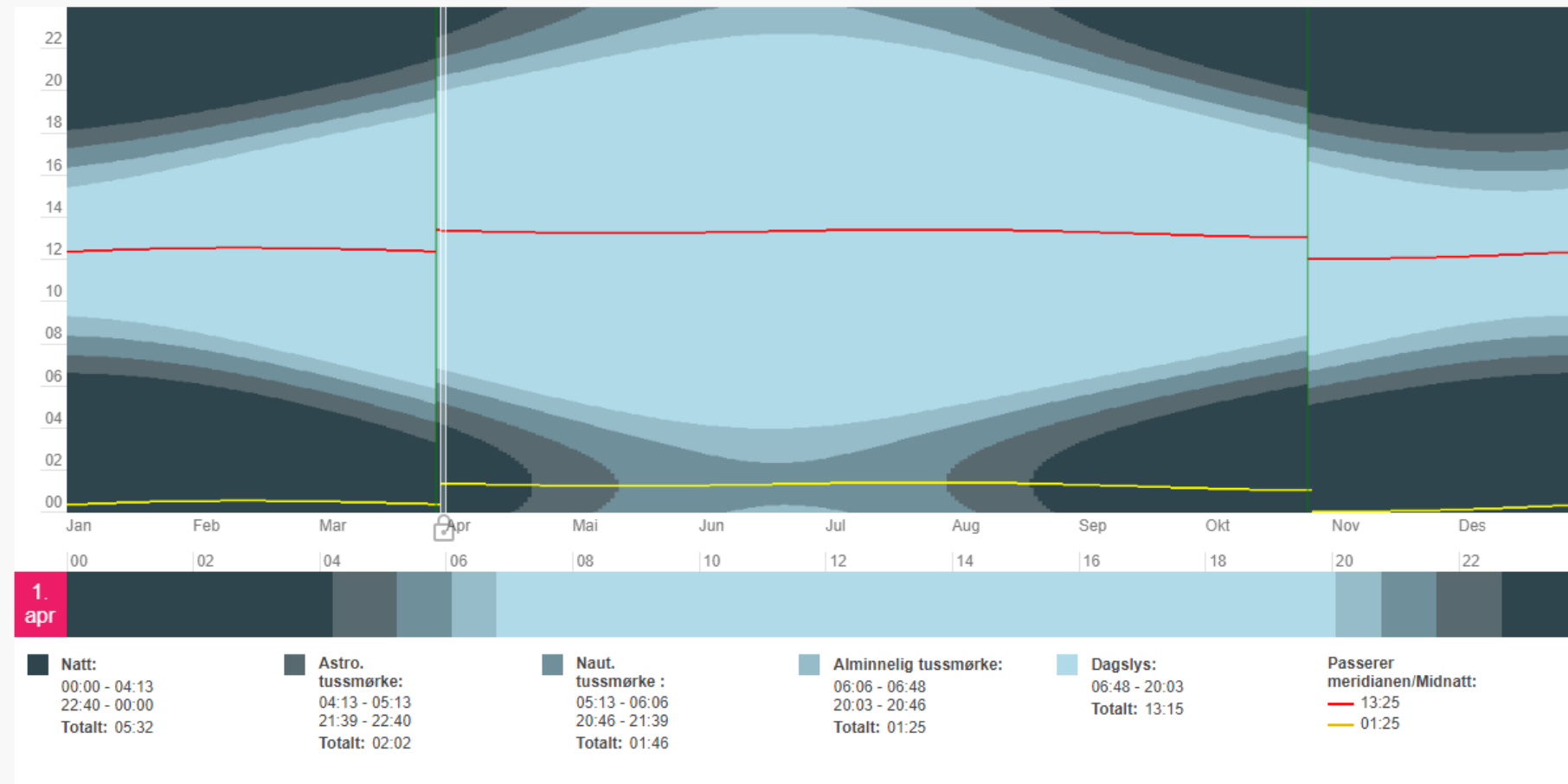
Hvor langt nord bygget er plassert, spiller en stor rolle for tilgangen til soleksponering gjennom året.

Referansemodellen vi benytter er utformet etter Krona i Kongsberg, Buskerud. Bygget er lokalisert på 59.66 grader nord og 9.64 grader vest. Med tilgang til dagslys menes at solens posisjon er over horisonten, ikke om det er skyfri himmel eller overskyet. Skydata foreligger, men er ikke benyttet i våre beregninger. For denne koordinaten vil man få følgende sol-data:

## 2019 Solgraf for Kongsberg

Soloppgang/Solnedgang

Dagens/nattens lengde



Figur 55: Sol-data fra 1.april i Kongsberg og solens endringer gjennom året, <https://www.timeanddate.no/astronomi/sol/norge/kongsberg>

Soldata Kongsberg	Sommertid			
Måned og dato	Soloppgang	Solnedgang	Timer dagslys i løpet av døgnet.	Timer dagslys fra 07.00 til 17.00
01.jan	09:20:00	15:29:00	06:09:00	06:09:00
15.jan	09:06:00	15:50:00	06:44:00	06:44:00
01.feb	08:34:00	16:36:00	08:02:00	08:02:00
15.feb	07:59:00	17:12:00	09:13:00	09:01:00
01.mar	07:20:00	17:48:00	10:28:00	09:40:00
15.mar	06:39:00	18:22:00	11:43:00	10:00:00
01.apr	06:48:00	20:03:00	13:15:00	10:00:00
15.apr	06:07:00	20:37:00	14:30:00	10:00:00
01.mai	05:22:00	21:16:00	15:54:00	10:00:00
15.mai	04:47:00	21:50:00	17:03:00	10:00:00
01.jun	04:14:00	22:25:00	18:11:00	10:00:00
15.jun	04:01:00	22:42:00	18:41:00	10:00:00
01.jul	04:06:00	22:42:00	18:36:00	10:00:00
15.jul	04:27:00	22:25:00	17:58:00	10:00:00
01.aug	05:03:00	21:50:00	16:47:00	10:00:00
15.aug	05:36:00	21:13:00	15:37:00	10:00:00
01.sep	06:16:00	20:25:00	14:09:00	10:00:00

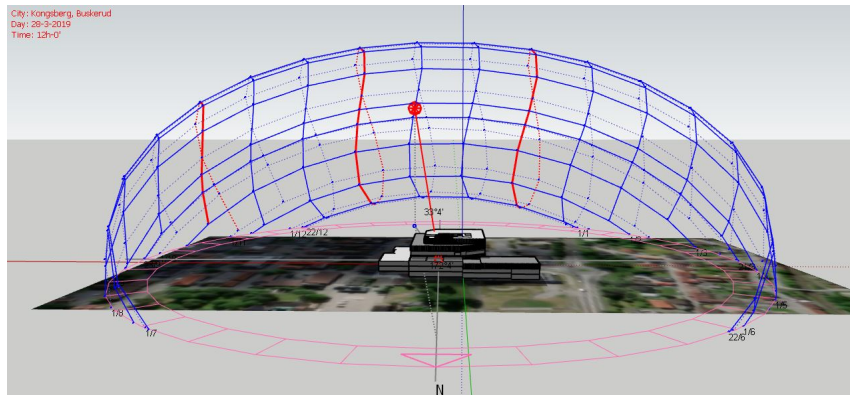
15.sep	06:48:00	19:43:00	12:55:00	10:00:00
01.okt	07:25:00	18:55:00	11:30:00	09:35:00
15.okt	07:59:00	18:14:00	10:15:00	09:01:00
01.nov	07:41:00	16:27:00	08:46:00	08:46:00
15.nov	08:16:00	15:54:00	07:38:00	07:38:00
01.des	08:52:00	15:27:00	06:35:00	06:35:00
15.des	09:14:00	15:17:00	06:03:00	06:03:00

Tabell 1: Soltid Kongsberg. Grønn farge viser sommertid. Data hentet fra <https://www.timeanddate.no/astronomi/sol/norge/kongsberg>

I tabell 1 viser antall timer dagslys som er tilgjengelig i løpet av døgnet. Det forutsettes at Krona har en primærbruk og en brukstid normalt fra kl. 07.00 til kl. 17.00 Det vil si at utover klokken 17.00, vil ikke bygget ha utpreget aktivitet. Tabellen viser at man i januar, februar, oktober, november og desember ikke har tilgjengelig dagslys i deler av brukstiden. 1. januar og 15. desember vil det være bortimot 4 timer av byggets primære brukstid, der dagslys ikke er tilgjengelig. Med dette menes tilstrekkelig opplyst himmel eller direkte sollys. Det vil være skumringslys både før soloppgang og etter solnedgang, men dette er ikke tatt med i analysen. **Ut fra resultatene kan man se om byggets brukstid samsvarer med dagslystilgangen.**

## Solkurvebilde

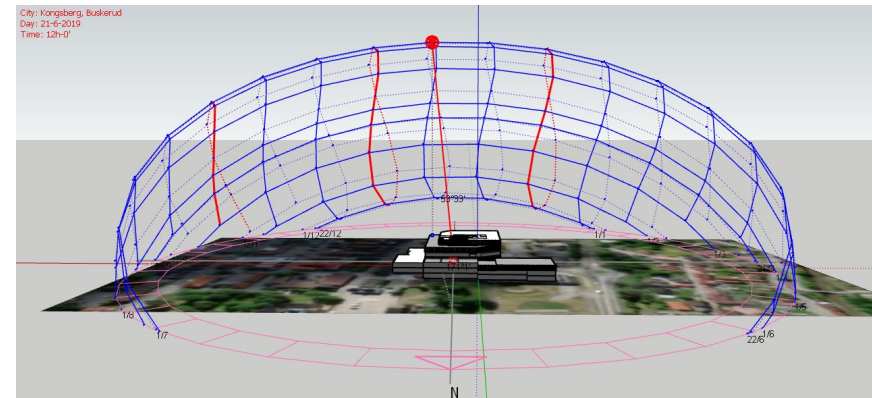
Ut fra posisjonen som er valgt, vil det være viktig å se om rotasjon på bygget/dagslysinnsnittet er riktig ut fra hvilke solposisjoner man har i løpet av året. Det er blitt rendret frem et solkurvebilde over en referansemodell av Krona, i programmet SketchUp. Dataene er kvalitets kontrollert i programmet SolarBeam. Krona, Kongsberg ligger på de geografiske koordinatene  $59^{\circ}40'N$  og  $9^{\circ}37'Ø$ .



Figur 56:  
Illustrasjon solposisjon for Krona i Kongsberg.  
Bruk av SketchUp med plugg- inn av Curic Sun

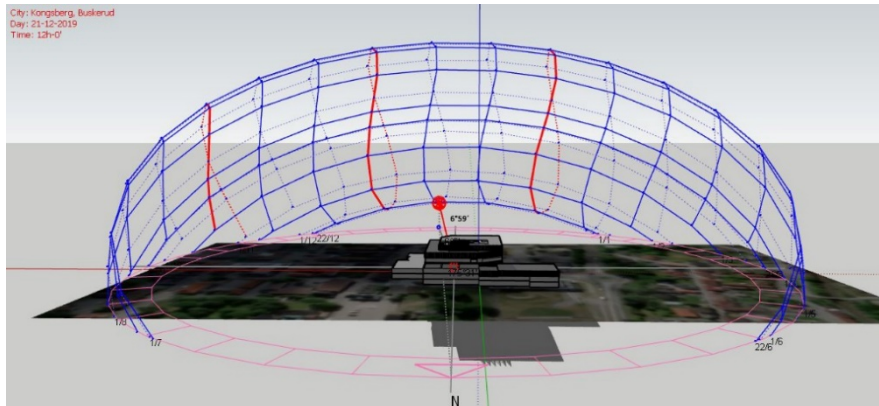
I visualiseringen *Figur 56* vises solens posisjon den 28-3-2019 klokken 12.00 (lokal tid). Ut fra denne kan man også se sol-kurven for den spesifiserte lokasjonen. Høyeste blå linje er solposisjon sommerhalvåret, den laveste er vinterhalvåret. (se illustrasjon ..) Solens høyde (elevation, altitude) i forhold

til horisonten ligger her på  $33.4^{\circ}$ . Solens posisjon (azimuth) klokken 12.00 vil ligge på  $172^{\circ}$ .



Figur 57:  
Illustrasjon solposisjon for Krona i Kongsberg  
Bruk av SketchUp- men plugg- inn av Curic Sun

I denne visualiseringen *Figur 57* vises solens posisjon den 21-6-2019 klokken 13.00 (lokal tid, sommertid). Solens høyde (elevation, altitude) i forhold til horisonten ligger er her på  $53.3^{\circ}$ . Solens posisjon (azimuth) klokken 13.00 vil ligge på  $171^{\circ}$ .

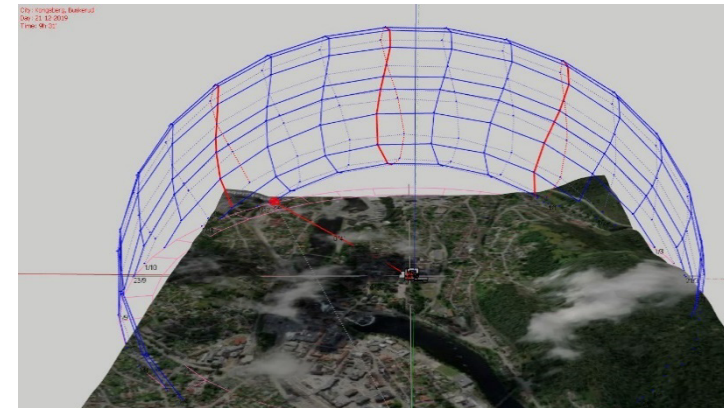


Figur 58:  
 Illustrasjon soldposisjon for Krona i Kongsberg.  
 Bruk av SketchUp med plugg- inn av Curic Sun

I Figur 58 vises solens posisjon den 21-12-2019 klokken 12.00 (lokal tid). Solens høyde (elevation, altitude) i forhold til horisonten ligger her på  $6.3^\circ$ . Solens posisjon (azimuth) klokken 13.00 vil ligge på  $175,5^\circ$ .

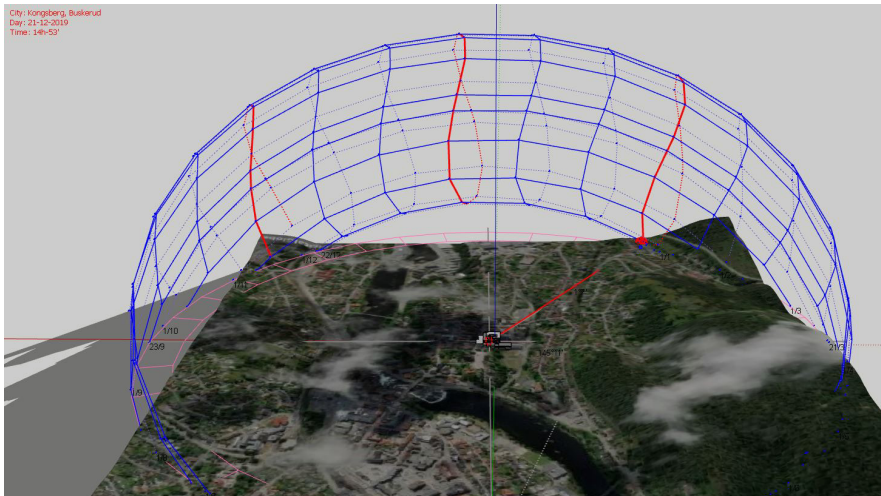
Ut fra simuleringen kan man se hvilke dagslyspotensialer dagslysåpningen i atriumet vil ha. Det er også mulig å sette inn høydedata på omgivelsene (topografi) slik at man får spesifisert soloppgangen for den eksakte lokasjonen. Dette kan være hosliggende fjellområder, åser etc. Om det er konstruksjoner som er høyere enn dagslysinnslippet, vil disse også skape skygge om de kommer mellom solens posisjon og dagslysinnslippet. Under

vises et eksempel, der de nærmeste åsene rundt Krona er tatt med i modellen.



Figur 59:  
 Illustrasjon soldposisjon for Krona i Kongsberg.  
 Bruk av SketchUp med plugg- inn av Curic Sun

Figur 59 viser faktisk soloppgang den 21. desember 2019. Ifølge soloppgangs- og solnedgangs-dataene skal solen stå opp mellom kl. 09.14 og 09.20., men den faktiske soloppgang blir ikke før ca. kl. 09.30 pga. åsene rundt.



Figur 60:  
 Illustrasjon soldposisjon for Krona i Kongsberg.  
 Bruk av SketchUp med plugg-inn av Curic Sun

Tilsvarende vil skje ved solnedgang. (Figur 60) Her vil solen forsvinne bak åsen ca. kl. 15.00, som er 17-29 min. tidligere enn hva sol-dataene tilsier.

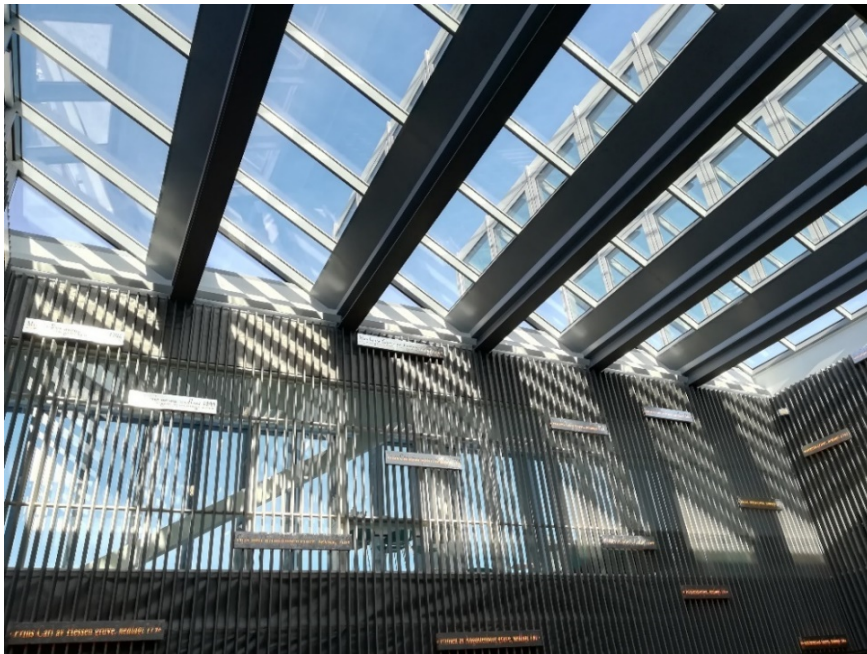
Lignende situasjon kan også opptre grunnet konstruksjoner på samme bygg eller i byområdet rundt. Et eksempel er Circel K's atrium. Her er det konstruksjoner som er høyere enn dagslysåpningen.



Figur 61:  
 Circle K AS Norge

Fra Circel K's atrium, bilde tatt fra 1 etg. Her kan man se en del av bygget, som på sørsiden rager over lysåpningen, Figur 61. Det innebærer et hinder for potensielt himmellys fra denne retningen, lys som kunne vært ført ned i atriums-sjakten. Om overflatene imidlertid har høy refleksjonsgrad, kan det bidra til noe økt lysmengde. Men også det direkte sollyset blir redusert av de høyere etasjer. Man vil i løpet av året miste mange potensielle timer med dagslys.

Atriet på Krona bygget, har hovedsakelig horisontalt dagslysinnslipp gjennom taket. Det er også vertikale dagslysinnslipp på sørsiden av 6. etg., som gir noe dagslys ned i atriums-sjakten. I omgivelsene er det minimalt med konstruksjoner som ligger høyere enn dagslysinnslipet. Fjellområder og åser har i liten grad innvirkning på soloppgang og solnedgang, og vil ikke vesentlig redusere tiden for direkte sollys.



Figur 62:  
Atriet i 6 etg. slik det fremstår i dag.

Man vil av resultatene se at **omgivelsen spiller en avgjørende rolle for lyspotensialet gjennom året**. Også byggets konstruksjon må tas i betraktning for et eventuelt horisontalt dagslysinnslipp i et atrium. Enkelte resultater indikerer at potensielt tilgjengelig himmellys blir redusert om det er konstruksjoner som ligger høyere enn dagslysåpningen. Dette vil ha størst innvirkning i vinterhalvåret når solens posisjon er lav. Det samme gjelder der topografi-forskjellene i omgivelsene er ekstreme. **Kalkulasjonen bør hensyntas spesielt der dagslysgesignet er basert på direkte sollys.**

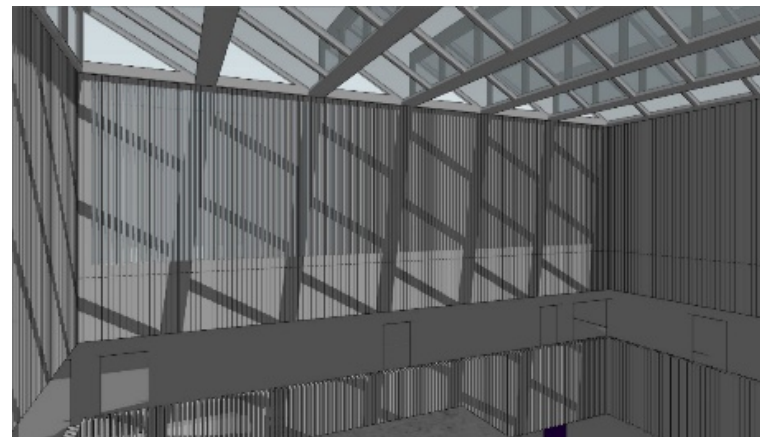


## Solflekker og blending

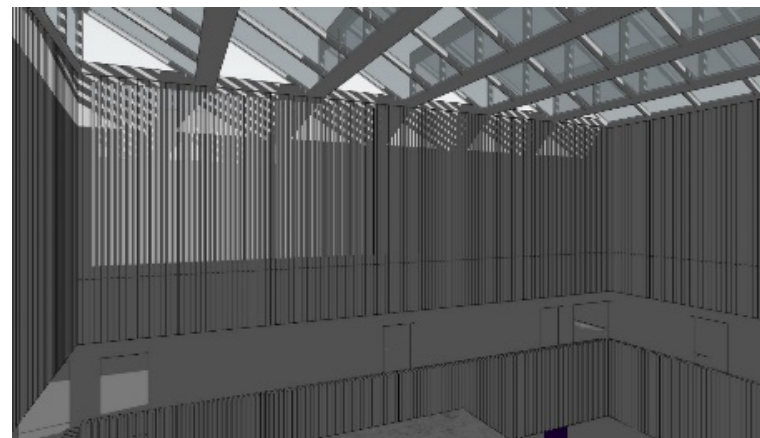
Resultatene fra SketchUp-modellen viser at solen vil komme langt ned i atriet sommerstid, *Figur 63*. Dette er noe som bør tas med i en designprosess. Disse solflekkenes har antageligvis en verdifull belysningsstyrke og bør utnyttes på en måte som får lyspotensialet lengre ned i bygget. Dette kan gjøres med lysere interiør eller reflekterende flater. Ved Krona er det bygget spiler som skal skjerme rommet ved siden av, for blending. Veggene er imidlertid av glass. Det innebærer at det meste av belysningen går gjennom glasset og treffer rommet ved siden av.

Om man er bevisst på slike ting i en designprosess, kan man gjøre gode valg for byggets funksjon, valg av materialer og eventuell solavskjerming.

**Sollys (direkte) simulering i SketchUp gir gode indikasjoner på hvor solens direkte innstråling vil treffe atriums-sjaktene på to datoer i løpet av året.**



*Figur 63:*  
Illustrasjon SketchUp, viser hvor solen vil treffe atriet på Krona, Kongsberg, den 21. juni 2019 klokken 12:00 (sommertid)



*Figur 64:*  
Illustrasjon SketchUp, viser hvor solen vil treffe den 21. desember 2019 klokken 12:00

Areal og geometrisk utforming av dagslysinnslipp.

### Beregning referansemodell

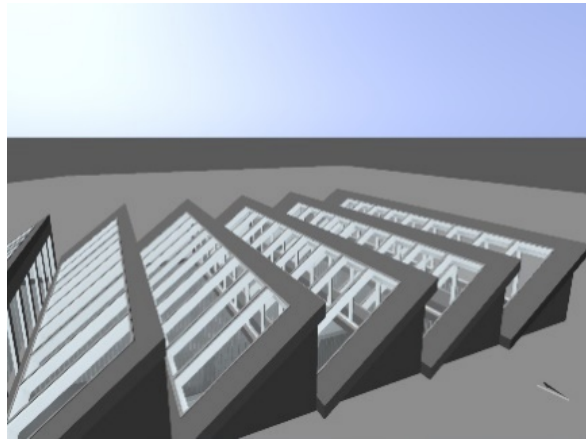
Med referansemodellen som utgangspunkt, kunne vi forandre geometrien på dagslysinnslipet. Beregninger av forskjellige utforminger i Dialux evo 8.1 viser hvilke geometriske former for dagslysinnslipp som gir høyere eller lavere lysnivå på de gitte beregningsflatene. Ut fra målinger i eksisterende anlegg, kan vi se om det er overensstemmelse mellom observasjoner og beregnet resultat.

Arealet for dagslysinnslipp spiller en stor rolle uavhengig av om det dreier seg om horisontale, vertikale eller skråstilte flater. Det har også en betydning om arealet er rettet mot solens posisjon eller bort fra den.

