

Afgangsprojekt

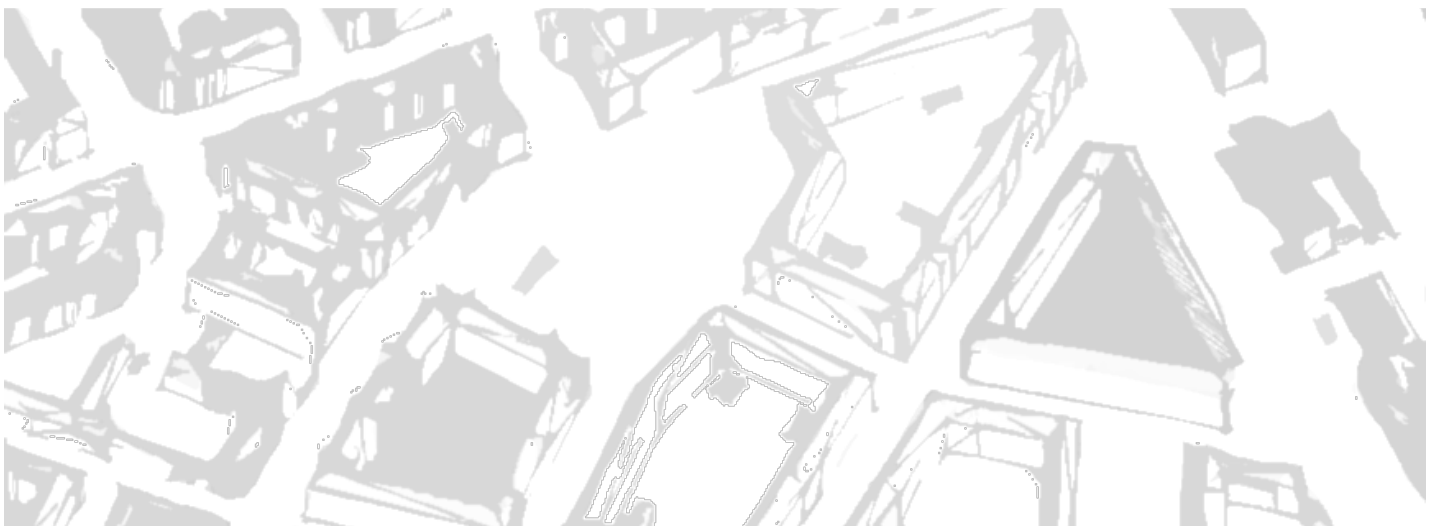
Institut for Byggeri og Anlæg

Altaners indflydelse på dagslys og termisk indeklima

Juni 2016



John Martin Sebastian
s032221



Altaners indflydelse på dagslys og termisk indeklima

Afgangsprøve for diplomingeniøruddannelsen udarbejdet af: John Martin Sebastian, s032221

Vejleder: Lektor Toke Rammer Nielsen

Påbegyndt: 8. februar 2016

Afleveret: 10. juni 2016

English title: The influence of balconies on daylight and thermal indoor environment.

Forside: Udsnit af 3D model af området nær Jagtvej, grafik baseret på datasæt fra Københavns Kommunes Opendata projekt [1]

Point: 20 ECTS

Udarbejdet ved: Institut for Byggeri og Anlæg
Danmarks Tekniske Universitet
Brovej, Bygning 118
2800 Kgs. Lyngby

Autodesk® screen shots reprinted courtesy of Autodesk, Inc.
Alle illustrationer, figurer, fotos, mv. mærket med [JS] er udarbejdet af John M. Sebastian i forbindelse med udarbejdelse af nærværende projekt.

Forord

Denne rapport er blevet udarbejdet som afgangsprøve for diplomingeniørstudiet med retningsbetegnelse "Bygningsingeniør" på Danmarks Tekniske Universitet.

Afgangsprøvet er udført i perioden 8. februar til 10. juni 2016 ved Institut for Byggeri og Anlæg (BYG-DTU) under vejledning af Lektor Toke Rammer Nielsen.

En stor tak skal gå til min vejleder Toke Rammer Nielsen, der har ydet hjælp og vejledning i opstartsfasen og under udarbejdelsen af dette projekt.

Der skal også rettes en særlig tak til Københavns Kommunes Teknik og Miljø forvaltning, for fremsendelse af links til materiale og svar på generelle spørgsmål if. deres byggesagsbehandling af altaner.

Endvidere en stor tak til de mange mennesker, der har opmuntret, pisket, støttet og hjulpet de sidste par år.

Slutteligt skal der lyde en kæmpe tak til mine forældre for deres støtte med at nå i mål, og ikke mindst en stor tak til mine dejlige børn, der har ydet moralsk opbakning, lidt afsavn og stillet alverdens spørgsmål til deres fars skøre idé.

Kgs. Lyngby d. 10. juni 2016

John Martin Sebastian, s032221

Resumé

Til trods for at etablering af altaner er både populært og kan tilføre både beboere og ejere værdi, påvirker en altan lejlighederne beliggende under sig. Påvirkningen ligger bl.a. i at altaner reducerer de i forvejen allerede begrænsede ressourcer af både direkte og reflekteret dagslys.

Dette projekt undersøger indflydelsen på dagslyset af forskellige parametre ved etablering af altaner på en typisk København ejendom, opført i 1917. De undersøgte parametre omfatter bl.a. altanens geometri, dybde, placering på facaden, muligheden i at øge reflektants af altan dækkets underside, materialevalg for rækværk og dæk gennem simuleringer af deres transmittans, og indvirkningen på dagslysfaktoren på grund af næved liggende bygningers reflektants.

De undersøgte parametrene er valgt på baggrund af gældende lovgivning og de af København, Frederiksberg og Århus Kommuner udstukne retningslinjer for altaner, kombineret med nationale bestemmelser og ikke mindst standarder, der influerer området. Parametrene undersøges gennem simuleringer af dagslyset ved hjælp af 3D-modeller opbygget på basis af en reference ejendom og dens omgivelser, ved hjælp af dagslys simuleringsprogrammet Velux Visualizer, hvor hver enkelt parameter undersøges og sammenlignes med en reference.

Slutteligt undersøger denne rapport altaners påvirkning af det termiske indeklime og deres mulige reduktion af overophedning, grundet deres skyggende effekt. Simuleringerne af det termiske indeklime udføres i bygnings energi programmet BSim.

Der påvises ved simulering indikationer for at hovedparten af de undersøgte parametre har indflydelse på dagslysforholdet i variende størrelse. Endvidere konkluderes det ud fra de foretagne simuleringer, at altaner har indflydelse på det termiske indeklime, hvor en klar sammenhæng mellem altanens skyggende virkning og reduktion af solindfaldet.

Abstract

Balconies deliver a possibility of added value, both for the people living there and monetary for the owner. Even though the addition of balconies is quite popular due to the added value, they do affect apartments situated underneath further reducing the already restricted resource of both direct and reflected daylight in the urban setting.

This paper investigates the influence of different parameters of adding balconies (projected platforms) to a typical Copenhagen apartment building, originally constructed in 1917. The investigated parameters include balcony geometry, depth, placement on the façade, the possibility of increasing the reflectivity of the balcony platform underside, the material selection of the railing and the balcony platform itself through simulations of their transmittans, and the impact on the daylight factor due to the reflectance of adjoining buildings.

The parameters are based upon a study of local legislation and guidelines for balconies in the Copenhagen, Frederiksberg and Aarhus Municipalities, combined with the general guidance, national regulations and standards covering this area. Parameters are investigated through daylight simulations using 3D models of the apartment building and the surrounding neighborhood, using the simulation program Velux Visualizer for each type of parameter. Results are then compared with a reference model.

This paper investigates the impact on the indoor thermal environment, and possible reduction of overheating, for select parameters due to the added shading generated by balconies. Thermal simulations are made using the building energy design program BSim.

Conclusively this paper highlights the found indications of parameters with direct influence on daylighting. The majority of the parameters were found to be influential at some extend.

A conclusion based upon the performed simulations and the indications hereof is made, suggesting a connection between the added shading of the balcony and the operative temperature-

Indholdsfortegnelse

Forord	I
Resumé	II
Abstract	III
Indholdsfortegnelse	IV
1 Indledning	1
1.1 Baggrund	1
1.2 Formål og målgruppe	1
1.3 Læsevejledning	1
2 Metode	2
2.1 Dagslyssimulering - Velux Visualizer	2
2.1.1 Beregningsmetode	3
2.2 Simulering af termisk indeklime – BSim	5
2.2.1 BSim moduler	5
2.2.2 Input til BSim	6
3 Lovgivning, normer og standarder	7
3.1 Byggeloven	7
3.2 Bygningsreglementets krav	7
3.2.1 Adgangsforhold og <i>altaners mindste dimensioner</i>	7
3.2.2 Specifikke krav til dagslysforhold og termisk indeklime	7
3.2.3 Energiramme	8
3.2.4 Andre BR15 krav	9
3.3 Vejloven	9
3.4 Arbejdsmiljø	9
3.5 SBI-vejledninger og anvisninger om dagslys	9
3.5.1 Højdevinklen	10
3.5.2 Areal/højde forhold	10
3.6 Danske normer og standarder for dagslys og termisk indeklime	11
3.6.1 DS 474 Norm for specifikation af termisk indeklime	11
3.6.2 DS/EN 15251 Input-parametre til indeklime...	11
3.6.3 DS/EN 15193-1 Bygningers energieffektivitet - Energikrav til belysning	12
3.6.4 DS/EN 12464-1 Lys og belysning - Belysning ved arbejdspladser	12
3.7 Internationale krav	13
3.7.1 Norge	13
3.7.2 Sverige	13
3.7.3 Storbritannien (UK) - Rights to light	13
3.8 Opsummering af dagslyskrav	14
3.9 Opsummering af termiske krav	14
3.10 Menneskelige faktorer	15

3.10.1	Oplevede lysforhold	15
3.10.2	Udsyn, himmelkig og indkig	15
3.10.3	Komfort	15
3.10.4	Sundhed	15
3.10.5	Økonomi	16
4	Parametre	17
4.1	Æstetik	17
4.2	Fysiske parametre	17
4.2.1	Udformning	17
4.2.2	Placering og omgivelser	20
4.2.3	Udstyr	20
4.3	Oversigt over parametertyper for simulering	22
5	Reference bygning	23
5.1	Forhåndsvurdering af dagslysfaktor	26
5.1.1	Overslag for forventelig dagslysfaktor i rum A	26
5.1.2	Gård/Atrium areal/højde forhold	26
6	Dagslys studie	28
6.1	Opbygning af 3D-Model	28
6.1.1	Vinduer	29
6.2	SketchUp ift. dagslys og sollys	29
6.2.1	Shadow Analysis	29
6.2.2	SunExposure	29
6.2.3	LSS Chronolux	29
6.3	Studie af nærvæd liggende bygninger	30
6.4	Velux Visualizer - simuleringsindstillinger	32
6.4.1	Sensorplacering	34
6.4.2	Andre forudsætninger	34
6.4.3	Databehandling	34
6.5	Reference case	35
6.6	Case 1: Nærvæd liggende bygningers reflektants	37
6.7	Case 2: Udskiftning af vindue til glasdør	39
6.8	Case 3: Altanens geometri	42
6.9	Case 4: Altanens undersides reflektants	43
6.10	Case 5: Altan dækkets transmittans	44
6.11	Case 6: Altanens dimensioner	45
6.12	Case 7: Facade placering	47
6.13	Case 8: Placering ift. skygge fra modstående bygning	49
6.14	Case 9: Rækværk/vindskærm transmittans	50
6.15	Case 10: Lysningens dybde	51
6.16	Case 11: Konsistens i DF beregninger	52

6.17	Case 12: CSV målepunkter og zoner	54
7	Termisk indeklime	56
7.1	Simuleringsindstillinger	56
7.1.1	Klimazoner og systemer	56
7.1.2	Opvarmning	56
7.1.3	Naturlig ventilation og udluftning	57
7.1.4	Interne varmetilskud	57
7.2	Databehandling	58
7.3	Reference case	58
7.3.1	Nedbrydning af brystningen	58
7.3.2	Sydvendt	59
7.3.3	Valg af endelig reference	59
7.4	Altaners skyggevirkning	60
7.4.1	Altandybder: 700 - 1500 mm	60
8	Diskussion	62
8.1	Dagslysstudie	62
8.1.1	Simuleringer og beregninger	62
8.1.2	Problemstillinger ved reference bygværket	62
8.1.3	Forbedring af dagslyset	63
8.1.4	Altan parametre	64
8.2	Altanens påvirkning af det termiske indeklime	65
9	Konklusion	66
	Referencer	67
	Stikordsregister	73

1 Indledning

1.1 Baggrund

Lys og her specielt dagslys, har generelt stor indflydelse på menneskers humør og er en afgørende faktor for kroppens døgnrytme [2], hvorfor altanernes påvirkning i byrummet ikke kun tilføjer æstetiske og pladsmæssige udfordringer.

For beboere i etagebyggeri er tilføjelsen af altaner til deres hustand oftest et udpræget ønske, med ønsker som udsyn over kvarteret, mere "oplevelse" sollys og himmelkig. En altan er dog i sig selv et vidt begreb, der rummer mange aspekter, da de dels fås i utallige udformninger, materialer og dimensioner, der først samlet ved altanens etablering medfører væsentlige ændringer af dels ejendommens klimaskærm, og ikke mindst i form af dannelse af nye skygger, som reducerer underboens lysindfald. Men disse ændringer kan have en positiv indflydelse f.eks. i forhold til reduktion af overophedning.

Ved renovering af andelsboliger og ejerlejligheder, har etablering af altaner endvidere et økonomisk incitament, da de jf. en undersøgelse Realmæglerne har foretaget, kan give ejeren en tilbagebetaling på mellem 80 - 200% ved et senere salg [3].

1.2 Formål og målgruppe

Rapporten er henvendt til projekterende i ingeniørfaget, arkitekter og andre interesserede, der ønsker mere viden om altaners påvirkning af dagslys og det termiske indeklima, så dette bedre kan inddrages i programfasen og under projekteringen af altaner i forhold til renovering og nybyggeri. Ligeledes kan rapporten bruges som guideline for bolig- og ejerforeninger, der ønsker indsigt i hvilke krav, parametre, mv. der knytter sig til drømmen om en altan eller ønsker at tilegne sig viden om altaner, dagslys og termisk indeklima. Dog forudsætter forståelse af nærværende rapport kendskab til begreber og fagudtryk indenfor de behandlede områder: Termisk indeklima og dagslys.

I projektet ønskes undersøgt hvilke generelle altan parametre, der påvirker dagslyset i form af dagslysfaktoren, herunder de individuelle parametres indflydelse på det enkelte rum, hvor altanen tilføjes og for de umiddelbart påvirkede rum på de underliggende etager. Parametre der ønskes undersøgt er altanens geometri, dimensioner, reflektants og transmittans af altandækket og rækværkets materiale anvendelse, samt påvirkningen af dagslyset ift. reflektantsen af nærværende liggende bygningers facade, mv.

Det ønskes endvidere undersøgt om altanens skyggedannelse for den/de underliggende etage(r), har en positiv indvirkning af det termiske indeklima if. begrænsning af overophedning. Ligeledes ønskes det undersøgt hvilke ændringer en altan, der if. renovering monteres på eksisterende etagebyggeri, kan medføre i den eksisterende klimaskærm.

1.3 Læsevejledning

Akronymer beskrives videst muligt første gang de anvendes i teksten. Der er bagerst i denne rapport indsat et stikordsregister, med henvisninger til sider rummende forklaring på akronymer og termer.

Kildehenvisninger er foretaget med anvendelse af IEEE 2006. Litteraturlisten er placeret bagerst i rapporten.

Bilag er i den trykte udgave grundet deres omfang vedlagt i separat bilagsrapport.

Velux Visualizer og BSim modeller, resultatark, mv. kan alle tilgås digitalt på: <http://altaner.cdio.dk/>

2 Metode

Projektet baserer sig på fire overordnede dele:

1. Et litteraturstudie, hvor krav i form af lovgivning, standarder, mv. dækkende altaner, dagslys og termisk indeklima. Studiet danner baggrund for evt. lovgivningsmæssige hensyn og parametre, der bør tages videre i rapportens behandling af parametre.
2. En behandling af parametre ved altaner, der kan have indflydelse på dagslyset, hvor formålet er at finde og afgrænse hvilke parametre, der er egnede at tage videre til dagslyssimuleringen.
3. Et dagslysstudie af udvalgte parametre, hvor dagslys simuleringsprogrammet Velux Visualizer benyttes, for at påvise hvilke parametre, der har indflydelse på dagslyset. Vurderingen vil blive foretaget if. simulerede ændringer i dagslysfaktoren for en eksisterende bygning, hvor den reelle placering, de virkelige omgivelser, mv. vil indgå i en samlet model for en reference bygning.
4. Et studie af de termiske påvirkninger af altanernes skyggevirkning, hvor formålet er at påvise, eller afvise, at altaner har positiv indflydelse på det termiske indeklima if. reduktion af antallet af overophedningstimer. Til simuleringer benyttes bygnings simuleringsprogrammet BSim.

I de følgende afsnit er kort gennemgået baggrunden for valg af program til simulering, de valgte programmets beregningsgrundlag og de i for hver del af rapporten anvendte metoder.

2.1 Dagslyssimulering - Velux Visualizer

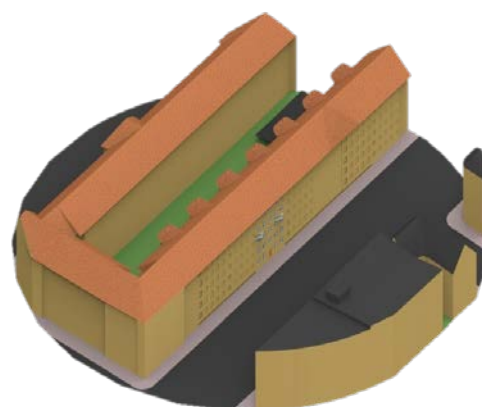
Til lysberegninger er programmet Velux Visualizer valgt, da programmet er forholdsvis intuitivt, og da der jf. en undersøgelse af de mest gængse lysberegningsprogrammer på markedet udført af *SBI*, umiddelbart ikke er nævneværdige forskelle på de leverede resultater fra henholdsvis Velux Visualizer og andet lysberegningsprogram på markedet [4]. Endvidere er Velux Visualizer blevet valideret ift. forskellige testcases opstillet af *CIE - Commission Internationale de l'Eclairage* (Den internationale kommission for lys/belysning), herunder programmets beregning af diffust dagslys, mv. [5].

Velux Visualizer kan vha. sensor filer, levere en konsistent udlæsning af en måleflade, hvilket er blevet benyttet til udlæsninger af alle dagslysfaktorer i nærværende rapport.

Valget af Velux Visualizer, som simuleringsprogram, gør at der skal udarbejdes individuelle 3D-modeller for alle cases, hvor fysiske ændringer i form af geometri, længder, bredder, placering, mv. ønskes simuleret. Der skal i projektet derfor udarbejdes ca. 20-25 individuelle modeller, alle kan dog baseres på en basismodel. En af disse modeller er illustreret på Figur 1.

Velux Visualizer rummer endvidere, en problematik ift. valg af materialer, da disse ikke kan defineres direkte i f.eks. tegneprogrammet SketchUp eller AutoCAD, men individuelt skal sættes for hver model.

Da programmet er under konstant udvikling, er det valgt at benytte den nyeste version, der var tilgængelig ved projektets opstart; version 3.0.22 Beta.



Figur 1 - En af 3D modellerne, der er anvendt til simulering i Velux Visualizer (ill. udarbejdet i SketchUp [JS])

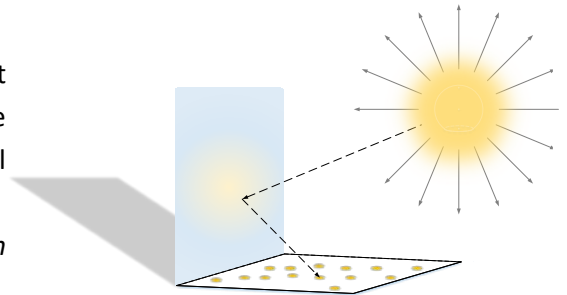
2.1.1 Beregningsmetode

Velux Visualizer benytter sig af en beregningsmodel, hvor den i programmet opbyggede model, belyses med et simuleret himmelrum. Overfladerne renderes, dvs. beregnes i to separate trin, hvor der først "pre-renderes", ved at kortlægge vha. "*Photon Mapping*". Herefter udfører programmet en ny beregning af modellen vha. "*bidirectional Monte Carlo Ray Tracing*", hvorefter programmet vha. tæthedsestimering beregner den enkelte del af overfladens refleksion. [6]

2.1.1.1 Photon mapping

Photon mapping angiver hvor, og på hvilke overflader det simulerede himmelrums fotoner rammer en ikke spejlende overflade. [7] *Photon mapping* benyttes grundet sin effektivitet til simulering og visualisering af dagslys i byggeri. [6]

Af Figur 2 fremgår illustrering af grundprincippet for *Photon Mapping*.

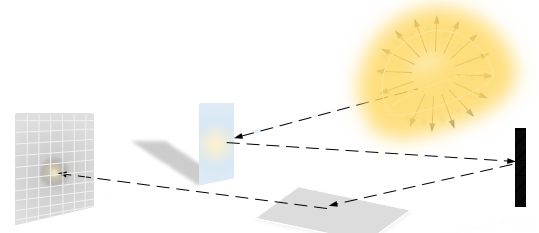


Figur 2 - Illustration af Photon Mapping: En metode hvor den enkelte reflekterede fotons endelige destination registreres på den ikke reflekterende overflade (ill. udarbejdet i MS Visio, frit efter figur på www.follick.ca/rt/design.php [JS])

2.1.1.2 Photon Tracing

Den anvendte *Photon tracing* er en af to mulige variationer af traditionel *Ray Tracing*, hvor fotonernes vej fra lyskilden, via reflekterende overflader, før disse rammer en ikke reflekterende overflade og endelig billede planet ved observationspunktet. [7]

Figur 3 illustrerer denne metode.



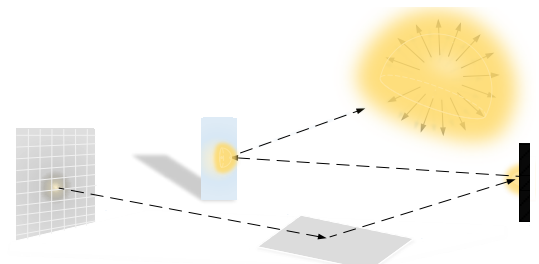
Figur 3 - Illustration af Photon Tracing: En metode hvor den enkelte reflekterede fotons vej registreres fra lyskilden via en ikke reflekterende overflade til observationspunktet (ill. udarbejdet i MS Visio [JS])

2.1.1.3 Monte Carlo Ray Tracing

Monte Carlo Ray Tracing (MCRT) registrerer på billedplanet modsat *Photon Tracing*, "strålernes" vej fra det valgte observationspunkt via en ikke spejlende overflade og de spejlende overflader til lyskilden. *MCRT* tilføjer de renderede billeder bløde skygger, skinnende og f diffuse refleksioner og dybde. [7]

På Figur 4 fremgår illustration af princippet for *MCRT*.

Den af Velux Visualizer anvendte bidirektionale (tovejs) metode, kombinerer resultatet fra *Photon Tracing* og resultaterne fra *MCRT*, før en samlet tæthedsestimering af refleksionen på billede planet registreres. [7]



Figur 4 - Illustration af Monte Carlo Ray Tracing, hvor den enkelte reflekterede fotons vej registreres fra billede planet via en ikke reflekterende overflade og de reflekterende flader til lyskilden (ill. udarbejdet i MS Visio [JS])

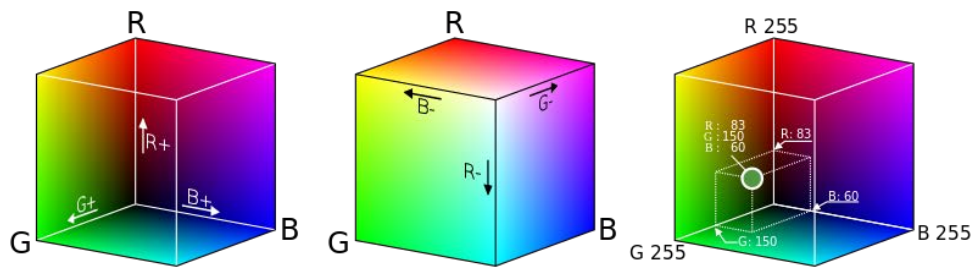
2.1.1.4 Overflade egenskaber

Overfladernes egenskaber afgør, hvor meget lys, der reflekteres og hvor stor del af lyset, der i overfladen udsættes for refraction. Velux Visualizer benytter sig af Fresnels ligninger til dette, og inddeler generelt alle materialer i 3 kategorier; plastiske, metalliske og glas typer. [6]

I lyssimuleringsprogrammer benyttes ofte en sammensætning af RGB værdier for at definere reflektantsen. I Velux Visualiser, benyttes flg. metode til at beregne reflektantsen ud fra de opgivne RGB-værdier.

$$\text{Average Reflectance} = 0.265 \cdot R + 0.670 \cdot G + 0.065 \cdot B$$

Hvor *R*, *G* og *B* angiver niveauet, for henholdsvis rød, grøn og blå farve. [8]



Figur 5 - ill. af sammensætningen af en RGB farve, som et tredimensionalt kartesisk koordinatsystem, hvor farven sort antager koordinatet (0,0,0) (t.h.) og hvid antager koordinatet 255;255;255 (midtfor), samt hvorledes aksernes værdi aflæses ift. en sammensat farve (ill. udarbejdet af "User:Maklaan" gengivet fra Wikimedia Commons [9])

En variant af RGB farveskalaen, med angivelse af hvordan en farve sammensættes af henholdsvis rød, grøn og blå er gengivet på Figur 5. Positionen ift. den lodrette akse, angiver niveauet af rød, hvor positionen ift. de to horisontale akser angiver niveauet af henholdsvis grøn og blå. Hvert trin ud af akserne, angiver hvor mange 1/255-dele af hver farve, materialets farve udgør. Yderst til højre på Figur 5 er illustreret, hvorledes aksernes værdi aflæses ift. en sammensat farve.

Vinduernes optiske egenskaber defineres i programmet vha. deres transmittans τ og refraktion. [5]

2.1.1.5 Himmelterper

Velux Visualizer, kan anvende alle de af CIE, definerede 15 SSLD – (*Standard Sky Luminance Distributions*) [10], der direkte kan oversættes til *Standardiserede himmelluminans fordelinger*, oftest omtalt som himmelterper. En generaliseret beregningsmetode for hver SSLD er angivet i ISO standarden; *ISO 15469 - Spatial distribution of daylight — CIE standard general sky* [11]. For denne rapport er simuleringer baseret på flg. af CIEs himmelterper:

2.1.2.2.1 Type 1: Standard Overcast Sky (overskyet himmel)

For denne himmeltype defineres himmelluminansen kun ud fra henholdsvis højdevinklen θ og belysningsstyrken ved zenit. Den er derfor uafhængig af både orientering og solhøjdens årstidsvariation. Matematisk beskrives den overskyede himmel som [10]:

$$L_{\theta} = L_z \cdot \frac{1 + (2 \sin \theta)}{3}$$

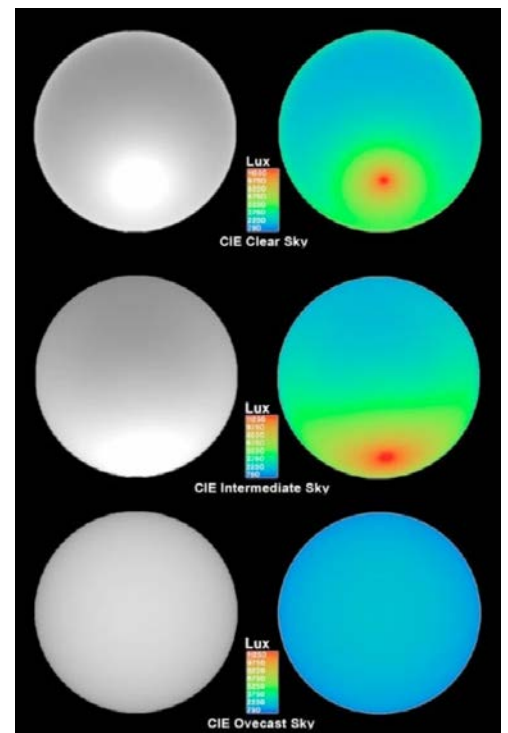
Luminansen falder fra zenit ($\theta = 90^\circ$) mod horisonten, hvor den er slutteligt er en tredjedel af luminansen i zenit ($\theta = 0^\circ$) [10]. Luminansens retningsubestemte egenskaber, gør at denne himmeltype er yderst egnet til brug for sammenlignelige dagslysfaktor beregninger [10]. På Figur 6 nederst, ses hvordan luminansen ved en overskyet himmel, giver det mest jævne lys, af de tre viste himmelterper.

2.1.2.2.2 Type 12: Standard Clear Sky (skyfri himmel)

Denne himmeltype karakteriserer sig ved sin uensartet fordeling og kompleksitet, hvor luminansen ved horisonten er højere end i zenit. Ved beregning af luminans fordelingen, hvor der bl.a. tages højde for solens position og atmosfærens sammensætning [10].

På Figur 6 øverst, ses solens korona tydeligt, som på himlen ved "Clear Sky".

Midt på Figur 6, vises endvidere CIE Sky Type 7, der ofte betegnes som *Intermediate Sky*, dvs. en delvist overskyet himmel, der er en fordunklet variation af den skyfri himmel svarende til et skydække på mellem 30-70% [10].



Figur 6 - Sammenligning af 180° af himmelrummene: CIE Clear Sky (øverst), CIE Intermediate Sky (midtfor) og CIE Overcast Sky. (nederst) (ill. er gengivet med tilladelse fra Autodesk [12])

2.2 Simulering af termisk indeklima - BSim

Til simulering af det termiske indeklima er analyse- og simuleringsprogrampakken *BSim* valgt. *BSim* består af en række værktøjer eller moduler, der enten hver for sig eller samlet kan anvendes til forskellige grader af simulering og beregning af bl.a. det termiske indeklima, energiforbrug, ventilation, mv. for enkelte rum eller hele bygninger. Nedenfor er kort gennemgået de for nærværende rapport anvendte moduler.

2.2.1 BSim moduler

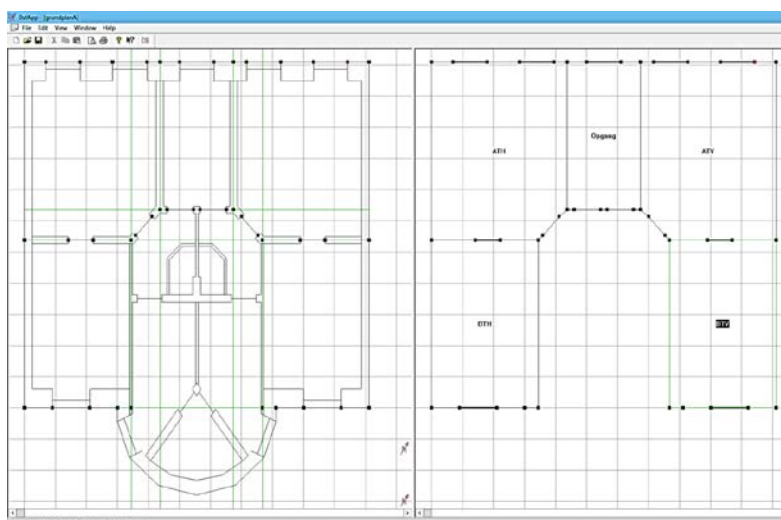
2.2.1.1 SimView & SimDB

Bygningsmodellens geometri, materialer, zoner, mv. defineres og tilgås via hovedmodulet *SimView*. I dette modul vises endvidere hele bygningsmodellen. I *SimDB*, der er brugergrænsefladen for programmets materiale database, defineres dels materialer, deres dimensioner, transmissionskoefficienter, mv. og dels de sammensatte konstruktionsdele, som f.eks. vinduer.

2.2.1.2 SimDXF

Til import af plantegninger i BSim benyttes værktøjet *SimDXF*, hvor en bygningsmodel kan opbygges, vha. placering af noder i et kartesisk koordinatsystem, hvorefter flader, vindue og dør placeringer, samt rum kan defineres.

Af Figur 7 fremgår eksempel på import af plantegning til udarbejdelse af 3D-model. Det bemærkes at *SimDXF* ikke kan vise runde linjer/buer, hvorfor den importerede grundplan, først er rettet i AutoCAD til tilnærmede rette linjer.



Figur 7 - Opbygning af model ud fra grundplan tegnet i AutoCAD (Screenshot af BSim, taget under udarbejdelsen af model)

2.2.1.3 XSUN

XSUN analyserer solfordelingen og skyggedannelse i og omkring 3D-modellen. Dette muliggør udover beregning af fordelingen af solenergi, og grafisk udlæsning af skygevirksomheder på modellen, endvidere også mulighed for langt større præcision i beregningen, da *XSUN* i stedet for at anvende en skyggefaktor, anvender modulet den geometriske udformning af modellen til beregning. [13]

2.2.1.4 Tsb5

Tsb5 anvendes til dynamisk simulering af bygningers indeklima, fugt og energiforhold og udgør selve beregningsgrundlaget i *BSim*. *Tsb5* er nyeste version beregningsmodel, men er ikke blevet valideret i samme omfang som dens forgænger *tsb3*, der er blevet valideret af IEA – det Internationale Energi Agentur. [14]. Grundlæggende er *BSim* baseret på at betragte en bygning, som om den er opbygget af enkeltstående termiske kasser/zoner, hvor tiden er inddelt i så tilpas små varigheder, at den ift. beregningerne står stille. Midt i hver af disse kasser/zoner er placeret et knudepunkt, hvor parametre for indeluften (f.eks. temperatur og vandindhold) lagres. Vha. bl.a. balanceligninger og de indtastede brugerdata om vejr, beliggenhed, materialerparametre, mv. kan modellen beregnes.

"De centrale algoritmer i BSim er for den største dels vedkommende de samme som i tsb3."

sbi.dk [14]

2.2.2 Input til BSim

BSim tager udgangspunkt i den opbyggede 3d-model, hvorpå materiale værdier, som f.eks. dimensioner, transmissionskoefficienter tilknyttes. Transmissionskoefficienter (u-værdier) beregnes alle efter den danske standard *DS 418 - Beregning af bygningers varmetab*.

2.2.2.1 Værdier for vinduer

Til beregning af input værdier for vinduer benytter nærværende rapport en række udtryk og formler til udregning af værdier, disse er kort gennemgået nedenfor.

2.1.2.2.3 Glasandel

Glasandelen F_f er udtryk for forholdet mellem glassets areal og arealet af hele vinduet, dvs. inklusiv ramme og karm. Glasandelen beregnes som:

$$F_f = A_g / A_w$$

Hvor A_g er rudens/glassets areal og A_w er hele rudens areal. [15, p. 104]

2.1.2.2.4 Solvarmetransmittans (g-værdi)

Solvarmetransmittans angiver mængden af solens varme der når gennem ruden. For *g-værdien* skelnes der mellem vinduets samlede transmittans g_w og glassets transmittans g_g . Glassets transmittans bestemmes af antal glaslag, coating, mv. *g-værdien* afhænger af glasforholdet F_f og g_g .

$$g_w = g_g \cdot F_f$$

Af Tabel 1 fremgår standardiserede værdier for g_g . [16]

Tabel 1 - Solvarmetransmittans for rude (efter SBI 213 tabel 9 [17, p. 45])

Rudetype	g_g
1 lag klart glas	0,85
2 lag klart glas	0,75
3 lag klart glas	0,65
2 lags energirude	0,60-0,65
3 lags energirude	0,55-0,55
Solafskærmet glas	0,25-0,5

2.1.2.2.5 E_{ref}

E_{ref} betegner energibalancen i fyringssæsonen og angiver om det samlede vindue bidrager (positiv værdi) med et energitilskud til opvarmningen. E_{ref} beregnes som:

$$E_{ref} = 196,4 \cdot g_w - 90,36 \cdot U_w$$

Hvor g_w er vinduets samlede solvarmetransmittans og U_w er transmissionskoefficienten for vinduet (W/m^2K). [18, p. 28]

2.1.2.2.6 Energitilskud

Solens energitilskud, til det enkelte vindue afhænger af indfaldsvinkel, glasareal, glassets transmittans (g-værdi), rudens U-værdi og det solindfald, der stråler igennem ruden. Energitilskuddet kan beregnes som:

$$E_{w,korr} = I_{korr} \cdot g_w \cdot F_s - G \cdot U_g$$

hvor

I_{kor} er solindfald korrigeret for g-værdien afhængig af indfaldsvinklen

g_w er solvarmetransmittans

G Gradtimer i fyringssæsonen (temp. Indv. 20 C)

U_g er varmetransmissionskoefficient for rudens midte

F_s er en skyggefaktor [19]

Tabel 2 - Solindfald ift. vindues orientering. Værdierne er korrigeret efter DRY (efter Tabel 3 [19, p. 11])

	Solindfald kWh/m ²	Gradtimer kKh
Nord	104,5	90,36
Syd	431,4	90,36
Øst	232,1	90,36
Vest	232,1	90,36

Korrigerede reference værdier for solindfaldet for et lodret vindue ift. dets orientering fremgår af Tabel 2.

3 Lovgivning, normer og standarder

De følgende afsnit giver en opsummering af et litteraturstudie af gældende lovgivning, bekendtgørelser, vejledninger og standarder, frivillige såvel som normer indenfor dagslys og termisk indeklima i boligbyggeri, med et særligt fokus på altaner.

3.1 Byggeloven

Altaner er omfattet af Byggeloven, da de kan anses for at indgå i lovens §2 som *"opførelse af ny bebyggelse og tilbygning til bebyggelse"* [20]. Særskilt ved renovering bør altaner anses for at falde under loven da *"ombygninger og andre forandringer i bestående bebyggelse, som har betydning for energiforbruget i bygningen."* [20]

Etablering af altaner kræver derfor særskilt tilladelse, dvs. byggetilladelse fra kommunalbestyrelsen jf. byggelovens § 16. Selve Byggeloven er overfladisk ift. detailregulering, men danner rammerne for de bestemmelser, der er udmøntet i Bygningsreglement (BR).

