



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2018 30 stp

Fakultetet for realfag og teknologi
Martin Ebert

Dagslys i skolebygg ved bruk av screens som solskjerming – En case studie

Daylight in school buildings using screens as sun
shielding – A case study

Fredrik Margido Andersen

Byggeteknikk og arkitektur
Fakultetet for realfag og teknologi

Forord

Denne oppgaven er skrevet ved Fakultetet for realfag og teknologi ved Norges Miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU). Oppgaven er skrevet våren 2017 og omfatter 30 studiepoeng, der den markerer slutten på min mastergrad i Byggeteknikk og arkitektur.

Jeg vil først og fremst takke min hovedveileder, Sivilarkitekt Martin Ebert for meget god veiledning, og tett oppfølging gjennom hele våren. Han har vært en inspirasjon gjennom flere kurs her på NMBU. Jeg vil også takke Leif Daniel Houck for bistand med lysmålinger og generell hjelp med oppgaven.

Jeg vil rette en stor takk til alle lærerne på Siggerud Skole som har vært tålmodige gjennom alle mine lysmålinger. Videre vil jeg trekke frem rektor på Siggerud Skole, Walter van Heesch, som gledelig har tillatt meg å utføre alle mine nødvendige målinger, samt besvare alle mine spørsmål.

Arbeidet med denne oppgaven har vært utrolig lærerikt og opplysende. Det har vært spennende å jobbe med skolebygg og dagslys, og ikke minst en problemstilling jeg mener vil være viktig for fremtiden.

Sammendrag

TEK10 stiller krav til dagslys i alle rom for varig opphold. TEK10 stiller også krav til solskjerming for solutsatte vinduer. Det stilles derimot ingen krav til dagslys når solskjermingen dekker for vinduene. Dagslys påvirker mennesker i stor grad, også når det kommer til læringsevne, konsentrasjon og helse. Dagslys i skolebygg har vist seg å spille en svært viktig rolle både for elevene og de ansatte.

Med denne oppgaven er det tenkt å finne ut hvorvidt kravet til dagslys i skolebygg er tilfredsstilt når solskjerming dekker for vinduene. For å finne ut av dette er det utført en rekke lysmålinger i fire forskjellige klasserom på Siggerud Skole, henholdsvis vendt mot nord, sør, øst og vest. Skolen bruker såkalte mekaniske screens som solskjerming. Målingene viste et nesten entydig svar på at gjennomsnittlig dagslysfaktor ikke er tilfredsstilt når solskjerming er nede. Det kan tyde på at bruken av screens bør undersøkes nærmere før det velges som et alternativ til solskjerming i skolebygg.

Derimot var *lysmengden* i klasserommene innenfor anbefalingen til SINTEF på flere av målingene hvor kravet til gjennomsnittlig dagslysfaktor *ikke* var tilfredsstilt. Dette kan tyde på at kravet fra TEK10 til dagslys i bygg kan eller bør forbedres.

Abstract

TEK10 sets requirements for daylight in all rooms for permanent stay. TEK10 also sets requirements for sun shielding for windows exposed to sunlight. However, there is no requirement for daylight when the sun shielding covers the windows. Daylight affects people to a great extent, also when it comes to learning ability, concentration and health. Daylight in school buildings has been shown to play a very important role for both students and employees.

With this task, it is thought to determine whether the requirement for daylight in school buildings is satisfied when sunscreens cover the windows. To find out, a series of light measurements have been carried out in four different classrooms at Siggerud School, respectively, facing north, south, east and west. The school uses so-called mechanical screens as sun shielding. The measurements showed a nearly unambiguous response that the average daylight factor is not satisfied when sunscreens are down. This may indicate that the use of screens should be examined further before it is chosen as an alternative to sun shielding in school buildings.

On the other hand, the *amount* of light in the classrooms was within the recommendation to SINTEF on several of the measurements where the requirement for the average daylight factor was *not* satisfied. This may indicate that the requirement from TEK10 to daylight in buildings may or should be improved.

Innholdsfortegnelse

Forord	I
Sammenheng	III
Abstract.....	V
Innholdsfortegnelse	VII
Figurliste	IX
Tabelliste.....	X
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Problemstilling.....	1
1.3 Avgrensning.....	2
1.4 Ordforklaring.....	2
1.5 Disposisjon	2
2 Teori.....	5
2.1 Læringsmiljø og trivsel	5
2.1.1 Det tradisjonelle klasserommet.....	5
2.1.2 Elevenes læringsmiljø	5
2.2 Dagslys og inneklime.....	5
2.2.1 Hva er dagslys?	5
2.2.2 Dagslysets innvirkning på mennesket	6
2.2.3 Dagslysfaktor (Matusiak and Nielsen, 2014)	6
2.2.4 Termisk inneklime (SINTEF, 2017a).....	7
2.2.5 Termisk komfort.....	8
2.2.6 PMV-indeks	8
2.2.7 PPD-indeks	8
2.3 Solskjerming.....	9
2.3.1 Utvendige duker	9
2.4 Lover, forskrifter og anbefalinger.....	10
2.4.1 Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggeteknisk forskrift).....	10

2.4.2	Direktoratet for byggkvalitet (DIBK).....	11
2.4.3	SINTEF byggforsk	12
2.4.4	Oppsummering av lovverk	14
3	Metode	15
3.1	Kvantitativ og kvalitativ metode.....	15
3.2	Anvendt metode.....	15
3.3	Valg av skole	16
3.4	Det valgte skolebygget (Ski Kommune, 2016)	16
3.4.1	Solskjerming og vinduer Siggerud Skole.....	18
3.4.2	Solstudie Siggerud Skole.....	19
3.4.3	Nord.....	21
3.4.4	Sør	21
3.4.5	Øst	22
3.4.6	Vest.....	22
3.5	Måling av lysstyrke.....	23
3.6	Når er screens oppe og nede?	24
3.7	Dagslyssimulering.....	24
4	Resultater	25
4.1	Simulering	25
4.1.1	Nord.....	25
4.1.2	Sør	26
4.1.3	Øst	28
4.1.4	Vest.....	29
4.2	Lysmålinger	30
4.2.1	Nord.....	30
4.2.2	Sør	32
4.2.3	Øst	34
4.2.4	Vest.....	36
4.2.5	Sammenlikning av klasserom	38
5	Diskusjon	41

5.1	Innsamling av data	41
5.2	Nord	43
5.3	Sør	44
5.4	Øst	45
5.5	Vest	45
5.6	Sammenlikninger av klasserom	46
5.7	Dagslysfaktor eller lysmengde?	47
6	Konklusjon	49
6.1	Videre arbeid	49
7	Referanser	51
	Vedlegg	I

Figurliste

FIGUR 1 – DAGSLYSFAKTOR ILLUSTRERT	7
FIGUR 2 – SAMMENHENG MELLOM GJENNOMSNIITTLIG VURDERING (PMV) OG VENTET ANDEL MISFORNØYDE (PPD)	9
FIGUR 3 – DEN ELDSTE DELEN AV SIGGERUD SKOLE, SAMT PÅBYGD DEL	17
FIGUR 4 - HOVEDDELEN TIL SIGGERUD SKOLE	17
FIGUR 5 - SCREENS FRA SIGGERUD SKOLE	18
FIGUR 6 - SOLSTUDIE 21.03.18 KL 10.00	19
FIGUR 7 – SOLSTUDIE 21.03.18 KL 13.00	19
FIGUR 8 – PLASSERING AV DE FIRE KLASSEROMMENE	20
FIGUR 9 – SOLBANE 21.03.18	20
FIGUR 10 – SOLBANE 21.03.18	20
FIGUR 11 – VINDUENE TIL KLASSEROMMET VENDT MOT NORD	21
FIGUR 12 – VINDUENE TIL DET SØRVENDTE KLASSEROMMET	21
FIGUR 13 - VINDUENE TIL DET ØSTVENDTE KLASSEROMMET	22
FIGUR 14 – VINDUENE TIL DET VESTVENDTE KLASSEROMMET	22
FIGUR 15 – LYSMÅLERUTSTYRET BRUKT I STUDIEN	23
FIGUR 16 - LYSMÅLING	23
FIGUR 17 – SIMULERING AV DAGSLYSFAKTOR I DET NORDVENDTE KLASSEROMMET	25
FIGUR 18 - SIMULERING AV DAGSLYSFAKTOR I DET SØRVENDTE KLASSEROMMET	26
FIGUR 19 - SIMULERING AV DAGSLYSFAKTOR I DET SØRVENDTE KLASSEROMMET	27

FIGUR 20 - SIMULERING AV DAGSLYSFAKTOR I DET ØSTVENDTE KLASSEROMMET.....	28
FIGUR 21 - SIMULERING AV DAGSLYSFAKTOR I DET VESTVENDTE KLASSEROMMET.....	29
FIGUR 22 - MÅLINGENE FRA DET NORDVENDTE KLASSEROMMET KL 10.	30
FIGUR 23 - LYSMÅLINGENE FRA DET NORDVENDTE KLASSEROMMET KL 13.	30
FIGUR 24 - KORRIGERT DF FOR DET NORDVENDTE KLASSEROMMET KL 10.	31
FIGUR 25 - KORRIGERT DF FOR DET NORDVENDTE KLASSEROMMET KL 13.	31
FIGUR 26 - MÅLINGENE FRA DET SØRVENDTE KLASSEROMMET KL 10.....	32
FIGUR 27 - MÅLINGENE FRA DET SØRVENDTE KLASSEROMMET KL 13.....	32
FIGUR 28 - KORRIGERT DF FOR DET SØRVENDTE KLASSEROMMET KL 10.....	33
FIGUR 29 - KORRIGERT DF FOR DET SØRVENDTE KLASSEROMMET 13.....	33
FIGUR 30 - MÅLINGENE FRA DET ØSTVENDTE KLASSEROMMET KL 10.....	34
FIGUR 31 - MÅLINGENE FRA DET ØSTVENDTE KLASSEROMMET KL 13.....	34
FIGUR 32- KORRIGERT DF FOR DET ØSTVENDTE KLASSEROMMETKL 10.	35
FIGUR 33 - KORRIGERT DF FOR DET ØSTVENDTE KLASSEROMMET KL 13.	35
FIGUR 34 - MÅLINGENE FRA DET VESTVENDTE KLASSEROMMET KL 10.....	36
FIGUR 35 - MÅLINGENE FRA DET VESTVENDTE KLASSEROMMET KL 13.....	36
FIGUR 36 - KORRIGERT DF FOR DET VESTVENDTE KLASSEROMMET KL 10.....	37
FIGUR 37 - KORRIGERT DF FOR DET VESTVENDTE KLASSEROMMET KL 13.....	37
FIGUR 38 - MÅLINGER FRA ALLE KLASSEROM KL 10 MED SCREENS OPPE.	38
FIGUR 39 - MÅLINGER FRA ALLE KLASSEROM KL 13 MED SCREENS OPPE.	38
FIGUR 40 - MÅLINGER FRA ALLE KLASSEROM KL 10 MED SCREENS NEDE.	39
FIGUR 41 – MÅLINGER FRA ALLE KLASSEROM KL 13 MED SCREENS NEDE.....	39
FIGUR 42 –SNITT AV SCREENEN, SETT OVENFRA.....	43

Tabelliste

TABELL 1 – PMV-INDEKS.....	8
TABELL 2 –ANBEFALT LYSSTYRKER FOR FORSKJELLIGE ARBEIDSOPPGAVER.(SINTEF).....	13
TABELL 3 – TEKNISK INFORMASJON OM SCREENS BRUKT PÅ SIGGERUD SKOLE	18
TABELL 4 – SAMMENHENG MELLOM KORRELASJONSFAKTORENE TIL DE FORSKJELLIGE KLASSEROMMENE.	42
TABELL 5 – SAMMENLIKNING AV DF KORRIGERT OG LUX MÅLT INNE. SCREENS OPPE.	48
TABELL 6 – SAMMENLIKNING DF KORRIGERT OG LUX MÅLT INNE. SCREENS NEDE.	48
TABELL 7 – ALLE LYSMÅLINGER UTFØRT I KLASSEROMMET VENDT MOT NORD.....	I
TABELL 8 – ALLE LYSMÅLINGER UTFØRT I KLASSEROMMET VENDT MOT SØR.	I
TABELL 9 – ALLE LYSMÅLINGER UTFØRT I KLASSEROMMET VENDT MOT ØST.....	II
TABELL 10 – ALLE LYSMÅLINGER UTFØRT I KLASSEROMMET VENDT MOT VEST.....	II

1 Innledning

Dette innledende kapittelet tar for seg hvorfor oppgaven ble valgt, bakgrunnen for ideen, formål med arbeidet og problemstillingen som skal besvares.

1.1 Bakgrunn

Lovverket stiller spesifikke krav til dagslys i rom for varig opphold. Kravene er strenge og må følges opp under prosjektering og bygging. Det må under prosjektering bevises at kravene vil bli opprettholdt enten gjennom en simulering eller med andre preaksepterte metoder.

Det foreligger også krav til solskjerming foran alle vinduer som vil få direkte sollys. Her finnes det utallige varianter. Ved bruk av mekaniske varianter vil solskjeringen kunne bevege seg fra fullt lysinnslipp til fullstendig skjerming. Det foreligger derimot ingen krav til dagslys når solskjermingen skjermer for fullt.

Det er enighet om at tilfredsstillende dagslys er vitalt for menneskers arbeidsvaner, konsentrasjon og helse. Hvis et sørvendt oppholdsrom med mekanisk solskjerming får fullt sollys på fasaden vil trolig solskjermingen stenge for lyset. Hvis himmelen er blå hele dagen vil trolig solskjermingen skjerme vinduene hele dagen. Er kravet til dagslys og utsyn tilfredsstilt på en slik dag?

1.2 Problemstilling

Problemstillingen for denne oppgaven kan formuleres slik:

- Er kravene til dagslys i skolebygg tilfredsstilt når mekanisk solskjerming er nede?

For å besvare problemstillingen på best mulig måte stilles følgende **forsknings spørsmål**:

- Hva er gjennomsnittlig dagslysfaktor i et rom ved forskjellige væertyper?
- Hvor ofte er screens nede?
- Hvilken betydning har styrbarheten av solskjermene for å oppnå kravene?
- Hva er forskjellen på gjennomsnittlig dagslysfaktor når screens er oppe eller nede?

1.3 Avgrensning

Studien søker svar på spørsmål som omhandler krav til dagslys, samt menneskets trivsel knyttet opp mot hovedsakelig dagslysfaktor i klasserom. For å besvare dette, er det valgt å gjøre et case-studie på én skole; Siggerud Skole. Dette er gjort for å kunne gå mer i dybden på det utvalgte prosjekter, gjennom målinger og intervjuer.

Hensikten med studiet er ikke å analysere Siggerud Skole, men å finne ut mer om skolebygg med screens som solskjerming. Studien skal kunne overføres til andre tilsvarende skolebygg. Hensikten er heller ikke å finne ut hva brukerne av bygget synes eller føler om dagslyset i de forskjellige rommene. Oppgaven avgrenses til å finne ut hvorvidt kravene til dagslys er tilfredsstillt eller ikke.

1.4 Ordforklaring

Følgende forkortelser blir benyttet i studien:

Pbl – Plan og bygningsloven

Tek – teknisk forskrift (hhv. TEK10)

Dibk – direktoratet for byggkvalitet

BKS – Byggforskserien

DF – dagslysfaktor

RF – relativ fuktighet

1.5 Disposisjon

Denne oppgaven består av følgende syv kapitler:

Innledning

Det første kapitlet tar for seg problemstilling, bakgrunn for oppgaven og avgrensinger.

Teori

I teoridelen av oppgaven forklares relevant teori om inneklime, dagslys og trivsel i skolen.

Her oppsummeres lovverket og krav rundt dagslys. I tillegg beskrives det valgte skolebygget.

Metode

Metodekapittelet tar for seg hvorfor den utvalgte skolen ble valgt og hvilke forutsetninger som lå til grunn. Det forklares om hvordan lysmålingene ble utført, og hvorfor de ble utført som de ble.

Resultat

Resultatene fra alle målingene og befaringene presenteres under resultatkapittelet. I tillegg vises resultater fra dagslyssimuleringer fra softwaret Velux Daylight Visualizer.

Diskusjon

Diskusjonskapittelet analyserer de gitte resultatene, sammenlikner dem og vurderer eventuelle feilkilder.

Konklusjon

Siste delen av oppgaven består av konklusjon og oppsummering, samt oppfordring til videre arbeid.

Referanser

Her oppgis alle kilder og referanser brukt i denne oppgaven.

2 Teori

Teorikapittelet beskriver teorien og faktaene som ligger til grunn for denne studien. Det tar for seg temaer innenfor læringsmiljø, trivsel, dagslys, inneklima, komfort og solskjerming.

2.1 Læringsmiljø og trivsel

2.1.1 Det tradisjonelle klasserommet

Det «tradisjonelle klasserommet» er formet som et rektangel med vinduer på minst en av langsidene. Tavlen er plassert på kortsiden av klasserommet, slik at den som underviser kan skrive med høyre hånd uten at lyset kaster skygge over skriften. Elevene er plassert slik at dagslyset faller inn fra venstre på elevenes pulter. (Houck, 2013)

2.1.2 Elevenes læringsmiljø

Både barn og voksne er avhengig av et godt arbeidsmiljø for å kunne prestere godt over tid. I 2003 vedtok Stortinget en lovendring i Opplæringsloven (§9a), som gir alle elever rett til et godt fysisk og psykososialt miljø som fremmer helse, trivsel og læring. (Utdanningsdirektoratet, 2017). En dansk rapport om læringsmiljø hevder at det er en klar sammenheng mellom elevers oppfatning av inneklima og det faglige utbyttet i læringsmiljøet. (Villumsen og Mødrup, 2013)

Belysning har stor innvirkning på menneskers trivsel. Det danner et helhetsinntrykk for orientering i bygninger. Belysningsforhold som ikke er tilfredsstillende kan føre til symptomer som hodepine, nedsatt produktivitet, såre anstrengte øyne og tretthet. (Edwards and Torcellini, 2002)

2.2 Dagslys og inneklima

2.2.1 Hva er dagslys?

Dagslys regnes som en kombinasjon av alt direkte og indirekte sollys. *Direkte sollys* er lys som treffer en overflate direkte fra sola, uhindret av alle objekter. *Indirekte sollys* er lys som reflekteres via et objekt. Hvis det reflekteres via skyer, kalles det *diffus himmelstråling*. Andre

vanlige objekter er vegetasjon, bygninger og generelt terreng. (Almås, 2016) (Wikipedia Daslys, 2015)

Lys kan måles i form av belysningsstyrke, *illuminans*. Dette kan beskrive hvor godt opplyst en gitt flate er. Belysningsstyrke bruker SI-enheten *lux*, og er lysstrømmen (målt i lumen, lm) delt på opplyst areal.

$$1 \text{ lx} = 1 \text{ lm} / \text{m}^2$$

(Rosvold, 2018)

2.2.2 Dagslysets innvirkning på mennesket

Mennesker er svært tilpasset dagslysets syklus. Vår hvileperiode er om natten, og denne prosessen styres av hormonet melatonin. Melatonin er et søvnhormon som produseres i hypofysen, og styres av sollyset. Hvis vi får for lite dagslys fortsetter hypofysen å produsere søvnhormonet, selv på dagtid. Dette fører til tretthet og dårlig søvnrhythmer, som igjen går utover produktivitet og arbeidsvaner (Lærheim, 1988). Kun 8-9% av befolkningen oppgir at mørkere tider på vinteren ikke påvirker dem negativt. (SINTEF, 2001)

(SINTEF, 2001) hevder at dagslys er et positivt fenomen. Stimuli fra lys øker hjerneaktiviteten. En hjerne som ikke får nok lysstimuli blir sløvere. For at hjernen skal holde aktivitetsnivået oppe trenger den varierende omgivelser, visualisert av lys. I tillegg bør lyset endre seg, for eksempel som følge av en stadig bevegende solbane.