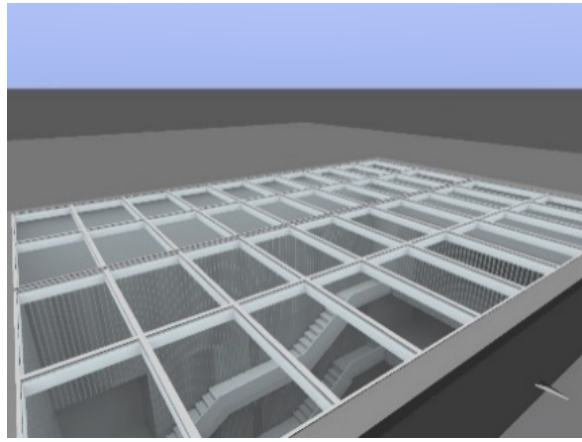
Vår referansemodell har en lysåpning på 120 kvadratmeter. I beregningen tok vi for oss 5 forskjellige geometriske utforminger, inkludert eksisterende utforming. Disse 5 utformingene er populære glasstak so ofte blir benyttet i bygge- bransjen. De geometriske utformingene til dagslysinnslipet var a) sagtann (referanse), b) flatt tak, c) saltak, d) mansardtak og e) skråtak (pulttak), se *Figur 65*. Det ble gjort beregninger med standardisert (Dialux evo 8.1) skyfri himmel, og overskyet himmel, som utgangspunkt. I referansemodellen ble det definert *tre* beregningsflater som tidligere nevnt i [2.2.3 Metode-Dialux](#).

Beregningene viser at **den minst effektive utformingen av dagslysinnslipet, er sagtannløsningen**. Det fremkommer både av beregningen ved overskyet vær og ved skyfri himmel. **Flatt tak ga heller ingen bedre verdier ved overskyet himmel**. Det bør også nevnes at flatt tak er en mindre god løsning der det kan forventes snø eller sludd i løpet av året. **Løsningene som kom best ut, var saltak, mansardtak og pulttak**. Løsningene som viste høyest lysnivå i beregningsfeltene, var saltak og pulttak. Men ser man på lysmengde pr. kvadratmeter vindusglass, kommer saltak og mansardtak best ut.

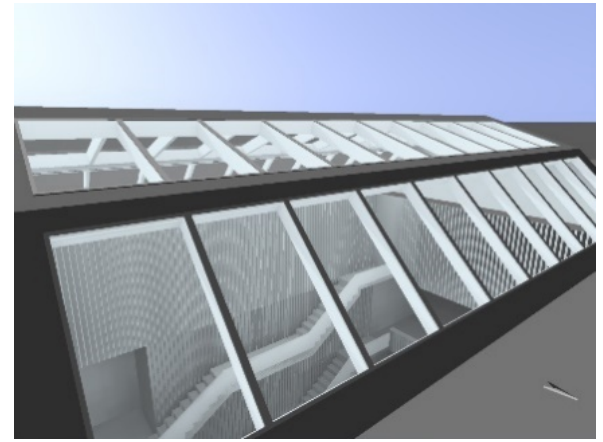
Resultatene ifra løsningene med saltak, mansardtak og pulttak ga stor økning i både **horisontale belyningsstyrken** og den **syndriske belyningsstyrken**. Den sistnevnte er viktig for et godt lysnivå på ansiktene til dem som oppholder seg i området. Resultater er hentet fra *vedlegg 2-1* For soneinndeling se *Figur 46a*.



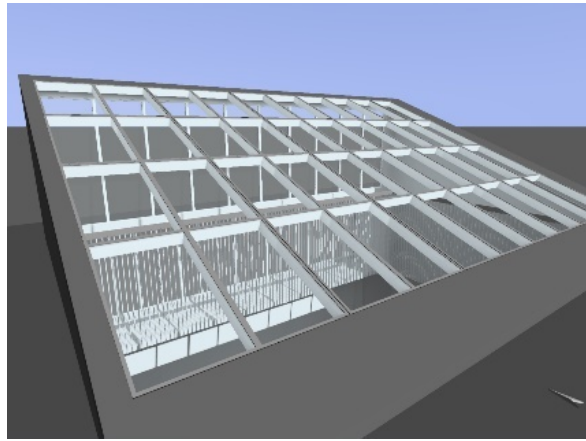
a



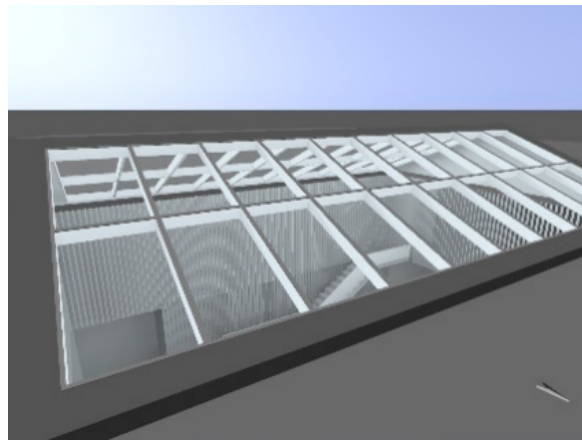
b



c



d



e

Figur 65:

a) Referansemodell Dialux evo 8.1 med Sagtann- glasstak. b) Flatt- glasstak. c) Mansardtak- glasstak. d) Skråglasstak (Pulttak). e) Saltak- glasstak.

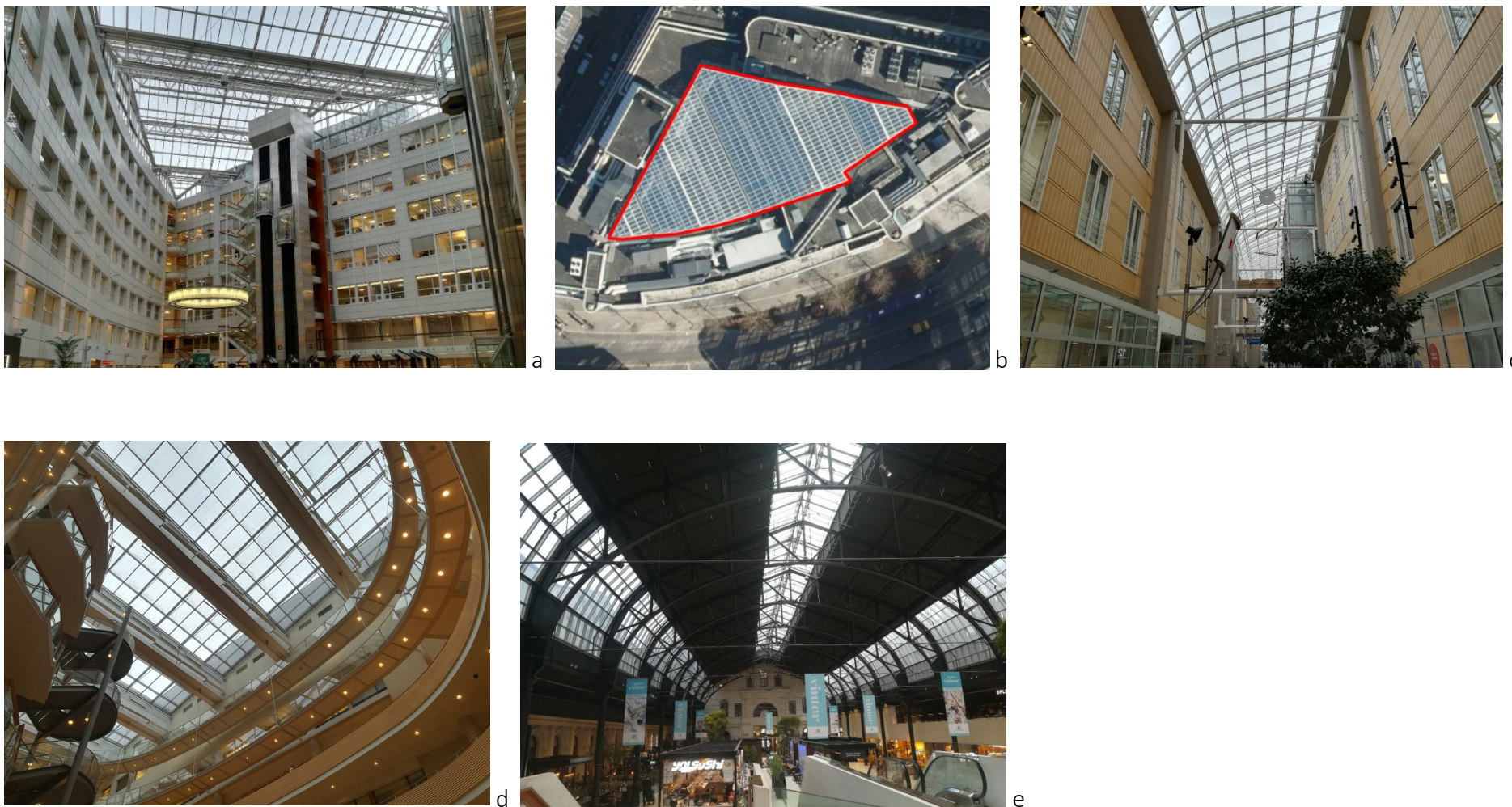
## Areal dagslysinnslipp og takhøyde

Fire av de observerte atriene, Vika atrium, Galleri Oslo, Oslo Atrium og Østbanehallen, utmerket seg med lysmengden. Her kunne man oppleve et høyt lysnivå i bunnen av atriet. Med høyt lysnivå menes belyningsstyrker som overskrider 500 lx, som er mer enn tilstrekkelig for å utføre de fleste oppgaver. Atriene hadde en stor del av taket dedikert dagslysinnslipp. Arealene viser også at proporsjonene mellom takhøyde og bredde på dagslysinnslipp er tilnærmet 1:1. *Figur 66, a), b), c) og d).*

Et observert atrium hadde proporsjoner som ga lite dagslysinnslipp. Her var dagslysnivået nær sagt fraværende. Her var proporsjon 4:1 hvor takhøyden er mye større enn bredden på dagslysinnsippet. Dette atriet var Circel K, se *Figur 49c og d)*

Her nevnes de viktigste observasjonene som ble foretatt under befaringen. Det ble tatt lysmålinger med telefon og appen «Lightmeter». Denne funksjonen er ikke pålitelig, men kan gi en indikasjon på omtrentlig belysningstyrke. For resterende resultater henvises det til analyseskjemane. *Se Vedlegg 1-1 til Vedlegg 1-10)*

Her presenteres også arealet av dagslysinnsippet og proporsjonen mellom atriets takhøyde og bredde dagslysinnslipp. Dette vil fortelle oss sammenhengen mellom forholdet mellom atriets høyde og arealbredden dagslysinnsippet. Og hva dette har av effekt for lysmengden i rommet Galleriet i Oslo er et lineært atrium som har glassoverdekke langs hele passasjen. Det er her skråtak med en liten avrundet vinkel i ene enden. Bredden på dagslysinnsippet er rundt 10 meter. Totalt dekker glassoverflatene mer enn 2 550 m<sup>2</sup>. Se *Figur 66c*. Oslo Atrium har skråtak med bæredragere mellom glassfeltene. Dagslysareal over spisearealet er på ca 600 m<sup>2</sup> og har en proporsjon på ca. 30m x 25m. Se *Figur 66d*. Østbanehallen er et lineært atrium med mansardtak, men det er bare deler av taket som har dagslysinnslipp. Totalt er det ca. 1000m<sup>2</sup> med glass i taket. Se *Figur 66e*.



Figur 66:

a) og b) Vika Atrium, Thon Hotel. Benytter seg av fire stykk saltak som er plassert parallelt i forhold hverandre. Total på flate-areal av dagslysinnslipp er på mn. 1200m<sup>2</sup>. Forholdet mellom høyde på rommet og lengde /bredde til glasstaket er cirka tilnærmet 1:1. c) Galleri Oslo. d) Oslo Atrium. e) Østbanehallen.

## Reflektanser i materiale.

Referansemodellen ble testet i tre varianter: med refleksjonskoeffisient på 0,5 på alle flater, lavere koeffisient 0,2 på alle flater og veldig høy refleksjonskoeffisient (lignende til hvitmalt vegger) 0,8 på alle flater.

Se måleresultater i *Vedlegg 3-1*.

Det ble tatt refleksjonsmålinger av vegg i Krona. Det ble målt påfallende lux i et punkt på veggen i 2. etg (sosial sone), deretter ble den reflekterte belysningsstyrken målt en halv meter fra veggen. Dette vil ikke være en nøyaktig måling, men allikevel gi en indikasjon på hvilken refleksjonskoeffisient veggen har. Målingen fikk en refleksjonskoeffisient på  $Rho = 0,37$

Det skal legges til at disse kalkulasjonene ikke gjør forskjell på refleksjoner ved gulv, vegg og tak. Refleksjonsforholdene mellom disse flatene kan forandre resultatene i beregningene, selv om deres samlede refleksjonsfaktor er 0,5, 0,2 eller 0,8. Dette er ikke kalkulert grunnet mengden av varierende faktorer.

Kalkulasjonen viser, at **gjennomsnittlig belysningsstyrke** øker eller avtar etter refleksjonsfaktoren, som naturlig. Veksten er midlertid ikke en lineær stigning i belysningsstyrken, **snarere er den eksponentiell**. Ut fra disse beregningene vil man kunne oppnå vesentlig høyere belysningsstyrke ved å ha en refleksjonsfaktor på flatene på  $> 0,5$ .

Kalkulasjonene viser at den **syndriske belysningsstyrken** i sone 2 og sone 1 får en sterk vekst ved en refleksjonsfaktor på 0,8. Dette gjelder både ved overskyet vær og ved skyfri himmel. Dette betyr at ved forandringer i overflater i interiører kan man øke modellering på ansiktene under glasstaket. For soneinndeling se *Figur 46a*.

## Transmisjonsmateriale

Det ble valgt ut som eksempel produkter fra en virkelig glassleverandør, Pilkington. En studie av Pilkingtons informasjon om vindusprodukter, viser hva de forskjellige vinduer/glass gjør med dagslysets egenskaper i atrium. Det gjelder spesielt for lysmengden som blir transmittert. Utklipp er hentet fra datablader til Pilkington, en global vindusglass-leverandør. Alt av resultater som oppgis, er standardisert etter NS-EN 410-2011.

Tabell 2 viser prosentandelen av lystransmisjon for dagslyset. Ved å benytte klart glass, vil 76 prosent av det synlige lyset transmitteres gjennom vinduet. Benyttes det solbeskytterglass, vil bare 41 prosent av det synlige lyset transmitteres.

### *Forklaring relevante oppgitte data.*

*UV-Tuv* = Transmittert UV-stråling

*LT* = Transmittert synlig lys. (380nm-780nm)

*Ra indeks* = Fargegjengivelse gitt etter standardisert norm. (R1-R8 standarden benyttes med D65 lyskilde som referanse.)

*ST* = Solenergi som transmitteres direkte igjennom glasset.

*U-verdi* = Isolasjonsevne av vinduskonstruksjon.

## Oppsummering resultater:

<b>Resultater litteraturstudie vindusglass.</b>	Eksempel 1 - Klart floatglass	Eksempel 2- Energi- spareglass	Eksempel 3 - Farget solbeskytterglass	Eksempel 4 - Solbeskytter -glass
Lystransmittans (LT)	76 %	75 %	46 %	41 %
UV-stråling (Tuv)	45 %	26 %	4 %	6 %
Ra indeks	97	97	94	80
Solenergi trans. dir. (ST)	67 %	51 %	22 %	22 %
U-verdi	1,8	1	0,6	0,9

Tabell 2: Glassegenskaper fra Pilkington (Pilkington, 2018)

## Klart floatglass

I Norden vil det være naturlig å benytte trelagsglass for en isolerende effekt. En betraktning av Pilkingtons produkter viser hva dette gjør med dagslysets egenskaper. Alle eksemplene er basert på 3-lags glass med argonfyll mellom glasslagene.

### Eksempel Klart floatglass

1

Produktnavn Produktkode se side 5+9	Type	Ytelseskode U/LT/g	Termiske data U-verdi $U_g$ W/m <sup>2</sup> K	Optiske data			Solenergi		Lydreduksjon		Vekt kg/m <sup>2</sup>	
				UV $T_{UV}$ %	Dagslys LT %	LR <sub>act</sub> LR <sub>e</sub> %	ST %	g %	R <sub>w</sub> dB	R <sub>w</sub> +C <sub>w</sub> dB		
Pilkington Optifloat™ Clear	Trelags isolerrute											
4-12-4-12-4	3	1,9/76/72	1,9	45	76	21	97	67	72	31	26	30
4-12Ar-4-12Ar-4	3	1,8/76/72	1,8	45	76	21	97	67	72	32	27	30
6-12Ar-4-12Ar-4	3	1,8/75/70	1,8	42	75	20	97	64	70	36	30	35
8-12Ar-4-12Ar-4	3	1,7/74/68	1,7	40	74	20	96	62	68	37	30	40
4-9Kr-4-9Kr-4	3	1,7/76/72	1,7	45	76	21	97	67	72	31	26	30
4-16Ar-4-16Ar-4	3	1,7/76/72	1,7	45	76	21	97	67	72	32	27	30
4-12Ar-4-12Ar-8,4L	3	1,7/75/71	1,7	3	75	21	96	60	71	36	30	40,4
6-16Ar-4-16Ar-4	3	1,7/75/70	1,7	39	75	20	97	64	70	36	31	35
6-12Ar-4-12Ar-6,4L	3	1,7/74/69	1,7	3	74	20	96	60	69	36	30	40,4
6-12Ar-6-12Ar-6	3	1,7/73/68	1,7	37	73	20	95	60	68	34	28	45

Tabell 3: Utdrag Pilkington glassfakta 2018, Klart floatglass s.15

Det valgte vinduet fra Pilkington er bygget opp med 4 mm klarglass, 12 mm argongass, 4 mm klarglass, 12 mm argongass, 4 mm klarglass. Dette er glassflater uten noen form for behandling.

Se oppsummering for oversiktlige resultater. Tabell 2

## Energispareglass.

Om det er nødvendig med vinduer som har enda større isolasjonsgrad, kan glasset overflatebehandles. En betraktning av Pilkingtons produkter viser hva dette gjør med dagslysets egenskaper.

### Eksempel 2

## Energispareglass

Produktnavn Produktkode se side 5+9	Type	Ytelseskode U/LT/g	Termiske data U-verdi $U_g$ W/m <sup>2</sup> K	Optiske data			Solenergi		Lydreduksjon		Vekt kg/m <sup>2</sup>	
				UV $T_{UV}$ %	Dagslys LT %	LR <sub>act</sub> LR <sub>e</sub> %	ST %	g %	R <sub>w</sub> dB	R <sub>w</sub> +C <sub>w</sub> dB		
Pilkington Optitherm™ S3			$\epsilon = 0,037$									
4-10Kr-S(3)4	2	1,0/82/66	1,0	30	82	11	98	57	66	31	26	20
4-12Ar-S(3)4	2	1,3/82/65	1,3	30	82	11	98	57	65	31	26	20
4-16Ar-S(3)4	2	1,1/82/65	1,1	30	82	11	98	57	65	31	26	20
6-16Ar-S(3)4	2	1,1/81/64	1,1	28	81	11	97	55	64	34	29	25
6-16Ar-S(3)6,4L	2	1,1/81/63	1,1	2	81	11	97	53	63	33	28	30,4
4+30+4-16Ar-S(3)4	1+2	0,9/75/60	0,9	26	75	18	97	51	60	37	31	30
4-12Ar-4-12Ar-S(3)4	3	1,0/75/60	1,0	26	75	18	97	51	60	32	27	30
4-16Ar-4-16Ar-S(3)4	3	0,9/75/60	0,9	26	75	18	97	51	60	32	27	30
4-9Ar-4-15Ar-S(3)4	3	0,9/75/60	0,9	26	75	18	97	51	60	32	27	30
4-16Ar-4-16Ar-S(3)6,4L	3	0,9/74/60	0,9	2	74	18	96	49	60	35	29	35,4
6-16Ar-4-16Ar-S(3)4	3	0,9/74/58	0,9	24	74	17	96	50	58	36	30	35
4S(3)-12Ar-4-12Ar-S(3)4	3	0,7/74/53	0,7	16	74	14	96	45	53	32	27	30
4S(3)-16Ar-4-16Ar-S(3)4	3	0,6/74/53	0,6	16	74	14	96	45	53	32	27	30
4S(3)-18Ar-4-18Ar-S(3)4	3	0,5/74/53	0,5	16	74	14	96	45	53	32	27	30

Tabell 4: Utdrag Pilkington glassfakta 2018, Energispareglass s.19

Det valgte vinduet fra Pilkington er bygget opp med 4 mm klarglass, 12 mm argongass, 4 mm klarglass, 12 mm argongass, 4 mm glass med isolaminering.

Se oppsummering for oversiktlige resultater. Tabell 2



## Solbeskyttelsesglass

### Eksempel 3

Utklipp fra datablad Glassfakta 2018(Pilkington, 2018)

#### Belagte solbeskyttelses- og energispareglass

Produkt navn Produktkode se side 5+9	Type	Ytelseskode U/LT/g	Termiske data		Optiske data				Solenergi		Lydreduksjon		Vekt kg/m <sup>2</sup>
			U-verdi U <sub>s</sub> W/m <sup>2</sup> K	ε	UV T <sub>uv</sub> %	Dagslys LT %	LR <sub>ut</sub> %	R <sub>s</sub> indeks	ST %	g %	R <sub>w</sub> dB	R <sub>w</sub> +C <sub>v</sub> dB	
Pilkington Suncool™ Blue 50/27			ε = 0,025		Färg i T/R: Neutral / Blå						Tj: 6, 8 och 10 mm		
6Cb(50)-16Ar-4	2	5,4/65/59	1,1	7	51	19	95	26	28	34	29	25	
6Cb(50)-16Ar-4-16Ar-4	3	5,4/65/61	0,8	6	46	21	94	23	26	36	30	35	
6Cb(50)-16Ar-4-16Ar-S(3)4	3	0,6/46/26	0,6	4	46	20	94	22	26	36	30	35	

Tabell 5: Utdrag Pilkington glassfakta 2018, Belagt solbeskyttelses- og energispareglass s.27

Det valgte vinduet fra Pilkington er bygget opp med 6 mm solreflekterende glass, 16 mm argongass, 4 mm klarglass, 16 mm argongass, 4 mm glass med isolasjons-laminering. Her er det benyttet glass uten fargeblanding, kun overflatebehandling av det første og det siste glasset.

Se oppsummering for oversiktlig resultat. Tabell 2

### Eksempel 4

#### Gjennomfarget solbeskyttelsesglass

Produkt navn Produktkode se side 5+9	Type	Ytelseskode U/LT/g	Termiske data		Optiske data				Solenergi		Lydreduksjon		Vekt kg/m <sup>2</sup>
			U-verdi U <sub>s</sub> W/m <sup>2</sup> K	ε	UV T <sub>uv</sub> %	Dagslys LT %	LR <sub>ut</sub> %	R <sub>s</sub> indeks	ST %	g %	R <sub>w</sub> dB	R <sub>w</sub> +C <sub>v</sub> dB	
Pilkington Activ™ Blue					Färg i T og R: Blå						T: 6 og 10 mm		
A6ab	1	5,7/49/46	5,7	12	49	14	82	33	46	31	28	15	
A10ab	1	5,6/35/36	5,6	6	35	13	69	21	36	33	30	25	
A6ab-16Ar-S(3)4	2	1,1/44/30	1,1	7	44	15	81	25	30	34	29	25	
A6ab-16Ar-4-16Ar-S(3)4	3	0,9/41/27	0,9	6	41	17	80	22	27	36	30	35	
A6ab+30+4-16Ar-S(3)4	1+2	0,9/41/27	0,9	6	41	17	80	22	27	39	35	35	

Tabell 6: Utdrag Pilkington glassfakta 2018, Gjennomfarget solbeskyttelsesglass s.25

Det valgte vinduet fra Pilkington er bygget opp med 6 mm gjennomfarget glass, 16 mm argongass, 4 mm klarglass, 16 mm argongass, 4 mm glass med isolasjons-laminering. Her er det ytterste glasset en material-blanding som gir det en blålig tone.

Se oppsummering for oversiktlig resultat. Tabell 2

De viste eksemplene blir i Norden benyttet som fasadeglass, både horisontalt og vertikalt. Disse kan bli benyttet i atrium som takvinduer/fasadevinduer. En vesentlig faktor ved valg av vindusglass, er gjerne u-verdien; graden av glassets isolasjonsevne.

Ut fra oppgitte verdier fra Pilkingtons vindusglass, vil vinduer med klart glass redusere lystransmisjonen minst, og med bare en 24% lysreduksjon. Man kan se at U-verdi og lystransmisjon har en sammenheng. Verdiene i eksempel 2 viser bare 1 prosent mindre lysgjennomtrengning enn verdiene i eksempel 1. Dette er gode produkter som vil gi gode resultater for dagslyskriteriet *lysmengde* og *opplevd «utefølelse»*. Om U-verdien vektlegges høyere enn lysgjennomtrengningen, vil dette være et godt kompromiss. Reduseres derimot U-verdien, og man ønsker solbeskyttende effekter i glasset, vil lysgjennomtrengningen reduseres til 46% ved farget solbeskytterglass og 41% for solbeskytterglass. Her er et av målene å holde solenergien ute, men det er samtidig viktig å tenke på at 41% av tilgjengelig dagslys kan være lite. Dette vil ikke gi gode resultater på dagslyskriteriet *lysmengde eller opplevd utefølelse*. Da kan eventuelt solavskjerming være et alternativ. Dette er et spørsmål om avveining. *Kilder som er benyttet: Glassfakta fra Pilkington-NSG Group -2018*

### 2.3.2.3 Dagslysets spektralfordeling

Det ble fortatt 13 spektrometermålinger av dagslyset, under satte differensierte miljøer. Se *vedlegg 5-1 til vedlegg 5-13*.

Resultatene er inndelt i 5 temaer, som redegjør for de mest relevante målinger og observasjoner. Også faglitterær studie i *tabell 2: Glassegenskaper fra Pilkington* vil legges til i resultatet.