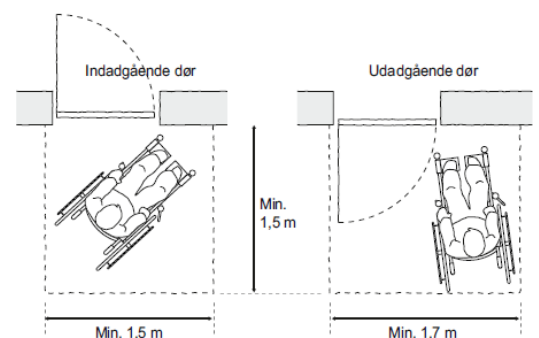
3.2 Bygningsreglementets krav

Der er i nedenstående taget udgangspunkt i de bestemmelser, der trådte i kraft 1. januar 2016, dvs. det nye Bygningsreglement 2015 (BR15).

3.2.1 Adgangsforhold og altaners mindste dimensioner

Af BR15 afsnit 3.1 fremgår det, at alle bygninger bør udformes og indrettes, så der blandt andet tages hensyn til tilgængelighed [21], dette medfører lidt firkantet set, at altaners mindste dimension som udgangspunkt mindst bør være 1,5 m dybe [22, p. 36].

Det samlede mindste areal for en altan, når denne opfattes som udeareal, være min. 1,5 x 1,5 m, forudsat døren mod udearealet er indadgående og mindst 1,5 x 1,7 m, hvis denne er udadgående [23, pp. 91-92]. SBI har i deres vejledning illustreret dette, Figur 8.



Figur 8 - Anbefalede minimums dimensioner på vandrette arealer (ill. fra SBI-anvisning 258 [23, p. 92])

Byggeloven giver dog rig mulighed for at dispensere fra ovenstående krav ved ombygninger efter ansøgning til den kommunale bygningsmyndighed. [23, p. 89].

En tendens til dispensation fra bygningsreglementets krav om tilgængelighed, kan bemærkes i, at der i 2015, i Københavns Kommune skønsmæssigt var en gennemsnitsdybde på nyetablerede altaner på 1,407 m, blandt de 3 største virksomheder, der står for 80% af markedet [24]. Det er dog i denne sammenhæng værd at bemærke, at såfremt den kommunale bygningsmyndighed vælger, at dispensere fra ovenstående udeareals dimensioner, stilles der jf. BR15 3.2.1, dog krav om en indvendig bredde (målt mellem karmene) på minimum 77 cm for døre [21].

3.2.2 Specifikke krav til dagslysforhold og termisk indeklima

BR15 afsnit 6.5.2 *Dagslys*, opstiller umiddelbart et primært krav til dagslyset i boliger; *"rum skal være velbelyste af dagslys, dog så dette ikke medfører gener eller overophedning"* [21]. Endvidere stilles der krav til udsyn og deraf placering af vinduerne [21]. I den tilhørende vejledning anses dagslyset at være tilstrækkeligt, hvis glasarealet på rummets vinduer udgør mindst 10% af gulvarealet i form af sidelys, dvs. igennem vertikalt placerede vinduer, eller 7%, hvis vinduerne skulle være udformet som tagvinduer.

For boliger, dimensioneret efter bygningsklasse 2020, flyttes forholdet mellem glas og gulvareal fra vejledningen til selve lovteksten og hæves til min. 15%, forudsat lystransmittansen af ruden er større end 0,75 jf. BR15 7.2.4.1 stk. 6 [21]. Denne metode giver dog desværre ingen vurdering af evt. skyggevirkning af nærved liggende objekter såsom træer, bygninger eller altaner. [21]

Dagslyset kan dog, ifølge vejledningen, anses for værende tilstrækkeligt i beboelse, hvis halvdelen af rummets gulv har en dagslysfaktor på 2%. For arbejdsrum gælder en dagslysfaktor på mindst 2% i og omkring arbejdsområdet [21].

"Bygninger skal opføres, så der under den tilsigtede brug af bygningerne i de rum, hvor personer opholder sig i længere tid, kan opretholdes et sundheds- og sikkerhedsmæssigt tilfredsstillende indeklima."

BR15 Afsnit 6.1 stk.1 [21]

BR15 er generelt ikke særlig præcis i kravene til hverken dagslysforhold eller det termiske indeklima, dog henvises der i den tilhørende vejledning vedr. det termiske indeklima til den danske norm DS 474. [21]

3.2.3 Energiramme

BR15 stiller i afsnit 7 krav til bygningers maksimale samlede energiforbrug. Da altaner må antages, at have en hvis indflydelse if. sollysets energimæssige bidrag, evt. kuldebroer og ændringer i vinduestyper, rudearealer, mv. if. renovering/etablering af adgangsvej til ny altan, der jf. vejledningsteksten til BR15 afsnit 7.4.1 foranlediger overholdelse af kravene til ombygning og rentabel varmeisolering følger nedenfor en kort gennemgang af kravene for boligbyggeri, der er relevante for nærværende rapport.

Varmetab i byggeri skal jf. vejledningsteksten beregnes efter *DS418 Beregning af bygningers varmetab*. Af Tabel 3 fremgår de dimensionerende indvendige og udvendige temperaturer samt differencen imellem disse.

Tabel 3 - Dimensionerende temperaturer jf. DS-418 [25, p. 12]. Differencen er opgivet i kelvin K

	Indvendig temperatur	Udvendig temperatur	Difference
Loft	20°C	-12°C	32 K
Terrændæk	30°C	10°C	20 K
Ydervæg	20°C	-12°C	32 K

Energirammen for nybyggeri ift. BR15 er $(30 + 1000/A)$ kWh/m² pr. år jf. BR15 7.2.2, stk. 1, dog må det dimensionerende transmissionstab ikke overstige 6,0 W pr m² klimaskærm for bygninger i 3 etager og derover.

Endvidere skal vinduer levere et energitilskud på minimum -17 kWh/m² pr. år. Ligeledes skal der hvor volumenstrømmen ikke kendes, jf. BR 15 7.2.1, stk. 5 og stk 6 benyttes en værdi på 1,5 l/s pr. m² ved 50 Pa, det bemærkes dog at dette ikke er et krav ved renovering. [21]

Af Tabel 4 fremgår en sammenligning af udvalgte varmetabskrav ift. BR15 for nybyg, tilbygning og renovering.

Tabel 4 - Uddrag fra BR15 over tilladte varmetab for nybyg, tilbygning og renovering. Listede værdier er for opvarmede rum ($T > 15^{\circ}\text{C}$) [21]

	Klasse 2020 7.2.4.1	Nybyggeri 7.6 stk 1	Tilbygning 7.3.2 stk 1	Renovering 7.4.2 stk 1
Bygningsdel	U-værdi W/m ² K	U-værdi W/m ² K	U-værdi W/m ² K	U-værdi W/m ² K
Ydervægge		0,30	0,15	0,18
Etageadskillelser og skillevægge mod rum, der er uopvarmede		0,40	0,40	0,40
Loft- og tagkonstruktioner		0,20	0,12	0,12
Vinduer			1,2	
Yderdøre med glas.	1,00	1,50		
Renoverede forsatsvinduer				1,65

3.2.4 Andre BR15 krav

Specifikt for altaner stilles, der i BR15, kun et enkelt yderligere krav jf. BR15 3.2.3; At altaner, reposer, mv. skal være udstyret med et værn til beskyttelse mod nedstyrtning. [21]

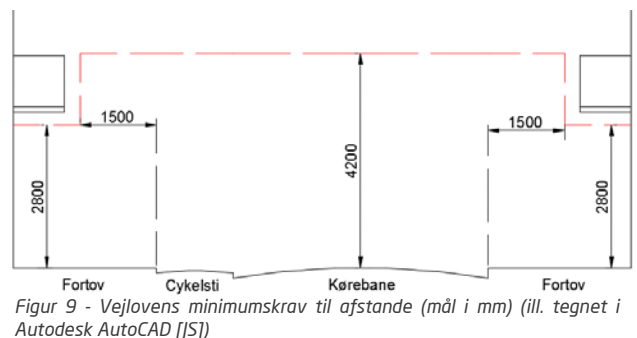
Værn skal være mindst 1 m højt, min. 1,2 m ved altangange, og evt. ballustre uanset deres type, skal anvende en indbyrdes afstand, der ikke kan volde personskade. Værnet skal endvidere være vanskeligt for børn at klatre på og hvis der i værnet benyttes glas, skal dette være egnet til formålet. [23]

Som alt andet byggeri gælder, der for altaner, de samme basis krav til dimensionering, dokumentation af bære/ydeevne, mv. Disse krav er ikke medtaget i nærværende rapport, og der henvises til relevant lovgivning, norm, standard og Eurocode med evt. dertilhørende danske annekser.

3.3 Vejloven

Hvis altaner befinder sig over eller i nærheden af vejarealer, finder *Lov om offentlige veje m.v.*, populært kaldet *Vejloven* anvendelse.

Af Vejlovens §86 fremgår det, at der kan etableres altaner eller lignende udkragende bygningsdele, der rager ind over offentlig vej, så længe disse er hævet til en højde af mindst 2,8 m over fortov og er i afstand på min. 1,5 m fra kørebanekant eller cykelsti [26].



Over selve kørebanearealet, må der ikke placeres faste genstande uden afmærkning i en højde af 4,2 m [27]. Figur 9 illustrerer disse minimumskrav.

3.4 Arbejdsmiljø

Generelt er der i Danmark ikke megen overordnet regulering af hverken altaner, dagslys eller termisk indeklima når det gælder boligbyggeri, dog er der for arbejdsmiljøet, dvs. med et primært erhvervsrettet sigte fastsat en række krav. Af *Bekendtgørelse om faste arbejdssteders indretning* oftest omtalt som *AT-bekendtgørelse nr. 96*, oplystes en række generelle krav.

For arbejdsrum gælder det, at de dels skal være forsvarligt isoleret mod kulde, varme, fugt, støj, mv. jf. §23. Endvidere skal arbejdsrum være velbelyste med dagslys, men dog ikke i en sådan grad at vinduers placering og størrelse giver anledning til blænding, overophedning eller generende kuldenedfald jf. § 25. [28].

Der kan dog dispenseres for alle tidligere nævnte arbejdsmiljøkrav omkring dagslys, blænding og overophedning, selvfølgelig forudsat at "*arbejdets art ikke tillader dagslys*" [28] eller hvis kravene "*vil betyde en afgørende ulempe for virksomhedens drift*" [28].

"§ 31. I arbejdstiden skal temperaturen i arbejdsrummene være tilpasset den menneskelige organisme under hensyn til de anvendte arbejdsmetoder og den fysiske belastning, som de ansatte udsættes for."

Temperaturforholdene i arbejdsrummet skal være uden generende temperaturforskelle."

AT-Bekendtgørelse nr.96 [28]

3.5 SBI-vejledninger og anvisninger om dagslys

Statens Byggningsforsknings institut (SBI) har i en række vejledninger behandlet udregning af dagslysfaktoren (DF), der viser forholdet mellem det dagslys, der rammer en indendørs og en udendørs flade samtidigt, og er samtidigt et mål for hvor meget dagslys, der kan forventes at være på et givet område i en bygning.

Dagslysfaktoren er uafhængig af belysningsniveauer og er alene afhængig af rummets geometri, vinduers

størrelser og udformning, samt evt. barrierer, såsom træer, næved liggende bygninger og udkragende bygningsdele, som f.eks. altaner. [29]

Af Figur 10 fremgår de tre bidrag, der udgør dagslysfaktoren, dvs. det direkte sollys i form af himmelkomponenten (SC) og de to reflekterede bidrag; det udvendige (ERC) og det indvendige (IRC) [30]. Eller udtrykt som ligning:

$$DF = SC + ERC + IRC$$

Dagslysfaktoren kan beregnes vha. computersimulering eller vha. en skabelon metode, beskrevet i *SBI-anvisning 219 Dagslys i rum og bygninger* og i *By og Byg Anvisning 203 Beregning af dagslys i bygninger*. Det er dog værd at bemærke at dagslysfaktoren ikke giver udslag for den oplevelsesmæssige karakter af dagslyset.

I skabelon metoden indgår bl.a.:

3.5.1 Højdevinklen

Højdevinklen illustreret på Figur 11 , giver en indikation af hvor meget modstående forhindringer som bygninger, træer, mv. skygger for dele af himlen over horisonten. I byer vil en stor højdevinkel, ofte medføre store reduktioner i det dagslysindfald der kan nå facaden.

Højdevinklen måles i grader midt på vinduet og til den skyggende forhindrings overkant.

3.5.2 Areal/højde forhold

Atrier og gårdarealers geometri har stor indflydelse på hvor meget af det totale dagslys, der kan trænge igennem til det enkelte rum med vinduer vendt mod gårdarealet. [30]

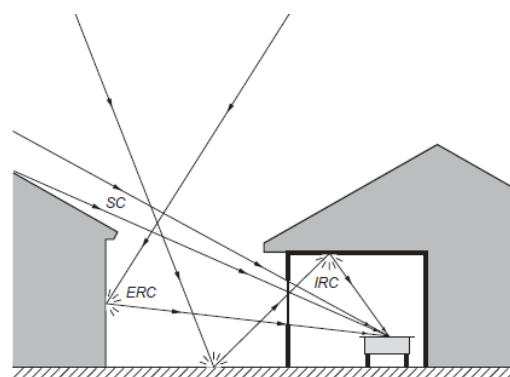
Forholdet beregnes vha.

$$AH = \frac{L \cdot B}{H^2}$$

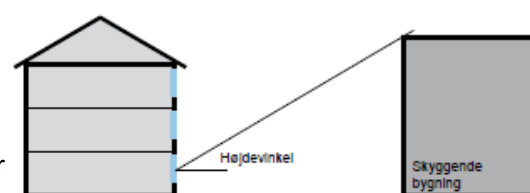
Hvor atriets/gårdens længe (L), bredde (B) og højde (H), hvorefter en dagslysfaktor kan aflæses på en graf. [30]

For altaner, er de i anvisningerne beskrevne udkragende og dermed skyggende bygningsdele ligeledes relevante. På Figur 13 vises et snit, der illustrerer at reduktionen og dermed tabet af dagslysbidraget er størst tæt på vinduet.

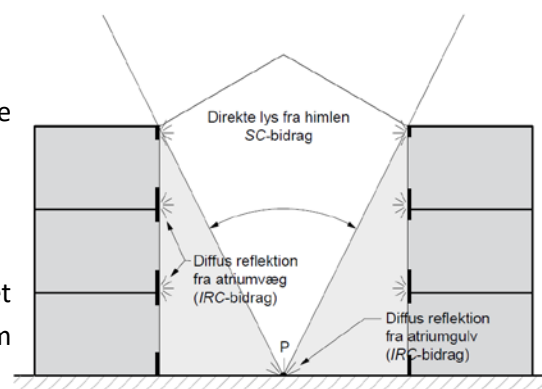
Figur 14 tydeliggør den omtalte reduktion i forhold til et fast udhæng over et vindue, hvor γ_{OH} definerer vinklens størrelse målt i grader fra midten af vinduet og til udhængets forkant. [30] I et tilfælde med et 1 m højt vindue og et 1 m dybt udhæng vil $\gamma_{OH} = 45^\circ$, der kan nu på Figur 14 aflæses en reduktions- faktor på 0,8 for en afstand af 6 m fra vinduet, samt en faktor på 0,6 i en afstand af 1 m fra vinduet. Svarende til en forskel i reduktionen i rummet pga. udhænget på 25%.



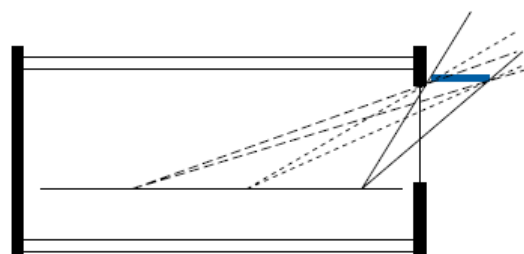
Figur 10 - Bidrag til dagslysfaktoren (ill. fra By og Byg Anvisning 203 [29, p. 11])



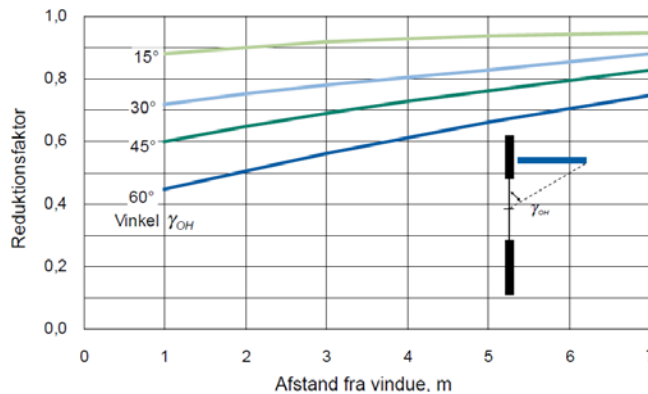
Figur 11 - Højdevinklen ift. en skyggende bygning. (ill. fra SBI-anvisning 219 [30, p. 30])



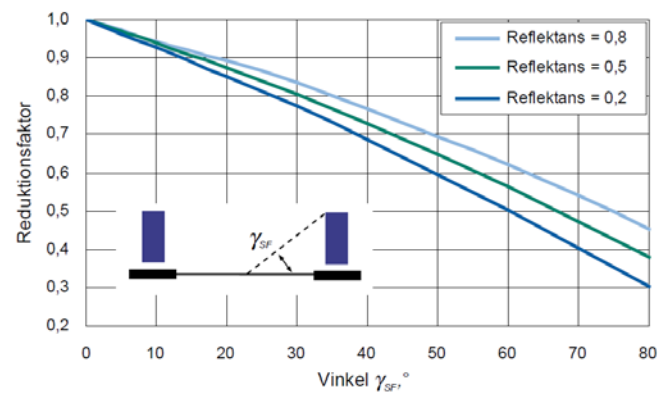
Figur 12 - Illustration af bidragene til dagslys i et atrium eller baggård (ill. fra SBI-anvisning 219 [30, p. 96])



Figur 13 - Snit visende dagslysbidragets reduktion afhængig af afstanden til vindue. Reduktionen er størst tæt ved vinduet (ill. fra SBI-anvisning 219 [30, p. 75])



Figur 14 - Reduktion af DF ift. Vinklen γ_{OH} målt i grader fra midten af vinduet til forkant af udhæng. (ill. fra SBI-anvisning 219 [30, p. 75])



Figur 15 - Reduktion af DF afhængig af lysningens reflektants ift. vinklen γ_{SF} målt i grader fra midten af vinduet til forkant af fremspring. (ill. fra SBI-anvisning 219 [30, p. 76])

Figur 15 illustrerer reduktionsfaktoren if. dagslys faktoren ved sidefremspring. γ_{SF} definerer vinklens størrelse målt i grader fra midten af vinduet og til fremspringets forkant. [30] I et tilfælde med et 1 m bredt vindue og et 1 m dybt udhæng vil $\gamma_{SF} = 45^\circ$, hvorfra en reduktionsfaktor på mellem 0,63 og 0,72 afhængig af lysningens reflektants kan aflæses på Figur 15.

3.6 Danske normer og standarder for dagslys og termisk indeklima

3.6.1 DS 474 Norm for specifikation af termisk indeklima

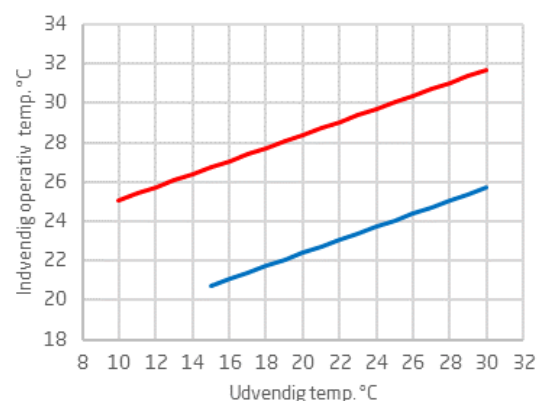
Vejledningen til bygningsreglementet henviser til DS474 if. det termiske indeklima. I normen defineres der for opholdszoner i vinterperioder en operativ temperatur på mellem 20°C til 24°C og for sommerperioder en tilsvarende temperatur på mellem 23°C og 26°C. [31]. Vejledningsteksten i BR15 afsnit 6.2 stk 1, tillader dog op til 100 timer med temperaturer over 27 °C og op til 25 timer over 28 °C. [32]

3.6.2 DS/EN 15251 Input-parametre til indeklimaet...

Standarden "DS/EN15251 Input-parametre til indeklimaet ved design og bestemmelse af bygningers energimæssige ydeevne vedrørende indendørs luftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustik" er ikke defineret som en norm, men oplister de indendørs parametre, der har indvirkning på den energimæssige ydeevne for bygninger.

Standardens metoder anvendes af en række forskellige bæredygtighedscertificerings ordninger og oplyser den "operative temperatur", hvor standarden definerer, at den generelle termiske komfortzone, befinder sig.

Af Figur 16 fremgår den øvre og nedre acceptable temperatur for boligbyggeri jf. EN15251, det konstateres dog i standarden at datasættet til definition af de afledte temperaturer ved en udendørs temperatur på over 25 °C er begrænset [33].



Figur 16 - Øvre (rød) og nedre (blå) acceptable temperatur for boligbyggeri (efter EN 15251 Klasse II) (ill. udarbejdet i MS Excel af uddrag af "Figure A1" i EN 15251 [33, p. 27] [JS])

3.6.3 DS/EN 15193-1 Bygningers energieffektivitet - Energikrav til belysning

Standarden opstiller en generel beregningsmetode til at lette evaluering og benchmarking af energiforbrug og behov if. belysning for erhvervsmæssigt byggeri og andre bygninger med offentligt adgang, herunder hospitaler, sportsfaciliteter, kontor- og undervisningsbygninger, butikker og restauranter. [34]

Metoden er ofte kun omtalt som "LENI" eller "Lighting Energy Numeric Indicator" og er et mål for antallet af kWh/m², der årligt anvendes.

I beregningen af LENI indgår dagslysets bidrag og påvirkning og standarden opstiller bl.a. definitioner til klassifikation af dagslysfaktorens indflydelse på indtrængningen af "oplevet" dagslys, gengivet på Tabel 5 og den "oplevede" forsyningsmængde af dagslys som funktion dagslysfaktoren, gengivet på Tabel 6. [34]

Tabel 5 - Dagslys indtrængen som funktion af dagslysfaktor (Baseret på DS/EN 15193-1 Tabel C.1b [34])

Grad af indtrængning	
$DF \geq 3 \%$	Stor
$3 \% \geq DF \geq 2 \%$	Medium
$2 \% \geq DF \geq 1 \%$	Lille
$DF < 1 \%$	Ingen

Tabel 6 - Klassifikation af forsyningsmængden af dagslys som funktion af dagslysfaktor (Baseret på DS/EN 15193-1 Tabel C.7 [34])

Forsyningsmængde	
$DF > 10 \%$	Bør undgås Risiko for overophedning
$DF \geq 7 \%$	Stor
$4 \leq DF \leq 7 \%$	Medium
$0 \leq DF \leq 2 \%$	Lille
$0 \leq DF \leq 2 \%$	Ingen

Standarden opstiller ligeledes to simple metoder til beregning af skyggevirkningen af henholdsvis horisontale og vertikale udhæng, der minder om fremgangsmåden i SBI-anvisning 219 og By og Byg anvisning 203 til bedømmelse af reduktionen i dagslysfaktor ved fast udhæng, sidefremspring og højdevinkel.

Der defineres desuden en beregningsmetode til anvendelse i lukkede atrier/gårde. Et såkaldt "Well-depth index" [34] der kan beregnes som:

$$w_{i,d} = \frac{(h_{At} \cdot (l_{At} + w_{At}))}{(2 \cdot l_{At} + w_{At})}$$

Hvor h_{At} angiver højden, l_{At} angiver længden og w_{At} angiver bredden af gården/atriet. [34]

Denne kan, som areal/højde forholdet i SBI og By og Byg anvisningerne, anvendes til at vurdere hvor meget lys, der kan bidrage til rum, med vinduespartier, vendt mod atriet/gården.

3.6.4 DS/EN 12464-1 Lys og belysning - Belysning ved arbejdspladser

Standarden, der direkte afløser tidligere gældende nationale standard DS700, og er indskrevet direkte i bygningsreglementets tekst, [21] rummer ikke målbare krav til dagslyset, men nævner fordelene ved potentielle energibesparelser ved at lade dagslys levere dele eller hele den nødvendige belysning, samt muligheden for at lade tilgang af dagslys kompensere for manglende jævnhed i det elektriske lys. [35]

Standarden definerer dog rammerne for de måleflader, der bør anvendes ved lyssimulering og målinger. Og stiller endvidere krav om afskærmning, så blænding videst muligt undgås både for dagslys og kunst lys. [35]

DS/EN 12464-1 er opbygget parallelt med den internationale standard ISO 8995 *Lighting of indoor work places*, men ISO standarden rummer udover mange af de samme generelle ikke formaliserede krav til dagslys, som f.eks. etablering af virkemidler mod blænding, endvidere et krav for at dagslysfaktoren i sidebelyste lokaler. Kravet er at der bør kunne opretholdes en dagslysfaktor på mindst 1 % i arbejdsområdets højde, i en afstand af 3 m fra vinduespartiet og 1 m fra væggene [36, p. 27]

3.7 Internationale krav

Da der ikke findes en klar dansk eller fælles europæisk definition og metode for hvordan dagslyset bør beregnes, og da der ikke er fastsat målbare rammer for hvor meget dagslys, der skal være i boligbyggeri, kan det være relevant at kigge ud i verden, og her er særligt landene omkring Danmark og de på samme breddegrad og klimamæssigt lignende interessante, da de har lignende lysforhold. Af de følgende afsnit fremgår et kort kig på Norge, Sverige og Storbritannien.

Der er i denne rapport ikke gået i dybden med bæredygtigheds certificeringsordninger, såsom BREAM¹, DGNB², LEED³, m.fl. der dog alle indeholder mere eller mindre udførlige krav til dagslyset og ikke mindst hvilken målemetode, der bør anvendes. Fravalget er truffet ud fra ordningernes frivillige tiltrædelsesform, samt et "enten eller" hensyn, hvor de enten alle skulle medtages eller ej.

3.7.1 Norge

Det norske bygningsreglement "*Byggeteknisk forskrift*" er næsten mere kortfattet end den danske når det kommer til dagslys. Den tilhørende vejledning nævner dels en 10% regel meget lig den danske, og dels en gennemsnitlig dagslysfaktor på minimum 2 % for alle typer af rum. Endvidere nævnes der i vejledningen at der ved renovering er praksis for at dagslysforholdene er opfyldte, såfremt der er 1 vindue i hvert rum, med en min. højde på 0,5 m og en min. bredde på 0,5 m, dog skal summen af højde og bredde være større end 1,5 m [37].

For kontrol af dagslysniveauet henvises til den svenske standard "*SS 91 42 01 Byggnadsutformning – dagsljus – förenklad metod för kontroll av erforderlig fönsterglasaria*" [37]. Endvidere har SINTEF, den norske ækvivalent til danske SBI, lavet en stribe overordnede vejledninger.

3.7.2 Sverige

I den svenske "*Boverkets byggregler - BBR*" afsnit 6:3 *Ljus*, stilles der for boliger, udover krav til tilgang til dagslys også krav om både udsyn og direkte sollys. Dog gælder de to sidstnævnte krav ikke for kollegieværelser/studieboliger, kollegiekøkkener, mv. Af den tilhørende vejledning, i Sverige kaldet "*Allmänt råd*", henvises som i Norge til standarden *SS 91 42 01*, endvidere foreslås en min. gennemsnitlig dagslysfaktor på 1 %, der ifølge vejledningen som tommelfingerregel, bør kunne leveres af et rum med et vinduesglas/gulv forhold på 10 % [38, pp. 101-102].

3.7.3 Storbritannien (UK) - Rights to light

I Storbritannien er det muligt at vinde hævde på det dagslysniveau, man har i sin bolig og derved have ret til at kræve at dette henstår uændret, sammen med bl.a. muligheden for at få indskrevet denne ret til dagslys og himmelkig på sit skøde udgør det, hvad der i England oftest omtales som "*Rights to light*". For at kunne løse de stridigheder om dagslyset, som disse rettigheder til lys kan afføde, er der blevet udviklet flere metoder til at vurdere eksisterende dagslys og ikke mindst forringelser i dagslyset. [39]

Der er endvidere udarbejdet en standard for dagslyset *BS 8206-2 Lighting for buildings - Code of practice for daylighting*, hvor der er sat specifikke minimums værdier for ADF "*Average Daylight Factor*". ADF beregnes som den gennemsnitlige dagslysfaktor (DF_{AVE}) [40].

Tabel 7 - Eksempler på Krav til DF(%) i forskellige rum i BS 8206-2. [39]

Køkken	2,0%
Stue	1,5%
Soveværelse	1,0%

¹ BREAM Building Research Establishment Environmental Assessment Method

² DGNB Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen

³ LEED Leadership in Energy and Environmental Design

BRE 209 Vejledningen "*Site layout planning for daylight and sunlight*" rummer flere nemme metoder til at vurdere den gennemsnitlige dagslysfaktor ud fra simple opmålinger [39], sammenlignet med den mere omsiggribende skabelonmetode i SBi-vejledningerne og anvisningerne.

Vurderingen af den gennemsnitlige dagslysfaktor foretages med basis i formlen:

$$ADF = \frac{T \cdot M \cdot A_{w'} \cdot \theta}{A \cdot (1 - R^2)} \quad \%$$

Hvor

T er glassets transmittans

M er en vedligeholdelsesfaktor - der typisk antages til 0,8. [40, p. 147]

$A_{w'}$ er vinduernes samlede glasareal (m^2) - ækvivalent til A_g

θ er vinklen for den tilgængelige frie himmel ($^\circ$)

A er det samlede areal af vægge inkl. vinduer og døre, loft samt gulv (m^2)

R er den samlede reflektants (0,5 for et lyst rum). [39, pp. 53-55]

For vinklen θ henvises i BRE 209 til tabelopslag, det bemærkes dog, at alle oplyste korrigerede værdier svarer direkte til 90° fratrullet højdevinklen afrundet til nærmeste multiplum af 5.

3.8 Opsummering af dagslyskrav

Af Tabel 8 fremgår en opsummering og sammenligning af de forgående afsnits behandling af nordisk og engelsk lovgivning på dagslysområdet for boligbyggeri.

Tabel 8 - Oversigt over danske, norske, svenske og engelske lovkrav til dagslys for boligbyggeri.

	Danmark	Norge	Sverige	Storbritannien (UK)
Lovtekst/reglement krav	Funktions baseret (BR15)	Funktions baseret (Tex)	Funktions baseret (BBR 22)	"Right to light"
DF (%) eller lign målbart/lovkrav	Nej	Nej	Nej	
Vejledende $DF_{AVE}(\%)$	> 2%	> 2 %	> 1%	Afhængig af rummets anvendelse. (>1%)
National standard der skal følges	Nej	Nej	Nej	Nej
National standard der kan følges		SS 91 42 01	SS 91 42 01	BS 8206-2
Anden vejledning	SBi-Anvisninger	SINTEF		BRE 209, m.fl.
Glas/gulv forhold	10 % (7% ved ovenlys) (15% krav 2020)	10 %	10 %	

3.9 Opsummering af termiske krav

Af Tabel 9 fremgår oversigt over krav til de operative temperaturer for det termiske indeklime i BR15 og relevante standarder.

Tabel 9 - Opsummering af overordnede termiske indeklime krav

	BR 15	DS 474	DS/EN 15251
Kravtype	Funktions baseret	Norm	Frivillig standard
Operativ temperatur		20 - 24°C	21 - 25°C
Operativ temperatur (varme perioder)		23 - 26°C	26 - 32°C
100 timer pr år hvor indv. temp.	> 27°C		
25 timer pr år hvor indv. temp.	> 28°C		
Luftskifte	1,5 l/s pr m^2		

3.10 Menneskelige faktorer

Udover lovgivningsmæssige og standardiserede forhold, indgår der for altaner endvidere en stribe menneskelige faktorer, der hver især afspejler sig ved at de oftest er subjektive og yderligere generelt er vanskelige at måle eller gøre målbare.

"Dagslyset har en række kvaliteter, som aldrig kan opnås alene ved kunstig belysning, og det har stor betydning for menneskers almene trivsel og velvære."

SBI-anvisning 258 [23, p. 253].

3.10.1 Oplevede lysforhold

Den subjektive oplevelse af om et rum er velbelyst, afhænger udover det smagsmæssige aspekt, også af en række fysiologiske parametre.

Beskuerens øjne ældes og dermed svækkes med alderen, bl.a. øjets nedsatte evne til at kunne fokusere ("Presbyopi") har stor indflydelse på beskuerens opfattelse af skygger og kontraster [41, pp. 39-41], hvorfor der bør tages hensyn til f.eks. jævnhed og blænding for både den naturlige og kunstige belysning.

SBI vurderer erfaringsmæssigt, til trods for de mange subjektive parametre, at et rum kan betegnes som vel belyst, når $DF_{min} > 0,7\%$ [42, p. 10]

3.10.2 Udsyn, himmelkig og indkig

Vinduets evne til at lade iagttageren, se ud og kunne se vejret, er ifølge en undersøgelse foretaget af SBI blandt kontoransatte i 1999, de to mest positive betydninger af et vindue [43].

Altaner kan dog, som vinduer, afhængig af deres udformning, størrelse og placering mindske privatlivet for beboerne, da de begge kan give uønsket indkig fra gade og naboer [44]. Da beboerne flytter "livet" ud på altanen øges denne eksponering både for beboeren selv og dennes naboer. Altaner placeret tæt ved nabo vinduer, kan endvidere muliggøre uønsket indkig. Der bør derfor tages særligt hensyn til naboer og genboer ift. projektering af altaner.

3.10.3 Komfort

Oplevelsen af termisk komfort afhænger af forskellige parametre, og er ligeledes subjektiv, en person kan opleve et rum som for koldt eller for varmt, hvor et andet kan opleve rummet som tilpas. Oplevelsen af om rummets temperatur er tilpas afhænger ligeledes af hvilke aktiviteter personen foretager sig og ikke mindst i hvilken påklædning aktiviteterne foregår. [31]

Tabel 10 - Parametre for termisk komfort i boliger [31]

Parameter	
Rum	Lufttemperatur
	Lufthastighed & turbulens
	Relative luftfugtighed
	Middelstrålingstemperatur
Menneske	Aktivitetsniveau
	Påklædning

Tabel 10 oplister hovedparametre for den termiske komfort, parametrene kan inddeles i 2 grupper, hvoraf den ene består af parametrene for det termiske indeklima i et rum, der overordnet afhænger af 4 hovedparametre. Den anden gruppe rummer de 2 hovedparametre for den menneskelige oplevelse af termisk komfort. [31]

Træk kan endvidere forårsage lokal nedkøling eller opvarmning af de enkelte kropsdele medførende gener for den enkelte og bør videst muligt undgås. En kombination af luftens hastighed, temperatur og turbulens indgår i den generelle betragtning af træk. [31]

3.10.4 Sundhed

Altaner kan bidrage til beboernes sundhed, da de grundet deres brug kan øge beboernes lyseksponering, en eksponering, der har vist sig at have omfattende helbredsmæssig indflydelse. F.eks. lider ca. 5% af befolkningen af vinterdepression og mellem 10-15% oplever mangel på energi, øget søvnbehov, nedtrykthed, mv. pga. manglende dagslyseksponering [45]. Men der opleves i byrummet, dog også gener ved altaner, der kan have

negativ effekt på beboernes sundhed, f.eks. opleves ofte gener ved lavt placerede altaner i form af støv og støj fra byrummets trafik [46].

3.10.5 Økonomi

I udkanten af de menneskelige faktorer er det økonomiske incitament. Altaner tilføjer værdi ved videresalg af lejligheder og bidrager med et prestigefyldt "privat" udeareal for beboerne, der afhængig af udearealets størrelse, placering og type, kan skabe deres egen udendørs oase i byrummet, hvor udearealer oftest er sparsomme [46]. Udover en øget tilbagebetaling på op til 200% ved et senere salg [3] ved etablering af altaner, kan der også være betydelige økonomiske og samfundsmæssige besparelser i form af energibesparelser, når energi ineffektive vinduer udskiftes og dagslyset generelt gives en større indflydelse, da dagslyset kendetegner sig ved at være gratis og effektivt.

4 Parametre

Overordnet set kan altaner opdeles i 2 hovedgrupper af parametre, de æstetiske, hvor bygningens arkitektur, udformning, kvarterets type, mv. indgår og de fysiske parametre i form af afstande til veje, nærvæd liggende bygninger, placering på facaden, dimensioner mv. Slutteligt angives hvilke cases, der ønskes undersøgt i denne rapport.

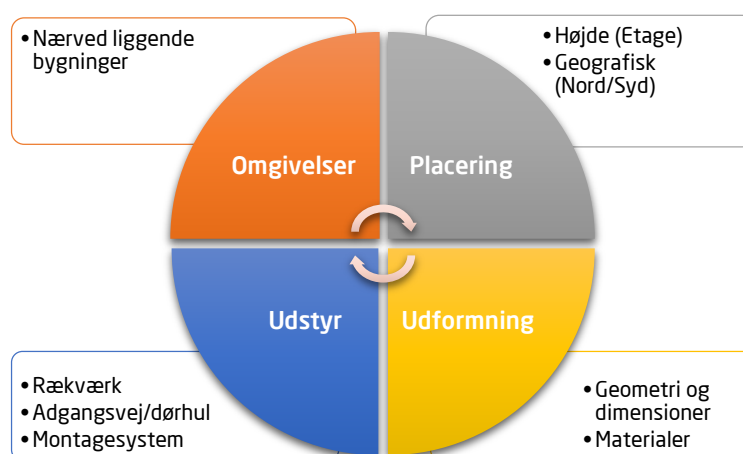
4.1 Æstetik

Teknik og miljøforvaltningen i Københavns kommune oplyser at æstetik indgår som et væsentlig parameter if. byggesagsbehandlingen for altaner (*Bilag Z*). Dette gør sig også gældende for Frederiksberg Kommune, der i deres altan manual, understreger vigtigheden af arkitektonisk kvalitet og respekt for ejendommens særpræg og facadeudtryk. [44]

De æstetiske overvejelser afhænger af kvarter og ejendommens type. Dansk Bygningsarv, har udgivet guiden *"Kend dit etagehus"*, hvor de forskellige etageejendomme i de større danske byer kategoriseres efter typer, hvortil der gives overordnede arkitektoniske guidelines for den specifikke type. For et ny klassicistisk etagehus, nævnes den afbalancerede helhed samt facadens opbygning if. rytme og reliefvirkning som vigtige parametre. [47].

4.2 Fysiske parametre

Som illustreret på Figur 17 kan altanens fysiske parametre opdeles i fire hovedgrupper. Nedenfor beskrives kort hver parametergruppe og baggrunden for, hvorfor de underliggende parametre bør betragtes og evt. medtages i vurderingen af deres indflydelse på dagslys og termisk indeklima.