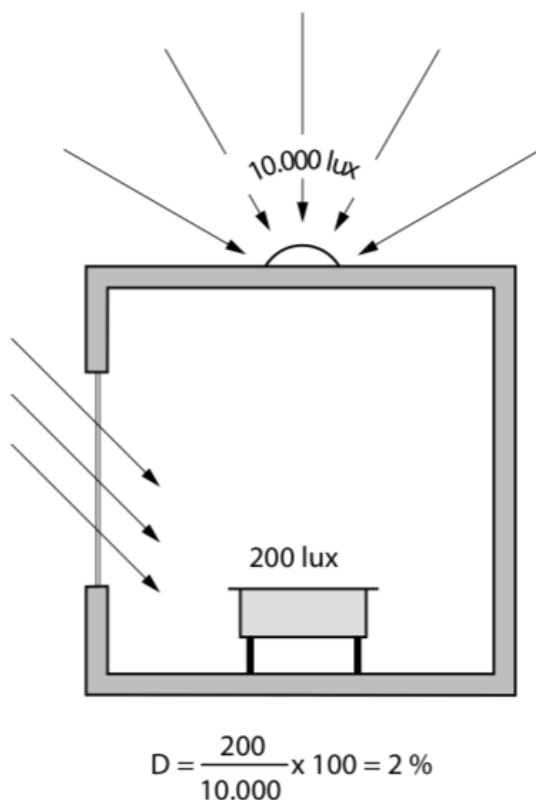
2.2.3 Dagslysfaktor (Matusiak and Nielsen, 2014)

Dagslysfaktor (fra nå av; DF), er et mål på innendørs dagslysnivå. Verktøyet er et kvantitativt mål, og ble oppfunnet under etterkrigstida, for å enkelt kunne evaluere dagslysnivået i et rom. Verktøyet er et forhold mellom belysningsstyrke utendørs og innendørs, og er derfor uavhengig av geografisk plassering, klimaforhold og orientering.

Belysningsstyrken vil som oftest være sterkest under klar himmel. Overskyet vær egner seg derfor best til å sette en minimumsgrense for dagslys. Hvis kravet for dagslys er nådd under overskyet himmel, er det også mest sannsynlig nådd ved klarvær. Derfor anses det som best å

gjøre målinger når det er overskyet. I tillegg vil en teoretisk DF være målt under overskyet himmel fordi lyset blir mer diffust, og ikke har en distinkt retning. Slik vil ikke DF variere med tid på døgnet. (Matusiak and Nielsen, 2014)

Definisjonen av DF er forholdet mellom belysningsstyrken i ett punkt innendørs, og en horisontal utvendig belysningsstyrke målt i overskyet vær (uten sollys). Ifølge (SINTEF, 2001) bør målingen foregå 0,8m over gulvet, på en flate midt i rommet. DF oppgis i prosent. Se figur 1 for illustrasjon.



Figur 1 – Dagslysfaktor illustrert. (Matusiak and Nielsen, 2014)

2.2.4 Termisk inneklima (SINTEF, 2017a)

Termisk inneklima er svært viktig for trivsel, og defineres av følgende faktorer:

- Lufttemperatur
- Strålingstemperatur
- Lufthastighet
- Relativ fuktighet (RF)

Temperatur er den viktigste faktoren for trivsel. Det finnes ingen lover eller regler for en eksakt temperatur et arbeidsmiljø skal holde. Dog anbefaler Arbeidstilsynet at temperatur ved vanlig/lett arbeid skal ligge mellom 19°C og 26°C (Arbeidstilsynet, 2017). Arbeidsmiljøloven §4-4 sier følgende:

«Fysiske arbeidsmiljøfaktorer som bygnings- og utstyrmessige forhold, inneklime, lysforhold, støy, stråling o.l. skal være fullt forsvarlig ut fra hensynet til arbeidstakernes helse, miljø, sikkerhet og velferd.»

2.2.5 Termisk komfort

Termisk komfort er individuelt, og varierer fra person til person. Det er en subjektiv følelse hvorvidt vi synes temperaturen er behagelig eller ikke. Grunnet disse variasjonene er det opprettet to standardiserte indekser for å kunne måle grad av tilfredsstillelse.

2.2.6 PMV-indeks

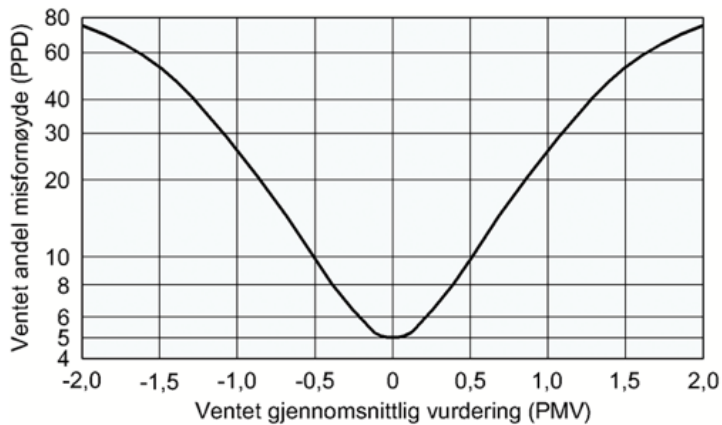
PMV-indeksen viser en gruppe menneskers gjennomsnittlige vurdering av et termisk inneklime. Indeksen er delt inn i sju trinn, fra kaldt til varmt. Se tabell 1.

Skala	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
Vurdering	kaldt	kjølig	noe kjølig	nøytralt	noe varmt	varmt	hett

Tabell 1 – PMV-indeks (SINTEF, 2001)

2.2.7 PPD-indeks

Ut ifra PMV-indeksen kan det beregnes og lages en PPD-indeks. PPD-indeksen viser hvor mange prosent som vil være misfornøyde med et gitt termisk inneklime, ut ifra et normalisert utvalg av personer. Fordi mennesker har ulike preferanser for inneklime, vil en ikke klare å tilfredsstille alle. Fra figur 2 ser vi at en forventer at ikke flere enn 5% er misfornøyde.



Figur 2 – Sammenheng mellom gjennomsnittlig vurdering (PMV) og ventet andel misfornøyde (PPD) (SINTEF, 2001)

2.3 Solskjerming

Solavskjerming skjermer for sjenerende sollys og hindrer uønsket varmetilskudd i rom. Solavskjerming på solutsatte fasader har stor påvirkning på innvendig lufttemperatur og strålingstemperatur.

Utvendig solskjerming absorberer varmestråling *utenfor* bygget, og er langt mer effektiv enn innvendig solskjerming. Innvendig solskjerming fungerer først og fremst best til å skjerme for sjenerende sollys, fordi solvarmen vil gå gjennom glasset og varme opp rommet. BKS hevder at en kombinasjon av de to nevnte kan være en god løsning for å kontrollere innslipp av solvarme, dagslysnivå og blending. (SINTEF, 2017b) (SINTEF, 2017a)

2.3.1 Utvendige duker

Utvendige duker kalles ofte *screens*, og er av typen *utvendig* solskjerming. Det er en kraftig rullegardin, som monteres på utsiden av vinduer. Screenduken er perforert duk med mikrostruktur. Duken absorberer mesteparten av varmestrålingen på utsiden av bygget, slik at uønsket oppvarming ikke oppstår. Den hindrer innsyn i stor grad, men tillater likevel utsyn. Dette avhenger av perforeringsgrad og tykkelse på duken. (Fasadeprodukter, 2017)

Duken monteres på skinner enten horisontalt eller vertikalt, utenpå vinduene, og kan fås i ønsket farge. Gråsvart er den vanligste fargen. Selve duken er lett å vedlikeholde, og kan vaskes med svamp eller hageslange.

Screens kan styres manuelt eller sentralstyrt. Automatiserte systemer styres ved

temperaturgrenser, solintensitets eller rommets funksjon. På denne måten kan dukene senkes på natten for å minske varmetapet, eller skjerme for sola på en varm sommerdag. Manuelt styrte systemer, eller individuelt styrte som det også kalles, har muligheten til å overstyre det automatiske systemet. (Kjellsmarkiser, 2018)

Ifølge BKS er aktuelle dukmaterialer PVC-belagt glassfiberduk, PVC-belagt polyester-/gittervevd duk og spesialvevd akryl. (SINTEF, 2017b)

2.4 Lover, forskrifter og anbefalinger

Det finnes tekniske krav, som må følges ved oppføring eller rehabilitering av bygg. Byggeteknisk forskrift er loven, og må følges. Loven kan i noen tilfeller være veldig generell, og det finnes derfor diverse instanser som bedriver forskning på diverse byggetekniske områder. Eksempler er SINTEF Byggeforsk, Direktoratet for byggkvalitet (DIBK) og Standard Norge. Alle er anerkjente organer, og deres forskning og løsninger er ofte såkalte «preaksepterte ytelser». Slike ytelser følger TEK17/TEK10, og er ofte brukt som standardiserte løsninger.

2.4.1 Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggeteknisk forskrift)

Byggeteknisk forskrift er det overordnede lovverket, og sier følgende angående lys og lysforhold:

«§ 8-10.Plassering av byggverk

- (1) Byggverk skal ha god terrengmessig tilpasning ut fra hensyn til god arkitektonisk utforming, visuell kvalitet, naturgitte forutsetninger, sikkerhet, helse, miljø, tilgjengelighet, brukbarhet og energibehov.*
- (2) Byggverk skal plasseres slik at det tas hensyn til lys- og solforhold, samt lyd- og vibrasjonsforhold.*

§ 13-7.Lys

- (Almås et al.) Byggverk skal ha tilfredsstillende tilgang på lys.*
- (2) Rom for varig opphold skal ha tilfredsstillende tilgang på dagslys.*
 - (3) Annet ledd gjelder ikke for rom i arbeidsbygning og byggverk for publikum der den forutsatte bruken tilsier noe annet.*

§ 13-8. Utsyn

(Almås et al.) Rom for varig opphold skal ha vindu som gir tilfredsstillende utsyn.

(2) Første ledd gjelder ikke for rom i arbeidsbygning og byggverk for publikum der den forutsatte bruken tilsier noe annet.»

(Lovdata, 2017)

2.4.2 Direktoratet for byggkvalitet (DIBK)

Direktorater for byggkvalitet (DIBK) har utarbeidet noen preaksepterte ytelser for lys og lysforhold. Bygget som er lagt fokus på i denne oppgaven er bygget etter TEK10. Følgende er fra TEK10:

«Krav til dagslys kan verifiseres enten ved beregning som bekrefter at gjennomsnittlig dagslysfaktor i rommet er minimum 2 %, eller ved at rommets dagslysflate utgjør minimum 10 % av bruksarealet. Ved bruk av gjennomsnittsverdi for dagslysfaktor oppnås et godt utgangspunkt for tilfredsstillende tilgang på dagslys i alle typer rom, uavhengig av størrelse.»

Oppsummert er det to metoder som kan brukes for tilfredsstillende dagslys. Minimum 2% gjennomsnittlig dagslysfaktor, eller at rommets dagslysflate utgjør minimum 10% av bruksarealet. I virkeligheten vil kun dagslysfaktor ta høyde for solskjerming.

«Dersom tilstrekkelig dagslys verifiseres ved 10 %-regelen medregnes bruksarealet i henhold til NS 3940 Areal- og volumberegninger av bygninger. Dagslysflaten er det samlede, uskjermede glassareal som formidler dagslys til rommet. I tillegg til bruksarealet må en ta med arealet av eventuelle balkonger eller andre lignende utkragede bygningsdeler i rommets bredde på overliggende plan utenfor vindusfasaden. Dersom skjerming utgjør mer enn 20° i høyde, målt fra horisontalplanet gjennom vinduets midthøyde, må dagslysflaten økes. I slike tilfeller er ikke verifisering ved 10 %-regelen særlig godt egnet. Når vindu er plassert i lysgrav, er det ved bruk av 10 %-regelen kun den delen av glassarealet som stikker opp over overkant lysgrav som kan tas med i rommets samlede dagslysflate.»

I TEK17 er det gjort noen små endringer, og DIBK skriver følgende:

«Veiledning til § 13-7.Lys, 1. ledd:

Lysforholdene er av stor betydning for menneskets helse og trivsel, og avgjørende for hvor raskt og sikkert vi kan utføre en arbeidsoperasjon.

Dagslys er den belyningsformen som vanligvis oppleves å være den beste og mest riktige allmennbelysningen.

Dagslysfaktor angir forholdet mellom belyningsstyrke mot en horisontal flate inne og en tilsvarende horisontal flate ute med fri horisont og jevnt overskyet himmel.»

«Veiledning til § 13-7.Lys, 2. ledd:

Krav til dagslys kan oppfylles slik:

- a. Gjennomsnittlig dagslysfaktor i rommet må være minimum 2,0 %. Samsvar dokumenteres med beregninger av mest kritiske rom i forhold til dagslysforhold. Beregninger utføres med simuleringsverktøy validert etter CIE 171:2006 og forutsetninger gitt i NS-EN 12464-1:2011 kapittel 4.4.»*

(DIBK, 2011)

I TEK17 nevnes det ingenting om 10%-regelen som var en alternativ metode for måling av lysstyrke i TEK10.

2.4.3 SINTEF byggforsk

SINTEF byggforsk sin anbefaling er:

«Teknisk forskrift til pbl krever i § 8-35 at rom for varig opphold skal ha tilfredsstillende tilgang på dagslys, hvis ikke oppholds- og arbeidssituasjonen tilsier noe annet.

Veiledningen sier at forskriftskravet er oppfylt dersom dagslysfaktoren er minst 1 % i et punkt som ligger halvveis inn i rommet, 1,0 m fra sidevegg og 0,8 m over golvet.»

(SINTEF, 2001)

SINTEF sin veiledning sier 1% i midten av rommet i 2001, mot dagens veiledning fra DIBK på 2% gjennomsnittlig dagslysfaktor.

Belysningsstyrke i lux			Arbeidsoppgave
Lavt nivå	Nor-malt	Høyt nivå	
1	3	5	Utebelysning, gangtrafikk, nødlys
15	20	30	Oppbevaringsrom, inngangsparti, arbeidsplasser ute
30	50	75	Oppholdsrom uten spesiell virksomhet, allmennbelysning
50	75	100	Områder for korte tilfeldige besøk og rekreasjon, vrimlearealer
75	100	150	Trafikksoner m.v. i bygninger
100	150	200	Områder som bare i kortvarige perioder benyttes til arbeidsformål (lagerlokaler, vestibyler)
150	200	300	Allmennbelysning og arealer for grovarbeid
200	300	500	Områder eller arbeidsfelt med enkle synsoppgaver (grovere verkstedsarbeid, auditorier)
300	500	750	Områder eller arbeidsfelt med normale krav til synsbetingelsene (vanlig verkstedsarbeid, kontorarbeid, enklere kontrollarbeid)
500	750	1000	Arbeidsfelt med betydelige krav til synsbetingelsene (søm, inspeksjon, testing, krevende kontrollarbeid, tegnekontor)
750	1000	1500	Arbeidsfelt med vanskelige synsoppgaver (finere verkstedsarbeid, montasjearbeid)
1000	1500	2000	Arbeidsfelt med spesielle krav til synsbetingelsene (graving, inspeksjon av svært fine arbeider)
	2000		Arbeidsfelt for svært nøyaktige synsoppgaver (montasje av elektronikkkomponenter, urmakerarbeid, kirurgiske operasjoner)

Tabell 2 –Anbefalt lysstyrker for forskjellige arbeidsoppgaver. (SINTEF, 2001)

Fra tabell 2 går det frem at belysningsstyrken for «områder eller arbeidsfelt med normale krav til synsbetingelsene (vanlig verkstedsarbeid, kontorarbeid, enklere kontrollarbeid)» bør ligge i intervallet 300-750 lux. Dette er lux målt på overflaten til for eksempel et bord eller en pult. Normalt skolearbeid vil derfor falle under denne kategorien.

2.4.4 Oppsummering av lovverk

En oppsummering av lovverket gir at kravet til 2% gjennomsnittlig dagslysfaktor går igjen i både TEK10 og TEK17. For TEK10 kan det velges mellom 2% gjennomsnittlig dagslysfaktor, eller at rommets dagslysflate utgjør minimum 10% av bruksarealet. Fordi skolen valgt som case-studie i denne oppgaven er bygget i henhold til TEK10, er det denne bestemmelsen som gjelder for studien.

I tillegg vil anbefalingen fra SINTEF i tabell 2 bli brukt som en veiledning gjennom denne oppgaven. Den faktiske lysmengden på en overflate er også svært vesentlig når det kommer til krav til dagslys.

3 Metode

I dette kapitlet kommer det frem hvilke forskningsmetoder som er benyttet, hvorfor de er benyttet og hvordan de er utført.

3.1 Kvantitativ og kvalitativ metode

For å svare på en gitt problemstilling eller et forskningsspørsmål, må det benyttes et verktøy for innsamling og prosessering av data. Et slikt verktøy kalles en vitenskapelig metode.

Hvilken metode som skal benyttes avhenger av problemstillingen, hvilke kilder til informasjon som kan analyseres, og hva en faktisk ønsker svar på. I all hovedsak skiller det på kvalitativ og kvantitativ metode. (Grønmo, 2004)

Kvalitativ metode brukes hovedsakelig for å innhente data som ikke kan tallfestes. Det kan være personlige meninger, opplevelser eller for eksempel dialog. Metoden brukes for å gå i dybden på et tema. Dataene som samles inn må senere tolkes ut ifra kontekst. Intervju er et klassisk eksempel på kvalitativ metode. (Dalland, 2013)

Kvantitativ metode er innsamling av tallfestede data. Det er data som kan måles og telles. Slike data kan lettere analyseres, presenteres i tabeller og grafer, samt brukes i statistiske undersøkelser. Ofte er det snakk om store datamengder som benyttes for å teste en hypotese opp mot virkeligheten. (Dahlum, 2017)

3.2 Anvendt metode

Denne oppgaven er et case-studie bestående av et skolebygg med solskjerming av typen utvendig duker (screens). For å besvare spørsmålet om solskjermingen fungerer tilfredsstillende i de forskjellige rommene er det i denne oppgaven valgt å bruke kvantitativ metode. En kunne ha sett på langt flere skoler, for å sammenligne skolene. I stedet er det valgt å fokusere på én skole, for å kunne innhente grundigere data. I teoridelen kommer det frem at trivsel, inneklima og *følelsen* man har i et rom ikke kun handler om tallfestede data. Allikevel vil det fokuseres på lysmålinger i denne studien, og hvorvidt de tilfredsstiller kravene som foreligger.

Lysstyrke er faktorer som enkelt kan måles, og er derfor utført over flere perioder i det valgte skoleprosjektet. Disse kvantitative dataene viser sanne målinger, og kan senere analyseres, for å se om det er en korrelasjon mellom ulike værtyper, solskjermer, orientering og tid på døgnet.