Temaene er:

- Korrelert fargetemperatur (CCT)
- Color Rendering Index (CRI)
- Chromaticity error
- Radiometric og relativ spektralforandring

I *vedlegg 5-1 til vedlegg 5-13* vil dokumentasjon relevant for denne oppgaven være: fargekoordinat for CIE 1931 2° observer, CIE 1964 observer, CCT (korrelert fargetemperatur), Chromaticity Error, CRI (fargegjengivelse), radiometric og relativ spektralforandring

### Korrelert fargetemperatur (CCT)

Den korrelerte fargetemperaturen er et resultat av hvor lysets fargekoordinater faller. Det svarer igjen til hvilken referanse-locus som er benyttet i målingen, og hvor normalen på locusen er satt i forhold til fargekoordinatene.

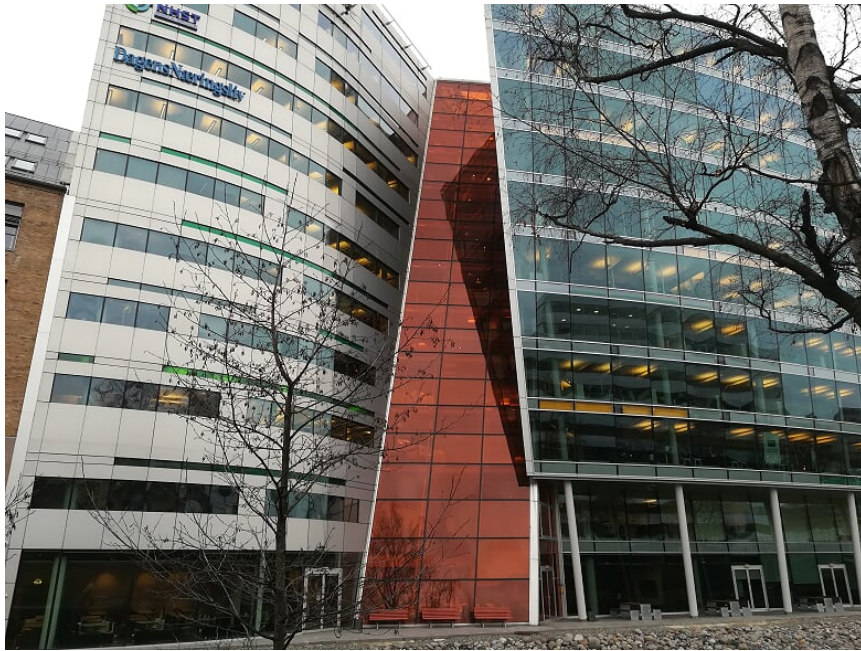
***Vedlegg 5-1*** viser at referansemålingen av dagslyset ligger på en CCT= 6262K.

Denne målingen ble tatt under jevnt overskyet himmel. Videre viser ***Vedlegg 2***, som er måling foretatt inne på Krona under bygningsglasset, en CCT=6472.

Det betyr at fargekoordinaten har beveget seg mer mot den blålige delen i fargedigrammet. For en observatør vil CCT bli høyere og blåligere. Dette kan heve dagslysfølelsen. På den annen side er det lite trolig at en observatør bevisst vil registrere forskjellen mellom en lyskilde på 6262K og 6472K – uten at de blir satt ved siden av hverandre.

***Vedlegg 5-10*** er måling av dagslys under lyseblått pleksiglass. Denne målingen viser en CCT= 9214. Ved å benytte denne typen glass kan man fremprovosere en oppfatning av en blå (blåere) himmel og dagslysinnslipp. Ved å benytte lys rosa pleksiglass, se *Vedlegg 5-9*, kan man oppnå motsatt effekt. Her får man en CCT = 5670. Ved valg av farget glass er det viktig å tenke på effekten og hvordan dagslyset blir oppfattet/tolket av observatør.

***Vedlegg 5-13*** viser målinger av brunt glass. Denne fargekoordinaten kan minne om observasjoner i Akerselva Atrium.



a



b

Figur 67:  
Akerseleva Atrium, Oslo sentrum. a) viser oss fasaden utenfor bygget. b) viser oss sosial/pause- sone.

Målingen viser en CCT på 3058K. Dagslyshimmelen på befaringen og på måledagen kan sies å være tilnærmet den samme. Det vil kunne forekomme variasjoner, men vi antar at dagslyset hadde rundt 6000K til 6500K. Akerselva Atriums brunoransje glassfilm på fasadeglassene vil trolig ha samme effekt som i vår måling av brunt glass. Se *Figur 67*. Men da er spørsmålet, hvorfor man lager en stor dagslysåpning om man samtidig gjør dagslyset til noe «annet».

Når man utfører dagslytsdesign og valg av transmisjonsmateriale, bør man ha i bakhodet *hvorfor* man skal ha dagslyset inn i bygget/rommet. For atrier med den romfunksjonen vi har tatt for oss, er dagslyset i seg selv viktigst. Her skal hovedmålet være at brukerne opplever at det er naturlig dagslys og ikke en annen type lyskilde.

### Color Rendering Index (CRI)

Color Rendering Index forteller oss hvilke fargegjengivelser lyset har i forhold til en referanse. I de målingene vi foretok, ble det beregnet fargegjengivelser utfra R1-R14-standarden. Den benytter 14 testfarger. Det var imidlertid **ønskelig å få resultatet i TM-30-15-standarden, fordi denne benytter et sett testfarger som etterligner hudfarger**. Dette er viktig for sosiale soner og rom der mennesker er i interaksjon. Men har man ikke disse

testfargene, kan man fortsatt få en god eller rimelig indikasjon på hvordan lyskilden vil gjengi hudfarger ved å se på R9, den røde testfargen.

Vedlegg 1 viser at dagslyset gir en høy Ra= 98,7. Den har også en min. – max. fordeling på R1-R14 mellom 93,9 og 99,6. R9, som er den rødlige testfargen, er lavest (93,9), den høyeste er olivengrønn (99,6).

Målingen er utført under overskyet himmel og vil gi en særdeles god fargegjengivelse etter Ra(R1-14) standarden.

**Målingene fra 6. etg.** i Krona er interessante i denne sammenheng. Dagslysinnsippet består av 3-lagsglass med isolasjonsegenskaper. **Vedlegg 5-2** viser at R9 har fått en verdi på 75,1. Det er en markant forskjell fra referansemålingen på 18,8. Målingen får allikevel en Ra= 95,5 fordi de andre testfargene ikke hadde noen markante forskjeller i forhold til referansen. Trolig er grunnen til denne **reduseringen i R9**, glassets isoleringslag som stenger ute en del av det rødlige spekteret og IR-spekteret. Dette vil kanskje være en **utfordring for bygg på den nordlige breddegrad**. Det vil gjerne være nødvendig med et sett isolerglass for å holde varmen inne og kulden ute.

Fargeendringene har også innvirkning på interiøret og hvordan rommet fremstår. Benyttes feil type glass/transmisjonsmateriale, kan farger i interiøret fremstå på en annen måte enn hva som er ønsket. Ser man på **Vedlegg 5-5**, der det er tatt måling av grått pleksiglass, er Ra helt nede på

78,4. Og hele 4 av testfargene scorer lavere enn 70. Denne type farging av glass brukes ofte for å redusere lystransmittansen. Da er det viktig å vite at det ikke bare reduserer lysnivået, men også forandrer lysets fargegjengivelse.

Ifølge **Tabell 2**: Glassegenskaper fra Pilkington, kan man se at solbeskytterglass som har farget materialblandinger, vil gi en Ra= 80. Denne Ra er basert på en D65 referanselyskilde. Den er også bare oppgitt etter Ra (R1-R8), som er standardisert etter NS 410. Denne gir ingen god indikasjon for testfarger som gjengir hudfarger og ansikt. Og hvis man er interessert i det, bør det brukes TM-30-15 standarden.

### Chromaticity Error

Chromaticity Error forteller oss om avstanden mellom lysets fargekoordinater og referanse-locus-en, i dette tilfellet dagslys-locus-en. Referansemålingen, *Vedlegg 5-1 (Referansemålingen)*, viser en chromaticity error = 0,001. Dette betyr at lyskildens fargekoordinater i praksis ligger så å si rett på locus, her ved en CCT = 6262K. *Vedlegg 5-11* viser at chromaticity error er på 0,161. Denne målingen har ikke fått CCT pga. av at den har en for «satureert» fargekoordinat. Benyttes denne typen glass for eventuell solavskjerming eller dekor i fasade, vil lyset bli oppfattet som farget. I *Vedlegg 5-9 og 5-10* er det benyttet en lettere fargetone i

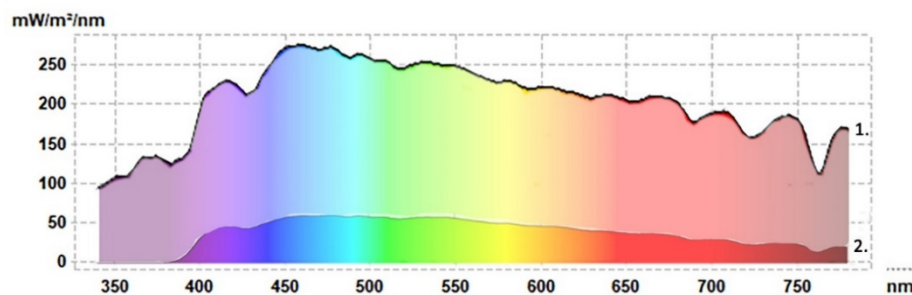
glasset. Her med en chromaticity error på 0.013. Chromaticity error er her på vei til å forflytte seg bort fra referanse-locus-en. Dess mer de nærmer seg 0,05, dess mer vil dagslyset gis en purpur- (*Vedlegg 5-9*) eller blågrønn tone (*Vedlegg 5-10*).

Av resultatene ser man også at man kan få store kromatiske forandringer av dagslyset. Dette kan skape fargetoner i rommet som vil være uheldig. Om dagslyset fremstår noe «grønt» vil dette være noe som ikke gir den pålitelige dagslysfargen menneskene er ute etter.

Grunnen til at dette temaet tas opp, er dagens trend med bruk av farget solavskjerming i fasadeglass og i atrium. Dette kan være visuelt tiltalende sett utenfra, men vil oppleves som en monoton, farget belysning, med dårlige lys-egenskaper innendørs.

## Radiometric og relativ spektralforandring

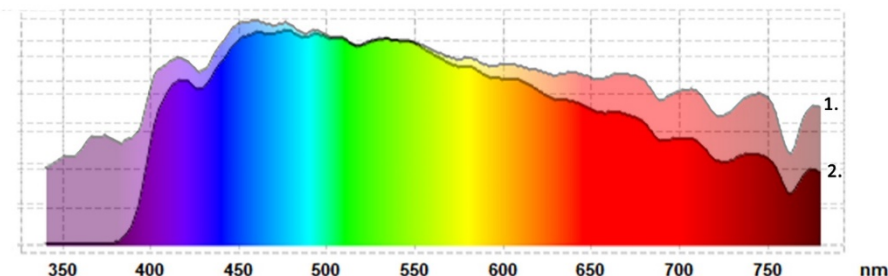
Videre skal spektralfordelingene av måling x og y sammenlignes. Den radiometriske verdien som blir oppgitt, forteller oss effekten lyset gir i gjennomsnittlig  $\text{mW}/\text{m}^2$ . En referansemåling mot en måling med et transmisjonsmateriale, forteller oss i hvor stor grad energien fra lyset blir redusert ved gjennomtrenging av et transmisjonsmateriale. Referansemåling er *Vedlegg 1* som ble tatt under en overskyet himmel. *Vedlegg 1* viser at denne verdien ligger på  $89,98 \text{ mW}/\text{m}^2$ . Etter at lyset har passert det horisontale takvinduet, er det redusert til  $15,55 \text{ mW}/\text{m}^2$ . Se *Vedlegg 2*. Dette er ikke en fullstendig nøyaktig måling siden referansen ikke ble tatt fra vindusflaten, men den gir en god indikasjon på hvor mye energi



Figur 68:  
Spektralmåling.

vinduet stopper. Settes de to målingene opp mot hverandre, kan vi se hvor stor del av lyset som hindres i å trenge gjennom glasset. *Figur 68*

Stilles de to målingene mot hverandre ved en relativitetsnormal på  $555 \text{ nm}$ , kan vi lettere se hvilke deler av lysets spektralfordeling som faller bort. Se *Figur 69*.

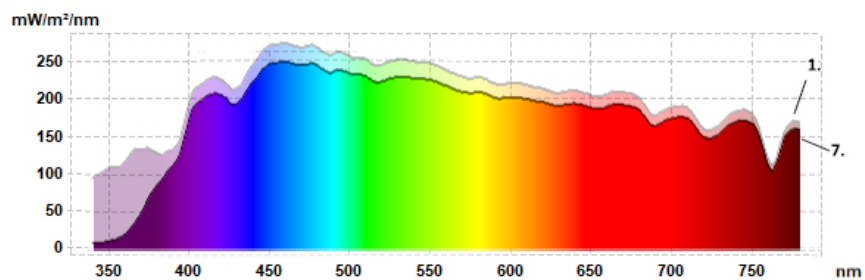


Figur 69:  
Spektralmålinger.

I *Figur 69* kommer det frem at nedre del av det synlige lyset og antageligvis UV-strålingen, blir absorbert av, eller reflektert bort fra, vindusglasset. Også den rødlige delen av spekteret får en lineær reduksjon dess lengre bølgelengdene er. Dette indikerer også at vinduet inneholder isolerende egenskaper. Ved at den infrarøde delen av solstrålingen stenges ute.

Om man setter opp *Vedlegg 5-1 (glass 1)* (referansemålingen) mot *Vedlegg 5-7 (glass 7)*, som er en dagslysmåling under et PMMA akryl-glass, vil man finne at dette glasset også reduserer den kortbølgede delen av spekteret betraktelig. Se *Figur 70*. Men målingen viser at resten av spekteret holder seg stabilt og ikke får flere reduksjoner. Akrylglasset er diffuserende og vil

kaste lyset i alle retninger. Som solavskjerming vil det fordele det høye luminansnivået til solen uten at det fører til dramatiske forandringer i lysspekteret. Målingene viser også tilnærmet lik CCT og CRI .



Figur 70:  
Spektralmålinger.



## 2.4 DISKURS

Her vil valg av faglitteratur, observasjonssteder, referanseobjekt, valg av dagslyskriterier m.m. settes under lupen. Hva taler for de valg som ble gjort, og hva taler imot?

### 2.4.1 Dagslyskriterier-Analyseskjema

Det var nødvendig for oppgaveløsningen å forme et analyseskjema som skulle hjelpe oss å sammenligne kriterier fra flere observasjoner. Det ble tatt utgangspunkt i faglitterære teorier, *NS EN 17037 (2018)*, Lyskulturs publikasjon *Dagslys i bygninger –Prosjekteringsveiledning, Basic Vision, Lysteknikk* av Bjørset, Ohta, 2005, *Byggfagleksikonet* og i *Atrium building and design* og doktoravhandlingen til Barbara Matusiak for rom forståelse i et atrium. De ville kunne gi en retning for hvilke kriterier som måtte legges til grunn for observasjonene.

Faglitteraturen er omfattende og kriteriene tilsvarende mange. Med begrensede ressurser (mangel på avanserte måleinstrumenter), var det nødvendig å gjøre et utvalg.

Først under observasjonene viste det seg at kriteriene måtte sterkt avgrenses. Observasjonene tilsa at det utvalget som ble gjort ved å redusere kriteriene til tre hovedkriterier, måtte ansees som tilstrekkelig for formålet.

De tre kriterier, var **opplevd «utefølelse»**, **lysmengde**, og **dagslysets spektralfordeling**. Vi anser utvalget for å være vesentlig, men ikke nødvendigvis tilstrekkelig for totalbildet.

Befaringsbyggene ble valgt utfra kriteriet *atrium med sosial/pause-soner*. Det ble valgt både rene næringsbygg (avgrenset og privat bruk) og forretningssentre for allmenn benyttelse. Det de har felles, er den sosiale sonen, mens bruken allikevel er forskjellig; næringsbygget vil ha en begrenset bruk i løpet av døgnet, forretningssentrene gjerne lengre åpningstider. Observasjonene gjorde det mulig å tolke hvordan dagslyset virket naturlig i rommet. Kom fargene i rommet frem? Virket ansikter og hudfarge friske? Følte vi at vi var «ute»? Dette er resultater som et måleinstrument eller en simulering ikke kan gi svar på. **Analyseskjemaet lot oss forene objektive kriterier, som arkitektonisk utforming, utsyn og materialbruk, med subjektive kriterier som opplevd våkenhet, estetikk og opplevd lysnivå, som i helhet gir en analysemetode for atrium rettet mot menneskers trivsel og komfort.**

Analyseskjemaet omfattet i utgangspunktet ikke det som nedfelte seg som et hovedkriterium, nemlig **opplevd «utefølelse»**. Samtidig fremstod dette som det uuttalte, men et av de sentrale og overordnede temaene for analyseskjemaet. Dette ble bekreftet i Lyskulturs publikasjon *Dagslys i*

bygninger – prosjekteringsveiledning, der det står at; *Glassgården (atrium) må ha dagslyskarakter, dvs. oppleves som «ute».*

Under dette kriteriet (opplevd «utefølelse») – og for at det skulle kunne innfris – ble 5 dagslyskriterier fra det opprinnelige analyseskjemaet hentet ut. Det var «**Opplevd våkenhet**», **utsyn**, **lysnivå**, **fargetemperatur** og **arkitektonisk utforming**. (Tilsvarende gjelder for arkitektonisk utforming; opplevd «utefølelse» har også her flere underordnede kriterier fra analyseskjemaet.)

Man kan vanskelig snakke om opplevd «utefølelse» uten befaring. Befaringen måtte innebære analytisk observasjon, men også den mer eller mindre subjektiv totalopplevelsen en opplevd «utefølelse» innebærer.

*Lysmengden* var betraktelig merkbar ved noen av befaringene. I observasjonene ble det lagt vekt på lysnivå og at modellering skal gi et godt belyst rom både for et horisontalt plan og et vertikalt plan. Analyseskjemaet fra befaringene viser hva som ble iaktatt og notert for disse to kriteriene. Faglitterær teori krever at *dagslysnivå*, altså lysnivå, *for omkringliggende lokaler må være tilstrekkelig til at en kan unngå elektrisk lys midt på dagen.* (Aschehoug, 1998). Lysmengden i rommet vil også bestemme luminansnivåer på vegg og gulv, som igjen vil fremheve **lysnivået** i

rommet. Lysmengde har også en sammenheng med **proporsjon takhøyde og dagslysinnslippets bredde**, dvs. den arkitektoniske utformingen av atriet.

Observasjonsmetoden som ble benyttet her, ville gi resultater man ikke kan oppnå med et måleinstrument. Ved observasjoner får man en personlig oppfatning av hvilke lysmengder rommet har. Et måltall for belyningsstyrke vil ikke fortelle en om lysmengden i rommet oppleves høy. Det vil være en personlig oppfatning, som springer ut fra det lysnivå personen er blitt utsatt for i rommet vedkommende kommer fra, og av personlig vektlegging av lysmengde. Dette er aktuelt når man kommer inn i et atrium utenfra, eller fra et tilliggende område. Det personlige aspektet i et resultat kan gjøre resultatene noe vage, men gir fortsatt en god indikasjon på de faktiske forhold.

*Dagslysets spektralfordeling.* En hovedårsak til at dette kriteriet ble sentralt, oppsto i forbindelse med fordypningen i glasstyper og transmisjonsmaterialer. Her kom det frem at moderne bygg ofte benytter teknologiske løsninger for glass for å oppnå forskjellige effekter/kvaliteter. I produsentens litteratur ble det indikert at dagslys som transmitteres gjennom en av disse **glasstypene**, vil få **egenskapene manipulert**. Noen av disse kvalitetene er oppgitt av leverandør, men de er også standardisert etter NS-EN 410-2011. Denne standarden krever ikke en dypere analysering av dagslysets spektralfordeling etter transittering. Vi ser fra kapittelet

1.3.2 *Vinduer og lystranmisjonsmaterialer at overflatebehandling av vinduer også kan spille inn på fargegjengivelsen og fargetemperaturen til det transmitterte dagslyset, samt estetiske egenskaper i interiøret.* Dette kunne lett iakttas ved befarings. Mange nordboere vil oppleve et varmt fargetemperert rom som koseligere og dermed egnet for intimsoner som sosial sone/pause-sone. Det er imidlertid et spørsmål om dette er en målsetting for et atrium, der man skal bringe «utsiden» inn. Under befarings ble det observert et ønske om dagslys som virket naturlig og ekte. Enkelte observasjoner ga imidlertid en tydelig indikasjon på dagslys som *ikke* var troverdig.

### 2.4.1.1 Opplevd «utefølelse»

Ved å ta for seg en opplevd «utefølelse» ble det satt 5 kriterier for å kunne skape en «utefølelse»: 1) «opplevd våkenhet», 2) utsyn, 3) lysnivå, 4) arkitektonisk utforming og 5) fargetemperatur.

Skal man teste disse, så som **«opplevd våkenhet»**, som et element i opplevd «utefølelse», vil dette kriteriet ikke kunne måles eller beregnes. «Opplevd våkenhet» er noe som må observeres, og har en sammenheng med lysnivået i rommet. Lysnivå er på den annen side noe som kan måles og beregnes, noe som ble gjort i vår referansemodell, Krona.

**Utsyn** som opplevd «utefølelse», kan på sett og vis beregnes. Det gjøres best ved en observasjon eller utfra faglitterære studier. Men hvordan øke utsynet for å få større opplevd «utefølelse»? I en observasjon på Krona ble det plassert en referanseperson for å finne det beste utsynet for en opplevd «utefølelse». Der dette ble funnet, fikk referansepersonen et utsyn mot himmel. Men er det godt nok utsyn for et atrium? Fagteorien krever at et utsyn bør tilfredsstillende tre kriterier. Man skal kunne se bakke, landskap eller bygg og himmel. Ved å oppfylle disse tre kravene, vil man ha et godt resultat for utsyn. (Standard Norge, 2019). Vår referanseperson kunne observere himmelen og derved få et tidsperspektiv i tillegg til iakttagelsen av værforhold. Det oppfyller ett av de tre kravene til utsyn i et atrium. Kan man

ved å forme takarealet på annen måte, få et bedre utsyn og derigjennom en større opplevd «utefølelse»?

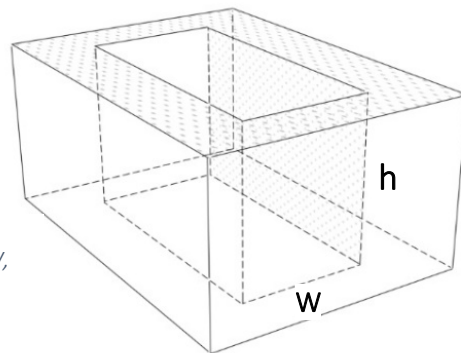
**Lysnivå** som kriterium for opplevd «utefølelse» har noen av de samme implikasjoner som utsyn. Det avhenger av hvor referansepersonen er plassert, eller lettere sagt hva som defineres som lysnivå i et atrium, og hvilken etasje det er tale om. I teorien skal eller bør et «dagslysnivå» nå helt ned til atriets bunn. Det skal kunne være mulig å dyrke planter. (Aschehoug, 1998). I referansemodellen (Krona) ble det plassert et luxmeter i 6. og 2. for å sammenligne lysnivåene. Det ble målt store forskjeller i lux-nivå, noe som svarer til den opplevde «utefølelsen». Men kan tak-arealets dagslysinnslipp påvirkes for å oppnå høyere lysnivå i atriets bunn? Observasjonene syntes å være entydige med hensyn til hva som var et godt lysnivå i de forskjellige rom. Det kunne observeres lyse materialer i mange atrier. Kunne for eksempel refleksjonsfaktoren ha en stor innvirkning på lysnivået her og bidra til en opplevd «utefølelse»?

**Arkitektonisk utforming** (dimensjon forholdet mellom høyde og bredde og arealets dagslysinnslipp) et element via andre kriterier fra analyseskjema, ble testet ved 3D-simulering/beregninger.

At den arkitektoniske utformingen er et vesentlig kriterium for opplevd «utefølelse», sier seg selv. Men hvilke former som er avgjørende, kan være gjenstand for diskurs. Våre observasjoner syntes å vise at byggets

proporsjoner, høyde, lengde og bredde, i forhold til lysåpningens størrelse, er av avgjørende betydning. Men også takkonstruksjonen – om man valgte flatt tak, pulttak, mansard eller annet, og hvilken retning lysåpningen var rettet mot – er avgjørende. Arkitektoniske hindringer for lysåpningen, enten innvendige eller utendørs, må også tas i betraktning. Så eventuelt å bruke et utformet glasstak kan gi et større opplevd «utfølelse»?

For å få tilstrekkelig dagslys ned i atriet, er forholdet mellom høyde, lengde og bredde, i tillegg til glassoverdekkets areal, viktige elementer for en optimal effekt av opplevd «utfølelse». Fra faglitteraturen (Reinhart, 2014), settes det en tommelfingerregel for et opplyst atrium. «*In a fully daylight atrium the maximum atrium height is less than 2,5 times its width*».



Figur 71:  
Atrium rule of thumb  $h < 2,5 \times W$ ,  
(Reinhart, 2014), s.17

I noen tilfeller (som i Norge) må geografiske plassering tas i betraktning. For å oppnå maksimal utnyttelse av dagslys inn i et atrium på en nordlig breddegrad, forholdet mellom høyde og bredde bør optimaliseres med hensyn til direkte sollys. Fra boken er dette snakk om himmellys eller lettere sakt dagslys. Det kan ses at ved litteratur, til en viss grad bør konkretisere sine påstander for at en leser kan kunne forstå hva han snakker om i forhold til for eksempel om det er snakk om direkte sollys eller hvor et bygg vil være lokalisert i forhold til breddegrader der solen kan enten stå lavere eller høyere på himmelen. Vil da proporsjonene av en arkitektoniske utformet atrium kunne hjelpe med å få nok lysnivå?