Figur 17 - Fysiske parametre for altaner (ill. dannet i MS Word [JS])

4.2.1 Udformning

4.2.1.1 Geometri og dimensioner

Altaner kan være udformet på en række måder, der dog alle kan beskrives som værende geometriske former, som f.eks. halvcirkler og rektangler, hvor parametre kan udtrykkes som længde, bredde, radius og højde af selve altandækket. I case 3 er der kigget nærmere på altanens geometriske udformnings indflydelse på dagslysfaktoren.

"Folk har en forventning om, at en altan er minimum 1,3 meter dyb"

Interview i Politiken [66]

Altandækkets geometriske udformning afgrænser dog også brugen af altanen, hvor en smal aflang altan ikke har samme brugbarhed for beboerne, som en dyb og bred altan.

Altandækkets størrelse og udformning har endvidere stor indflydelse på valg af montagesystem, da f.eks. et dybt dæk ud fra en statisk betragtning vil udgøre en større moment arm, der følgelig vil kræve enten en mere omsiggribende indspænding i facaden og evt. etageadskillelsen, eller beslag og/eller wireophæng af større dimension.

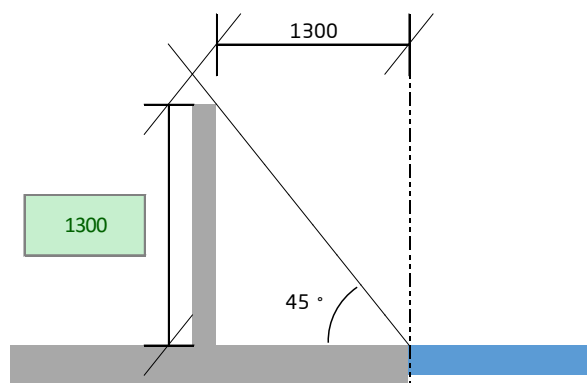
Frederiksberg kommune lister de af Tabel 11 foreslåede dybder og længder for altaner i deres vejledning om altaner på Frederiksberg [44].

Tabel 11 - Vejl. altan længder og dybder for Frederiksberg Kommune [44]

Dybde	0,9 m mod gadeplan
	Typisk 1,2 m ved en etagehøjde på op til 2,5 m
	Max. 1,3 m ud over forhaver
	Op til 1,5 m
	Ud trin 30-50 cm til franske altaner
Længde	1 til 2 vinduesfag
	Op til 3,5 m
	Min. 2,5 m fra skel ved montage på gavl

Københavns Kommune indførte i efteråret 2015, et Excel ark if. byggesagsbehandlingen af dagslysforhold if. etablering af altaner. Arket var baseret på vinkelberegninger, og gav et overslag på altandybder ud fra skyggelængder og solhøjde if. afstande til omkring liggende bygninger, brystnings- og etagehøjder, mv. Arket medførte dog en større mediestorm og blev i februar 2016 erstattet af nogle vejledende dybder og længder, baseret på gennemgang af dagslysberegninger udført af SBi på dybder fra 0,5 – 1,7 m [48].

I Aarhus kommune er der opstillet en relativ kort vejledning, sammenlignet med den af Frederiksberg kommune udarbejdede. Her anbefales kort en maksimal længde på 3,5 meter og dybde på 1,5 meter for altaner, samt en placering på facaden, der i flugt fra forkant til nærtstående nabovindue ikke bør overskride en vinkel på 45° [49]. Dette princip er illustreret på Figur 18.



Figur 18 - Eksempel på beregning af dybde, vha. trigonometri, ved flugt fra forkant, jf. princip efter skitse af Aarhus Kommune [49, p. 2] (ill. udarbejdet som indtastningsark i MS Excel. [JS])

4.2.1.2 Materialer

Altandæk udføres primært af enten beton, stål eller aluminium. Træ benyttes ikke som bærende materiale til altaner, grundet altanens typiske placering udfor etageadskillelsen, hvor der stilles krav om øget brandmodstandsevne og udførelse i ubrændbare materialer [32, pp. 66-72].

Da det dagslys, der kommer ind i boligen, består af store dele reflekteret lys, i tilfælde op til 50 % [30, p. 77], gør at refleksionen af altanens underside er yderst interessant ift. dagslysfaktoren. Normalt vil undersiden af en altan enten være rå beton med en reflektants på mellem 0,05-0,45 [30, p. 79], af malingsbehandlet stål eller aluminiums overflade med en reflektants på op til 0,5, forudsat den er malet med en lys grå eller lign. maling [30, p. 79]. Denne overflade kunne erstattes af en mat aluminiums plade eller en poleret aluminiums plade, resulterende i en reflektants på op til 0,9 (92%)⁴. Altandækket kunne også erstattes af mere transparent overflade.

Figur 19 illustrerer de gængse altantyper. Nærværende rapport beskæftiger sig primært med de tre øverste typer og variationer heraf.

⁴ <http://lighting-materials.com/materials/726>



Fransk altan

Rækværk foran indadgående dør, en løsning der lader lys og luft komme ind.



"Spansk" altan

En variant af den franske altan, dog med bund og en dybde op til 25 cm



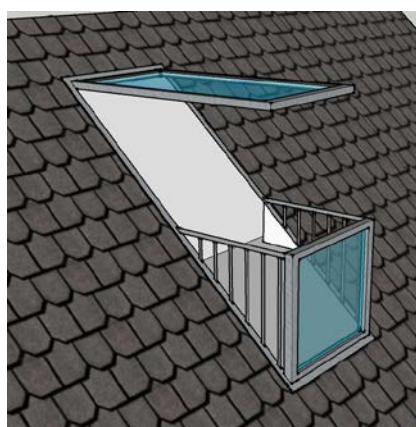
Altan monteret på facade

Altan også kendt under navne som balkon. Typisk rektangulær i facon, findes dog også som halvcirkler, mv.



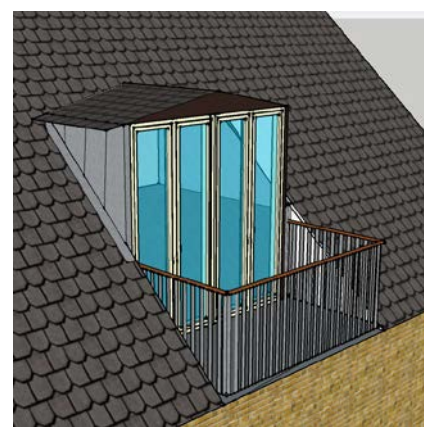
Indbyggede altaner

Altaner tilbagetrukket i facaden, svarende til et åbent rum.



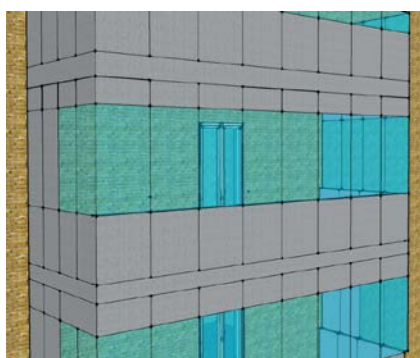
Velux Cabrio® tagaltan

Kombineret ovenlysvindue og altan.



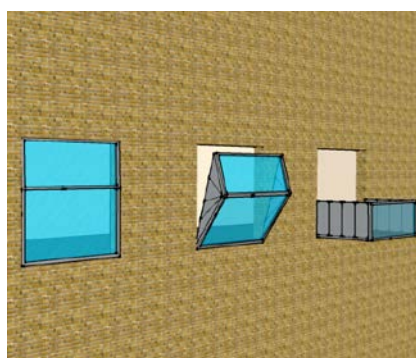
Tagaltaner

Altan indbygget i tagfladen. I mindre udgave også omtalt som kvistaltan.



Inddækkede altaner

Altanens sider beklædes typisk med glas og danner derved et ekstra rum. Inddækkede altaner, kan minde om karnapper.



Bloomframe® Window

Et kombineret vindue og altan, der vha. hydraulik kan foldes ud efter behov.

Altanen er designet af det hollandske arkitektfirma Hofman Dujardin Architects.



Altangang

En altan, der forbinder flere lejligheder, omtales som svalegang, hvis den er overdækket.

Figur 19 - Oversigt over gængse altan typer (ill. af Velux Cabrio er tegnet frit efter billeder på Velux' website [50], ill. af Bloomframe er tegnet frit efter billeder på Hofman Dujardin Architects website [51], ill. udarbejdet i SketchUp [JS])

4.2.2 Placering og omgivelser

Da det reflekterede lys også kommer fra de omkringliggende bygninger, er det interessant at medtage betydningen for dagslysfaktoren som funktion af denne, da forskellige reflektive materialer blandt andet anvendes ved nybyggeri og gennemgribende renoveringer, hvor der f.eks. bygges en ny facade udenpå den tidligere facade.

Altanens placering på facaden kan også have betydning af forskellig art, f.eks. har altaner ud for stueplan, en del lovmæssige begrænsninger ift. størrelse og afstand fra gadeplan.

Figur 20 viser et eksempel på altaners placering på facaden, over hinanden som ranke/kolonne og forskudt placering på facaden.



Figur 20 - Eksempel på altaners placering på facade. Over hinanden, som ranke (t.v. - med blå kant) og forskudt (t.h. - med rød kant) (ill. tegnet i SketchUp og renderet i KeyShot [JS])

4.2.3 Udstyr

4.2.3.1 Rækværk

Etablering af rækværk er lovgivningsmæssigt bestemt til min. at være 1 m høje, dog kan rækværker være udført af et væld af forskellige materialer, men anbefales generelt så transparente som muligt. Materialevalget af rækværket if. dagslysfaktoren, dvs. rækværkets transmittans er derfor et interessant parameter at undersøge.

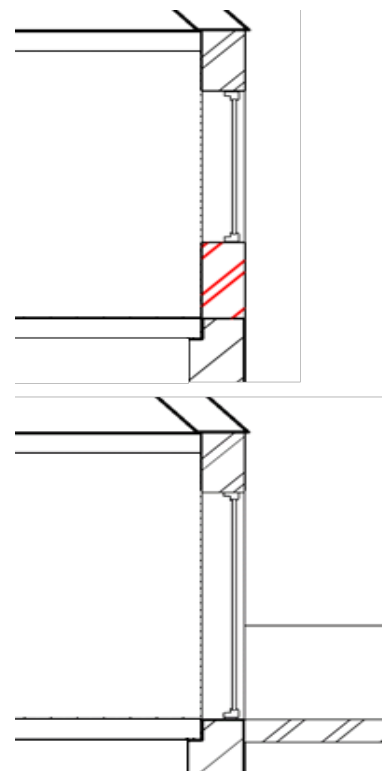
4.2.3.2 Adgangsvej

For at kunne få adgang til altanen, vil der ved etableringen blive etableret et dørhul, dørhullet kan med fordel placeres i et vinduesfag, så der udover vinduet kun skal nedbrydes brystning. Herved kan facadens udtryk og evt. murdekorationer over det udtagne vinduesparti bevares. Figur 21 illustrerer denne typiske placering af adgangsvejen.

Altandøren kan endvidere også give et positivt bidrag ift. klimaskærmen og dagslysfaktoren, afhængig af hvilken dør der vælges, dennes glasareal, mv.

Et øget glasareal kan øge dagslysfaktoren, da glasarealet kan have en direkte virkning på hvor stor en del af dagslyset, der slippes ind, et eksempel på dette kan bl.a. ses i eksempelsamlingen for dagslys i nyt kontorhus fra SBI, hvor et større vinduesareal medførte en øget middel dagslysfaktor [52, pp. 7-8].

Dog bemærkes det, at mængden af dagslys ikke har direkte sammenhæng med vinduesarealet, men at denne i højere grad afhænger af vinduesudformningen, herunder karm og graden af permanent afskærmning [43, p. 57]. Endvidere kan døren grundet sit større areal bidrage til bedre udluftning, der igen kan bidrage til at nedbringe fugt, skimmelsvamp og øge den passive køling i varme perioder.



Figur 21 - Snit i facade. Med rød skravering (øverst) er brystningens placering angivet. Denne fjernes typisk ved etablering af adgangsvej til altan (nederst) (ill. tegnet i Autodesk AutoCAD [JS])

4.2.3.3 Montagesystem

Afhængig af den eksisterende bygnings opbygning, kan der vælges forskellige fastgørelsesmetoder til fastgørelse af altaner. Metoden afhænger typisk af den eksisterende bygnings facade og etageadskillelse, samt hvilke materialer altanen er udført af.

Umiddelbart kan fastgørelse af altaner til facade opdeles i tre overordnede hovedmetoder: Forankring, indspænding og fritstående søjler.

På Figur 22 fremgår et eksempel på forankring ved ophængning i facaden med klæbeankre eller gennemgående bolte, hvor dækket er fastgjort på en bæreskinne. På eksemplet er altanen endvidere fastgjort ved hjælp af wirer fra facaden mod forkanten.

Alternativt kan altanen ophænges ved hjælp af fritstående søjler, der fastgøres til altanens forkant. Dækkets kant mod facaden fastgøres enten, som beskrevet ovenfor eller med skinner fastgjort til facaden. På Figur 23 fremgår et eksempel på anvendelse af søjler til understøttelse af altaner.

På Figur 24 fremgår eksempel på fastgørelse ved indspænding. Ved fastgørelse til etageadskillelsen ved indspænding i facaden, vil altanens samlede vægt, og udvendige dybde have stor indflydelse på hvor langt ind etageadskillelsen skal nedbrydes.

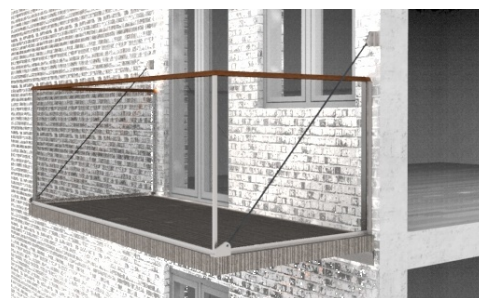
Fastgørelse med indspænding, giver den største indflydelse på den eksisterende klimaskærm, da der her laves en gennembrydning af facaden, hvilket afhængig af metode kan medføre drastiske kuldebroer.

4.2.3.4 Kuldebroer

Generelt har altaner samme problematikker ift. kuldebroer, som andre udkragede bygningsdele. Hvis der f.eks. ved indspændte altandæk af armeret beton eller dragere af stål ikke udføres en effektiv kuldebrosafbrydelse, vil både en materialerelateret og geometrisk kuldebro være tilstede. [53]

Konsekvensen for denne type uisolerede bygningsdele er store varmetab og større omkostninger til opvarmning, samt større risiko for dannelse af skimmelsvamp nær udkragnings grænseflader mod bygningen.

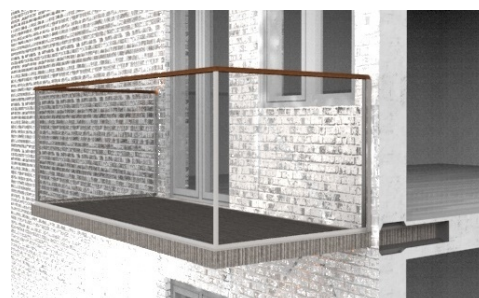
Forskellen i temperaturfordeling mellem en afbrudt kuldebro for et udkragende dæk og et dæk uden afbrydelse er illustreret på Figur 25.



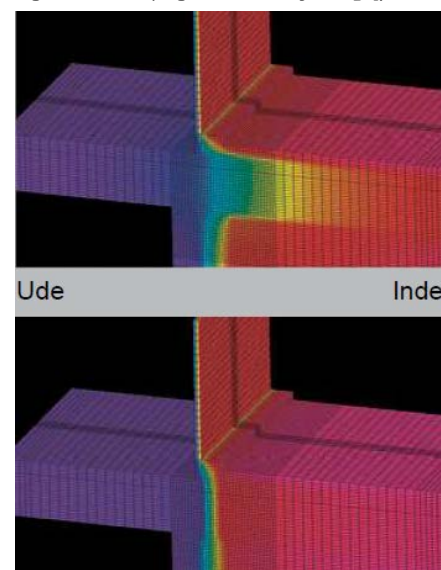
Figur 22 - Eksempel på altan forankret i mur og udhæng ophængt med wirer (ill. tegnet i SketchUp og renderet i KeyShot [JS])



Figur 23 - Eksempel på altan ophængt med søjler (ill. tegnet i SketchUp og renderet i KeyShot [JS])



Figur 24 - Eksempel på indspændt altan, hvor altandækkets moment udveksles i etageadskillelsen (ill. tegnet i SketchUp og renderet i KeyShot [JS])



Figur 25 - Illustration af temperaturfordeling for en udkragende indspændt altan. Øverst uden kuldebros afbrydelse og nederst med. (ill. fra BYG-ERFA blad (23) 100819 [53])

4.3 Oversigt over parametertyper for simulering

Af Tabel 12 fremgår hvilke parametre, der ved simuleringerne ønskes undersøgt, tabellen kan endvidere ses som en samlet oversigt af cases ift. dagslyssimulering.

Tabel 12 - Oversigt over cases ift. parametre

Case	Titel	Hovedtype	Undertype
0	Reference case	-	-
1	Næved liggende bygningers reflektants	Omgivelser	Næved liggende bygninger
2	Udskiftning af vindue med glasdør	Udstyr	Adgangsvej
3	Altanens geometri	Udformning	Geometri og dimensioner
4	Altanens undersides reflektants	Udformning	Materialer
5	Altanens dimensioner	Udformning	Geometri og dimensioner
6	Altan dækkets transmittans	Udformning	Materialer
7	Facade placering	Placering	
8	Placering ift. skygge fra modstående bygning	Omgivelser & Placering	
9	Rækværkets transmittans	Udstyr	Rækværk
10	Lysningen/murtykkelse	Udstyr & Udformning	-
11	Konsistens i DF beregninger	Kontrol og verifikation	
12	CSV målepunkter og zoner	Kontrol og verifikation	

5 Reference bygning

Reference bygningen er opført i 1917, og befinder sig på Jagtvej 110 på Nørrebro i København. Af Figur 26 fremgår ejendommens nærmere geografiske placering. Referencebygningen udgør overordnet set en opgang i en større bolig karré, men betragtes i denne rapport som en separat bygning.



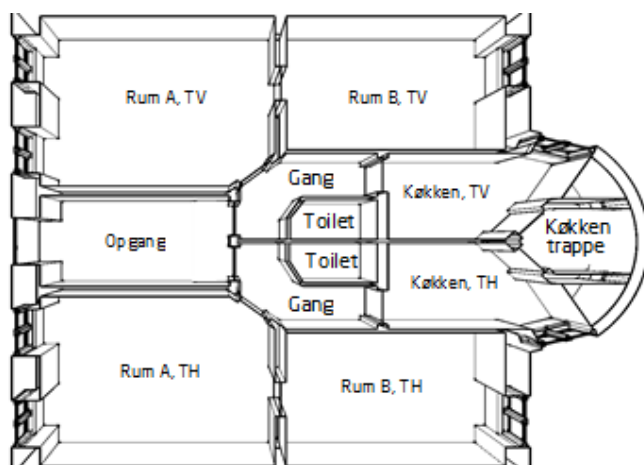
Figur 26 - Med rød prik markeret reference bygningens placering, rød ramme visende overliggende udsnits placering. (Danmarkskort (yderst t.v.) fra Geodatastyrelsen [54], Øvrige ill.: Københavnerkortet [55]) [JS]

Ejendommen er en klassisk "københavnernejendom" fra perioden 1890 – 1920, og kendetegner sig udover ved de massive murstensvægge uden isolering, ved de forholdsvis dybe lysninger, der er lukket af i toppen af en overligger, som bærer overetagens brystningsparti [56]. Plan og snit fremgår af Bilag A og B.

De massive murstensvægges dybde varierer fra kælder til kvist, begyndende i stueplan med en dybde på 2½ mursten, svarende til 600 mm og sluttende på fjerdesalen med 1½ sten, svarende til 360 mm. Etagedækkene er opbygget i træ, og øverst danner et u-isoleret loftsrums basis for en tagstensbeklædt sadeltagskonstruktion.

Referencebygningen har 5 etager, og er totalt 22,7 m høj til kip, målt fra gadeplan. Hver etage med et brutto areal på ca. 124 m², består af 2 toværelses lejligheder med hver et køkken, et toilet og en fordelingsgang, hvoraf de to værelser udgør henholdsvis ca. 15 m² og ca. 20 m² ud af lejlighedernes omtrentlige bruttoareal på 62 m².

Lejlighedernes største rum (Rum A) er forsynet med 2 dannebrogsvinduer uden sprosser, hver med hulmålene (h x b) 1,6 x 1,1 m. Hvor køkkenet og det mindre rum (Rum B), hver kun er forsynet med et enkelt dannebrogsvindue uden sprosser, alle med hulmålet (h x b) 1,6 x 1,2 m.



Figur 27 - Plan af stuelejlighed med angivelse af rum for lejlighederne (ill. udarbejdet i SketchUp [JS])

Alle lysninger er udført med en brystning på 0,84 m målt fra gulv, med en murdybde på 1 sten, svarende til 240 mm for selve brystningen. Køkkenet og rum B er Sydøst vendte, hvor rum A er Nordvest vendt. Af Figur 27 fremgår plan af bygningens stuelejlighed, med angivelse af rumnavne.

Rummenes areal, murhuls mål og forholdet mellem glasarealet og gulvets størrelse, samt det enkeltes rums overholdelse af BR15 kravet om min. 10% glasareal pr gulvareal, fremgår af Tabel 13.

Tabel 13 - Referencebygningens stuelejligheds gulv, vindues og glas areal, glas/gulv areal forholdet og dets overholdelse af vejledende krav i BR15

	Gulv areal	Samlet vindues areal	Samlet glas areal	Glas/Gulv areal forhold	Overholdelse if. BR15 $\geq 10\%$
Rum A	20,57 m ²	3,52 m ²	2,12 m ²	10,3	Ja
Rum B	15,09 m ²	1,92 m ²	1,20 m ²	8,0	Nej
Køkken	7,47 m ²	1,92 m ²	1,20 m ²	14,2	Ja
Øvrige	8,23 m ²	-	-	-	-

Af Figur 28 fremgår referencebygningens gulvhøjder if. terræn og selve etage højden (gulv til loft) for hver etage.

Før energitilskuddet for hver type vindue kan beregnes, skal Solindfaldet korrigeres grundet bygningens orientering. Da bygningens facade mod Jagtvej er drejet 30° fra Nord mod Vest, kan korrektionen foretages ved forholdsregning.

Jagtvejssiden; Nordvestlig retning:

$$\frac{90^\circ-30^\circ}{90^\circ} \cdot 104,5 \text{ kWh/m}^2 + \frac{30^\circ}{90^\circ} \cdot 232,1 \text{ kWh/m}^2 = 147,03 \text{ kWh/m}^2$$

Gårdsiden; Sydøstlig retning:

$$\frac{90^\circ-30^\circ}{90^\circ} \cdot 431,4 \text{ kWh/m}^2 + \frac{30^\circ}{90^\circ} \cdot 232,1 \text{ kWh/m}^2 = 364,97 \text{ kWh/m}^2$$

Køkken TH; Sydvestlig retning:

$$\frac{90^\circ-30^\circ}{90^\circ} \cdot 232,1 \text{ kWh/m}^2 + \frac{30^\circ}{90^\circ} \cdot 431,4 \text{ kWh/m}^2 = 298,53 \text{ kWh/m}^2$$

Køkken TV; Nordøstlig retning:

$$\frac{90^\circ-30^\circ}{90^\circ} \cdot 232,1 \text{ kWh/m}^2 + \frac{30^\circ}{90^\circ} \cdot 104,5 \text{ kWh/m}^2 = 189,57 \text{ kWh/m}^2$$



Figur 28 - Gulvhøjde målt fra terræn (t.v.) og etagehøjder, målt fra overside gulv til loft (t.h.) alle mål i meter (ill. udarbejdet i MS Visio og SketchUp [J5])

Vinduerne i referencebygningen anses for at være udført med 1 lag glas, hvorved $g_g = 0,85$ [17, p. 45] $U_w = 4,4$ W/m²K for dannebrogsvinduer uden sprosser med enkelt glas. [57, p. 15].

Af Tabel 14 fremgår de eksisterende vinduers termiske egenskaber, endvidere oplystes de glasdøre, der benyttes i modellen ved altanetablering. Her antages det at ruder udgøres af en 2 lags energirude, svarende til $g_g = 0,65$ [17, p. 45] og $U_w = 1,5$ W/m²K jf. kravet til glasdøre i ydervægge i BR15 [20]. Tabel 14 rummer nederst data for en renoveret udgave af de 2 typer dannebrogsvinduer, her benyttes $U_w = 1,65$ W/m²K jf. BR15 afsnit 7.4.2 [21] og en $g_w = 0,44$ [57, p. 15]. Det antages her at $U_g = 1,3$ W/m²K. Det ses at der kan spares en del af bygningens energiforbrug ved en udskiftning af de eksisterende vinduer.

Tabel 14 - Eksisterende vinduers termiske egenskaber ($g_g = 0,85$ ved 1 lag glas) [17, p. 45] og $U_w = 4,4$ W/m²K for enkelt glas [57, p. 15]. Endvidere er angivet de glasdøre, der anvendes ved etablering af altaner på modellen, samt 2 renoverede udgaver. Med **fed** markeret vinduer med energi tilskud. (formler fra afsnit 2.2.2.1 (s. 6) anvendt)

	Vindues højde	Vindues bredde	Vindues areal	Glas areal	Glas andel	g-værdi	Transmissions koefficient	Energi balance	Energi tilskud
	m	m	A _w m ²	A _g m ²	F _f	g _w	U _w W/m ² K	E _{ref}	E _w kWh/m ²
Type A	1,6	1,1	1,76	1,06	0,60	0,51	4,40	-297,4	-458,1
Type B	1,6	1,2	1,92	1,20	0,63	0,53	4,40	-293,5	-339,7
Type BTH	1,6	1,2	1,92	1,20	0,63	0,53	4,40	-293,5	-374,9
Type BTV	1,6	1,2	1,92	1,20	0,63	0,53	4,40	-293,5	-432,7
Glasdør A	2,44	1,1	2,68	1,69	0,63	0,41	1,50	-55,02	-54,2
Glasdør B	2,44	1,2	2,93	1,92	0,66	0,43	1,50	-51,09	39,5
Glasdør BTH	2,44	1,2	2,93	1,92	0,66	0,43	1,50	-51,09	10,9
Glasdør BTV	2,44	1,2	2,93	1,92	0,66	0,43	1,50	-51,09	-36,0
Renoveret A	1,6	1,1	1,76	1,06	0,60	0,44	1,65	-62,68	-52,8
Renoveret B	1,6	1,2	1,92	1,20	0,63	0,44	1,65	-62,68	43,1
Renoveret BTH	1,6	1,2	1,92	1,20	0,63	0,44	1,65	-62,68	13,9
Renoveret BTV	1,6	1,2	1,92	1,20	0,63	0,44	1,65	-62,68	-34,1

Af Tabel 15 fremgår registrering af døre og vinduer i reference bygningens klimaskærm, samt deres energitilskud.

Tabel 15 - Vinduesregistrering for reference bygningen, Registrering jf. HB2016 [58, pp. 45-47]

Bygningsdel	Type	Antal	Orientering	Hældning	Skygger			Areal	Samlet areal (m ²)		
					højre	venstre	top		Lejlighed	Etage	Total
Yderdør	-	1	330°	90°	-	-	-	2,42	-	-	2,42
Vjagtvej	A	20	330°	90°	-	-	-	1,76	3,52	8,80	44,0
Vjagtvej 4. sal	A	5	330°	90°			35°				
VgårdTV	B	5	150°	90°	60°	-		1,92	1,92	3,84	9,60
VkøkkenTV	BTV	5	60°	90°	-	60°		1,92	1,92	3,84	9,60
VgårdTH	B	5	150°	90°	-	60°		1,92	1,92	3,84	9,60
VkøkkenTH	BTH	5	240°	90°	60°	-		1,92	1,92	3,84	9,60

Det antages if. opgørelse af reference bygningens termiske egenskaber, at alle rum på nær loftsrum og kælder er opvarmede ($T > 15^{\circ}\text{C}$). Af Tabel 16 fremgår U-værdier og arealer for etageadskillelserne.

Tabel 16 - U-værdier for etageadskillelser mod uopvarmede rum, samt u-værdi for tagkonstruktion

Bygningsdel		Tykkelse m	U-værdi W/m ² K	Areal	
				Etage m ²	Total m ²
Etageadskillelse	bjælkelag, indskudsbrædder, ler indskud og loftbrædder	0,35	0,78 [58, p. 111]	124,0	-
Etageadskillelse	Mod uopvarmet kælder	0,35	1.13 [58, p. 113]	-	124,0
Tag	Uisoleret sadel tegltag	0,3	0,2 [25, p. 25]	-	188,4

Af Tabel 17, Tabel 18 og fremgår U-værdier og arealer for facaden henholdsvis mod jagtvej og mod gården. Transmissionskoefficienter er beregnet jf. DS 418.

Tabel 17 - U-værdier og areal for ydermur mod jagtvej. ^{*)} Areal pr etage og total indeholder endvidere mur ved opgang

Bygningsdel		Tykkelse m	U-værdi W/m ² K	Areal (m ²)		
				Pr lejlighed	Pr etage	Total ^{*)}
Brystning	Teglvæg 1 sten	0,24	2,000	1,84	4,6	23,0
Ydervæg 4. sal	Teglvæg 1½ sten	0,36	1,503	9,12	23,16	23,16
Ydervæg 2. og 3. sal	Teglvæg 2 sten	0,48	1,204	9,18	23,36	46,72
Ydervæg St. og 1.sal	Teglvæg 2½ sten	0,6	1,005	9,18	23,36	46,72
						139,6 m ²

Tabel 18 - U-værdier og areal for ydermur mod gård. Totalt areal og areal pr etage indeholder også mur for køkkentrappe.

Bygningsdel		Tykkelse m	U-værdi W/m ² K	Areal (m ²)		
				Pr lejlighed	Pr etage	Total ^{*)}
Brystning	Teglvæg 1 sten	0,24	2,000	2,0	4,0	20,0
Ydervæg 4. sal	Teglvæg 1½ sten	0,36	1,503	15,81	37,02	37,02
Ydervæg 2. og 3. sal	Teglvæg 2 sten	0,48	1,204	16,3	38,4	76,8
Ydervæg St. og 1.sal	Teglvæg 2½ sten	0,6	1,005	16,3	38,4	76,8
						210,7 m ²

Af Tabel 19 fremgår arealer for mur mod øvrige ejendomme. Beregning af transmissionskoefficienter er udført jf. DS 418.

Tabel 19 - U-værdier og areal for skillevægge.

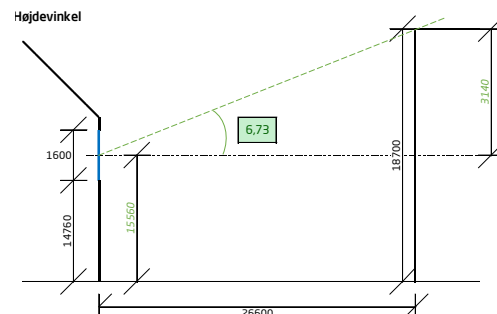
Bygningsdel		Tykkelse m	U-værdi W/m ² K	Areal (m ²)		
				Pr lejlighed	Pr etage	Total ^{*)}
Skillevæg mellem ejendomme Loftrum (uopvarmet)	Teglvæg 1 sten	0,24	2,000	-	58,50	117,00
Skillevæg mellem ejendomme 4. sal	Teglvæg 1½ sten	0,36	1,503	27,69	55,38	55,38
Skillevæg mellem ejendomme 2. og 3. sal	Teglvæg 2 sten	0,48	1,204	27,9	55,8	111,6
Skillevæg mellem ejendomme St. og 1.sal	Teglvæg 2½ sten	0,6	1,005	27,9	55,8	111,6
Skillevæg - lejligheder og trappeopgange	Teglvæg 1 sten	0,24	2,000	14,24	28,48	142,4
						538,0 m ²

5.1 Forhåndsvurdering af dagslysfaktor

I de følgende afsnit foretages en forhåndsvurdering af dagslysfaktoren, før simuleringer påbegyndes, dette gøres for at illustrere anvendelsen af dagslysfaktoren og give en rettesnor for om de simulerede værdier er indenfor det forventelige.

5.1.1 Overslag for forventelig dagslysfaktor i rum A

Til vurdering af skyggen fra modstående bygninger og udregning af vinkler, er der udarbejdet et MS Excel ark, der er vedlagt som *Bilag X*. Eksempel på udregning fremgår af Figur 29. Til vurderingen benyttes samme højde som målepunkterne i 3d-modellen for hver etage (0,85 over færdigt gulv), da brystningen er 0,84 m høj. Af Tabel 21 fremgår resultater fra indtastning i Excel arket.



Figur 29 - Udregning af vinkel ift. modstående bygning i MS Excel. Ark er vedlagt som Bilag X.

Grundet bygningernes parallelle facader, kan den empiriske formel fra engelske BRE, tidligere beskrevet på s. 13 benyttes. [40, p. 137] Transmittans T sættes til 0,77 svarende til enkelt lags glas, med g -værdi på 0,85, og rummets reflektants R sættes til 0,15 jf. vejledningen som standardværdier [39, p. 53].

Vedligeholdelsesfaktoren M sættes til 0,8 [3, p. 147]. Arealet for rum A beregnes som vist i Tabel 20

Tabel 20 - Beregning af arealer for rum A for dagslys overslagsberegning

Flade	Højde m	Bredde m	Dybde m	Areal m ²	Antal	Subtotal
Væg_1	2,79	4,0		11,6	2	22,3
Væg_2	2,79		5,14	11,2	2	22,4
Loft/gulv		4,0	5,14	20,6	2	41,2
Total						85,9 m ²

Ud fra ovenstående, kan den gennemsnitlige dagslysfaktor vurderes til at være 0,9% for stueplan stigende til 1,2% for 4. sal for rum mod jagtvej (rum A).

Tabel 21 - Højdevinkel (side mod jagtvej) Udregnet i Excel Afstand til modstående bygning 26,6 m, højde af modstående bygning 18,7 m og vindues højde: 1,6 m

Etage	Måleplan	Højdevinkel	θ
ST	1,80 m	31,18°	60°
1.	5,04 m	25,80°	65°
2.	8,28 m	19,88°	70°
3.	11,52 m	13,49°	75°
4.	14,76 m	6,73°	85°

Tabel 22 - Fundne $DF_{AVE}(\%)$ for rum A vha. forsimplet metode beskrevet på s. 14

Etage	$DF_{AVE}(\%)$
St.	0,9
1.	1,0
2.	1,0
3.	1,1
4.	1,2

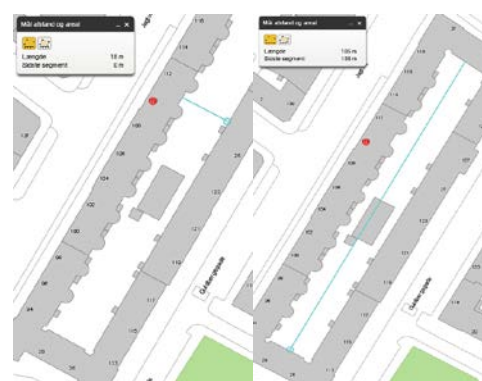
Af Tabel 22 fremgår fundne dagslysfaktorer for rum A pr etage. De fundne faktorer tegner umiddelbart et billede af, at der ikke er meget dagslystilgang til rummene.

5.1.2 Gård/Atrium areal/højde forhold

Af Figur 30 fremgår opmålingen af baggårdens geometri i Københavner-kortet til at forhåndsvurdere hvor stor en del af det samlede dagslys, der kan bidrage til de rum, hvis vinduer er vendt mod gården.

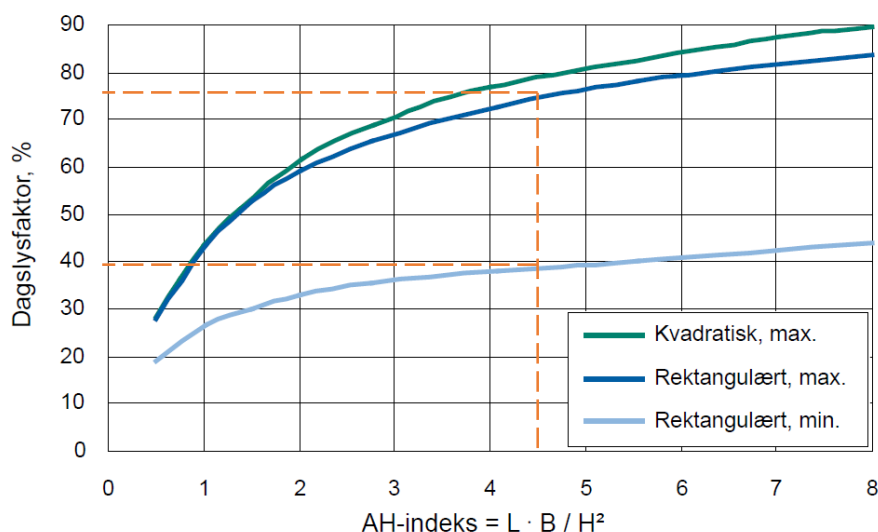
Areal/højdeforholdet (AH) kan efter SBI-anvisning 203 beregnes til:

$$AH = \frac{135 \text{ m} \cdot 18 \text{ m}}{(22,7 \text{ m})^2} = 4,7$$



Figur 30 - Udmåling af atrium/baggård. Bredde (t.v.) og længde (t.h.) (ill. fra Københavnerkortet [55])

Ud fra AH kan dagslysfaktorens min. og max værdi nu aflæses på Figur 31 til at være min. 39 % og max. 76 %. Der er ikke behov for korrektion ved aflæsningen, da gården ikke er dækket af glas, dvs. der er fuld transmittans, $\tau = 1,0$. [30, p. 99].