3.3 Valg av skole

Det var ønskelig at skolen skulle være bygget etter 2010, for at de skulle være bygget etter TEK10. Samtidig var det viktig at skolen skulle ha det «tradisjonelle klasserommet», beskrevet i 2.1, og være tilnærmet orientert mot nord. Grunnen til at alle de utvalgte klasserommene skulle likne på det «tradisjonelle klasserommet», var for å lettere kunne trekke sammenligning med andre skoler. Et langt og smalt klasserom, med vinduene på kortsiden, vil ikke kunne sammenliknes med et langt og smalt klasserom med vinduene på langsiden («det tradisjonelle klasserommet»).

Skolen måtte ha utvendige duker, fra nå av *screens*, foran alle de utvalgte klasserommene. For at studien skal kunne brukes ved andre skolebygg, måtte vindusarealene være tilnærmet like i hvert rom, da dette vil påvirke lys- og varmestråling i stor grad.

Hovedårsaken til at Siggerud Skole ble valgt som case-studie, er fordi jeg er ansatt som vikarlærer på skolen. Dette ga en unik mulighet til å utføre alle nødvendige målinger i alle ønskede klasserom og til ønsket tid.

3.4 Det valgte skolebygget (Ski Kommune, 2016)

Siggerud Skole er en 1-10 skole med ca. 430 elever og 60 ansatte, og ligger i tettstedet Siggerud i Ski kommune. Den nye skolen ble påbegynt i 2011, og stod ferdig i 2013.

Skolen er på totalt ca. 5500 kvadratmeter. Den består av i hovedsak tre bygg. Hovedbygget (80-bygget) inneholder administrasjon, mellomtrinn, ungdomstrinn, gymsal og atrium. De andre to byggene er satt sammen av 62-bygget og 32-bygget. Denne delen rommer barnetrinnet, arealer til SFO, SFO-kantine og bibliotek. 32-bygget er den opprinnelige skolen bygget i 1864, og ble også restaurert i 2013. Skolen ligger på ca. 138 meter over havet.



Figur 3 – Den eldste delen av Siggerud Skole, samt påbygd del. Her holder barnetrinnet til. Foto Fredrik Andersen

Siggerud Skole er vridd ca. 25° mot vest, og har nesten utelukkende «tradisjonelle klasserom». Tomten ligger på en liten topp ved siden av Siggerudveien, og har gode solforhold. Mot vest finnes et lite skogholt som skygger noe for hovedbygningen.



Figur 4 - Hoveddelen til Siggerud Skole. Her holder ungdomstrinnet og mellomtrinnet til. Foto Fredrik Andersen

3.4.1 Solskjerming og vinduer Siggerud Skole

Alle vinduene til skolen er utstyrt med solskjerming av typen screens, bortsett fra på den nordvendte fasaden. Øst og vest er styrt automatisk av Somfy – Anemo Solo, mens sør er styrt manuelt.

Automatikken er styrt av både lys- og temperatursensorer som sitter i hvert klasserom.

Vinduene benyttet i skolen har alle U-verdi på $0,7\text{W/m}^2\text{K}$, og LT-verdi på 56%.

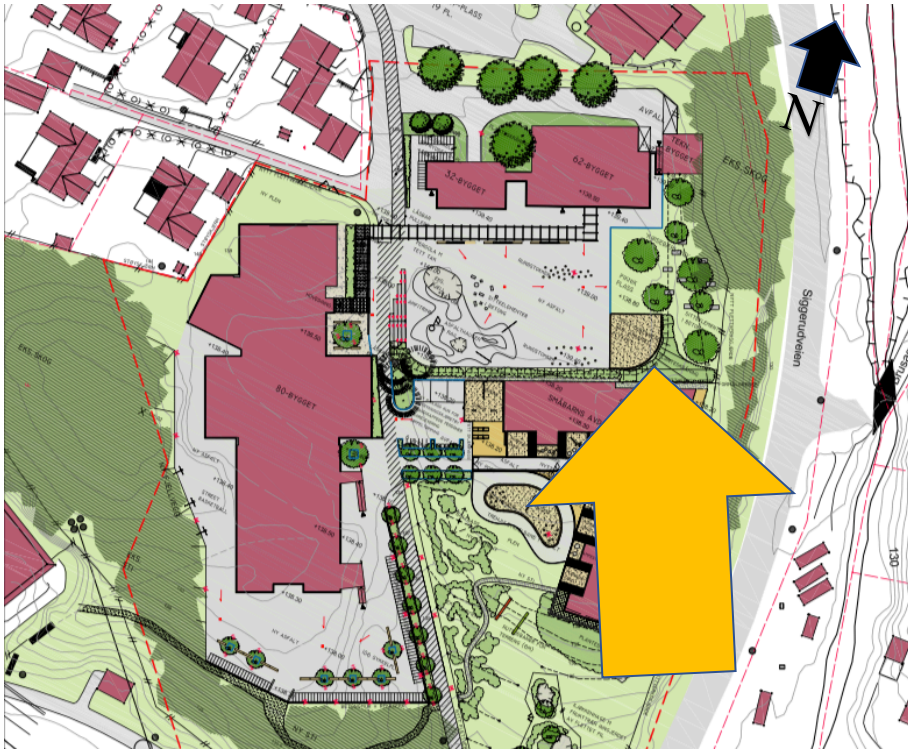


Figur 5 - Screens fra Siggerud Skole. Foto Fredrik Andersen

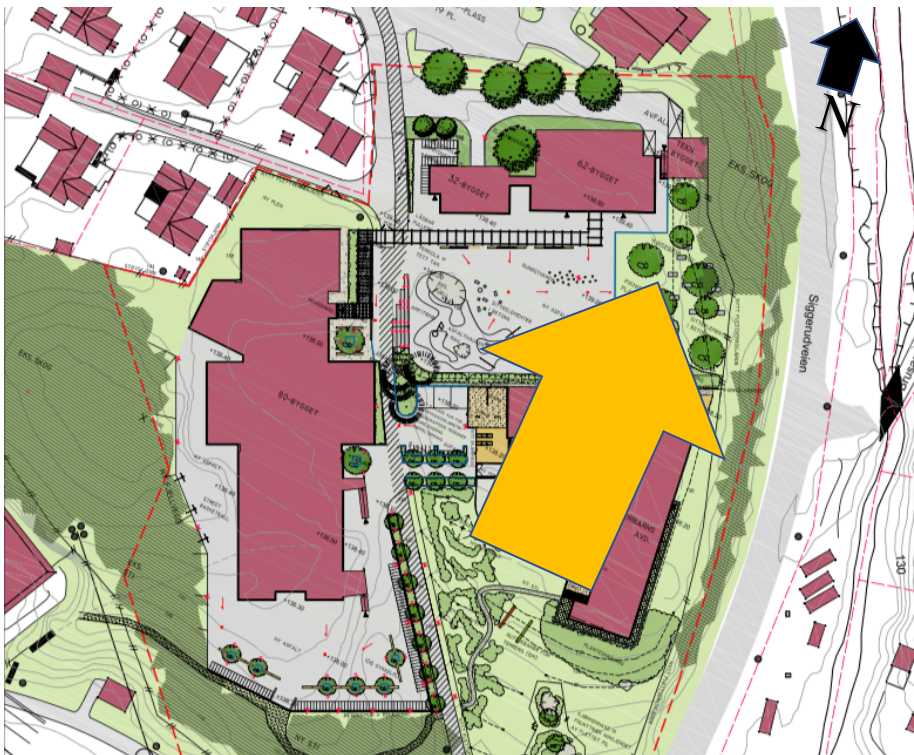
Ramme	Kassett – styreskinne – RAL 7016
Duk	Serge – farge 0160 –
LT-verdi	3,7%
Motor	Ceres 8/12 LT
Automatikk	Somfy – Animeo Solo for 2 fasader

Tabell 3 – Teknisk informasjon om screens brukt på Siggerud Skole

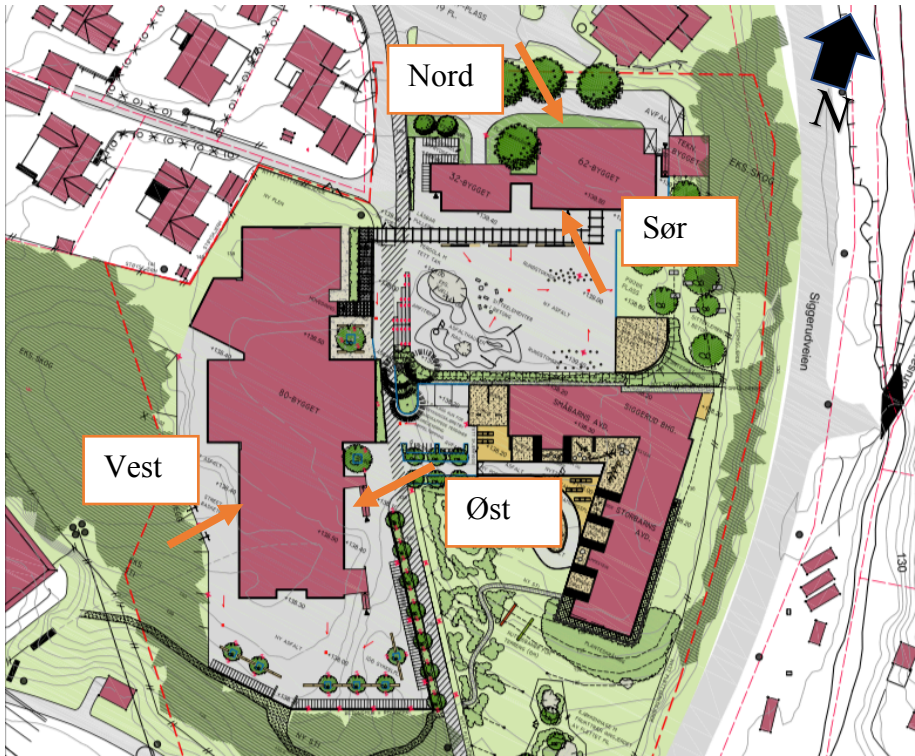
3.4.2 Solstudie Siggerud Skole



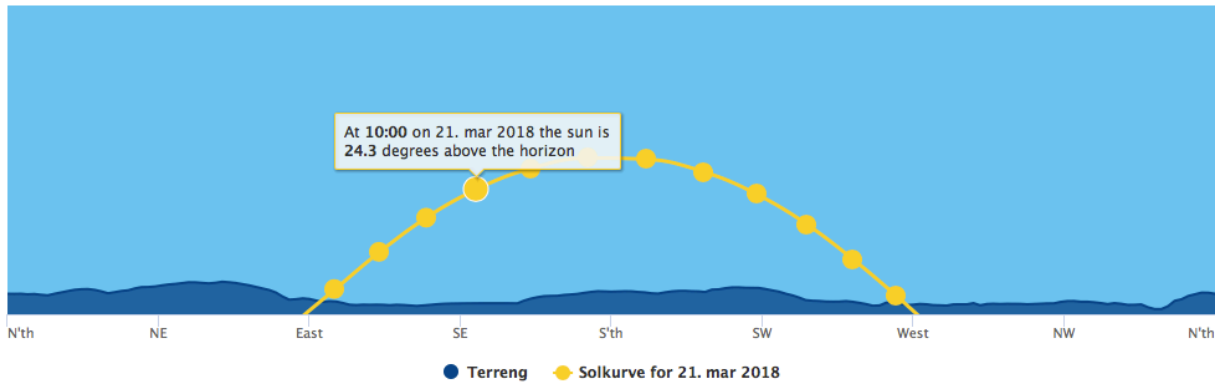
Figur 6 - Solstudie 21.03.18 kl. 10.00. Den gule pilen viser hvilken retning sola skinner på bebyggelsen. (Prosjekterende)



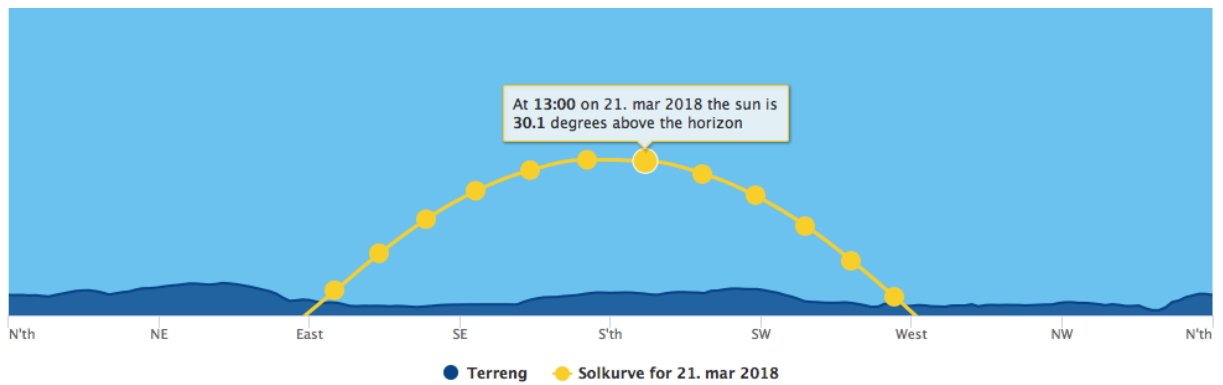
Figur 7 - Solstudie 21.03.18 kl. 13.00. Den gule pilen viser hvilken retning sola skinner på bebyggelsen. (Prosjekterende)



Figur 8 – Plassering av de fire klasserommene. (Prosjekterende)



Figur 9 – Solbane 21.03.18. kl. 10. Sola står 24,3 grader over horisonten ved Siggerud Skole. (SunCalc 2018)



Figur 10 – Solbane 21.03.18. kl. 13 Sola står 30,1 grader over horisonten ved Siggerud Skole. (SunCalc, 2018)

3.4.3 Nord

Det nordvendte klasserommet befinner seg i den gamle delen av bygningsmassen. Fasaden er av eldre dato, og vinduene er ikke oppgradert i forbindelse med nybygget i 2013. Barnetrinnet holder til her.



Figur 11 – Vinduene til klasserommet vendt mot nord. Foto Fredrik Andersen

Areal klasserom: $10\text{m} * 6\text{m} = 60\text{m}^2$

Areal vinduer: $1,2\text{m} * 1,2\text{m} * 2 + 1,1\text{m} * 1,5\text{m} = 4,53\text{m}^2$

Forhold: $4,53\text{m}^2 / 60\text{m}^2 = 7,55\%$

3.4.4 Sør

Det sørvendte klasserommet ligger i et tilbygg til den gamle delen. Det holder derfor samme standard som resten av den nybygde skolen.



Figur 12 – Vinduene til det sørvendte klasserommet. Her med solskjermingen nede. Foto Fredrik Andersen

Areal klasserom: $7,7\text{m} * 4,0\text{m} + 4\text{m} * 2,6\text{m} = 40,3\text{m}^2$

Areal vinduer: $3,45\text{m} * 1,65\text{m} * 2 = 11,39\text{m}^2$

Forhold: $11,39\text{m}^2 / 40,3\text{m}^2 = 28,25\%$

3.4.5 Øst

Det østvendte klasserommet er lokalisert i hoveddelen av skolen, hvor ungdomstrinnet holder til. Klasserommet har også vinduer ut mot trinnarealer med overlys. Disse er neglisjert i utregningene for forholdet mellom vindusareal og bruksareal, fordi dagslysbidraget fra disse vinduene har vist seg å være minimale.



Figur 13 - Vinduene til det østvendte klasserommet. Her med solskjerming nede. Foto Fredrik Andersen

Areal klasserom: $7,2\text{m} * 8,9\text{m} = 64,1\text{m}^2$

Areal vinduer: $1,4\text{m} * 1,8\text{m} * 3 = 7,56\text{m}^2$

Forhold: $7,56 / 64,1 = 11,79\%$

3.4.6 Vest

Det vestvendte klasserommet ligger i hoveddelen av skolen, hvor ungdomstrinnet holder til. Klasserommet har også vinduer ut mot trinnarealer med overlys. Disse er neglisjert i utregningene for forholdet mellom vindusareal og bruksareal, fordi dagslysbidraget fra disse vinduene har vist seg å være minimale. Denne siden av skolen grenser mot et lite skogholt, som skygger for noe av sollyset.



Figur 14 – Vinduene til det vestvendte klasserommet.

Areal klasserom: $7,2\text{m} * 8,5\text{m} = 61,2\text{m}^2$

Areal vinduer: $1,4\text{m} * 1,8\text{m} * 3 = 7,56\text{m}^2$

Forhold: $7,56 / 61,2 = 12,35\%$

3.5 Måling av lysstyrke

Det har blitt vurdert dithen at kun stabile værkatogrier kan benyttes under måling. Hvis det for eksempel er delvis skyet, vil været være altfor skiftende, og lysmålingene bli svært variable. Det ble utført målinger ute hver gang det ble utført målinger inne i klasserommene. Dette er for å kunne regne ut dagslysfaktor. Alle målingene ble utført mens terrenget var snødekt.

Målingene ble utført med Konica Minolta T-10A. Alle utvendige målinger ble gjort i god avstand fra høye trær og skjermende bygninger. Lyset ble målt i en høyde på 1,8 meter over bakkenivå. Hver måling ble gjort som et gjennomsnitt over et minutt. Under målingene ble det registrert lysstyrke, værtype, dato, tid, lokasjon, og eventuelle merknader.



Figur 15 – Lysmålerutstyret brukt i studien. Konica Minolta T-10A med slaveenheter. (Konicaminolta, 2017)

Lysstyrke ble målt i fire typer klasserom, henholdsvis med vinduer mot nord, øst, sør og vest. Hvert klasserom var det samme under hver måling. Altså foregikk hver måling i klasserom med orientering mot nord i det samme klasserommet hver gang. Det samme med de andre himmelretningene.

For å lage et datasett til videre analyse ble det besluttet at hver type klasserom skulle



Figur 16 – Lysmåling. Foto Fredrik Andersen

ha målinger under hver av de tre værtyperne. All kunstig belysning var avslått under alle målinger.

Målingene inne ble utført med Konica Minolta T-10A, inkludert fire slaveenheter der hver enhet måler hver sin lysstyrke. Alle slaveenhetene ble plassert på pulter 0,8 meter over gulvet. Siden kravet til dagslys er 2% *gjennomsnittlig* dagslysfaktor var det viktig å utføre flere målinger i rommet. Derfor ble den første enheten plassert 1 meter fra vindusfasaden, og deretter med 1 meters mellomrom innover i rommet. Alle de fire målingene ble lagt sammen og registrert. Disse resultatene kan senere analyseres og omgjøres til *gjennomsnittlig DF*, ved hjelp av Velux Daylight Visualizer. Under målingene ble det registrert lysstyrke, værtype, dato, tid, type klasserom, om screens var oppe eller nede, og eventuelle merknader.

3.6 Når er screens oppe og nede?

For å kartlegge når dukene går opp og ned, er det gjort noteringer på dette samtidig som lysstyrke ble målt. Det er registrert målinger med screens oppe, og med screens nede. Dukene er sentralstyrt av sensorer i hvert rom som måler lysstyrke og temperatur. Systemet kan ikke overstyres fra de respektive klasserommene. For å få resultater som er mest mulig virkelighetsnære er det vurdert å la solskjerming styre seg selv. På den måten vil alle resultatene gjenspeile faktiske situasjoner i et klassemiljø.