**Fargetemperatur** er et kriterium for opplevd «utfølelse». Opplevs ikke fargene som naturlige, vil det heller ikke kunne være tale om opplevd «utfølelse». Samtidig foreligger muligheter for manipulering av lys for å oppnå ønskede fargekvaliteter.

Våre observasjoner viste at 8 av 9 atrier fremsto som akseptable hva angår fargetemperatur; glassets transmisjon/materialet syntes tilnærmet like. Akerselva Atrium skilte seg ut med en ekstrem fargetemperatur, og effekten var en fullstendig uteblivelse av opplevd «utfølelse». Ved å bruke slikt farget glassmateriale, vil kunne hjelpe på blinding ifølge teorien, men vil det kunne hjelpe på lysnivået i rommet for opplevd «utfølelse»? Hvordan blir

de fysiske egenskapene i rommet for menneskene som oppholder seg der, med et slikt farget glassmateriale? Vil det være viktig for lysdesigner å tenke hvordan glassmaterialet skal være i et atrium for å oppnå en «utefølelse»? Utendørs målinger av forskjellige glasstyper ga svar på hvilke fargetemperaturer som oppstår når dagslys transmitteres gjennom glassmaterialet.

Det ble likeledes gjort målinger innendørs for å se om fargekvalitetene ble annerledes her. Forsøk ble utført i 6. og 2. etasje på Krona for å se virkningene ved bruk av elektrisk belysning. Som tidligere nevnt kan målt fargetemperatur ikke alene gi svar på opplevd «utefølelse». Den må observeres og oppleves. Men målingene kan gi forholdsvis klare indikasjoner på fargekvalitetsforskjeller ute og inne.

### 2.4.1.2 Lysmengde

Resultatene som ble fremlagt ut ifra testene i kapittel 2.3.2.2 gir oss varierende utfall i de forskjellige underkapitlene. Resultatene vi ville oppnå skulle gi oss svar på hvordan lysmengde dagslyskriteriet skal kunne oppnås/tilfredsstilles i atrier.

Ved å gjøre grunnleggende undersøkelser med solkurvebilde for den gitte lokasjonen, kan man se om atriet vil ha utbytte av dagslyset i byggets brukstid. Undersøkelsen kan vise hvor stor innvirkning breddegraden har på dagslysets tilgjengelighet utover året, slik det er beskrevet i Kap. 1.2.4. Simuleringen vil også kunne gi et bilde av hvilke slagskygger som kan oppstå fra omgivelsene, som nevnt i Kap. 1.2.7.

Innhenting av data og utforming av simulerings-modell gir ikke et nøyaktig bilde av **dagslyspotensialet**, men gir fortsatt sterke indikasjoner for hvilken soltid lokasjonen får og om man vil få skygger over atriets dagslysinnslipp. Det er muligens ikke like viktig å utforme horisontale dagslysinnslipp hvis brukstiden av bygget har store forskjeller i dagslyspotensial og om dagslysinnslippen blir fanget av store slagskygger fra omgivelsene.

Simuleringen er utført i enkle simuleringsprogrammer, som ikke er lisensbaserte. Dette er enkle grep i en designprosess eller planleggingsfase for å gi et atrium grunnlag for å oppnå tilstrekkelig **lysmengde**. Kan dere

kommentere noe om hvordan kan man øke dagslyspotensialet i atriumsbygg hvis det trenges (lignende til det som ble konkludert om refleksjonsfaktor)? Hvordan kan det gjøres? Skriv et par ord om geografisk plassering og det som blir også relevant her.

Dialux-simuleringene viser konkrete resultater på belyningsstyrker ved å forandre geometrisk utforming eller refleksjonskoeffisient. Her fikk vi konkrete belyningsstyrke å forholde oss til. Den utformingen av dagslysinnslippen som kom best ut i beregningene, er **saltak**. Det var også store forskjeller mellom laveste og høyeste verdi. Det ble antatt i Kap. 1.3.1 at **vinklede dagslysinnslipp** i atrier vil være positivt for lysmengden. Simuleringsmetoden vi benyttet oss av, ga konkrete svar på dette. Men programmet ga ikke de mulighetene vi ønsket å oppnå. Det var for eksempel ikke mulig å simulere pyramide- og kuppelformet tak. Det kan også stilles spørsmål ved hvor nøyaktig programmet er i forhold til dagslyssimuleringer. Resultatene for **proporsjon mellom takhøyde og bredden av dagslysinnslipp** var ganske entydig hva gjaldt beste utfall i forhold til lysmengden i rommet. Av de analyserte atriene var det alltid dem med en **proporsjon mellom dagslysinnslippen og takhøyde tilnærmet eller større enn 1:1**, som ga den største opplevde lysmengden, basert på observasjoner under befarung.

Refleksjonsberegningene som ble utført i Dialux-simuleringene ([Kap. Reflektanser i materiale](#)) antyder at man vil få **større mengder lys ved de horisontale flatene og sylindrisk i bruksarealet** om man benytter materialer med høy refleksjonskoeffisient. Dette er også nevnt i Kap.1.3.3 og var et forventet utfall. Mer interessant var at man også ville få en eksponentiell vekst i belysningsstyrken. **Det vil kanskje innebære i praksis at alle de atrier med redusert lysmengde på grunn av konstruksjon eller transmisjon materialer, kan lysmengde økes ved å benytte materialer og farger som har 0.5 eller høyere i refleksjonskoeffisient.**

Den sylindriske belysningen vil være viktig for dem som benytter seg av de sosiale sonene. Simuleringsprogrammet er logaritmisk og vil gi verdier ut fra dette. Hvordan den faktisk lysmengde vil bli i et atrium ved å forandre refleksjonsgraden av overflatene, er kanskje ikke den samme som blir simulert.

Glassvalget vil være en av de faktorene som spiller størst rolle for dagslyskriteriet. I [Kap. Transmisjonsmateriale](#) prøvde vi å analysere glassprodukter fra *en* leverandør. Spesifikasjonen og egenskaper for de forskjellige produktene viser tap av lysmengde. Men som tidligere beskrevet i Kap. 1.3.2, vil man i Norden ha lavest mulig U-verdi på vinduene. Det vil da være forbundet med større utfordringer å velge vindu for et atrium i et kaldt klima. I byggeprosjekter vil det være nødvendig å sette mål for

lysgjennomtrengingen vinduene bør ha, og hvilken isoleringsevne som ønskes. Etter at disse er fastsatt, må man som regel inngå kompromisser for et best mulig utfall for begge. Det ble benyttet produktblad fra en produsent. Dette vil gjøre resultatene usikre. Større sikkerhet kunne vært oppnådd om det var blitt hentet inn spesifikasjoner over samme type produkt, men fra flere leverandører.

**For å øke lysmengden i et atrium bør man benytte glass med høye lystransmisjonsfaktorer. Dette er noe som bør tenkes på i prosjekteringsfasen hvor glassvalg er relevant eller ved rehabilitering.**



### 2.4.1.3 Dagslysets spektralfordeling

Resultatene fra spektrometriske målingene viser hvordan dagslyset på forskjellig vis blir manipulert **og får endret sine spektrale egenskaper** ved bruk av forskjellige bygningsglass/transmisjonsmaterialer. Det er av vesentlig betydning å ta hensyn til dette innen dagslytsdesign og bruk av bygningsglass. Fra kapittelet 1.3.2 *Vinduer og lystranmisjonsmaterialer* ser vi at *overflatebehandling av vinduer også kan spille inn på fargegjengivelsen og fargetemperaturen til det transmitterte dagslyset, samt estetiske egenskaper i interiøret*. Dette ble verifisert gjennom våre spektrometermålinger.

Men hva betyr dette for mennesker som oppholder seg i rommet? Kan hudfargene fremtre annerledes enn hva de ville gjøre utenfor bygget. I så fall, i hvor stor grad? Mennesker har forskjellige hudtyper og forskjellig pigmentering av huden. Ut fra resultatene av spektrometermålingen kan ett eller flere «sett» mennesker fremtre annerledes i **fargetonen** enn hva de ville gjort under rent dagslys. Resultatene viser også at glassvalget kan forandre rommets uttrykk og opplevelse.

I denne målingen ble resultatene for **fargegjengivelse** fremlagt etter Ra (R1-R14)-standarden. I Kap. 1.2.8 nevnes standarden **TM-30-15** for fargegjengivelser. Dette er en standard som benytter testfarger for

hudfarge. Om målingene våre var blitt vurdert etter denne standarden, ville resultatene vært bedre/sikrere for hvordan lyset fremstiller hudfarger og hudtyper. Det kan da være gjenstand for diskusjon om de resultatene som er fremlagt, er gode nok for å konkludere med at dagslyset vil gi gode eller dårlige fargegjengivelser av mennesker.

Solavskjerming ved bruk av farget glass vil ofte gi lavere fargegjengivelser på dagslyset. Men ut ifra resultatene ser vi at hvit/blankt diffuserende glass eller pleksiglass har ingen / eller i veldig lite grad innvirkning på fargegjengivelsene på dagslyset. Dette burde da være en veldig god måte å gi atriets solavskjerming uten at man skaper dårlige fargegjengivelses-miljø for mennesker.

Det kan også diskuteres om hvor godt *NS-EN 410:2011 Bygningsglass, Bestemmelse av lys og strålingsegenskaper* sikrer kvalitetene på dagslyset mennesker blir utsatt for. Denne standarden stiller ikke krav til fremlegging av spektralfordel av dagslyset etter transmisjon. Den stiller bare krav til fargegjengivelse etter Ra (R1-R8)-standarden.

**Skal man ha en god fargegjengivelse i atrium som benytter seg av sosiale soner, bør man benytte TM-30-15 standardiseringen for måling av fargegjengivelse. Dette for å få resultater hvordan fargegjengivelsen tar for**

seg hudfarger og hudtyper. Man bør også holde seg unna sterkt farge-saturerte glass/vinduer. (Royer, 2017) (Standard Norge, 2011)

**Fargetemperaturene** til dagslyset som ble sendt gjennom forskjellige glass-/akryl-medier, fikk en fargetone som ikke var lik fargetonen før den ble transmittert. Av resultatene ser man også at man kan få store kromatiske forandringer i dagslyset. Dette kan skape fargetoner i rommet som vil være uheldig. Om dagslyset fremstår noe «grønt» vil dette være noe som ikke gir den pålitelige dagslysfargen menneskene er ute etter. Fargetemperatur forandringer bør ikke tolkes bare negativt, men kan være noe man ønsker å utnytte til sin fordel. Ved prosjektering av et atrium kan man skape ønsket fargetemperatur på dagslyset gjennom valg av glass. Dette kan også bidra til å skape estetikk i rommet.

Det ble testet en del farget glass og diffuserende glass. Disse ga store reduseringer i energinivået til dagslyset. Farget glass og diffuserende glass blir benyttet en del i bransjen for å enten motvirke blinding eller skjerme innsiden av bygget for sollys. Men ut ifra resultatene vil det å benytte farget glass som solavskjerming ha stor innvirkning på fargetemperaturen til dagslyset. Vil det da være riktig å benytte farget glass som solavskjerming? Dette vil være et spørsmål som er avhengig av hvilke prosjekter det er snakk om og hvilke kvaliteter som er nødvendig av dagslyset. **Men under**

**prosjektering og utføring av et næringsbygg bør man tenke seg godt om før farget glass blir benyttet i taket eller fasaden av et atrium.**

Ut fra resultatene ser man også indikasjoner på hvordan UV-strålingen blir fjernet i transmisjonen. Spørsmålet er om de korte bølgelengdene i UV-spekteret, som vinduer hovedsakelig stopper, bør holdes ute? UV-stråling påvirker interiøret; treverk blekner og plast blir sprø. Mennesket blir også skadet av for mye UV-stråling. Men i lave doser, og fra UV-B-området, er det stråling mennesket trenger av helsemessige grunner. Det gjøres mye forskning på om de korte bølgelengdene i lyset har større påvirkning på kroppen enn man hittil har kunnskap om. De observerte atriene, analysert i denne oppgaven, blir hovedsakelig benyttet noen timer i døgnet pr. bruker. Det vil gjerne være ved lunsj-tid og ettermiddagstid. Om man i dette tidsrommet får en svak dose korte bølgelengder og UV-stråling, vil det være positivt eller negativt over tid? I denne oppgaven ble dette ikke vurdert pga. mangel på måleinstrumenter. Dette er et tema som burde utredes i en senere oppgave.

## 2.5 KONKLUSJON

I denne bacheloroppgaven har vi etterstrebet å komme frem til hvordan det er mulig å skape et atrium med dagslysmiljø innrettet for mennesker i et næringsbygg. Vi ville finne hvilke dagslyskriterier det må prosjekteres etter, og hvordan disse kriteriene skulle kunne nås. Gjennom faglitteratur, befaring og simuleringer, kom vi frem til noen resultater, og basert på disse, kunne vi konkludere ...



Figur 72:  
Illustrasjon Atrium med  
sosial/pause- sone

For å skape et godt dagslysmiljø i et atrium lokalisert ved den nordlige breddegrad, bør *tre* dagslyskriterier legges til grunn for planlegging og utforming av atriet. Disse dagslyskriteriene er **opplevd «utefølelse», lysmengde og dagslysets spektralfordeling.**



Figur 73: Illustrasjoner av  
Opplevd «utefølelse», Lysmengde og Dagslysets spektralfordeling

Disse kriterier omfatter: *opplevd våkenhet, utsyn, lysnivå, fargetemperatur, arkitektoniske utformingen, sylindrisk belysning, proporsjon takhøyde og dagslysinslippets bredde, og fargegjengivelse.*

For å oppnå de nevnte dagslyskriterier må *fire* designelementer benyttes. Disse er ***areal dagslysinnslipp, geometrisk utforming dagslysinnslipp, transmisjonsmateriale og refleksjonsmateriale.*** Blir disse designtemaene vurdert og prosessert, vil de på en nordlig breddegrad kunne forme atrier med sosiale soner, til et sted bygget for menneskelig interaksjon og sosialisering.

## Areal dagslysinnslipp



Figur 74:  
Illustrasjon av Areal

**Arealet for dagslysinnsippet** spiller en rolle for hvordan atriet oppleves. Både for dagslyskriteriet opplevd «utefølelse» og atriets lysmengde vil et **stort areal av dagslysinnslipp** gjøre disse kriteriene gode. For «utefølelse» vil det være viktig at arealet er stort for å få en god **persepsjon av himmelen** og **hvor solen befinner seg på himmelen**. Det er også viktig at **forholdet mellom atriets høyde og arealbredden for dagslysinnsippet er rundt 1:1**. Dette for å få store dagslysmengder inn fra en skrå vinkel til øyet. Det vil også gjøre det enklere å få et **«utsyn» mot himmel** og videre bidra til «utefølelsen» til brukeren. Ved å øke arealet for dagslysinnslipp, vil man også øke dagslyspotensialet i rommet. Man kan skape en høy lysmengde som **gir rommet den meningen som opprinnelig er tiltenkt**.

## Geometrisk utforming dagslysinnslipp



Figur 75:  
Illustrasjon  
saltak- glasstak

Den geometriske formen på dagslysinnsippet til atriet er vesentlig for å gi store dagslyspotensialer inn i rommet. Ved å benytte **saltak, pulttak eller mansardtak**, vil man på en nordlig breddegrad få store mengder dagslys inn og ned i atriet. Ved å benytte en av disse utformingene vil man også

oppnå **større sylindrisk lysmengde** i atriet. Ved å benytte takutforming som er vinklet, vil dette **forbedre utsynet**.

## Transmisjonsmateriale



Figur 76:  
Illustrasjon,  
transmisjon

Ved Ved å være bevisst på hvilke glass som blir valgt/brukt i dagslysinnsippet, hvor store mengder dagslys og solenergi som blir borte etter transmisjon, kan man **oppnå riktig romfunksjon** ved å ta gode glassvalg. Er man bevisst på hva glasset gjør med dagslysets spektralfordeling, kan man oppnå **riktig «utefølelse»** fra dagslyset. For et atrium med sosiale soner eller områder med menneskelig interagering, vil glassvalg som gir gode dagslys-egenskaper, være viktig.

**Diffuserende eller farget glass kan benyttes som solavskjerming**. Diffuserende hvit glass/akryl vil ikke gjøre store forandringer i fargetemperatur eller fargegjengivelse.

### *CCT (Correlated Color Temperature) av dagslyset*

Ved å benytte riktige glasstyper eller transmisjonsmateriale kan man få et dagslys som vil **skape en tilsvarende fargetemperatur av dagslyset** og gi en indikasjon på opplevd «utefølelse». Fargetemperaturen er et direkte produkt av dagslysets spektrale fordeling. Glassvalg vil ha den største

påvirkningen av dagslysets fargetemperatur. Fargetemperaturen til dagslyset vil være dynamisk igjennom dagen. Men hovedsakelig vil målet være å oppnå en fargetemperatur på dagslyset som det er utenfor bygget. Når dette har blitt oppnådd vil **«utefølelsen» bli troverdig.**

#### *CRI (Color Rendering Index) til dagslyset*

Fargegjengivelsen til det transmitterte dagslyset i rommet vil være meget viktig for å skape **riktige fargegjengivelse av interiør og mennesker.** Fargegjengivelse er et direkte resultat av dagslysets spektralfordeling. Riktig valg av transmisjonsmateriale vil være den faktoren som kan gi gode visuelle uttrykk på forskjellige typer hudfarge og ansikt. Personene som oppholder i seg i atriet vil **oppleves friske og sunne.**

#### Refleksjonsmateriale



*Figur 77:  
Illustrasjon  
Refleksjonsmateriale*

Hvilke refleksjoner det er i materialvalget og fargevalg som blir benyttet i interiøret vil ha **stor påvirkning for hvilke lysmengder** som treffer brukerne i atriet. Det vil være optimalt og ha en **refleksjonskoeffisient som overstiger en samlet verdi ved vegger, tak og gulv på 0,5.** Lysmengden øker eksponentielt på de horisontalt og vertikalt ved arbeidsflatene, etter refleksjonskoeffisient. få en høyere lysmengde horisontalt og vertikalt ved arbeidsflatene. **Valg av farge på**

**materialene vil også innvirke på hvordan dagslysets spektralefordeling** treffer mennesker i bunnen av atriet. Fargevalgene i materialet som blir benyttet vil også ha store påvirkninger på om det blir underbygget (eller klargjort) av dagslysets fargegjengivelse. **Velges riktige farger ut fra hvilke fargegjengivelser dagslyset har, kan man skape et godt uttrykk i interiøret.**

I denne oppgaven prøvde vi å svare på spørsmålet: Hvordan kan man skape et dagslysmiljø i et atrium i næringsbygg ved nordlig breddegraden som er rettet mot mennesket? Vi testet flere kriterier ved bruk av litteratur, befaring og simuleringer. Vi fant ut tre vesentlige kriterier som kan hjelpe lysdesignere i samarbeid med ingeniører og arkitekter å oppnå bedre resultater.

## REFFERANSER

Aschehoug, Ø. (1998). Dagslys i bygninger: prosjekteringsveiledning.

Hentet fra [http://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb\\_digibok\\_2010042806078](http://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2010042806078)

Atrium - Det Norske Akademis ordbok (u.å). Hentet 11. mai 2019, fra <https://www.naob.no/ordbok/atrium>

Baker, N. (2002). Daylight design of buildings. London: James & James.

Baker, N. (2013). Daylight design of buildings. Abingdon, Oxon: Earthscan from Routledge.

Baker, N., & Steemers, K. (2014). Daylight Design of Buildings: A Handbook for Architects and Engineers. Routledge Ltd.

Becker, Dr. J. A. (2015). Roman Domestic architecture: the Domus – Smarthistory. Hentet 6. mai 2019, fra <https://smarthistory.org/roman-domestic-architecture-domus/>

Bjørn Bjorvatn (2018, 26. januar) Døgnrytmen vår, <https://helse-bergen.no/nasjonal-kompetansetjeneste-for-sovnsykdommer-sovno/dognrytmen-var>

Bjørset, H.-H. (2006). Lysteknikk (Utg. 2006.). Kongsberg: Classica forl.

Boubekri, M. (2008). Daylighting, Architecture and Health. Routledge Ltd.

Boyce, P. R. (2014). Human Factors in Lighting, Third Edition. CRC Press.

Calina Pandele Yttredal. (2012). Lys: farge, design, kommunikasjon. Bergen: Fagbokforl.

CT&A Color Rendering Index (CRI) Tool. (udatert). Hentet 6. mars 2019, fra [http://www.babelcolor.com/cta\\_cri.htm](http://www.babelcolor.com/cta_cri.htm)

Cuttle, C. (2015). Lighting design: a perception-based approach. London: Routledge.

de Kort, Y. A. W., & Veitch, J. A. (2014). From blind spot into the spotlight: Introduction to the special issue 'Light, lighting, and

human behaviour'. *Journal of Environmental Psychology*, 39, 1–4.

<https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2014.06.005>

Edwards, B., Sibley, M., Land, P., & Hakmi, M. (2006). *Courtyard Housing: Past, Present and Future*. Taylor & Francis.

glass. (2019, 30. april). I Store norske leksikon. Hentet 7. mai 2019 fra <https://snl.no/glass>

Goethe, J. W. von. (1994). *Goethes farvelære* ([Rev. utg.]). Oslo: Ad notam Gyldendal : I samarbeid med Institutt for farge, SHKS.

Hoeppe, G. (2007). *Why the sky is blue: discovering the color of life*. Princeton, N.J: Princeton University Press.

Innes, M. (2012). *Lighting for interior design*. London: Laurence King Publishing.

Köster, H. (2004). *Dynamic daylighting architecture: basics, systems, projects*. Basel: Birkhäuser.

Lechner, N. (2015). *Heating, cooling, lighting: sustainable design methods for architects* (4th ed.). Hoboken, N.J: Wiley.

Lillelien, E. (2012). *Luxtabell 1B- og planleggingskriterier for innendørs belyningsanlegg*. Lyskultur.

Lund Hagem Arkitekter. (2016). *Deichmanske Library - Lund Hagem Arkitekter*. Hentet 6. mai 2019, fra <http://www.lundhagem.no/projects/all/deichmanske-library?fbclid=IwAR1f9ha6vFx1PmPJjunID3pkN6cJGAMlbWOPMhIwfNzVG593nQgTLAd4ZDs>

M. Major. (2005). *Made of light: the art of light and architecture*. Basel: Birkhäuser.

Mansfield, K. (2015). Christopher Cuttle (2015), *Lighting Design: A Perception–Based Approach*. *Lighting Research & Technology*, 47(6), 763–764. <https://doi.org/10.1177/1477153515602203>

Marietta S. Millet. (1996). *Light revealing architecture*. New York: Van Nostrand Reinhold.

Matusiak, B. (1998). *Daylighting in linear atrium buildings at high latitudes*.

Michael, A. (2016). Social and Environmental Aspects of Courtyards in Cyprus Vernacular Architecture. *Serbian Architectural Journal*, 75–99.

Moscoso, C. P. (2016). Daylighting and Architectural Quality: Aesthetic Perception of Daylit Indoor Environments (NTNU). Hentet fra <http://hdl.handle.net/11250/2379863>

NSG (Nippon Sheet Glass Co., Ltd.), (u.å), Pilkington Insulight™ with ScreenLine®, Hentet 7.mai 2019

<http://www.pilkington.com/en/global/products/product-categories/special-applications/pilkington-insulight-with-screenline#overview>

Norberg-Schulz, C. (1980). *Genius loci: towards a phenomenology of architecture*. London: Academy Editions.

Ohta, N. (2005). *Colorimetry: fundamentals and applications*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.

Pilkington. (2018). Glassfakta 2018. Hentet 11. mai 2019 fra <https://www.pilkington.com/nb-no/no/arkitekter/glassfakta-2018>

Plummer, H. (2012). *Nordic light: modern Scandinavian architecture*. London: Thames & Hudson.

Reinhart, C. (2014). *Daylighting Handbook I. Erscheinungsort nicht ermittelbar*: Building Technology Press.

Robert J. Snowden. (2012). *Basic vision: an introduction to visual perception* (Rev. ed.). Oxford: University Press.

Royer, M. P. (2017a). What Is the Reference? An Examination of Alternatives to the Reference Sources Used in IES TM-30-15.

Rygh, Per. (2019, 3. april). basilika. I Store norske leksikon. Hentet 7. mai 2019 fra <https://snl.no/basilika>

Russell, S. (2008). *The architecture of light: architectural lighting design and concepts and techniques : a textbook of procedures and practices for the architect, interior designer and lighting designer* (2nd ed.). La Jolla, CA: Conceptnine Print Media.

Saxon, R. (1986). *Atrium buildings: development and design*. Architectural Press.



Sharples, S., & Lash, D. (2007). Daylight in Atrium Buildings: A Critical Review. *Architectural Science Review*, 50(4), 301–312.

<https://doi.org/10.3763/asre.2007.5037>

SINTEF, & Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet. (2007). ENØK i bygninger: effektiv energibruk (3. utg.). Oslo: Gyldendal undervisning.

Standard Norge. (2011). NS-EN 410:2011 Bygningsglass. Standard Norge.

Standard Norge. (2019). NS-EN 1737:2018 Dagslys i bygninger. Standard Norge.