Figur 31 - Dagslysfaktor på gulv som funktion af Areal/højde forhold (ill. fra SBI-anvisning 219 [30, p. 99])

En anden metode er at benytte det såkaldte *Well index* [59], der også fremgår af DS/EN 15193. For reference bygningens tilfælde giver dette:

$$WI = \frac{(22,7\text{ m} \cdot (135\text{ m} + 18\text{ m}))}{(2 \cdot 135\text{ m} + 18\text{ m})} = 0,71$$

Den gennemsnitlige dagslysfaktor i gården kan nu findes ved at benytte en formel for atrier uden glasoverdækning, hvilket kan udtrykkes som [59]:

$$DF_{AVE} = 100 \cdot e^{-WI} = 100 \cdot e^{-0,71} = 48,9\%$$

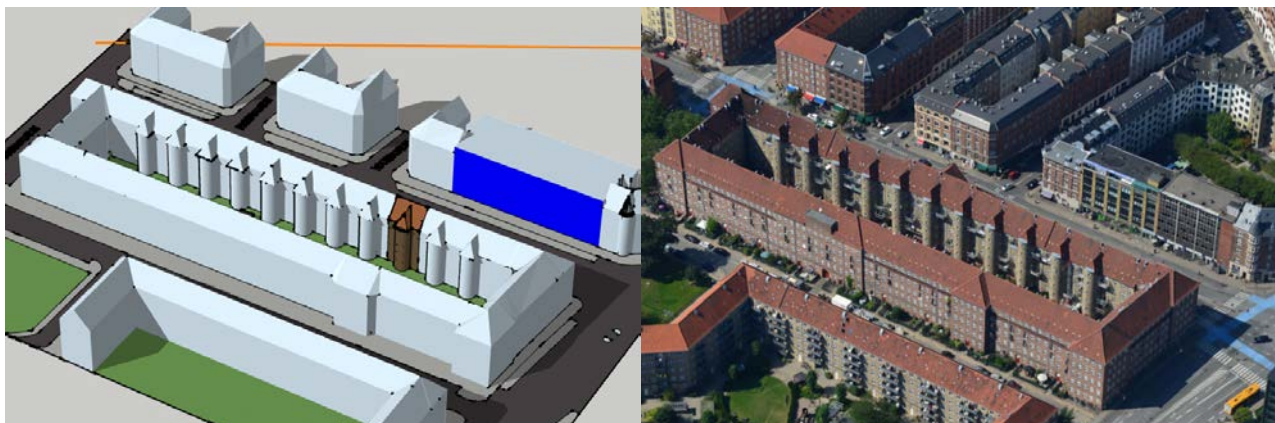
Hvilket indikerer at der i gården og i de rum, der vender mod denne i gennemsnit, kun er lidt under halvdelen af det tilgængelige dagslys til rådighed.

6 Dagslys studie

Til dagslys studiet blev en omfattende 3D model af reference bygningen opbygget, denne model blev herefter underkastet forskellige renderinger og tjek. I nedenstående afsnit er 3D modellens tilblivelse, renderinger, beregninger og tjek gennemgået.

6.1 Opbygning af 3D-Model

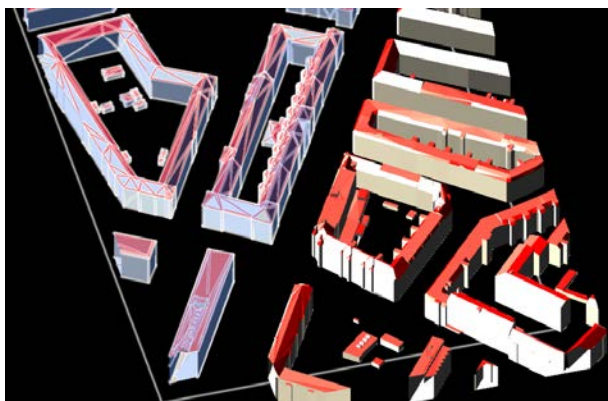
SketchUp, der er et udbredt tegneprogram, blev valgt til at opbygge en 3D-model ud fra tegningsmaterialet af en stuelejlighed (*Bilag A*) og et snit, der bl.a. viser mur tykkelse, brystnings højde, mv. (*Bilag B*).



Figur 32 - (t.v.) Udsnit af tidlig version af SketchUp 3D-model, med områder på Nørrebro, den orange streg angiver Nordretningen, den mørkeblå flade angiver et af to arealer, der vil udføres facadereflektants ændringer på [JS]. (t.h.) Luftfoto af området med blik fra øst mv. (ill. fra Københavnerkortet [55])

3D-modellen af udsnittet blev herefter sammenlagt med et kort (*Bilag C*) over placeringen og de omkring liggende ejendomme blev ud fra luftfoto (*Bilag D*), og den kendte højde fra den modelerede bygning, sammensat til den generaliserede model, der fremgår af Figur 32 (tv.).

Taghøjderne på de omkringliggende bygninger udestod nu som ukendt faktor, og blev i den endelige model reguleret, ud fra de mål, dimensioner og indbyrdes afstande, der er tilgængelige i udsnit via Københavns Kommunes Open data projekt. Da KK har delt sine udsnit langs Jagtvej, blev to udsnit kombineret i Autodesk AutoCAD og højder kunne derefter nemt individuelt aflæses og kontrolleres (Figur 33 & Figur 34).



Figur 33 - Udsnit fra AutoCAD af de to sammensatte 3D terræn data udsnit, anvendt til udmåling af tagrygshøjder (Datasæt fra KK Opendata [1]) [JS]



Figur 34 - Udsnit fra AutoCAD, den røde cirkel er parallel med tagryggens højde (22,7 m) på referencebygningen. (Datasæt fra KK Opendata [1]) [JS]

Efter en kort undersøgelse af hvorledes man evt. kunne udnytte SketchUps indbyggede muligheder for animering af skygger og sollys, samt muligvis senere lette importen og mængden af indstillinger, når modellen slutteligt skulle overføres til lyssimuleringsprogrammet, blev bygningen i første omgang geolokaliseret ud fra længde og breddegrad på adressen Jagtvej 110, 2200 Kbh. N. Af Figur 35 fremgår den anvendte længde og breddegrad.



Jagtvej 110
2200 København N
55.698475, 12.553784



Figur 35 - Længde og breddegrad for den simulerede ejendom (Map data: Google) [60]

6.1.1 Vinduer

Vinduer er opbygget efter vindueshullernes størrelse og ramme dimensioner for *Serie 1000 Dannebrog's vinduer* udført med træ, fra *Unik Funkis Vinduer & Døre A/S* [61]. Den anvendte måltægning er vedlagt som *bilag E*.

På Figur 36, er illustreret et af de simulerede vinduer. Glasdøre er udført som forlængede vinduer, med en totalhøjde svarende til brystningshøjde (0,84 m) tillagt vinduets højde (1,6 m), total 2,44 m.



Figur 36 - Eksempel på dannebrogsvindue uden sprosser (ill. tegnet i SketchUp og renderet i KeyShot [JS])

6.2 SketchUp ift. dagslys og sollys

SketchUp giver mange mulighed for at analysere sollys, herunder et hav af forskellige plugins. I processen med udarbejdelse af 3D modellen er en del blevet afprøvet med varierende resultater.

De i nærværende rapport anvendte er kort beskrevet nedenfor.

6.2.1 Shadow Analysis

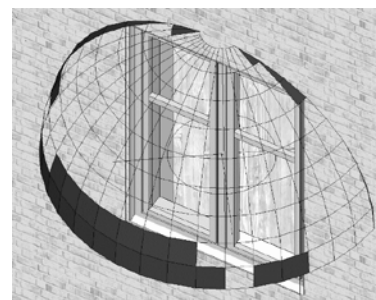
*Shadow Analysis*⁵ kan danne grafiske overblik over skyggedannelse, og sammenregne antallet af skyggetimer ud fra geolokalisering. Resultater farvelægges og vises direkte på den eksisterende model.

6.2.2 SunExposure

*SunExposure*⁶ er ganske avancerede og benytter vejrdata *Energyplus* programmet fra det amerikanske *NREL - National Renewable Energy Laboratory*, geografisk placering og et overfladenet til at danne en detaljeret analyse af antallet af timer med direkte sol på en lodret eller vandret flade.

6.2.3 LSS Chronolux

*LSS Chronolux*⁷ kan ud fra modelens geometri udregne et punkts SVF - *Sky View Factor*, hvor man ud fra et givent punkt angiver hvor meget af himmelrummet, der er synligt. Herefter kan plug-in'et bl.a. danne en halvkugle over punktet og farvelægge, de dele af denne sfære, hvor himmelrummet ikke er tilgængeligt. Af Figur 37 fremgår udsnit af simulering med *LSS Chronolux*.



Figur 37 - Eksempel på sfære omkring målepunkt placeret midt på vindue, de farvede områder angiver de blokerede dele af himmelrummet (ill. tegnet i SketchUp og renderet med *LSS Chronolux* plug-in [JS])

Til renderinger i rapporten er endvidere benyttet plug-in'et *KeyShot 5*, der muliggør direkte eksport af hele 3D-modellen, fra SketchUp til renderingsprogrammet af samme navn.

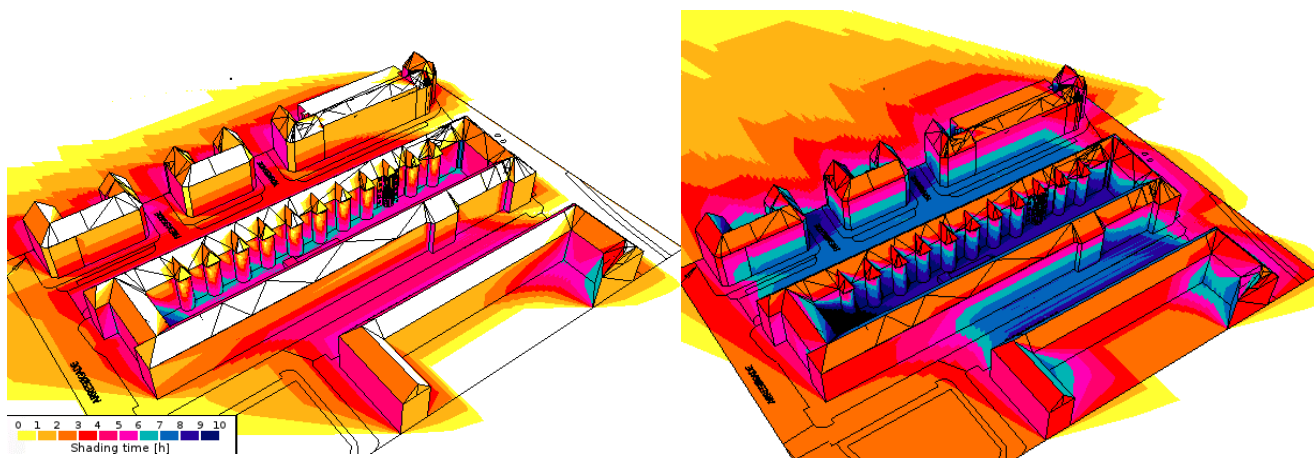
⁵ Shadow Analysis: www.deltacodes.pl/en/

⁶ SunExposure: www.deluminaelab.com

⁷ LSS Chronolux: <https://sites.google.com/site/lsoft2011/home/chronolux>

6.3 Studie af nærvæd liggende bygninger

For bedre at kunne vurdere, hvordan dagslyset opfører sig omkring ejendommen og hvilken indflydelse de omkring liggende bygningers geometri og højde evt. har, blev den opbyggede 3D model underkastet rendering af antallet af skyggetimer i SketchUp vha. *Shadow Analysis* plug-in'et.

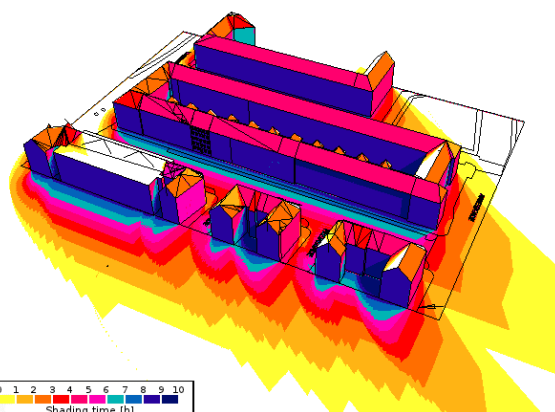


Figur 38 - Antal skyggetimer i tidsrummet fra 7 - 17 for henholdsvis 21. juni (tv) og 21. marts (th) set fra Sydøst (Rendering foretaget i SketchUp vha. *Shadow Analysis* plugin) [JS]

Af Figur 38 fremgår en grafisk fremstilling af antallet af skyggetimer på henholdsvis d. 21. marts og d. 21. juni. 2016. Her ses tydeligt indflydelsen fra solhøjden ift. hvordan skygger dannes, og hvilke dele af bygningen, der har mindre risiko for evt. overophedning og lav dagslysindflydelse grundet solindfald.

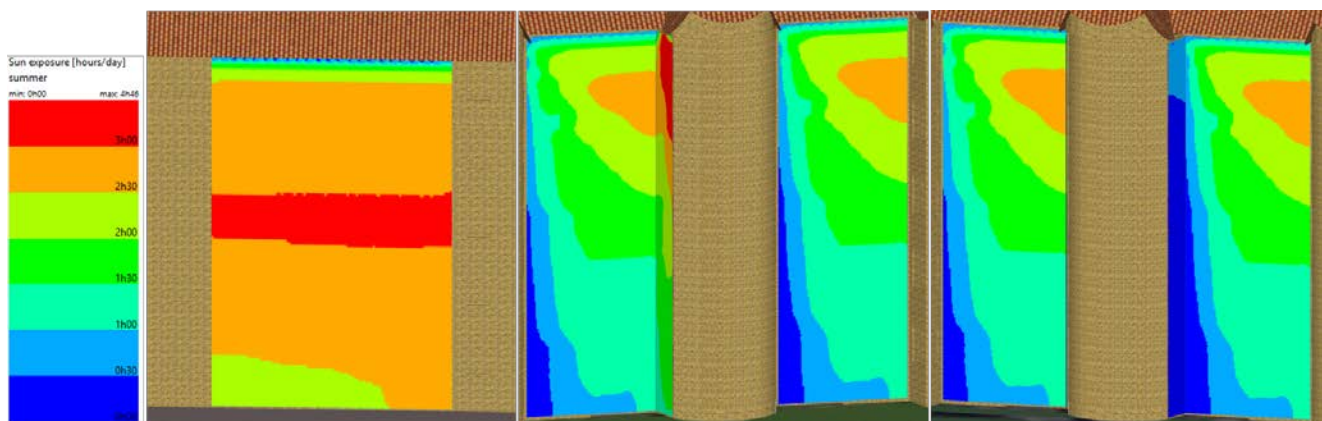
Sammenholdes Figur 38 med antallet af skyggetimer vurderet på den modsatte facade, illustreret på Figur 39, tegnes et billede af at store dele af ejendommene har begrænset tilgang til direkte dagslys.

Opfattelsen af at ejendommen har manglende tilgang til det direkte sollys, illustreres yderligere på Figur 40, hvor udsnit af facaden er databehandlet med *SunExposure* plug-in. Det gennemsnitlige timetal, hvor facaden har udsigt til direkte sollys på facaden svinger mellem 0 og 4,75 timer for sommer halvåret og 0 til 1,33 timer for vinterhalvåret.



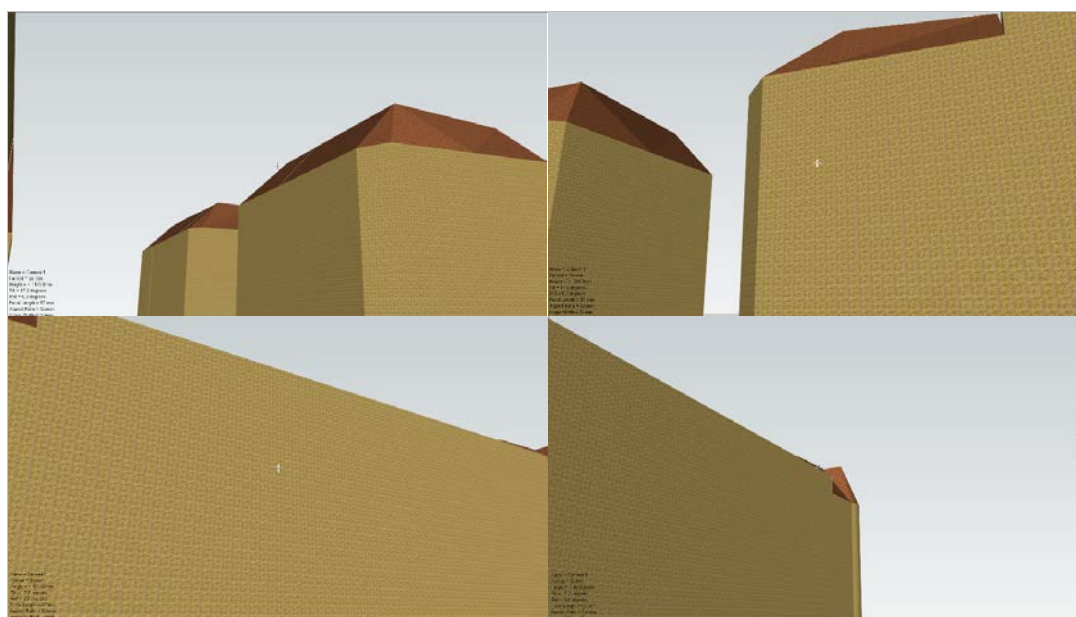
Figur 39 - Antal skyggetimer i tidsrummet 7 - 17 for d. 21. marts set fra Vest (Rendering foretaget i SketchUp vha. *Shadow Analysis* plugin) [JS]

Af *bilag W* fremgår øvrige *SunExposure* udklip.



Figur 40 - Antal direkte soltimer pr dag for sommer halvåret for facade mod jagtvej (tv.) og mod gården (midt og th.) (Sammensatte renderinger foretaget i SketchUp vha. *SunExposure* plugin) [JS]

De omkringliggende bygningers geometri er med til at nedbringe det direkte sollys. Af Figur 41 fremgår blik fra 3d-modellens side mod Jagtvej, midt på facaden kiggende mod de omkringliggende bygninger.



Figur 41 - Blik fra midt af reference bygningens facade på jagtvej panororeret med trin af ca. 45°, begyndende øverst t.v. langs Jagtvej, i vestlig retning og sluttende nederst t.h. i østlig retning. Alle med udgangspunkt i en højde svarende til bunden af glasarealet i stueetagen (ca. 1 m), alle i en vinkel på 17.2° fra normalplanet. (ill. tegnet i SketchUp [JS])

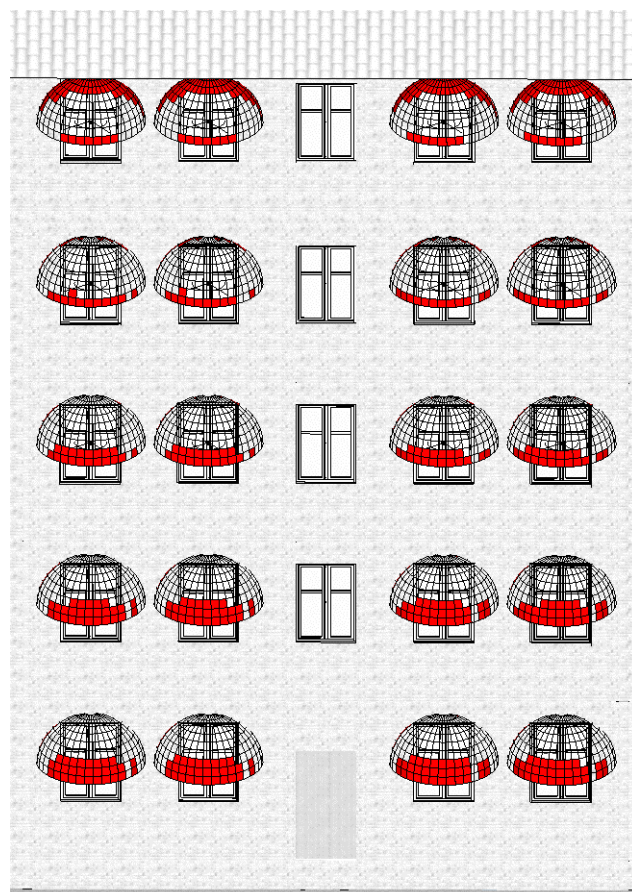
Til at vurdere det reelle omfang af skygger fra de omkring liggende bygninger, blev modellen endvidere simuleret med plug-inet *LSS Chronolux*, hvor et målepunkt blev placeret midt på hvert vindue og en sfære genereret for hvert vindue. Af Figur 42 fremgår sfærer med en radius på 1 m, for hvert vindue ud for lejlighedernes rum pegende mod Jagtvej. Sfærene viser det enkelte vindues andel af udsyn til himmelrummet, blokerede dele heraf er for synlighedens skyld, markeret med rødt.

Af Tabel 23 fremgår de af plug-inet beregnede himmelrumsfaktorer SVF.

Tabel 23 - Beregnede SVF for målepunkter placeret midt på vinduets lodpost. Positions angivelser er angivet som vist på Figur 42

	Yderst t.v.	t.v.	t.h.	Yderst t.h.
St.	33,69 %	33,69 %	32,87 %	33,25 %
1.	34,84 %	34,46 %	34,04 %	34,42 %
2.	37,67 %	37,67 %	37,66 %	37,66 %
3.	39,32 %	39,74 %	39,31 %	39,31 %
4.	28,92 %	28,92 %	28,92 %	28,92 %

Der ses et tydeligt fald af tilgængeligt himmelrum for specielt de nederste to etager, hvor reduktionen må tilskrives den modstående bygning, tidligere illustreret på Figur 41. Fjerdesalen, har den mindste tilgang til himmelrummet, hvilket primært kan tilskrives tagets udhæng.

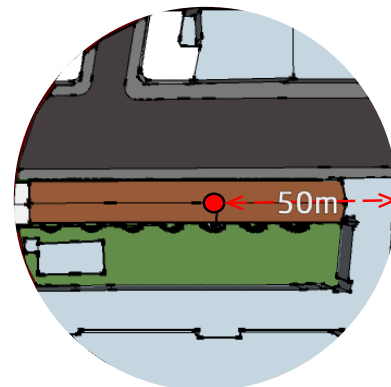


Figur 42 - Sfærer visende andel af tilgang til det samlede himmelrum, med rødt er angivet områder uden tilgang. Skygger er generet for et helt kalenderår gående fra 1. januar 2016 - 31. december 2016 (ill. af reference model tegnet i SketchUp og, simuleret med plug-in'et LSS Chronolux [JS])

6.4 Velux Visualizer - simuleringsindstillinger

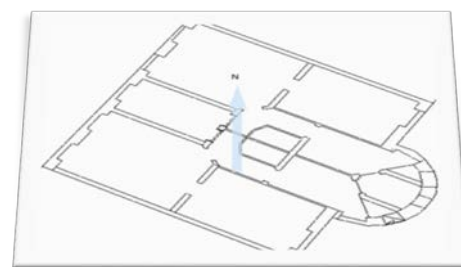
Der er taget udgangspunkt i at simulere hovedrummene, dvs. de større rum og køkkenet, hvorved der ses helt bort fra gangarealer, opgangen, toiletter, det mindre vikualier areal, loftrum, kælder og køkkentrappe ift. dagslysberegninger.

For at begrænse beregningstiden af 3D-modellen over bydelen blev et areal, svarende til 50 m i radius udtaget til den videre bearbejdning i Velux Visualizer. Området er gengivet på Figur 43.



Figur 43 - Område udtaget til Velux Visualizer beregninger. Den røde prik angiver midten af tagryggen på reference bygningen, origo i udsnittet [JS]

Den tidligere anvendte geolokalisering i SketchUp deaktiveres, før modellen endeligt importeres i Velux Visualizer. Deaktiveringen sker af hensynet til renderingerne og Velux Visualizers indbyggede udlæsningsværktøjers rektangulære begrænsning if. de "skæve" billeder, som illustreret på Figur 44. Vinklen if. Nord indstilles som illustreret på Figur 45, til -30° , eller rettere 330° i programmets indstillinger, da dette ikke understøtter negative vinkler.

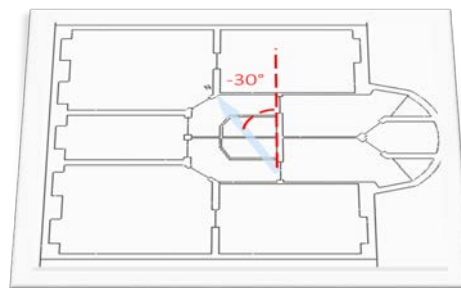


Figur 44 - Eksempel på "Skævt" billede ved import af geolokaliseret SketchUp model i Velux Visualizer [JS]

Et passende udsnit af modellen vælges til den endelige rendering, svarende til plantegningen for reference bygningen.

Himmeltypen sættes til *Overcast*, svarende til CIE Overcast Sky.

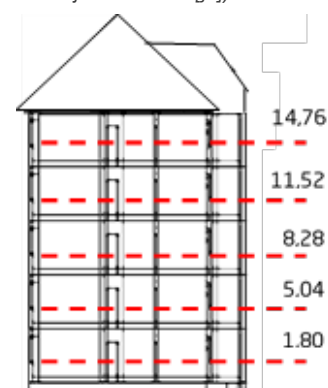
Der renderes herefter for hver etage ud fra de af Figur 46 angivne højder. Simuleringshøjderne er sat jf. DS/EN 12464-1. Højden er sat til hvad der svarer til en arbejdsflade på 850 mm over gulv. Simuleringshøjderne er udmålt på 3D-modellen og højderne er efterfølgende verificeret med snitflade højder i Velux Visualizer.



Figur 45 - Angivelse af nordretning i Velux Visualizer, bemærk at Velux Visualizer ikke kan regne med negative vinkler, hvorfor vinklen i programmet i stedet opgives til 330° (ill. udarbejdet i MS Visio [JS])

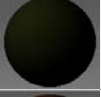
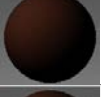
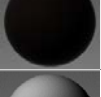
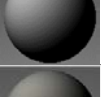
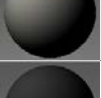
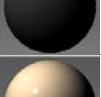
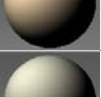
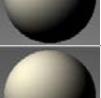
Alle overflader i modellerne tildeles reflektants værdier, som opgivet i Tabel 24. Reflektants værdierne valgt til simuleringerne, er forsøgt holdt til så realistiske forhold som muligt. Bl.a. anvendes videst muligt kun reflektants oplysninger fra databasen *Lighting Materials for Simulation* udgivet af *Singapore University of Technology and Designs*, som er frit tilgængelig på: www.lighting-materials.com. Databasen rummer målinger af materialer og bygningsdele fra store dele af verden.

Af bilag F fremgår på første side screenshot af reflektants værdier anvendt i Velux Visualizer.



Figur 46 - Simuleringshøjder - 850 mm over gulv. Højder udmålt i færdig 3D-model. (ill. udarbejdet i MS Visio [JS])

Tabel 24 - Anvendte overflade refleksions og transmittans værdier, hver renderet farvegengivelse er taget fra Velux Visualizer, refleksions værdier hentet på Singapore University of Technology and Design website, disse kan slås op via det i kolonnen angivne referencenr. [62], ill. af hvert materiale er udsnit fra opsætningsmenuen i Velux Visualizer.

Materiale	Ref. Nr.		Rød	Grøn	Blå	Refleksions evne	Ruhed	Samlet reflektants
Brolagte arealer	767		0,166	0,152	0,116	0	0	0,153
Asfalterede arealer	755		0,042	0,043	0,041	0	0	0,042
Græsarealer (gårdareal)	754		0,098	0,112	0,041	0	0	0,104
Udvendigt murværk, facade	753		0,224	0,110	0,075	0	0	0,140
Tagsten	753		0,224	0,110	0,075	0	0	0,140
Tagpap	755		0,042	0,043	0,041	0	0	0,042
Hoveddøre	578		0,064	0,045	0,041	0,79	0	0,044
Sålbænk (udendørs)	747		0,602	0,606	0,598	0	0	0,605
Vindues false	653		0,517	0,513	0,484	0,056	0	0,512
Vindueskarm og ramme	651		0,195	0,200	0,200	0,035	0	0,199
Indvendige gulve	Se note A)		0,940	0,820	0,670	0,150	0,030	0,842
Indvendige vægge	560		0,815	0,799	0,716	0,004	0,030	0,798
Løfter	555		0,847	0,821	0,728	0,440	0	0,822
Gennemsigtige materialer			Rød	Grøn	Blå	IOR ^{B)}	Dobbelt siddet	Transmittans
Indvendige døre (Rum delende)			0,8	0,8	0,8	1,5	Ja	0,8
Altan rækværk			0,8	0,8	0,8	1,5	Ja	0,8
Rude glas			0,8	0,8	0,8	1,5	-	0,8

Noter:

A) Velux Visualizers indbyggede "WOODEN FLOOR 1" benyttet uden tekstur

B) IOR: Index Of Refraction, Værdi for anvendelsesmængden af diffraktion, Standardværdi fra Velux Visualizer (1,5) er benyttet.

6.4.1 Sensorplacering

For at sikre at resultaterne kan sammenlignes på tværs af dels etager, rum og de forskellige parametre blev flere sensorfiler, dvs. kommaseparerede-filer udarbejdet. En for hvert rum, der efterfølgende kunne kopieres til de øvrige etager, indeholdende koordinater for en flade 0,5 m fra væggene. Der blev i alt dannet seks sensorplaceringer pr etage, der før simuleringen blev påbegyndt, blev samlet til en pr etage.

Figur 47 viser sensorfladernes placering i hvert af de 3 rum, samt afstandene mellem dels målepunkter og dels afstande til vægge og vinduer. Målepunkternes afstand til vægge på 0,5 m og deres individuelle afstande er baseret på de anbefalede minimums afstande opstillet i EN 12464-1, Anneks A [35].

If. udarbejdelsen af sensorfilerne optrådte Velux Visualizers dokumentation dog noget mangelfuld, specielt når det kommer til anvendelsen af en sensorfil, hvorfor det tog et par forsøg, at danne disse korrekt.

Den kommaseparerede fil (CSV) skal opbygges af X, Y, Z koordinater, samt data om retning for den ønskede måling, det bemærkes her at kommatal skal anvende punktum som separator, og endeligt anvendes semikolon som adskillelse mellem værdier.

Ovenstående betyder, at man f.eks. for et punkt som f.eks. $X = 12$ m, $Y = 10,5$ m og målehøjden, dvs. $Z = 2,2$ m, ønsker en horisontal måling, skal vektoren oplistes i CSV-filen som: 12;10.5;2.2;0;0;1

En grafisk angivelse af målepunkternes placeringer ift. hinanden, er vedlagt som Bilag Y.

6.4.2 Andre forudsætninger

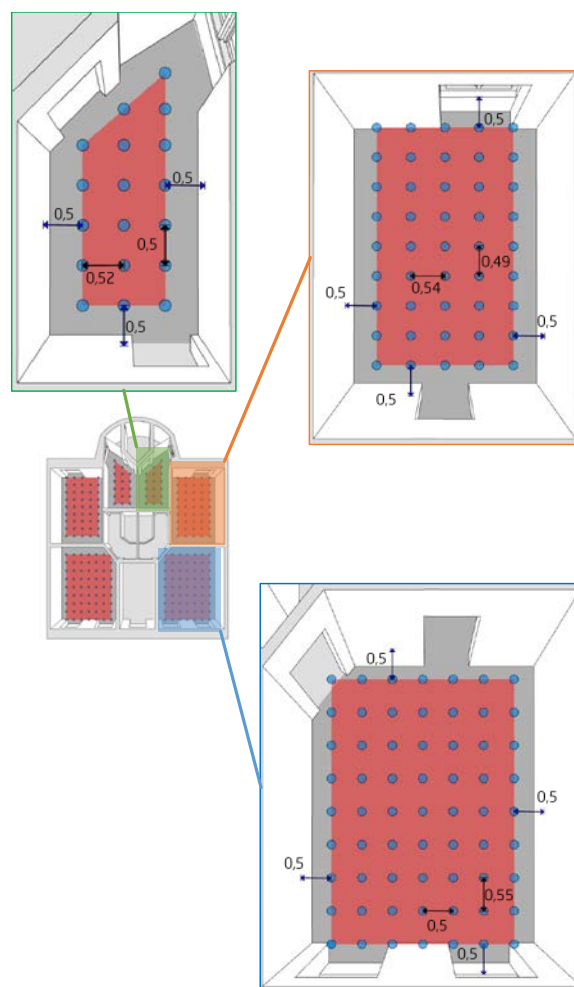
Der simuleres for tomme rum og tomme altaner, da mindre indvendige forhindringer ikke har signifikant indflydelse på det indkomne dagslys [63].

Alle simuleringer på nær case 11 og 12, er udført med en renderingskvalitet på 50%.

6.4.3 Databehandling

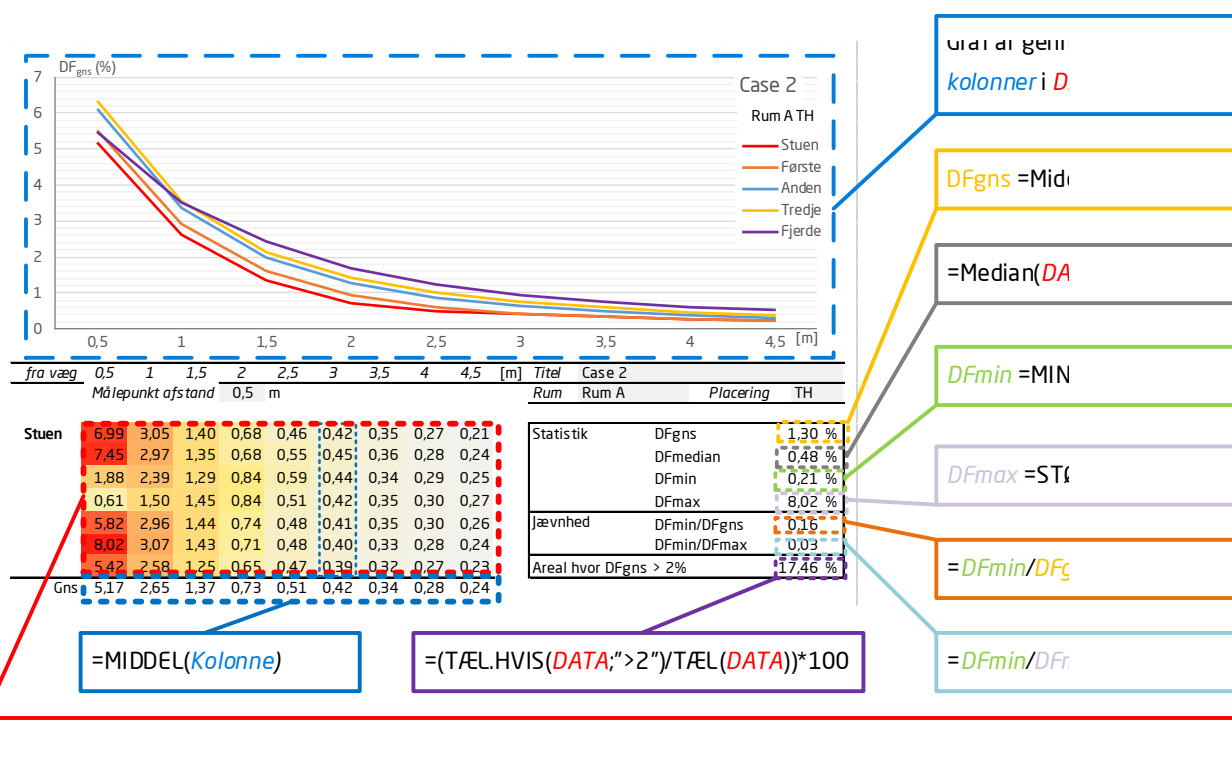
For at reducere mængden af bilagssider, blev den generede data fra hver simulering kopieret ind i et dertil opbygget MS Excel ark, herved kunne store dele af data arbejdet endvidere automatiseres, herunder dannelse af sammenlignende diagrammer og samlede kalkulationer pr rum. Arket gør at de generede resultater, inkl. statistik for samme type rum kan præsenteres og sammenlignes samlet på en A4 side.

Af Figur 48 fremgår et udklip af arket, med angivelse af hvilke formler og funktioner, der er benyttet i MS Excel. Arket danner basis for størstedelen af bilagsrapporten. Øverst på sammenligningsarkene dannes et diagram, der viser faldet i dagslysfaktor fra vinduespartiet og igennem rummet. Grafen er baseret på gennemsnittet af hver kolonne for den gennemsnitlige dagslysfaktor i målepunkterne i matricen, der er generet af Velux Visualizer.



Figur 47 - Sensorfladernes placering og afstand imellem målepunkter, alle mål i m. (ill. udarbejdet i MS Visio ud fra SketchUp screenshots [5])

Matricerne er endvidere vha. betinget formatering farvelagt, således at den højeste værdi tillægges en rød skygge og den laveste en lysegrå skygge. Yderst til højre på arket udregnes på basis af matricen et tydeligt overblik over den gennemsnitlige dagslysfaktor, største og mindste værdier, samt andelen af hver matrice, der har en DF på 2,0 eller mere.



Figur 48 - Beskrivelse af formler og funktioner anvendt i MS Excel, vist på udklip af ark for databehandling. (ill. udklip af ark udarbejdet i MS Excel, ill. i MS Visio [JS])

6.5 Reference case

I det følgende afsnit er medtaget en samlet oversigt over simuleringerne og grafiske fremstillinger af dele af stueetagen svarende til de simulerede rum, der udgør én lejlighed.

For hvert rum er der et udsnit af et iso plot for etagen, samt en gengivelse med såkaldte "false color", hvor områderne, indfarves svarende til den dagslysfaktor området opnåede.

Af Tabel 25 fremgår gennemsnitlig dagslysfaktor for samtlige etager og rum i reference bygningen, hvor der af Tabel 26 fremgår den procentdel af målefladen hvor den gennemsnitlige dagslysfaktor er større end 2%.