3.7 Dagslyssimulering

For å verifisere lysmålingene er det blitt utført dagslyssimuleringer av alle de fire rommene. Her er softwaret Velux Daylight Visualizer brukt. For å fremskaffe alle nødvendige data til simuleringene er fargene på innerveggene vurdert, og det er innhentet FDV-dokumentasjon på vinduene. Simuleringene har blitt brukt til å regne ut en *korrelasjonsfaktor* mellom målt DF og gjennomsnittlig DF av hele rommet.

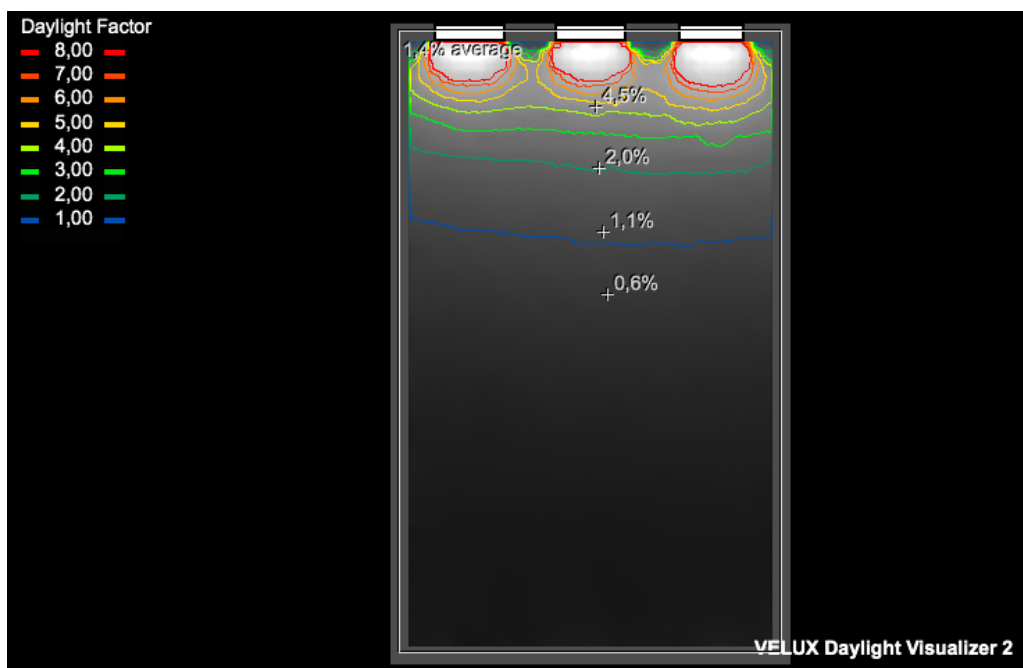
4 Resultater

Dette kapittelet presenterer resultatene fra befaringer på Siggerud Skole, samt lysmålingene som er utført. Resultatene fra befaringene inneholder informasjon om de forskjellige klasserommene det er utført lysmålinger i. Resultatene fra lysmålingene er notert kronologisk i tabell. Tabellene deles opp systematisk, og diverse plott trekkes ut fra tabellene og kommenteres.

4.1 Simulering

Dette delkapittelet fremstiller simuleringer som er utført i Velux Daylight Visualizer. Alle de fire klasserommene har blitt simulert. Fra simuleringene fremgår det hva gjennomsnittlig DF for hele rommet er, samt fire punktmålinger med 1 meters mellomrom, for å etterligne slik målingene faktisk ble gjennomført. For hver simulering etterfølger en utregning, som finner en *korrelasjonsfaktor* mellom de fire målte punktene og den gjennomsnittlige DF av hele rommet. Denne faktoren brukes senere til å gjøre om resultatene fra de fire punktmålingene til det faktiske gjennomsnittet av DF.

4.1.1 Nord



Figur 17 – Simulering av dagslysfaktor i det nordvendte klasserommet. Gjennomsnittet i rommet, samt en etterlikning av de fire punktmåling er vist.

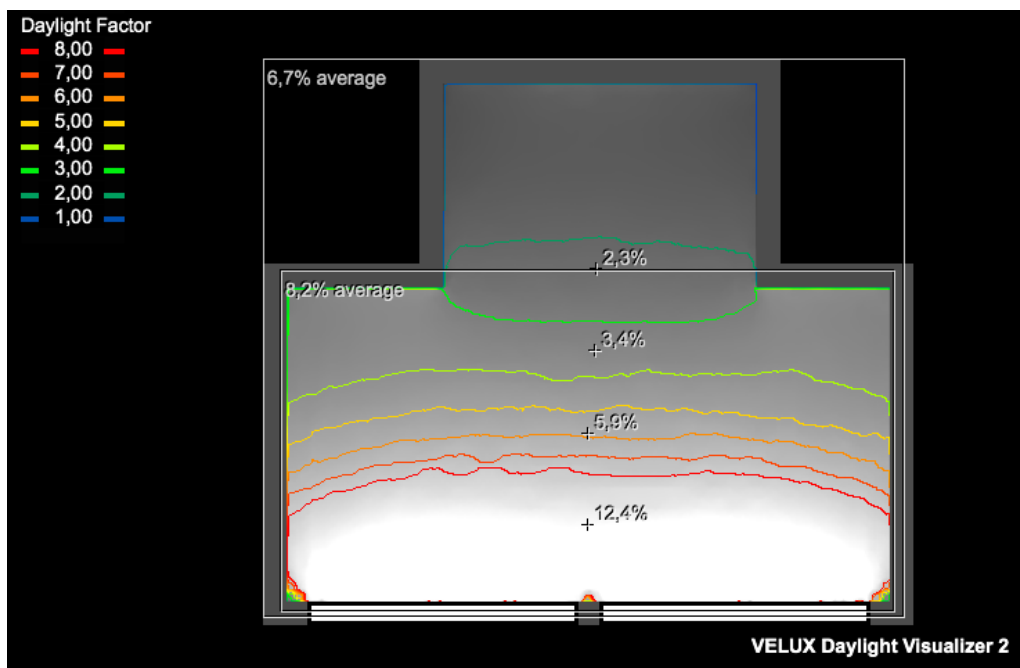
Fra figur 16 kommer det frem at simulert gjennomsnittlig DF i rommet er 1,4%. Et gjennomsnitt av de fire punktmålingene blir:

$$(4,5\% + 2,0\% + 1,1\% + 0,6\%) / 4 = 2,05\%$$

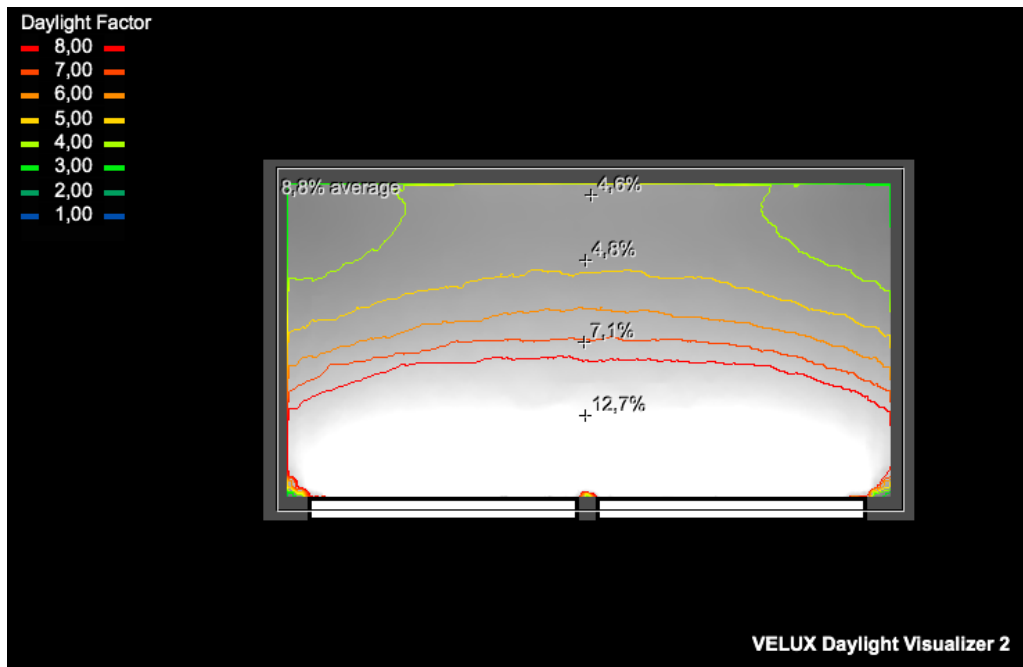
$$1,4\% / 2,05\% = \mathbf{0,68}$$

Faktoren på 0,68 vil derfor være gjeldende for det nordvendte klasserommet, og anvendt senere i resultatene.

4.1.2 Sør



Figur 18 - Simulering av dagslysfaktor i det sørvendte klasserommet. Gjennomsnittet i rommet, samt en etterlikning av de fire punktmålingene er vist.



Figur 19 - Simulering av dagslysfaktor i det sørvendte klasserommet. Her er øvre del av klasserommet tatt vekk fra simulering. Gjennomsnittet i rommet, samt en etterlikning av de fire punktmålingene er vist.

Fra figur 17 kommer det frem at simulert gjennomsnittlig DF i rommet er 6,7%. Et gjennomsnitt av de fire punktmålingene blir:

$$(12,4\% + 5,9\% + 3,4\% + 2,3\%) / 4 = 6,0\%$$

$$6\% / 6,7\% = \mathbf{0,89}$$

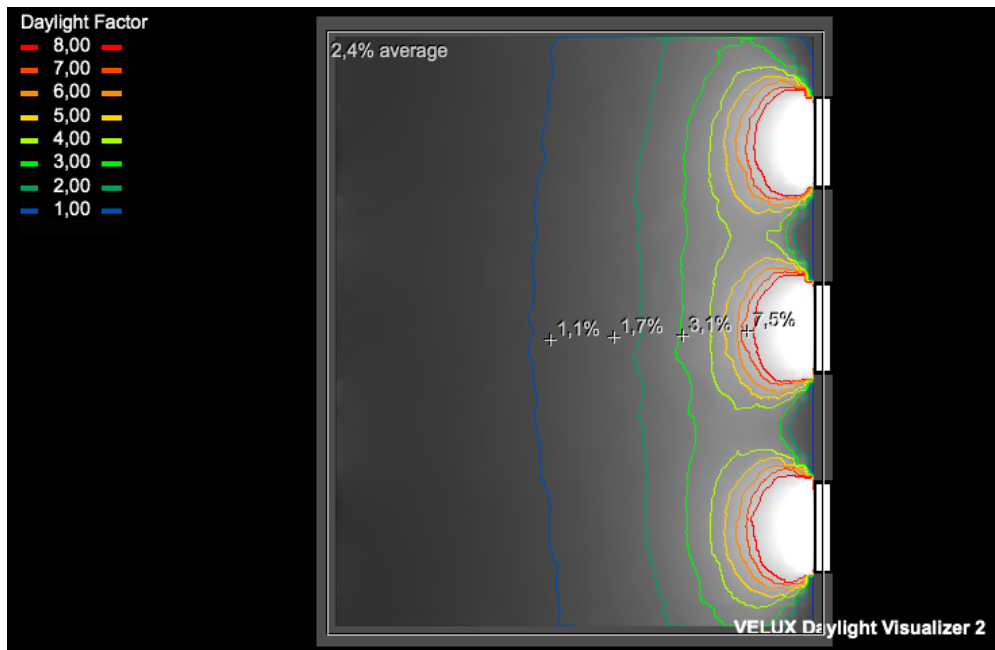
Fra figur 18 kommer det frem at simulert gjennomsnittlig DF i rommet er 8,8%. Et gjennomsnitt av de fire punktmålingene blir:

$$(12,7\% + 7,1\% + 4,8\% + 4,6\%) / 4 = 7,3\%$$

$$7,3\% / 8,8\% = \mathbf{0,83}$$

Faktorene på 0,89 og 0,83 vil derfor være gjeldende for det sørvendte klasserommet, og anvendt senere i resultatene.

4.1.3 Øst



Figur 20 - Simulering av dagslysfaktor i det østvendte klasserommet. Gjennomsnittet i rommet, samt en etterlikning av de fire punktmålingene er vist.

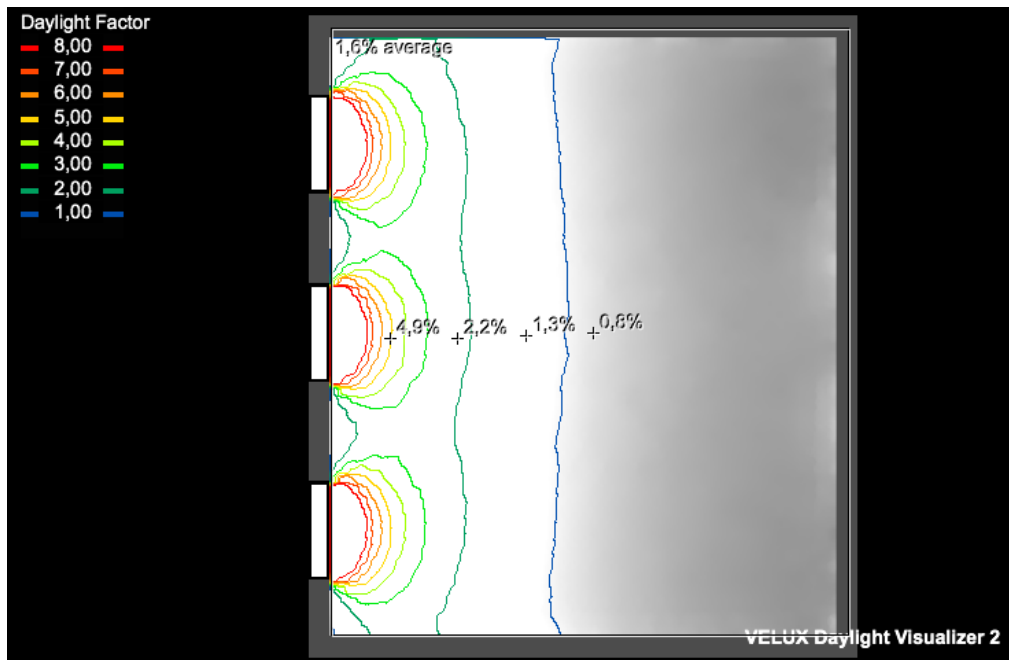
Fra figur 19 kommer det frem at simulert gjennomsnittlig DF i rommet er 2,4%. Et gjennomsnitt av de fire punktmålingene blir:

$$(1,1\% + 1,7\% + 3,1\% + 7,5\%) / 4 = 3,45\%$$

$$2,4\% / 3,45\% = \mathbf{0,7}$$

Faktoren på 0,7 vil derfor være gjeldende for det østvendte klasserommet, og anvendt senere i resultatene.

4.1.4 Vest



Figur 21 - Simulering av dagslysfaktor i det vestvendte klasserommet. Gjennomsnittet i rommet, samt en etterlikning av de fire punktmålingene er vist.

Fra figur 20 kommer det frem at simulert gjennomsnittlig DF i rommet er 1,6%. Et gjennomsnitt av de fire punktmålingene blir:

$$(4,9\% + 2,2\% + 1,3\% + 0,8\%) / 4 = 2,3\%$$

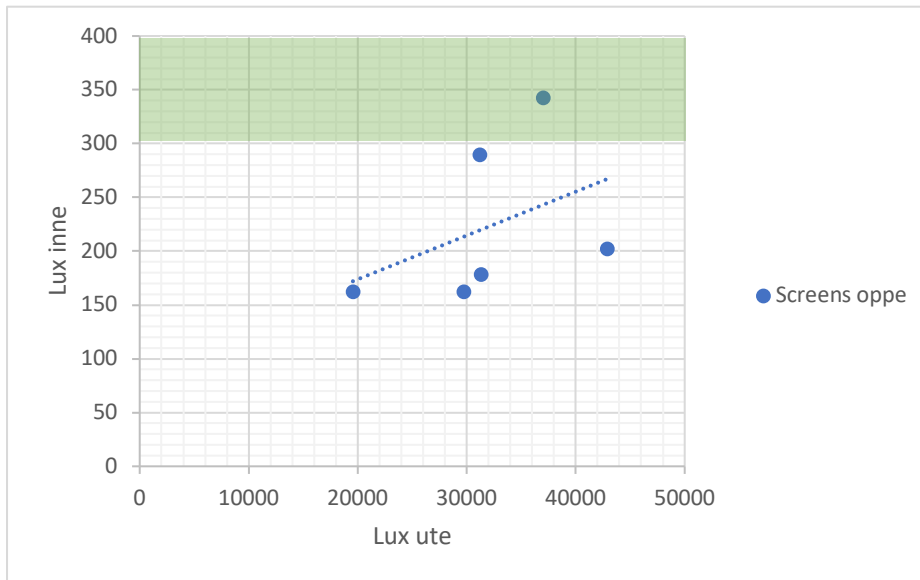
$$1,6\% / 2,3\% = \mathbf{0,7}$$

Faktoren på 0,68 vil derfor være gjeldende for det vestvendte klasserommet, og anvendt senere i resultatene.

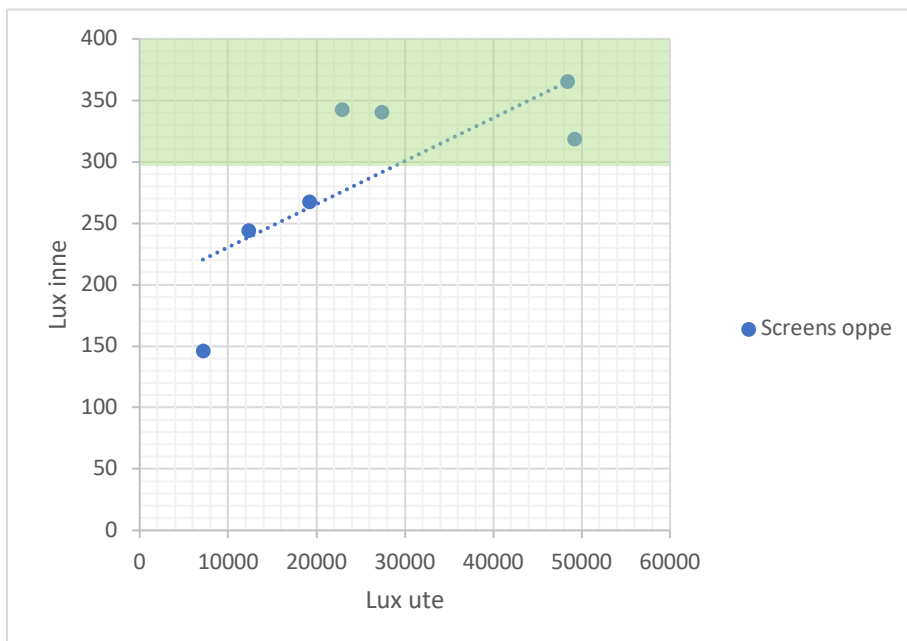
4.2 Lysmålinger

Dette delkapittelet viser alle lysmålingene som ble utført på Siggerud Skole i tabellform, og videre i plot og diagrammer.