TM-30 FREQUENTLY ASKED QUESTIONS. (udatert). Hentet 6. mars 2019, fra Energy.gov website: <https://www.energy.gov/eere/ssl/tm-30-frequently-asked-questions>

Tregenza, P., & Wilson, M. (2013). *Daylighting: Architecture and Lighting Design*. Routledge Ltd.

Veitch, J. A., & Galasiu, A. D. (2012). *The Physiological and Psychological Effects of Windows, Daylight, and View at Home:*

*Review and Research Agenda*. Hentet fra <http://dx.doi.org/10.4224/20375039>

Velux, (u.å). Hentet 14. mai 2019 fra <https://www.velux.no/intro/guides/mer-energi>

Viestad, K. M. (1980). *Byggeteknisk fagleksikon*. Hentet fra [https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb\\_digibok\\_20130124072](https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_20130124072)

Voigt, R. M., Forsyth, C. B., Green, S. J., Engen, P. A., & Keshavarzian, A. (2016). Chapter Nine - Circadian Rhythm and the Gut Microbiome. I J. F. Cryan & G. Clarke (Red.), *International Review of Neurobiology* (s. 193–205). <https://doi.org/10.1016/bs.irn.2016.07.002>

Programmer:

Solarbeam: Program hentet fra <http://solarbeam.sourceforge.net>

Lightmeter: Program hentet fra <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.tsang.alan.lightmeter>

Bilder fra Colorbox.com har blitt lisensiert.

## Figurliste, med referanser

Figur 1 Verdens største atrium i Beijing, Cina Under konstruksjon, illustrasjon by; Leeza SOHO, Zaha Hadid Architects.....	10
Figur 2: Diagram of two- Courtyard house. Adapted From: Liu Dunzhun, ed. Zhongguo gongyue chubanshe, 1984). p12 <a href="http://depts.washington.edu/chinaciv/home/tintrhme.htm">http://depts.washington.edu/chinaciv/home/tintrhme.htm</a> .....	11
Figur 3: House of Menander, Pompeii before 79 C.E photo by: Carole Raddato <a href="https://smarthistory.org/roman-domestic-architecture-domus/12">https://smarthistory.org/roman-domestic-architecture-domus/12</a>	
Figur 4: Plan of a typical Roman domus (house), <a href="https://smarthistory.org/roman-domestic-architecture-domus/">https://smarthistory.org/roman-domestic-architecture-domus/</a> .....	12
Figur 5: Årestue fra Romsdalsmuseet i Molde. foto; Inst. for arkitekturhistorie, NTNU) .....	13
Figur 6: Illustrasjon av Deichmanske bibliotek. Bilde: Lund Hagem Arkitekter Norge.....	13
Figur 7: Emporia shoppingssenter i Malmø, Sverige. Photo by; Richard Misso, Wingårdh Arkitektkontor <a href="http://designaddicts.com.au/platform/2013/10/07/making-an-entrance/?lang=fr">http://designaddicts.com.au/platform/2013/10/07/making-an-entrance/?lang=fr</a> .....	14

Figur 8: Emporia shoppingssenter i Malmø, Sverige. Photo by; Richard Misso, Wingårdh Arkitektkontor <a href="http://designaddicts.com.au/platform/2013/10/07/making-an-entrance/?lang=fr">http://designaddicts.com.au/platform/2013/10/07/making-an-entrance/?lang=fr</a> .....	14
Figur 9: (Law Courts, Vancouver, Arthur Ericson) Photo by Geoffrey Erickson <a href="https://www.arthurerickson.com/government%20buildings/law%20courts%20complex/">https://www.arthurerickson.com/government%20buildings/law%20courts%20complex/</a> .....	15
Figur 10: <b>Single-sided</b> atrium, illustrasjon SketchUp, .....	15
Figur 11: History Library, Cambridge, James Stirling, Photo by Donald Corner and Jenny Young <a href="http://www.greatbuildings.com/cgi-bin/gbi.cgi/History_Faculty_Library.html/cid_2509088.html">http://www.greatbuildings.com/cgi-bin/gbi.cgi/History_Faculty_Library.html/cid_2509088.html</a> .....	15
Figur 12: <b>Two-sided</b> atrium (two open sides) Illustrasjon: SketchUp .....	15
Figur 13: <b>Three-sided</b> atrium (one open side), illustrasjon SketchUp .....	16
Figur 14: Bilde Akerselva Atrium.....	16
Figur 15: <b>Four-sided</b> atrium (no open side), illustrasjon SketchUp .....	16
Figur 16: Circle K AS NORGE, med atrium.....	16
Figur 17: Galleri Oslo, med et lineært atrium .....	16

Figur 18: <b>Linear atrium</b> illustrasjon SketchUp .....	16
Figur 19: Photo by Rayan Rios On.....	18
Figur 20- Solenergi utenfor atmosfæren vs solenergi ved havnivå. Fordelt i bølgelengde, <a href="https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5e/MODIS_ATM_solar_irradiance.jpg">https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5e/MODIS_ATM_solar_irradiance.jpg</a> .....	20
Figur 21- Solnedgang Bilde: Colorbox.com.....	20
Figur 22- Blå himmel som mister sin saturasjon hvor nærmere horisonten man ser. Bilde: Colorbox .....	21
Figur 23: Matthew Ragen: On a sunny day, the shadow of the Empire State building extends over blocks of buildings throughout midtown Manhattan in New York City, stock photo, Colorbox .....	22
Figur 24: Daylight locus in the CIE 1960 UCS, The isotherms are perpendicular to the Planckian locus. <a href="https://howlingpixel.com/en/Standard_illuminant">https://howlingpixel.com/en/Standard_illuminant</a> .....	24
Figur 25: Seating in the atrium of modern university building, vertical, stock phot, Colorbox .....	25
Figur 26: (Bjørset, 2006, s38) .....	28
Figur 27: <b>Flatt- glasstak</b> atrium, Illustrasjon SketchUp.....	29

Figur 28: Ragency Hayatt Hotel, Atlanta, Architect John Porman. Photo by Aaron Hockley Her vises det et flatt tak i atriet. ....	29
Figur 29: <b>Saltak (glasstak)</b> atrium, illustrasjon SketchUp.....	29
Figur 30: Vika Atrium, Thon Hotel Her brukes det saltak.....	29
Figur 31: <b>Sagtann- glasstak</b> atrium, illustrasjon SketchUp.....	30
Figur 32: I Krona på Kongsberg brukes det sagtann- glasstak.....	30
Figur 33: <b>Skråglass (pulttak)</b> atrium, illustrasjon SketchUp .....	30
Figur 34: Circle K AS med Skråglasstak (pulttak).....	30
Figur 35: <b>Pyramide- glasstak</b> atrium, illustrasjon SketchUp .....	30
Figur 36: Louvre museet I Paris med et pyramide- glasstak. Architect I.M Pei. Photo by Alexander J.E. Bradley <a href="https://www.apertoretours.com/blog/2017/1/14/where-to-photograph-the-louvre">https://www.apertoretours.com/blog/2017/1/14/where-to-photograph-the-louvre</a> .....	30
Figur 37: <b>Kuppelformed glasstak (Dome)</b> atrium, illustrasjon SketchUp ...	30
Figur 38: The Galeries Lafayette, a department store. Paris, France. George Chadanne. Photo by Keepress/National Geographic/Getty ImageArchitect <a href="https://www.gettyimages.no/photos/galleries-lafayette-paris">https://www.gettyimages.no/photos/galleries-lafayette-paris</a> .....	30

Figur 39: By Frank L Junior, Clouds reflected in windows of modern office building, Stock image, Colorbox .....	31
Figur 40: Outside solar shading at Kong Bar, Guthrie Douglas, <a href="https://www.guthriedouglas.com/shading-for">https://www.guthriedouglas.com/shading-for</a> .....	34
Figur 41- Solar shading in Trust Headquarters, Guthrie Douglas, <a href="https://www.guthriedouglas.com/shading-for/">https://www.guthriedouglas.com/shading-for/</a> .....	35
Figur 42: Fasade Hotel deregion Lille2 med opaliserende glassflater. Kan monteres både horisontalt og vertikalt. Levert av Pilkington, NSG Group. <a href="https://projects.pilkington.com/global/SearchResults.aspx?search_id=71864774">https://projects.pilkington.com/global/SearchResults.aspx?search_id=71864774</a> .....	36
Figur 43: Akzo-Eetgerinksweg-703603, Dette er fargete glassflater Pilkington leverer. Kan leveres horisontalt som vertikalt <a href="https://projects.pilkington.com/global/SearchResults.aspx?search_id=71864774">https://projects.pilkington.com/global/SearchResults.aspx?search_id=71864774</a> . .....	36
Figur 44: Cairo Expo City. Exhibition Hall atrium; Cairo, Egypt Illustration by Zaha Hadid Architects <a href="https://www.zaha-hadid.com/masterplans/cairo-expo-city/">https://www.zaha-hadid.com/masterplans/cairo-expo-city/</a> .....	38
Figur 45: Kartverket, ortofoto Oslo sentrum. Det som understrekker disse atriene er at alle er geografisk plasser i samme by med deres ulike	

arkitektoniske utforming og samme funksjon, men allikevel vil de ha ulike dagslyskvaliteter i seg .....	43
Figur 46: a) Illustrasjon Dialux evo 8.1 av måle grid og beregningsfelter, se vedlegg 2-1, 3-1, 4-1. b)Krona sett fra 5 etg. c) Krona, utsikt over passasjerampe fra 4etg. d) Kronas dagslysinslipp, med sagtannløsning....	45
Figur 47: Ragency Hayatt Hotel, Atlanta, Architect John Porman. Photo by Aaron Hockley Her vises det et flatt tak i atriets. ....	48
Figur 48: a) Østbanehallen, lineær utforming med kurvet takkonstruksjon. Enkel og forståelig persepsjon og oppfatelse av rommet. b) Galleri Oslo, enkel og forståelig persepsjon av de arkitektoniske linjene i atriets. c) Vika Atrium, stort åpent rom, enkel og forståelig arkitektonisk utforming. d) Oslo Atrium, persepsjonene blir forstyrret av mange elementer i rommet. e) Oslo Atrium, gir kontakt med etasjene, men persepsjonen blir forstyrret av mange elementer i rommet. ....	50
Figur 49: a) Aker Brygge shoppingsenter, <a href="http://blogg.akershuseiendom.no/wp-content/uploads/2015/03/2014.11.03.Terminalbygget_014.jpg">http://blogg.akershuseiendom.no/wp-content/uploads/2015/03/2014.11.03.Terminalbygget_014.jpg</a> . b) Aker Brygge Shopping, har god modellering av interiøret og andre elementer i rommet. c) Circle K AS. Atrium. d) Circle K AS, atrium med sosial/pause-sone. ....	52

Figur 50: Akerselva Atrium oppleves fargegjengivelsen av interiøret, hudfargen til mennesker som lite naturlig og det meste blir brun- grått. Akerselva Atrium har gjennomgående glassfasade med Orange fargefilter .....	54
Figur 51: Norconsult, Sandvika. Sosial/pause- sone. Bruk av mansard- glasstak.....	56
Figur 52: Krona, Kongsberg. Med solflekker på fasade.....	60
Figur 53: Illustrasjons- snitt, SketchUp/photoshop; Hovedinnganger fra Vest og Øst ved Krona, Kongsberg. Det vises her et prinsipp snitt av observatører med deres vertikale synsvinkler I forhold til hvor de er plassert I atriet. ....	62
Figur 54: Spektralmålinger i 2 etg. for den sosiale/pause- sonen på Krona, Kongsberg.....	64
Figur 55: Sol-data fra 1.april i Kongsberg og solens endringer gjennom året, <a href="https://www.timeanddate.no/astronomi/sol/norge/kongsberg">https://www.timeanddate.no/astronomi/sol/norge/kongsberg</a> .....	66
Figur 56: Illustrasjon soldposisjon for Krona i Kongsberg. Bruk av SketchUp med plugg- inn av Curic Sun .....	68
Figur 57: Illustrasjon solposisjon for Krona I Kongsberg Bruk av SketchUp- men plugg- inn av Curic Sun .....	68

Figur 58: Illustrasjon soldposisjon for Krona i Kongsberg. Bruk av SketchUp med plugg- inn av Curic Sun .....	69
Figur 59: Illustrasjon soldposisjon for Krona i Kongsberg. Bruk av SketchUp med plugg- inn av Curic Sun .....	69
Figur 60: Illustrasjon soldposisjon for Krona i Kongsberg. Bruk av SketchUp med plugg- inn av Curic Sun .....	70
Figur 61: Circle K AS Norge .....	70
Figur 62: Atriet i 6 etg. slik det fremstår i dag. ....	71
Figur 63: Illustrasjon SketchUp, viser hvor solen vil treffe atriet på Krona, Kongsberg, den 21. juni 2019 klokken 12:00 (sommertid) .....	72
Figur 64: Illustrasjon SketchUp, viser hvor solen vil treffe den 21. desember 2019 klokken 12:00 .....	72
Figur 65: a) Referansemodell Dialux evo 8.1 med Sagtann- glasstak. b) Flatt- glasstak. c) Mansardtak- glasstak. d) Skråglasstak (Pulttak). e) Saltak- glasstak. ....	74
Figur 66: a) og b) Vika Atrium, Thon Hotel. Benytter seg av fire stykk saltak som er plassert parallelt i forhold hverandre. Total på flate- areal av dagslysinnslipp er på mn. 1200m <sup>2</sup> . Forholdet mellom høyde på rommet og	

lengde /bredde til glasstaket er cirka tilnærmet 1:1. c) Galleri Oslo. d) Oslo Atrium. e) Østbanehallen. ....	76
Figur 67: Akerselva Atrium, Oslo sentrum. a) viser oss fasaden utenfor bygget. b) viser oss sosial/pause- sone.....	83
Figur 68: Spektralmålinge.....	86
Figur 69: Spektralmålinger. ....	86
Figur 70: Spektralmålinger. ....	87
Figur 71: Atrium rule of thumb $h < 2,5 \times W$ , (Reinhart, 2014), s.17 .....	92
Figur 72: Illustrasjon Atrium med sosial/pause- sone.....	98
Figur 73: Illustrasjoner av Opplevd «utefølelse», Lysmengde og Dagslysets spektralfordeling .....	98
Figur 74: Illustrasjon av Areal .....	99
Figur 75: Illustrasjon saltak- glasstak .....	99
Figur 76: Illustrasjon, transmisjon .....	99
Figur 77: Illustrasjon Refleksjonsmateriale.....	100

## Tabell-liste

Tabell 1: Soltid Kongsberg. Data hentet fra <a href="https://www.timeanddate.no /astronomi/sol/norge/kongsberg">https://www.timeanddate.no /astronomi/sol/norge/kongsberg</a>	68
Tabell 2: Glassegenskaper fra Pilkington (Pilkington, 2018)	80
Tabell 3: Utdrag Pilkington glassfakta 2018, Klart floatglass s.15	81
Tabell 4: Utdrag Pilkington glassfakta 2018, Energispareglass s.19	81
Tabell 5: Utdrag Pilkington glassfakta 2018, Belagt solbeskyttelses- og energispareglass s.27	82
Tabell 6: Utdrag Pilkington glassfakta 2018, Gjennomfarget solbeskyttelsesglass s.25	82

<b>Sted:</b>	Navn lokasjon
<b>Adresse:</b>	Adresse lokasjon
<b>Koordinater:</b>	Koordinater lokasjon
<b>Dato:</b>	Dato befarng
<b>Værforhold:</b>	Værforhold under befarng
<b>Romfunksjon :</b>	Atriets romfunksjon
<b>Teknisk</b>	
Materialbruk	Hvilke materialer blir benyttet i ariet. Dette vil være både reflekson og transmisjonmateriale.
Refleksjonsmateriale	Er det refleksjoner ifra noen materialer i ariet
Areal dagslysinnslipp	Arealet av dagslysinslippet. Horisontale
Utforming dagslysende	Geometrisk utforming av dagslysinslippet
Byggetekniske utforming	Hvordan er rommets form? Hva er den arkitektoniske utforming? Hvor mange etasjer er det?
Proporsjon takhøyde og dagslysinslippets bredde	Hvilken proporsjon er det mellom takhøyde og dagslysinslippets bredde/lengde
Solavskjerming	Er solavskjerming tilstede i ariet? Hvilken?
<b>Dagslyskriterier</b>	
Persepsjon	Dagslysets evne til å gi persepsjon av rommet.
Orientering	Dagslyset evne til å gjøre rommet orienterbart
Lyshierarki	Dagslysets hierarkifordeling i rommet.
Modellering (objekt, forståelse)	Hvor god modellering av ansikter evt. objekter og rom.
Blending	Blendingskilder fra dagslyset i rommet
CRI lysspektret (Opplevd/fargegjengivelse)	Opplevd fargegjengivelse av dagslyset
Fargetemperatur (Opplevd)	Opplevd fargetemperatur på dagslyset som trenger inn i rommet
Kontraster (Lys og farge)	Dagslysets evne til å skape kontraster i rommet
Lysnivå	Dagslysets lysnivå i rommet
Sylindrisk belysning	Dagslysets sylindriske fordeling i rommet. Evne til å belyse ansikter
Jevnhet belysning	Dagslysets jevnhet i rommet
<b>Dagslyskriterier helse og trivsel</b>	
Døgnrytme	Rytmer som danner en slags indre klokke. Klokken reagerer på vekslingen mellom lys og mørke
Utsyn	Hvor stor utsyn har man fra ariet og ut i frie omgivelser?
Estetikk (Fremheving av arkitektur og interiør)	Skaper dagslyset estetikk i rommet , dette ved farger i interiør eller arkitektur
Opplevd våkenhet (Grad)	Følelsen dagslyset gir når man beveger seg inn i ariet. "Våkner" man?
Motivasjon (glede, trivsel,	Gir dagslys noe form for følelser i et rom som atrium dagslyset evne til å skape tanker og følelser
Emosjonelle og sosiale opplevelser	Dagslysets effekt i forhold til sosiale interaksjoner

<b>Sted:</b>	<b>Akerselva atrium</b>
<b>Adresse:</b>	Chr. Krohgs gate 16, 0186 Oslo
<b>Koordinater:</b>	59.914989 N, 10.759079 Ø
<b>Dato:</b>	25.02.2019
<b>Værforhold:</b>	Overskyet
<b>Romfunksjon :</b>	Gangareal/sitteområde/spiseområde
<b>Teknisk</b>	
Materialbruk	Gråhvit fasadevegger med vertikale vinduer langs vegg opp alle etasjene, farget glass i fasade
Refleksjonsmaterial	Mye glassflater inn mot kontorlokaler.
Areal dagslysinlipp	Skrå vertikalt inslipp på ca 225m <sup>2</sup> + horisontalt ca 20m <sup>2</sup>
Utforming dagslysareal	Hele fasadevegg er vindu med skrå vertikal. Pluss topp skylight.(lite arial ca 20m <sup>2</sup> )
Byggetekniske utforming	Atriumet går over 10 etasjer ca. 30 m høyde, Romareal er ca.50m <sup>2</sup>
Proporsjon takhøyde og dagslysinlippets bredde	10 etasjerst høyde(30m) , 5 meter bredde i bunn.
Solavskjerming	Benytter orange glass ,etter-laminert utside
<b>Dagslyskriterier</b>	
Persepsjon	Rommets form kommer ikke totalt frem.
Orientering	
Lyshierarki	Dominerende lys fra ytterveggen/glassfasade
Modellering (objekt,-forståelse)	Vanskelig å se farge på ansikt
Blending	Kan oppleves ,men vil reduseres i liten grad av laminering
CRI lysspektret (Opplevd/fargegjengivelse)	Oppeles dårlig , gir en rødlig eller brunlig tone i farger,Vanskelig å se farge på ansikt
Fargetemperatur (Opplevd)	Rødgul,
Kontraster (Lys og farge)	Store fargekontraster mellom rom.
Lysnivå	Høyt lysnivå,
Sylindrisk belysning	ok,forstyrres av fargeteperatur på dagslyset.
Jevnhet belysning	ok
<b>Dagslyskriterier helse og trivsel</b>	
Døgnrytme	
Utsyn	Store utsynsområder, med en orangetone. Opplevs som sent på dag ved den rødlig fargetone
Estetikk (Fremheving av arkitektur og interiør)	Sett fra utsiden gir den særpreg på bygget. Fra innsiden vil den bare "skitner til" lyset
Opplevd våkenhet (Grad)	Mindre grad våkenhet. Vil heller slappe av
Motivasjon (glede, trivsel,	Følte trang for å trekke seg helt ut for å få dagslys.
Emosjonelle og sosiale opplevelser	Ikke et sted å sette seg ned for sosialisering.



<b>Sted:</b>	<b>Norconsult</b>
<b>Adresse:</b>	Vestfjordgaten 4, 1338 Sandvika
<b>Koordinater:</b>	59.890656 N, 10.522192 Ø
<b>Dato:</b>	07.02.2019
<b>Værforhold:</b>	Overskyet
<b>Romfunksjon:</b>	Sosialsone, pause/spiserom. Lounge.
<b>Teknisk</b>	
Materialbruk	Gulv med en mørk reflektans. Klare takvinduer
Refleksjonsmaterial	Polarhvite vegger med lydpendende plater (
Areal dagslysinlipp	min 495m <sup>2</sup>
Utforming dagslysareal	Store dagslysareal (møtende saltak i vifteform)
Byggetekniske utforming	5 etasjers høyde med stort gulvarial
Proporsjon takhøyde og dagslysinlippets bredde	10-15 meters bredde iforhold til 5 etg
Solavskjerming	Egne solavskjeminger på etasjevinduer. Ikke ved takvinduene
<b>Dagslyskriterier</b>	
Persepsjon	Stor forståelse av rom
Orientering	
Lyshierarki	Dagslys fra tak, men også fra en vertikal flate i fasade.
Modellering (objekt,forståelse)	God synlighet av møtende mennesker
Blending	Kan oppstå en sommerdag noen steder i lokalet.
CRI lyspektret	
Fargetemperatur	
Kontraster (Lys og farge)	Store kontraster mellom dagslys og kunstig belysning.
Lysnivå	Opplevd høyt lysniva av dagslys. Målt ved h=0.8 en lux rundt 450lx ( kan være en del kunstig belysning)
Sylindrisk belysning	Gode sylindrisk belysning
Jevnhet	Jevnt belyst av dagslys
<b>Dagslyskriterier helse og trivsel</b>	
Døgnrytme	
Utsyn	God sikt i lokalet/opplevd "ute" følelse ,fornemmelse av solens posisjon og tid på døynet
Estetikk (Fremheving av arkitektur og interiør)	En sløring av dagslys ned lags veggene
Opplevd våkenhet (Grad)	God opplevd våkenhet
Motivasjon (glede, trivsel,	Avbrekk og pusterom.
Emosjonelle og sosiale opplevelser	Rom for sosialisering.