Tabel 25 - Samlet $DF_{AVE}(\%)$ for hver måleflade, fordelt pr etage

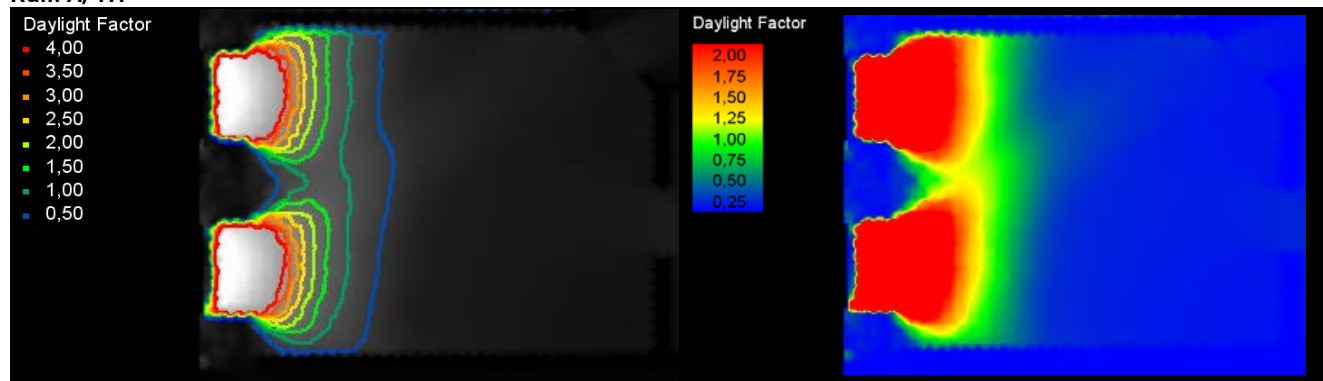
DF_{AVE}	Rum A		Rum B		Køkken	
	TH	TV	TH	TV	TH	TV
Stuen	0,84	1,07	0,30	0,38	0,53	0,37
Første	1,22	1,00	0,43	0,48	0,64	0,48
Anden	1,41	1,20	0,64	0,71	0,77	0,60
Tredje	1,54	1,35	0,81	0,91	0,92	0,74
Fjerde	1,59	1,42	0,97	1,01	1,06	0,91

Tabel 26 - Samlet areal af målefladen, hvor $DF_{AVE}(\%) > 2\%$

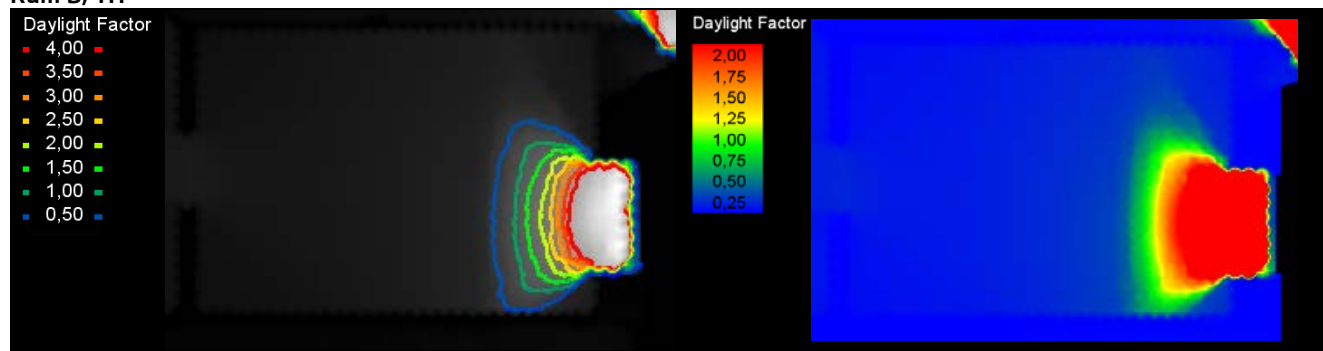
Andel hvor $DF_{AVE} > 2\%$	Rum A		Rum B		Køkken	
	TH	TV	TH	TV	TH	TV
Stuen	14,29	17,46	6,67	6,67	9,52	4,76
Første	17,46	15,87	6,67	6,67	9,52	9,52
Anden	19,05	17,46	8,89	8,89	14,29	9,52
Tredje	20,63	17,46	13,33	13,33	14,29	9,52
Fjerde	22,22	17,46	13,33	13,33	14,29	9,52

Af Tabel 27 fremgår ISO plot og false color plot af Stueetagen. Af bilag F fremgår simuleringer og udlæsninger for hver etage.

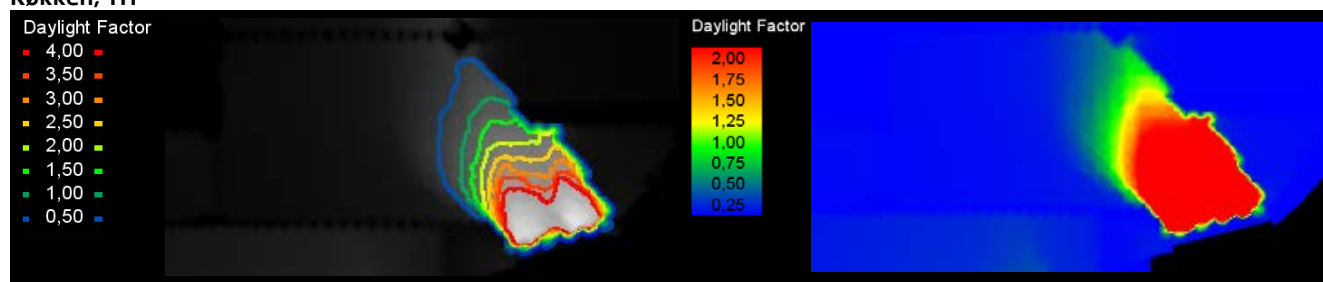
Tabel 27 - Udsnit af ISO plot og false color plot af reference case for stueetagen

Rum A, TH**Rum A, Stuen TH, Reference case**

DF_{AVE}	0,84 %
DF_{median}	0,12 %
Ensartethed (min/ gnsn.)	0,05
Ensartethed (min/max)	0,01
Andel af rum med $DF_{AVE} > 2\%$	14,29 %

Rum B, TH**Rum B, Stuen TH, Reference case**

DF_{AVE}	0,30 %
DF_{median}	0,02 %
Ensartethed (min/gnsn.)	0,07
Ensartethed (min/max)	0,01
Andel af rum med $DF_{AVE} > 2\%$	6,67 %

Køkken, TH**Køkken, Stuen TH, Reference case**

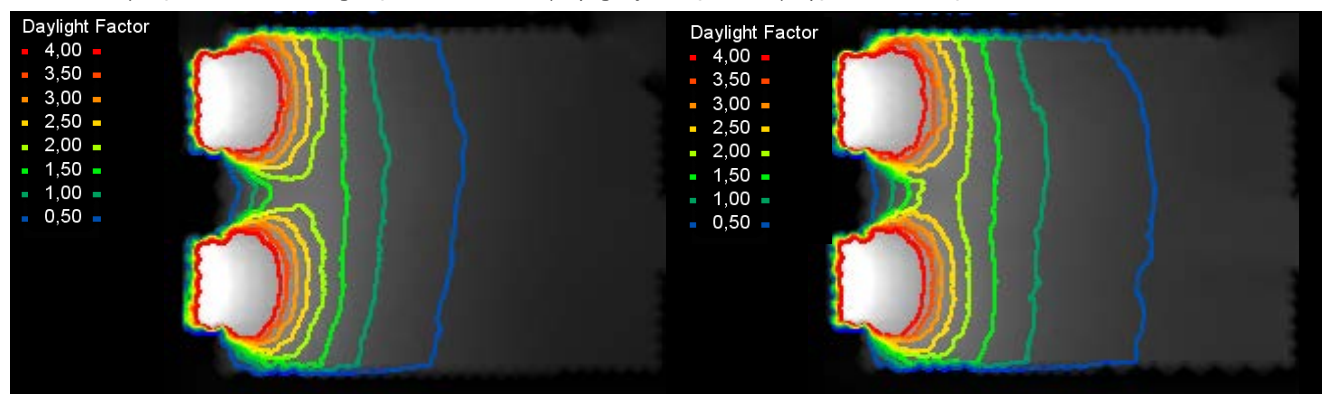
DF_{AVE}	0,53 %
DF_{median}	0,07 %
Ensartethed (min/Mean)	0,06
Ensartethed (min/max)	0,01
Andel af rum med $DF_{AVE} > 2\%$	9,52%

6.6 Case 1: Nærvæd liggende bygnings reflektants

Der simuleres udelukkende for lejlighederne beliggende på anden salen, da denne ligger midt i ejendommen. Der simuleres med reflektants koefficienter med spring på 0,2 i intervallet 0,1 til 0,9.

Tabel 28 viser iso plot fra simuleringer af rum A ved laveste (0,1) og højeste reflektants (0,9) på modstående facade.

Tabel 28 - Iso plot fra case 1 - Simuleringer af rum A ved laveste (0,1) og højeste reflektants (0,9) for modstående facade.



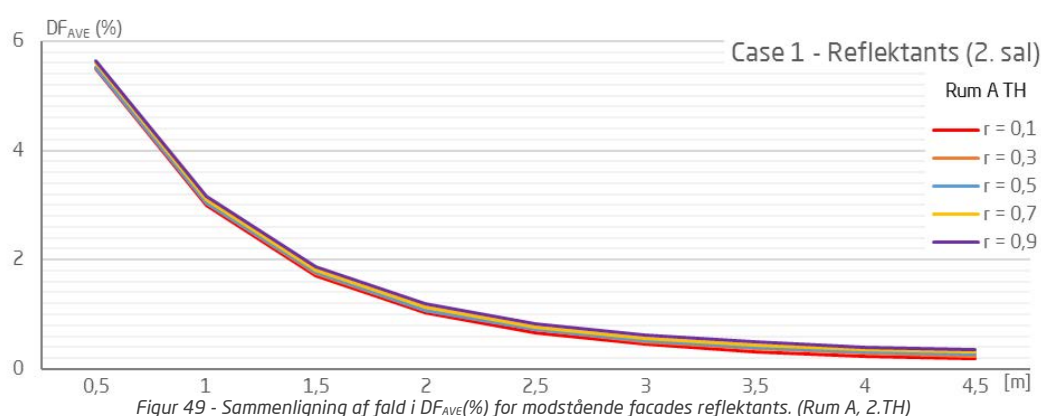
Rum A, 2. TH, $r = 0,1$

DF _{AVE}	1,46 %
DF _{median}	0,66 %
DF _{min}	0,18 %
Ensartethed (DF _{min} /DF _{gns})	0,12
Ensartethed (DF _{min} /DF _{max})	0,02
Andel af rum med DF _{AVE} > 2%	20,63 %

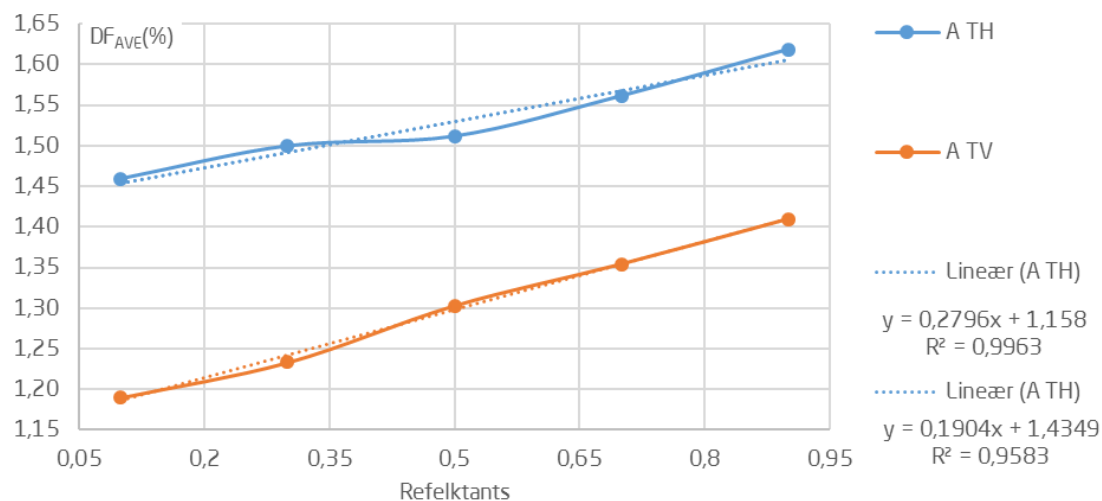
Rum A, 2. TH, $r = 0,9$

DF _{AVE}	1,62 %
DF _{median}	0,81 %
DF _{min}	0,27 %
Ensartethed (DF _{min} /DF _{AVE})	0,17
Ensartethed (DF _{min} /DF _{max})	0,03
Andel af rum med DF _{AVE} > 2%	20,63 %

Af ovenstående sammenligning ses en kraftigere gennemtrængning af dagslyset, hvor dagslysfaktoren midt i rummet løftes, dette ses endvidere i den løftede gennemsnitslige dagslysfaktor i de tilhørende tabeller. Forøgelsen sker dog uden at påvirke dagslysets normale aftagen i effekt ift. dybden af rummet, som illustreret på Figur 49, hvor forskellen mellem simuleringen med en nærvæd liggende bygnings facade reflektants fra 0,1 og op til 0,9 for samme rum/etage er illustreret.



En klar sammenhæng mellem dagslysets indtrængen og den modstående facades reflektants viser sig dog, når de gennemsnitlige dagslysfaktorer optegnes som funktion af reflektantsen, illustreret på Figur 50. Dog er forøgelsen så lille at den i praksis vil være ubetydelig ift. et positivt bidrag.



Figur 50 - Gennemsnitlig dagslysfaktor som funktion af reflektants (Rum A, 2. TH)

Af Tabel 29 fremgår sammenligning for hvert trin af reflektants. Af bilag G fremgår iso plot, målepunktsdata og sammenligningskurver for alle rum på 2. salen.

Tabel 29 - Sammenligning af resultater fra simulering med stigende reflektants, $r = 0,1$ anvendt som reference.

			DFgns				DFmedian			
			CASE	Reference			CASE	Reference		
				$r = 0,1$	diff (%)			$r = 0,1$	diff (%)	
$r = 0,3$	A	TH	1,50	1,46	↑	2,70	0,71	0,66	↑	7,04
		TV	1,23	1,19	↑	3,50	0,50	0,46	↑	8,00
	B	TH	0,60	0,55	↑	7,75	0,15	0,11	↑	26,67
		TV	0,65	0,63	↑	2,20	0,19	0,17	↑	10,53
	Køkken	TH	0,74	0,72	↑	2,52	0,23	0,21	↑	8,70
		TV	0,55	0,53	↑	4,25	0,23	0,21	↑	8,70
$r = 0,5$	A	TH	1,51	1,46	↑	3,47	0,71	0,66	↑	7,04
		TV	1,30	1,19	↑	8,65	0,55	0,46	↑	16,36
	B	TH	0,65	0,55	↑	14,42	0,20	0,11	↑	45,00
		TV	0,73	0,63	↑	13,00	0,26	0,17	↑	34,62
	Køkken	TH	0,75	0,72	↑	4,19	0,25	0,21	↑	16,00
		TV	0,56	0,53	↑	6,67	0,25	0,21	↑	16,00
$r = 0,7$	A	TH	1,56	1,46	↑	6,55	0,75	0,66	↑	12,00
		TV	1,35	1,19	↑	12,11	0,60	0,46	↑	23,33
	B	TH	0,69	0,55	↑	20,47	0,25	0,11	↑	56,00
		TV	0,78	0,63	↑	19,43	0,31	0,17	↑	45,16
	Køkken	TH	0,78	0,72	↑	8,10	0,28	0,21	↑	25,00
		TV	0,59	0,53	↑	11,32	0,29	0,21	↑	27,59
$r = 0,9$	A	TH	1,62	1,46	↑	9,85	0,81	0,66	↑	18,52
		TV	1,41	1,19	↑	15,56	0,65	0,46	↑	29,23
	B	TH	0,73	0,55	↑	24,68	0,28	0,11	↑	60,71
		TV	0,83	0,63	↑	23,58	0,35	0,17	↑	51,43
	Køkken	TH	0,81	0,72	↑	11,60	0,32	0,21	↑	34,38
		TV	0,62	0,53	↑	14,87	0,32	0,21	↑	34,38

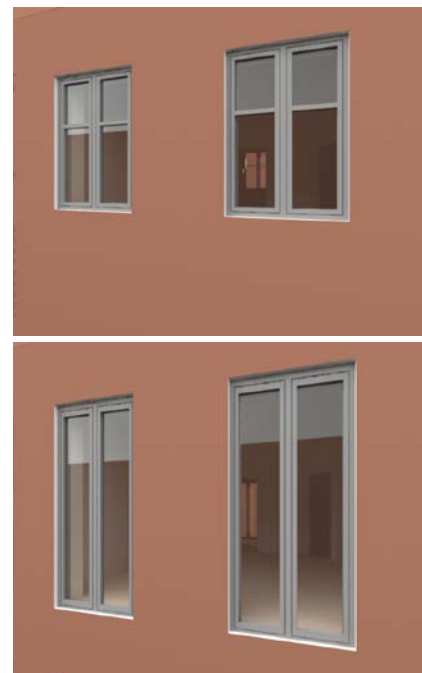
6.7 Case 2: Udskiftning af vindue til glasdør

Nedbrydningen af brystningen og etablering af et højt vindue/en høj glasdør, svarer reelt til at etablere en fransk altan.

Vinduer erstattes i modellen med glasdøre med samme rammedimensioner som vinduerne, på Figur 51 er vist et udsnit af et før og efter billede af modellen, svarende til kriterierne for denne case.

Af Tabel 30 fremgår sammenligning af simuleringerne af Case 2 og Reference casen. Der sammenlignes den gennemsnitlig dagslysfaktor for alle etager og rum, samt procentdelen af rum, hvor dagslysfaktoren er over 2%.

For Rum A, stuen TV (markeret med rødt) optræder en større afvigelse ift. det generelle mønster. Modellen er blevet slavisk gennemgået og gentagne simuleringer har givet et resultat tæt på det illustrerede. Dog bemærkes det at denne case er blevet simuleret på en anden PC end reference casen. Der vil i case 11, blive kigget på konsistensen af Velux Visualizers beregninger.



Figur 51 - Før (tv.) og efter billede (th.) af nedbrydning af brystning og udskiftning af vinduer med glasdøre (ill. renderet i Velux Visualizer [JS])

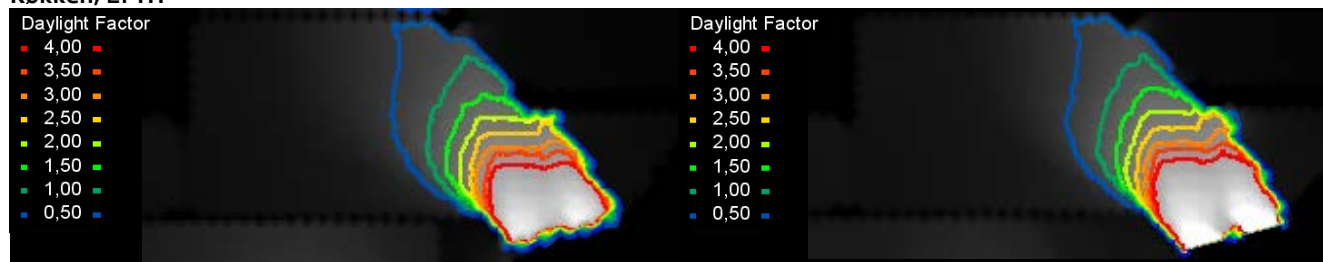
Tabel 30 - Sammenligning af case 2 med Reference case. Afvigelse ift. mønster er markeret med rødt.

			DF _{AVE}			DF _{AVE} > 2 %		
			Case 2	Reference	diff (%)	Case 2	Reference	diff (%)
Stuen	A	TH	1,30	0,84	↑ 54,99	17,46	14,29	↑ 22,19
		TV	0,94	1,07	↓ -11,85	15,87	17,46	↓ -9,09
	B	TH	0,34	0,30	↑ 11,70	6,67	6,67	→ 0,00
		TV	0,40	0,38	↑ 5,50	6,67	6,67	→ 0,00
	Køkken	TH	0,55	0,53	↑ 3,50	9,52	9,52	↑ 0,04
		TV	0,37	0,37	→ -1,03	9,52	4,76	↑ 100,08
Første	A	TH	1,45	1,22	↑ 18,54	17,47	17,46	↑ 0,06
		TV	1,10	1,07	↑ 2,80	17,46	15,87	↑ 10,02
	B	TH	0,48	0,43	↑ 12,61	6,67	6,67	→ 0,00
		TV	0,50	0,48	↑ 4,63	6,67	6,67	→ 0,00
	Køkken	TH	0,65	0,64	↑ 1,26	14,29	9,52	↑ 50,06
		TV	0,47	0,48	↓ -2,38	9,52	9,52	→ 0,04
Anden	A	TH	1,73	1,41	↑ 22,40	28,57	19,05	↑ 49,98
		TV	1,30	1,00	↑ 29,76	17,46	17,46	→ 0,00
	B	TH	0,60	0,64	↓ -5,83	8,89	8,89	→ 0,00
		TV	0,75	0,71	↑ 5,41	8,89	8,89	→ 0,00
	Køkken	TH	0,75	0,77	↓ -2,66	14,29	14,29	→ 0,00
		TV	0,56	0,60	↓ -6,59	9,52	9,52	→ 0,04
Tredje	A	TH	1,86	1,54	↑ 21,02	31,75	20,63	↑ 53,88
		TV	1,50	1,20	↑ 24,66	19,05	17,46	↑ 9,09
	B	TH	0,82	0,81	↑ 1,26	13,33	13,33	→ 0,03
		TV	0,93	0,91	↑ 2,49	13,33	13,33	→ 0,03
	Køkken	TH	0,88	0,92	↓ -4,04	14,29	14,29	→ 0,00
		TV	0,69	0,74	↓ -6,63	9,52	9,52	→ 0,04
Fjerde	A	TH	1,92	1,59	↑ 20,71	31,75	22,22	↑ 42,87
		TV	1,61	1,42	↑ 13,15	28,57	17,46	↑ 63,64
	B	TH	0,96	0,97	↓ -0,60	13,34	13,33	→ 0,08
		TV	1,05	1,01	↑ 4,16	13,34	13,33	→ 0,08
	Køkken	TH	1,01	1,06	↓ -4,81	14,29	14,29	→ 0,00
		TV	0,87	0,91	↓ -4,08	9,52	9,52	→ 0,04

På Tabel 31 vises sammenlignelige ISO plot for henholdsvis referencecasen og case 2. Det bemærkes at lodposten i midten af glasdøren generelt ses tydeligere end for vinduet. Der ses en tydelig forbedring i dagslysfaktoren for rum, vendt mod jagtvej (rum A).

Tabel 31 - ISO plot for henholdsvis reference casen og case 2: Udskiftning af vindue til glasdør

Køkken, 2. TH



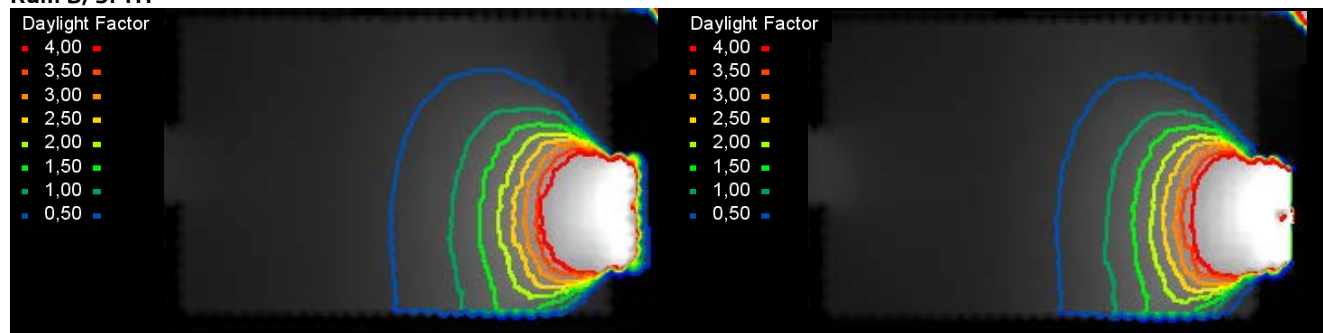
Køkken, 2. TH, Reference

DF _{AVE}	0,77 %
DF _{median}	0,27 %
Ensartethed (DF _{min} /DF _{AVE})	0,05
Ensartethed (DF _{min} /DF _{max})	0,01
Andel af rum med DF > 2%	14,29 %

Køkken, 2. TH, Case 2: Udskiftning af vindue til glasdør

DF _{AVE}	0,88 %
DF _{median}	0,35 %
Ensartethed (DF _{min} /DF _{AVE})	0,07
Ensartethed (DF _{min} /DF _{max})	0,01
Andel af rum med DF > 2%	14,29 %

Rum B, 3. TH



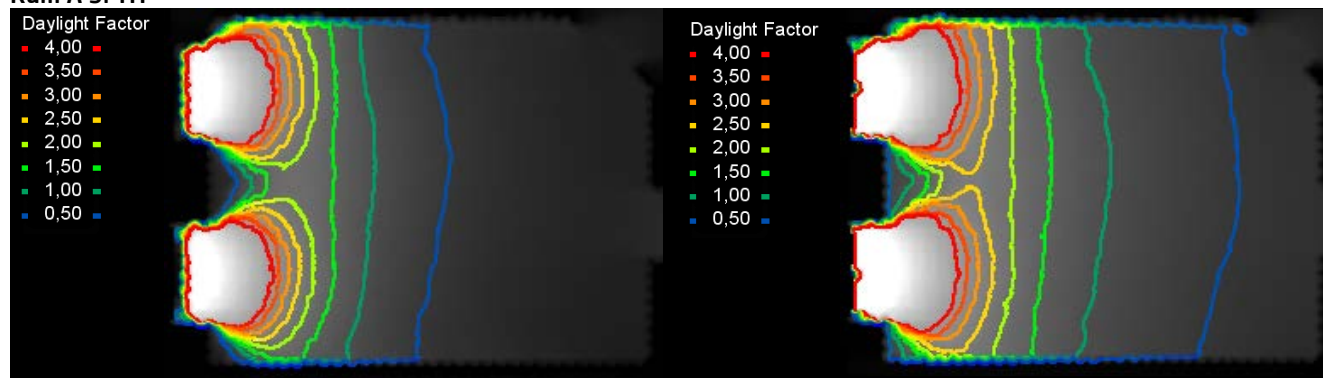
Rum B 3. TH, Reference

DF _{AVE}	0,81 %
DF _{median}	0,34 %
Ensartethed (DF _{min} /DF _{AVE})	0,14
Ensartethed (DF _{min} /DF _{max})	0,02
Andel af rum med DF > 2%	13,30 %

Rum B, 3. TH, Case 2: Udskiftning af vindue til glasdør

DF _{AVE}	0,82 %
DF _{median}	0,33 %
Ensartethed (DF _{min} /DF _{AVE})	0,12
Ensartethed (DF _{min} /DF _{max})	0,02
Andel af rum med DF > 2%	13,33 %

Rum A 3. TH



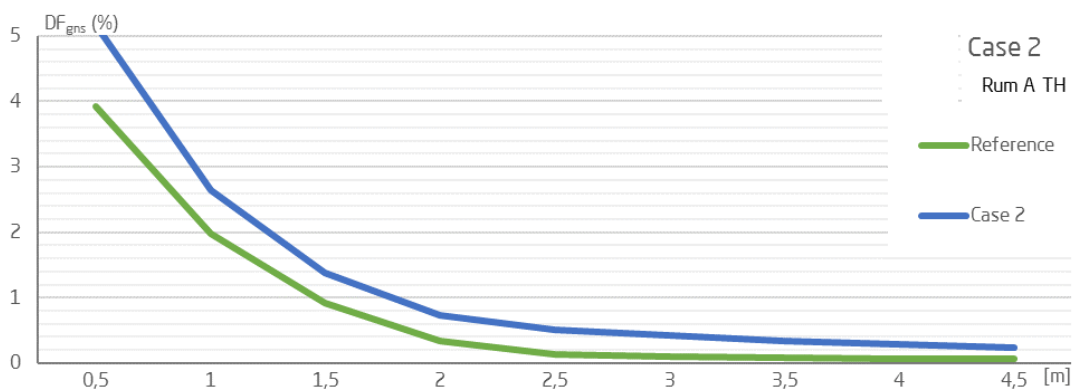
Rum A, 3. TH, Reference

DF _{AVE}	1,54 %
DF _{median}	0,71 %
Ensartethed (DF _{min} /DF _{AVE})	0,14
Ensartethed (DF _{min} /DF _{max})	0,03
Andel af rum med DF > 2%	20,63 %

Rum A, 3. TH, Case 2: Udskiftning af vindue til glasdør

DF _{AVE}	1,73 %
DF _{median}	0,9 %
Ensartethed (DF _{min} /DF _{AVE})	0,17
Ensartethed (DF _{min} /DF _{max})	0,03
Andel af rum med DF > 2%	28,57 %

På Figur 52 ses en sammenligning af reference casen og case 2 ift. faldet i DF langs rummets dybde. Der ses generelt en højere gennemsnitlig dagslysfaktor for case 2 fra måleområdets begyndelse og frem til måleområdets ende.



Figur 52 - Sammenligning af Case 2: Udsiftning af vindue til glasdør med Reference case for Rum A, ST. TH

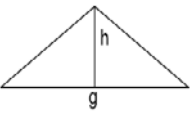
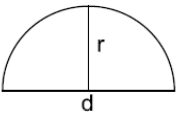
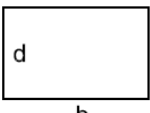
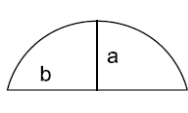
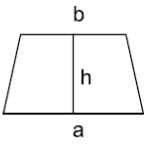
Af bilag H fremgår ISO plot for samtlige etager og sammenligningsark.

6.8 Case 3: Altanens geometri

Til at undersøge altanens geometriske påvirkning, benyttes en altan med et fast areal på 3 m², det tilsigtes at altanerne er lige dybe, hvorfor halvcirkelns radius benyttes som længste mål (dybden) væk fra facaden. dog benyttes 1,3 m for den halve ellipse, da den ellers vil være magen til halvcirklen.

De geometrisk valgte figurer og deres dimensioner fremgår af Tabel 32.

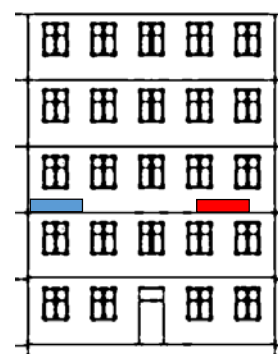
Tabel 32 - Geometriske dimensioner for altaner, alle mål i m. (ill. af geometriske figurer [JS])

					
	Ligesidet trekant	Halvcirkel	Rektangel	Halv ellipse	Trapez
Areal	$A = \frac{1}{2} \cdot h \cdot g$ 3,00 m ²	$A = \frac{1}{2} \cdot (\pi \cdot r^2)$ 2,99 m ²	$A = b \cdot d$ 3,00 m ²	$A = \frac{1}{2} \cdot (\pi \cdot a \cdot b)$ 3,00 m ²	$A = \frac{1}{2} \cdot h \cdot (a + b)$ 3,00 m ²
Dybde	højde: 1,38 m	radius: 1,38 m	d: 1,38 m	(a): 1,3 m	højde: 1,38 m
Bredde	grundlinje: 4,35 m	diameter: 2,76 m	b: 2,17 m	Bredde (2 x b): 2,94 m	På facade (a): 2,35 m Yderkant (b): 2,0 m

Den Nordøst vendte facade benyttes grundet dennes ensartethed og derved nemmere placering af de forskellige altaner. Der simuleres for Rum A i begge lejligheder på 1. salen (TH og TV), hvor altanens overside placeres i niveau med 2. salens etagedæks gulvhøjde. Valget af etage er truffet på baggrund af *SunExposure* renderinger (*Bilag W*), hvor 2. salens facade mod jagtvej har det største gennemsnitlige bidrag af direkte sollys.

Altan dækkene har alle en tykkelse på 175 mm (svarende til halvdelen af etageadskillelsens højde), den ene centreret ud for vinduespartierne (rum A TV), den anden centreret imellem vinduespartierne (rum A TH), begge illustreret på Figur 53. Altanernes underside sættes til en samlet reflektants på 0,1.

Endvidere er alle altaner forsynet med 1 m højt glasbeklædt værn, dvs. et 2 siddet glaspanel i Velux Visualizer, med en transmittans på 80%.

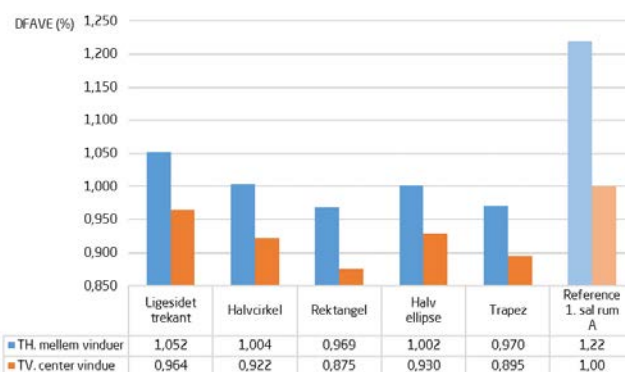


Figur 53 - Placering af altaner
(ill. udarbejdet i SketchUp [JS])

Af Tabel 33 fremgår gennemsnitlige dagslysfaktorer, medianer og areal hvor DF > 2 % for case 3. Figur 54 viser en sammenligning mellem alle de geometriske former.

Tabel 33 - Sammenligning af resultater for case 3: Altanens geometri, med grøn skygge, angivet højeste gennemsnitlige dagslysfaktor og med rød skygge, den laveste.

			DF _{AVE}	DF _{median}	Areal DF(%) > 2
Ligesidet trekant	center vindue	TV	0,964	0,380	12,70
Halvcirkel	center vindue	TV	0,922	0,380	12,70
Rektangel	center vindue	TV	0,875	0,360	11,11
Halv ellipse	center vindue	TV	0,930	0,360	12,70
Trapez	center vindue	TV	0,895	0,370	12,70
			DF _{AVE}	DF _{median}	Areal DF(%) > 2
Ligesidet trekant	mellem vinduer	TH	1,052	0,410	17,46
Halvcirkel	mellem vinduer	TH	1,004	0,390	15,87
Rektangel	mellem vinduer	TH	0,969	0,370	12,70
Halv ellipse	mellem vinduer	TH	1,002	0,370	15,87
Trapez	mellem vinduer	TH	0,970	0,370	15,87



Figur 54 - Gennemsnitlig dagslysfaktor i lejlighed nedenfor altan udformet ud fra geometrisk form, hvor areal og dybde er låste parametre.

Resultaterne indikerer at trekanten er den bedste geometriske facon for en altan, hvis den placeres midt mellem 2 vinduer eller midt foran et vindue. Rektanglet fremstår som overordnet set dårligst if. dagslysfald.

Sammenligningsark og ISO plot fremgår af Bilag I.

6.9 Case 4: Altanens undersides reflektants

Der monteres 2 stk 4 m bredde og 1,3 m dybe altaner, med en dækhøjde på 175 mm, med overkant i niveau med 2. salens etagedæk, som illustreret på Figur 55. Reflektantsen af altanens underside justeres i spring på 0,2 i intervallet fra 0,1 til 0,9.

Af Tabel 34 fremgår sammenligning mellem resultater for øvrige simuleringer og den første simulering, hvor altanens underside har en reflektants på 0,1.

Der ses generelt ingen indflydelse på hverken den gennemsnitlige dagslysfaktor eller det areal, hvor denne opnår en dækning over 2%.

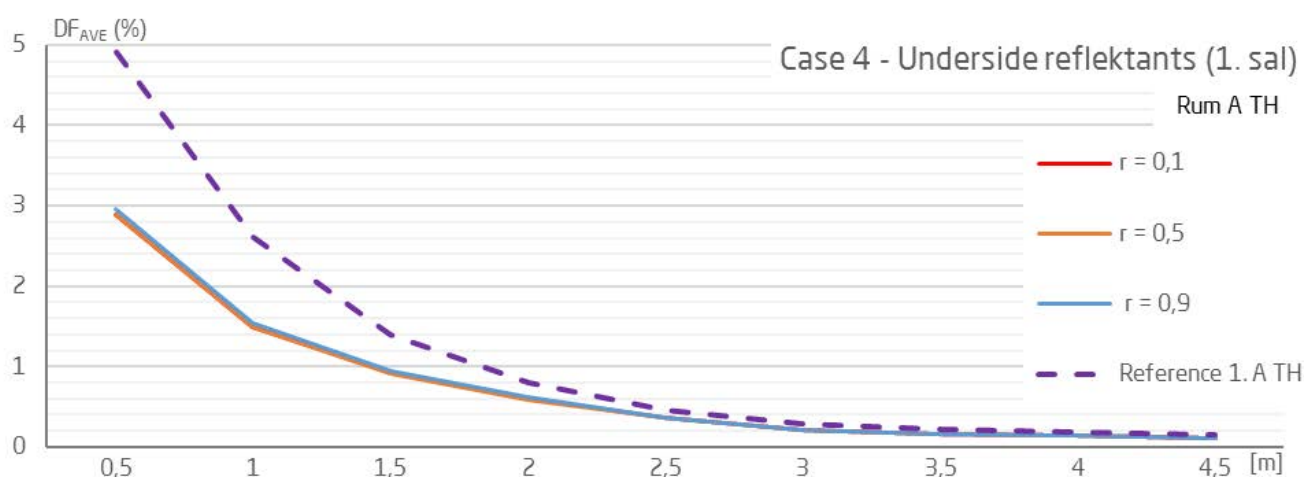


Figur 55 - Placering af altaner ved undersøgelse af indflydelsen fra altaners undersides reflektants (ill. er renderet ud fra opbyggede SketchUp model i KeyShot [JS])

Tabel 34 - Sammenligning af gennemsnitlig dagslysfaktor og areal af rum, hvor $DF_{AVE}(\%) > 2\%$, med resultat fra simulering, hvor reflektants = 0,1

			DFgns				Areal $DF(\%) > 2$			
			$r=0,1$		diff (%)		$r=0,1$		diff (%)	
$r = 0,3$	A	TH	0,76	0,76	↓	-0,08	7,94	7,94	→	0,00
		TV	0,71	0,71	↓	-0,38	6,35	6,35	→	0,00
$r = 0,5$	A	TH	0,76	0,76	↓	-0,10	7,94	7,94	→	0,00
		TV	0,71	0,71	↓	-0,29	6,35	6,35	→	0,00
$r = 0,7$	A	TH	0,77	0,76	↑	0,87	7,94	7,94	→	0,00
		TV	0,71	0,71	↓	-0,60	6,35	6,35	→	0,00
$r = 0,9$	A	TH	0,78	0,76	↑	2,60	7,94	7,94	→	0,00
		TV	0,72	0,71	↑	0,85	6,35	6,35	→	0,00

Af Figur 56 fremgår sammenligning af fald ift. dybden af rummet for den gennemsnitlige dagslysfaktor. Der ses her en klar forringelse af dagslysfaktoren if. reference casen, men ingen større forskel på de 3 tilfælde med reflektants på henholdsvis 0,1, 0,5 og 0,9.



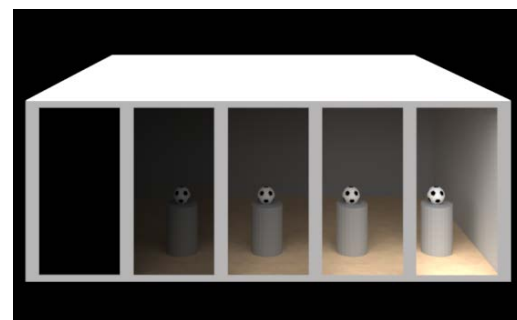
Figur 56 - Sammenligning af $DF_{AVE}(\%)$ fald igennem rummet, for reflektants af altanens underside ($r=0,1$, $r=0,5$, $r=0,9$) og Reference case for rum A, 1. sal TH.