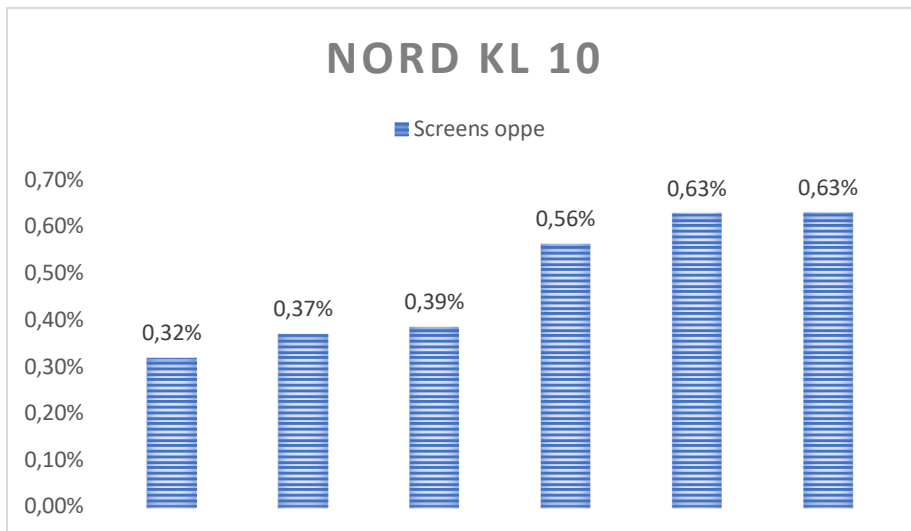
4.2.1 Nord



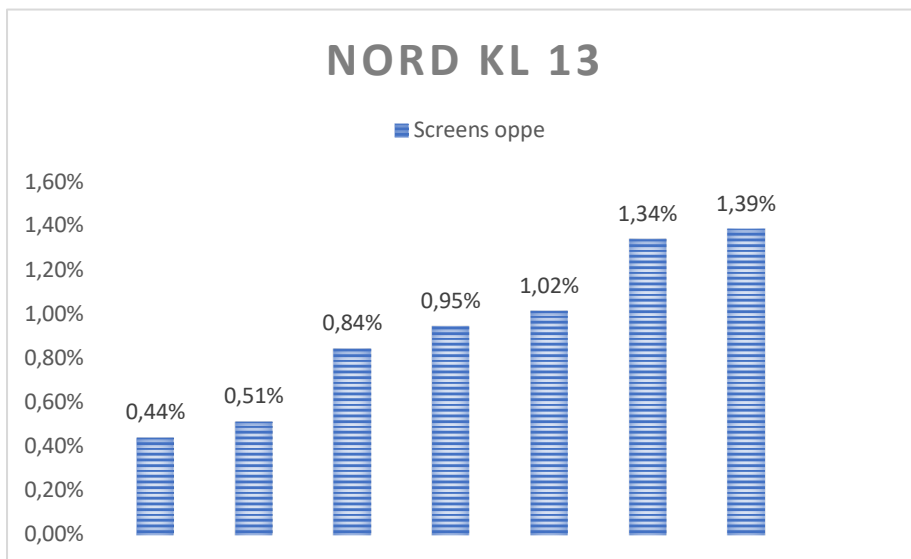
Figur 22 - Målingene fra det nordvendte klasserommet kl. 10. Den prikkete linjen beskriver tendensen. Det grønne feltet viser området som er anbefalt av SINTEF for vanlig skolearbeid.



Figur 23 - Lysmålingene fra det nordvendte klasserommet kl. 13. Den prikkete linjen beskriver tendensen. Det grønne feltet viser området som er anbefalt av SINTEF for vanlig skolearbeid.

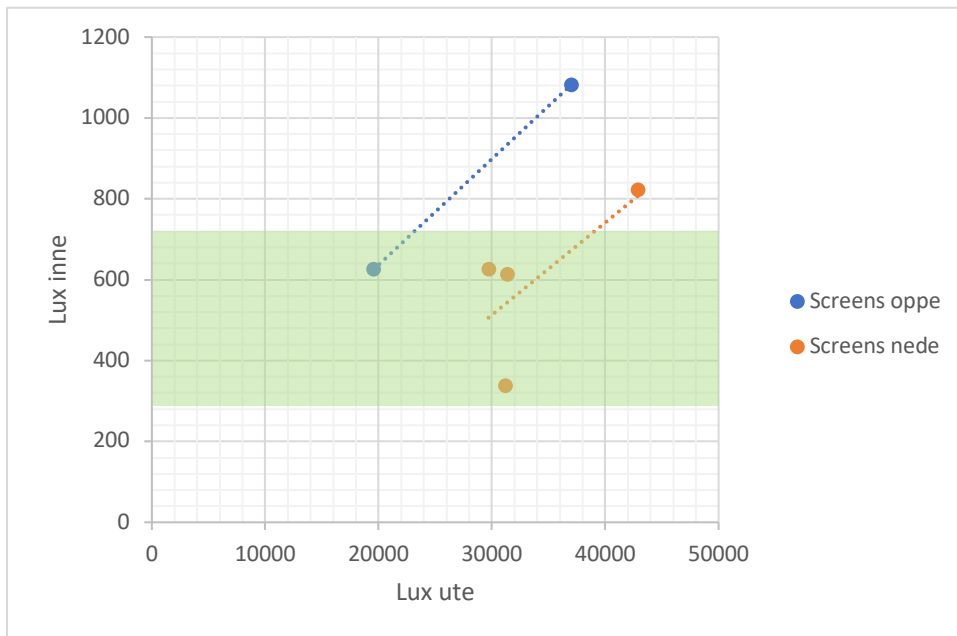


Figur 24 - Korrigert DF for det nordvendte klasserommet. Her kl. 10.

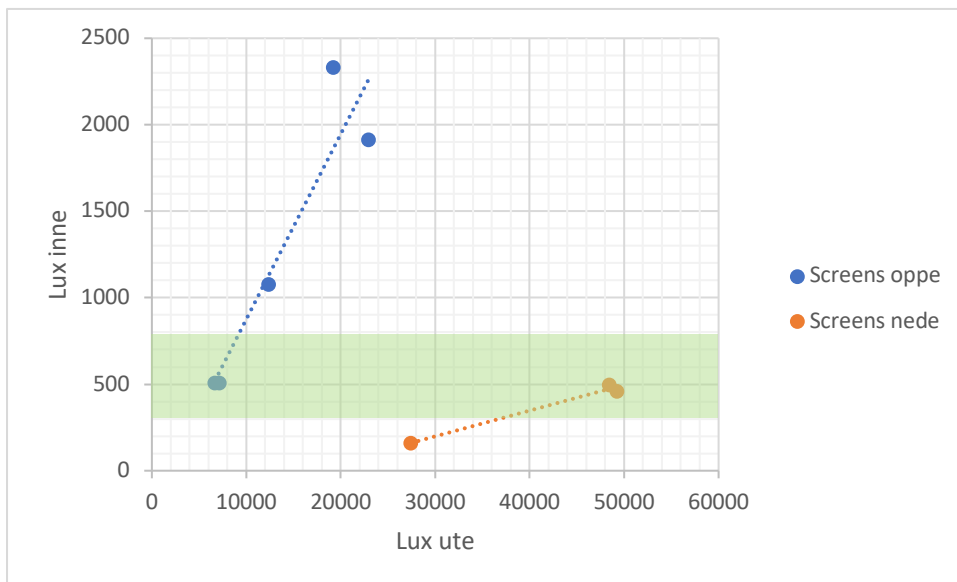


Figur 25 - Korrigert DF for det nordvendte klasserommet. Her kl. 13.

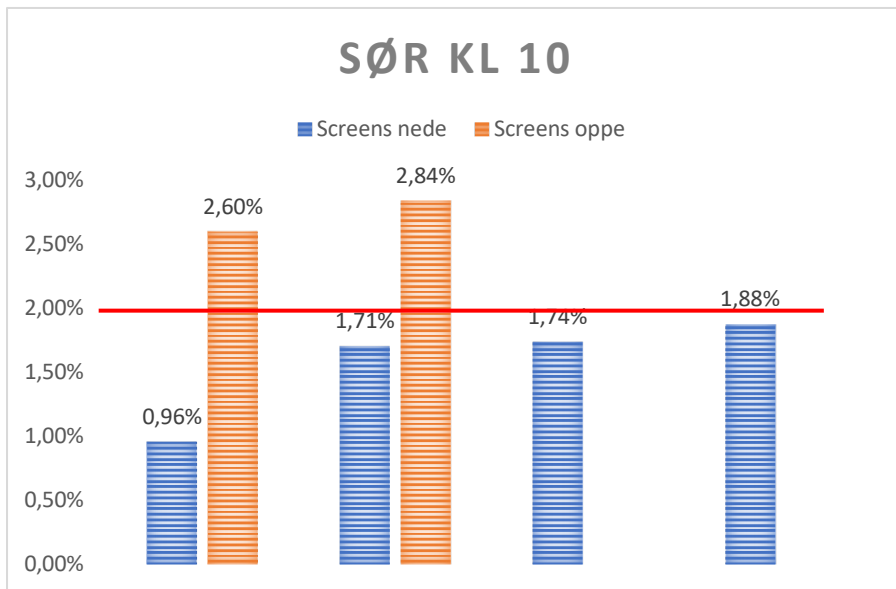
4.2.2 Sør



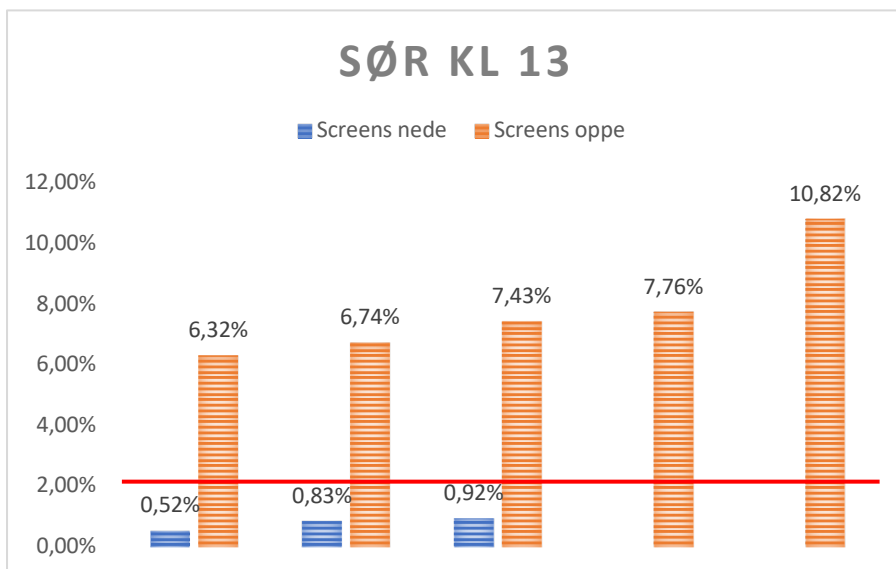
Figur 26 - Målingene fra det sørvendte klasserommet kl. 10. De prikkete linjene beskriver tendensene. Det grønne feltet viser området som er anbefalt av SINTEF for vanlig skolearbeid.



Figur 27 - Målingene fra det sørvendte klasserommet kl. 13. De prikkete linjene beskriver tendensene. Det grønne feltet viser området som er anbefalt av SINTEF for vanlig skolearbeid.

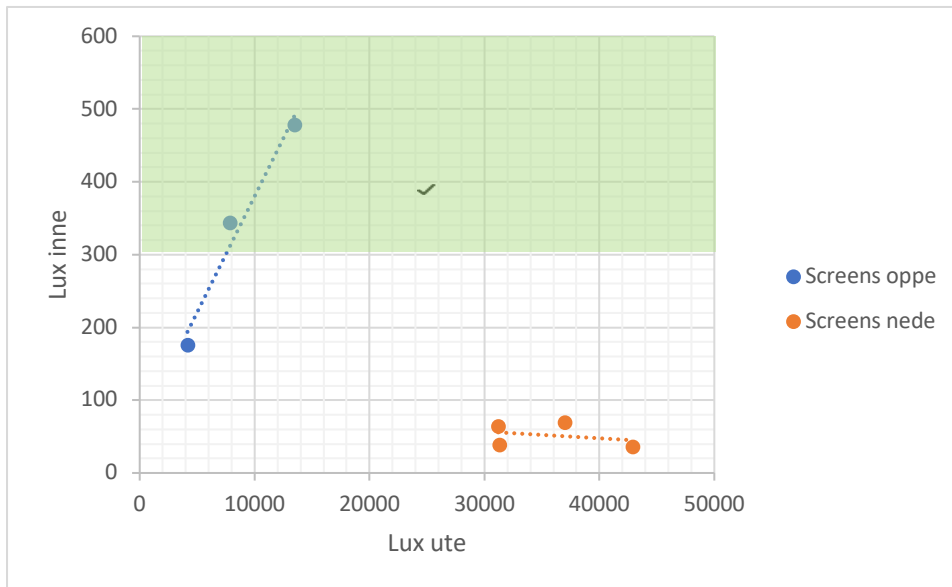


Figur 28 - Korrigert DF for det sørvendte klasserommet. Her kl. 10.

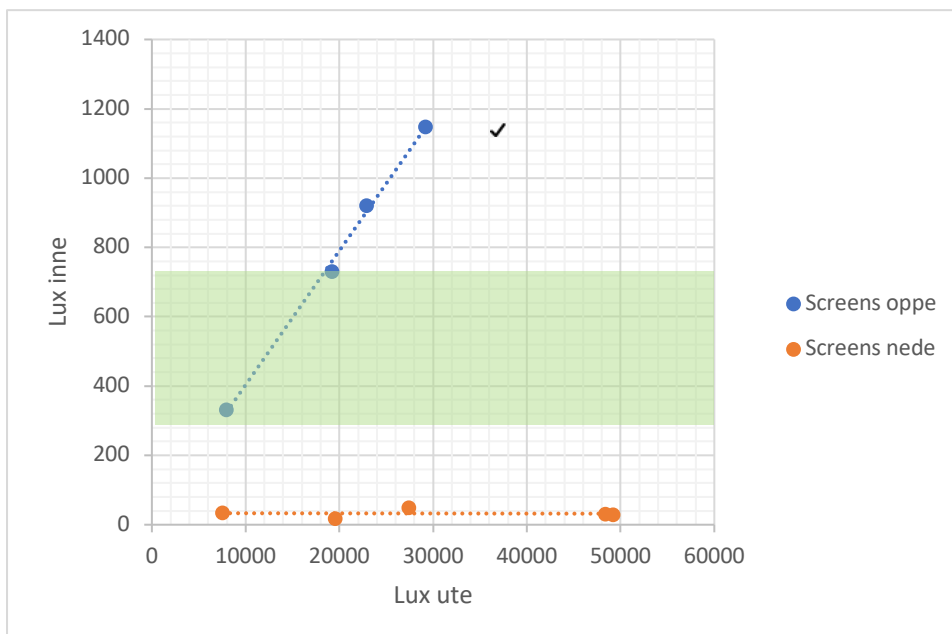


Figur 29 - Korrigert DF for det sørvendte klasserommet. Her kl. 13.

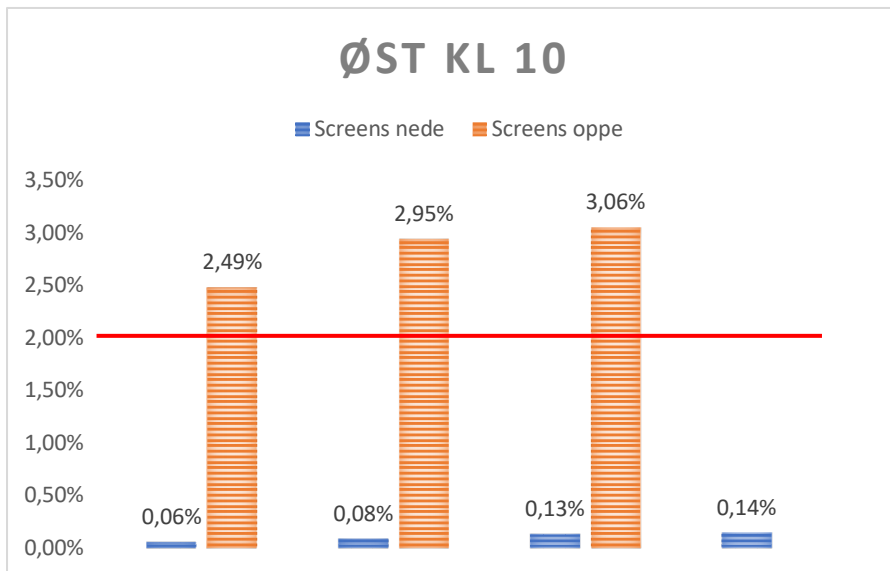
4.2.3 Øst



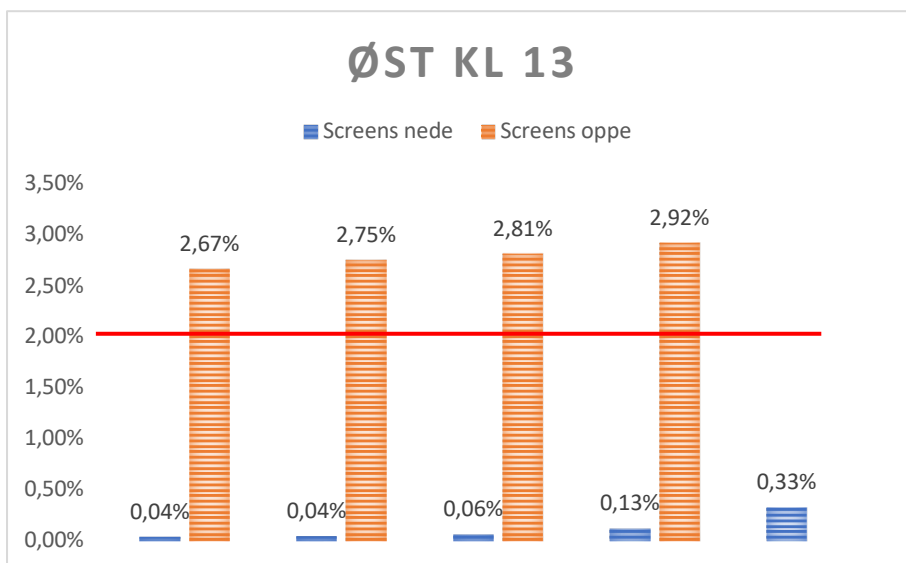
Figur 30 - Målingene fra det østvendte klasserommet kl. 10. De prikkete linjene beskriver tendensene. Det grønne feltet viser området som er anbefalt av SINTEF for vanlig skolearbeid.



Figur 31 - Målingene fra det østvendte klasserommet kl. 13. De prikkete linjene beskriver tendensene. Det grønne feltet viser området som er anbefalt av SINTEF for vanlig skolearbeid.

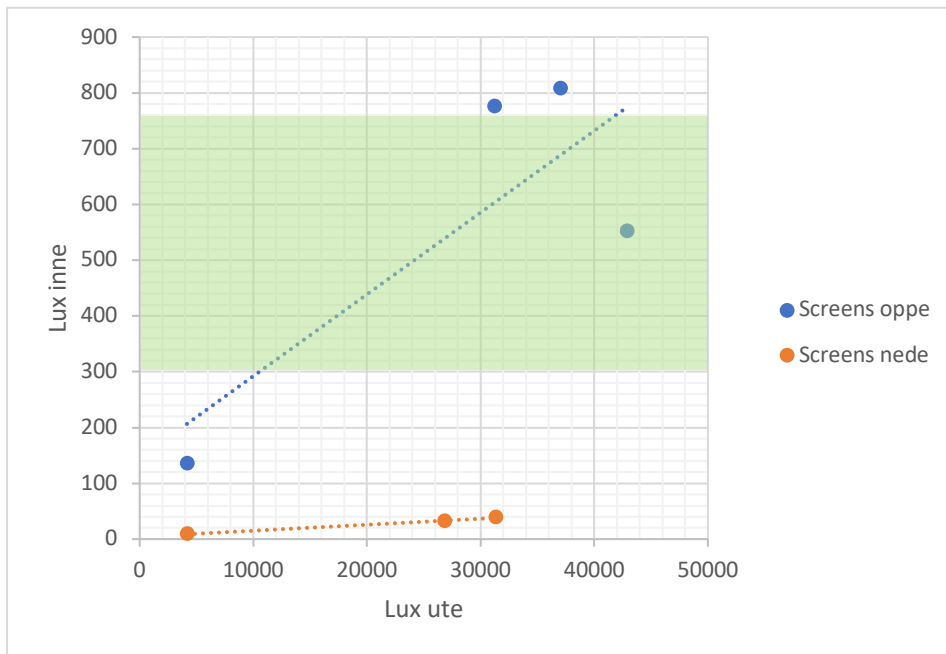


Figur 32– Korrigert DF for det østvendte klasserommet. Her kl. 10.