<b>Sted:</b>	<b>Østbanehallen</b>
<b>Adresse:</b>	Jernbanetorget 1,0154 OSLO
<b>Koordinater:</b>	59.911123 N, 10.752640 Ø
<b>Dato:</b>	25.02.2019
<b>Værforhold:</b>	Overskyet
<b>Romfunksjon</b>	Butikk/restaurant/cafeområdet. Sittegrupper langs/rundt bodene og fasadene.
<b>Teknisk</b>	
Materialbruk	Mørke takflater, lyse gulvflater ,Klare takvinduer
Refleksjonsmaterial	Gulv er i liten grad noe speilende
Areal dagslysinlipp	min 1000m <sup>2</sup>
Utforming dagslysareal	tre lange dagslysarealer. Sideflater og midtflate (delvis Masardtak)
Byggetekniske utforming	2-3 etasjer, galleri med en lengde på ca 85m bredde 25m.
Proporsjon takhøyde og dagslysinlippets bredde	2 :1
Solavskjerming	Ingen solavskjerming
<b>Dagslyskriterier</b>	
Persepsjon	Lineær utforming med kurvet tak-konstruksjon.
Orientering	Enkel orientering , og lett forstålig gåmønster
Lyshierarki	50/50 dagslys og kunstigbelysning. Mye kunstig belysning også på dagtid.
Modellering (objekt forståelse)	God synlighet av møtende mennesker
Blending	Muligheter for blending på sørside. Det kan også være blending fra refflekerende overflater på nordside.
CRI lysspektret	Gode fargegjengivelser av ansikt og hudtoner.
Fargetemperatur	Høy kelvingrad (kald) i takareal (dagslys + kunstig belysning).
Kontraster (Lys og farge)	Høy lyskontraster mellom midtparti i rom og veggfasader(butikk/restaurantfasader)
Lysnivå	Høyt opplevd lysnivå .
Sylindrisk belysning	God sylindrisk belysning
Jevnhet	God
<b>Dagslyskriterier helse og trivsel</b>	
Døgnrytme	
Utsyn	Store lineære utsynsflater. Får også med seg fasder langs bygget.Gode muligheter for persepsjon av solposisjon.
Opplevd våkenhet (Grad)	Høyt aktivitetsnivå, med store dagslys inslipp som treffer mennesket.
Estetikk (Fremheving av arkitektur og interiør)	Dagslysinslippet fremhever takarkitekturen/ konstruksjonen
Motivasjon (glede, trivsel,	God trivsel. Følelse av bevegelse i et gaterom.
Emosjonelle og sosiale opplevelser	Rom for sosialisering

<b>Sted:</b>	<b>Krona, Kongsberg</b>
<b>Adresse:</b>	<b>Hasbergs vei 36, 3616 Kongsberg</b>
<b>Koordinater:</b>	<b>59.664538 N, 9.644275 Ø</b>
<b>Dato:</b>	<b>10.03.2019 og 16.04.2019</b>
<b>Værforhold:</b>	<b>Overskyet og skyfrihimmel</b>
<b>Romfunksjon</b>	<b>Sitte/spise-areal 2 etg,</b>
<b>Teknisk</b>	
Materialbruk	Grå lyse flater, både horisontale og vertikale, Klare takvinduer
Refleksjonsmaterial	Aluminiumsflatene i dekorskilting oppover veggen.
Areal dagslysinlipp	120m <sup>2</sup>
Utforming dagslysareal	Sagtann tak x 6
Byggetekniske utforming	5 etg.
Proporsjon takhøyde og dagslysinlippets bredde	2 til 1
Solavskjerming	Nei
<b>Dagslyskriterier</b>	
Persepsjon	God sikt
Orientering	God
Lyshierarki	Dagslysinslippet i taket er oppfatende
Modellering (objekt forståelse)	God synlighet av møtende mennesker
Blending	Noe form for blending når solen lyser direkte inn. Blending kommer fra aluminiumsflater
CRI lysspektret	R1-14 Ra=95,5 i 6.etg Ra=95,0, se vedlegg for målinger
Fargetemperatur	CCT= 6472K ved 6 etg , CCT= 5912K ved 2 etg (en del kunstig belysning i målingen)
Kontraster (Lys og farge)	Jevnt
Lysnivå	U0= 1048lx overskyet(16 mars), U0= 320lx skyfri himmel. (10 mars)
Sylindrisk belysning	Ikke målt , oppleves som god i 2etg. Veldig god ved passasje
Jevnhet	En markert stripe med ett lavere lysnivå på 2 etg ( skygge fra passasjerampe 3 til 4 etg)
<b>Dagslyskriterier helse og trivsel</b>	
Døgnrytme	
Utsyn	Til dels opplevd utefølelse, i mindre grad. En fornemmelse av solens posisjon og tid på døynet
Opplevd våkenhet (Grad)	Til en viss grad
Estetikk (Fremheving av arkitektur og interiør)	En sløring av dagslys ned lags veggene
Motivasjon (glede, trivsel,	Tildels avbrekk og pusterom
Emosjonelle og sosiale opplevelser	Rom for sosialisering

<b>Sted:</b>	<b>Galleriet i Oslo</b>
<b>Adresse:</b>	Schweigaards gate 4-14, 0185 OSLO
<b>Koordinater:</b>	59.911559 N, 10.759456 Ø
<b>Dato:</b>	25.02.2019
<b>Værforhold:</b>	Overskyet
<b>Romfunksjon</b>	Passasje med noen sitteplaser her og der.
<b>Teknisk</b>	
Materialbruk	Lysebrune matte vegger. Hvit gulv, Klare takvinduer
Refleksjonsmaterial	Langsgående vinduer reflekterende, men ikke forstyrende
Areal dagslysinlipp	1650m <sup>2</sup> + 900m <sup>2</sup>
Utforming dagslysareal	Lineart dagslysareal langs hele galleriet.
Byggetekniske utforming	ca. 3etasjer og 4 etasjer 10-12m høyde, Galleri med lengde 200m pluss 100m.Bredde 10m
Proporsjon takhøyde og dagslysinlippets bredde	Proposjon 1:1
Solavskjerming	Ikke observert
<b>Dagslyskriterier</b>	
Persepsjon	God persepsjon av de arkitetoniske linjene i atriet
Orientering	Linjer orientering
Lyshierarki	Dagslys dominerende, dagslys fra sidene og i topp
Modellering (objekt,ansikts-forståelse)	
Blending	Blending kan forekomme
CRI lysspektret	
Fargetemperatur	overskyet himmel lys, høy kelvin
Kontraster (Lys og farge)	Gode kontraster på flater
Lysnivå	Høyt (dominerende)
Sylindrisk belysning	Høyt lysnivå sylindrisk
Jevnhet	Mye jevnhet
<b>Dagslyskriterier helse og trivsel</b>	
Døgnrytme	
Utsyn	Bra utsyn til andre høye bygg utvendig. En liten følelse av "ute" kontakt., føles at man er ute
Opplevd våkenhet (Grad)	Stor grad av våkenhet og aktivitet
Estetikk (Fremheving av arkitektur og interiør)	
Motivasjon (glede, trivsel,	
Emosjonelle og sosiale opplevelser	

<b>Sted:</b>	<b>Akerbrygge shopping</b>
<b>Adresse:</b>	<b>Stranden 9, 0250 Oslo</b>
<b>Koordinater:</b>	<b>59.910588 N, 10.728249 Ø</b>
<b>Dato:</b>	<b>25.02.2019</b>
<b>Værforhold:</b>	<b>Overskyet</b>
<b>Romfunksjon</b>	<b>Hjerte i bygget, avslapping plass (sosial)</b>
<b>Teknisk</b>	
Materialbruk	Gråmørke steinfliser gulv, mye bruk av mørke farger. Klare takvinduer
Refleksjonsmaterial	Mye glass og speil overflater som skaper en opplevelse av større rom.
Areal dagslysinnslipp	min 234m <sup>2</sup>
Utforming dagslysareal	Dagslysareal lite, med et helt skråtak (pulttak)
Byggetekniske utforming	ca. 7 etasjer ca. 30m høyde , med 18m ganger 13m , Spennende geometri
Proporsjon takhøyde og dagslysinslippets bredde	3/1
Solavskjerming	Ingen synlig solavskjerming
<b>Dagslyskriterier</b>	
Persepsjon	Veldig forskjell vinkler på hver etasje. i. Rommets størrelse føles større pga speiling i vindusflatene.
Orientering	Enkel forståelse over inganger til butikker og videre pasasje.
Lyshierarki	Dagslyset gir hierarkie i arkitekturen
Modellering (objekt,ansikts-forståelse)	Gode ansiktsmodelleringer.
Blending	Fare for stor blendinger i etasjeglasse
CRI lysspektret	
Fargetemperatur	Kald dagslys fargetemperatur. Blandes med varmere temperatur i kunstig belysning
Kontraster (Lys og farge)	Luminanskontraster mellom mørkt matterial og dagslysinnslipp.
Lysnivå	Høytlys nivå
Sylindrisk belysning	Good sylindrisk belysning, ansikter har gode lysforhold midt i rommet.
Jevnhet	Good jevnhet
<b>Dagslyskriterier helse og trivsel</b>	
Døgnrytme	
Utsyn	Lite utsyn/god opplevd "ute" følelse,Fornemelse av solposisjon i en liten grad
Opplevd våkenhet (Grad)	Bra
Estetikk (Fremheving av arkitektur og interiør)	Spennende geometri.Utforming av atriumet tiltrekker oppmerksomhet, alle ser opp.
Motivasjon (glede, trivsel,	Skaper kreative tanker
Emosjonelle og sosiale opplevelser	Opplevs intimt

<b>Adresse:</b>	<b>Munkedamsveien 45, 0250 OSLO</b>
<b>Koordinater:</b>	<b>59.911207, 10.723851</b>
<b>Dato:</b>	<b>25.02.2019</b>
<b>Værforhold:</b>	<b>Overskyet</b>
<b>Romfunksjon:</b>	<b>Spise/lese og sosial sone</b>
<b>Teknisk</b>	
Materialbruk (reflektans materialer og transmittans materiel)	Blank hvitt gulv, hvite diffuse vegger. Klare takvinduer
Refleksjonsmaterial	Vinduer fra etasjene. Men i liten grad refleksjoner. Noe refleksjon av heissjakt
Areal dagslysinnslipp	Min 1200m <sup>2</sup>
Utforming dagslysareal	Hele takarealet består av paralelle saltak med blanke overflateglass.
Byggetekniske utforming	7 etasjer , 30m høyde areal= 1200m <sup>2</sup>
Proporsjon takhøyde og dagslysinslippets bredde	Proposjon 1:1,
Solavskjerming	Ingen observert solavskjerming
<b>Dagslyskriterier</b>	
Persepsjon	Stort åpent rom, enkel og forståelig arkitektonisk utforming
Orientering	God orientering
Lyshierarki	Dagslysinslippet i taket er dominerende
Modellering (objekt,ansikts-forståelse)	Meget god modellering av ansikter
Blending	Sansynlighet for blending kan forekomme.
CRI lysspektret	Gode fargegjengivelser i farger og hos ansikt.
Fargetemperatur	Kaldhvit lysfargetemperatur, dominerende av dagslys
Kontraster (Lys og farge)	Hvit og hvit, Fargekontraster for heissjakt, reflekterende (børstetstål)
Lysnivå	Høyt lysnivå,
Sylindrisk belysning	God sylindrisk belysning, ansikter får gode lysnivåer
Jevnhet	God lysjevnhet i hele rommet
<b>Dagslyskriterier helse og trivsel</b>	
Døgnrytme	
Utsyn	Godt utsyn til himme,ornemmelse av solens possisjon og tid på døgnet, stor grad av utefølelse
Opplevd våkenhet (Grad)	Opplevd våkenhet JA, nesten tilsvarende som ute i fri omgivelser
Estetikk (Fremheving av arkitektur og interiør)	Hvitt og friskt areal.,skaper en sone innenfor dagslysarealet
Motivasjon (glede, trivsel,	Friskhet
Emosjonelle og sosiale opplevelser	Et priskt pust med store belyste flater hvor man føler seg sett.

<b>Sted:</b>	<b>Oslo Atrium</b>
<b>Adresse:</b>	<b>Dronning Eufemias Gate 6, 0191 Oslo</b>
<b>Koordinater:</b>	<b>59.909056 N, 10.754685 Ø</b>
<b>Dato:</b>	<b>25.02.2019</b>
<b>Værforhold:</b>	<b>Overskyet</b>
<b>Romfunksjon</b>	<b>Spissesal/ Café</b>
<b>Teknisk</b>	
Materialbruk	Blanke overflateglass (Taket), trespile rekkverk ved etasjeskille. Klare takvinduer
Refleksjonsmaterial	Noe refleksjoner i rekkverk 2 øverste etg. Ingen fremadtrede refleksjoner
Areal dagslysinnslipp	1100m <sup>2</sup> av totale, horisontale innslipp, 600m <sup>2</sup> av de er over spiseareal.
Utforming dagslysareal	Store arealer med dagslysinnslipp, men med skillevegger i topp. Pulttak (skrå en vei)
Byggetekniske utforming	6 etasjer med ca 25m høyde 30m x 25m
Proporsjon takhøyde og dagslysinslippets bredde	Store dagslysflater proporsjonalt 1 : 1
Solavskjerming	Solsjerming ved bruk av tekstil innendørs
<b>Dagslyskriterier</b>	
Persepsjon	Rommet gir kontakt med etasjene.
Orientering	Opplevdes romslig mens orienteringen ble sterk påvirket av kompleksiteten av arkitekturen i atriet.
Lyshierarki	Dominerende dagslys fra tak
Modellering (objekt forståelse)	Lys hierarki taket estetisk belysning rundt (kunstig)
Blending	Ingen blending
CRI lysspektret	Opplevdes som god.
Fargetemperatur	I forhold til omgivelsene er fargetemperaturen på dagslys blålig.
Kontraster (Lys og farge)	ingen dominerende fargekontraster.
Lysnivå	Dagslysnivået er høyt
Vertikale og horisontal belysning (sylindrisk belysning)	Sylindrisk belysning er høy, god lysmodellering av ansikt
Jevnhet	Jevnehet, bra
<b>Dagslyskriterier helse og trivsel</b>	
Døgnrytme	
Utsyn	Følesen av at man er ute, Stor persepsjon av solens himmelplasing
Opplevd våkenhet (Grad)	til stor grad Ja
Estetikk (Fremheving av arkitektur og interiør)	
Motivasjon (glede, trivsel,	
Emosjonelle og sosiale opplevelser	

<b>Sted:</b>	<b>Circel K Norge AS atrium</b>
<b>Adresse:</b>	<b>Schweigaards gate 16, 0191 Oslo</b>
<b>Koordinater:</b>	<b>59.910844 N, 10.761780 Ø</b>
<b>Dato:</b>	<b>25.02.2019</b>
<b>Værforhold:</b>	<b>Overskyet</b>
<b>Romfunksjon:</b>	<b>Sosial sone (lounge)</b>
<b>Teknisk</b>	
Materialbruk	Hvite lysdempende flater (vegg), Lyst tregulv , Klare takvinduer
Refleksjonsmateriale	Ingen speilende overflater
Areal dagslysinnslipp	120m <sup>2</sup>
Utforming dagslysareal	Lite areal med skråstilt/flatt tak, lett for snø å legge seg. Mye som ligger i arialet, vaskerampe og trapp
Byggetekniske utforming	5-6 etasjer 25 meters høyde, romareal 60m <sup>2</sup> på bunn
Proporsjon takhøyde og dagslysinslippets bredde	Proposjon ca 4:1
Solavskjerming	Ikke observert
<b>Dagslyskriterier</b>	
Persepsjon	Mindre atrium, vanskeligheter av å se dagslysinnslipp
Orientering	Legger ikke merke til at det er et atrium i bygget
Lyshierarki	Altfor mye kunstbelysning, ingen dagslyshierarki ,Dominerende kunstig belysning
Modellering (objekt forståelse)	Lavt hierarki mellom dagslys og kunstigbelysning
Blending	Ikke blending
CRI lysspektret	Kunstbelysning er dominerende
Fargetemperatur	Kunstbelysning er dominerende
Kontraster (Lys og farge)	Kunstbelysning er dominerende
Lysnivå	Lavt lysnivå (Dagslys), ingen følelse av dagslys.
Vertikale og horisontal belysning (sylindrisk belysning)	Kunstbelysning er dominerende
Jevnhet	Kunstig belysning dominerende
<b>Dagslyskriterier helse og trivsel</b>	
Døgnrytme	
Utsyn	Ingen utsyn eller opplevd "ute" følelse
Opplevd våkenhet (Grad)	Ingen grad av påvirkning av dagslys
Estetikk (Fremheving av arkitektur og interiør)	Dominerende kunstig belysning, også opp over etasjene
Motivasjon (glede, trivsel,	Intimt
Emosjonelle og sosiale opplevelser	Avslappings-sone



## Lysberegninger- Areal og geometrisk utforming dagslysinslipp

Beregninger er utført i Dialux Evo 8.1

	Refferansemodell	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Reelle målinger	Benevning
Type utforming	Sagtann	Flatt tak	Saltak	Mandsardtak	Pulttak	Sagtann	
Totalareal av vinduer	205,2	119,6	119,6	119,6	165,1	205,2	m <sup>2</sup>
	Vinkel= 38 grader		Vinkel=21.8 grader	Vinkel= 45 og 18,4 grader		Vinkel=38 grader	
<b>Beregningsresultat overskyet</b>							
Luminans Zenith	4766 cd/m <sup>2</sup>	4766 cd/m <sup>2</sup>	4766 cd/m <sup>2</sup>	4766 cd/m <sup>2</sup>	4766 cd/m <sup>2</sup>	9300 cd/m <sup>2</sup>	
<b>Sone 3</b>							
E avg (0m fra gulv 3.etg til 4.etg)	1036	1035	1474	1251	1397	2660	lx
E cylindric (1.6m)	288	265	400	338	371		lx
<b>Sone 2</b>							
E avg (0.8m 3.etg)	337	341	480	418	480	1547	lx
E cylindric (1.2m)	131	127	192	164	180		lx
<b>Sone 1</b>							
E avg (0.8m 2.etg)	362	366	495	419	484	1048	lx
E cylindric (1.2m)	115	113	156	133	152		lx
<b>E avg total</b>	<b>578,33</b>	<b>580,67</b>	<b>816,33</b>	<b>696</b>	<b>787</b>	<b>1751,67</b>	lx
<b>E cylindric total</b>	<b>178,00</b>	<b>168,33</b>	<b>249,33</b>	<b>211,67</b>	<b>234,33</b>	<b>0</b>	lx
<b>Eavg total / Areal dagslysinnslipp</b>	<b>2,82</b>	<b>4,86</b>	<b>6,83</b>	<b>5,82</b>	<b>4,77</b>	<b>8,54</b>	Gjeonnoms. lux pr. m <sup>2</sup> vindu
<b>E cylindric total/ Areal dagslysinnslipp</b>	<b>0,87</b>	<b>1,41</b>	<b>2,08</b>	<b>1,77</b>	<b>1,42</b>	<b>0</b>	Gjeonnoms. lux pr. m <sup>2</sup> vindu
<b>Beregningsresultat skyfri himmel</b>							
Luminans Zenith	2185 cd/m <sup>2</sup>	2185 cd/m <sup>2</sup>	2185 cd/m <sup>2</sup>	2185 cd/m <sup>2</sup>	2185 cd/m <sup>2</sup>	1300 cd/m <sup>2</sup>	
<b>Sone 3</b>							
E avg (0m 3.etg til 4.etg)	1065	1388	1409	1284	1503	956	lx
E cylindric (1.6m)	374	455	544	494	547		lx
<b>Sone 2</b>							
E avg (0.8m 3.etg)	404	498	574	512	548	739	lx
E cylindric (1.2m)	180	202	246	220	227		lx
<b>Sone 1</b>							
E avg (0.8m 2.etg)	314	409	427	385	451	320	lx
E cylindric (1.2m)	112	143	142	131	153		lx
<b>E avg total</b>	<b>594,33</b>	<b>765,00</b>	<b>803,33</b>	<b>727,00</b>	<b>834,00</b>	<b>671,67</b>	lx
<b>E cylindric total</b>	<b>222,00</b>	<b>266,67</b>	<b>310,67</b>	<b>281,67</b>	<b>309,00</b>	<b>0</b>	lx
<b>Eavg total / Areal</b>	<b>2,90</b>	<b>6,40</b>	<b>6,72</b>	<b>6,08</b>	<b>5,05</b>	<b>3,27</b>	Gjeonnoms. lux pr. m <sup>2</sup> dagslysinns.
<b>E cylindric total/ Areal</b>	<b>1,08</b>	<b>2,23</b>	<b>2,60</b>	<b>2,36</b>	<b>1,87</b>	<b>0</b>	Gjeonnoms. lux pr. m <sup>2</sup> dagslysinns.

## Tilleggsinfo:

Sone 3 = Rampepassasje fra 3 etg til 4 etg (0m fra gulv)  
 Sone 2 = Sitteareal ved gelender 3.etg (0.8m fra gulv)  
 Sone 1= Sitteareal 2.etg under rampe (0.8m fra gulv)

Alle glassoverflater i dagslysinslipp beregnet har:

Refleksjonsindeks på 1.5

Transmisjonsgrad på 90 %

Refleksjonsfaktor 10 %

E avg = Gjennomsnittelig belysningstyrke

E cylindric = Gjennomsnittelig sylindrisk belysningstyrke

E avg total= Gjennomsnittelig belysningstyrke av alle beregningsfelt

E cylindric total= Gjennomsnittelig sylindrisk belysningstyrke av alle beregningsfelt

E avg total/Areal = Gjennomsnittelig belysningstyrke av alle beregningsfelt pr. kvadratmeter med vindusglass

E cylindric total/Areal= Gjennomsnittelig sylindrisk belysningstyrke av alle beregningsfelt pr. kvadratmeter med vindusglass

Høyeste verdi

## Lysberegninger -Refleksjonskoeffisient

## Beregninger er utført i Dialux Evo 8.1

	Refleksjonskoeffisient 0,2	Referansemodell 0,5	Refleksjonskoeffisient 0,8	Fysiske målte verdier.	Benevning
Type utforming	Sagtann	Sagtann	Sagtann	Sagtann	
Totalareal av vinduer	205,2	205,2	205,2	205,2	m <sup>2</sup>
<b>Beregningsresultat overskyet</b>					
Luminans Zenith	4766cd/m <sup>2</sup>	4766cd/m <sup>2</sup>	4766cd/m <sup>2</sup>	9300cd/m <sup>2</sup>	
Luminans dagslysinnslipp	Ukjent	Ukjent	Ukjent	3600cd <sup>^</sup> /m <sup>2</sup>	
<b>Sone 3</b>					
E avg (0m fra gulv 3.etg til 4.etg)	883	1036	1379	2660	lx
E cylindric (1.6m)	159	288	547		lx
Differanse referansemodell (Eavg)	-153		343		
Differanse referansemodell (E cyl)	-129		259		
<b>Sone 2</b>					
E avg (0.8m 3.etg)	274	337	506	1547	lx
E cylindric (1.2m)	74	131	286		lx
Differanse referansemodell (Eavg)	-63		169		
Differanse referansemodell (E cyl)	-57		155		
<b>Sone 1</b>					
E avg (0.8m 2.etg)	302	362	536	1048	lx
E cylindric (1.2m)	49	115	290		lx
Differanse referansemodell (Eavg)	-60		174		
Differanse referansemodell (E cyl)	-66		175		
<b>E avg total</b>	<b>486,33</b>	<b>578,33</b>	<b>807,00</b>	<b>1751,67</b>	lx
<b>E cylindric total</b>	<b>335,33</b>	<b>427,33</b>	<b>651,67</b>	<b>0,00</b>	lx
<b>Eavg total / Areal dagslysinnslipp</b>	<b>2,37</b>	<b>2,82</b>	<b>3,93</b>	<b>8,54</b>	Gjeonnoms. lux pr. m <sup>2</sup> vindu
<b>E cylindric total/ Areal dagslysinnslipp</b>	<b>1,63</b>	<b>2,08</b>	<b>3,18</b>	<b>0,00</b>	Gjeonnoms. lux pr. m <sup>2</sup> vindu
<b>Beregningsresultat skyfri himmel</b>					
Luminans Zenith	2185cd/m <sup>3</sup>	2185cd/m <sup>2</sup>	2185cd/m <sup>2</sup>	1300cd/m <sup>2</sup>	
Luminans dagslysinnslipp				809cd <sup>^</sup> /m <sup>2</sup>	
<b>Sone 3</b>					
E avg (0.8m 3.etg til 4.etg)	582	1065	2087	956	lx
E cylindric (1.6m)	129	374	1047		lx
Differanse referansemodell (Eavg)	-483		1022		
Differanse referansemodell (E cyl)	-245		673		
<b>Sone 2</b>					
E avg (0.8m 3.etg)	262	404	787	739	lx
E cylindric (1.2m)	88	180	497		lx
Differanse referansemodell (Eavg)	-142		383		
Differanse referansemodell (E cyl)	-92		317		
<b>Sone 1</b>					
E avg (0.8m 2.etg)	169	314	724	320	lx
E cylindric (1.2m)	30	112	427		lx
<b>E avg total</b>	<b>337,67</b>	<b>594,33</b>	<b>1199,33</b>	<b>671,67</b>	lx
<b>E cylindric total</b>	<b>233,33</b>	<b>452,33</b>	<b>1003,67</b>	<b>0,00</b>	lx
<b>Eavg total / Areal</b>	<b>1,65</b>	<b>2,90</b>	<b>5,84</b>	<b>3,27</b>	Gjeonnoms. lux pr. m <sup>2</sup> dagslysinns.
<b>E cylindric total/ Areal</b>	<b>1,14</b>	<b>2,20</b>	<b>4,89</b>	<b>0,00</b>	Gjeonnoms. lux pr. m <sup>2</sup> dagslysinns.