Sammenligningsark og ISO plot fremgår af Bilag J.

6.10 Case 5: Altan dækkets transmittans

Opsætningen fra case 4 genbruges, dog opsættes altan dækket i Velux Visualizer, som en 2 siddet solid glasplade, og transmittans simuleres i spring på 0,2 i intervallet fra 0,0 til 0,8. Forskelle i transmittans er illustreret på Figur 57.

Af Tabel 35 fremgår sammenligning mellem resultater for øvrige simuleringer og den første simulering, hvor altandækket er lukket, dvs. har en transmittans på 0,0. Der ses en generel tendens til at den gennemsnitlige dagslysfaktor og det areal hvor $DF > 2\%$ stiger ift. dækkets transmittans.

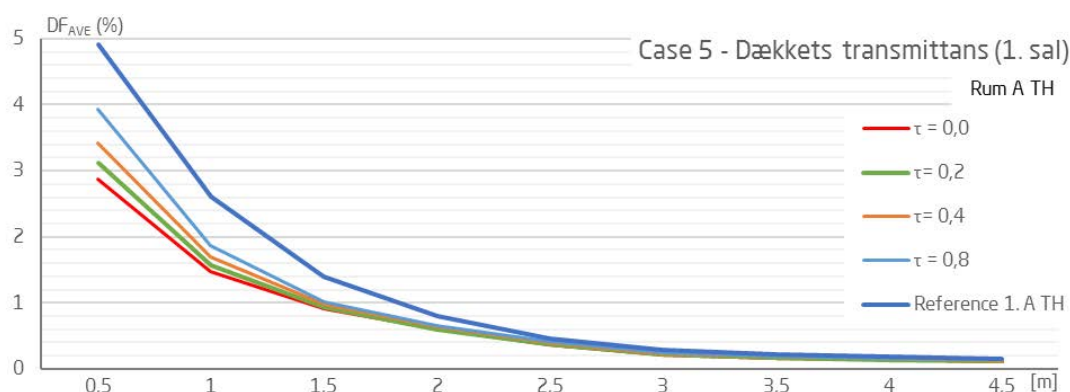


Figur 57 - Transmittans niveauer, i step på 0,2 fra 0,0 (tv.) til 0,8 (th.) (ill. tegnet i SketchUp og renderet i Velux Visualizer [JS])

Tabel 35 - Sammenligning af gennemsnitlig dagslysfaktor og areal af rum, hvor $DF_{AVE}(\%) > 2\%$, med resultat fra simulering, hvor transmittans = 0,0.

		DF_{AVE}				Areal $DF_{AVE}(\%) > 2$			
		case 5	$\tau = 0$	diff (%)		case 5	$\tau = 0$	diff (%)	
$\tau = 0,2$	A TH	0,80	0,76	5,46		7,94	7,94	0,00	
	TV	0,74	0,68	8,52		6,35	6,35	0,00	
$\tau = 0,4$	A TH	0,87	0,76	14,04		7,94	7,94	0,00	
	TV	0,80	0,68	17,35		7,94	6,35	25,00	
$\tau = 0,6$	A TH	0,90	0,76	18,64		9,52	7,94	20,00	
	TV	0,83	0,68	21,96		7,94	6,35	25,00	
$\tau = 0,8$	A TH	0,96	0,76	25,87		14,29	7,94	80,00	
	TV	0,88	0,68	28,78		11,11	6,35	75,00	

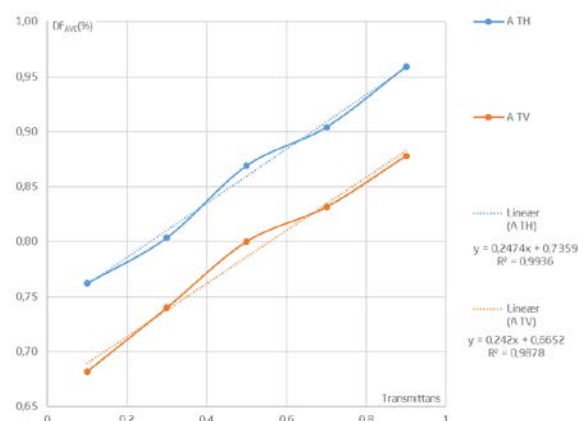
Af Figur 58 fremgår sammenligning mellem resultater for øvrige simuleringer og den første simulering, hvor altanens dæk har en transmittans på 0,0. Her ses at forskellen i altandækkets transmittans kun har indflydelse på de første 1,5 m i rummet. Faldet ift. referencecasen tilskrives altanens tilstedeværelse.



Figur 58 - Sammenligning af $DF_{AVE}(\%)$ fald igennem rummet, for altan dækkets transmittans ($\tau=0,0$, $\tau=0,2$, $\tau=0,4$, $\tau=0,8$) og Reference case for rum A, 1. sal TH.

På Figur 59 er den gennemsnitlige dagslysfaktor tegnet som funktion af transmittans for simuleringerne. Der ses her en tydelig sammenhæng mellem gennemsnitlig dagslysfaktor af altandækkets transmittans.

Af Bilag K fremgår sammenligningsark og ISO plot.

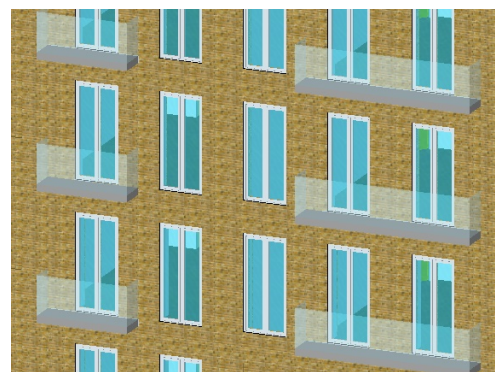


Figur 59 - Gennemsnitlig dagslysfaktor som funktion af altandækkets transmittans baseret på resultater fra Case 5.

6.11 Case 6: Altanens dimensioner

Der simuleres for 3 dybder af altaner monteret på facaden mod jagtvej i en bredde dækkende henholdsvis et vinduesfag og 2 vinduesfag. Af Figur 60 fremgår udsnit af en af totalt 3 modeller udarbejdet til simuleringer for case 6, visende bredder af altanerne.

Simuleringsresultater fremgår af Tabel 36. Stigninger i den gennemsnitlig dagslysfaktor ift. reference casen, tilskrives etableringen af adgangsvej til altanen, hvor glasarealet øges.

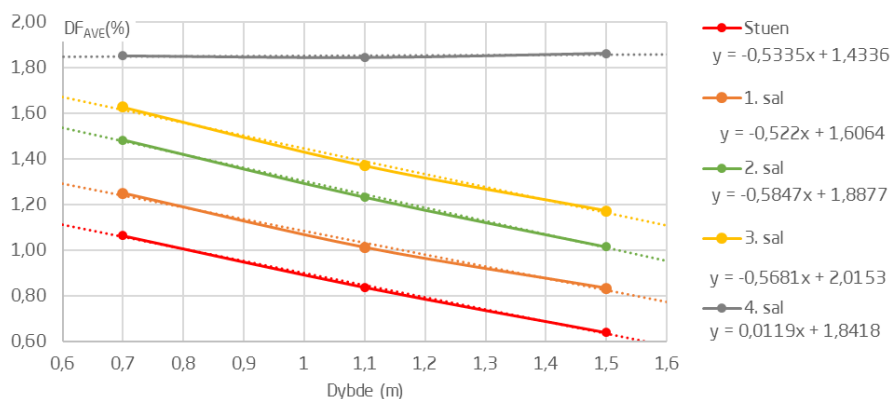
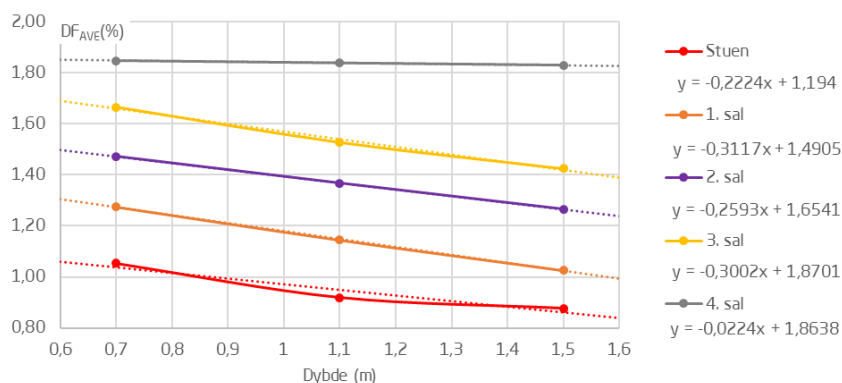


Figur 60 - udsnit af model visende bredder af henholdsvis altan dækkende 1 vinduesfag og altan dækkende 2 vinduesfag (ill. udarbejdet i SketchUp [JS])

Tabel 36 - Resultater for simulering af case 6: Altanens dimensioner, samt sammenligning med reference.

						DF _{AVE} (%)		Areal DF _{AVE} (%) > 2%					
						Case 6	Reference	diff (%)	Case 6	Reference	diff (%)		
Stuen	1 vindue	70 cm	A	TV	1,05			-1,87	17,46			0,00	
		110 cm			0,92	1,07			-14,02	12,70	17,46		-27,26
		150 cm			0,88				-17,76	11,11			-36,37
Stuen	2 vinduer	70 cm	A	TH	1,06			26,19	17,46			22,18	
		110 cm			0,84	0,84			0,00	7,94	14,29		-44,44
		150 cm			0,64				-23,81	6,35			-55,56
1. sal	1 vindue	70 cm	A	TV	1,27			18,69	17,46			10,02	
		110 cm			1,14	1,07			6,54	15,87	15,87		0,00
		150 cm			1,02				-4,67	12,70			-19,97
1. sal	2 vinduer	70 cm	A	TH	1,25			2,46	17,46			0,00	
		110 cm			1,01	1,22			-17,21	14,29	17,46		-18,16
		150 cm			0,83				-31,97	7,94			-54,52
2. sal	1 vindue	70 cm	A	TV	1,47			47,00	20,63			18,16	
		110 cm			1,37	1,00			37,00	19,05	17,46		9,11
		150 cm			1,27				27,00	17,46			0,00
2. sal	2 vinduer	70 cm	A	TH	1,48			4,96	20,63			8,29	
		110 cm			1,23	1,41			-12,77	19,05	19,05		0,00
		150 cm			1,02				-27,66	15,87			-16,69
3. sal	1 vindue	70 cm	A	TV	1,67			39,17	30,16			72,74	
		110 cm			1,53	1,20			27,50	23,81	17,46		36,37
		150 cm			1,43				19,17	22,22			27,26
3. sal	2 vinduer	70 cm	A	TH	1,63			5,84	30,16			46,19	
		110 cm			1,37	1,54			-11,04	19,05	20,63		-7,66
		150 cm			1,17				-24,03	17,46			-15,37
4. sal	1 vindue	70 cm	A	TV	1,85			30,28	31,75			81,84	
		110 cm			1,84	1,42			29,58	31,75	17,46		81,84
		150 cm			1,83				28,87	31,75			81,84
4. sal	2 vinduer	70 cm	A	TH	1,85			16,35	31,75			42,89	
		110 cm			1,85	1,59			16,35	31,75	22,22		42,89
		150 cm			1,86				16,98	31,75			42,89

Af Figur 61 og Figur 62, hvor den gennemsnitlige dagslysfaktor er plottet som funktion af altan dybden for hver etage ses en tendens til en lineær sammenhæng mellem faldet i gennemsnitlig dagslysfaktor og dybden af altanen.



Af Tabel 37 og Tabel 38 fremgår tabeller med beregnet gennemsnitlig dagslysfaktor ud fra fundne lineære funktioner. Med grønt er markeret "tilladelige" dybder, hvor den gennemsnitlige dagslysfaktor afrundet til et decimal, svarer til den mindste simulerede dimension, for altaner dækkende henholdsvis et vinduesfag og 2 vinduesfag.

Tabel 37 - Udregnede værdier ift. dybde for en bredde svarende til 1 vinduesfag. Med grønt markeret, hvilken dybde, før nedgang i dagslysfaktor

	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
ST.	1,04	1,02	0,99	0,97	0,95	0,93	0,90	0,88	0,86
1.	1,27	1,24	1,21	1,18	1,15	1,12	1,09	1,05	1,02
2.	1,47	1,45	1,42	1,39	1,37	1,34	1,32	1,29	1,27
3.	1,66	1,63	1,60	1,57	1,54	1,51	1,48	1,45	1,42
4.	1,86	1,86	1,86	1,86	1,86	1,86	1,86	1,86	1,86

Tabel 38 - Udregnede værdier ift. dybde for en bredde svarende til 2 vinduesfag. Med grønt markeret, hvilken dybde, før nedgang i dagslysfaktor

	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
ST.	1,06	1,01	0,95	0,90	0,85	0,79	0,74	0,69	0,63
1.	1,24	1,19	1,14	1,08	1,03	0,98	0,93	0,88	0,82
2.	1,48	1,42	1,36	1,30	1,24	1,19	1,13	1,07	1,01
3.	1,62	1,56	1,50	1,45	1,39	1,33	1,28	1,22	1,16
4.	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,86	1,86	1,86	1,86

Af Bilag L fremgår sammenligningsark og ISO plot.

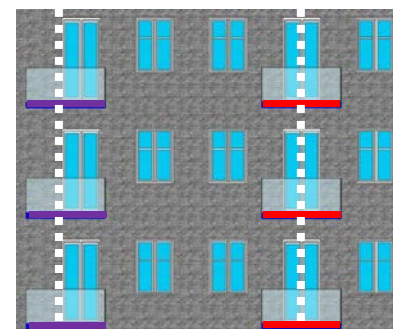
6.12 Case 7: Facade placering

Der tages udgangspunkt i den model, Københavns Kommune har udarbejdet for etageejendomme [64]. Der simuleres for hele ejendommen på siden mod jagtvej. Der etableres altaner som henholdsvis ranker/kolonner i 2 udgaver: den ene centreret over vinduet (rum A, TH) og den anden skubbet væk, så denne skygger mindst if. andre vinduer, som illustreret på Figur 63.

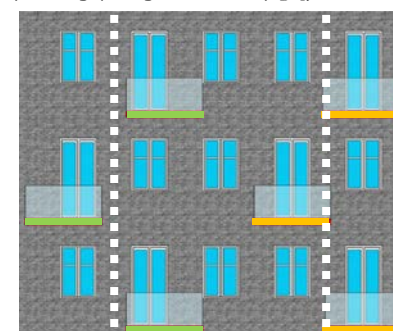
Der simuleres for to udgaver af forskudte altaner, midt for et vindue, skiftende side for hver etage og en udgave hvor altanen rykkes mod henholdsvis højre og venstre, illustreret på Figur 64.

Altanerne er alle 1,30 m dybe, på nær stueplan, hvor der etableres en "spansk altan" med en dybde på 0,7 m. Altanerne optager alle, hvad der svarer til ét vinduesfag på reference bygningen, dvs. en bredde på 2,3 m. Altandæk er 175 mm tykke.

Altanernes underside sættes til en samlet reflektans på 0,1. og de er alle udstyret med en 1 m højt værn af glas, med en transmittans på 80%. Af Tabel 39 fremgår resultater af simuleringerne.



Figur 63 - Altaner som ranker (forskudt fra vinduesparti (t.h.) og midt for dør (t.h.). Med stiplede linje er vist centerakse for altan placering. (ill. tegnet i SketchUp [JS])

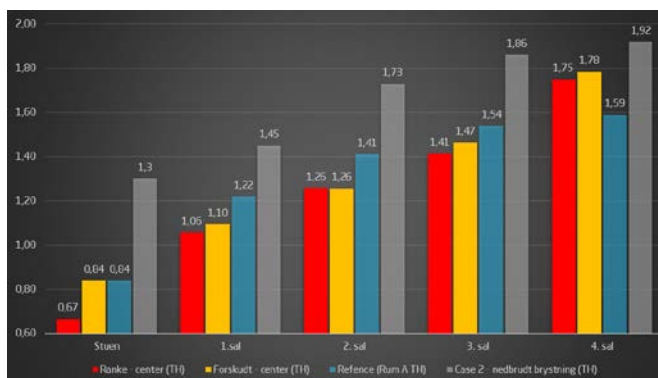


Figur 64 - Forskudte altaner. (t.v.) og midt for dør (t.h.). Med stiplede linje er vist lodret centerakse for forskydning. (ill. tegnet i SketchUp [JS])

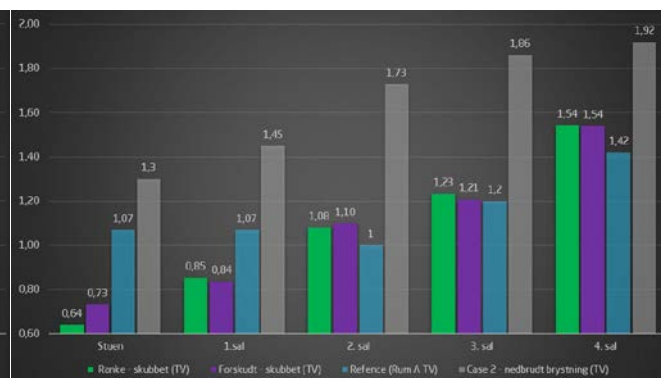
Tabel 39 - Resultater af simuleringer med sammenlign for reference casen af den gennemsnitlige dagslysfaktor og arealet, hvor denne er større end 2%.

		DF(%)			Areal DF(%) > 2			
			Case 7	Reference	diff (%)	Case 7	Reference	diff (%)
Stuen	A - Ranke/kolonne	TH midt vindue	0,67	0,84	🔴 -20,24	11,11	14,29	🔴 -22,25
		TV skubbet	0,64	1,07	🔴 -40,19	9,52	17,46	🔴 -45,48
	A - Forskudt	TH midt vindue	0,84	0,84	🟡 0,00	12,70	14,29	🔴 -11,13
		TV skubbet	0,73	1,07	🔴 -31,78	11,11	17,46	🔴 -36,37
1. sal	A - Ranke/kolonne	TH midt vindue	1,06	1,22	🔴 -13,11	14,29	17,46	🔴 -18,16
		TV skubbet	0,85	1,07	🔴 -20,56	11,11	15,87	🔴 -29,99
	A - Forskudt	TH midt vindue	1,10	1,22	🔴 -9,84	12,70	17,46	🔴 -27,26
		TV skubbet	0,84	1,07	🔴 -21,50	11,11	15,87	🔴 -29,99
2. sal	A - Ranke/kolonne	TH midt vindue	1,26	1,41	🔴 -10,64	17,46	19,05	🔴 -8,35
		TV skubbet	1,08	1,00	🟢 8,00	14,29	17,46	🔴 -18,16
	A - Forskudt	TH midt vindue	1,26	1,41	🔴 -10,64	17,46	19,05	🔴 -8,35
		TV skubbet	1,10	1,00	🟢 10,00	14,29	17,46	🔴 -18,16
3. sal	A - Ranke/kolonne	TH midt vindue	1,41	1,54	🔴 -8,44	19,05	20,63	🔴 -7,66
		TV skubbet	1,23	1,20	🟢 2,50	17,46	17,46	🟡 0,00
	A - Forskudt	TH midt vindue	1,47	1,54	🔴 -4,55	20,63	20,63	🟡 0,00
		TV skubbet	1,21	1,20	🟢 0,83	14,29	17,46	🔴 -18,16
4.sal	A - Ranke/kolonne	TH midt vindue	1,75	1,59	🟢 10,06	30,16	22,22	🟢 35,73
		TV skubbet	1,54	1,42	🟢 8,45	23,81	17,46	🟢 36,37
	A - Forskudt	TH midt vindue	1,78	1,59	🟢 11,95	30,16	22,22	🟢 35,73
		TV skubbet	1,54	1,42	🟢 8,45	22,22	17,46	🟢 27,26

Af Figur 65 og Figur 66 fremgår sammenligning mellem den gennemsnitlige dagslysfaktor for de forskellige placeringer på facaden med reference casen. Søjlerne farve svarer overens med de på Figur 63 og Figur 64 anvendte.



Figur 65 - Sammenligning af den gennemsnitlige dagslysfaktor ved placering som ranke/kolonne og forskudt med reference (Rum A TH) og case 2: Udskitning af vindue til glasdør.



Figur 66 - Sammenligning af den gennemsnitlige dagslysfaktor ved placering som skubbet ranke/kolonne og skubbet forskudt placering med reference (Rum A TV) og case 2: Udskitning af vindue til glasdør.

Den forskudte placering, centret midt for adgangsvejen har den mindste indflydelse på dagslysfaldet. Grundet nedbrydningen af brystningen ses endvidere et større dagslys indfald på tredje og fjerde etage til trods for etableringen af altaner på facaden. Lysindfaldet er dog mindre end det for case 2, hvor brystningen er nedbrudt for begge vinduer.

Forskellen i stueplan på Figur 65 og Figur 66 tilskrives manglen i direkte sollys for ranke placeringen, der ses endvidere at nedbrydningen af brystningen for adgangsvej for stueplan, kompenserer for det tabte dagslys ift. reference casen.

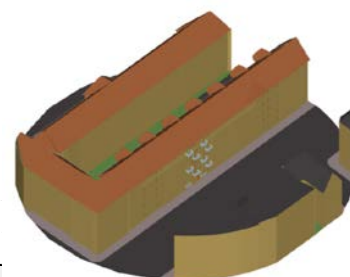
Af Bilag M fremgår sammenligningsark og ISO plot.

6.13 Case 8: Placering ift. skygge fra modstående bygning

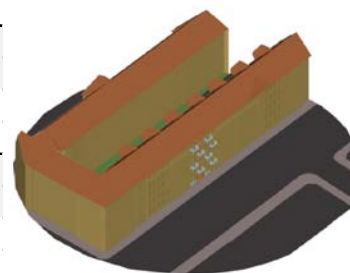
For at undersøge de modstående bygningers indflydelse er simuleringerne gentaget fra case 7, dog er den modstående bygning her fjernet. Af Figur 67 og Figur 68 fremgår forskellen af ændringen i modellerne for casen.

Tabel 40 - Sammenligninger af resultater fra simuleringer i case 8 med case 7.

			DF(%)			Areal DF(%) > 2		
			Case 8	Case 7	diff (%)	Case 8	Case 7	diff (%)
Stuen	A - Ranke/kolonne	TH midt vindue	1,14	0,67	↑ 71,20	15,87	11,11	↑ 42,83
		TV skubbet	1,22	0,64	↑ 90,20	17,46	9,52	↑ 83,33
	A - Forskudt	TH midt vindue	1,54	0,84	↑ 83,33	22,22	12,70	↑ 74,98
		TV skubbet	1,54	0,73	↑ #####	19,05	11,11	↑ 71,45
1. sal	A - Ranke/kolonne	TH midt vindue	1,59	1,06	↑ 50,25	20,63	14,29	↑ 44,41
		TV skubbet	1,58	0,85	↑ 85,26	20,63	11,11	↑ 85,67
	A - Forskudt	TH midt vindue	1,60	1,10	↑ 45,98	22,22	12,70	↑ 74,98
		TV skubbet	1,55	0,84	↑ 85,43	20,63	11,11	↑ 85,67
2. sal	A - Ranke/kolonne	TH midt vindue	1,67	1,26	↑ 32,86	23,81	17,46	↑ 36,37
		TV skubbet	1,65	1,08	↑ 52,64	22,22	14,29	↑ 55,54
	A - Forskudt	TH midt vindue	1,67	1,26	↑ 33,03	25,40	17,46	↑ 45,47
		TV skubbet	1,69	1,10	↑ 53,86	23,81	14,29	↑ 66,67
3. sal	A - Ranke/kolonne	TH midt vindue	1,70	1,41	↑ 20,23	25,40	19,05	↑ 33,35
		TV skubbet	1,68	1,23	↑ 36,22	23,81	17,46	↑ 36,37
	A - Forskudt	TH midt vindue	1,70	1,47	↑ 16,01	25,40	20,63	↑ 23,09
		TV skubbet	1,66	1,21	↑ 37,42	23,81	14,29	↑ 66,67
4. sal	A - Ranke/kolonne	TH midt vindue	1,93	1,75	↑ 10,34	31,75	30,16	↑ 5,28
		TV skubbet	1,90	1,54	↑ 23,01	31,75	23,81	↑ 33,35
	A - Forskudt	TH midt vindue	1,92	1,78	↑ 7,61	31,75	30,16	↑ 5,28
		TV skubbet	1,89	1,54	↑ 22,70	31,75	22,22	↑ 42,88

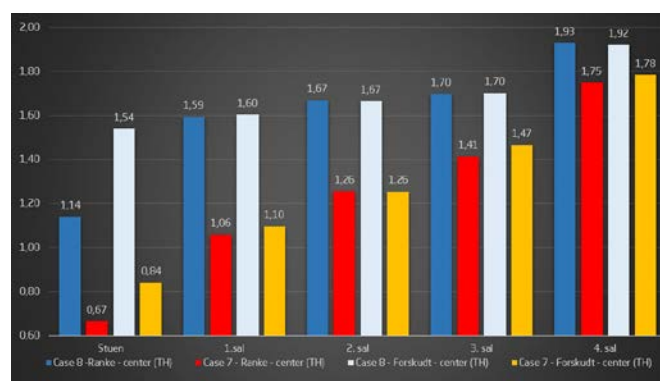


Figur 67 - Model anvendt for case 7 for forskudte altaner (ill. udarbejdet i SketchUp [JS])

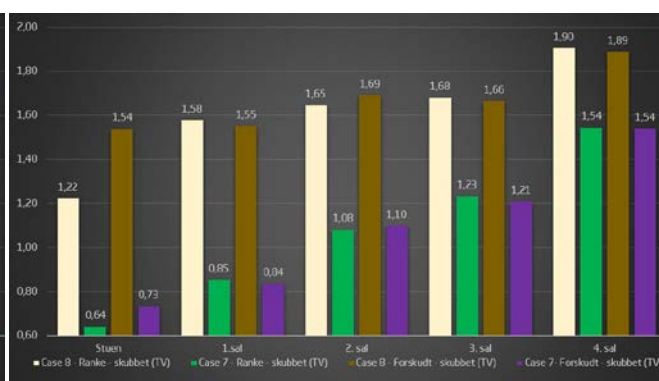


Figur 68 - Model anvendt for case 8 for forskudte altaner (ill. udarbejdet i SketchUp [JS])

Af Figur 69 og Figur 70 fremgår sammenligning mellem den gennemsnitlige dagslysfaktor for de forskellige placeringer på facaden med reference casen.



Figur 69 - Sammenligning af den gennemsnitlige dagslysfaktor ved placering som ranke/kolonne og forskudt for Rum A TH for case 7 og case 8. Begge cases har samme placering på facaden, dog er der i case 8 ingen modstående bygning.



Figur 70 - Sammenligning af den gennemsnitlige dagslysfaktor ved placering som ranke/kolonne og forskudt for Rum A TV for case 7 og case 8. Begge cases har samme placering på facaden, dog er der i case 8 ingen modstående bygning.

Der ses en tydelig forskel ift. dagslysfaktoren og tilstedeværelsen af den modstående bygning. Der ses ingen tydelig forskel for ranke placeringen ift. om denne er skubbet væk fra center eller ej, der ses dog en marginal tendens til at den forskudte placering, midt for vinduet, har den mindste indflydelse på den gennemsnitlige dagslysfaktor. Overordnet set er en forskudt placering på facaden bedst, dvs. den gennemsnitlige dagslysfaktor er højest ved denne placering, ikke mindst for stueplan.

Af Bilag N fremgår sammenligningsark og ISO plot.

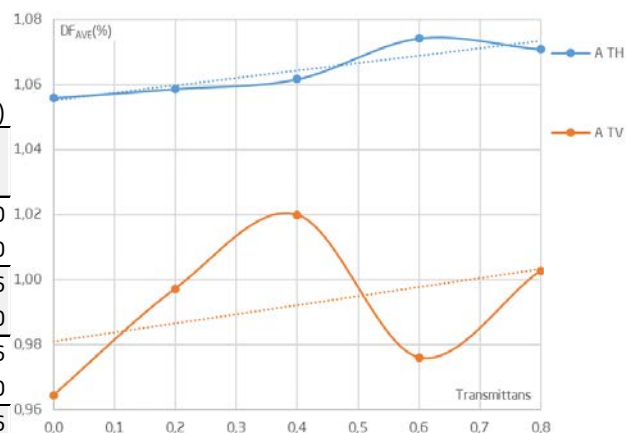
6.14 Case 9: Rækværk/vindskærm transmittans

Modellen fra Case 7 – ranke/kolonner genbruges, og rækværkets transmittans ændres i trin af 0,2 mellem 0,0 og 0,8. Den gennemsnitlige dagslysfaktor bestemmes for 1. salen.

Af Tabel 41 fremgår resultater for den gennemsnitlige dagslysfaktor og arealet hvor denne er større end 2 %, for rækværkets transmittans i trin af 0,2 fra 0,0 til 0,8. I tabellen sammenlignes hvert trin med den første simulering, hvor $\tau = 0,0$.

Tabel 41 - Resultater af simulering. Ændring af rækværkets transmittans for 1. salen

		DF _{AVE}			Areal DF _{AVE} (%) > 2		
		Case 9	$\tau = 0$	diff (%)	Case 9	$\tau = 0$	diff (%)
$\tau = 0,0$	A TH	1,06			14,29		
	TV	0,96			14,29		
$\tau = 0,2$	A TH	1,06	1,06	0,00	14,29	14,29	0,00
	TV	1,00	0,96	4,17	14,29	14,29	0,00
$\tau = 0,4$	A TH	1,06	1,06	0,00	15,87	14,29	11,06
	TV	1,02	0,96	6,25	14,29	14,29	0,00
$\tau = 0,6$	A TH	1,07	1,06	0,94	15,87	14,29	11,06
	TV	0,98	0,96	2,08	14,29	14,29	0,00
$\tau = 0,8$	A TH	1,07	1,06	0,94	15,87	14,29	11,06
	TV	1,00	0,96	4,17	14,29	14,29	0,00



Figur 71 - Gennemsnitlig dagslysfaktor som funktion af rækværkets transmittans (1.sal Rum A)

Af Figur 71 fremgår plot af den gennemsnitlige dagslysfaktor som funktion af rækværkets transmittans for 1.salens rum A. Der ses ingen betydelig sammenhæng mellem den gennemsnitlige dagslysfaktor og rækværkets transmittans. Forskellene i den gennemsnitlige dagslysfaktor for rum A TV, kan skyldes manglende ensartethed i Velux Visualizers beregninger, hvilket undersøges nærmere i case 12.

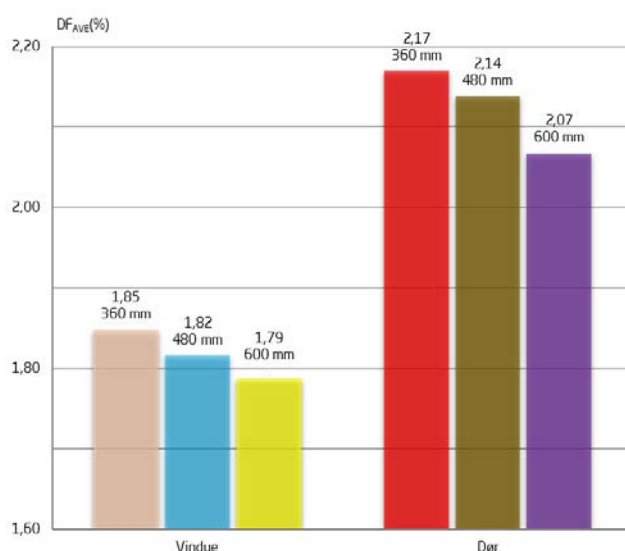
Af Bilag O fremgår sammenligningsark og ISO plot.

6.15 Case 10: Lysningens dybde

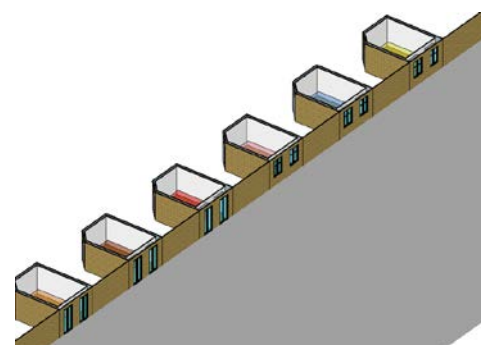
Til vurdering af indflydelsen på dagslyset grundet lysningens længde og deraf selve ydermurens tykkelse, blev yderligere en model opbygget. Af Figur 73 fremgår udsnit af den opbyggede 3D model til disse simuleringer. Modellen baserer sig på Rum A, TH, placeret på række, med en afstand af 6,5 m mellem hvert modul.

Der er opstillet i alt 6 rum fordelt på 2 grupper, med hver 3 rum, hvor murtykkelserne fra referencebygningen på henholdsvis 1½, 2 og 2½ sten er anvendt.

Af Figur 72 fremgår resultater for case 10. Søjlerne er videst muligt farvelagt som måleplanet angivet på Figur 74. Både for rummene, med vinduer og for de rum, hvor brystningen er nedbrudt og en "fransk altan" er etableret, dvs. isat en glasdør, indikerer en sammenhæng mellem murens tykkelse og deraf længere lysning og den gennemsnitlige dagslysfaktor



Figur 72 - Sammenligning af resultater for simulering af case 10: Lysningens dybde.

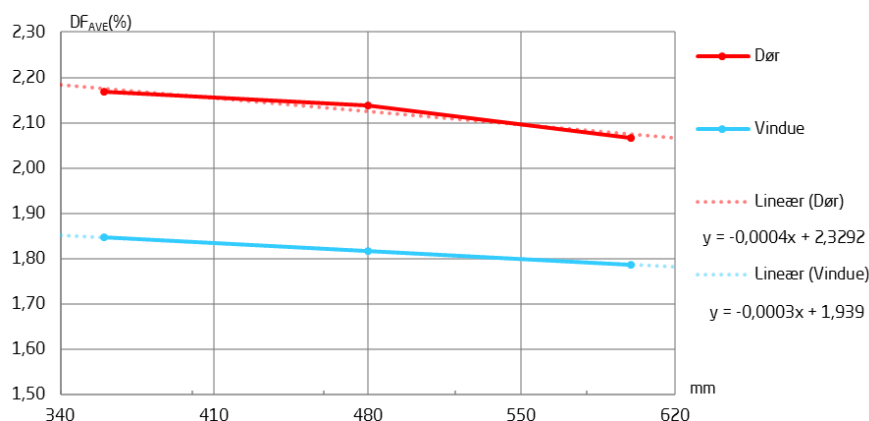


Figur 73 - 3D model til simulering af lysning og murtybder, på vinduessiden er udlagt et ensartet areal ned asfalt (Model opbygget i SketchUp [JS])



Figur 74 - Oversigt over de enkelte rums egenskaber for case 10: Lysningens dybde. (ill. af 3D model tegnet i SketchUp, bearbejdet i MS Visio [JS])

Der ses en svag lineær tendens, når målingerne plottes som funktion af den gennemsnitlige dagslysfaktor, Figur 75. Af Bilag P fremgår iso plot og sammenligningsark.



Figur 75 - Gennemsnitlig dagslysfaktor som funktion af dybden af lysningen/ydermur for resultater fra case 10: Lysningens dybde.

6.16 Case 11: Konsistens i DF beregninger

For at kontrollere konsistensen i Velux Visualizer foretages en gentaget kørsel af reference modellen. Der udtrækkes værdier for Rum A TV i stuen for hver kørsel. Velux Visualizer indstilles til de 4 af de mulige niveauer af renderingskvalitet, lav, 25 %, 50% og høj – der udføres 5 kørsler for hver renderingskvalitet, hvor målepunkter for Rum A, St. TV og renderingshøjden 1800 mm anvendes ved hver kørsel, svarende til totalt 20 kørsler af samme model.

Af Tabel 42 fremgår sammenligning af alle udførte kørsler listet i Tabel 43. Der ses at der i ca. 30 % af kørslerne er en afvigelse på ca. 10 % for arealet hvor den gennemsnitlige dagslysfaktor > 2 %. Det er dog værd at bemærke at datasættet for hver kørsel består af i alt 63 målepunkter, hvorfor en ændring fra ca. 10 målepunkter, svarende til 15,87% til 11 målepunkter, svarende til 17,46%, hvor dagslysfaktoren er over 2%, ikke kan betragtes som en signifikant ændring. Dog er der for den mindste simulerede værdi, en variationskoefficient, (*spredningen divideret med middelværdien*) for samtlige kørsler på knap 8%.

Der ses størst udsving i DF_{min} og DF_{max} når renderingskvaliteten er mindre end 50%.

Af Tabel 44 fremgår sammenligning mellem 2 af de udførte kørsler, henholdsvis kørsel 1 og kørsel 3, begge med "50%" som renderingskvalitet. Der ses her en afvigelse på 1,5% for DF_{max} og en differens for den gennemsnitlige dagslysfaktor på ca. 3%.

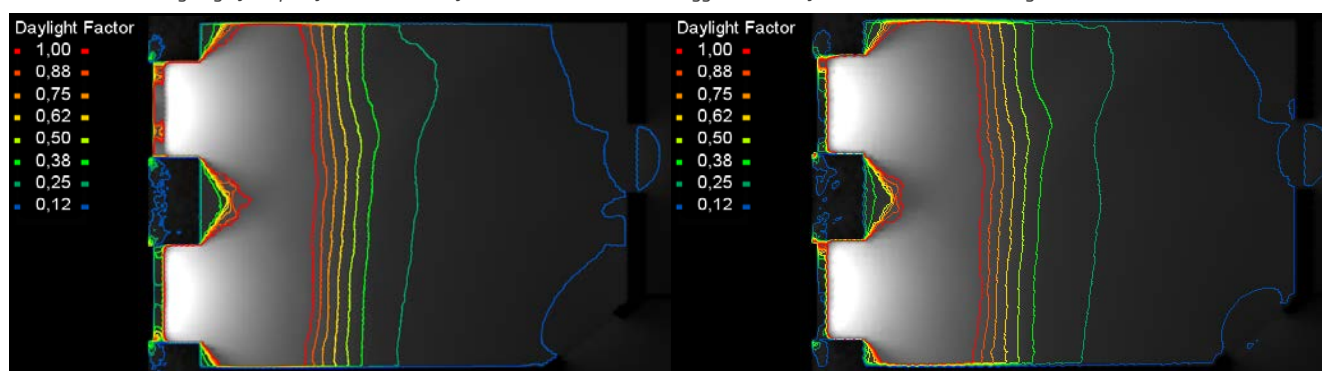
Tabel 42 - Sammenligning af alle resultater fra case 11: konsistens

	DFgns	DFmedian	DFmin	DFmax	DFgns > 2%
Middel	1,00	0,27	0,10	6,90	16,35
Median	1,01	0,28	0,11	6,88	15,87
Spredning	0,02	0,02	0,01	0,11	0,73
Variations koefficient	1,5%	5,8%	7,7%	1,6%	4,4%

Tabel 43 - Resultater for case 12A: Konsistens i DF beregninger, med rød skygge er markeret laveste værdi og med grøn højeste.