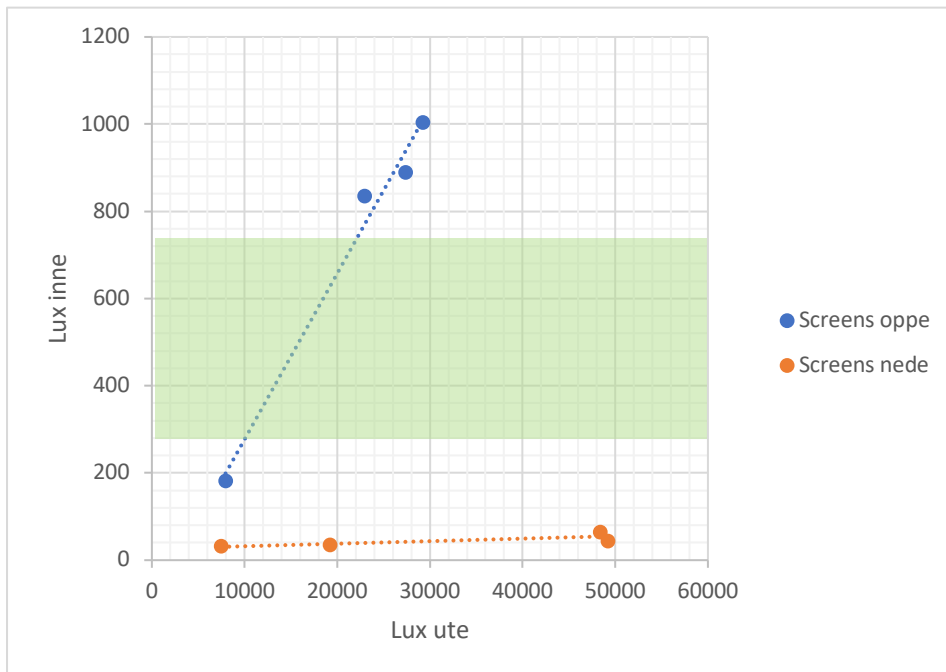


Figur 33 - Korrigert DF for det østvendte klasserommet. Her kl. 13.

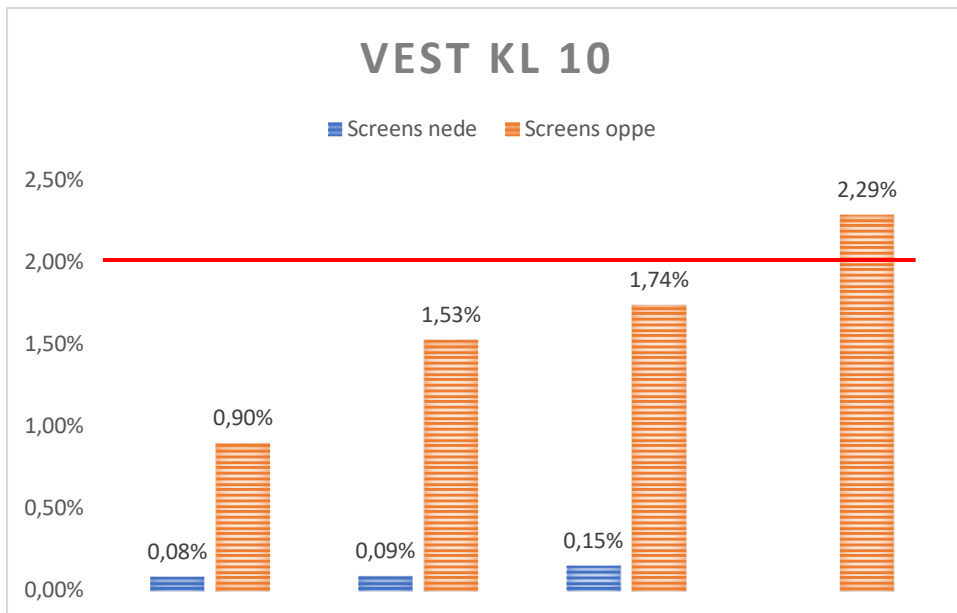
4.2.4 Vest



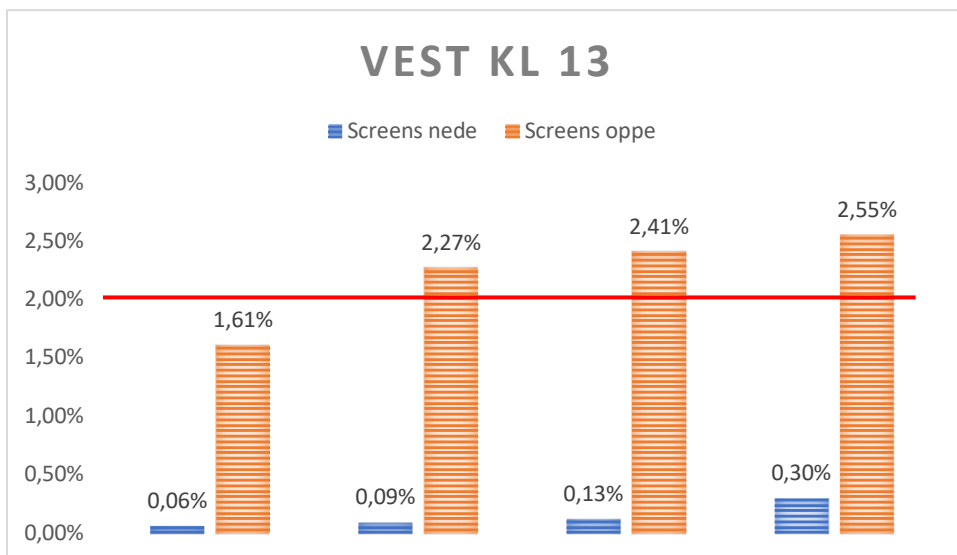
Figur 34 - Målingene fra det vestvendte klasserommet kl. 10. De prikkete linjene beskriver tendensene. Det grønne feltet viser området som er anbefalt av SINTEF for vanlig skolearbeid.



Figur 35 - Målingene fra det vestvendte klasserommet kl. 13. De prikkete linjene beskriver tendensene. Det grønne feltet viser området som er anbefalt av SINTEF for vanlig skolearbeid.



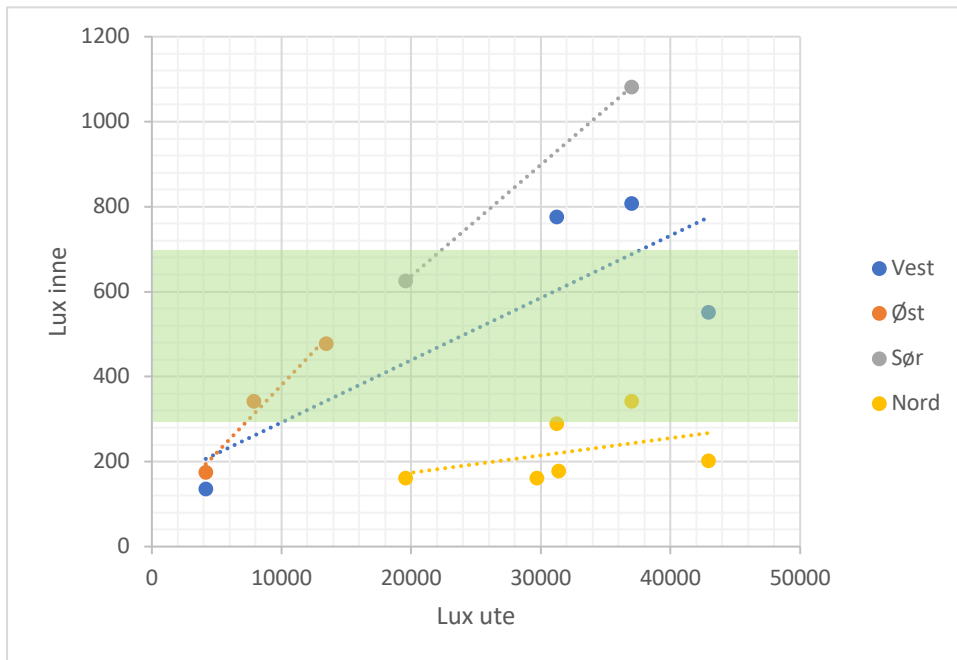
Figur 36 - Korrigert DF for det vestvendte klasserommet. Her kl. 10.



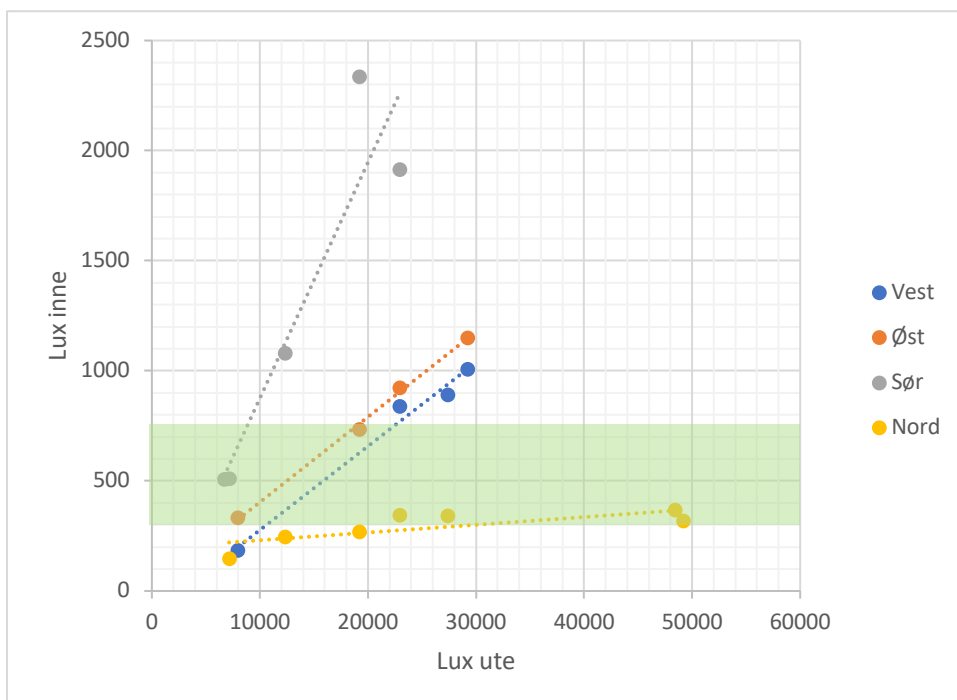
Figur 37 - Korrigert DF for det vestvendte klasserommet. Her kl. 13.

4.2.5 Sammenlikning av klasserom

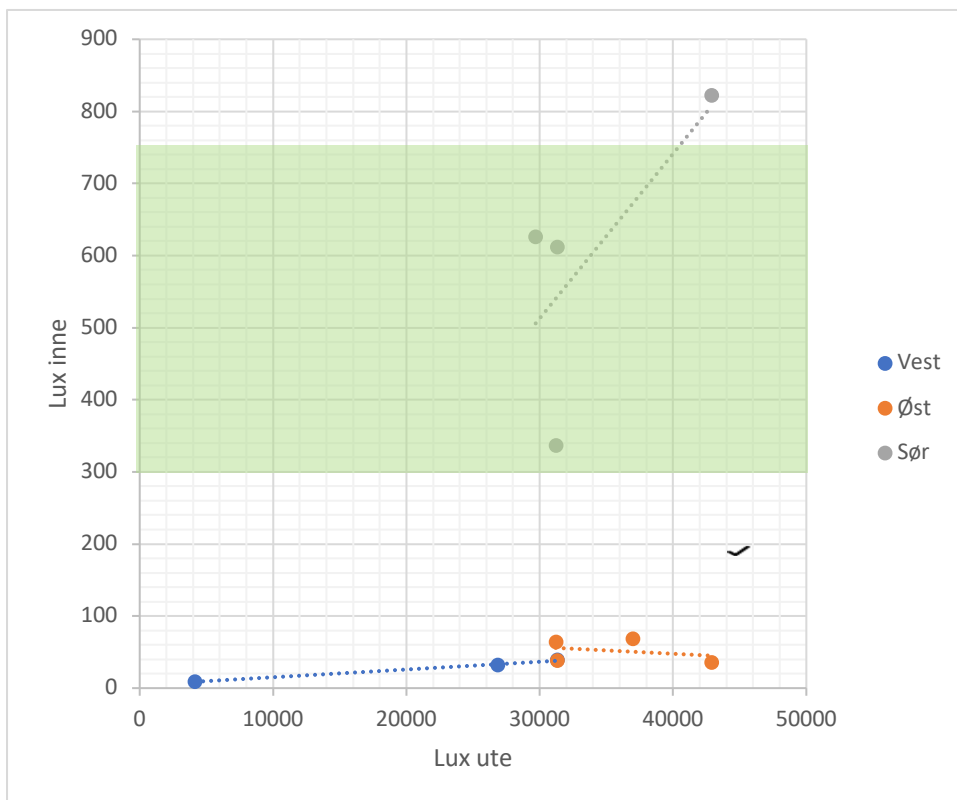
Under dette delkapittelet vises dataene fra de forskjellige klasserommene samlet i felles diagrammer.



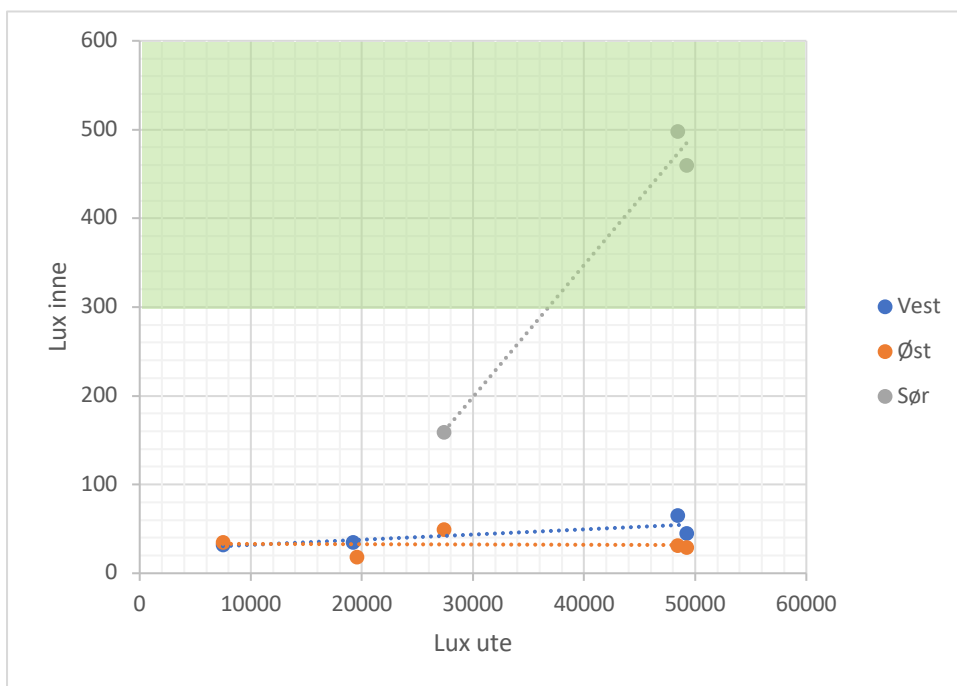
Figur 38 - Målinger fra alle klasserom kl. 10 med screens oppe. Det grønne feltet viser området som er anbefalt av SINTEF for vanlig skolearbeid.



Figur 39 - Målinger fra alle klasserom kl. 13 med screens oppe. Det grønne feltet viser området som er anbefalt av SINTEF for vanlig skolearbeid.



Figur 40 - Målinger fra alle klasserom kl. 10 med screens nede. Her vises ikke det nordvendte klasserommet, fordi det ikke har solskjerming. Det grønne feltet viser området som er anbefalt av SINTEF for vanlig skolearbeid.



Figur 41 – Målinger fra alle klasserom kl. 13 med screens nede. Her vises ikke det nordvendte klasserommet, fordi det ikke har solskjerming. Det grønne feltet viser området som er anbefalt av SINTEF for vanlig skolearbeid.

5 Diskusjon

I dette kapitlet fremstilles en analyse av resultatene fra målingene og befaringene som er utført på den valgte skolen. Analysen tar for seg enkeltmålinger fra de forskjellige klasserommene, samt sammenlikning og mulige feil ved resultatene.

5.1 Innsamling av data

All innsamling av data til denne oppgaven er hentet fra et reelt skolebygg, og ikke et laboratorium eller et fiktivt bygg. Dette styrker validitet betraktelig. Målingene er utført med godt utstyr som er kalibrert mellom hver måling.

Været har til tider vært ustabil i perioden. På dager der været har vært svært skiftende, er det valgt å ikke utføre målinger, grunnet for stor usikkerhet. Fordi det må måles både ute og inne, helst innenfor et kort tidsrom, ville det være uheldig om en sky passerer akkurat når målingene utføres. På dager med helt blå himmel vil målingene være meget stabile, grunnet svært liten endring i lysmengde. På dager med både lett og tett skydekke vil lysmengden variere hele tiden. Fordi lysmengdene er målt over et gjennomsnitt på et minutt, samt at det er utført mange målinger, vurderes det dithen at usikkerheten er relativt lav også her.

Alle måleenhetene har blitt plassert på de samme stedene ved hver måling, som også styrker validiteten til målingene. Det er sørget for at alle stoler er tatt ned fra pultene under hver måling. Det er dog ikke kontrollert at annet møblement er blitt flyttet mellom hver måling. Tegninger og diverse ark henges opp, og tas ned fra vegger ukentlig. Dette vil være usikkerhetsfaktorer for målingene, da det påvirker refleksjon av lys rundt i rommet. Det neglisjeres i utgangspunktet i resultatene, men kan være en forklaring til bidrag i små avvik i målingene.

Terrenget rundt skolen har vært dekket av snø under hele måleperioden. Snødekt terreng reflekterer langt mer dagslys enn bart terreng. Derfor vil resultatene ha høyere lysmengder enn det ville hatt uten snø på bakken. Dette vil utgangspunktet styrke hypotesen til oppgaven. Hvis kravet til dagslysfaktor og lysmengde ikke er tilfredsstilt når terrenget er snødekt, vil det i hvert fall ikke gjøre det når det er bart.