## Tilleggsinfo:

Sone 3 = Rampepassasje fra 3 etg til 4 etg (0m fra gulv)  
 Sone 2 = Sitteareal ved gelender 3.etg (0.8m fra gulv)  
 Sone 1= Sitteareal 2.etg under rampe (0.8m fra gulv)

Alle glassoverflater i dagslysinnslipp beregnet har:

Refleksjonsindeks på 1.5  
 Transmisjonsgrad på 90 %  
 Refleksjonsfaktor 10 %

E avg = Gjennomsnittelig belysningstyrke

E cylindric = Gjennomsnittelig sylindrisk belysningstyrke

E avg total= Gjennomsnittelig belysningstyrke av alle beregningsfelt

E cylindric total= Gjennomsnittelig sylindrisk belysningstyrke av alle beregningsfelt

E avg total/Areal = Gjennomsnittelig belysningstyrke av alle beregningsfelt pr. kvadratmeter med vindusglass

E cylindric total/Areal= Gjennomsnittelig sylindrisk belysningstyrke av alle beregningsfelt pr. kvadratmeter med vindusglass

Høyeste verdi

## Lysberegninger referansemodell mot modell uten passasjerampe mellom 3 og 4 etg.

## Beregninger er utført i Dialux Evo 8.1

	Referansemodell	Modell uten passasjerampe	Benevning
Type utforming	Sagtann	Sagtann	
Totalareal av vinduer	205,2	205,2	m <sup>2</sup>
Tilleggsinfo	Skrå på 38 grader	Skrå på 38 grader	
<b>Beregningsresultat overskyet</b>			
Luminans Zenith	4766cd/m <sup>2</sup>	4766cd/m <sup>2</sup>	Luminans
<b>Sone 3</b>			
E avg (0m fra gulv 3.etg til 4.etg)	1036		lx
E cylindric (1.6m)	288		lx
<b>Sone 2</b>			
E avg (0.8m 3.etg)	337	343	lx
E cylindric (1.2m)	131	136	lx
<b>Sone 1</b>			
E avg (0.8m 2.etg)	362	581	lx
E cylindric (1.2m)	115	171	lx
<b>E avg total</b>	<b>349,50</b>	<b>462,00</b>	lx
<b>E cylindric total</b>	<b>123,00</b>	<b>153,50</b>	lx
<b>Eavg total / Areal dagslysinnslipp</b>	<b>1,70</b>	<b>2,25</b>	Gjeonomsnittelig lux pr. m <sup>2</sup> dagslysinnslipp
<b>E cylindric total/ Areal dagslysinnslipp</b>	<b>0,60</b>	<b>0,75</b>	Gjeonomsnittelig lux pr. m <sup>2</sup> dagslysinnslipp
<b>Beregningsresultat skyfri himmel</b>			
<b>Sone 3</b>			
E avg (0.8m 3.etg til 4.etg)	1065		lx
E cylindric (1.6m)	374		lx
<b>Sone 2</b>			
E avg (0.8m 3.etg)	404	510	lx
E cylindric (1.2m)	180	169	lx
<b>Sone 1</b>			
E avg (0.8m 2.etg)	314	411	lx
E cylindric (1.2m)	112	187	lx
<b>E avg total</b>	<b>359,00</b>	<b>460,50</b>	lx
<b>E cylindric total</b>	<b>146,00</b>	<b>178,00</b>	lx
<b>Eavg total / Areal</b>	<b>1,75</b>	<b>2,24</b>	Gjeonomsnittelig lux pr. m <sup>2</sup> dagslysinnslipp
<b>E cylindric total/ Areal</b>	<b>0,71</b>	<b>0,87</b>	Gjeonomsnittelig lux pr. m <sup>2</sup> dagslysinnslipp

Tilleggsinfo:

Sone 3 = Rampepassasje fra 3 etg til 4 etg (0m fra gulv)

Sone 2 = Sitteareal ved gelender 3.etg (0.8m fra gulv)

Sone 1= Sitteareal 2.etg under rampe (0.8m fra gulv)

Alle glassoverflater i dagslysinnslipp beregnet har:

Refleksjonsindeks på 1.5

Transmisjonsgrad på 90 %

Refleksjonsfaktor 10 %

E avg = Gjennomsnittelig belysningstyrke

E cylindric = Gjennomsnittelig sylindrisk belysningstyrke

E avg total= Gjennomsnittelig belysningstyrke av alle beregningsfelt

E cylindric total= Gjennomsnittelig sylindrisk belysningstyrke av alle beregningsfelt

E avg total/Areal = Gjennomsnittelig belysningstyrke av alle beregningsfelt pr. kvadratmeter med vindusglass

E cylindric total/Areal= Gjennomsnittelig sylindrisk belysningstyrke av alle beregningsfelt pr. kvadratmeter med vindusglass

Vil ikke legges til grunn i beregningen

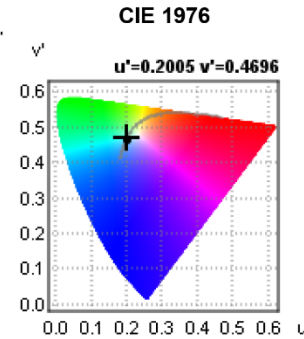
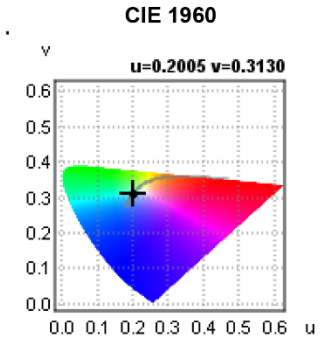
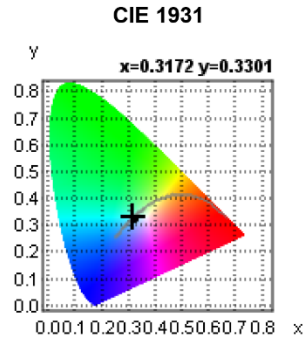
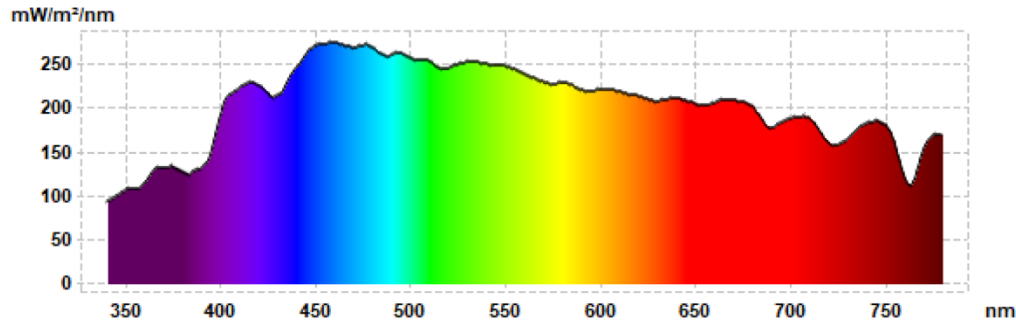
# Spektrometermåling: Dagslysmåling , referansemåling



Vedlegg 5-1

Innovation in spectral light measurements | created by JUST Normlicht

## GL SpectroSoft Report



Measurement name: 2019-03-15T11:24:01  
 Measurement time: 2019-03-15 11:24:01  
 Report time: 2019-03-22 11:29:55

Client name: HSN  
 Model name: Dagslysmåling  
 Item No: 1  
 Serial No.: Date 2019.03.15  
 Made by: Lysteam AS v/Tore Krok Nielsen

Results					
CIE 1931 2° observer		CIE 1964 10° observer		Other	
x	0,3172	x	0,3180	CCT	6262
y	0,3301	y	0,3318	Chromaticity Error	0,001
u'	0,2005	u'	0,2005	Color Peak	459,96
v'	0,4696	v'	0,4706	Color Peak Value	274,70
L	100,00	L	100,00	Color Dominant	489,1
a	1,81	a	1,82	Luminous Intensity	1726,04
b	1,25	b	1,09	Purity	
X	16608,20	X	18194,91	Radiometric	89,9809
Y	17285,33	Y	18983,06	PAR	
Z	18469,70	Z	20039,82	PPFD	
Rendering Indices			Metamerism Indices		
Ra	98,7	Ra	98,7	Mivis	0,1
R1	98,4	R8	97,9	Miuv	0,4
R2	99,0	R9	93,9	Binning	
R3	99,5	R10	98,3	Binning	
R4	98,3	R11	98,2	Brightness	
R5	98,4	R12	97,6		
R6	99,0	R13	98,4		
R7	99,3	R14	99,6		



Dagslysmåling utenfor Krona under overskyet vær. Dagslysmålingen brukes som referansemåling.

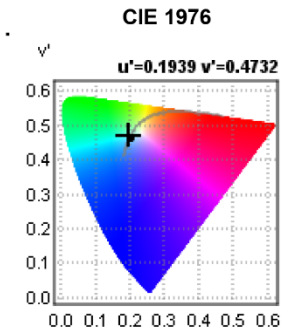
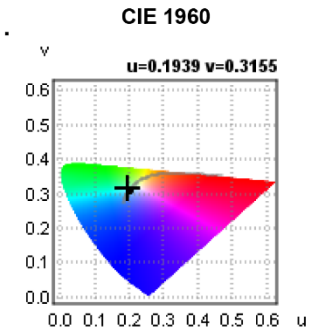
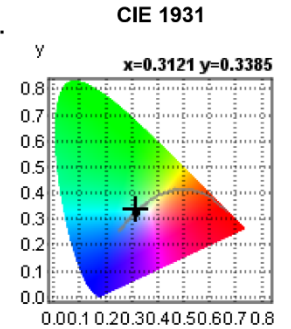
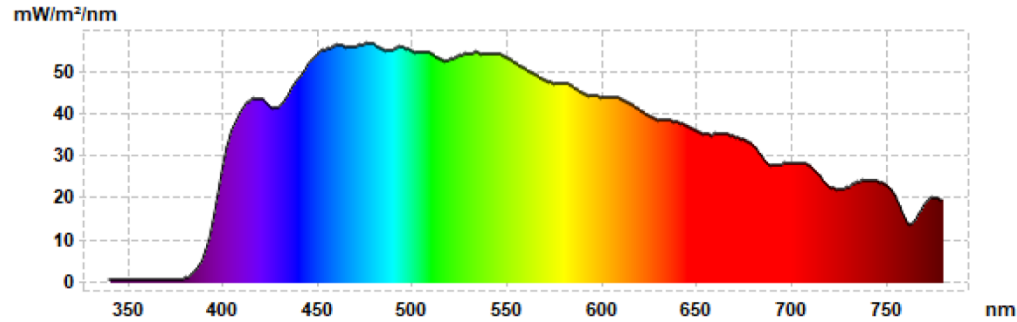
# Spektromettermåling: Dagslysmåling tatt i 6 etg, rett under takvindu



Vedlegg 5-2

Innovation in spectral light measurements | created by JUST Normlicht

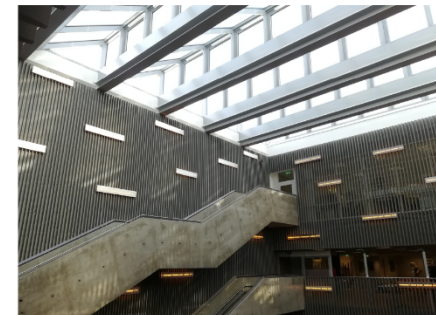
## GL SpectroSoft Report



Measurement name: 2019-03-15T11:15:11  
 Measurement time: 2019-03-15 11:15:11  
 Report time: 2019-03-22 11:30:03

Client name: HSN  
 Model name: Dagslysmåling  
 Item No.: 1  
 Serial No.: Date 2019.03.15  
 Made by: Lysteam AS v/Tore Krok Nielsen

Results					
CIE 1931 2° observer		CIE 1964 10° observer		Other	
x	0,3121	x	0,3142	CCT	6472
y	0,3385	y	0,3402	Chromaticity Error	0,005
u'	0,1939	u'	0,1947	Color Peak	477,73
v'	0,4732	v'	0,4744	Color Peak Value	56,58
L	100,00	L	100,00	Color Dominant	494,9
a	-5,06	a	-4,37	Luminous Intensity	358,46
b	3,53	b	3,63	Purity	
X	3309,32	X	3639,38	Radiometric	15,5521
Y	3589,76	Y	3941,03	PAR	
Z	3705,17	Z	4002,72	PPFD	
Rendering Indices			Metamerism Indices		
Ra	95,5	Ra	95,5	Mivis	0,3
R1	94,0	R8	91,7	Miuv	4,2
R2	96,7	R9	75,1		
R3	98,9	R10	93,5	Binning	6500K
R4	94,2	R11	93,4	Brightness	
R5	94,6	R12	94,3		
R6	96,4	R13	94,5		
R7	97,5	R14	99,1		



Dagslysmålinger tatt under vinduene i 6. etasjen

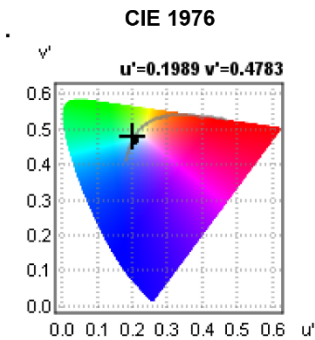
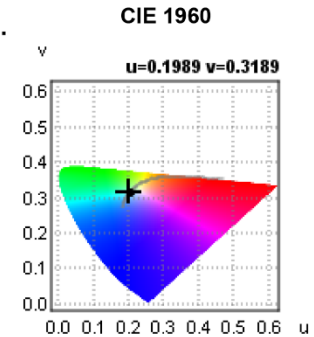
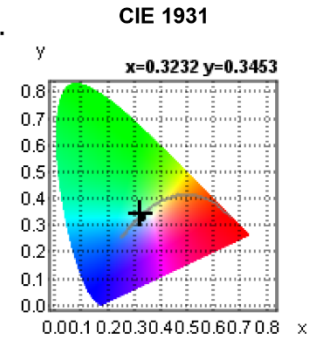
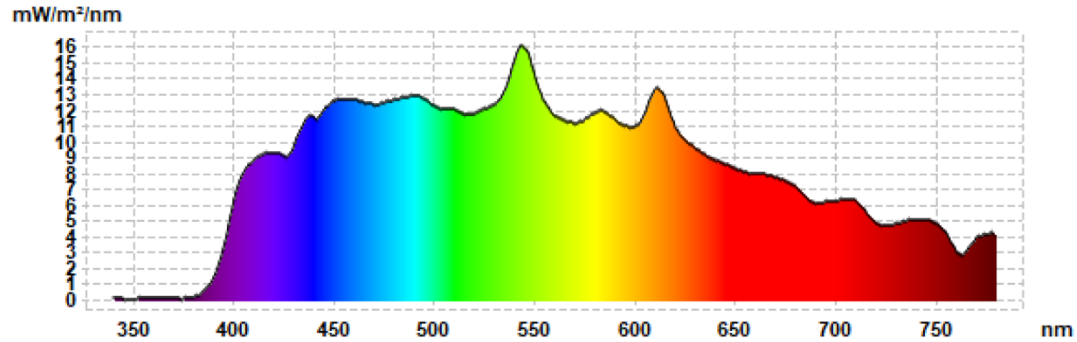
# Spektrometermåling: Dagslysmåling Krona,2 etg.



Vedlegg 5-3

Innovation in spectral light measurements | created by JUST Normlicht

## GL SpectroSoft Report



Measurement name: 2019-03-15T11:19:31

Client name: HSN  
 Model name: Dagslysmåling  
 Item No.: 1  
 Serial No.: Date 2019.03.15  
 Made by: Lysteam AS v/Tore Krok Nielsen

Measurement time: 2019-03-15 11:19:31

Report time: 2019-03-22 11:30:00

Results					
CIE 1931 2° observer		CIE 1964 10° observer		Other	
x	0,3232	x	0,3256	CCT	5912
y	0,3453	y	0,3460	Chromaticity Error	0,003
u'	0,1989	u'	0,2003	Color Peak	544,22
v'	0,4783	v'	0,4790	Color Peak Value	16,11
L	100,00	L	100,00	Color Dominant	508,1
a	-2,58	a	-1,25	Luminous Intensity	88,40
b	8,22	b	8,00	Purity	
X	828,49	X	909,29	Radiometric	3,6569
Y	885,32	Y	966,31	PAR	
Z	849,98	Z	917,40	PPFD	
Rendering Indices		Metamerism Indices			
Ra	95,0	Ra	95,0	Mivis	0,5
R1	94,7	R8	89,7	Miuv	3,7
R2	96,7	R9	68,4	Binning	
R3	96,8	R10	90,3	Binning	
R4	94,9	R11	93,1	Brightness	
R5	94,5	R12	92,5		
R6	95,6	R13	95,3		
R7	97,0	R14	97,9		



Dagslysmåling i sosiale sonen på 2. etasjen. Dagslysmålingen er påvirket av kunstig belysning

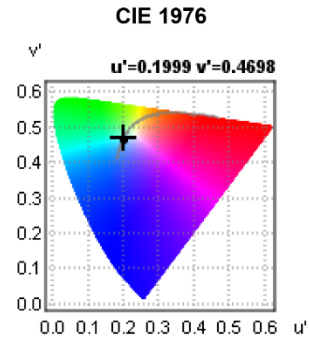
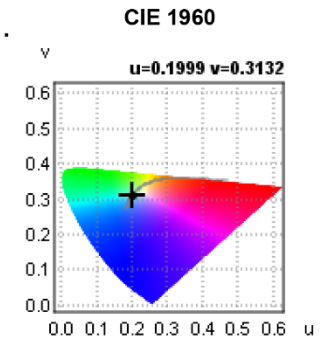
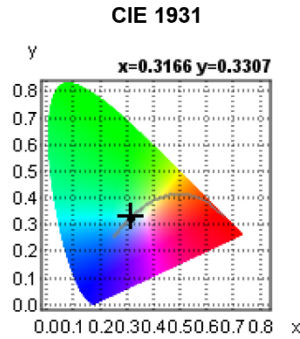
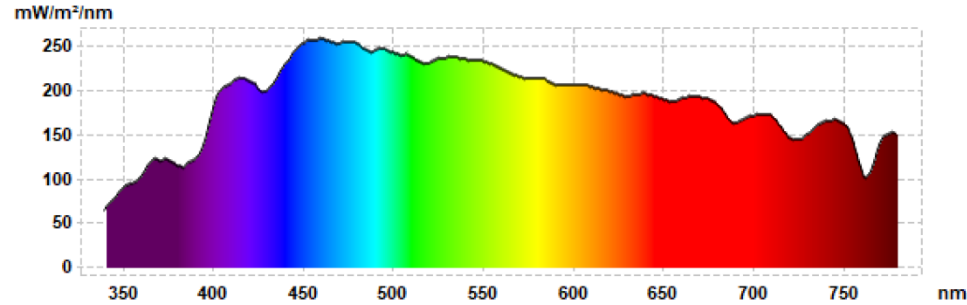
# Spektromettermåling: Dagslysmåling tatt med blankt glass



Vedlegg 5-4

Innovation in spectral light measurements | created by JUST Normlicht

## GL SpectroSoft Report



Measurement name: 2019-03-15T11:28:56

Client name: HSN  
Model name: Dagslysmåling

Measurement time: 2019-03-15 11:28:56

Item No.: 1  
Serial No.: Date 2019.03.15

Report time: 2019-03-22 11:29:43

Made by: Lysteam AS v/Tore Krok Nielsen

Results					
CIE 1931 2° observer		CIE 1964 10° observer		Other	
x	0,3166	x	0,3176	CCT	6287
y	0,3307	y	0,3324	Chromaticity Error	0,001
u'	0,1999	u'	0,1999	Color Peak	459,96
v'	0,4698	v'	0,4709	Color Peak Value	257,82
L	100,00	L	100,00	Color Dominant	489,7
a	1,22	a	1,26	Luminous Intensity	1618,67
b	1,39	b	1,26	Purity	
X	15519,93	X	17008,05	Radiometric	83,3697
Y	16210,01	Y	17804,18	PAR	
Z	17284,68	Z	18747,24	PPFD	
Rendering Indices			Metamerism Indices		
Ra	99,2	Ra	99,2	Mivis	0,1
R1	98,9	R8	98,7	Miuv	0,5
R2	99,3	R9	96,2	Binning	
R3	99,7	R10	98,8	Binning	6500K
R4	98,9	R11	98,8	Brightness	
R5	98,9	R12	98,1		
R6	99,3	R13	98,9		
R7	99,6	R14	99,8		



Dagslysmåling med blankt gjennomsiktig glass.

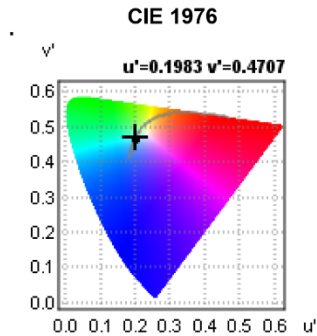
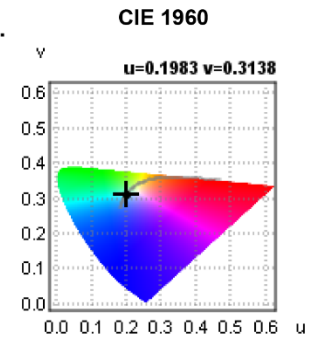
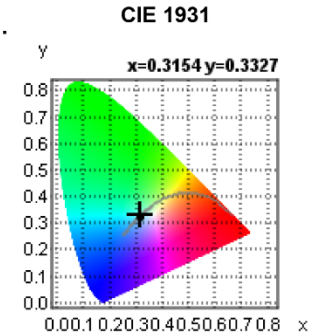
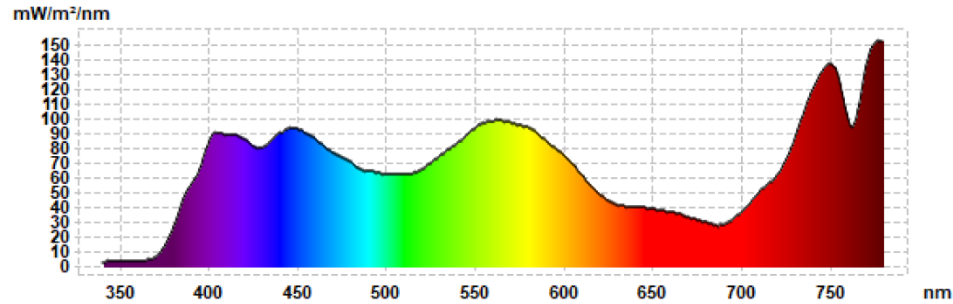
# Spektromettermåling: Dagslysmåling tatt med grått plexiglass



Vedlegg 5-5

Innovation in spectral light measurements | created by JUST Normlicht

## GL SpectroSoft Report



Measurement name: 2019-03-15T11:27:20  
 Measurement time: 2019-03-15 11:27:20  
 Report time: 2019-03-22 11:29:45

Client name: HSN  
 Model name: Dagslysmåling  
 Item No: 1  
 Serial No.: Date 2019.03.15  
 Made by: Lysteam AS v/Tore Krok Nielsen

Results					
CIE 1931 2° observer		CIE 1964 10° observer		Other	
x	0,3154	x	0,3188	CCT	6338
y	0,3327	y	0,3281	Chromaticity Error	0,004
u'	0,1983	u'	0,2024	Color Peak	778,32
v'	0,4707	v'	0,4687	Color Peak Value	152,48
L	100,00	L	100,00	Color Dominant	491,3
a	-0,44	a	4,12	Luminous Intensity	569,96
b	1,95	b	-0,22	Purity	
X	5410,69	X	6010,01	Radiometric	29,6024
Y	5707,85	Y	6184,97	PAR	
Z	6035,11	Z	6658,32	PPFD	
Rendering Indices			Metamerism Indices		
Ra	78,4	Ra	78,4	Mivis	1,2
R1	73,0	R8	62,8	Miuv	2,5
R2	84,1	R9	-15,5	Binning	
R3	91,3	R10	62,4	Binning	6500K
R4	75,4	R11	69,7	Brightness	
R5	76,3	R12	73,0		
R6	79,3	R13	75,0		
R7	85,3	R14	94,5		



Dagslysmåling med grått plexiglass.



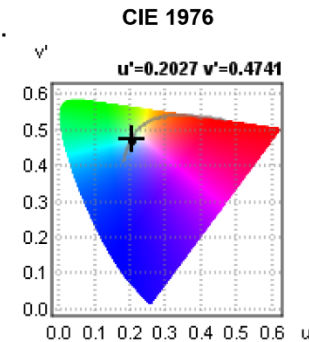
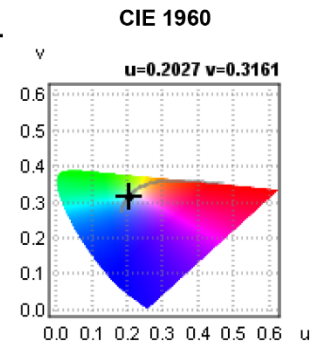
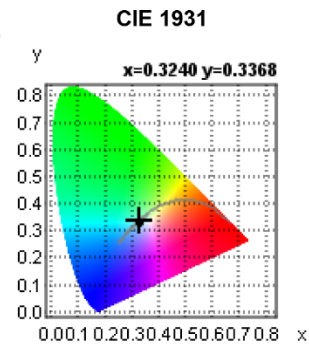
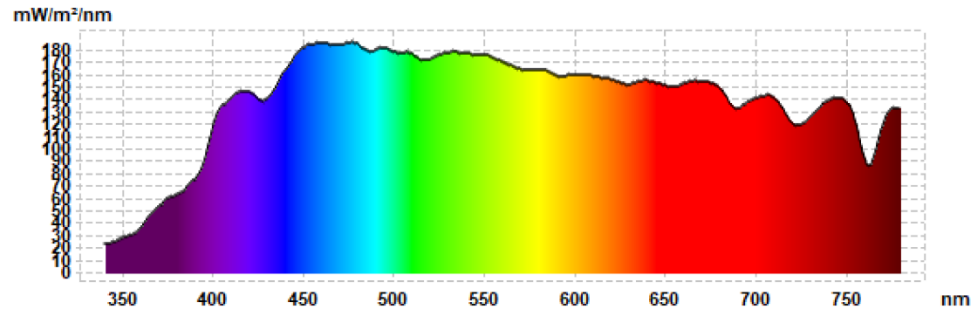
# Spektromettermåling: Dagslysmåling tatt med frostet pleksiglass



Vedlegg 5-6

Innovation in spectral light measurements | created by JUST Normlicht

## GL SpectroSoft Report



Measurement name: 2019-03-15T11:25:03  
 Measurement time: 2019-03-15 11:25:03  
 Report time: 2019-03-22 11:29:53

Client name: HSN  
 Model name: Dagslysmåling  
 Item No: 1  
 Serial No.: Date 2019.03.15  
 Made by: Lysteam AS v/Tore Krok Nielsen

Results						
CIE 1931 2° observer		CIE 1964 10° observer		Other		
x	0,3240	x	0,3250	CCT	5896	
y	0,3368	y	0,3383	Chromaticity Error	0,001	
u'	0,2027	u'	0,2028	Color Peak	477,73	
v'	0,4741	v'	0,4750	Color Peak Value	185,89	
L	100,00	L	100,00	Color Dominant	496,6	
a	1,99	a	2,19	Luminous Intensity	1227,28	
b	5,13	b	4,97	Purity		
X	11821,79	X	12929,85	Radiometric	61,9210	
Y	12290,47	Y	13459,72	PAR		
Z	12379,00	Z	13392,16	PPFD		
Rendering Indices			Metamerism Indices			
Ra	98,9	Ra	98,9	Mivis	0,1	
R1	98,5	R8	98,2	Miuv	1,3	
R2	99,0	R9	94,8	Binning		
R3	99,7	R10	98,2	Binning		
R4	98,5	R11	98,4	Brightness		
R5	98,5	R12	97,6			
R6	99,0	R13	98,5			
R7	99,5	R14	99,8			



Dagslysmåling med frost pleksiglass.

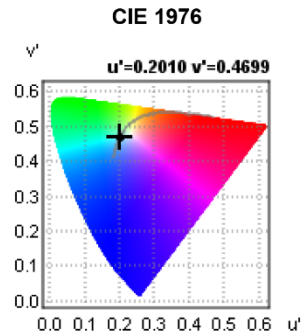
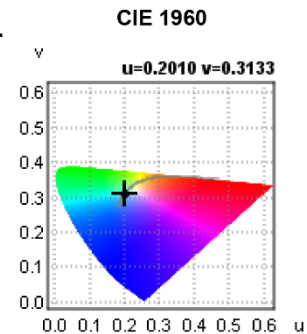
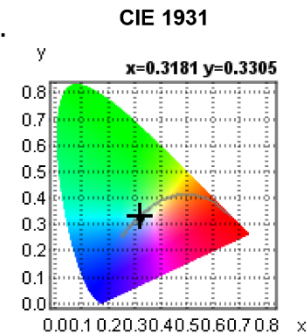
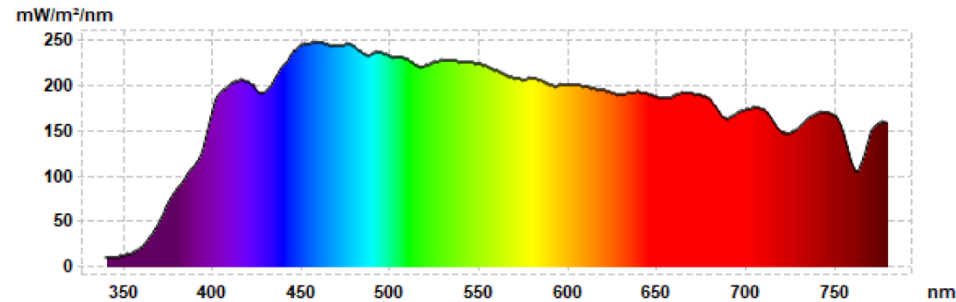
# Spektromettermåling: Dagslysmåling tatt med PMMA frostet akrylglass



Vedlegg 5-7

Innovation in spectral light measurements | created by JUST Normlicht

## GL SpectroSoft Report



Measurement name: 2019-03-15T11:30:44  
 Measurement time: 2019-03-15 11:30:44  
 Report time: 2019-03-22 11:29:35

Client name: HSN  
 Model name: Dagslysmåling  
 Item No.: 1  
 Serial No.: Date 2019.03.15  
 Made by: Lysteam AS v/Tore Krok Nielsen

Results					
CIE 1931 2° observer		CIE 1964 10° observer		Other	
x	0,3181	x	0,3189	CCT	6213
y	0,3305	y	0,3321	Chromaticity Error	0,002
u'	0,2010	u'	0,2009	Color Peak	459,96
v'	0,4699	v'	0,4709	Color Peak Value	247,81
L	100,00	L	100,00	Color Dominant	489,3
a	2,08	a	2,09	Luminous Intensity	1562,95
b	1,57	b	1,39	Purity	
X	15063,58	X	16498,09	Radiometric	78,6303
Y	15652,07	Y	17185,26	PAR	
Z	16643,56	Z	18058,45	PPFD	
Rendering Indices			Metamerism Indices		
Ra	98,5	Ra	98,5	Mivis	0,1
R1	98,1	R8	97,6	Miuv	2,2
R2	98,8	R9	93,0		
R3	99,5	R10	97,9		
R4	98,0	R11	97,9		
R5	98,2	R12	97,3		
R6	98,8	R13	98,2		
R7	99,3	R14	99,6		



Dagslysmåling med PMMA frost akrylglass.

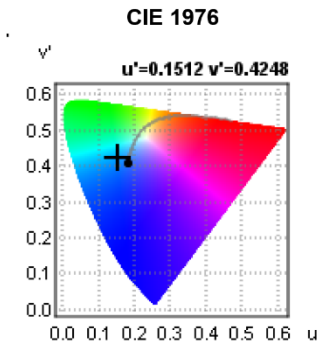
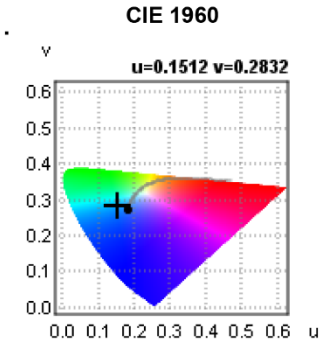
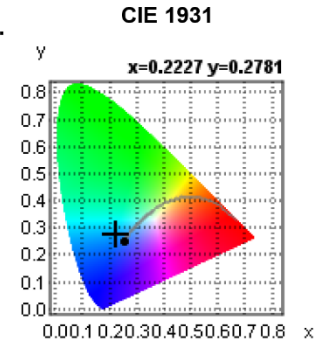
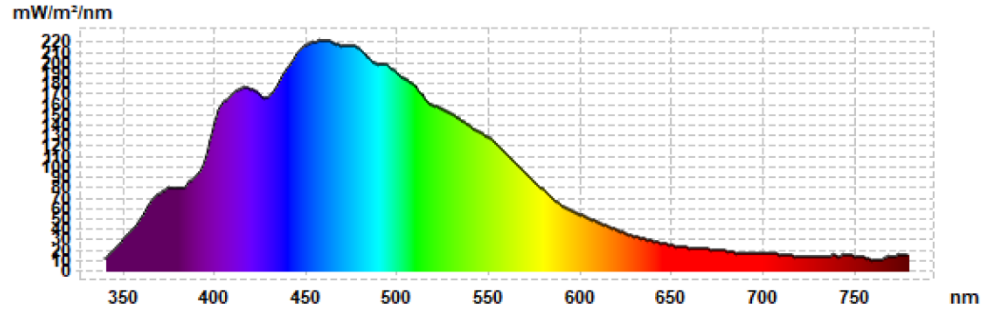
# Spektrometermåling: Dagslysmåling tatt med blått glass



Vedlegg 5-8

Innovation in spectral light measurements | created by JUST Normlicht

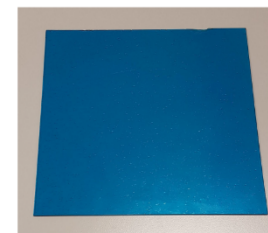
## GL SpectroSoft Report



Measurement name: 2019-03-15T11:32:47  
 Measurement time: 2019-03-15 11:32:47  
 Report time: 2019-03-22 11:29:30

Client name: HSN  
 Model name: Dagslysmålinger  
 Item No: 1  
 Serial No.: Date 2019.03.15  
 Made by: Lysteam AS v/Tore Krok Nielsen

Results					
CIE 1931 2° observer		CIE 1964 10° observer		Other	
x	0,2227	x	0,2261	CCT	24910
y	0,2781	y	0,2866	Chromaticity Error	0,029
u'	0,1512	u'	0,1511	Color Peak	459,96
v'	0,4248	v'	0,4309	Color Peak Value	221,17
L	100,00	L	100,00	Color Dominant	485,0
a	-27,72	a	-29,71	Luminous Intensity	807,31
b	-36,28	b	-33,14	Purity	
X	6475,94	X	7322,53	Radiometric	39,3340
Y	8084,77	Y	9281,48	PAR	
Z	14515,83	Z	15775,64	PPFD	
Rendering Indices			Metamerism Indices		
Ra	71,9	Ra	71,9	Mivis	3,7
R1	58,2	R8	58,3	Miuv	3,0
R2	78,8	R9	-68,1		
R3	85,6	R10	62,5	Binning	
R4	60,2	R11	53,6	Brightness	
R5	67,7	R12	72,8		
R6	79,2	R13	61,2		
R7	87,0	R14	89,2		



Dagslysmåling med blått glass.

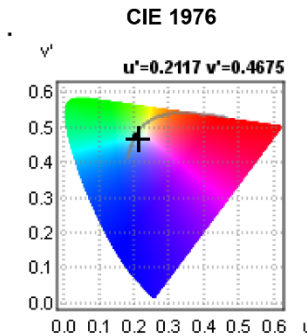
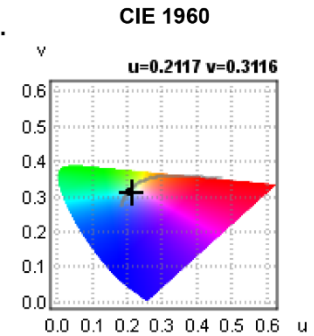
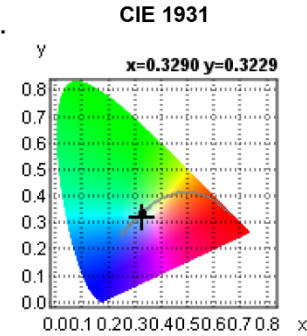
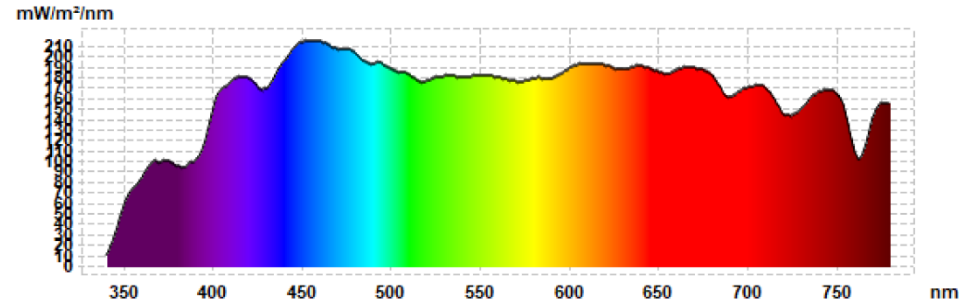
# Spektromettermåling: Dagslysmåling tatt med rosa plexiglass



Vedlegg 5-9

Innovation in spectral light measurements | created by JUST Normlicht

## GL SpectroSoft Report



Measurement name: 2019-03-15T11:26:36  
 Measurement time: 2019-03-15 11:26:36  
 Report time: 2019-03-22 11:29:48

Client name: HSN  
 Model name: Dagslysmålinger  
 Item No.: 1  
 Serial No.: Date 2019.03.15  
 Made by: Lysteam AS v/Tore Krok Nielsen

Results					
CIE 1931 2° observer		CIE 1964 10° observer		Other	
x	0,3290	x	0,3283	CCT	5670
y	0,3229	y	0,3247	Chromaticity Error	0,013
u'	0,2117	u'	0,2105	Color Peak	453,23
v'	0,4675	v'	0,4683	Color Peak Value	215,07
L	100,00	L	100,00	Color Dominant	360,0
a	11,72	a	10,85	Luminous Intensity	1332,37
b	0,67	b	0,27	Purity	
X	13594,63	X	14803,11	Radiometric	72,8553
Y	13342,92	Y	14639,65	PAR	
Z	14382,19	Z	15645,21	PPFD	
Rendering Indices			Metamerism Indices		
Ra	91,9	Ra	91,9	Mivis	0,6
R1	88,7	R8	87,9	Miuv	0,6
R2	92,6	R9	64,9	Binning	
R3	98,6	R10	85,9	Binning	
R4	89,5	R11	87,9	Brightness	
R5	89,1	R12	85,0		
R6	91,4	R13	89,1		
R7	97,3	R14	98,5		



Dagslysmåling med rosa plexiglass.

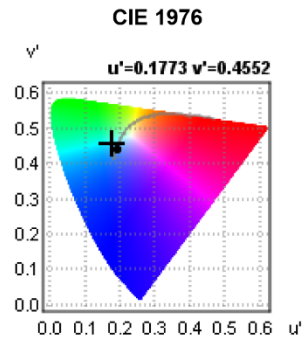
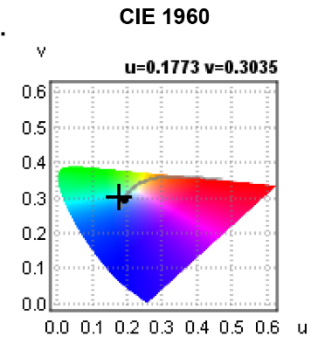
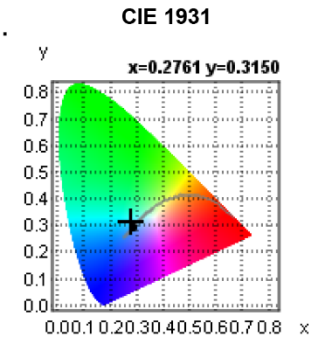
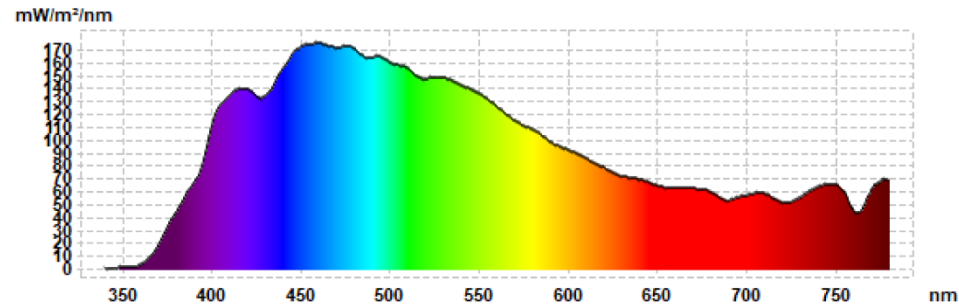
# Spektrometermåling: Dagslysmåling tatt med lyseblått pleksiglass



Vedlegg 5-10

Innovation in spectral light measurements | created by JUST Normlicht

## GL SpectroSoft Report



Measurement name: 2019-03-15T11:25:53

Client name: HSN  
 Model name: Dagslysmåling  
 Item No.: 1  
 Serial No.: Date 2019.03.15  
 Made by: Lysteam AS v/Tore Krok Nielsen

Measurement time: 2019-03-15 11:25:53

Report time: 2019-03-22 11:29:50

Results					
CIE 1931 2° observer		CIE 1964 10° observer		Other	
x	0,2761	x	0,2785	CCT	9214
y	0,3150	y	0,3188	Chromaticity Error	0,013
u'	0,1773	u'	0,1777	Color Peak	459,96
v'	0,4552	v'	0,4577	Color Peak Value	175,31
L	100,00	L	100,00	Color Dominant	487,5
a	-13,35	a	-13,44	Luminous Intensity	895,54
b	-12,05	b	-11,17	Purity	
X	7859,21	X	8731,27	Radiometric	41,7920
Y	8968,33	Y	9993,76	PAR	
Z	11638,96	Z	12623,70	PPFD	
Rendering Indices		Metamerism Indices			
Ra	88,8	Ra	88,8	Mivis	1,0
R1	84,1	R8	81,9	Miuv	4,0
R2	91,6	R9	39,5	Binning	
R3	95,6	R10	84,7	Binning	
R4	84,7	R11	82,4	Brightness	
R5	86,6	R12	86,7		
R6	91,2	R13	85,4		
R7	94,5	R14	96,4		



Dagslysmåling med lyseblått pleksiglass.

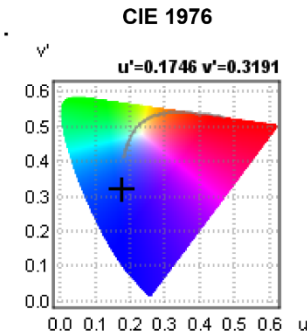
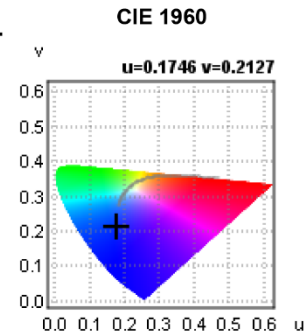
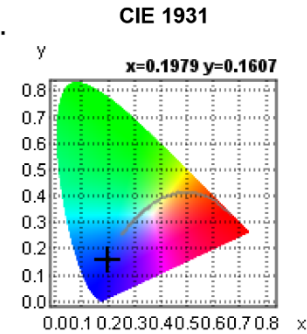
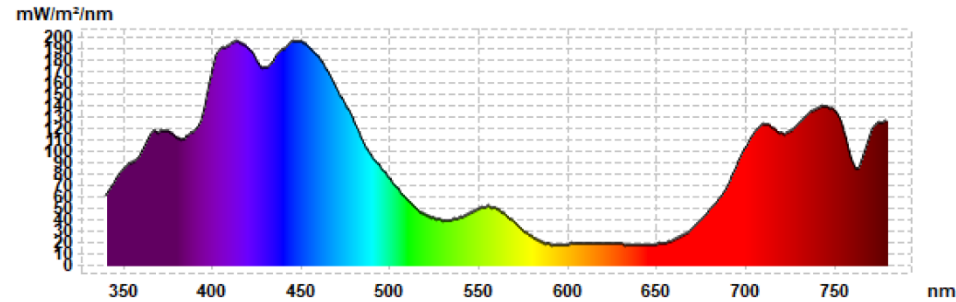
# Spektrometermåling: Dagslysmåling tatt med mørkeblått glass



Vedlegg 5-11

Innovation in spectral light measurements | created by JUST Normlicht

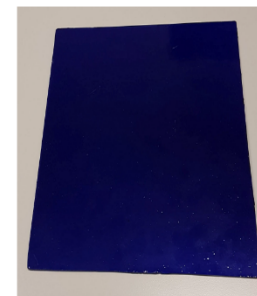
## GL SpectroSoft Report



Measurement name: 2019-03-15T11:29:39  
 Measurement time: 2019-03-15 11:29:39  
 Report time: 2019-03-22 11:29:40

Client name: HSN  
 Model name: Dagslysmåling  
 Item No.: 1  
 Serial No.: Date 2019.03.15  
 Made by: Lysteam AS v/Tore Krok Nielsen

Results						
CIE 1931 2° observer		CIE 1964 10° observer		Other		
x	0,1979	x	0,1954	CCT	-	
y	0,1607	y	0,1738	Chromaticity Error	0,161	
u'	0,1746	u'	0,1665	Color Peak	446,48	
v'	0,3191	v'	0,3332	Color Peak Value	197,05	
L	100,00	L	100,00	Color Dominant	471,1	
a	45,09	a	29,22	Luminous Intensity	305,82	
b	-108,38	b	-100,17	Purity		
X	3771,45	X	4236,03	Radiometric	39,4896	
Y	3062,57	Y	3767,96	PAR		
Z	12223,96	Z	13669,66	PPFD		
Rendering Indices			Metamerism Indices			
Ra	26,0	Ra	26,0	Mivis	4,7	
R1	45,1	R8	-7,5	Miuv	2,6	
R2	70,3	R9	-79,8	Binning		
R3	-20,2	R10	9,1	Binning		
R4	-7,8	R11	-21,1	Brightness		
R5	50,9	R12	1,1			
R6	58,0	R13	68,5			
R7	19,4	R14	28,4			



Dagslysmåling med mørkeblått glass.

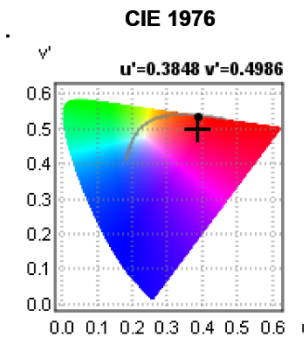
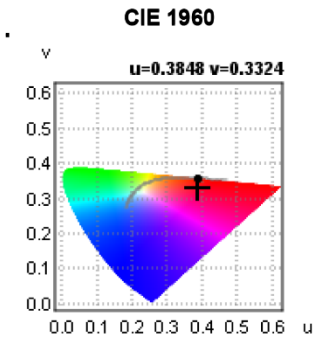
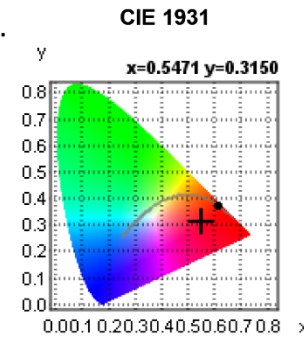
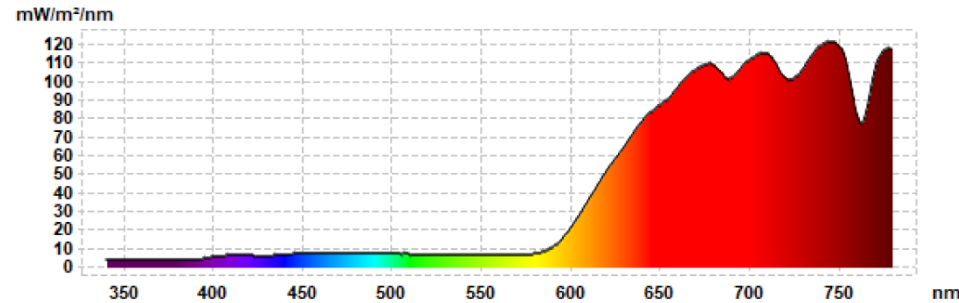
# Spektromettermåling: Dagslysmåling tatt med rødt glass



Vedlegg 5-12

Innovation in spectral light measurements | created by JUST Normlicht

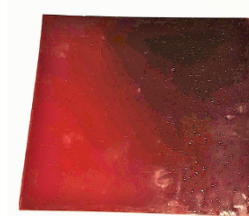
## GL SpectroSoft Report



Measurement name: 2019-03-15T11:33:41  
 Measurement time: 2019-03-15 11:33:41  
 Report time: 2019-03-22 11:29:28

Client name: HSN  
 Model name: Dagslysmåling  
 Item No.: 1  
 Serial No.: Date 2019.03.15  
 Made by: Lysteam AS v/Tore Krok Nielsen

Results					
CIE 1931 2° observer		CIE 1964 10° observer		Other	
x	0,5471	x	0,5336	CCT	1313
y	0,3150	y	0,3221	Chromaticity Error	0,042
u'	0,3848	u'	0,3682	Color Peak	747,35
v'	0,4986	v'	0,5000	Color Peak Value	121,08
L	100,00	L	100,00	Color Dominant	623,3
a	111,25	a	102,25	Luminous Intensity	108,19
b	52,40	b	50,52	Purity	
X	1881,41	X	1902,08	Radiometric	18,1450
Y	1083,42	Y	1148,03	PAR	
Z	474,19	Z	514,35	PPFD	
Rendering Indices			Metamerism Indices		
Ra	51,5	Ra	51,5	Mivis	5,2
R1	48,3	R8	73,0	Miuv	1,9
R2	53,7	R9	39,4		
R3	73,2	R10	3,6	Binning	
R4	39,2	R11	-2,5	Brightness	
R5	24,6	R12	-100,0		
R6	12,5	R13	38,5		
R7	87,3	R14	88,0		



Dagslysmåling med rødt glass.

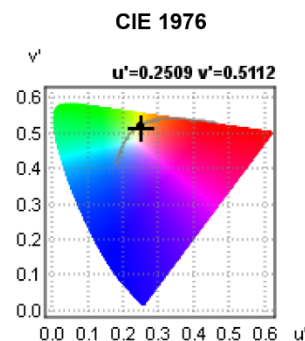
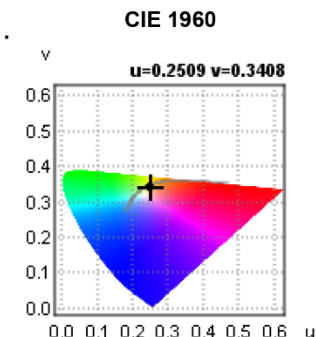
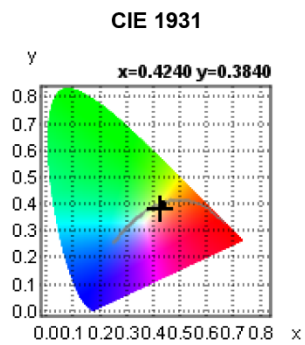
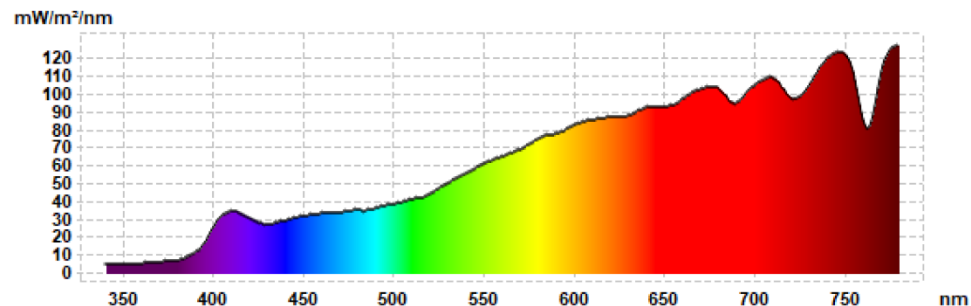
# Spektrometermåling: Dagslysmåling tatt med brunt farget glass



Vedlegg 5-13

Innovation in spectral light measurements | created by JUST Normlicht

## GL SpectroSoft Report



Measurement name: 2019-03-15T11:31:45

Client name: HSN  
Model name: Dagslysmåling

Measurement time: 2019-03-15 11:31:45

Item No.: 1  
Serial No.: Date 2019.03.15

Report time: 2019-03-22 11:29:33

Made by: Lysteam AS v/Tore Krok Nielsen

Results					
CIE 1931 2° observer		CIE 1964 10° observer		Other	
x	0,4240	x	0,4254	CCT	3058
y	0,3840	y	0,3804	Chromaticity Error	0,010
u'	0,2509	u'	0,2534	Color Peak	779,74
v'	0,5112	v'	0,5099	Color Peak Value	127,15
L	100,00	L	100,00	Color Dominant	585,3
a	25,64	a	28,28	Luminous Intensity	464,10
b	45,69	b	43,86	Purity	
X	5132,70	X	5507,07	Radiometric	27,6395
Y	4647,74	Y	4924,77	PAR	
Z	2324,32	Z	2514,44	PPFD	
Rendering Indices			Metamerism Indices		
Ra	97,1	Ra	97,1	Mivis	1,9
R1	98,3	R8	94,9	Miuv	0,9
R2	98,4	R9	92,4	Binning	
R3	97,8	R10	97,3	Binning	
R4	95,4	R11	95,0	Brightness	
R5	98,3	R12	95,1		
R6	98,3	R13	98,3		
R7	95,4	R14	99,0		



Dagslysmåling med brunt farget glass.