Render Quality		DFgns	DFmedian	DFmin	DFmax	DFgns > 2%
Low	1	0,996	0,27	0,11	6,71	15,87
	2	1,035	0,30	0,11	6,93	15,87
	3	1,017	0,29	0,11	7,25	15,87
	4	0,997	0,28	0,11	7,07	15,87
	5	0,978	0,25	0,09	7,08	15,87
25%	1	0,991	0,25	0,10	6,88	15,87
	2	0,995	0,25	0,10	6,88	17,46
	3	0,990	0,26	0,09	6,85	15,87
	4	0,984	0,25	0,09	6,84	15,87
	5	0,977	0,24	0,09	6,82	15,87
50%	1	1,002	0,27	0,10	6,88	15,87
	2	1,003	0,27	0,10	6,91	15,87
	3	1,030	0,29	0,11	6,92	17,46
	4	1,010	0,27	0,10	6,85	15,87
	5	1,021	0,28	0,11	6,89	15,87
High	1	1,014	0,28	0,11	6,83	17,46
	2	1,009	0,28	0,11	6,83	15,87
	3	1,011	0,28	0,11	6,85	17,46
	4	1,014	0,28	0,11	6,84	17,46
	5	1,011	0,28	0,11	6,88	17,46

Tabel 44 - Sammenligning af iso plot for rum A, St. TV fra case 12A: Konsistens, Begge kørsler udført med samme metode og kvalitet.



Rum A, St. TV, Render Quality 50%, kørsel 1

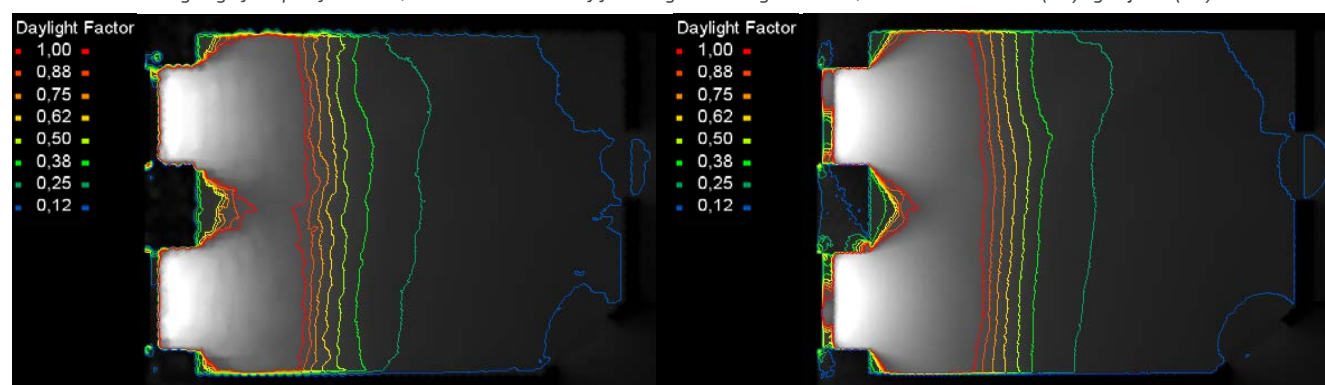
DF_{AVE}	1,00 %
DF_{median}	0,27 %
DF_{min}	0,10 %
DF_{max}	6,88 %
Andel af rum med $DF > 2\%$	15,87 %

Rum A, St. TV, Render Quality 50%, kørsel 3

DF_{AVE}	1,03 %
DF_{median}	0,29 %
DF_{min}	0,11 %
DF_{max}	6,92 %
Andel af rum med $DF > 2\%$	17,46 %

Af Tabel 45 fremgår sammenligning mellem to yderligere kørsler, her henholdsvis kørsel 1 med laveste renderingskvalitet "Low" og kørsel 1 med højeste renderingskvalitet. Der ses en differens ca. 10% for arealet hvor den gennemsnitlige dagslysfaktor er større end 2%. Den gennemsnitlige dagslysfaktor har i denne sammenligning en differens på ca. 2%.

Tabel 45 - Sammenligning af iso plot for Rum A, St. TV. For 2 kørsler af forskellige renderingskvaliteter, henholdsvist laveste (t.v.) og højeste (t.h.)



Rum A, St. TH, Render Quality Low, kørsel 1

DF _{AVE}	0,996 %
DF _{median}	0,27 %
DF _{min}	0,11 %
DF _{max}	6,71 %
Andel af rum med DF > 2%	15,87 %

Rum A, St. TH, Render Quality High, kørsel 1

DF _{AVE}	1,014 %
DF _{median}	0,28 %
DF _{min}	0,11 %
DF _{max}	6,83 %
Andel af rum med DF > 2%	17,46 %

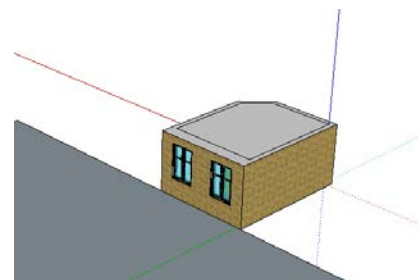
Af Bilag Q fremgår sammenligningsark for alle kørsler.

6.17 Case 12: CSV målepunkter og zoner

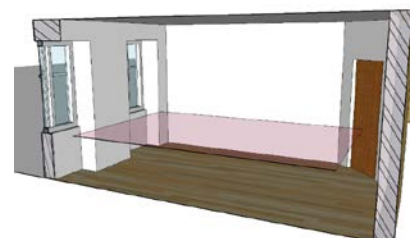
Udover beregninger med målepunkter i form af csv filer, er det i de seneste versioner af Velux Visualizer, blevet muligt at anvende flader som beregningsområder. Da det i forvejen ønskes undersøgt, hvor meget en halvering af afstanden mellem målepunkterne betyder, medtages endvidere denne "flade".

Af Figur 76 fremgår den til denne case anvendte simple 3D-model. Figur 77 viser et snit i modellen, hvor den indtegnede zone både, angiver hvor punkterne i csv filerne placeres ved simuleringen, og i sig selv kan benyttes som en beregningszone. Der blev vha. MS Excel udarbejdet to forskellige csv filer, en med en afstand på 0,5 m mellem punkterne jf. beskrivelserne af standardiseret lysmåling i DS /EN 12464, og en med en afstand på 0,25 m mellem punkterne.

Af Tabel 46 fremgår spredning og variation af de 3 simuleringer. Samlede resultater fremgår af Tabel 47.



Figur 76 - udsnit af 3D-model anvendt til simulering af måleflader i case 12, Origo er placeret indvendigt i plan med gulv, i rummets højre hjørne set fra vinduespartiet (ill. af SketchUp model [JS])



Figur 77 - Eksempel på indtegnede zone/måleflade i 3d-model (ill. udsnit af SketchUp model for case 12 [JS])

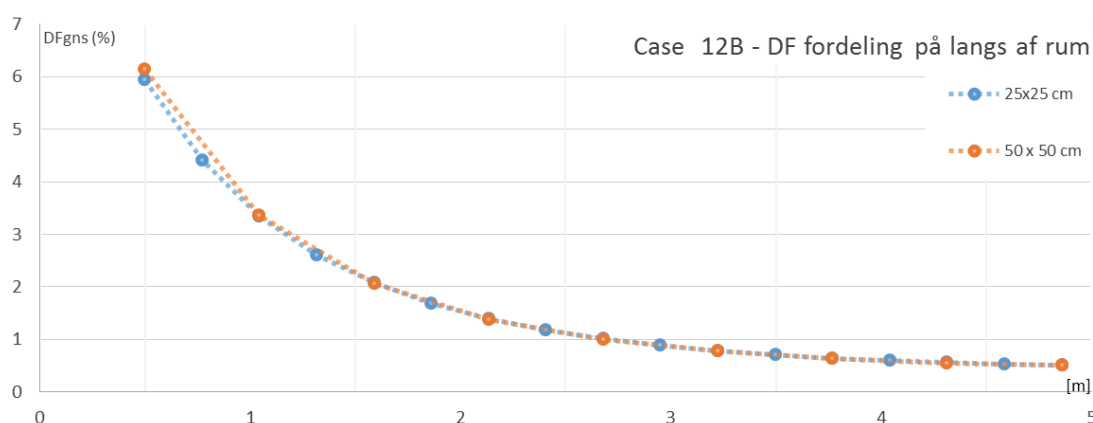
Tabel 46 - Statistik for de 3 måleflader; 25x25 cm, 50x50 cm og Velux Visualizers Zone

	DFgns	DFmedian	DFmin	DFmax	DFave > 2%
Middel	1,70	0,99	0,35	8,86	24,32
Median	1,70	0,99	0,35	8,91	23,98
Spredning	0,10	0,00	0,00	0,09	2,05
Variationskoefficient	6,1%	0,5%	1,3%	1,0%	8,4%

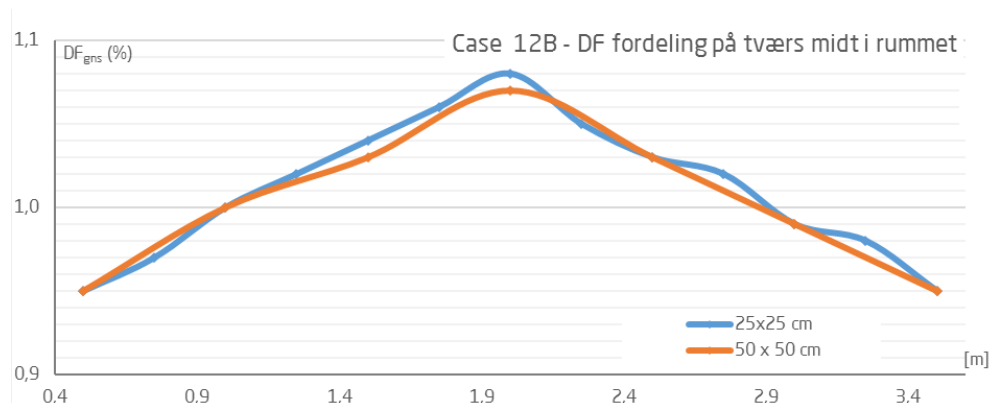
Tabel 47 - Resultater for de 3 måleflader; 25x25 cm, 50x50 cm og Velux Visualizers Zone. Målefladens areal er i alle tilfælde 15,26 m²

	DFave	DFmedian	DFmin	DFmax	DFave > 2%	DFmin / DFave	DFmin / DFmax	Antal målepunkter	målepunkter / m ²
Velux zone	1,57	0,99	0,36	8,74	22,00	0,25	0,04	42025	2754
25x25 cm	1,70	0,98	0,35	8,93	23,98	0,21	0,04	221	14
50x50 cm	1,82	0,99	0,35	8,91	26,98	0,19	0,04	63	4

Sammenlignes faldet i gennemsnitlig dagslysfaktor for målepunkterne med 25 og 50 cm afstand (Figur 78), ses ingen betydelig forskel imellem de to. Sammenholdes dette med Figur 79, hvor de 2 måleflader er sammenlignet på tværs midt i rummet, anses det for tilstrækkeligt at anvende flader med en afstand af 50 x 50 cm mellem punkterne.



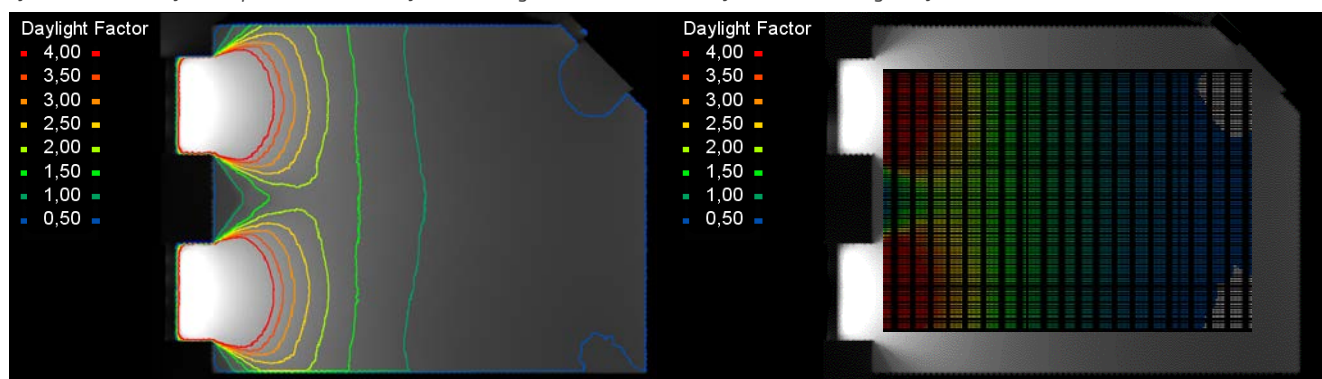
Figur 78 - Fald i gennemsnitlig dagslysfaktor for måleflade med henholdsvis 25 x 25 cm og 50 x 50 cm imellem målepunkterne



Figur 79 - Gennemsnitlig dagslysfaktor for måleflade med 25x25 cm og 50x50 cm imellem punkter på tværs midt i rummet

Af Tabel 48 fremgår sammenligning mellem Velux Visualizers renderede output for de måling af dels CSV-målepunkter og Velux' egen zone. Antallet af målepunkter ift. beregningen af zonen er fundet ved at importere den af Velux Visualizer dannede JavaScript fil, som en CSV fil. Datasættet er dog lavet som et array/ en række, og kan derfor ikke umiddelbart importeres i gængse regnearksprogrammer, som f.eks. Excel, da dette "kun" kan håndtere 16384 kolonner [65], svarende til ¼ af datasættet, uden en større transformering af datasættet.

Tabel 48 - Sammenligning af iso plot for rum og Velux Visualizers egen fladeberegning, der af hensyn til sammenligningen er placeret oven på et renderet billede af rummet. Værdier for CSV-punkter 50 x 50 cm felter er beregnet i MS Excel, Værdier for Zone 1 er beregnet af Velux Visualizer.

**CSV-punkter 50 x 50 cm, Render Quality High**

DF _{AVE}	1,82
DF _{median}	0,99
DF _{min}	0,35
DF _{max}	8,91
Andel af rum med DF > 2%	26,98%

Zone 1. Render Quality High

DF _{AVE}	1,57
DF _{median}	0,97
DF _{min}	0,36
DF _{max}	8,74
Andel af rum med DF > 2%	22 %

Af Bilag R fremgår iso plot for rum og indtegnede måleflader (zoner) for beregninger.

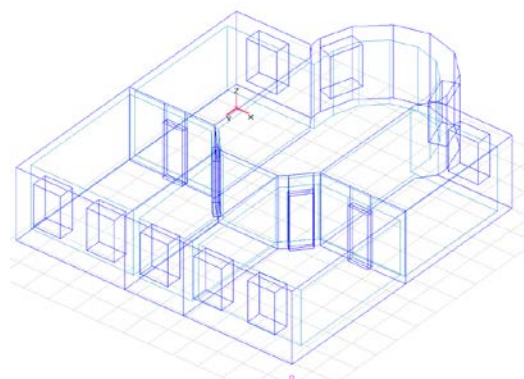
7 Termisk indeklima

Til bedømmelsen af altaners påvirkning af det termiske indeklima blev en ny 3D model af reference bygningen opbygget, på Figur 80 er vist et udsnit af 3d-modellen som den vises i BSim, denne model blev herefter underkastet en stribe simuleringer for at bestemme det bedste udgangspunkt for synlige og sammenlignelige resultater. I nedenstående afsnit er modellens opsætning, simuleringer, beregninger og tjek gennemgået.

7.1 Simuleringsindstillinger

Der er taget udgangspunkt i at simulere de to hovedrum, dvs. de rum benævnt rum A, endvidere er modellen forsimplet så kun 1 etage modelleres. Der simuleres uden omkring liggende forhindringer, så altanernes reelle bidrag fremstår alene.

Under opbygningen af modellen er det endvidere antaget at hele opgangen fungerer som en samlet enhed, hvor der ikke er lavet efterisolering ved brystninger og alle ruder er udført som ved opførelsen, dvs. med 1 lag glas. Endvidere antages kælderen uopvarmet, hvorved den ikke indgår som en del af simuleringen af klimaskærmen.

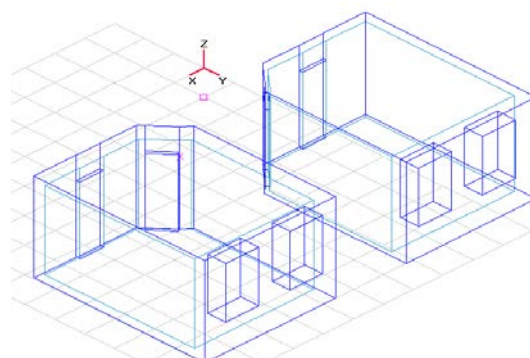


Figur 80 - Opbyggede BSim model (Udsnit af Screenshot af BSim [JS])

7.1.1 Klimazoner og systemer

Som komponent database er valgt: "Sbidata.mdb" og "Cph.dry" er anvendt som klimadata. Den simulerede etage er inddelt i 3 klimazoner, en for hvert rum af typen A, de 2 rum illustreret på Figur 81, og ét for de resterende rum, som ill. på Figur 82.

Klimazonerne for rum A TH og A TV er udstyret med de af Tabel 49 listede systemer, hvor de øvrige rum kun rummer "Heating" systemet. Der er videst muligt benyttet BSims prædefinerede dag- og tidsskemaer.

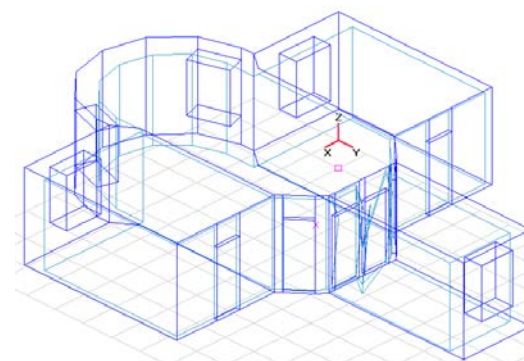


Figur 81 - III. af klimazonerne A TH og A TV (udsnit af BSim model [JS])

Tabel 49 - Anvendte BSim systemer for klimazoner,

System	Anvendelse	Værdi	Dag- & Tidsskema
Equipment	Internt varmetilskud	0,3 kW	FullLoad - Always
Heating	Opvarmning	< 20,0 °C; 2 kW	Heating Season
Infiltration	Naturlig ventilation	0,4 h ⁻¹	FullLoad - Always
Venting	Udluftning	> 23 °C; Maks 1,2 h ⁻¹	Maj-Sept 07 - 22

Det interne varmetilskud fra apparater og mennesker er indregnet i "Equipment" systemet.



Figur 82 - III. af klimazonen "Øvrige" (Udsnit af BSim model [JS])

7.1.2 Opvarmning

For hver klimazone etableres der opvarmning i fyringssæsonen, når rumtemperaturen falder under 20 °C.

7.1.3 Naturlig ventilation og udluftning

Grundet ejendommen anvendelse som beboelsesejendom forudsættes en konstant brug, dvs. brugstiden er sat til tidsrummet: 00:00 – 24:00. [17, p. 34]. Der antages en naturlig ventilation på 0,3 l/s pr m² opvarmet etageareal, af Tabel 50 fremgår luftskiftet fordelt pr rum. [17, p. 64]

Tabel 50 - Luftskifte for reference bygning i vinterperiode

0,3 l/s pr m ²	Gulv areal	Rum. Vol.	Luftskifte			
Rum A	20,57 m ²	57,39 m ³	6,17 l/s	22,22 m ³ /h	0,4 h ⁻¹	
Rum B	15,09 m ²	42,10 m ³	4,53 l/s	16,30 m ³ /h	0,4 h ⁻¹	
Køkken	7,47 m ²	20,84 m ³	2,24 l/s	8,07 m ³ /h	0,4 h ⁻¹	
Øvrige (toilet, gang og viktualierum)	8,23 m ²	22,96 m ³	2,47 l/s	8,89 m ³ /h	0,4 h ⁻¹	
Total	51,4 m ²	143,29 m ³	15,41 l/s	55,47 m ³ /h	0,4 h ⁻¹	

Det vurderes, at der ikke er installeret dominerende ventilatorer i lejlighederne, eller etableret mekaniske ventilationsanlæg. Evt. ventilatorer placeret i baderum, toiletter og/eller i køkkenarealer regnes heller ikke af betydning, hvorfor lejlighederne kun påvirkes af naturlig ventilation i form af ventiler, infiltration og udluftning [17, p. 59]. Endvidere regnes evt. infiltration, herunder også imellem opvarmede arealer, som en del af den naturlige ventilation [17, p. 63]. Det antages, at der i brugstidens dag og aftentimer kan forventes en forhøjet ventilation gennem udluftning grundet beboernes adfærd, når temperaturen overstiger 23 °C. Denne udluftning antages at kunne udføres som tværventilation med en samlet naturlig ventilation svarende til 0,9 l/s pr m², af Tabel 51 fremgår dimensionerende værdier for luftskiftet i sommerperioden. Endvidere ses der om natten i varme perioder bort fra evt. øget manuel kontrolleret køling [17, p. 63].

Tabel 51 - Luftskifte ved naturlig ventilation og udluftning i varme perioder.

0,9 l/s pr m ²	Gulv areal	Rum. Vol.	Luftskifte			
Rum A	20,57 m ²	57,39 m ³	18,51 l/s	66,65 m ³ /h	1,2 h ⁻¹	
Rum B	15,09 m ²	42,10 m ³	13,58 l/s	48,89 m ³ /h	1,2 h ⁻¹	
Køkken	7,47 m ²	20,84 m ³	6,72 l/s	24,20 m ³ /h	1,2 h ⁻¹	
Øvrige (toilet, gang og viktualierum)	8,23 m ²	22,96 m ³	7,41 l/s	26,67 m ³ /h	1,2 h ⁻¹	
Total	51,4 m ²	143,29 m ³	46,22 l/s	166,41 m ³ /h	1,2 h ⁻¹	

7.1.4 Interne varmetilskud

Det interne varmetilskud for reference bygningen er opgjort pr lejlighed i Tabel 52, i tabellen er til sammenligning medtaget resultatet af udregning af internt varmetilskud efter DS/EN ISO 13970, hvor et ugentligt gennemsnit for både apparater og mennesker på 9,0 W/m², kan benyttes for stuer og køkkener og 3,0 W/m² for soveværelser i boligbyggeri [15, p. 122].

Tabel 52 - Opgørelse af det interne varmetilskud for referencebygningen, der benyttes et tilskud på 1,5 W/m² for personer og 3,5W/m² for apparater jf. SBI-anvisning 213 [17, p. 68]

Zone	Type	Areal m ²	Person W	Apparater		Total (pr lejlighed)	
				dag W	nat W	SBI 213 W	DS/EN 13970 W
Rum A	Stue	20,57	30,86	72,00	0	102,85	185,13
Rum B	Soveværelse	15,09	22,64	52,82	0	75,45	45,27
Køkken	-	7,47	11,21	26,15	0	37,35	22,41
Øvrige	-	8,23	12,35	28,81	0	41,16	24,69
Sum			77,03	179,78		256,81 W	277,5 W

For boliger skal varmetilskud fra apparater være mindst på 210 W og højst 840 W pr lejlighed [17, p. 68], hvorfor det samlede varmetilskud for lejligheden i stedet jf. SBI 213 udgør: (210W + 64,71) = **274,71 W**.

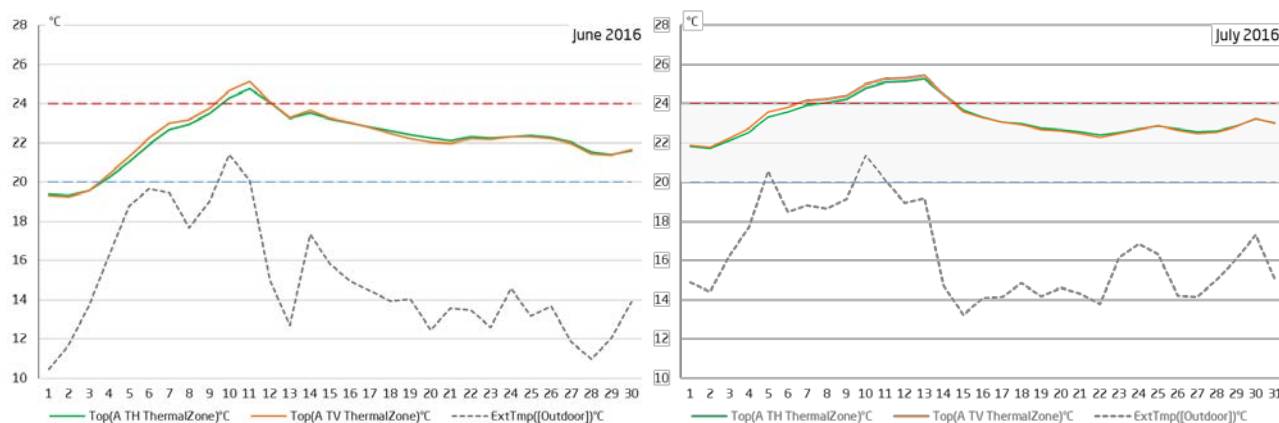
7.2 Databehandling

Dokumentation af indtastede værdier til de enkelte modeller foretages vha. BSims indbyggede udskrifts modul *ModelDoc*. *ModelDoc* giver en kategori sorteret, grafisk præsentation i form af en HTML-side, der kan tilgås med en alm. browser, af den af BSim sammensatte XML-fil, der rummer modellen og dennes data.

Simuleringsresultater sorteres med *tbsis* tabelværktøj, og kopieres derfra til MS Excel for videre behandling og grafisk fremstilling, så plot kan gøres så sammenlignelige som muligt. På alle plot med operative temperaturer, indtegnes en rød stiplede linje langs x-aksen for den øvre grænse af komforttemperatur; 24 °C, samt en blå stiplede linje for den nedre grænse; 20 °C, begge svarende til de i DS 474 beskrevne, se evt. afsnit 3.6.1 (s. 11) i nærværende rapport.

7.3 Reference case

For at kunne vurdere en evt. påvirkning af overophedningstimer, simuleres først en reference. Referencen bør helst have et vist antal af timer p.a., hvor den operative temperatur i rummet er over 27 °C. Af Figur 83 fremgår plot af juni og juli måned i det simulerede år, hvor temperaturen indendørs er højest. Det ses tydeligt at temperaturen ikke kommer over 26 °C i de 2 måneder. Reference bygningens stueplan vurderes derfor ud fra dennes orientering og vinduesareal ikke til at kunne opnå temperaturer over 26 °C i det simulerede år.



Figur 83 - Operative temperaturer for Rum A TV og ATH, samt udendørs temperatur for Juni måned (t.v.) og juli måned (t.h.) Rød stiplede linje indikerer den øvre komfort grænse på 24 °C og den blå stiplede linje, den nedre på 20°C. jf. DS 474 [31]

Af Tabel 53 fremgår antallet af timer p.a. og procentdelen af det samlede årlige timetal, hvor den operative temperatur i rummet er mindre end 20 °C, større end 24 °C, 27 °C og 28 °C, for det simulerede år. Af beregningen kan udledes at reference ejendommen ikke umiddelbart oplever overophedning i rummene A TH og ATV i stueplan. Af *Bilag S1* fremgår *ModelDoc* udskrift for simulerede bygning, endvidere fremgår plot af operativ temperatur for rummene maj til og med september måned af *Bilag T*.

Tabel 53 - Fordeling af operative temperaturer for reference casen, ved beregning i BSim

	$T_{op} < 20\text{ °C}$		$T_{op} > 24\text{ °C}$		$T_{op} > 27\text{ °C}$		$T_{op} > 28\text{ °C}$	
	timer	% af år	timer	% af år	timer	% af år	timer	% af år
A TH	2187	24,90	366	4,20	0	0,00	0	0,00
A TV	4511	51,40	418	4,80	0	0,00	0	0,00

7.3.1 Nedbrydning af brystningen

Der etableres nu to stk 2,44 høje dørpartier i hvert af rummene A TH og ATV, højden svarer overens med højden af vinduet (1,6 m) og højden af brystningen (0,84 m). U-værdier, mv. opgivet i Tabel 14 (s. 24) indtastes i BSim og modellen tilrettes. Af Tabel 54 fremgår inddeling af rummene A TH og A TVs operative temperatur. Nedbrydningen svarer reelt til at etablere franske altaner uden udhæng. Der ses et fald i timer p.a. med en operativ temperatur på 20 °C, svarende til 70-80% afhængig af rummet, og en væsentlig stigning i timer p.a.

med temperaturer større end 24 °C, svarende til en stigning mellem 110 - 170%. Af Tabel 54 fremgår simuleringens resultater af antal timer sorteret ift. temperatur. Af *Bilag S2* fremgår *ModelDoc* udskrift, ændringer i modellen ift. reference casen, beskrevet ovenfor er highlightet med gult. Plot af operative temperaturer fremgår af *Bilag T*.

Tabel 54 - Fordeling af operative temperaturer for rum A TH og TV, hvis brystning nedbrydes.

	T _{op} < 20 °C		T _{op} > 24 °C		T _{op} > 27 °C		T _{op} > 28 °C	
	Timer	% af år	timer	% af år	timer	% af år	timer	% af år
A TH	640	7,30	989	11,30	6	0,10	0	0,00
A TV	683	7,80	903	10,30	3	0,00	0	0,00

7.3.2 Sydvendt

For at maksimere antallet af timer med risiko for overophedning drejes den simulerede model om sin akse, så facaden i stedet vender stik Syd, svarende til en rotation mod uret på 150°, med en endelig orientering på 180°. Af bilag S3, fremgår *ModelDoc* udskrift med markering af vinkelmæssig ændring i orientering. *Bilag T* viser plot af operativ temperatur. Tabel 55 viser de af simuleringen fremkomne resultater. Der ses et yderligere fald i antallet af timer med en operativ temperatur under 20 °C, svarende til ca. 20% if. casen med den nedbrudte brystning og ca. 80 % ift. den første case.

Tabel 55 Fordeling af operative temperaturer ved beregning i BSim for sydvendte franske altaner

	T _{op} < 20 °C		T _{op} > 24 °C		T _{op} > 27 °C		T _{op} > 28 °C	
	timer	% af år	timer	% af år	timer	% af år	timer	% af år
A TH	507	5,80	1357	15,40	63	0,70	1	0,00
A TV	555	5,80	1287	15,40	49	0,70	0	0,00

7.3.3 Valg af endelig reference

Af Tabel 56 ses en sammenligning af alle 3 forgående cases, differens er beregnet ift. den første simulering.

Tabel 56 - Sammenligning af reference bygningen med simulering af nedbrudt brystning og roteret facade.

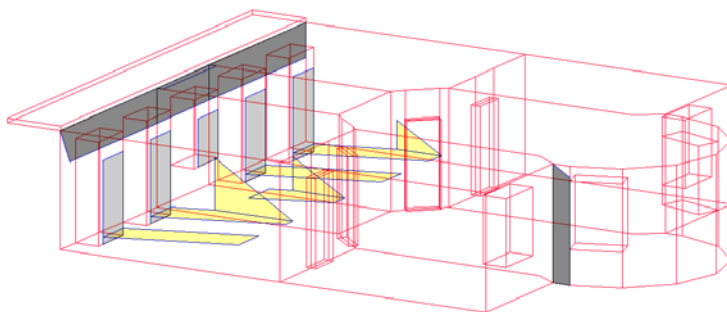
	orientering if. Nord	rum	T _{op} < 20 °C			T _{op} > 24 °C			T _{op} > 27 °C			T _{op} > 28 °C		
			timer	% p.a.	diff.	timer	% p.a.	diff.	timer	% p.a.	diff.	timer	% p.a.	diff.
Reference	330 °	A TH	2187	24,9		366	4,2		0	0		0	0	
Nedbrudt brystning	330 °	A TH	640	7,3	-71%	989	11,3	170%	6	0,1	0%	0	0	0%
Facade mod syd	180 °	A TH	507	5,8	-77%	1357	15,4	271%	63	0,7	3%	1	0	0,05%
Reference	330 °	A TV	4511	51,4		418	4,8		0	0		0	0	
Nedbrudt brystning	330 °	A TV	683	7,8	-85%	903	10,3	116%	3	0	0%	0	0	0%
Facademod syd	180 °	A TV	555	5,8	-88%	1287	15,4	208%	49	0,7	1%	0	0	0%

Det bemærkes at bygningen til trods for den ugunstige orientering og større vinduesareal, holder sig indenfor de af BR15 afsatte maksimale værdier.

Ud fra hensynet til at have flest mulige timer med en operativ temperatur over 27 °C, vælges det at benytte den tredje simulering, hvor brystningen er nedbrudt og erstattet med et større areal, i form af en glasdør, hvor lys og varme kan trænge ind. Denne ændring kombineret med en væsentligt lavere u-værdi for dørpartiet ctr. det eksisterende vindue, og dermed dårligere evne til at transmittre energi ud af rummet, samt at bygningen grundet sin rotation på 150° nu modtager mere energi, er alle faktorer medvirkende til dette.

7.4 Altaners skyggevirkning

For at udnytte BSim modulet XSUNs mulighed for at regne på geometriske forme ift. solens stråler bedst muligt, etableres en "bygning", der skal agere altan på facaden. Fordelen ved at benytte en bygning som altan dæk, er bl.a. at der derved opnås komplet adskillelse fra den eksisterende model. Her tænkes både rent tegningsmæssigt i forberedelserne til simuleringen og også simuleringsmæssigt, da bygningen ikke vil komme til at indgå i klimaskærmen på den eksisterende bygning.



Figur 84 - Skygge fra skitseret "bygning", dvs. altan over vinduer på facade ved rum A TH og A TV. (ill. er Screenshot taget i BSim modulet XSUN [JS])

7.4.1 Altandybder: 700 - 1500 mm

Der etableres som beskrevet og illustreret ovenfor en ny bygning med en bredde svarende til hele facaden ud for rum A TH og rum A TV, en højde på 150 mm og en dybde på 1500 mm, som illustreret på Figur 84. Resultater fremgår af Tabel 57. Der ses en tydelig reduktion i antallet af timer med en operativ temperatur over 24 °C. Der sker dog også en u hensigtsmæssig stigning i antallet af timer med en operativ temperatur på under 20 °C, hvilket kan medføre yderligere energiforbrug til opvarmning.

Tabel 57 - Resultater for simulering af model med 1500 mm dyb altan sammenlignet med den valgte reference

	orientering if. Nord	rum	T _{op} < 20 °C			T _{op} > 24 °C			T _{op} > 27 °C			T _{op} > 28 °C		
			timer	% p.a.	diff.	timer	% p.a.	diff.	timer	% p.a.	diff.	timer	% p.a.	diff.
Reference - syd	180 °	A TH	507	5,8		1357	15,4		63	0,7		1	0	
1500 mm	180 °	A TH	540	6,1	7%	1171	13,3	-14%	9	0,1	-86%	0	0	-100%
Reference - syd	180 °	A TV	555	5,8		1287	15,4		49	0,7		0	0	
1500 mm	180 °	A TV	576	6,6	4%	1094	12,5	-15%	5	0,1	-90%	0	0	0%

Af Tabel 58 og Tabel 59 fremgår resultater for simulering af en altan med en dybde på henholdsvis 1,1 m og 0,7 m. Ift. altanen på 1,5 m, reducerer altanen med en dybde på 1,1 m antallet af timer med en operativ temperatur over 27 °C med knap 40%. Der ses ingen reel ændring ift. altanen med en dybde på 0,7 m.

Tabel 58 - Resultater for simulering af model med 1100 mm dyb altan sammenlignet med den valgte reference

	orientering if. Nord	rum	T _{op} < 20 °C			T _{op} > 24 °C			T _{op} > 27 °C			T _{op} > 28 °C		
			timer	% p.a.	diff.	timer	% p.a.	diff.	timer	% p.a.	diff.	timer	% p.a.	diff.
Reference - syd	180 °	A TH	507	5,8		1357	15,4		63	0,7		1	0	
1100 mm	180 °	A TH	511	5,8	1%	1306	14,9	-4%	39	0,4	-38%	0	0	-100,00%
Reference - syd	180 °	A TV	555	5,8		1287	15,4		49	0,7		0	0	
1100 mm	180 °	A TV	562	6,4	1%	1240	14,1	-4%	30	0,3	-39%	0	0	0%

Tabel 59 - Resultater for simulering af model med 700 mm dyb altan sammenlignet med den valgte reference

	orientering if. Nord	rum	T _{op} < 20 °C			T _{op} > 24 °C			T _{op} > 27 °C			T _{op} > 28 °C		
			timer	% p.a.	diff.	timer	% p.a.	diff.	timer	% p.a.	diff.	timer	% p.a.	diff.
Reference - syd	180 °	A TH	507	5,8		1357	15,4		63	0,7		1	0	
700 mm	180 °	A TH	508	5,8	0,2%	1356	15,4	-0,1%	63	0,7	0%	1	0	0%
Reference - syd	180 °	A TV	555	5,8		1287	15,4		49	0,7		0	0	
700 mm	180 °	A TV	554	6,3	-0,2%	1287	14,7	0,0%	49	0,6	0%	0	0	0%

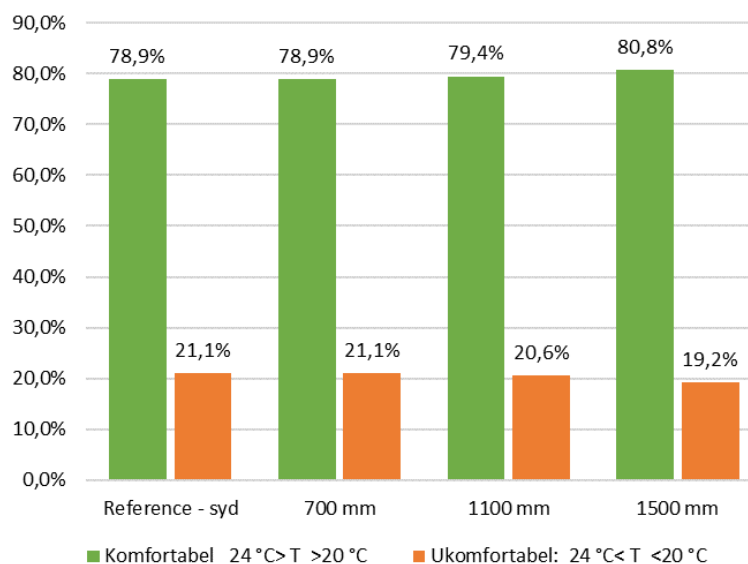
Af Tabel 60 er beregnet de middelværdier, som fremgår af Tabel 61. Af Figur 85 fremgår sammenligning af andel af timer pr år, hvor beboeren vil opleve en komfortabel temperatur jf. DS 474, dvs. en operativ temp. mellem 20 -24 °C. Det ses at selvom en meget dyb altan bidrager til reduktion af antallet af timer med høje operative temperaturer, bidrager de desværre også til et øget behov for opvarmning i vinterperioder, hvorfor det samlet set kun er ved meget dybe altaner > 1,1 m, at altanerne bidrager med en forøgelse af antallet af timer hvor den operative temperatur jf. DS474 er i et komfortabelt leje.

Tabel 60 - Samlet datasæt for altaner og reference, antal timer p.a. er baseret på skudår (366 dage x 24 timer)

	timer p.a.	T <20 °C	T >24 °C	Komfortabel 24 °C > T >20 °C	Ukomfortabel 24 °C < T <20 °C
Reference - syd	ATH	507	1357	6920	1864
700 mm	ATH	508	1357	6919	1865
1100 mm	ATH	511	1306	6967	1817
1500 mm	ATH	540	1171	7073	1711
Reference - syd	ATV	555	1287	6942	1842
700 mm	ATV	554	1287	6943	1841
1100 mm	ATV	555	1240	6989	1795
1500 mm	ATV	576	1094	7114	1670

Tabel 61 - Reduceret datasæt, hvor middelværdien af timetallet for et rum A er beregnet som MIDDEL(ATH, ATV), pct. er regnet som (middelværdi/timer p.a.) %

	Komfortabel 24 °C > T >20 °C		Ukomfortabel: 24 °C < T <20 °C	
Reference - syd	6931	78,9%	1853	21,1%
700 mm	6931	78,9%	1853	21,1%
1100 mm	6978	79,4%	1806	20,6%
1500 mm	7094	80,8%	1691	19,2%



Figur 85 - Mængde timer pr år med "komfortabel" (grøn) og ukomfortabel (orange) operativ temperatur ift. dybde af altan, baseret på Tabel 61

Af Bilag U fremgår plot af operative temperaturer for juni-september for hver undersøgt længde. Af Bilag V fremgår ModelDoc udskrifter.

8 Diskussion

8.1 Dagslysstudie

8.1.1 Simuleringer og beregninger

Når de overslag, der blev udført (s. 26) før simuleringerne, sammenlignes med den reference casen; som præsenteret i Tabel 62, indikerer dette hvorfor dagslysfaktoren, har været populær, da man kan dannes et overordnet indtryk af mængden af lys på stedet uden anvendelse af andet end en målebånd og et stykke papir. Præcisionen i håndberegningerne er dog forholdsvis lav, hvorfor man burde forvente større ensartethed i beregningerne foretaget på i et dagslyssimuleringsprogram.

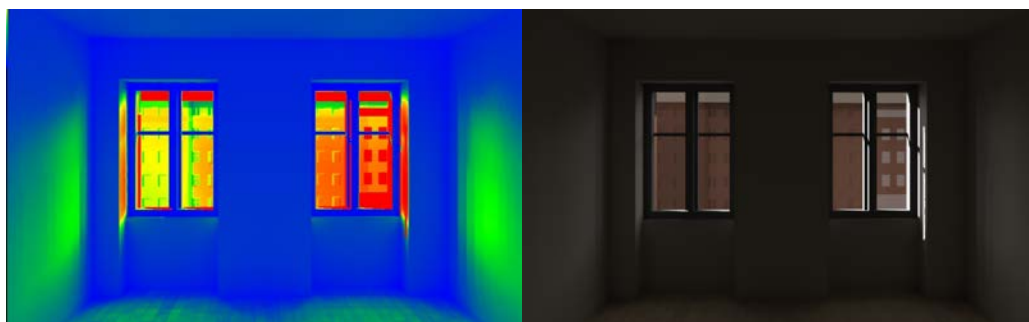
Tabel 62 - Sammenligning af simulerede og håndbaserede kalkulationer (Data kolonne 1 fra Tabel 22, kolonne 2 og 3 fra Tabel 25)

Etage	Overslag	TV	TH
St.	0,9	1,07	0,84
1.	1,0	1,00	1,22
2.	1,0	1,2	1,41
3.	1,1	1,35	1,54
4.	1,2	1,42	1,59

Dette viste sig dog kun at være tæt på gældende, hvis renderingsindstillingen blev sat højt nok (s. 52). Forskellene i den gennemsnitlige dagslysfaktor var selv her stadig på op til 0,5%. Når programmet tillader denne størrelse af afvigelser, synes det, at virke overdrevet, og i retning af ressourcspild af beregningskraft, at anvende over 40000 målepunkter på en måleflade (s. 54), når præcisionen i de leverede resultat i forvejen svinger.

8.1.2 Problemstillinger ved reference bygværket

Bygningen lider i sig selv af flere problemstillinger ift. dagslysets adgang. De dybe vindueshuller/lysninger og ydermure stjæler store dele af dagslyset, hvilket tydeligøres, når der simuleres for luminans med kig mod vinduespartierne. På Figur 86 ses et eksempel på hvor store dele af det indkomne lys, der reflekteres på lysningens sider og ikke kommer længere ind i rummet. Dette forhold og ejendommens placering i byrummet og nordvestlige orientering af de større rum vanskeliggør alle dagslysets adkomst til lejlighederne. Ud fra antallet af timer med direkte sol (s. 30 og Bilag W) ses det at ejendommens udformning mod gårdsiden ligeledes ikke bidrager positivt til dagslysforholdene.

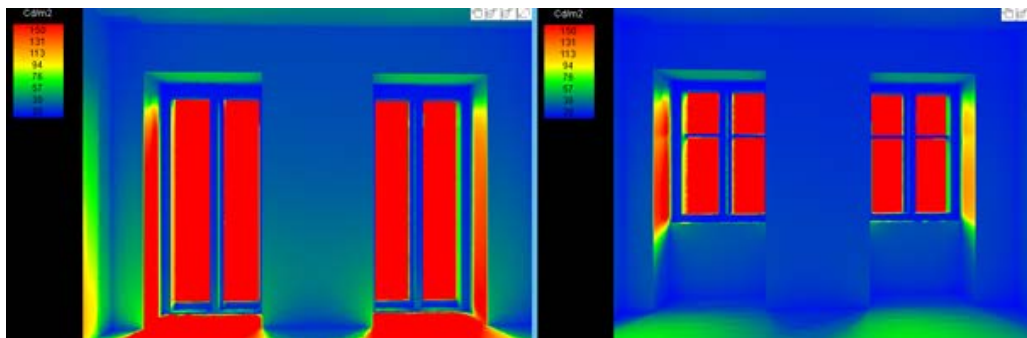


Figur 86 - Sollysets refleksion på tredje sal i reference bygning med false color farvelægning af cd/m^2 (t.v.) og uden farvelægning (t.h.) (ill. renderet i Velux Visualizer [JS])

8.1.2.1 Glas/gulv forhold

Ud fra reference casen (s. 35) er ejendommen også langt fra de i vejledningen til BR15 beskrevne dagslysfaktor (s. 7) på min. 2% på halvdelen af gulvet, til trods for at både rum A (TH og TV) og køkkenet ligeså, overholder selvsamme vejlednings tommelfingerregel om min. 10% glas/m^2 gulv. (s. 24). Dette indikerer at man bør anvende generaliserede tommelfingerregler med omhu, så problemstillinger ift. dagslysmængder ikke opstår, hvis disse regler anvendes uden der tages højder for omkringliggende bygninger, mv. ikke mindst når tommelfingerregler nu indskrives direkte i lovgivningen.

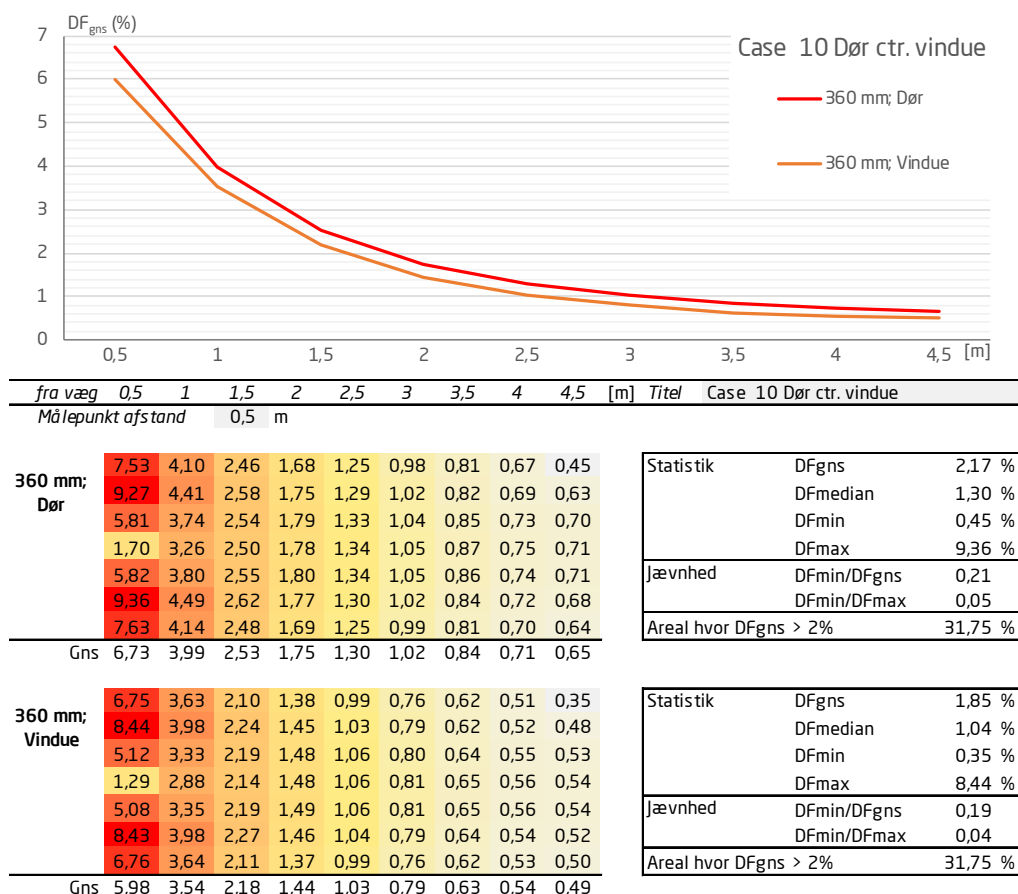
8.1.3 Forbedring af dagslyset



Figur 87 - Sammenligning af sollyset indtrængen ved nedbrydning af brystning (ill. renderet i Velux Visualizer [JS])

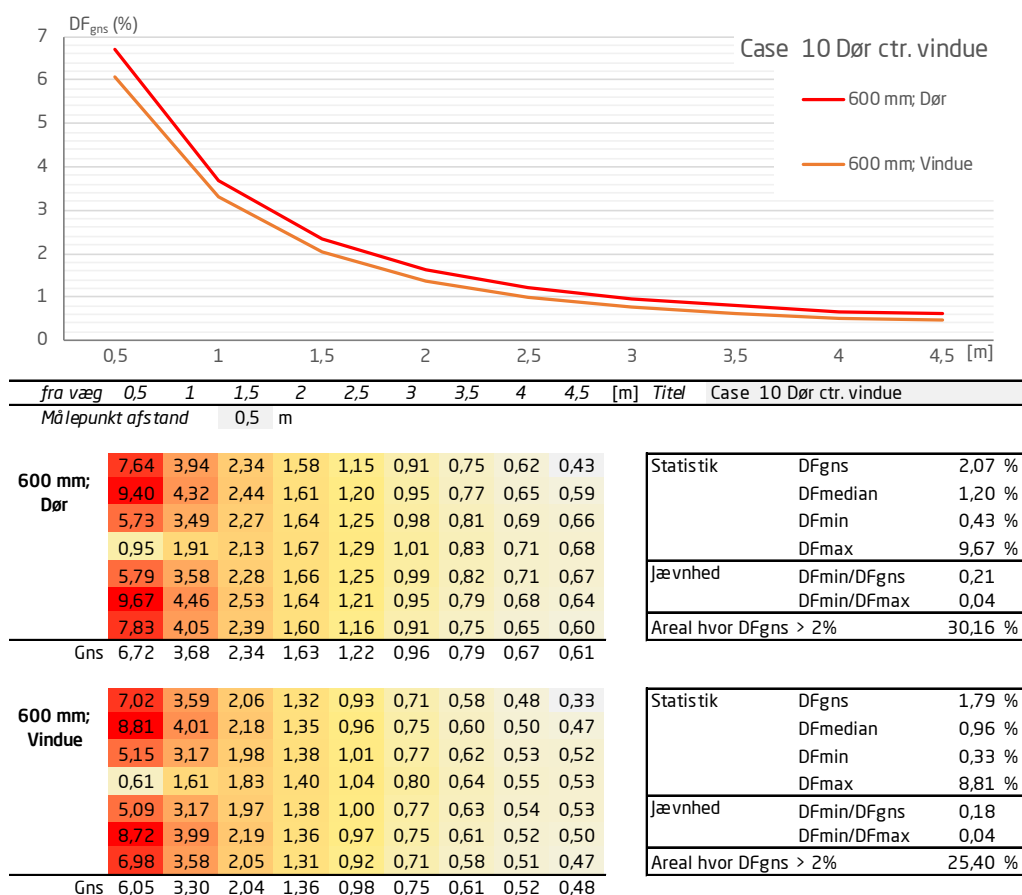
Dagslysforholdene kan for reference ejendommen forbedres i alle lejlighederne, ved at rive brystningen ned og etablere vinduespartier i stedet, eller som simuleret; glasdøre/franske altaner (s. 39). Stigning i lysets indtrængen er signifikant og forskellen i lysindfaldet kan grafisk ses på Figur 87.

Ved en mere direkte sammenligning af 2 ens rum, hvor eneste forskel er om der er etableret et dørareal eller at brystning og vindue opretholdes, (s. 51), ses forskellen tydeligt, Figur 88. I simuleringerne ses en forskel på mellem 20 – 30 % i gennemsnitlig dagslysfaktor. Dog ses det, at til trods for det større glasareal, bliver arealet, hvor den gennemsnitlige dagslysfaktor er større end 2% dog ikke større.



Figur 88 - Sammenligning af DF igennem rum m/brystning og eksisterende vinduer og efter nedrivning og isætning af glasdøre (Case 10, s. 51)

Dette må tilskrives den smalle mur og lysning, da der ved en lignende sammenligning med en tykkere mur og deraf dybere lysning, Figur 89, optræder en forskel i arealet på 18%, samt omtrentlig samme stigning i gennemsnitlig dagslysfaktor.



Figur 89 - Sammenligning af DF igennem rum m/brystning og eksisterende vinduer og efter nedrivning og isætning af glasdøre (Case 10, s. 51)

Endvidere kan der opnås en betydelig energibesparelse ved udskiftning af de eksisterende vinduer, hvis de er af den i nærværende projekt antagne alder (s. 24).

8.1.4 Altan parametre

I forhold til dagslyset, taler alle simuleringer af en udragende plaform over et vindue for at det reducerer det indkomne dagslys.

8.1.4.1 Geometri og dybde

I forhold til formen af altanen, indikerer simuleringerne i case 3 (s. 42) at en trekantet form er den dagslysmæssig ideelle, dog er denne svær at møblere. Den mest udbredte form, den rektangulære, er af de undersøgte geometrier, den absolut dårligste ift. at minimere reduktion af dagslys for underboen.

Der optræder en næsten lineær relation ift. dybden af altanen og den gennemsnitlige dagslysfaktor (s. 45), lineariteten af relationen virker til at afhænge af om alle vinduer i rummet dækkes ligeligt, men støtter de empiriske håndbaserede udregningsmetoder anvendt af engelske BRE (s. 13) og danske SBI (s. 9).

8.1.4.2 Dækkets reflektants og transmittans

Der vindes ikke noget ved at øge altandækkets reflektants (s. 43) og det er først ved meget store transmittans værdier, at der kunne registreres et udslag (s. 44). Selv med altaner udført i rent glas vil der kunne forventes en reduktion ift. dennes transmittans, når beboerne/brugerne grundet møblering eller lign. fylder arealet op. Rækværkets transmittans (s. 50) indikerer heller ingen indflydelse i den standardiserede målehøjde. Dog må der her forventes en større ændring, hvis målingen blev flyttet til gulvhøjde.

8.1.4.3 Placering på facaden og modstående bygningers indflydelse

Umiddelbart var der ingen indikation af hvordan den gennemsnitlige dagslysfaktor blev påvirket ift. altanernes placering som ranke/kolonne eller forskudt (s. 47). Dog viste en gentagen simulering (s. 49), at den modstående bygnings skyggedannelse og evt. blokering af himmelrummet, næsten eliminerede placeringen på facaden som parameter for dagslysfaktoren. Ved den gentagne simulering, var der dog en klar indikation af at altaner påvirker hele ejendommens dagslys indfald og derfor bør spredes/forskydes på facaden for at holde reduktionen nede.

Der er endvidere en indikation for at den modstående facades reflektants har en indflydelse på det indkomne dagslys (s. 37).

8.2 Altanens påvirkning af det termiske indeklima

Forventeligt sker der en reduktion i antallet af "varme" timer i simuleringen, da altanen afhængig af dybde fjerner dele eller hele indfaldet af direkte sollys. Dog opfattes altaner umiddelbart til at have primær indflydelse på dagslyset, men har dog også indflydelse på det termiske indeklima. Ved simulering med forskellige dybder af altaner, ses for altaner over 1,1 m i dybden en forøgelse på 0,5 - 1,9% i antallet af timer, hvor den operative temperatur jf. DS 474 er indenfor komfortområdet indendørs på 20 - 24 °C. (s. 60) Om dette opvejer en nedgang i dagslysfaktor på

9 Konklusion

Det er i projektet lykkedes at indikere indflydelsen på dagslys forholdene for en række af de opstillede altan parametre. Det er ved simulering påvist indikationer for at altanens geometri og dimension, samt den valgte placering på facaden har indflydelse på dagslysfaktoren i de underliggende rum. Endvidere er der konstateret at lysningens dybde og heraf ydermurens tykkelse har indflydelse på det indkomne dagslys.

Der er påpeget indflydelse ift. altandækkets transmittans, der dog i praksis ikke kan regnes for værende et reelt påvirkelige parameter. Der er ved simulering endvidere ikke fundet nogen indikation for at reflektantsen af altan dækkets underside og rækværkets transmittans har nogen betydende indflydelse på dagslyset.

Der er en endvidere fundet indikationer for at dagslyset påvirkes ift. reflektantsen af nærværende bygningers facade. Det konkluderes på baggrund af de foretagne simuleringer, at den altanløsning, der efterlader den mindste reduktion af dagslysforholdene samlet set, er den franske altan.

Ift. altaners indflydelse på det termiske indeklima indikerer simuleringerne i BSim, en klar sammenhæng mellem altanens skyggende virkning og reduktion af solindfaldet. Det termiske indeklima påvirkes dog ikke kun i sommerhalvåret, hvor risikoen for overophedning er størst, men også i vinterhalvåret, hvor reduktionen i solindfaldet og deraf passive opvarmning, medfører udgifter til og anvendelse af andre varmekilder.

Den overordnede konklusion er på baggrund af ovenstående, at de bygningsfysiske forhold er så tæt forbundne, at en ændring af et parameter, som f.eks. solindfaldet vil påvirke resten af systemet. Det anbefales derfor if. projekteringen af altaner, at der laves en helhedsvurdering af ejendommen. I denne vurdering bør indgå simuleringer af en generaliseret model af ejendommens lejligheder, hvor både dagslys ændringer og indeklimamæssige ændringer, herunder de termiske forhold indgår.

Referencer

- [1] Københavns Kommune, »Bymodel 3D København (DWG filer: uk5_bfm2011.dwg og uk6_bfm2011.dwg),« 15 September 2015. [Online]. Available: <http://data.kk.dk/dataset/bymodel-3d-kobenhavn>. [Senest hentet eller vist den marts 2016].
- [2] T. Partonen og J. Lönnqvist, »Bright light improves vitality and alleviates distress in healthy people,« *Journal of Affective Disorders*, årg. Volume 57, nr. Issue 1-3, pp. 55-61, 2000.
- [3] C. Kjær, »Denne forbedring i din bolig kan ALDRIG betale sig,« 10 februar 2016. [Online]. Available: <http://nyheder.tv2.dk/penge/2016-02-10-denne-forbedring-i-din-bolig-kan-aldrig-betale-sig>. [Senest hentet eller vist den 11 februar 2016].
- [4] A. Iversen, N. Roy, M. Hvass, M. Jørgesen, J. Christoffersen, W. Osterhaus og K. Johnsen, Dagslysberegninger i praksis - SBI 2013:20, Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet,, 2013.
- [5] R. Labayrade, M. Fontoynt, C. Mouret, P. Avouac og M. Jean, »Assessment of VELUX Daylight Visualizer 2 Against CIE 171:2006 Test Cases,« ENTPE – DGCB / CNRS laboratory, 6 februar 2009. [Online]. Available: http://viz.velux.com/ar-YE/Daylight_Visualizer/News/Documents/Daylight_Visualizer_CIE_Validation_Reports.zip. [Senest hentet eller vist den 1 marts 2016].
- [6] P. Foldbjerg, T. F. Asmussen, N. Roy, P. Sahlin, L. Ålenius, H. W. Jensen og C. Jensen, »Daylight Visualizer and Energy & Indoor Climate Visualizer, a Suite of Simulation Tools for Residential Buildings,« 10 september 2012. [Online]. Available: http://eic.velux.com/ar-KW/EIC_Visualizer/Documents/Publications/Daylight_and_EIC_Visualizer_paper_for_BSO12.pdf. [Senest hentet eller vist den 29 maj 2016].
- [7] H. W. Jensen og P. Christensen, »SIGGRAPH 2007 Course Note #8 - High Quality Rendering using Ray Tracing and Photon Mapping,« august 2007. [Online]. Available: <http://graphics.pixar.com/library/HQRenderingCourse/paper.pdf>. [Senest hentet eller vist den 29. maj 2016].
- [8] Velux, »User manual for modelling in VELUX Daylight Visualizer,« [Online]. Available: http://viz.velux.com/daylight_visualizer/manual/manual_mod#surfaces. [Senest hentet eller vist den 1 april 2016].
- [9] User:Maklaan, »Wikimedia Commons, the free media repository - A RGB color cube explained with three diagrams,« 6. juni 2015. [Online]. Available: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:RGB_color_cube.svg. [Senest hentet eller vist den maj 2016].
- [10] CIE - COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE, CIE 215:2014 CIE Standard General Sky Guide, 2014.
- [11] ISO 15469 - Spatial distribution of daylight - CIE standard general sky, ISO, 2004.

-
- [12] Autodesk® Sustainability Workshop, »Sky Conditions & Precipitation,« 2011. [Online]. Available: <http://sustainabilityworkshop.autodesk.com/buildings/sky-conditions-precipitation>. [Senest hentet eller vist den marts 2016].
- [13] Statens Byggeforskningsinstitut, »BSim - The complete program package for building energy design,« 2014. [Online]. Available: <http://www.sbi.dk/download/bsim/bsimbrochure.pdf>. [Senest hentet eller vist den juni 2016].
- [14] Statens Byggeforskningsinstitut, »Indeklima - Simulering - Artikler og papers,« 19. august 2009. [Online]. Available: http://sbi.dk/indeklima/simulering/bsim-building-simulation/copy_of_artikler-og-papers/artikler-og-papers#Validering. [Senest hentet eller vist den juni 2016].
- [15] DS/EN ISO 13790 Bygningers energieffektivitet – Beregning af energiforbrug til rumopvarmning og -køling, Dansk Standard, 2008.
- [16] Glasfakta ApS, »g-værdi,« Jan 2015. [Online]. Available: <http://www.glasfakta.dk/viden/vinduer/doere/funktioner-og-begreber/g-vaerdi/>. [Senest hentet eller vist den 01 maj 2016].
- [17] S. Aggerholm og K. Grau, SBI-anvisning 213 Bygningers energibehov Beregningsvejledning, Kbh. SV: Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet, 2016.
- [18] T. R. Nielsen, S. A. H. Svendsen, K. Duer, J. M. Schultz og M. M. Mogensen, Ruder og vinduers energimæssige egenskaber. Kompendium 1: »Grundlæggende energimæssige egenskaber», DTU Byg, Danmarks Tekniske Universitet, 2009.
- [19] Ruder og vinduers energimæssige egenskaber. Kompendium 7: »Ruder og vinduers energitilskud», BYG.DTU, Danmarks Tekniske Universitet, 2009.
- [20] »LBK nr 1185 - Byggeloven,« 19 oktober 2010. [Online]. Available: <https://www.retsinformation.dk/forms/r0710.aspx?id=133389>. [Senest hentet eller vist den marts 2016].
- [21] Trafik- og Byggestyrelsen, »Bygningsreglementet,« 31 december 2014. [Online]. Available: <http://byggningsreglementet.dk/>.
- [22] L. Sigbrand og P. H. Jensen, SBI-Anvisning 249 - Tilgængelige boliger - indretning, 1. red., M. Skovgaard, Red., København SV: Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet, 2015.
- [23] E. J. d. P. Hansen, SBI-anvisning 258 - Anvisning om Bygningsreglement 2015, København SV: Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet, 2015.
- [24] M. Dalgaard, »Altanfirmaer: Næsten umuligt at få altaner i København efter nye regler,« Politiken, 4 januar 2016. [Online]. Available: <http://politiken.dk/oekonomi/bolig/ECE2995717/altanfirmaer-naesten-umuligt-at-faa-altaner-i-koebenhavn-efter-nye-regler/>. [Senest hentet eller vist den 8 februar 2016].
- [25] DS 418 Beregning af bygningers varmetab, Dansk Standard, 2011.
-

-
- [26] »LOV nr 1520 - Lov om offentlige veje m.v.,« 27. december 2014. [Online]. Available: <https://www.retsinformation.dk/forms/r0710.aspx?id=167290>. [Senest hentet eller vist den 10 februar 2015].
- [27] »Cirkulære om vejregler for vejes geometri over og under broer, cirkulære nr. 162,« 17 September 1998. [Online]. [Senest hentet eller vist den 10 februar 2016].
- [28] Arbejdsministeriet, »Bekendtgørelse om faste arbejdssteders indretning,« Arbejdstilsynet, 13 februar 2001. [Online]. Available: <https://arbejdstilsynet.dk/da/regler/bekendtgorelser/f/sam-faste-arbejdssteders-indretning-96->. [Senest hentet eller vist den 31. marts 2016].
- [29] J. Christoffersen, K. Johnsen og E. Petersen, By og Byg Anvisning 203 - Beregning af dagslys i bygninger, 1. red., G. Clausen, Red., Hørsholm: By og Byg - Statens Byggeforskningsinstitut, 2002.
- [30] J. Christoffersen og K. Johnsen, SBI-anvisning 219: Dagslys i rum og bygninger, Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet, 2008.
- [31] DS 474 Norm for specifikation af termisk indeklima, Dansk Standard, 1993 med rettelser 1995.
- [32] Trafik- og Byggestyrelsen, Eksempelsamling om brandsikring af byggeri 2012, 2. reviderede udgave 2016 red., Byggecentrum, 2016.
- [33] DS/EN 15251 Input-parametre til indeklimaet ved design og bestemmelse af bygningers energimæssige ydeevne vedrørende indendørs luftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustik, Dansk Standard, 2007.
- [34] DS/EN 15193 Bygningers energieffektivitet - Energikrav til belysning, Dansk Standard, 2007.
- [35] DS/EN 12464-1 Lys og belysning - Belysning ved arbejdspladser - Del 1: Indendørs arbejdspladser, Dansk Standard, 2011.
- [36] CIE, ISO 8995 - Lighting of indoor work places, ISO, 2002.
- [37] Direktoratet for byggkvalitet, »Veiledning om tekniske krav til byggverk,« 1 januar 2016. [Online]. Available: dxbp.no/dxbp/content/tekniskekrav/13/12.pdf. [Senest hentet eller vist den 3 april 2016].
- [38] Boverket, »Boverkets byggregler – föreskrifter och allmänna råd, BFS 2015:3 BBR 22,« 24. februar 2015. [Online]. Available: <http://www.boverket.se/sv/lag--ratt/forfattningssamling/gallande/bbr---bfs-20116/>. [Senest hentet eller vist den 3. april 2016].
- [39] P. Littlefair, Site Layout planning for daylight and sunlight - A guide to good practice (2nd edition), Bracknell: IHS BRE Press, 2011.
- [40] P. Tregenza og M. Wilson, Daylighting - Architecture and lighting design, Oxon: Routledge, 2011.
- [41] A. Jacobs, »SynthLight Handbook,« 5. March 2004. [Online]. Available: <http://new-learn.info/packages/synthlight/handbook/doc/chapter1.pdf>. [Senest hentet eller vist den 5 maj 2016].
-

-
- [42] Á. Logadóttir, K. Johnsen, J. Markvart og M. Fontoynt, »Dagslysbestemmelser i BR - Vurdering af dagslysforhold SBI 2016:10,« Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet, Kbh SV., 2016.
- [43] J. Christoffersen, E. Petersen, K. Johnsen, O. Valbjørn og S. Hygge, SBI-rapport 318: Vinduer og dagslys - en feltundersøgelse i kontorbygninger, Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut, 1999.
- [44] Frederiksberg Kommune - Bygge-, Plan- og Miljøafdelingen, »Din nye altan - Fra idé til ibrugtagning,« Oktober 2013. [Online]. Available: <http://www.frederiksberg.dk/~media/Forside/Borger/Bolig-og-byggeri-for-borgere/Byggeri/PDF/Endelig%20altanmanual%202013.ashx>. [Senest hentet eller vist den marts 2016].
- [45] J. Christoffersen, »Lys, sundhed og velvære,« Statens Byggeforskningsinstitut, 2005. [Online]. Available: <http://www.sbi.dk/indeklima/lys/lys-og-sundhed/lys-sundhed-og-velvere>. [Senest hentet eller vist den 10 marts 2016].
- [46] V. Marino, »Rethinking the Balcony,« *The New York Times*, 2 July 2006.
- [47] Dansk bygningsarv, »Kend dit etagehus,« 2012. [Online]. Available: http://www.bygningsarv.dk/wp-content/uploads/2012/09/Kend-Dit-Etagehus_web.pdf. [Senest hentet eller vist den 9 april 2016].
- [48] Københavns Kommune - Teknik og Miljøforvaltningen, »Vejledende standardstørrelser - Konsekvenser for dagslys,« 22. februar 2016. [Online]. Available: http://kk.sites.itera.dk/apps/kk_pub2/pdf/1480_uCp2VQokqj.pdf. [Senest hentet eller vist den 01. marts 2016].
- [49] Bygningsinspektoret - Aarhus Kommune, »Retningslinjer Opsætning af altaner på ældre etageejendomme,« November 2012. [Online]. Available: <https://www.aarhus.dk/~media/Dokumenter/Teknik-og-Miljoe/Miljoe-og-Energi/Byggeri/Vejledninger-og-pjecer/Altaner-november-2012.pdf>.
- [50] Velux, »Velux Cabrio tagaltan,« Velux, [Online]. Available: <http://www.velux.dk/produkter/velux-ovenlysvinduer/cabrio-og-tagterasse/cabrio>. [Senest hentet eller vist den marts 2016].
- [51] »Hofman Dujardin Architects,« [Online]. Available: <http://www.hofmandujardin.nl/bloomframe-window/>. [Senest hentet eller vist den marts 2016].
- [52] Á. Logadóttir, M. Fontoynt, A. Lumbye og K. Johnsen, Bygningsreglementets eksempelsamling Dagslys i nyt kontorhus, Kbh SV: Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet,, 2015.
- [53] C. Gudum og J. Rose, »BYG-ERFA Erfaringsblad (23) 10 08 19 Udkragede betonaltandæk - kolde gulve og fugtgener,« Fonden BYG-ERFA – Byggetekniske Erfaringer, Kbh. K., 2010.
- [54] Geodatastyrelsen, »GST kortviser,« [Online]. Available: <http://gstkort.dk/>. [Senest hentet eller vist den marts 2016].
- [55] Københavns Kommune ByData, »Københavnerkortet,« [Online]. Available: <http://kbhkort.kk.dk/>. [Senest hentet eller vist den marts 2016].
-

-
- [56] J. Engelsmark, Dansk Byggeskik: Etagebyggeriet gennem 150 år, 1. red., Danskbyggeskik.dk, 2013.
- [57] T. Kampmann, Vinduers varmetab Energi-, kondens- og lydforhold for nye og gamle vinduer i ældre bygninger før 1950, Lyngby: RAADVAD – Nordisk Center til Bevarelse af Håndvær, 2002.
- [58] Energistyrelsen, »Håndbog for Energikonsulenter (HB 2016),« 15. december 2015. [Online]. Available: <https://www.retsinformation.dk/pdfPrint.aspx?id=176520>. [Senest hentet eller vist den juni 2016].
- [59] London Metropolitan University, School of Planning and Architecture, TVB School of Habitat Studies, National Kapodestrian University of Athens, »Daylight Factor in Atriums,« 2004. [Online]. Available: http://www.new-learn.info/packages/clear/visual/daylight/analysis/hand/daylight_factor_atrium.html. [Senest hentet eller vist den 1 april 2016].
- [60] »Google Maps,« Google, 2016. [Online]. Available: <https://www.google.dk/maps/@55.6985985,12.5537254,19z>. [Senest hentet eller vist den 3 marts 2016].
- [61] UnikFunkis Vinduer & Døre A/S, »Dannebrogsvinduer 1404,« [Online]. Available: <http://www.unikfunkis.dk/Typeoversigter/Dannebrogsvinduer/1404.aspx>. [Senest hentet eller vist den 12. februar 2016].
- [62] The Singapore University of Technology and Design, »Lighting Materials for Simulation,« Design for Climate and Comfort Lab at the Singapore University of Technology and Design, 2015. [Online]. Available: <http://lighting-materials.com>. [Senest hentet eller vist den 8 marts 2016].
- [63] Y. Lu, T. Wolf og J. Kang, »Optimization of facade design based on the impact of interior,« *Building Simulation Volume 9, Issue 1*, pp 1-14, 02 201.
- [64] Københavns Kommune - Teknik- og Miljøforvaltningen, »Altaner og tagteressasser - Retningslinier for altaner og tagterrasser,« 22. februar 2016. [Online]. Available: http://kk.sites.itera.dk/apps/kk_pub2/pdf/1480_XbYEaOsbLJ.pdf. [Senest hentet eller vist den 01. marts 2016].
- [65] Microsoft, »Worksheet and workbook specifications and limits,« [Online]. Available: <https://support.office.com/en-ie/article/Excel-specifications-and-limits-1672b34d-7043-467e-8e27-269d656771c3>.
- [66] M. Dalgaard, »Altanfirmaer: Næsten umuligt at få altaner i København efter nye regler,« Politiken, 4 januar 2016. [Online]. Available: <http://politiken.dk/oekonomi/bolig/ECE2995717/altanfirmaer-naesten-umuligt-at-faa-altaner-i-koebenhavn-efter-nye-regler/>. [Senest hentet eller vist den 8 februar 2016].
- [67] Á. Logadóttir, K. Johnsen, M. G. Roien, C. Rasmussen, J. Christoffersen, P. A. Andersern, A. Espenhain, M. Raunkjær og P. Bro, Dagslys i boliger, Kbh. SV: Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet,, 2013.
- [68] DS/EN 410 Bygningsglas - Bestemmelse af lys- og solstrålingskarakteristika, Dansk Standard, 2011.
-

- [69] J. Christoffersen og E. Petersen, SBI-rapport 276 Dagslysudnyttelse: Sidelysteknik og lysstyring. Målinger i forsøgslokaler, SBIStatens Byggeforskningsinstitut, 1997.
- [70] DS/EN 12665 Lys og belysning – Grundlæggende begreber og kriterier til beskrivelse af krav til belysning, Dansk Standard, 2011.
- [71] DS/INF 418-2 Beregning af bygningers varmetab – Del 2: Beregning af effektiv varmekapacitet for bygninger, Dansk Standard, 2014.
- [72] O. Valbjørn, S. Laustsen, J. Høwisch, O. Nielsen og P. A. Nielsen, SBI-anvisning 196: Indeklimahåndbogen, 2. udgave red., Statens Byggeforskningsinstitut,, 2000.
- [73] DS/EN ISO 7730 Ergonomi inden for termisk miljø – Analytisk bestemmelse og fortolkning af termisk komfort ved beregning af PMV- og PPD-indekser og lokale termiske komfortkriterier, Dansk Standard, 2006.

Stikordsregister

A

Adgangsforhold; 7
Adgangsvej; 20
Altangang; 19
Areal/højdeforhold; 10; 26

D

DS 474; 11
DS/EN 12464-1; 12
DS/EN 15193-1; 12
DS/EN 15251; 11

E

Energiramme; 8
Energitilskud; 6
 E_{ref} ; 6

F

Forankring; 21
Fransk altan; 19

G

Glasandel; 6

Gulvhøjder; 24
g-værdi; 6

H

Himmeltyper; 4
Højdevinkel; 10

I

Indbyggede altaner; 19
Inddækkede altaner; 19
Indspænding; 21
Intermediate Sky; 4
ISO 8995; 12

K

Komfort; 15

L

LENI; 12

M

Montagesystem; 21

R

Rights to light; 13

S

Sensorplacering; 34
Sidefremspring; 11
Solvarmetransmittans; 6
Spansk altan; 19
SSLD; Standard Sky Luminance
Distributions
Standard Clear Sky; 4
Standard Overcast Sky; 4
Søjler; 21

T

Tagaltan; 19

U

Udhæng; 10

W

Well-depth index; 12

Institut for Byggeri og Anlæg underviser og forsker i en række bygningsrelevante uddannelser og emner samt bidrager gennem byggeteknisk videns udvikling til kommerciel og samfundsrelevant værdiskabelse.

DTU BYG
Institut for Byggeri og Anlæg
Danmark Tekniske Universitet

Brovej
Bygning 118
2800 Kgs. Lyngby

www.byg.dtu.dk