Kravet til DF er 2% gjennomsnittlig dagslysfaktor i rommet. Målingene som er utført viser ikke et gjennomsnitt av hele rommet, men et gjennomsnitt av fire punkter innover i rommet. For at dette skal kunne sammenliknes med kravet er det gjort en tilnærming. Ved å sammenlikne DF fra fire punkter i en simulering fra Velux Daylight Visualizer, med fire punkter fra virkelige målinger, kan det utarbeides en faktor for differanse. Velux oppgir gjennomsnittlig DF i hele rommet. Ved bruk av faktoren for differansen mellom simulering og virkelige målinger, kan alle virkelige punktmålinger transformeres til et gjennomsnitt av hele rommet. Etter samtale med Leif. D Houck antas dette å være en fornuftig måte å beregne gjennomsnittlig DF.

Under beregning og analyse av resultatene er det valgt å se bort ifra LT-verdi til vinduer og screens. Lystransmisjonsverdien (LT-verdi) er hvor mye synlig lys som slipper gjennom en overflate. Både vinduer og screens på Siggerud Skole antas å være av standardiserte varianter. Ved overføring av teori og resultater til andre bygg må LT-verdier hensyntas.

Beregningene fra 4.1 samlet i tabell 4 viser sammenhengen mellom korrelasjonsfaktorene til de forskjellige klasserommene:

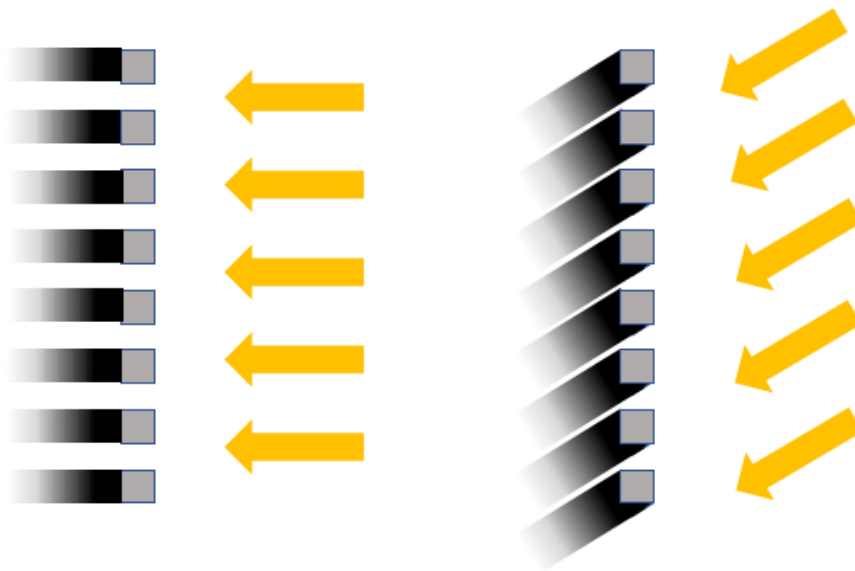
Klasserom	Simulert gjennomsnittlig DF	Simulert gjennomsnitt av 4 punktmålinger	Korrelasjonsfaktor	Forhold areal vindu / bruksareal
Nord	1,4%	2,05%	0,68	7,55%
Sør	6%	6,7%	0,89	28,25%
Øst	2,4%	3,45%	0,7	11,79%
Vest	1,6%	2,3%	0,7	12,35%

Tabell 4 – Sammenheng mellom korrelasjonsfaktorene til de forskjellige klasserommene.

Det at øst og vest er like virker sannsynlig da de er svært like i form, og har helt like vinduer og vindusplassering. Nord har noe mindre vinduer og er dypere. At faktoren er lavere gir mening fordi den innerste halvdel vil trekke ned gjennomsnittet for DF, da denne er betraktelig lavere enn den ytterste halvdel. Det sørvendte rommet har en noe kompleks form, og det er derfor det ligger to verdier til grunn. Det ble diskutert å bruke utregningen fra der toppen av rommet er kuttet bort. Dette fordi den øverste delen av rommet ikke er møblert,

og i praksis ikke brukes som en del av klasserommet. Her vil faktoren trolig bli noe feil, fordi refleksjonen fra den nordre veggen vil være større enn i praksis. Siden de faktiske målingene er utført i klasserommet slik som det opprinnelig er, vil det være faktoren på 0,89 som legges til grunn.

Ved analyse av dataene viser det seg at lysmengden inne ikke alltid øker proporsjonalt med lysmengden ute. Dette kan forklares ved hjelp av figur 42.



Figur 42 – Snitt av screenen, sett ovenfra. Til venstre er sola normalt på screenen, og til høyre har sola en skarpere vinkel. Ved skarpere vinkel vil mer av lyset bli absorbert av screenen

5.2 Nord

Figur 22 og figur 23 viser klare tendenser på sammenhengen mellom lux ute og lux inne. Begge viser proporsjonalitet, altså at lysmengde inne stiger jevnt når lysmengden ute øker. Likevel er det noe spredning. Dette kan skyldes usikkerheter som unøyaktige målinger, skiftende vær, endret møblering, som nevnt i 5.1.

Figur 22 og figur 23 viser også at det er en klar forskjell på DF kl. 10 og kl. 13. I teorien skal DF være lineær uavhengig av klokkeslett. Avviket kan trolig forklares ut ifra endrende værtyper og solbaner. En teoretisk DF regnes ut ifra når himmelen er helt skyet, og sollyset

ikke har noen «retning». I praksis vil det nordvendte klasserommet få mer sol kl. 13, fordi sola står høyere på himmelen. Dette vil gjelde spesielt for målingene under blå himmel.

Tabell 24 og figur 25 viser at alle målinger har en DF på under 2%, altså for lavt. Utrekningen fra 3.4.3 viser at vindusarealet kun er 7,55% av gulvarealet. Dette er den gamle delen av skolen, der vinduene ikke er oppgradert til dagens standard. Derfor er det ikke overraskende at målingene sier at lysmengden ikke tilfredsstillende dagens krav til DF.

Det nordvendte klasserommet har ikke screens, fordi det ikke er krav til solskjerming på fasader som ikke er solutsatte. Dette gjør at det ikke finnes noen målinger med screens nede, og det kan heller ikke gjøres noen sammenligninger på dette området.

5.3 Sør

Figur 26 og figur 27 viser svært klare tendenser for forholdet mellom lux inne og ute. Det kommer frem at alle målingene ligger svært tett på tendenslinjen, altså at målingene er lineære. Dette støtter teorien om at DF skal være lineært uavhengig av klokkeslett og lysmengde.

Figur 26 viser at målingene med og uten screens er lineære og tilnærmet parallelle kl. 10. Begge er også proporsjonale, som betyr at lysmengden inne stiger jevnt med lysmengden ute. Derimot viser figur 27 at målingene med og uten screens er lineære, men ikke parallelle kl. 13. Når screens er nede går det frem at tendensen er langt fra proporsjonal. Lysmengden øker lite inne selv når den øker mye ute. Fra solstudiet i 3.4.2 går det frem at sola skinner 90° på fasaden kl. 10. Kl. 13 vil hoveddelen av skolen skygge noe for det sørvendte klasserommet. I tillegg står sola høyere på himmelen kl. 13, som vil føre til at sola skinner mer rett ned på lysmålerne. Når screenen er nede vil lyset bli langt mer diffust, og miste noe av sin distinkte vinkel. Desto skarpere vinkel sola har på fasaden, desto mer lys vil absorberes av screenene. Dette gjelder både når sola står høyere på himmelen, og når sola beveger seg rundt bygget og ikke lenger står 90° på fasaden. Se figur 42 for en nærmere beskrivelse.

Det kan derfor være logisk at tendensen for målinger kl. 13 med screens oppe er proporsjonal, mens den med screens nede ikke er proporsjonal. Dette betyr i praksis at når screens er oppe vil lysmengden stige inne jevnt med lysmengde ute. Derimot når screens er nede vil lysmengden inne forbli omtrent lik selv om lysmengden ute stiger drastisk.

Fra figur 28 og figur 29 går det frem at samtlige av syv målinger med screens nede har for lav DF, altså under 2%. Alle syv målinger med screens oppe er langt innenfor kravet på 2% gjennomsnittlig DF. Her støtter altså 100% av målingene hypotesen om at kravet til DF ikke er tilfredsstilt når screens er nede.

Utregningen fra 3.4.4 tilsier at dagslysflaten utgjør 28,25% av bruksarealet, hvilket er langt innenfor minimumskravet på 10%. Dette stemmer godt overens med de høye lysmengdene målt i det sørvendte klasserommet.

5.4 Øst

Figur 30 og figur 31 viser nok engang klare tendenser mellom lux ute og inne. Alle målingene er tett på tendenslinjene. For målingene med screens oppe er forholdet mellom lysmengde ute og inne tilnærmet proporsjonale. Derimot er målingene med screens nede langt fra proporsjonale. Ved å se på solstudiet fra 3.4.2 går det frem at sola har en skarp vinkel på hovedbygget hvor det østvendte klasserommet ligger. Vinkelen er skarp både kl. 10 og kl. 13. Her kan forklaringen fra figur 42 passe godt igjen. Mye av lyset blir absorbert i screenen når solvinkelen er skarp.

Fra figur 32 og figur 33 går det frem at samtlige av ni målinger med screens nede har DF langt under kravet på 2%. De ni målingene ligger fra 0,04% - 0,33% DF som er urovekkende lavt. Alle syv målingene med screens oppe ligger over kravet på 2% DF. Dette kan nok igjen skyldes solvinkelen. Når screenen er oppe vil sola skinne gjennom glasset selv om solvinkelen er relativt skarp. Når screenen er nede vil mesteparten av lyset bli absorbert, selv om det er veldig mye dagslys målt ute. Her støtter igjen 100% av målingene hypotesen om at kravet til DF ikke er tilfredsstilt når screens er nede.

Utregningen fra 3.4.5 tilsier at dagslysflaten utgjør 11,79% av bruksarealet, hvilket er innenfor minimumskravet på 10%.

5.5 Vest

Figur 34 og figur 35 også her klare tendenser mellom lysmengde ute og inne. Alle målingene er tette nok på tendenslinjen til at det kan trekkes slutning om en sammenheng. For målingene

både kl. 10 og kl. 13 med screens oppe er tendensen lineær og tilnærmet proporsjonal. Det betyr at lysmengden inne øker jevnt med lysmengden ute.

For målingene med screens nede, både kl. 10 og kl. 13, er derimot proporsjonaliteten langt dårligere. Ved økning i lux ute, er det nesten ingen økning i lux inne. Dette kan, som også for det østvendte klasserommet, forklares fra figur 42. Screenen absorberer mesteparten av lyset når solvinkelen er skarp Solstudiet i 3.4.2 viser at solvinkelen er nær parallell med fasaden til det vestvendte klasserommet.

Fra figur 36 og figur 37 går det frem at samtlige av de syv målingene med screens nede har DF under kravet på 2%. Målingene ligger på 0,06% - 0,3% DF som er langt under kravet. Målingene med screens oppe fra kl. 10, viser at tre av fire målinger faktisk ligger under kravet til 2% DF. Solstudiet i 3.4.2 viser at det vestvendte klasserommet har en meget uheldig solvinkel akkurat kl. 10, og dette kan være noe av forklaringen. Tabell 10 viser at de tre målingene som ligger under kravet alle er fra lettskyet vær, noe som bør gjøre målingene mer reelle i forhold til en teoretisk målt DF. Derimot er kun en av fire målinger kl. 13 når screens er oppe under kravet på 2%. Her skinner sola mer fra vest, og fasaden vil få mer lys enn kl. 10.

Utrekningen fra 3.4.6 tilsier at dagslysflaten utgjør 12,35% av bruksarealet, hvilket er innenfor minimumskravet på 10%.

5.6 Sammenlikninger av klasserom

Resultatene fra målingene både kl. 10 og kl.13 med screens oppe vises i henholdsvis figur 38 og figur 39. For målingene kl. 10 har alle klasserommene relativt lik tendenslinje bortsett fra det nordvendte klasserommet. Den har en noe slakere proporsjonalitet enn de andre, som kan skyldes at vindusareal her kun er 7,55% av gulvarealet. Kl. 13 er tendenslinjene mer spredt. Vest og øst er svært like, mens sør er brattere og nord slakere. Dette samsvarer med resultatene fra kl. 10. Det sørvendte får høyest lysmengde trolig fordi det har en større andel vindusareal. Igjen kommer det nordvendte dårligst ut, som er logisk med tanke på de små vinduene.

Figur 40 og 41 viser målingene fra kl. 10 og kl. 13 med screens nede. Her skiller plottene seg markant fra målingene med screens oppe. Det nordvendte klasserommet mangler, fordi det

ikke har solskjerming. Det sørvendte klasserommet har en proporsjonal tendenslinje, som er hva som kan forventes av slike målinger, fordi sola står tilnærmet normalt på den sørvendte fasaden. Når lysmengden ute øker, vil lysmengden inne også øke. For det vestvendte og østvendte klasserommet er ikke dette tilfellet. Det viser seg at lysmengden inne øker svært lite, selv om lysmengden uten øker betraktelig. Det østvendte klasserommet kan til og med anses å ha en negativ tendens, altså at lysmengden blir *lavere* inne etter hvert som den stiger ute. Her henvises det igjen til figur 42, som forklarer at screens absorberer mer lys ved en skarpere solvinkel.

5.7 Dagslysfaktor eller lysmengde?

Majoriteten av målingene viser at DF er for lav når screens er nede, i forhold til kravet på 2% gjennomsnittlig DF. Vest, øst og sør er alle innenfor 10%-regelen når det kommer til vindusareal. Det interessante vil være hvor *mye* lys som finnes i klasserommene ved de forskjellige situasjonene. Fra tabell 8 som viser lysmålinger for det sørvendte klasserommet, går det frem at samtlige målinger der screens er nede, er gjennomsnittlig DF under 2%. Det kan derfor bekreftes at kravet ikke er tilfredsstillt i henhold til TEK10. Derimot er lysmengdene til seks av syv målinger innenfor 300-750 lux, slik som SINTEF anbefaler at normalt arbeid bør ha (se tabell 2). Altså er 0% av målingene godkjent i henhold til krav om DF, men 86% godkjent ut ifra SINTEF sin anbefaling om lysmengder ved forskjellig arbeid. Hvis seks av syv målinger viser at det er tilstrekkelig lys på overflaten til en pult til å utføre normalt skolearbeid, bør kanskje dette regnes som tilstrekkelig uavhengig av 2%-regelen.

Det nordvendte klasserommet har ikke solskjerming. Samtlige av 13 målinger viser at DF er under kravet på 2%. Her kommer det tydelig frem at vinduene ikke er store nok, og at rommet derfor ikke opprettholder dagens krav. Allikevel er fem av 13 målinger over 300 lux, altså innenfor SINTEF sin anbefaling om lysmengder ved forskjellig arbeid. Igjen kan det settes spørsmålsteget ved hvorvidt kravet til gjennomsnittlig DF er en god nok metode for måling av dagslys. For det vestvendte og østvendte klasserommet er derimot både DF og lysmengde betraktelig for lav når screens er nede.

Tid	Klasserom	DF korr	Lux inne
kl 10	Nord	0,48 %	223
kl 10	Sør	2,72 %	854
kl 10	Øst	2,83 %	332
kl 10	Vest	1,62 %	568
kl 13	Nord	0,93 %	289
kl 13	Sør	1,57 %	599
kl 13	Øst	2,79 %	783
kl 13	Vest	2,21 %	729

Tabell 5 – Sammenlikning av DF korrigeret og lux målt inne. Her med screens oppe. Hvert tall er et gjennomsnitt av alle målinger utført innenfor de respektive kategoriene.

Tid	Klasserom	DF korr	Lux inne
kl 10	Sør	7,82 %	1267
kl 10	Øst	0,10 %	52
kl 10	Vest	0,11 %	27
kl 13	Sør	0,75 %	372
kl 13	Øst	0,12 %	32
kl 13	Vest	0,15 %	44

Tabell 6 – Sammenlikning DF korrigeret og lux målt inne. Her med screens nede. Hvert tall er et gjennomsnitt av alle målinger utført innenfor de respektive kategoriene.

Tabell 5 og tabell 6 oppsummerer alt som er forklart tidligere i 5.7. I de tilfellene det er forskjellig farge på DF korr og lux inne, er kravene i strid med hverandre. Altså er kravet tilfredsstilt i henhold til TEK10 sin 2%-regel, men ikke i henhold til SINTEF sin anbefaling for lysmengde ved forskjellig type arbeid, eller omvendt. Dette gjelder i seks av 14 tilfeller.

6 Konklusjon

I denne oppgaven påstås det å ha funnet et nokså entydig svar om at kravet til gjennomsnittlig dagslysfaktor *ikke* er tilfredsstillt når mekanisk solskjerming dekker for vinduene for Siggerud Skole. Det er dog ut fra den gitte duktykkelsen på solskjermene, vindustypene, vindusplassering, orientering av klasserom og omkringliggende bebyggelse/vegetasjon. Likevel kan alle disse variablene sies å være gjennomsnittlige for den valgte skolen, samt lett overførbare. Resultatene er så klare at det må kunne konkluderes med at mekanisk solskjerming av typen screens bør vurderes grundigere i fremtidige byggeprosjekter. På dager med mye dagslys, der solskjerming er nede, vil den stenge store deler av lyset ute, og skape mørke klasserom.

Et annet interessant funn var at flere målinger der gjennomsnittlig dagslysfaktor var under kravet på 2%, var likevel lysmengden på 300-750 lux, som er innenfor SINTEF sin anbefaling for normalt skolearbeid. Dette gjaldt kun klasserom der lyset traff 90° på solskjermingen/fasaden.

6.1 Videre arbeid

I denne undersøkelse er det forsket hovedsakelig på skolebygg med *screens* som solskjerming. Det ville vært interessant å gjøre liknende undersøkelse på skoler med andre typer solskjerming, både mekanisk og fastmontert. Dette for å se på forskjeller og eventuelle sammenhenger mellom DF i rom ved forskjellige skjermingssituasjoner.

Studien baserer seg rundt viktigheten av dagslys i skolebygg, der læringsmiljø er et fokus. Det vil være vel så interessant å studere forskjellig solskjerming i kontorbygg, sykehus, kulturbygg og andre type bygninger, der behovet for dagslys er like viktig.

Det kommer frem fra oppgaven at kravet til DF kan være noe misvisende i forhold til hva som faktisk er ønsket av dagslys i et bygg. Videre kunne det vært interessant å forske på hvorvidt gjennomsnittlig dagslysfaktor er den best egnede metoden for måling av dagslys i bygg.

7 Referanser

Almås A., Gruner M., Klinski M. (2016) *Krav til dagslys i TEK10*.

Arbeidstilsynet (2017) Temperatur - varme og kulde på jobben.

<https://www.arbeidstilsynet.no/tema/temperatur/>

Dahlum S. (2017) *Kvantitativ analyse*, Store norske leksikon. Tilgjengelig fra:

https://snl.no/kvantitativ_analyse (Lest 05.02.18)

Dalland O. (2013) *Metode og oppgaveskriving*, Gyldendal Norsk Forlag

DIBK (2011) *Lys og utsyn Dibk* Tilgjengelig fra:

<https://dibk.no/byggeregler/tek/3/13/v/13-12/>

Edwards L. & Torcellini P. (2002) *A literature review of the effects of natural light on building occupants*.

Fasadeprodukter (2017) *Screens*. Tilgjengelig fra:

[https://www.fasadeprodukter.no/produkter-](https://www.fasadeprodukter.no/produkter-kategori/solskjerming/utvendig-solskjerming/screens/?campaigntype=Google-Adwords&gclid=EAlaIQobChMI8MSjhYyg2QIVXGcZCh13jgZFEEAYBCAAEgLQu_D_BwE)

[kategori/solskjerming/utvendig-](https://www.fasadeprodukter.no/produkter-kategori/solskjerming/utvendig-solskjerming/screens/?campaigntype=Google-Adwords&gclid=EAlaIQobChMI8MSjhYyg2QIVXGcZCh13jgZFEEAYBCAAEgLQu_D_BwE)

[solskjerming/screens/?campaigntype=Google-](https://www.fasadeprodukter.no/produkter-kategori/solskjerming/utvendig-solskjerming/screens/?campaigntype=Google-Adwords&gclid=EAlaIQobChMI8MSjhYyg2QIVXGcZCh13jgZFEEAYBCAAEgLQu_D_BwE)

[Adwords&gclid=EAlaIQobChMI8MSjhYyg2QIVXGcZCh13](https://www.fasadeprodukter.no/produkter-kategori/solskjerming/utvendig-solskjerming/screens/?campaigntype=Google-Adwords&gclid=EAlaIQobChMI8MSjhYyg2QIVXGcZCh13jgZFEEAYBCAAEgLQu_D_BwE)

[jgZFEEAYBCAAEgLQu_D_BwE](https://www.fasadeprodukter.no/produkter-kategori/solskjerming/utvendig-solskjerming/screens/?campaigntype=Google-Adwords&gclid=EAlaIQobChMI8MSjhYyg2QIVXGcZCh13jgZFEEAYBCAAEgLQu_D_BwE) (Lest 04.03.18)

Grønmo S. (2004) *Samfunnsvitenskapelige metoder*, Fagbokforlaget.

Houck L. D. , Rybakken D. , Sato O., (2013) *Skoler og dagslys. Arkitektur N*, 2/13.

Kjellsmarkiser (2018) *Screens*. Tilgjengelig fra:

[https://www.kjellsmarkiser.no/produkter-kategori/utvendig-](https://www.kjellsmarkiser.no/produkter-kategori/utvendig-solskjerming/screens/)

[solskjerming/screens/](https://www.kjellsmarkiser.no/produkter-kategori/utvendig-solskjerming/screens/) (Lest 04.03.18)

Konicaminolta (2017) *Figur*. Tilgjengelig fra:

[https://sensing.konicaminolta.us/products/t-10a-t-10ma-](https://sensing.konicaminolta.us/products/t-10a-t-10ma-illuminance-meters/)

[illuminance-meters/](https://sensing.konicaminolta.us/products/t-10a-t-10ma-illuminance-meters/)

Lovdata (2017) *Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift)*

Tilgjengelig fra:

<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-19-840>

(Lest 14.03.18)

Lærheim O. D. (1988). *Kroppsrytmene og lyset: en innflring i kronobiologi*, Bergen, Alma Mater.

Matusiak B. S. & Nielsen T. K. (2014) *Dagslysfaktor*.

Rosvold K. A. (2018) *Belysningsstyrke* Tilgjengelig fra:

<https://snl.no/belysningsstyrke> (Lest 29.02.18)

SINTEF (2001) 421.602 *Dagslys. Egenskaper og betydning*.

SINTEF (2017a) 421.501 *Termisk inn klima. Betingelser, tilrettelegging og målinger*.

SINTEF (2017b) 533.163 *Solskjerming. Typer og hensyn ved valg*.

Ski Kommune (2016) *Siggerud skole*. Tilgjengelig fra:

<https://www.ski.kommune.no/Skoler/Siggerud/> (Lest 27.04.18)

Suncalc (2018) *Figur*. Tilgjengelig fra:

<http://suncalc.net/#/59.7901,10.8893,18/2018.03.07/13:22>

Utdanningsdirektoratet (2017) *Fysisk læringsmiljø*. Tilgjengelig fra:

<http://www.skoleanlegg.utdanningsdirektoratet.no/inneklima-drift-og-bruk> (Lest 18.02.18)

Villumsen K. & Mødrup M. (2013) *Indeklima og fagligt udbytte*.

Wikipedia (2015) *Dagslys*. Tilgjengelig fra:

<https://no.wikipedia.org/wiki/Dagslys> (Lest 03.02.18)

Vedlegg

Vedlegg 1 – råmateriale fra lysmålinger

Dato	Lux ute	Lux	DF målt	DF korr	Vær	Tid	Klasserom	Screens	Merknad
28.02.2018	29700	162	0,55 %	0,37 %	Sol	10	Nord	Oppe	Snø på bakken
01.03.2018	19560	162	0,83 %	0,56 %	Helt skyet	10	Nord	Oppe	Snø på bakken
05.03.2018	7149	146	2,04 %	1,39 %	Snø	13	Nord	Oppe	Snø på bakken
08.03.2018	12355	244	1,97 %	1,34 %	Snø	13	Nord	Oppe	Snø på bakken
15.03.2018	31200	289	0,93 %	0,63 %	Lett skyet	10	Nord	Oppe	Snø på bakken
15.03.2018	22910	342	1,49 %	1,02 %	Lett skyet	13	Nord	Oppe	Snø på bakken
20.03.2018	19190	267	1,39 %	0,95 %	Lett skyet	13	Nord	Oppe	Snø på bakken
22.03.2018	42900	202	0,47 %	0,32 %	Lett skyet	10	Nord	Oppe	Snø på bakken
22.03.2018	49200	318	0,65 %	0,44 %	Sol	13	Nord	Oppe	Snø på bakken
26.03.2018	37000	342	0,92 %	0,63 %	Lett skyet	10	Nord	Oppe	Snø på bakken
26.03.2018	27400	340	1,24 %	0,84 %	Lett skyet	13	Nord	Oppe	Snø på bakken
27.03.2018	31340	178	0,57 %	0,39 %	Sol	10	Nord	Oppe	Snø på bakken
27.03.2018	48400	365	0,75 %	0,51 %	Sol	13	Nord	Oppe	Snø på bakken

Tabell 7 – Alle lysmålinger utført i klasserommet vendt mot nord, i kronologisk rekkefølge.

Dato	Lux ute	Lux	DF målt	DF korr	Vær	Tid	Klasserom	Screens	Merknad
28.02.2018	29700	626	2,11 %	1,88 %	Sol	10	Sør	Nede	Snø på bakken
01.03.2018	19560	625	3,20 %	2,84 %	Helt skyet	10	Sør	Oppe	Snø på bakken
05.03.2018	7149	508	7,11 %	6,32 %	Snø	13	Sør	Oppe	Snø på bakken
08.03.2018	12355	1077	8,72 %	7,76 %	Snø	13	Sør	Oppe	Snø på bakken
12.03.2018	6679	506	7,58 %	6,74 %	Snø	13	Sør	Oppe	Snø på bakken
15.03.2018	31200	337	1,08 %	0,96 %	Lett skyet	10	Sør	Nede	Snø på bakken
15.03.2018	22910	1913	8,35 %	7,43 %	Lett skyet	13	Sør	Oppe	Snø på bakken
20.03.2018	19190	2333	12,16 %	10,82 %	Lett skyet	13	Sør	Oppe	Snø på bakken
22.03.2018	42900	822	1,92 %	1,71 %	Lett skyet	10	Sør	Nede	Snø på bakken
22.03.2018	49200	460	0,93 %	0,83 %	Sol	13	Sør	Nede	Snø på bakken
26.03.2018	37000	1082	2,92 %	2,60 %	Lett skyet	10	Sør	Oppe	Snø på bakken
26.03.2018	27400	159	0,58 %	0,52 %	Lett skyet	13	Sør	Nede	Snø på bakken
27.03.2018	31340	612	1,95 %	1,74 %	Sol	10	Sør	Nede	Snø på bakken
27.03.2018	48400	498	1,03 %	0,92 %	Sol	13	Sør	Nede	Snø på bakken

Tabell 3 – Alle lysmålinger utført i klasserommet vendt mot sør. I kronologisk rekkefølge

Dato	Lux ute	Lux	DF målt	DF korr	Vær	Tid	Klasserom	Screens	Merknad
01.03.2018	19560	18	0,09 %	0,06 %	Sol	13	Øst	Nede	Snø på bakken
07.03.2018	4156	175	4,21 %	2,95 %	Helt skyet	10	Øst	Oppe	Snø på bakken
07.03.2018	7950	332	4,18 %	2,92 %	Helt skyet	13	Øst	Oppe	Snø på bakken
09.03.2018	7489	35	0,47 %	0,33 %	Helt skyet	14	Øst	Nede	Snø på bakken
13.03.2018	29200	1149	3,93 %	2,75 %	Overskyet	13	Øst	Oppe	Snø på bakken
15.03.2018	31200	64	0,21 %	0,14 %	Lett skyet	10	Øst	Nede	Snø på bakken
15.03.2018	22910	921	4,02 %	2,81 %	Lett skyet	13	Øst	Oppe	Snø på bakken
16.03.2018	7853	343	4,37 %	3,06 %	Snø	10	Øst	Oppe	Snø på bakken
19.03.2018	13460	478	3,55 %	2,49 %	Skyet	10	Øst	Oppe	Snø på bakken
20.03.2018	19190	731	3,81 %	2,67 %	Lett skyet	13	Øst	Oppe	Snø på bakken
22.03.2018	42900	36	0,08 %	0,06 %	Lett skyet	10	Øst	Nede	Snø på bakken
22.03.2018	49200	29	0,06 %	0,04 %	Sol	13	Øst	Nede	Snø på bakken
26.03.2018	37000	69	0,19 %	0,13 %	Lett skyet	10	Øst	Nede	Snø på bakken
26.03.2018	27400	49	0,18 %	0,13 %	Lett skyet	13	Øst	Nede	Snø på bakken
27.03.2018	31340	38	0,12 %	0,08 %	Sol	10	Øst	Nede	Snø på bakken
27.03.2018	48400	31	0,06 %	0,04 %	Sol	13	Øst	Nede	Snø på bakken

Tabell 9 – Alle lysmålinger utført i klasserommet vendt mot øst. I kronologisk rekkefølge

Dato	Lux ute	Lux	DF målt	DF korr	Vær	Tid	Klasserom	Screens	Merknad
07.03.2018	4156	136	3,27 %	2,29 %	Helt skyet	10	Vest	Oppe	Snø på bakken
07.03.2018	4156	9	0,22 %	0,15 %	Helt skyet	10	Vest	Nede	Snø på bakken
07.03.2018	7950	183	2,30 %	1,61 %	Helt skyet	13	Vest	Oppe	Snø på bakken
09.03.2018	7489	32	0,43 %	0,30 %	Helt skyet	13	Vest	Nede	Snø på bakken
13.03.2018	29200	1005	3,44 %	2,41 %	Overskyet	13	Vest	Oppe	Snø på bakken
15.03.2018	31200	776	2,49 %	1,74 %	Lett skyet	10	Vest	Oppe	Snø på bakken
15.03.2018	22910	836	3,65 %	2,55 %	Lett skyet	13	Vest	Oppe	Snø på bakken
20.03.2018	19190	35	0,18 %	0,13 %	Lett skyet	13	Vest	Nede	Snø på bakken
22.03.2018	42900	552	1,29 %	0,90 %	Lett skyet	10	Vest	Oppe	Snø på bakken
22.03.2018	26840	32	0,12 %	0,08 %	Lett skyet	10	Vest	Nede	Snø på bakken
22.03.2018	49200	45	0,09 %	0,06 %	Sol	13	Vest	Nede	Snø på bakken
26.03.2018	37000	808	2,18 %	1,53 %	Lett skyet	10	Vest	Oppe	Snø på bakken
26.03.2018	27400	890	3,25 %	2,27 %	Lett skyet	13	Vest	Oppe	Snø på bakken
27.03.2018	31340	39	0,12 %	0,09 %	Sol	10	Vest	Nede	Snø på bakken
27.03.2018	48400	65	0,13 %	0,09 %	Sol	13	Vest	Nede	Snø på bakken

Tabell 10 – Alle lysmålinger utført i klasserommet vendt mot vest. I kronologisk rekkefølge

Systeminformasjon

237.01 Solavskjerming - 12-bygget

Alle vinduer mot øst, syd og vest har solskjerming.

Leveransen består av en fasadescreens med styreskinner levert av Celcius Solskjerming AS

Alle solskjerming styres automatisk fasade for fasade brytere. Fasadescreens skal ikke være nede ved vindhastigheter over 9m/s. Systemet skal ikke tvangskjøres ved høy vindstyrke.

Utførelse:

Dekke-kasser og styreskinner i aluminium, lakkert RAL 7016

Duk av perforert PVC, Serge- farge 0160

Alle motorer m/ automatikk av merke Ceres 8/12LT

Sol- og vindautomatikk av typen Somfy-Animeo



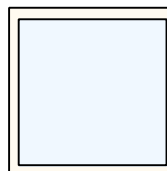
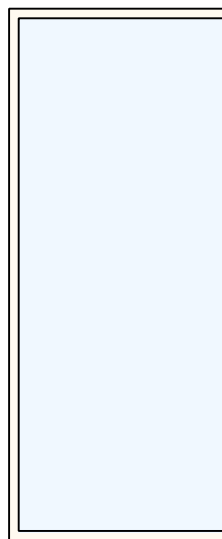
Solavskjerming 32 og 62 bygget

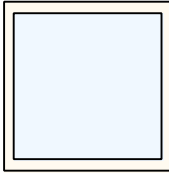
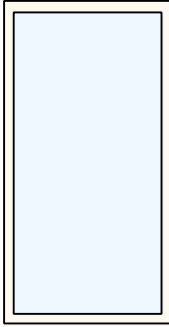
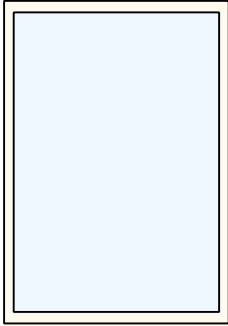
Ramme	Kassett – styreskinne – RAL 7016
Duk	Serge - farge 0160
Motor	Ceres 8/12 LT
Automatikk	Somfy – Animeo Solo for 2 fasader



Brosjyrer

Se vedlagte dokumenter/brosjyrer for kapittelet

Lnr	Mrk	Ant	Beskrivelse	Bredde × Høyde
020	V4	4	<p>ND NTech Fast karm 105 Utførelse NTech Passiv U-verdi produkt: 0,69W/m²K Vekt 104 kg</p> <p>Lam m/Energi 2s VKS/Ar Oppbygning 6ES+16G+4+16G+ES6,38 Transmisjon LT/TST 56/36</p> <p>Aluminiumsbelagt Produkt RAL 7022 Grå, Pulver lakkert</p> <p>Overflatebehandling Produkt NCS S0502Y Hvit</p> <p>Detaljer: Festehull D-14, Adjuf. WM 38 montert</p>	888 × 2788mm
025	V5	2	<p>ND NTech Fast karm 105 Utførelse NTech Passiv U-verdi produkt: 0,66W/m²K Vekt 139 kg</p> <p>Lam m/Energi 2s VKS/Ar Oppbygning 6ES+16G+4+16G+ES6,38 Transmisjon LT/TST 56/36</p> <p>Aluminiumsbelagt Produkt RAL 7022 Grå, Pulver lakkert</p> <p>Overflatebehandling Produkt NCS S0502Y Hvit</p> <p>Detaljer: Festehull D-14, Adjuf. WM 38 montert</p>	1188 × 2788mm
030	V6	1	<p>ND NTech Fast karm 105 Utførelse NTech Passiv U-verdi produkt: 0,77W/m²K Vekt 27 kg</p> <p>Energi 2s VKS/Ar Oppbygning 4ES+16G+4+16G+ES4 Transmisjon LT/TST 58/37</p> <p>Aluminiumsbelagt Produkt RAL 7022 Grå, Pulver lakkert</p> <p>Overflatebehandling Produkt NCS S0502Y Hvit</p> <p>Detaljer: Festehull D-14, Adjuf. WM 38 montert</p>	888 × 888mm



Lnr	Mrk	Ant	Beskrivelse	Bredde × Høyde
035	V6WC	1	<p>ND NTech Fast karm 105 Utførelse NTech Passiv U-verdi produkt: 0,77W/m²K Vekt 27 kg</p> <p>Matelux m/Energi 2s VKS/Ar Oppbygning 4ES+16G+4#+16G+ES4</p> <p>Aluminiumsbelagt Produkt RAL 7022 Grå, Pulver lakkert</p> <p>Overflatebehandling Produkt NCS S0502Y Hvit</p> <p>Detaljer: Festehull D-14, Adjuf. WM 38 montert</p>	<p>888 × 888mm</p> 
040	V7	7	<p>ND NTech Fast karm 105 Utførelse NTech Passiv U-verdi produkt: 0,72W/m²K Vekt 64 kg</p> <p>Lam m/Energi 2s VKS/Ar Oppbygning 6ES+16G+4+16G+ES6,38 Transmisjon LT/TST 56/36</p> <p>Aluminiumsbelagt Produkt RAL 7022 Grå, Pulver lakkert</p> <p>Overflatebehandling Produkt NCS S0502Y Hvit</p> <p>Detaljer: Festehull D-14, Adjuf. WM 38 montert</p>	<p>888 × 1688mm</p> 
045	V8	12	<p>ND NTech Fast karm 105 Utførelse NTech Passiv U-verdi produkt: 0,69W/m²K Vekt 84 kg</p> <p>Lam m/Energi 2s VKS/Ar Oppbygning 6ES+16G+4+16G+ES6,38 Transmisjon LT/TST 56/36</p> <p>Aluminiumsbelagt Produkt RAL 7022 Grå, Pulver lakkert</p> <p>Overflatebehandling Produkt NCS S0502Y Hvit</p> <p>Detaljer: Festehull D-14, Adjuf. WM 38 montert</p>	<p>1188 × 1688mm</p> 

Lnr	Mrk	Ant	Beskrivelse	Bredde × Høyde
050	V9	1	<p>ND NTech Fast karm 105 Utførelse NTech Passiv U-verdi produkt: 0,65W/m²K Vekt 147 kg</p> <p>Lam m/Energi 2s VKS/Ar Oppbygning 6ES+16G+4+16G+ES6,38 Transmisjon LT/TST 56/36</p> <p>Aluminiumsbelagt Produkt RAL 7022 Grå, Pulver lakkert</p> <p>Overflatebehandling Produkt NCS S0502Y Hvit</p> <p>Detaljer: Festehull D-14, Adjuf. WM 38 montert</p>	<p>2088 × 1688mm</p> 
055	V10	2	<p>ND NTech Fast karm 105 Utførelse NTech Passiv U-verdi produkt: 0,85W/m²K Vekt 21 kg</p> <p>Energi 2s VKS/Ar Oppbygning 4ES+16G+4+16G+ES4 Transmisjon LT/TST 58/37</p> <p>Aluminiumsbelagt Produkt RAL 7022 Grå, Pulver lakkert</p> <p>Overflatebehandling Produkt NCS S0502Y Hvit</p> <p>Detaljer: Festehull D-14, Adjuf. WM 38 montert</p>	<p>1188 × 488mm</p> 
998		45	Miljøvederlag glassretur	

Gjennomsnitt U-verdi: 0,71W/m²K

Beregning av U-verdi er utført i henhold til NS-EN ISO 10077-1, 10077-2 og programmet "Therm".
 Senter U-verdi for glasset er beregnet i henhold til NS-EN 673. Beregningsmetodikken er kvalitetsikret av SINTEF Byggforsk.



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway