



**DAGSLYS**  
i det bebyggede miljø

## Dagslys i det bebyggede miljø

Projektet er støttet af Realdania

### **Arkitema Architects**

Amdi Schjødt Worm, Chefspecialist, bæredygtighed, M. Sc. Energi og indeklima

Anne Winther Worm, Arkitekt og byplanlægger

Zoey Siff Hansen, Bæredygtighedsspecialist, M.Sc. i arkitektur

### **Artelia A/S**

Louise Østergaard Pedersen, Rådgiver | Energidesign, Bæredygtighed & Indeklima, M.Sc. Energi og indeklima

Steffen E. Maagaard, Markedschef | Energidesign, Bæredygtighed & Indeklima, M.Sc. Energi og indeklima

### **VIA Forskningscenter for byggeri, klima, vandteknologi og digitalisering**

Maria Gaardsted Kamper, Lektor, M.Sc. Energi og indeklima

Andrea Mortensen, Lektor, Ph.D., Cand.polyt.arch

**Udgivelsesår:** 2023

Alle billeder, grafik, skitser og alt andet projektmateriale er udarbejdet af projektgruppen, hvis ikke andet er nævnt.

# Forord

## Hvorfor er det vigtigt med gode dagslysforhold i vores bygninger?

Dagslys er helt essentielt for menneskers sundhed og livskvalitet. Dagslyset er vigtigt for vores humør og velvære, særligt i de mørke vinterperioder. Samtidig påvirker dagslyset vores døgnrytme, og hjælper os til at sove bedre om natten, hvilket fremmer vores immunforsvar (Rubin, 2021).

I Danmark opholder vi os indendørs i ca. 80-90 % af tiden igennem hele livet (Skovgaard, Lindegaard & Raunkjært, 2016). Derfor er det absolut nødvendigt at designe og formgive bygninger, som åbner for adgangen til så gode dagslysforhold som muligt.

## Hvad er formålet med publikationen?

Formålet med denne publikation er at oplyse og vidensdele resultaterne fra udviklingsprojektet *"Dagslys i det bebyggede miljø"* med aktører fra byplan og bygningsprojektering samt præsentere en udviklet analysemetode og ny viden omkring det tværfaglige løsningsrum, der skal understøtte bedre dagslysforhold i vores bebyggede miljø, i og omkring de større byer i Danmark.

Tværfagligt samarbejde i de tidlige faser er en grundlæggende forudsætning for den bæredygtige udvikling i byggeriets praksis og de yderligere og højere krav, der stilles til byggeriet og byggebranchen i denne forbindelse. For at lykkes med de gode dagslysforhold er dette tværfaglige samarbejde ligeledes nødvendigt. Dagslys er en designparameter, som ikke kan stå alene, men som skal behandles i

sammenhæng med udviklingen af lokalplanen, formgivningen af bygningernes facade, materialevalget og ikke mindst det termiske indeklima.

Publikationen har til hensigt at inspirere, motivere og facilitere dette tværfaglige samarbejde omkring dagslys fra byplan til bygning og give aktørerne et solidt fundament for et fælles sprog og forståelse.

For at understøtte denne målsætning, har undersøgelser fra det bagvedliggende projekt tilkendegivet et behov for udvikling af en ny analysemetode i byplanlægningen. Projektets undersøgelser peger også på, at der er brug for et større kompetenceløft i bygningsprojekteringen ved anvendelsen af de eksisterende metoder til håndtering af dagslys, ligeledes i samspillet med andre designtematikker.

Begge disse behov indfries i publikationen, hvor både en ny metode og dokumenteret viden præsenteres og forklares med udgangspunkt i den relevante fase.

Denne publikation henvender sig til de målgrupper, som har direkte eller indirekte berøring med dagslyshåndtering i det bebyggede miljø. Dagslysprojektering er en proces, som strækker sig fra byplanlægningsfasen til og med bygningsprojekteringen, hvorfor både byplanlæggere og bygningsprojekterende er publikationens primære målgrupper.

## Hvordan er publikationen blevet til?

Publikationen er udviklet fra 2020 – 2023 som

en del af udviklingsprojektet "Dagslys i det bebyggede miljø". For at sikre, at projektets resultater kan få et virkningsfuldt efterliv, har kontinuerlig inddragelse af byggeriets praksis igennem hele processen været en vigtig og helt essentiel forudsætning.

I begyndelsen af projektet blev der afholdt **workshops med aktører fra byggeriets praksis** for indledningsvist at teste og kvalificere projektets hypoteser, i henholdsvis Aarhus og Ballerup. Deltagerne var bredt repræsenteret fra projektets målgrupper, herunder bygherrer, byplanlæggere, bygningsprojekterende samt developere. De tværfaglige diskussioner faciliteredes til at afprøve både udvalgte dilemmaer samt ukendte problemstillinger, og bidrog til at udstikke projektets senere retning.

Senere i projektet blev der afholdt flere workshops med tre af landets største kommuner; **Københavns Kommune, Odense Kommune samt Aarhus Kommune**. Formålet var her at initiere en dialog mellem projektet og dets primære målgrupper, hvor både byplanlæggere og byggesagsbehandlere deltog i arrangementerne. Betaversionen af VSC-metoden blev testet og afprøvet på konkrete lokalplaner. Kommunerne fik input til, hvordan man kan arbejde med dagslysanalyser på lokalplan-niveau, og projektgruppen fik feedback på indhold, grafik og præsentation af resultaterne fra metoden.

Projektet har også haft løbende dialog og samarbejde med **BUILD**, da man ønskede at afprøve og kvalificere en kommende revision til dagslyskrav samt -vejledningstekst i Byg-

ningsreglementet (BR). Projektets mange analyser har vist sig at være relevante, ikke kun for byggeriets praksis, men også for det forskningsorienterede perspektiv, hvorfor projektgruppen har medvirket i forskellige workshops og konferencer undervejs i projektet. Herigenem er indsamlet nyttig feedback omkring formidling og præsentation af resultaterne.

**Projektets advisory board** har bidraget med deltagelse i de tværfaglige diskussioner ved workshops samt løbende sparring igennem projektet. Advisory board er et ekspertpanel med særlig viden omkring dagslys på forskellige områder. Projektets advisory board består af følgende personer:

- Inger Erhardtsen, IVE Rådgivning
- Jens Christoffersen, VELUX
- Jonas Tesch Hallberg, Københavns Kommune
- Kjeld Johnsen, AAU BUILD
- Merete Madsen, Fortheloveoflight

**Projektets følgegruppe** repræsenterer bredt de målgrupper, som publikationen blandt andet henvender sig til. Følgegruppen har bidraget til kvalitative diskussioner ved et følgegruppemøde, og består af følgende personer henholdsvis organisationer:

- Niels Varming, Social- og Boligstyrelsen
- Inge Ebbensgaard, Foreningen af Rådgivende Ingeniører
- Jette Leth Djælund, Konstruktørforeningen
- Sif Enevold, Gate21
- Amal El-Kaswani, Rådet for Bæredygtigt Byggeri
- Rolf Andersson, Københavns Almindelige Boligselskab
- Anne Gade Iversen, Realdania

### **Hvem står bag publikationen?**

Publikationen er udarbejdet i et tæt samarbejde mellem Arkitema, Artelia, Dansk Center for Lys samt Forskningscenter for byggeri, klima, vandteknologi og digitalisering ved VIA University College.

Projektgruppen består af følgende personer:

- Amdi Schjødt Worm, Arkitema
- Zoey Siff Hansen, Arkitema
- Steffen Maagaard, Artelia
- Louise Østergaard Pedersen, Artelia
- Per Reinholdt, Dansk Center for Lys
- Maiken Lindberg, Dansk Center for Lys
- Maria Gaardsted Kamper, VIA University College
- Andrea Mortensen, VIA University College

### **Hvem fortjener en tak?**

Realdania skal have en særlig tak for deres støtte til projektet, som har muliggjort tilblivelsen af denne publikation.

Projektgruppen retter også en særlig tak til Københavns Kommune, Odense Kommune samt Aarhus Kommune for at stille sig til rådighed og bidrage aktivt til udviklingsprojektet og tilblivelsen af metoden.

Derudover vil projektgruppen gerne takke advisory boardet, følgegruppen og ikke mindst de mange deltagere ved projektets workshops. Alle har bidraget konstruktivt til at sætte dagslys på dagsordenen og få igangsat vigtige diskussioner med et fælles ønske om at skabe bedre dagslysforhold i vores bebyggede miljø.

# Afgrænsning og læsevejledning

Forudsætningerne for publikationens indhold er mange og har naturligt krævet en afgrænsning i forhold til projektets målsætning.

Resultaterne fra beregningerne, som er præsenteret i publikationen, er afgrænset til etageboliger, herunder nybyggeri. Med projektets fokus på udviklingen af lokalplanerne, den fortsatte urbanisering og deraf følgende mangel på nye boliger i byerne er projektets afgrænsning til ny- og boligbyggeri særligt relevant og der, hvor der forventes størst værdi. For boliger er der desuden tydelige ensrettede krav i bygningsreglementet, hvilket har været en vigtig parameter for denne afgrænsning. Disse krav muliggør generiske analyser, da der ikke forekommer projektspecifikke krav, som der vil gøre til andre funktioner.

Der er dog ikke noget til hinder for at anvende VSC-metoden til andre bygningsfunktioner, hvor dagslysforholdene bør analyseres.

En yderligere afgrænsning er gjort i forhold til den tværfaglige rammesætning. Ved en bygningsprojektering er utallige parametre væsentlige for den endelige bygning og dens udformning. I dette projekt er dagslysforhold udgangspunktet for analyserne, men dagslys kan ikke stå alene, og derfor er det behandlet i samspil med både det termiske indeklima og facadedesignet. Kravene til dagslys og termisk indeklima er ofte modsatrettede, og derfor har det været naturligt at undersøge de løsningsrum, hvor begge krav kan opfyldes. Ikke mindst da dagslys og termisk indeklima er afhængige af facadedesignet samt størrelse og placering af vinduer.

## Læsevejledning

Publikationen er inddelt i fem større kapitler samt et appendix. Indledningsvis er to kapitler, der omhandler henholdsvis identificering af problemstillingerne i forhold til opnåelse af gode dagslysforhold i det bebyggede miljø og en kortlægning af den viden, der er nødvendig for at forbedre dagslysforholdene både i forhold til byplanlægningsprocessen og bygningsprojekteringen. Begge kapitler er skrevet med henblik på at kunne læses af og have værdi for begge målgrupper. Kapitel 1 og 2 er derfor en forudsætning for den videre forståelse af publikationen.

Kapitel 3 er hovedsageligt henvendt til byplanlæggere og kommuner. Her dykkes der dybere ned i, hvordan gode dagslysforhold kan understøttes i byplanlægningsfasen med forklaring af den nuværende tilgang, præsentation af en udviklet metode samt et eksempel på brug af denne metode ved gennemgang af en specifik case.

Kapitel 4 retter sig mod bygningsprojekterende med fokus på, hvordan projekteringsprocessen kan bidrage til at skabe bedre dagslysforhold i byggeriets praksis. Kapitlet indeholder en gennemgang og diskussion af de gængse dokumentationsmetoder, og påviser gennem parametriske studier forskelle og opmærksomhedspunkter i de respektive metoder. Kapitlet præsenterer også dokumentation på det udfordrede løsningsrum, når både termisk indeklima og dagslyskrav skal overholdes og kommer med indspark til fremtidens tværfaglige samarbejde.

Kapitel 5 er en håndgribelig vejledning til de byplanlæggere samt rådgivere, der ønsker at afprøve den nyudviklede VSC-metode til dagslysanalyse på byplanniveau og egne projekter. Her gennemgås forudsætninger og nødvendig viden før metoden trinvis forklares og eksemplificeres ved brug af en konkret case.

## Publikationens anvendelse

Publikationen er tænkt som et inspirationsværktøj i dialogen omkring, hvordan der kan skabes gode dagslysforhold, både i byplanlægningen og i bygningsprojekteringen. Publikationen er ikke et projekteringsværktøj, da enhver analyse er projektspecifik, hvorfor det frarådes ukritisk at genbruge de anviste eksempler i egne konkrete projekter. Således kan projektgruppen heller ikke stilles til ansvar for brugen af publikationens eksempler, og der bør i alle henseenden tages udgangspunkt i det pågældende projekt.

# Indholdsfortegnelse

1. Hvorfor er dagslyset udfordret i det bebyggede miljø? .....	1
2. Hvilken viden og hvilke metoder er der behov for? .....	25
3. Hvordan understøttes gode dagslysforhold i byplanlægningen? .....	39
4. Hvordan understøttes gode dagslysforhold i bygningsprojekteringen? .....	60
5. Brugervejledning til VSC-metoden .....	93
Appendix.....	101



# *Hvorfor*

er dagslyset udfordret i det bebyggede miljø?

I dag er der stort fokus på sundhed og indeklima, særligt i vores boliger, hvor vi opholder os en stor del af vores liv. Rapporten, "Danskerne i det byggede miljø", viser, at der er en tydelig sammenhæng mellem indeklimaproblemer og oplevet livskvalitet (Videncentret Bolius & Realdania, 2022). Dagslyset er en af de indeklimaparametre, der kan påvirke vores livskvalitet positivt, hvis vi har adgang til det. Desværre er det ikke altid tilfældet og årsagerne hertil er flere.

I forhold til dagslysadgang ses en foruroligende tendens i udviklingen af nye områder i og omkring de større byer i Danmark. Høje boligbyggerier trækkes tæt sammen i kompakte miljøer, hvor de trange vilkår tilbyder ringe (eller ingen) adgang til direkte dagslys, særligt på de nedre etager. Samtidigt er byggebranchens aktører i fuld gang med en omstilling, der skal imødekomme fremtidens krav til materialer, genbrug, energiforbrug og ikke mindst klimakrav, hvilket i nogle tilfælde ligeledes risikerer at modarbejde adgangen til det gode dagslys.

Dette kapitel undersøger, hvorfor det synes så udfordrende at skabe gode dagslysforhold i vores bebyggede miljø anno 2023. I de efterfølgende kapitler præsenteres et bud på, hvorledes optimerede planlægningsprocesser, ny viden og metoder kan bidrage til forbedrede dagslysforhold i det bebyggede miljø.

Inden udfordringerne præsenteres, gives en kort introduktion til dagslys som designparameter i det bebyggede miljø for at sikre et fællesfagligt afsæt videre i publikationen.



***Dagslys er en sundhedsfaktor.  
Nogle mennesker opholder sig  
inden døre hele dagen og det  
kan få psykiske konsekvenser  
for nogle personer.***

*Workshopdeltager*



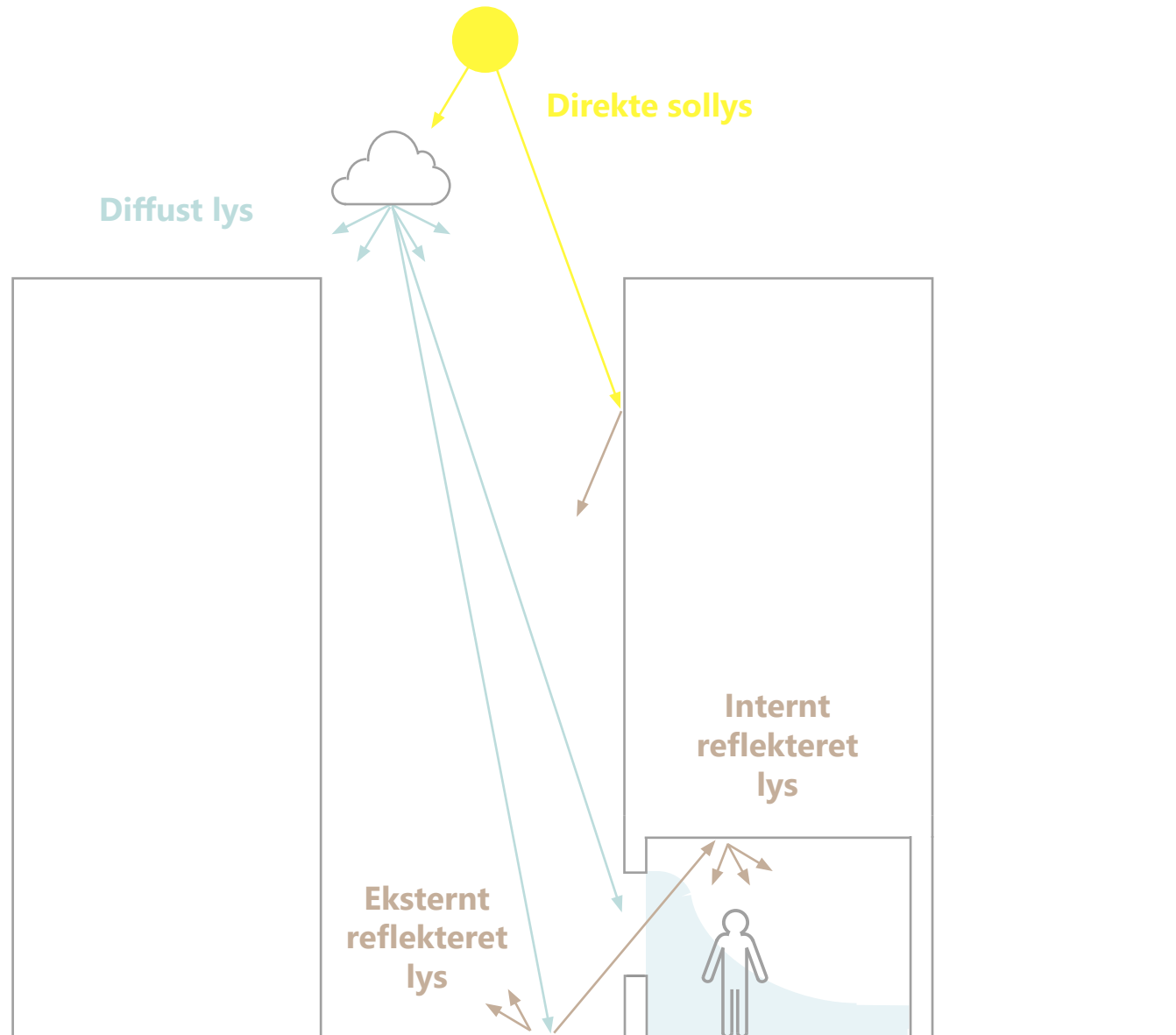
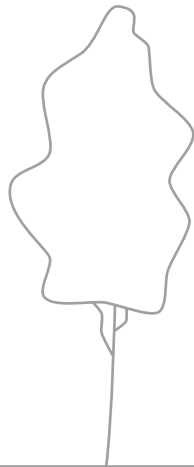
## Hvad er dagslys i det bebyggede miljø?

Dagslys er det naturlige lys, der kommer fra solen, og defineres som den synlige del af solens elektromagnetiske stråling (Christoffersen & Johnsen, 2008). Dagslyset er sammensat af flere bidrag, herunder:

- *Direkte sollys*, som kan opleves på en skyfri dag, hvor skygger og kontraster er tydelige.
- *Diffust lys*, som er det indirekte lys, der kan opleves på en overskyet dag, hvor skygger er bløde og der er få kontraster.
- *Eksternt reflekteret lys*, som reflekteres fra udvendige overflader og ind i rummet.
- *Internt reflekteret lys*, som reflekteres fra indvendige overflader og rundt i rummet.

Belysningsstyrken af dagslyset på en given flade måles i enheden lux og afhænger af solindstrålingens spektralfordeling (Christoffersen & Johnsen, 2008).

Dagslysfordelingen i et rum er afhængig af vinduets størrelse og placering i facaden. Lysstyrken er størst ved facaden, og falder derefter drastisk få meter ind i rummet (Kongebro, et al., 2012).



Figur 1.1 Dagslysets sammensætning af forskellige bidrag.

## De fire skalaer

Dagslysf forholdene i et rum afhænger af flere forskellige designparametre, som overordnet set relaterer sig til fire forskellige skalaer; byrummet, facaden, vinduet og ikke mindst rummet selv. I *byrummet* kan de modstående bygninger skygge for dagslyset, hvor nabo-bygningernes højder, afstande og overflader er betydende i forhold til dagslyset. I *facaden* kan der være dagslysreducerende forhold i form af altaner, sidefremspring, udhæng, fast udvendig solafskærmning mv. som kan påvirke dagslyset. Egenskaber for *vinduet* såsom lystransmittans (LT-værdi) og g-værdi (den procentvise solvarme, som kommer igennem vinduets rude), er vigtige designparametre, hvor også vindernes placering og størrelse spiller en stor rolle. *Rummet* og dets geometriske udformning, valg af materialer og indvendig solafskærmning har ligeledes betydning for dagslyset.

Igennem de senere år har der været stor fokus på de designparametre, som relaterer sig til facaden, vinduet og rummet, når dagslysf forholdene ønskedes optimeret. I dag står vi i en situation, hvor dagslyset i det bebyggede miljø er kraftigt udfordret, og hvor bygningens kontekst, *byrummet*, spiller en altafgørende rolle for at kunne designe de gode løsninger i fremtidige boliger.

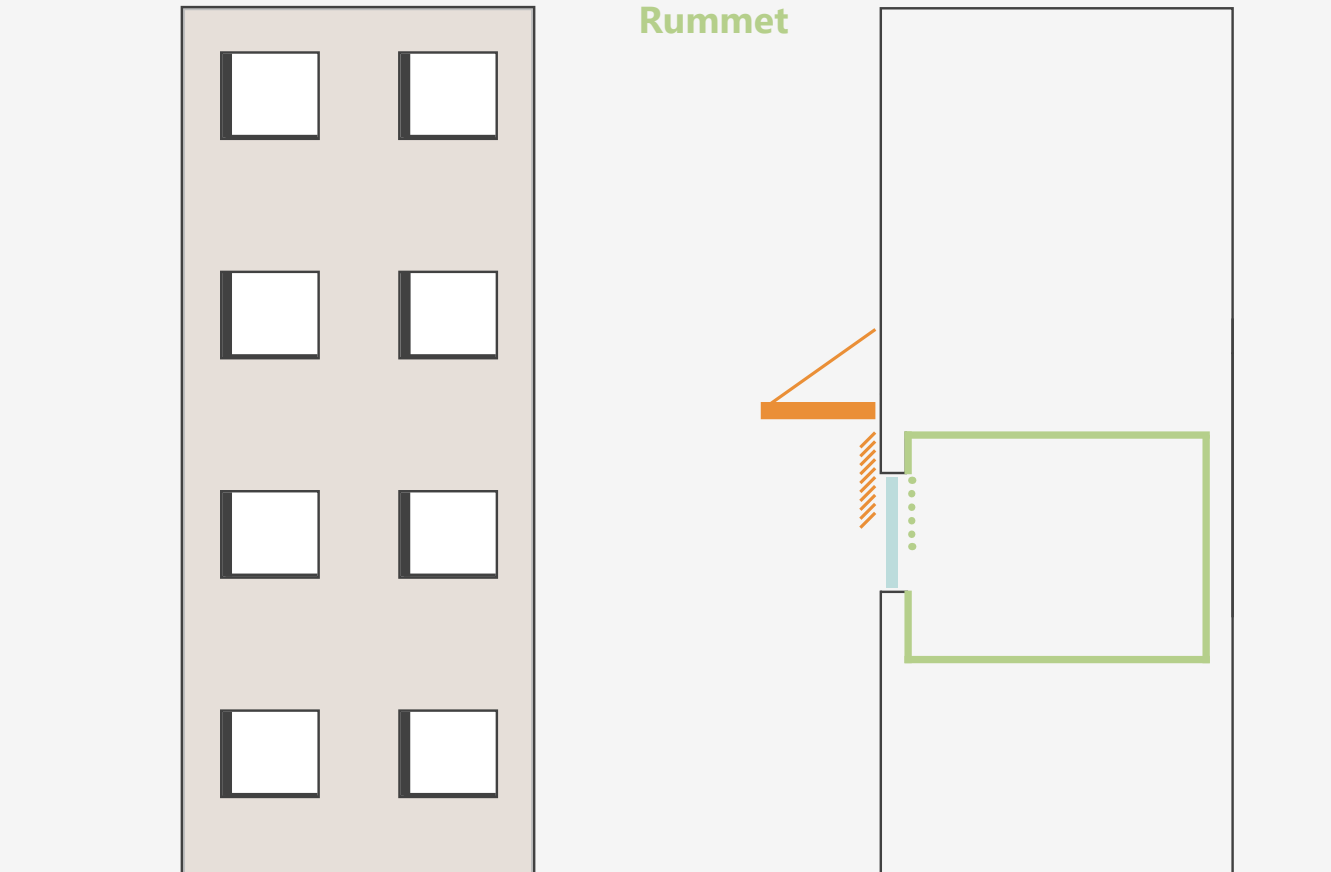
Forudsætninger for byrummet udarbejdes i byplanlægningsfasen, og udgør grundlaget for den efterfølgende projekteringsfase. Når byrummet har så stor indflydelse på de kommende bygningers dagslysf forhold, er det vigtigt at identificere de udfordringer, som påvirker *hele processen*; fra byplanlægning til bygningsprojektering.

# Byrummet

## Facaden

### Vinduet

### Rummet



Figur 1.2 De fire skalaer som relaterer sig til dagslyset.

## De brændende platforme

Byplanlægningen udfordres af den urbane udvikling, som stiller krav til højere og tættere boligbebyggelse i byområderne, hvilket også afspejles i udarbejdelsen af lokalplaner. Endvidere udfordres processen yderligere ved den manglende lovgivning på området, da det ikke er muligt at optage bestemmelser om dagslys i en lokalplan.

Bygningsprojekteringen udfordres af, at byrummet designes uden bestemmelser om dagslys, da dette har væsentlig indflydelse på de kommende bygningers dagslysforhold. Dertil kommer de modsatrettede krav i bygningsreglementet, som reducerer det tværfaglige løsningsrum for dagslysforhold, facadedesign og termisk indeklima.

Denne publikation udspringer af tre brændende platforme, som relaterer til rammesætningen af dagslyshåndtering i byggeriets praksis:

- Urbaniseringen udfordrer dagslyset
- Lovgivningen udfordrer løsningsrummet
- De tværfaglige dilemmaer udfordrer processen

I de følgende afsnit behandles de tre brændende platforme enkeltvis for at give et indblik i oprindelsen af de nutidige dagslysudfordringer.



**Urbaniseringen** udfordrer dagslyset

**Lovgivningen** udfordrer løsningsrummet

**De tværfaglige dilemmaer** udfordrer processen

An aerial night photograph of a city, likely Copenhagen, showing a mix of traditional European architecture and modern high-rise buildings. A prominent skyscraper with a glass facade is under construction, with several cranes visible around its base. The city lights are on, and the sky is dark blue. In the background, a body of water and wind turbines are visible.

# *Urbaniseringen*

udfordrer dagslyset

## Urbaniseringen udfordrer dagslyset

Urbaniseringen i Danmark har over en lang periode skabt ændringer i både mellemstore og store byers sammensætning og tæthed. I de følgende afsnit skildres urbaniseringen på nationalt niveau, og den generelle påvirkning denne urbanisering har på dagslysf forholdene i bygningerne.

Med henblik på at konkretisere de dagslysmæssige konsekvenser tages der udgangspunkt i et konkret områdes udvikling over de seneste 70 år. I sammenhæng hermed berøres også højhuspolitikker og de økonomiske incitamenter i forhold til byggeretter og disse tendensers betydning for dagslyset i de berørte områder.

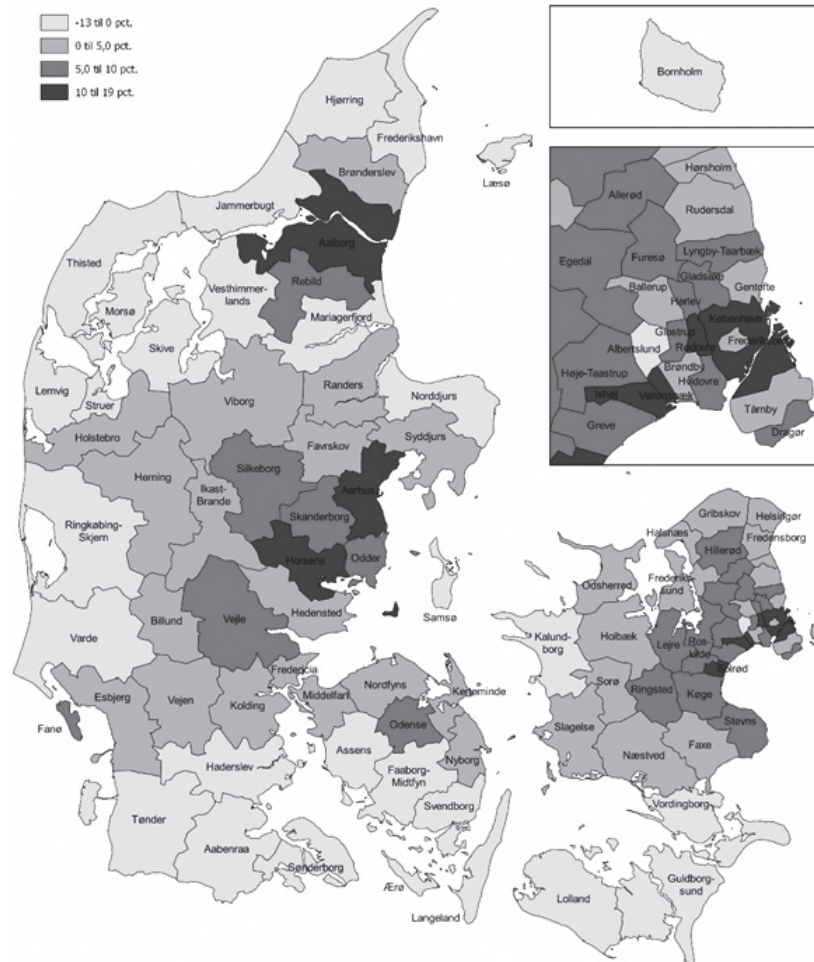
Urbaniseringen i Danmark kan spores tilbage til den industrielle revolution i det 19. århundrede. Industrialiseringen førte til oprettelsen af fabrikker og arbejdspladser i byerne, hvilket tiltrak folk fra landdistrikterne. Byerne voksede hurtigt i størrelse og befolkningstal, hvilket førte til et behov for udvikling af infrastruktur og et stigende antal nye bolig-m<sup>2</sup>. Fra 1970'erne og frem til 00'erne blev der flere steder etableret industri i det daværende opland til byerne – typisk i skala af 1-2 etager. Områderne grænsede ofte op til eksisterende eller nyetablerede villakvarterer, og den etablerede industri blev dermed bygget i samme skala som boligområderne.

I dag er urbaniseringen i Danmark præget af flere forskellige faktorer. En af de væsentligste

faktorer er den økonomiske udvikling. Byerne er centrum for økonomisk aktivitet, og mange virksomheder og industrier er koncentreret i byområderne.

Figur 1.3 viser ændring i befolkningstal fra 2011 til 2021 og afspejler en klar tendens med tilflytning til de større byområder. De senere års tilvækst i byerne er blevet "absorberet" primært via fortætning med to fremherskende tilgange:

- Flere og flere af de bynære erhvervs- og industriområder har undergået en transformation til boligområder.
- Eksisterende boligområder er blevet yderligere fortættet via nedrivning og nybyg eller ved etablering af nye etager eller tagrenoveringer på eksisterende etageboliger.



Figur 1.3 Befolkningstilvækst fra 1. januar 2011 til 1. januar 2021, pct. (Danmarks Statistik)

”

**Det er en grøn diskussion om vi skal bygge "brede" og lavere, eller om vi fortsat skal bygge tæt i byerne og højt.**

Workshoppedeltager

## Betydning for dagslyset

Når et byområde ændrer karakter – f.eks. fra erhverv og industri til boliger, er det ofte ensbetydende med en *markant* fortætning.

At bygge yderligere i højden og samtidig bygge tættere vil alt andet lige medføre *øget skyggedannelse* og *fortrængning af dagslys* både i gårdrum og særligt de nederst beliggende boliger.

Denne fortætning skaber derved stor forskel mellem de bedste og dårligste belyste boliger og områder.

Fortrængning af dagslys påvirker derved ikke kun det konkrete byggeri, men også de omkringliggende byggerier og beboere.

Når dagslys samtidig er afgørende for vores sundhed og velvære, er det nødvendigt, at urbaniseringen og den deraf følgende fortætning løses med respekt for det gode dagslys og med inddragelse af dagslyset som styrende designparameter.

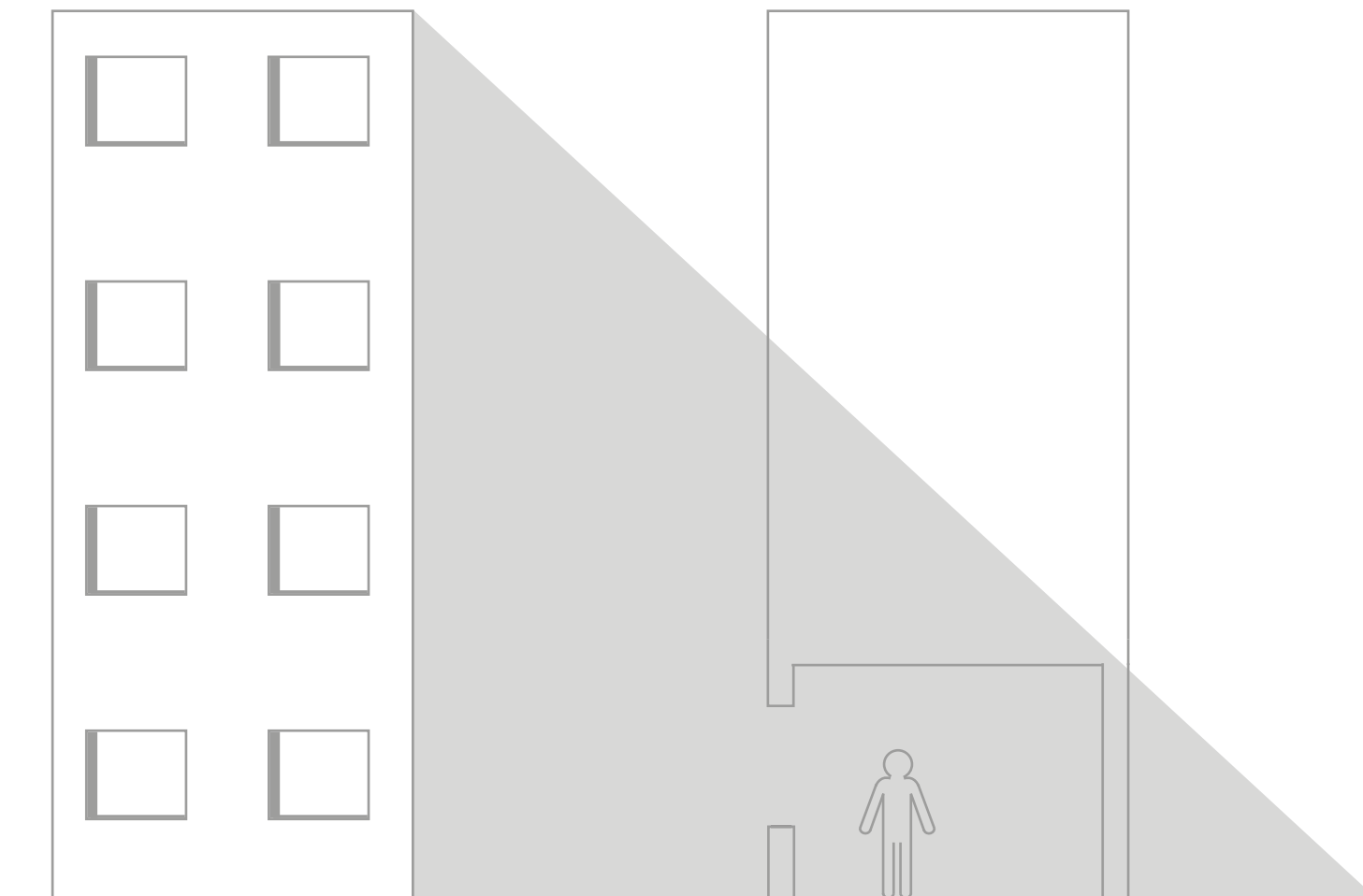
”

**Der er to boligtyper, der er særligt hårdt udfordret i forhold til dagslys – ungdomsboliger og plejeboliger.**

*Workshopdeltager*

## **Kritiske dagslysforhold**

hvis høje bygninger ligger meget tæt



Figur 1.4 Når høje bygninger placeres tæt kan det resultere i kritiske dagslysforhold.



Figur 1.5 Det indrammede område viser det sydlige Aabyhøj (Åbyen) afgrænset af Silkeborgvej mod Nord og Vestre Ringgade mod Øst (1954) (Teknik og Miljø, Aarhus Kommune).

## Aabyen, Aarhus

Et helt konkret eksempel på den urbanisering og fortætning, der har præget byernes udvikling, kan findes i et tidligere og stadig delvist eksisterende industriområde ved Åbyhøj i Aarhus Kommune. Områdets forandring afspejler en udvikling, der ses i mange store og mellemstore danske byer. Samtidig afspejles ligeledes de dagslysmæssige udfordringer og konsekvenser, som denne udvikling medfører.

Illustrationerne viser områdets udvikling fra 1954 til 2013. Urbaniseringen har i den periode medført et ønske om og et behov for flere bynære beboelses-m<sup>2</sup>. Det politiske svar har været, at der gennem kommuneplaner, helhedsplaner og dernæst lokalplaner er gennemført transformation af industri og erhverv til boliger. Det viste område udlægges i 2013 via kommuneplan til netop byomdannelsesområde med potentiale for omdannelse fra erhvervsområde til boligområde og herefter udarbejdes der flere lokalplaner for området.



1954

Figur 1.6 I 1954 udgjordes området af bar mark (Teknik og Miljø, Aarhus Kommune).



1995

Figur 1.7 I perioden fra 1954 til 1990 overgår området til industriområde, med Aabyhøj-bydelens beboelse som nordlig nabo. (Teknik og Miljø, Aarhus Kommune)



2013

Figur 1.8 Fra 2010 og fremefter sker en markant transformation af området fra erhverv eller industri til etageboliger. Over en periode på 60 år har området ændret karakter to gange. (Teknik og Miljø, Aarhus Kommune).

Som en del af transformationen fra industri- til boligområde er områdets karakter blevet ændret markant. Områdets skala og tæthed er eksempelvis øget fra tidligere 1-2 etager til etageboligbyggeri i op til 8 etager.

Dermed opstår der et dagslys- og planmæssigt dilemma mellem behovet for bolig-m<sup>2</sup> og nødvendigheden af tilstrækkelige dagslysniveauer i boligerne. Dette dilemma forstærkes blot af manglende metoder til at undersøge og inddrage dagslys som designparameter i byplanlægningen;

- Hvordan skal man som planlægger kunne tage højde for og undersøge dagslysforhold i kommende bebyggelser, når der ikke findes en metode, der kan henvises til?
- Hvordan skal bygherre eller udvikler tilsvarende kunne vurdere, om der i en tæt bymæssig kontekst vil være tilstrækkelige dagslysniveauer til de fremtidige boliger?

I takt med den fortsatte urbanisering og fortætning bliver disse spørgsmål mere og mere relevante at få besvaret.

Mange mellemstore og store danske byer har fra 00'erne og frem haft samme tilgang til løsningen af stigende indbyggertal. En lang række byer har omdannet tidligere erhvervs- og industriområder til beboelse og samtidig inddraget tidligere og nye bynære havnearealer som en del af en samlet strategi, der kan "optage" urbaniseringen.

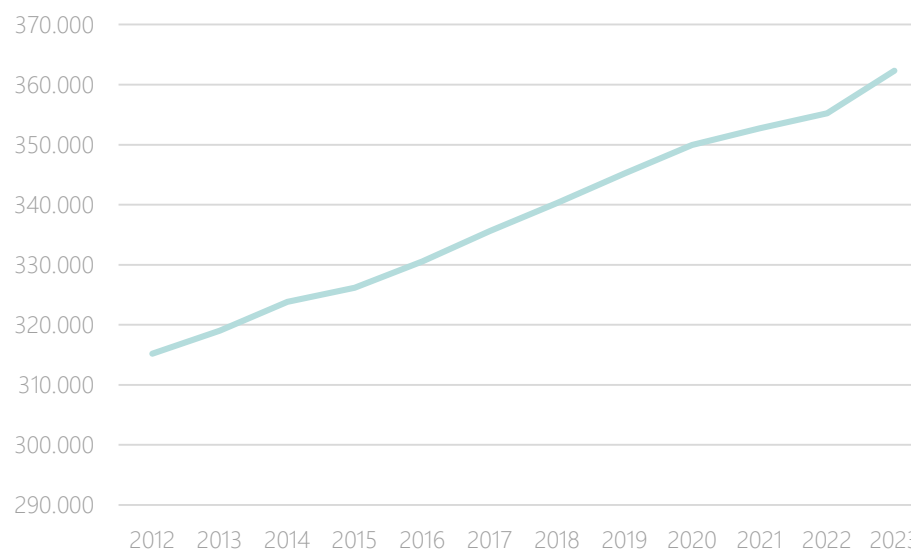
Samtidig har det været et mantra, at fortætning og det lille arealmæssige fodaftryk med højhusbyggeri til følge var en forudsætning for en bæredygtig byudvikling.

Fortætning er en naturlig følge af vækst i byernes indbyggertal og et samtidigt ønske om at bo centralt med kort afstand til arbejdsplads, indkøb osv. Aarhus er alene siden 2012 vokset med ca. 4500 indbyggere pr. år og figur 1.9 viser, at dette ikke er en enestående situation. Tendensen og udfordringerne er typiske for områder ved større byer over hele landet, og urbaniseringen kan ikke bremses. For at understøtte og muliggøre arbejdet med dagslys i boligerne i de urbane miljøer, er der behov for metoder, der er skræddersyet til de helt tidlige planlægningsfaser. Metoder, der kan informere planlæggerne, udviklere, rådgivere og politikerne om dagslysmæssige konsekvenser og muligheder ved påtænkte bymæssige ændringer.



**Det vi arbejder med er lejligheder med flersidet belysning med max dybde. Vi har forbudt udvendige altangange, netop for at understøtte gode dagslysforhold inde i boligerne.**

*Workshopdeltager*



Figur 1.9 Udvikling af antal indbyggere i Aarhus kommune fra 2012-2023 (Aarhus kommune, 2023)



## De dagslysmæssige udfordringer

Når et område fortættes og der etableres etageboliger, kan man ofte i det udførte projekt se aftegninger af de planlægnings- og dagslysmæssige dilemmaer, der har været i projektforløbet. Som eksempel på dette er der med den nyudviklede dagslys-analysemetode i denne publikation foretaget analyser på en bebyggelse i området Aabyen i Åbyhøj vist i figur 1.10.

Figur 1.11 viser, at områdets sydlige del nu næsten er fuldt udbygget som boligområde i op til 8 etager, hvor der mod nord stadig er ældre tilstødende industri i 1-2 plan. Området er generelt bebygget i 4-8 etager og med karré-lig-

nende strukturer i flere af bebyggelserne. Bebyggelsernes udformning er naturlig, idet man ønsker at etablere skærmede gårdrum, hvor bebyggelsen skærmer fra støj fra vejen mod nord og dermed bidrager til rolige uderum, der samtidig åbner op mod syd. Udfordringen er dog også, at der i nogle tilfælde etableres smalle gårdrum, hvor markante modstående skygger og sideskygger samt udhæng fra altaner giver meget begrænset tilgang af dagslys til lejligheder på de nederste etager.

Facader, opholdsarealer og planløsninger i det konkrete tilfælde er alle påvirket af dagslys-krav, hvor resultaterne vises på næste side.



Figur 1.10 Illustration i lokalplan 1068 for Aabyen, Åbyhøj (Aarhus Kommune)



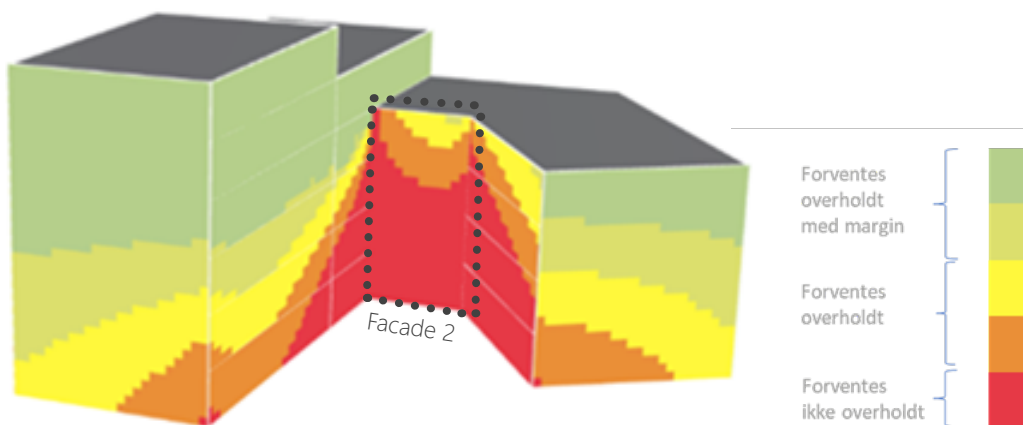
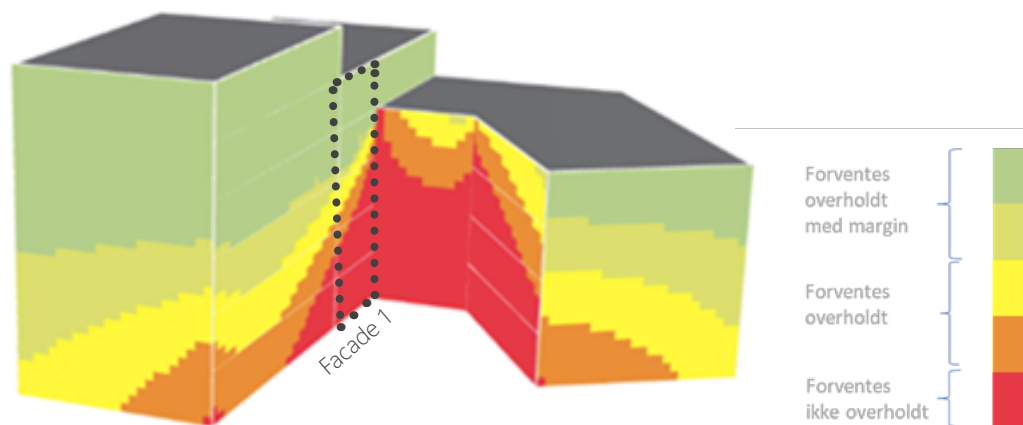
Figur 1.11 Luftfoto Aabyen, Åbyhøj (skraafoto.dataforsyningen.dk, 2023)

Resultaterne af disse analyser (kap. 3) viser, hvilke facader der er mest påvirket af skygger og dermed har mindst dagslystilgang til de bagvedliggende rum (fig. 1.12). Skyggerne er tiltagende nedad mod de nederste etager og for det konkrete projekt, har man derfor været

nødsaget til at undvære altaner på de nederste etager (facade 1). Desuden viser aftegningerne på facade 2, at de nederste etager ikke vil have tilstrækkeligt dagslys til at overholde dagslyskrav, hvis der er planlagt opholdsrum i de bagvedliggende rum. Denne situation bin-

der meget tidligt disponering af funktioner, begrænser adgang til gårdrum og medfører, at der kun kan etableres værelser mod denne facade, da dagslyskrav til værelser ikke er så stramme som for opholdsrum. Der kan med andre ord aflæses kompromiser mellem krav

til dagslys, optimale planløsninger og adgang til gode udearealer. I udvikling af lokalplanerne og som del af denne helt indledende disponering, vil det derfor være oplagt at inddrage dagslysanalyser på linje med de viste i figur 1.12.



Figur 1.12 Resultater af analyser af facader i Aabyen. Sammenholdes analyseresultaterne (vist med farver på facader) med billedet af den faktiske facade til højre, er det tydeligt, at der vil blive dagslysmæssige udfordringer i nogle af områderne. For større andele af facaderne forventes det, at bygningsreglementets dagslyskrav ikke forventes overholdt, hvis der etableres køkken, alrum eller stue som bagvedliggende rum.

## Bygherrer og byggeretter

Det viste eksempel på transformation af erhvervsområde til boligområde forekommer i mange både mellemstore og store danske byer. Når en bygherre overvejer at igangsætte udvikling eller transformation af et område, dannes en businesscase, hvor anlægsudgifter og omkostninger i forhold til finansiering sammenholdes med forventet lejeindtægt eller indtægter i forbindelse med et efterfølgende projektsalg.

I denne proces skal kommunen via lokalplanen tilsigte, at det enkelte område udvikles i tråd med de mere overordnede kommune- og helhedsplaner. I nogle tilfælde sker udvikling af lokalplan og tilhørende projekt parallelt. Her udvikler bygherren i samarbejde med rådgivere et forslag til et projekt. Sideløbende foregår en dialog og udvikling af lokalplanen for samme område. For bygherren er det afgørende for investering i et område, at der kan bygges tilstrækkeligt til, at den samlede businesscase bliver attraktiv. Desto flere m<sup>2</sup>, der må bygges, desto mere kan der udlejes eller sælges efterfølgende. Det er derfor vigtigt for bygherren, at lokalplanen ikke skaber hindringer eller stiller krav, der kan gøre businesscasen ringere. Lokalplanen er kommunens bedste redskab til, på det enkelte projekt, at sikre overordnede rammer og helhed i planlægningen.

Gennem workshops har kommuner og planlæggere udtrykt, at lokalplanen gennem de seneste år er gået fra at være et mere overordnet styringsredskab til at indeholde meget detaljerede bestemmelser for et specifikt projekt. Kommunen har på en gang et ønske om at skabe en attraktiv by, og samtidig ønskes det at tiltrække udviklere og bygherrer, der kan bidrage til denne udvikling. Fortætning og stigende tendens til højhusbyggeri er derfor også under påvirkning af økonomiske interesser, og det kræver stor omhu og klare metoder at forene disse tendenser med det at skabe

gode dagslysforhold.

I denne sammenhæng er dagslys en parameter, som kommunerne allerede direkte og/eller indirekte stiller spørgsmål til. Det ses i de bygherrevejledninger, som f.eks. Aarhus og Aalborg Kommune har udviklet. Heri ønskes der redegjort for f.eks. skyggeforhold, overholdelse af højdegrænseplaner, soltimer på friarealer

”

***Der er for store penge i byggeretter – dette er det største problem. Vi er kraftigt udfordret af at der skal være fire værelser plus en altan, ellers kan ejendomsmægleren ikke sælge den. Vi vil ikke se det i øjnene, men problemet er byggeretterne og de store penge der tjenes her.***

*Workshopdeltager*

med videre. Disse redegørelser omhandler dog næsten udelukkende krav til redegørelse for udendørs dagslysforhold. Der stilles sjældent krav til en sandsynliggørelse af, at kommende boligers rum vil være tilstrækkeligt belyste.

Kommunerne mangler et redskab eller en metode, som kan eftervise dette og omvendt mangler bygherren også en metode, der til-

svarende, ud fra overordnede volumenstudier, kan anvendes til at sandsynliggøre, at kommende boliger vil være tilstrækkeligt belyste.

En markant udfordring er, at man ofte først i bygningsprojekteringen ser konsekvensen af de manglende tidlige analyser. Arealer som bygherren har købt med forventning om at kunne etablere boliger, viser sig ud fra nærmere dagslysvurderinger ikke at kunne overholde dagslyskravene. Det reducerer fleksibiliteten i de købte byggeretter og vil betyde fordyrende kompenserende tiltag som voldsomt store vinduesarealer med risiko for indkigsgener, flere typer glas (klart glas i stueplan og afskærmende glas i øvre etager), inhomogene facader med stor variation i vinduesareal på tværs af etager, eller i sidste ende behov for dispensationer for dagslyskrav, hvilket kommunerne i mange tilfælde ikke vil give.

De økonomiske incitamentet til udvikling af flere bynære m<sup>2</sup> og de manglende metoder til at inddrage dagslyset som aktiv designparameter i de tidlige planlægningsfaser medfører, at flere og flere nybyggede m<sup>2</sup> ikke bygges med tilstrækkelig dagslystilgang. Derfor er der fra både kommuner, bygherrer og rådgivere et stort ønske om og behov for fælles metoder og vejledninger i, hvordan dagslys kan inddrages som en del af kommune- og lokalplanlægningen. Derved kan urbanisering og fortætning gå hånd i hånd med planlægning af velbelyste, fleksible og sunde bolig-m<sup>2</sup>.



# *Lovgivningen*

udfordrer løsningsrummet

## Lovgivningen udfordrer løsningsrummet

Lovgivning omkring dagslys i bygninger har sit afsæt i Bygningsreglementet, som er en udspecificering af kravene i Byggeloven.

Bygningsreglementets vejledning om lys og udsyn anviser, at der skal tages hensyn til dagslysforhold allerede i udarbejdelsen af lokalplaner:

***"Det henstilles i øvrigt til, at der ved planlægning af byggeri og fastlæggelse af lokalplaner tages hensyn til, at bygningsreglementets krav til dagslysforhold i bygningerne kan overholdes."***

(Social- og Boligstyrelsen, 2023)

Med andre ord er der en lovmæssig erkendelse af, at lokalplanens bearbejdning kan have indflydelse på de kommende bygningers dagslysforhold. Ikke desto mindre er det til stadighed en udfordring at omsætte dette til praksis, da der ikke er hjemmel i Planloven (Kirkeministeriet, 2020) til at optage bestemmelser omkring

dagslys i en lokalplan.

I dagslysøjemed er lokalplanen, sammen med Bygningsreglementets krav, afsættet for og begyndelsen på bygningsprojekteringsprocessen og det efterfølgende arbejde med at skabe de bedste dagslysforhold. Samtidigt er lokalplanen også slutproduktet for byplanlægningsprocessen, hvori der træffes mange og vigtige beslutninger, som har direkte og indirekte indvirkning på bebyggelsens fremtidige dagslysforhold.

Lokalplanen er det absolut vigtigste bindeled mellem de to processer, byplanlægningen og bygningsprojekteringen og en helt essentiel del af løsningen på, hvordan dagslys bør og kan håndteres for at skabe de allerbedste muligheder for gode dagslysforhold.

I det følgende ses der nærmere på eventuelle praktiske faldgruber i den gældende lovgivning for både byplanlægningen og bygningsprojekteringen, som potentielt udfordrer det gode dagslys.

”

***Der er MEGET stor forskel på, hvordan kommunerne laver lokalplaner. Nogle er meget mere detaljerede end andre og det hænger også sammen med traditioner i de enkelte kommuner.***

*Workshopdeltager*



## Byplanlægning: Manglende rammer og metoder udfordrer

Planloven fastlægger de overordnede rammer og principper for planlægning på nationalt niveau, mens lokalplanerne er mere specifikke og detaljerede planer for bestemte områder eller projekter på lokalt niveau. Planlovens §15 beskriver specifikt, hvad der kan optages bestemmelser om i lokalplanerne. Det vil sige, at det i lokalplanerne udelukkende er muligt at stille krav til de emner, der specifikt er nævnt i §15. Som eksempel herpå kan nævnes krav til byggehøjde, bebyggelsesprocent, etageantal, infrastruktur og afværgeforanstaltninger for støj.

Bestemmelser vedr. støj er ofte indskrevet for at sikre, at støjniveauet er i overensstemmelse med gældende lovgivning og for at beskytte

beboere og brugere af området mod forstyrrende eller sundhedsskadelig støj.

Lokalplanen kan fastsætte konkrete støjgrænser, og den kan indeholde krav til støjdæmpende foranstaltninger. Er støj en udfordring i et område, udarbejdes en støjredegørelse, der undersøger, om der skal kræves konkrete støjdæmpende foranstaltninger i forhold til udearealer og bygning. Redegørelsernes konklusioner tager ofte udgangspunkt i støjgrænser fra f.eks. Bygningsreglementet eller anvisninger vedrørende støj fra Miljøstyrelsen. Redegørelserne bygger på klart fastlagte regler for metode og beregning i forhold støjgrænserne og forslag til tiltag, der danner grundlag for den

videre disponering af området og inddrages også i den senere bygningsprojektering.

Modsat støj er dagslys ikke en parameter, der kan optages bestemmelse om. Dette på trods af, at en række andre emner i §15 har helt afgørende betydning for, om den kommende bygning vil kunne overholde f.eks. bygningsreglementets dagslyskrav. Skulle muligheden for at optage bestemmelse om dagslys tilføjes i planloven, findes der desuden, modsat for støjanalyserne, ikke klart definerede metoder eller vejledninger, der anviser, hvordan der skal tages højde for dagslys. Dette medfører, at der i forsøget på at tage hensyn til dagslys, udføres analyser ud fra metoder, der ikke nødvendig-

vis egner sig til at vurdere dagslys i områdets bebyggelser. Følgende bliver derfor en realitet grundet manglende tidligere analyser:

- Der opstår en mangel på projekteringsgrundlag i de senere faser
- Løsningsrummet for dagslys og termisk indeklima i projekteringsfaserne reduceres med forøgede rådgiver- og byggeomkostninger til følge
- Flexibilitet i den kommende planlægning af arealerne under byggeretten begrænses
- Forudsætninger for dialogen mellem planlæggere og dagslyskompetencer, der sidder i det "projekterende led", bliver meget begrænsede.

”

**Det er umuligt at skrive noget ind i lokalplanerne om dagslys, men vi kan godt gøre det lettere at opnå gode dagslysforhold, hvis vi sætter krav om f.eks. gennemlysning, lav bebyggelse, brede gader osv.**

*Workshopdeltager*



## Bygningsprojektering: Kravændringer udfordrer

Bygningsreglementet anviser, hvordan en given bygning skal projekteres og udføres for at sikre den ønskede kvalitet. Viden om den historiske udvikling af dagslys krav kan skabe bedre forståelse for flere af de tværfaglige dilemmaer, som opstår i dag.

Dagslys har altid haft en afgørende rolle i forbindelse med anlægning af både byer og bygninger, der i historisk tid typisk blev udført med udgangspunkt i dagslysforholdene. Ved udvikling af nye teknologier, herunder glødepæren tilbage i 1880'erne, blev vi gjort mindre afhængige af dagslys (Kongebro, et al., 2018).

I gennem de senere år er der kommet større fokus på dagslys, da det naturligt er med til at styre menneskets døgnrytme; hvornår vi er aktive og hvornår vi sover (Wirz-Justice, et al., 2021).

Fra midten af det 20. århundrede blev der løbende indført og udviklet på lovkrav for at sikre tilstrækkeligt dagslys i boligerne. Første gang var i 1961, hvor der blev indført krav om, at karmlysningsarealet skulle udgøre mindst 10 % af boligens gulvareal og at det skulle forøges, hvis dagslystilgangen var 'utilstrækkelig' (Boligministeriet, 1961).

I 2008 blev kravene til dagslys i bygninger strammet. I stedet for at dokumentere dagslysniveauet ud fra karmlysningsarealet skulle dette nu beregnes ud fra *glasarealet*. Det var også første gang, at der blev henvist til anvisninger omkring, hvordan man kunne tage højde for formindsket lysadgang til vinduerne; By og Byg Anvisning 203: Beregning af dagslys i bygninger (Christoffersen, Johnsen & Petersen, 2002) samt SBI-anvisning 219: Dagslys i rum og bygninger (Christoffersen & Johnsen, 2008).

Ændringerne i BR08 (Erhvervs- og Boligstyrelsen, 2008) havde generelt en positiv effekt på dagslyset og glasarealer blev forøget i boliger. Dette endda uden negativ indflydelse på energibehovet, idet det skete i takt med, at vinduer blev mere varmeisolerende.

I 2018 blev kravene til dagslys i bygninger præciseret. Det skete, da der blev introduceret en vejledning til beregning af dagslys, som i detaljer beskrev, hvordan der skulle tages højde for skyggeforhold både i forhold til bygningens kontekst og også i forhold til bygningens egenskygger og vinduesegenskaber. Indtil dette tidspunkt var der stor forskellighed i branchen i forhold til at tage højde for skyggende faktorer i arbejdet med dagslys, og den tidligere SBI-anvisning 219 blev i mange tilfælde ikke anvendt. Den nye, mere præcise vejledning blev derfor blandt mange dagslyspraktikere betragtet som værende en stramning af dagslyskravet til trods for, at kravene forblev enslydende.

Den løbende konkretisering af dagslyskravene har samtidig betydet, at overholdelse af disse er blevet mere følsom for beslutninger, som særligt træffes i planlægningsfaserne. Dette skyldes, at kravene nu også omfatter stillingtagen til den omkringliggende kontekst, og at der ikke længere kun ses isoleret på vinduet og rummet bagved.

Konkretiseringen indeholder præciseringer af, hvilke skyggende faktorer, der skal tages højde for, men også i hvilken grad der skal tages højde for dem. For eksempel er placering af bygningen ift. den omkringliggende bebyggelse én af de skyggende faktorer i 10 %-metoden, som påvirker dagslysniveauet betydeligt. Fordi blandt andet omkringliggende bebyggelse og andre korrektionsfaktorer indregnes i 10 %-metoden, kan vi på grund af urbaniseringen stå i en situation, hvor der ikke er tilstrækkeligt facadeareal til det nødvendige glasareal.

”

***Vi er som rådgivere nødsaget til søge dispensationer. Det er umuligt at overholde kravene til f.eks. brand, støj og dagslys. Særligt i de nederste etager. Vi bygger ganske simpel for tæt og for højt.***

*Workshopdeltager*

## Modsattede krav skaber tværfaglige dilemmaer

Intentionen med kravændringerne i bygningsreglementet er at skabe bedre kvalitet i det bebyggede miljø, men det resulterer også ofte i en større kompleksitet, som kan skabe tværfaglige kollisioner. Disse situationer kan udfordre både det tværfaglige samarbejde og det potentielle løsningsrum.

Før implementeringen af de skærpede dagslyskrav i 2008 var der flere muligheder for bygningernes facadedesign, end der ses i dag. Der var større råderum for bygningsdesignere

både i forhold til arkitektur, planløsninger og placering af vinduer i facaden (fig. 1.12).

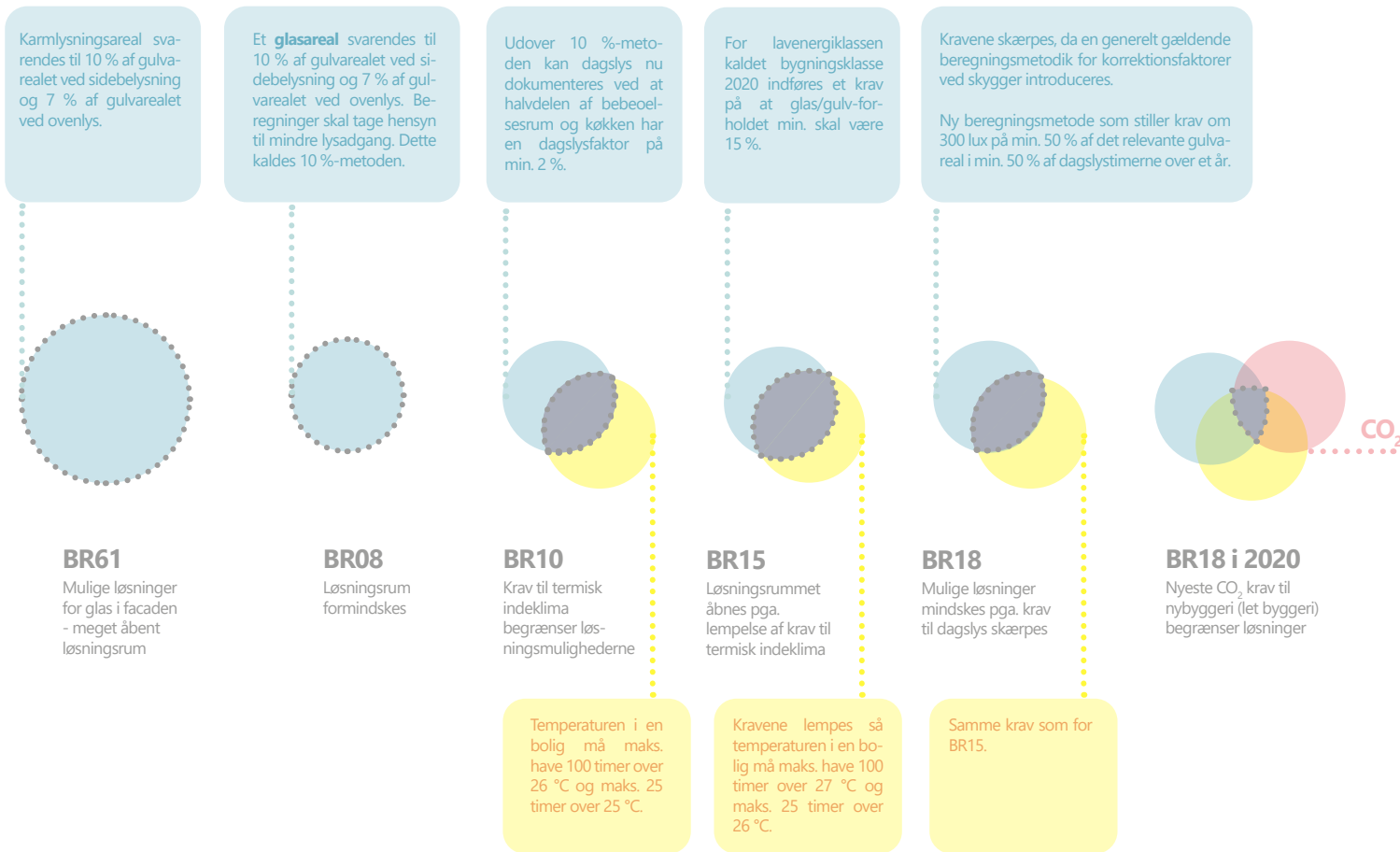
I 2008 indsnævredes løsningsrummet væsentligt i forhold til de tidligere regler, og det stillede derved større krav til den tværfaglige koordinering omkring facadedesignet.

I 2010 indførtes nye krav til det termiske indeklima, hvorved det tværfaglige løsningsrum reduceredes yderligere. Dagslyskravene fordrer generelt større og mindre skyggede glasarealer, hvorimod kravene til det termiske indeklima kræver det modsatte; flere skygger, mindre glasareal eller andre tiltag, der begrænser dagslystilgangen og dermed varmetilførslen. Det konkrete arbejde med facadedesignet vil derfor ofte være en balancegang mellem disse to designparametre for at kunne sikre gode dagslysforhold og samtidig komfortable temperaturer indendørs.

Betragtes den nyligt indførte lovgivning, som har til formål at reducere bygningers CO<sub>2</sub>-aftryk, står vi nu over for en række nye krav, der vil påvirke det mulige glasareal i bygninger yderligere. Selvom det er en positiv udvikling, at vores CO<sub>2</sub>-aftryk for bygninger skal reduceres, har denne nye lovgivning ligeledes medført et øget fokus på letvægtskonstruktioner.

Letvægtskonstruktioner kan ikke akkumulere varme eller kulde på samme måde, som de traditionelt anvendte tungere materialer og der skal derfor være ekstra fokus på risikoen for overtemperatur grundet varmetilførsel fra solen. Derfor ser vi ind i en fremtid, hvor det tværfaglige løsningsrum for facadedesignet, i forhold til både dagslys, termisk indeklima og CO<sub>2</sub>-aftryk, er langt mindre end tidligere.

## Udviklingen af dagslyskrav



## Udviklingen af krav til termisk indeklima

Figur 1.12 Et historisk perspektiv på kravene til dagslys og termisk indeklima, og hvordan de har påvirket løsningsrummet for facadedesignet.





# *De tværfaglige dilemmaer*

udfordrer processen

## Dilemmaet mellem facadedesign, dagslys og termisk indeklima

Den urbane udvikling og de skærpede lovkrav fordrer større fokus på den tværfaglige koordinering igennem hele processen i forhold til dagsystematikker.

Der er et essentielt overlap fra byplanlægning til bygningsprojektering, 'the missing link', hvor de to processer i dag ikke kobles tydeligt nok sammen. Samtidigt udfordres det procesuelle arbejde i bygningsprojekteringen af en større kompleksitet, hvor tværfaglig koordinering spiller en afgørende rolle.

I det følgende ses der nærmere på, hvilke typiske tværfaglige og procesmæssige dilemmaer, der har indflydelse på dagslyset.

## Dilemmaet mellem facadedesign, dagslys og termisk indeklima

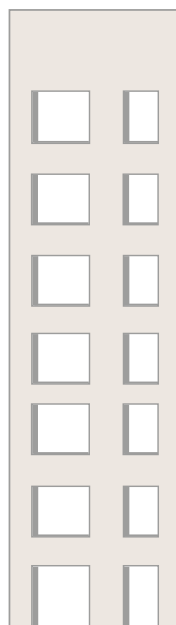
Nye boligområder i Danmarks større byer er præget af lodrette homogene facader med samme vinduesstørrelser i etagerne forskellige lejligheder. Ønsker til bygbarhed, økonomi og bo-komfort fører til det rationelle facadedesign, som hyppigt ses i bybilledet i dag. I takt med denne udvikling stiger også behovet for holistiske metoder og tilgange for at komme i mål med de skærpede krav.

Når en homogen facade placeres i en kontekst med tæt og høj bebyggelse, kan denne blive udfordret på både dagslysadgangen og det termiske indeklima. I figur 1.13 er vist et konkret eksempel, hvor facaden udgøres af ens vinduesstørrelser fra den nederste til den øverste etage (Facade A). De omkringliggende bygninger kan skabe så meget skygge, at det vil være nødvendigt at forstørre vinduesarealerne væsentligt i de nederste etager for at sikre gode dagslysforhold her (Facade B). Det betyder, at der i det givne eksempel er behov for større vinduesareal end der er facadeareal til rådighed, og der opstår allerede her en

uløselig situation. Konsekvensen af at forstørre vinduesarealerne er derudover, at nogle af lejlighederne desuden vil opleve udfordringer med det termiske indeklima på grund af de store vinduespartier og deraf følgende risiko for overophedning (Facade C).

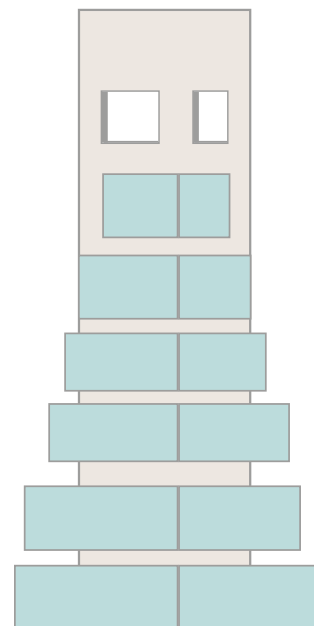
Ovenstående er et repræsentativt eksempel på de aktuelle udfordringer, der opstår i dilemmaet mellem den traditionelle rationelle facadearkitektur og de modsatrettede krav til henholdsvis dagslys og termisk indeklima. Eksemplet viser tydeligt, hvorfor branchen ikke

kan fortsætte på samme vis som tidligere og understreger klart vigtigheden af den tværfaglige koordinering.



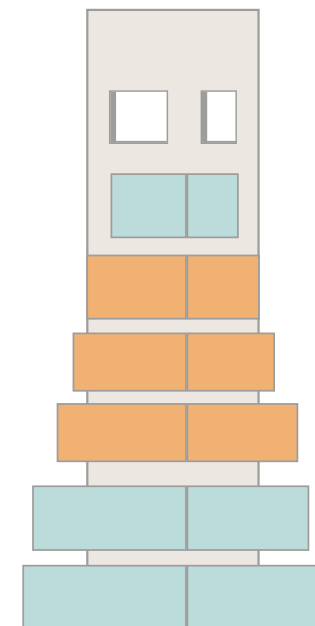
### Facade A

Som udgangspunkt er der ens vinduesstørrelser på alle etager, men uden hensyntagen til skygger fra omkringliggende bygninger.



### Facade B

Når der tages højde fra de skyggende nabobygninger, viser det et behov for meget større vinduer - så store vinduer, at der ikke er facadeareal nok til rådighed.



### Facade C

De forstørrede vinduespartier resulterer i kritiske temperaturer på flere af etagerne.

Figur 1.13 Det traditionelle og rationelle facadedesign (A), hvor facaden har et ensartet udtryk på alle etager, bliver udfordret af den gældende lovgivning og urbaniseringen. Resultater er, at der kan opstå situationer, hvor det nødvendige glasareal for at opfylde dagslyskravene ikke kan integreres i facadearealet (B).

## Vigtige designparametre

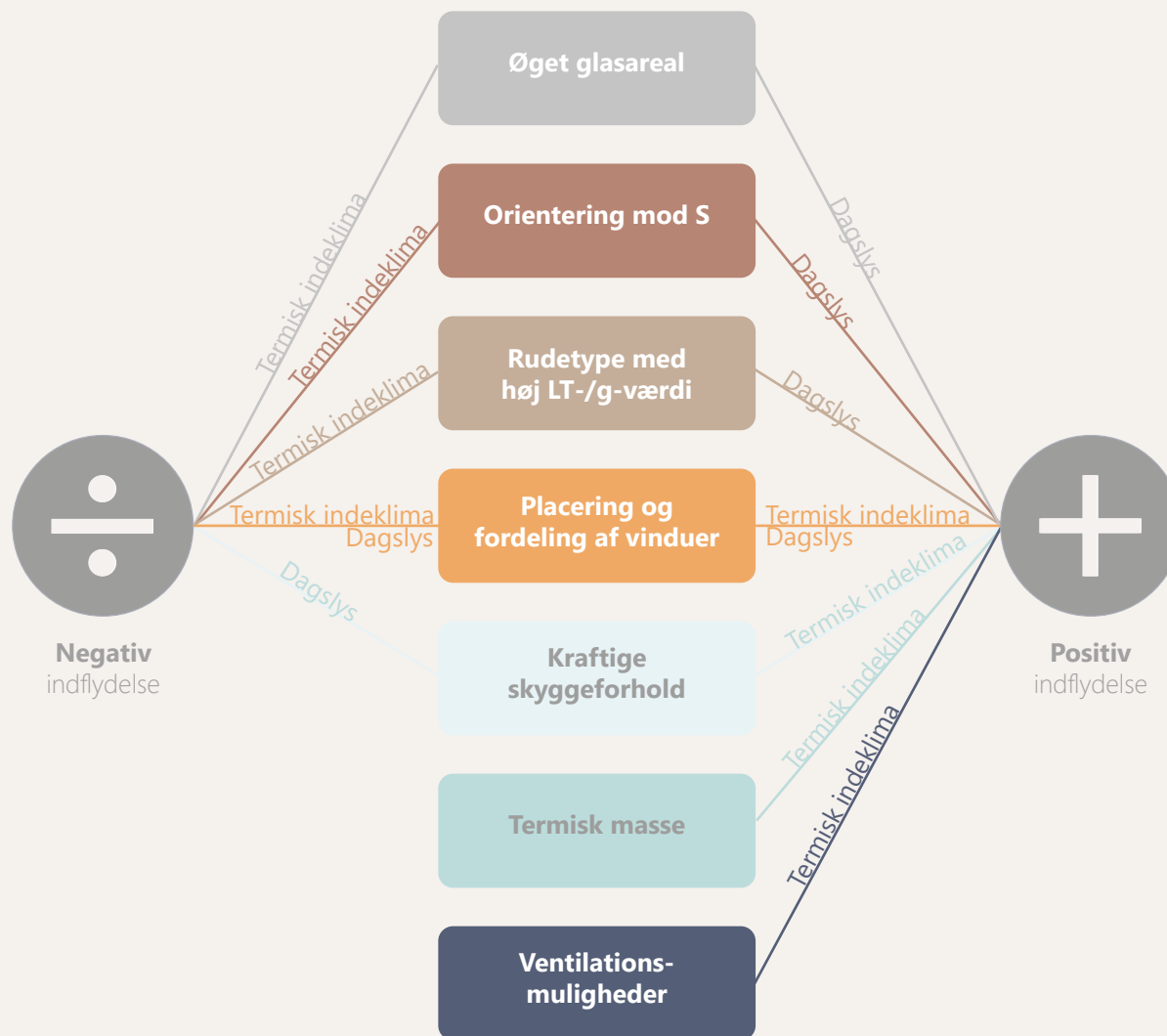
Når der skal optimeres på facadedesignet for at sikre gode dagslysforhold og et godt termisk indeklima, kræver det en bevidsthed om, hvilke designparametre, der har indflydelse på de to forhold. Eksempelvis er planlægning af bebyggelsen, bygningens udformning og dens placering i konteksten vigtige designparametre i forhold til potentielle skygger. Andre relevante parametre er materialevalg, planløsning og rumdisponering, som alle har betydning for ventilationsmuligheder for at reducere eventuelle overtemperaturer.

Som bygningsdesigner kan det derfor være en balancegang, der kræver nøje afvejning af de forskellige designparametre, særligt i de indledende faser.

Eksempelvis vil en facade med store glasa-realer orienteret mod syd bidrage positivt til dagslyset. Samtidigt vil det samme valg bidrage negativt til det termiske indeklima, hvor der risikeres kritisk høje temperaturer.

Designparametre såsom termisk masse og ventilationsmuligheder har kun direkte indvirkning på det termiske indeklima og ikke på dagslyset, men de er ikke desto mindre essentielle i designprocessen. En stor termisk masse (og derved mulighed for at optage overtemperaturer) samt gode ventilationsmuligheder (oplukkelige vinduer i flere facader) giver mulighed for større vinduesarealer – og derved mere dagslys.

Dagslys og termisk indeklima bør aldrig analyseres enkeltvis, men i stedet granskes i et tværfagligt og holistisk samspil med øvrige valg for facadedesignet. Dette er særligt vigtigt i den indledende planlægningsfase, men også i den senere bygningsprojektering.



Figur 1.14 Forskellige designparametres indflydelse på dagslysforhold henholdsvis termisk indeklima

## Procesmæssige dilemmaer

I dag er byplanlægningen og bygningsprojekteringen ofte to adskilte processer, som kalder på bedre sammenhængskraft i dagslysøjemed. Det processuelle arbejde relaterer i høj grad til opgavens rammesætning, herunder præcisering af udbudsform, aftalt tidsrum til at løse opgaven, kontraktforhold, ansvar, organisering mv. Inden den endelige dokumentation af dagslys foreligger, vil der være en lang række designbeslutninger undervejs i de to processer, som har, enten direkte eller indirekte, indflydelse på dagslysforholdene i den kommende bygning.

I det følgende afsnit ses der nærmere på, hvilke parametre, der udfordrer de to processer.

## Procesmæssige udfordringer i byplanlægningen

Som byplanlægger kan udviklingen af lokalplaner være et komplekst puslespil, idet der skal tages hensyn til et væld af forskellige parametre. Derfor indtager byplanlæggeren ofte rollen som den samlede og koordinerede funktion mellem forskellige eksperter, der hver især bidrager med viden om deres fagområde. Da Planlovens §15 ikke omfatter dagslys, opleves alt for ofte, at dagslys i denne fase negligeres eller helt udelades som fagområde. Der er ingen tvivl om, at mange byplanlæggere ønsker at tage hensyn til de kommende bygningers dagslysforhold i planlægningen, men mangel på redskaber og metoder begrænser deres muligheder for at tilføre den nødvendige viden samt bede om eller inddrage relevante analyser.

De manglende muligheder for at vurdere dagslys i lokalplanfasen har vidtrækkende konsekvenser senere i projekteringen. Når der ikke tages hensyn til dagslyset i byplanlægningen, kan det resultere i, at bygherren ikke har mulighed for at udnytte sine byggeret-m<sup>2</sup>

optimalt. Dertil kommer, at den dagslysansvarlige i projekteringsfasen ofte må ty til løsninger med karakter af brandslukning, der fordyrer og besværliggør projektet.

Paradokset er, at kompetencerne vedrørende dagslys, skygger og BR-krav, der er nødvendige at inddrage i lokalplanfasen, rent faktisk er til stede. De bliver dog først bragt i spil, når byggeriet projekteres og alt for sjældent i lokalplanfasen – eller allerede i kommuneplanlægningen, hvor de ville bibringe stor værdi. Denne uhensigtsmæssige timing af brugen af dagslys-kompetencer skyldes blandt andet:

- Fraværet af dagslys i Planlovens §15 og dermed ikke hjemmel til at optage bestemmelser herom i lokalplanerne
- Aftalegrundlag for byggeri, der først nævner dagslys som ydelse i Ydelsesbeskrivelsen Byggeri og Landskab (YBL18) og dermed først i bygningsprojekteringen
- Manglende fælles metode til vurdering af dagslys i byplanlægningen og dermed manglende konsensus om mulige analyser og resultater
- Manglende bevidsthed om, hvordan projekter kan optimeres i lokalplanlægningsfasen

Kort sagt, der mangler feedback til kommune- og lokalplanudviklingen omkring betydningen af de forskellige beslutninger og deres relation til dagslys. Dette er kun muligt at ændre, hvis der etableres et fælles sprog omkring arbejdet med dagslys og der dannes konsensus i branchen om anvendelsen af de rigtige metoder i denne fase.

”

**Differentieret glasareal:  
Det er svært for arkitekterne og de projekterende ingeniører at acceptere de forskelligheder, der kan være i facaden, vinduesarealer, g-værdier osv.**

*Workshopdeltager*



## Procesmæssige udfordringer i bygningsprojekteringen

Bygningsprojekteringen er sjældent en lineær proces og præges ofte af mange justeringer undervejs. Der kan være funktionelle behov, som fører til, at den oprindelige planløsning må tilpasses. Der kan opstå uforudsete udgifter, som bevirker, at det økonomiske grundlag reduceres. Processen består af et komplekst puslespil med mange bindinger såsom økonomi, æstetik, funktionalitet, klima, performance mv. Den tværfaglige kompleksitet øges yderligere ved at mange forskellige fagpersoner skal koordinere arbejdet på tværs igennem processen (fig. 1.15).

Dette medfører, at branchen i dag har stort fokus på, hvordan både proces og byggeri kan optimeres, hvor rationelle facadedesign er hyppigt efterspurgt for at sikre bygbarhed indenfor den givne økonomi.

En af processens store udfordringer er, når dagslyskompetencer først bliver bragt i spil sent i processen, herunder i dispositionsfor-slagsfasen. Konsekvensen er ofte færre muligheder for at skabe gode dagslysforhold, hvor der balanceres lige på kanten af bygningsreglementets minimumskrav. I mange tilfælde vil det være nødvendigt at søge dispensation hos kommunen, hvis ikke det er muligt at overholde lovkrauet.

Inddragelse af dagslyskompetencer på det rette tidspunkt kræver tværfagligt overblik og viden fra både projektledelse og fagpersoner, da det afhænger af det specifikke projekt. Det er sjældent tilstrækkeligt at dokumentere dagslyskravene en enkelt gang, men fordrer ofte flere analyser i iterative forløb for at sikre de gode dagslysforhold.

Eksempelvis kan mindre justeringer af planløsningen synes negligerbare, men det kan potentielt volde problemer, hvis rumdybden pludselig forøges. Samtidigt kan der være konstruktive begrænsninger i facadens bærende system, som ikke tillader større vinduer.

Procesmæssig optimering er en balancegang, hvor det tværfaglige overblik er helt essentielt, ikke mindst hvis der opstår akut behov for 'brandslukningsløsninger' for at kunne løse de tværfaglige dilemmaer.

**Det tværfaglige løsningsrum indsnævres, løsningsmulighederne bliver færre - og typisk dyrere - jo mere fremskreden processen er. I værste fald er det ikke muligt at opnå minimumskrav til dagslys.**

### Ændring af plantegning

Ændringer i planløsningen giver pludselig dybere rum.

### Bærelinjer kvalitetssikres

Den oprindelige placering af vinduer må ændres pga. krav til facadekonstruktionernes bærelinjer.

### Klimamålsætninger

Ændring af primært materiale i det bærende system fra tung til let grundet klimamålsætning.

### Solafskærmning spares væk

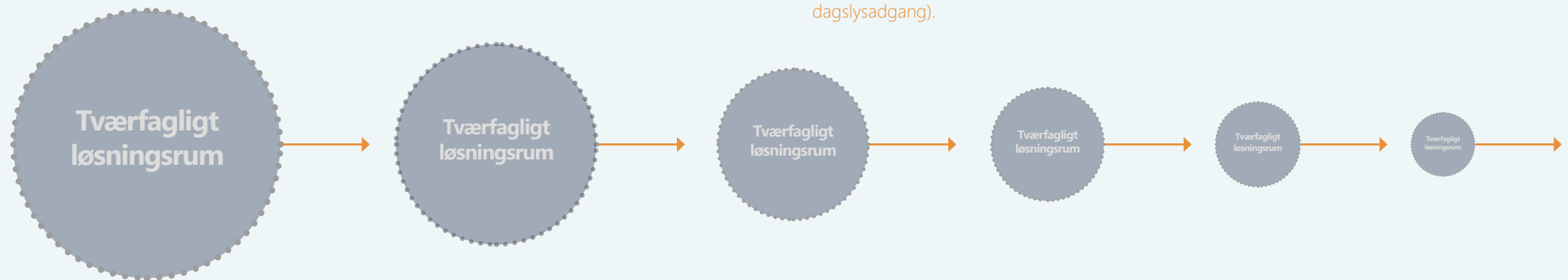
Grundet økonomi spares solafskærmningen væk - umiddelbart positivt ift. dagslys, men brandslukning ift. det termiske indeklima (kan derfor potentielt resultere i reduceret dagslysadgang).

### Færre oplukkelige vinduer

Grundet økonomi reduceres antallet af oplukkelige vinduer, hvilket er kritisk ift. det termiske indeklima (kan derfor potentielt i sidste ende udfordre dagslyset).

### Fejlhåndtering på byggepladsen

Fejlbestilling af vinduer ift. LT/g-værdier eller forkert håndtering af rudetyper på byggepladsen.



Figur 1.15 Typiske projektændringer i i bygningsprojekteringen som kan udfordre dagslyset

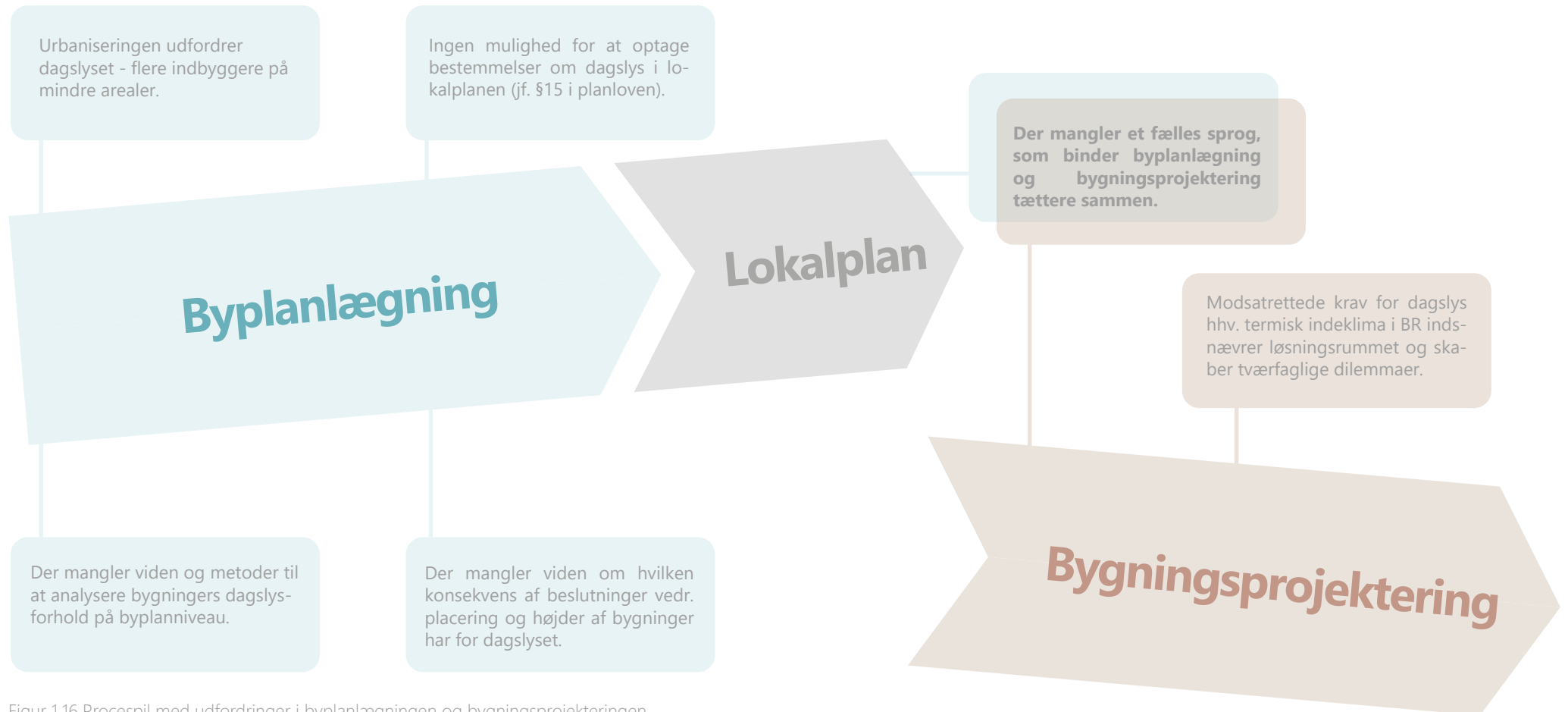
## Dagslyset er udfordret

Det er vanskeligt at skabe gode dagslysforhold i vores bygninger i dag, hvor flere elementer udfordrer dagslyset. Den urbane udvikling stiller krav til en tættere bebyggelse og flere etagemeter til det stigende indbyggertal i de større byer, hvilket giver dagslyset svære kår, særligt i de nederste etager. Der findes

ikke lovgivning og metoder omkring dagslys i byplanlægningsprocessen og i bygningsprojekteringen udfordrer lovgivningen dagslyset med modsatrettede krav og skaber tværfaglige dilemmaer, der reducerer løsningsrummet for det gode dagslys. Fælles for dem alle er, at de relaterer til den tværfaglige rammesæt-

ning af dagslyshåndteringen. I dag håndteres byplanlægning og bygningsprojektering som to adskilte processer, hvor lokalplanen er bindeledet imellem dem. Men da der hverken er procesmæssig eller beregningsmæssig sammenhæng mellem de to processer, udfordrer dette dagslyset betydeligt.

Der mangler implementering af ny viden og nye metoder i både byplanlægningen og bygningsprojekteringen, og der mangler en helt ny og bevidst tilgang til dagslysprojektering, som går på tværs af processerne og faglighederne.



Figur 1.16 Procespil med udfordringer i byplanlægningen og bygningsprojekteringen



# *Hvilken viden*

og hvilke metoder er der behov for?

## Behov for fælles sprog

Det er ambitionen, at denne publikation skal kunne læses og forstås af alle dem, som arbejder med dagslys i det bebyggede miljø. Derfor henvender dette afsnit sig bredt og tværfagligt til alle målgrupper i processen, herunder kommuner, byplanlæggere, bygherrer og de praktiserende rådgivere. I det følgende afsnit vil det blive uddybet, hvilken viden samt hvilke metoder, der er behov for, for bedre at kunne håndtere udfordringerne fra de brændende platforme. Både byplanlægningsprocessen og bygningsprojekteringen kalder på et kompetenceløft indenfor hver disciplin, samtidigt med at de to processer, byplanlægningen og bygningsprojektering, også bør knyttes tættere sammen. Derfor er der behov for etablering af en tværfaglig fælles referenceramme, et *fælles sprog*, for at kunne styrke samarbejdet omkring bedre dagslysforhold på tværs af fag og processer.

*Et fælles sprog* udgøres i denne kontekst af en begrebsramme, som anvendes i dialogen om dagslysets tværfaglige udfordringer. I begrebsrammen "oversættes" udvalgte monofaglige udtryk, som relaterer sig til dagslyssystematikken fra de to processer, henholdsvis byplanlægningen og bygningsprojekteringen.

*Et fælles sprog* gør det muligt at synliggøre og sammenligne forskellige perspektiver af den samme problemstilling. Det er et vigtigt element at kende de andre parter processer og beslutningsgrundlag, når der skal findes løsninger på tværfaglige problemstillinger. Det overordnede formål med et fælles sprog er at skabe udgangspunkt for dialog og bedre sammenhæng mellem de faglige og tværfaglige diskurser i processen. Begrebsafklaringen har derfor fået en central placering i denne publikation for at sikre, at alle målgrupper orienterer sig i de vigtigste begreber, som har direkte og/eller indirekte relation til, hvordan man kan forbedre dagslysforholdene.





# Byplanrelaterede begreber

## Byplanlægning

Offentlig planlægning og forvaltning af en kommunes fysiske udvikling med hensyn til omdannelse og fornyelse af nuværende byområder. Et andet ord som anvendes er bydesign.

## Plantyper (formelle)

Flere love indeholder bestemmelser om udarbejdelse af planer og plantyper der knytter sig hertil, f.eks. kommuneplaner, lokalplaner, bebyggelsesplaner mv.

## Byplan

En kommunal plan der i tekst og tegninger angiver, hvordan en by eller en bydel skal anlægges, udvikles eller fornyes. Kan fastlægges i en lokalplan med bindende bestemmelser om anvendelse og bebyggelse mv.

## Planlov og relateret lovgivning

Danner grundlag for de offentlige myndigheders fremtidige arealanvendelse med afvejning af offentlige og private interesser. Planloven ligger til grund for kommuneplaner og lokalplaner (byplanhåndbogen).

## Plantyper (uformelle)

Mange kommuner anvender forskellige betegnelser for plantyper, der ikke fremgår af lovgivningen. Disse anvendes ofte forud for en formel planlægningsproces, som et mellemled mellem kommuneplan og lokalplan. Disse plantyper kan f.eks. være helhedsplan, masterplan, byudviklingsplan, dispositionsplan mv.

## Lokalplan

Offentlig planlægning og forvaltning af en kommunes fysiske udvikling med hensyn til omdannelse og fornyelse af nuværende byområder. Et andet ord som anvendes er bydesign.

## Kommuneplan + kommuneplantillæg (overordnede rammer)

Overordnet plan for hver af landets kommuner, og formidler kommunalbestyrelsens prioriteringer i relation til arealanvendelse i området. Er bindeled mellem landsplanlægning og lokalplanlægning. Kommunens planlægning skal være åben for offentlighedens indflydelse og gælder i 12 år frem.

## Helhedsplaner

Tilkendegiver en struktur for et givet område og er et politisk vedtaget styringsredskab.

## Projektolkalplan

Betegnelse for en lokalplan, der udarbejdes i et kendt projekt.

# Byplanrelaterede begreber

## Bebyggelsesprocent

Danner grundlag for de offentlige myndigheds fremtidige arealanvendelse med afvejning af offentlige og private interesser. Planloven ligger til grund for kommuneplaner og lokalplaner (byplanhåndbogen).

## Bebyggelsesplan

Danner grundlag for de offentlige myndigheds fremtidige arealanvendelse med afvejning af offentlige og private interesser. Planloven ligger til grund for kommuneplaner og lokalplaner (byplanhåndbogen).

## Byggeret

Danner grundlag for de offentlige myndigheds fremtidige arealanvendelse med afvejning af offentlige og private interesser. Planloven ligger til grund for kommuneplaner og lokalplaner (byplanhåndbogen).

## Højdegrænseplan

Definerer forholdet mellem bygningens højde, og hvor den må placeres på matriklen i forhold til skel. Er dog ikke reguleret i BR i forhold til etageboliger, men kan reguleres i en lokalplan.

## Typologier

Danner grundlag for de offentlige myndigheds fremtidige arealanvendelse med afvejning af offentlige og private interesser. Planloven ligger til grund for kommuneplaner og lokalplaner (byplanhåndbogen).

# Bygningsrelaterede begreber

## Vertical Sky Component

Et mål for hvor stor en andel af himlen, som er synlig fra et givent punkt i en facade. VSC udtrykkes i procent og tager udgangspunkt i en CIE-overskyet himmel. En VSC på 39,6 % er den maksimalt opnåelige andel for et facadevindue, hvor der ingen eksterne skygger er.

## Dagslysforhold

Den visuelle del af sollyset, som kan ses og opleves inde i rummene, ofte angivet som lux-niveau. Den Europæiske fællesnorm EN17037 belyser vigtigheden af, at dagslyssdesign også bør tage hensyn til aspekter såsom udsyn, direkte sollys samt blændingsforhold.

## 300 lux-metoden

Beregningsmetode som efterviser BR-krav i forhold til dagslys. Anviser at der bør være mindst 300 lux i mindst halvdelen af rummet (50 cm højde), i mindst halvdelen af dagslystimerne set over et år (boliger). 300 lux-metoden er en relativt kompleks og dynamisk beregning, som baserer sig på referencedata for vejrforhold det aktuelle sted. Metoden viser hvordan dagslyset fordeles inde i rummet.

## Himmelgrænseplan

Angiver grænsen mellem områder i rummet, som modtager direkte himmellys, og områder som ikke gør (SBI 219).

## 10 %-metoden

Beregningsmetode som efterviser dagslyskrav i BR. Anviser at der bør være mindst 10 % glas i facaden i forhold til rummets gulvareal. 10 %-metoden er en relativt simpel beregning, som baserer sig udelukkende på de geometriske forhold, og tager derfor ikke højde for vinduernes orientering, årstid eller tidspunkt på dagen. Metoden siger heller ikke noget om hvordan dagslyset fordeles i selve rummet.

## Luxniveau

Anvendes til at angive hvor stor en mængde naturligt lys, der rammer en flade i rummet. I BR er der krav til min. luxniveau for boliger henholdsvis arbejdspladser.

## CIE-overskyet himmel

Svarer til en helt overskyet himmel, hvor CIE står for den internationale belysningskomite (Commission Internationale de l'Eclairage).

## Window-to-wall-ratio (WWR)

Angiver hvor stor en andel af facaden, der udgøres af vinduer.

## Korrektionsfaktorer

Anvendes i 10 %-metoden når der er forhold som formindsker dagslysadgangen til vinduerne i rummet, f.eks. modstående bygninger. Korrektionsfaktorer udtrykker procentuelt, hvor meget dagslyset reduceres hvis der f.eks. er skygger fra omgivelserne, udhæng over vinduet osv.

# Bygningsrelaterede begreber

## Facadedesign

Udtryk for hvordan materialevalg, vinduesdisponering samt proportioner påvirker facadens (æstetiske) udtryk. Er bestemmende for hvor meget lys og varme, der kommer ind i rummet.

## Tværventilation

Er et ventilationsprincip, som udnytter naturlig ventilation f.eks. ved hjælp af flere oplukkelige vinduer i flere facader. Anvendes typisk i boliger til at bortventilere overskudstemperaturer om sommeren, og er mere effektiv end *ensidet ventilation*. Kræver dog en planløsning, hvor boligen har adgang til flere forskellige facader, f.eks. nordvendt henholdsvis sydvendt.

## Termisk indeklima

Definerer den fysiske påvirkning fra temperaturen i et rum. I BR er der krav til den indendørs temperatur for at det skal være komfortabelt at opholde sig – både max og min temperaturer.

## Ensidet ventilation

Er et ventilationsprincip, som udnytter naturlig ventilation f.eks. ved hjælp af ét oplukket vindue i én facade. Ses ofte i små lejligheder eller studieboliger, hvor lejligheden kun har adgang til én facade. Er knap så effektiv, som tværventilation til at bortventilere overskudsvarme om sommeren. Er kontekstbetinget, hvorfor f.eks. skygger fra eksterne bygninger fordrer et større glasareal end 10 %.

## Varmekapacitet

Angiver hvor godt et materiale er til at optage henholdsvis afgive varme. Beton, som er et tungt materiale, har en høj varmekapacitet, og kan derfor i højere grad reducere overtemperaturer i et rum end lette materialer som f.eks. træ.

## Viden på byplanniveau

Som en del af denne publikation udvikles en metode, der tilføjer viden til planlægningsprocessen om de kommende bygningers dagslysforhold. Dette afsnit vil derfor udfolde følgende spørgsmål:

### Hvilken viden skal tilvejebringes i by- og lokalplanfasen for at kunne udnytte potentialerne i den udviklede metode?

Når der skal tilføres viden til by- og lokalplanlægningsfaserne, er det afgørende at overveje, hvilke fagligheder der traditionelt agerer i disse faser. Her er det naturligt at se på byplanlæggerens roller. Som lokalplanlægger indtager man i høj grad en koordinerende rolle. Lokalplanens tilblivelse er et udtryk for en afvejning af udviklers ønsker og offentlige interesser for det pågældende areal holdt op imod kommuneplanens rammer og retningslinjer samt eventuelle miljø-, natur- og landskabelige forhold som eksempelvis støj, dyreliv, kystbeskyttelse.

Som byplanlægger kan man ikke være fagekspert på alle områder, men der er behov for, at man er i stand til at kunne tolke resultater fra de forskellige analyser, man stilles overfor. Derfor er der i denne sammenhæng behov for, at byplanlæggeren har et grundlæggende kendskab til, hvad der skaber gode dagslysforhold i de efterfølgende bebyggelser, og der er behov for viden om, hvilke analyser og hvilke resultater, der kan efterspørges, og hvordan disse kan bruges til at vurdere og forbedre dagslyskvaliteten på et givent område.

Ud over de konkrete analyser er der også behov for at vide, om de beslutninger der træffes i lokalplanen f.eks. vedr. altaner, bebyggelses-

procenter, bygningsdybder og -størrelse på gårdrum i karré-bebyggelser m.m. kan gennemføres uden, at de medfører evt. dispensationer for dagslyskrav i byggesagsbehandlingen. En række spørgsmål kan stilles:

- Hvad betyder en ændring i byggehøjder på to etager for dagslyset?
- Hvor er grænsen mellem bebyggelsesprocent og muligheden for faktisk at udlægge nederste etage i en karré-bebyggelse til boliger, når dagslyskrav skal overholdes?
- Kan et område i en bebyggelse udlægges som ensidigt belyste lejligheder for at maksimere m<sup>2</sup> i byggeretten?

Det er en viden i en detaljegrad, der ikke kan rummes af tommelfingerregler eller helt simple retningslinjer, men omvendt også helt typiske spørgsmål, der ønskes besvaret i denne fase. Netop derfor er det afgørende, at der faktisk findes eller udvikles metoder, der kan sammenholde de nævnte parametres betydning for dagslys og give konkret feedback til planlægningen af det enkelte projekt.

For at de udviklede metoder finder anvendelse, er der behov for viden om, hvordan der som en del af planlægningen kan stilles krav til de rådgivere og bygherrer, man ønsker, der skal foretage disse analyser. Hvordan skal rådgiverne udføre analyserne? Hvordan skal resultaterne formidles? Hvordan kan resultaterne konkret benyttes i lokalplanarbejdet?



Hos byplanlæggeren er der behov for viden på et niveau, der gør, at det er muligt at fortolke analysernes resultater og benytte dem til forbedring og justering af den overordnede planlægning. Der er også behov for at kunne viderefordre til det politiske niveau, der skal godkende lokalplanen.

Men før analyser og formidling må man erkende, at dagslys på lige fod med parametre som støj og miljøforhold, skal indgå allerede i de indledende planlægningsmæssige faser. Inddragelse af dagslys og dermed også dagslyskompetencer er en forudsætning for at opnå et videnskabsmæssigt afkast på et niveau, der vil kunne bidrage kvalitativt igennem planlægningsprocessen.

Formålet med denne publikation er i den sammenhæng netop at klæde byplan- og lokalplanaktører på, så de efterfølgende kan anvende de metoder og vejledninger, der er udviklet. For de, der konkret ønsker at gennemføre vurderinger og analyser, findes metodevejledningen i publikationens appendix.

Når rådgiverne eller bygherren gennemfører disse analyser, beriges by- og lokalplanlægningen med viden, der helt konkret skaber bedre byggeprojekter og bedre samarbejder omkring dagslys og indeklima i de senere faser.

### De oplagte fordele

Metoden udviklet i projektet kan anvendes uanset, om der arbejdes med projektlokalplaner eller "traditionelle" lokalplaner udviklet uden sigte mod et specifikt projekt og uanset hvem der er den "udførende" part i udviklingen af en lokalplan; rådgiver hyret af en kommune, kommunen selv eller en tredje part.

Metoden giver først og fremmest mulighed for at arbejde proaktivt med at skabe bedre dagslysforhold og samtidig håndtere ønsker om bybyggelsesprocenter, bygningshøjder, friarealer eller andre bestemmelser i lokalplanen.

De oplagte potentialer i inddragelse af dagslysvurderingerne kan beskrives overordnet i følgende punkter:

- Der opnås større sikkerhed for, at de udlagte m<sup>2</sup> kan opfylde den funktion de er tiltænkt.
- Mindre risiko for efterfølgende dispensationer fra lokalplanen eller bygningsreglementets krav til dagslys
- Mindre risiko for tilbageløb eller omprojektering i de efterfølgende projekteringsfaser
- Et større løsningsrum for de projekterende når krav til facadearkitektur, indeklima og dagslys skal mødes.
- Bedre dagslysforhold for kommende beboere i lejlighederne

Der skabes med andre ord værdi for både myndigheder, bygherrer og rådgivere.



## Viden på bygningsniveau

Før 2018 skulle der afleveres dokumentation for overholdelse af dagslys krav i forbindelse med myndighedsprojekt. I dag skal denne dokumentation foreligge ved ibrugtagning som en del af det samlede materiale ved færdigmelding af en byggesag. Kommunalbestyrelsen udfører stikprøvekontrol på 10 % af byggesagerne for at bekræfte, at det pågældende byggeri kan leve op til Bygningsreglementets krav.

Processen forud for denne milepæl kaldes i daglig tale for bygningsprojekteringen, og den udgøres af en række faser, der anvendes til at beskrive progressionen i det givne projekt. Da dagslysforsøgene udføres løbende af en lang række beslutninger, som foretages af forskellige parter igennem hele projekteringsprocessen, vil dette afsnit derfor udfolde følgende spørgsmål:

### Hvilken viden kan tilvejebringes i bygningsprojekteringen, som understøtter gode dagslysforsøge i bygninger?

En forudsætning for bedre dagslysforsøge er, at dagslys håndteres mere proaktivt i projekteringsprocessen og ikke kommer på bagkant, når dagslysforsøgene afslutningsvist skal dokumenteres. Det kræver dog et tidligere tværfagligt samarbejde, hvor dagslyskompetencer bringes i samspil tidligt i processen og bidrager med viden om dagslysforsøge på bygningsniveau.

I det følgende afsnit gives et bud på hvordan dette kan imødekommes i processen samt hvilket vidensniveau der er behov for.



## Tre nedslag i processen

Forud for den endelige dokumentation af dagslysforholdene kan der sammenfattes tre væsentlige nedslag i den samlede proces for bygningsprojekteringen, som er afgørende for de resulterende dagslysforhold:

- I den indledende rådgivning hvor de overordnede streger tegnes på volumen- og arealniveau.
- I projekteringen af den egentlige bebyggelse i forslagsfaserne.
- I løsningen af tværfaglige problemstillinger i løbet af projekteringen.

Nedenstående figur illustrerer de tre nedslag, hvor beslutninger påvirker dagslysforholdene i forskellig grad, og hvor der er behov for for-

skellige *niveauer af viden* til at understøtte gode dagslysforhold i processen. Dette spænder fra generel og bred viden i de indledende faser til mere detaljeret og specialiseret viden i takt med, at byggeriet konkretiseres.

I den indledende rådgivning har facaden typisk ikke nogen vinduer – endnu. Vidensniveauet for dette nedslag hviler på den fysiske rammesætning af bebyggelsen (byplanlægningen), og det er på et relativt overordnet niveau i forhold til dagslys. Ikke desto mindre er det vigtigt i netop denne fase at identificere og fokusere på de væsentligste designparametre, som påvirker bygningens dagslysforhold, f.eks.

skygger fra omkringliggende bygninger og ønsker til placering af funktioner i bygningen. Ved at inddrage viden om dagslys tidligt i processen skabes bedre muligheder for den videre design-, projekterings- og dokumentationsproces.

I projekteringen af den egentlige bebyggelse placeres og fastlåses vinduer i facaden, med henblik på at myndighedskrav til dagslysforhold kan overholdes. Da detaljeringsgraden og informationsniveauet i denne fase øges, er der behov for en dybere og mere specialiseret viden om dagslys.

I denne proces anvendes typisk beregnings-

metoderne 10%-metoden eller 300 lux-metoden for at undersøge, hvilken betydning de forskellige designvalg har for dagslysniveauet i bygningen. For at kunne generere brugbar viden i den tidlige fase, skal komplekse bygningsforhold og detaljerede beregningsmetoder omsættes til mere generiske og simple betragtninger.

Når dagslys sættes på en formel – f.eks. igenem 10 %-metoden eller 300 lux-metoden - er det vigtigt at bemærke, at metoderne giver en teoretisk afbildning af virkeligheden, og afspejler ikke nødvendigvis de *reelle* dagslysforhold. Der er også forhold, som metoderne ikke håndterer, og som har betydning for dagslyset. Eksempelvis tager 10 %-metoden ikke højde for bygningens orientering, som har indflydelse på de reelle dagslysforhold.

Derfor er det også vigtigt, at metoderne anvendes med omhu, og at valg af metode vurderes ift. det givne projekt.

I løsningen af tværfaglige problemstillinger i løbet af projekteringen er der typisk behov for mere specialiseret viden omkring dagslysets samspil med andre parametre, herunder det termiske indeklima, facadens bærende system, muligheden for oplukkelige vinduer mv. Dette nedslag fordrer ikke kun et dybere vidensniveau om dagslys, men stiller derved også krav til tættere samarbejder på tværs af fag.

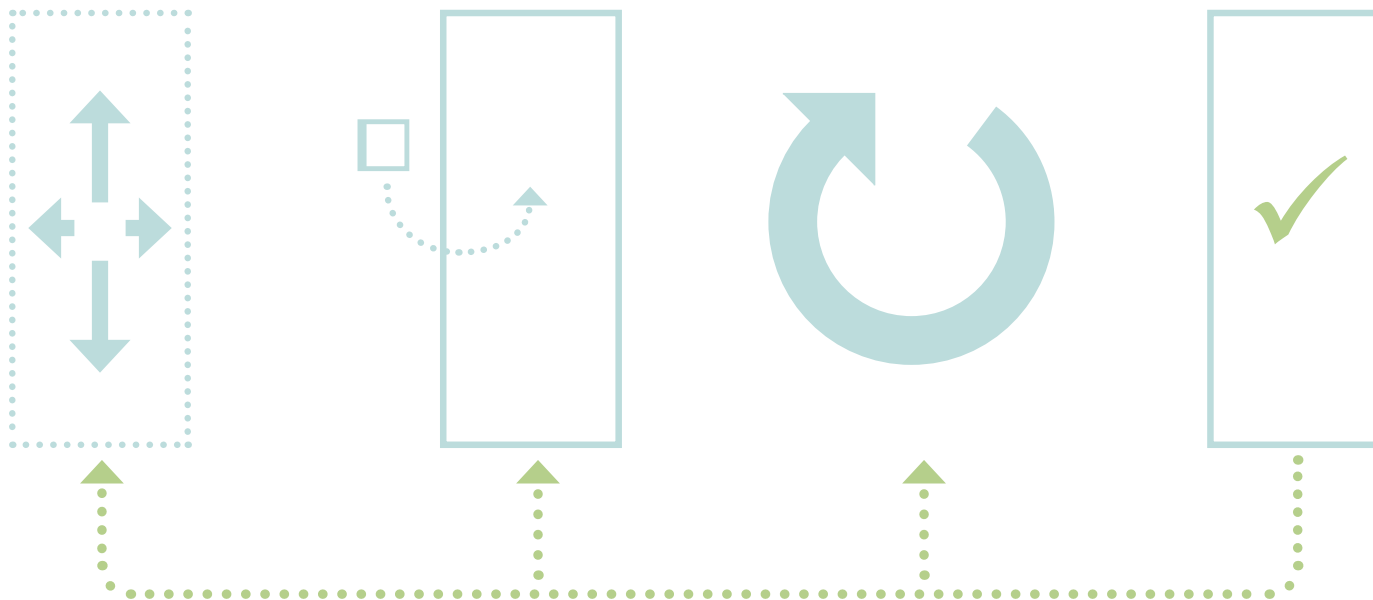
I det følgende afsnit vil nogle af de mest almindelige problemstillinger blive præsenteret for at illustrere den komplekse sammenhæng mellem dagslys og tværfaglige tematikker.

### Indledende planlægning af bebyggelsen

### Vinduer placeres og låses i facaden

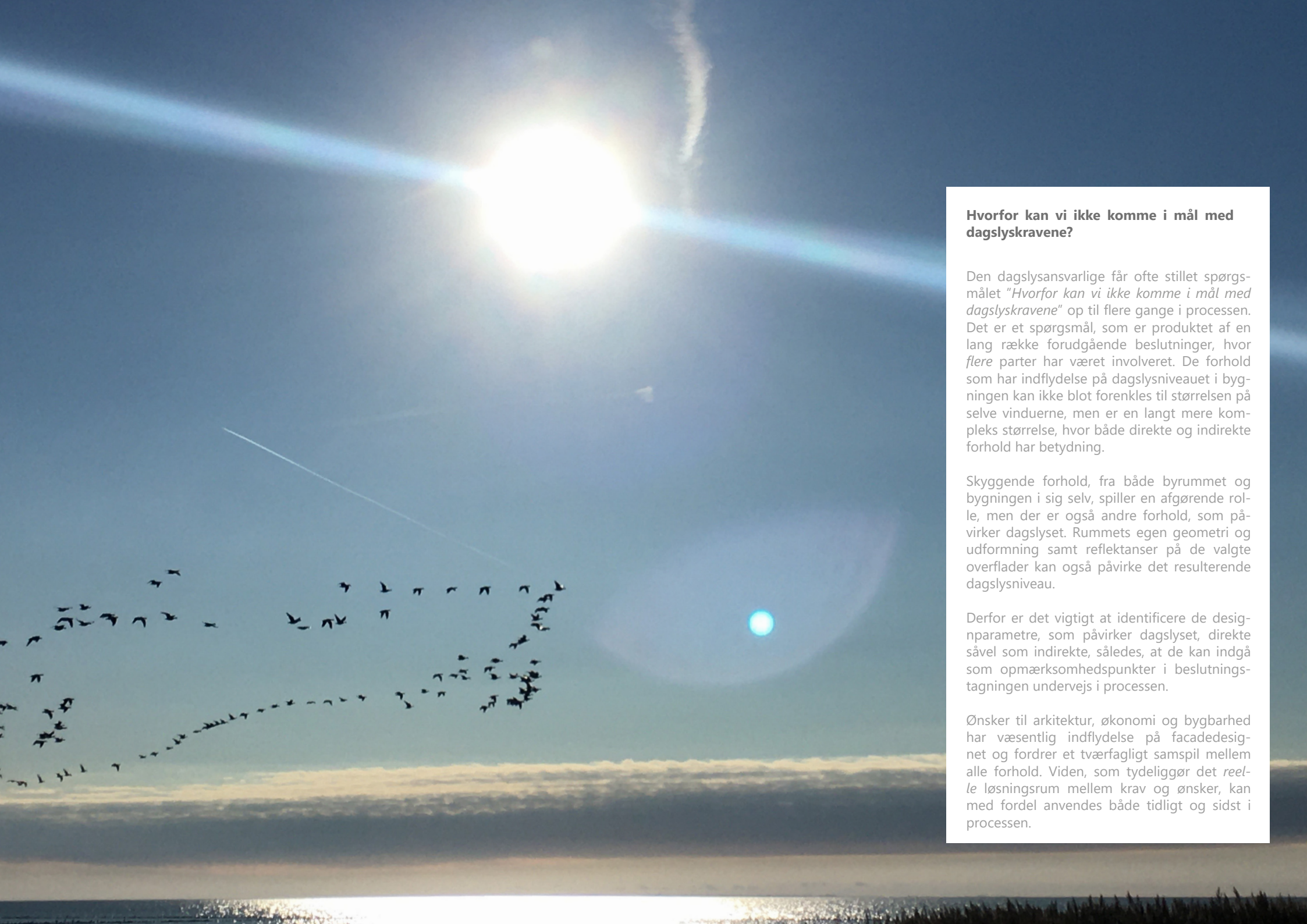
### Løsning af tværfaglige problemstillinger

### Nødvendig viden om dagslys i bygningen fødes ind i processen



Figur 2.1 Tre nedslag i processen som er afgørende for de resulterende dagslysforhold





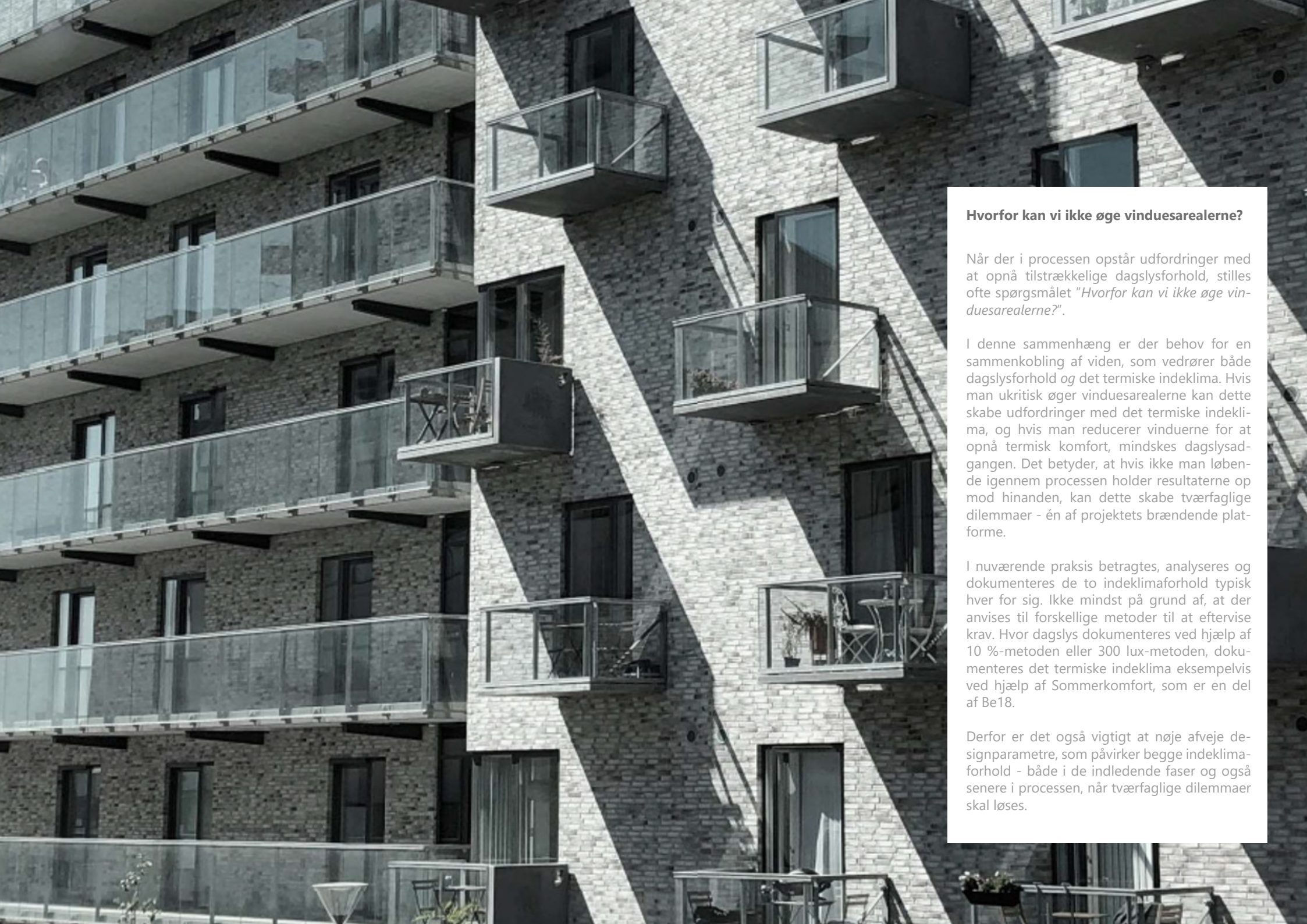
### **Hvorfor kan vi ikke komme i mål med dagslyskravene?**

Den dagslysansvarlige får ofte stillet spørgsmålet "*Hvorfor kan vi ikke komme i mål med dagslyskravene*" op til flere gange i processen. Det er et spørgsmål, som er produktet af en lang række forudgående beslutninger, hvor flere parter har været involveret. De forhold som har indflydelse på dagslysniveauet i bygningen kan ikke blot forenkles til størrelsen på selve vinduerne, men er en langt mere kompleks størrelse, hvor både direkte og indirekte forhold har betydning.

Skyggende forhold, fra både byrummet og bygningen i sig selv, spiller en afgørende rolle, men der er også andre forhold, som påvirker dagslyset. Rummets egen geometri og udformning samt refleksioner på de valgte overflader kan også påvirke det resulterende dagslysniveau.

Derfor er det vigtigt at identificere de designparametre, som påvirker dagslyset, direkte såvel som indirekte, således, at de kan indgå som opmærksomhedspunkter i beslutningstagningen undervejs i processen.

Ønsker til arkitektur, økonomi og bygbarhed har væsentlig indflydelse på facadedesignet og fordrer et tværfagligt samspil mellem alle forhold. Viden, som tydeliggør det *reelle* løsningsrum mellem krav og ønsker, kan med fordel anvendes både tidligt og sidst i processen.



### **Hvorfor kan vi ikke øge vinduesarealerne?**

Når der i processen opstår udfordringer med at opnå tilstrækkelige dagslysforhold, stilles ofte spørgsmålet "Hvorfor kan vi ikke øge vinduesarealerne?".

I denne sammenhæng er der behov for en sammenkobling af viden, som vedrører både dagslysforhold og det termiske indeklima. Hvis man ukritisk øger vinduesarealerne kan dette skabe udfordringer med det termiske indeklima, og hvis man reducerer vinduerne for at opnå termisk komfort, mindskes dagslysadgangen. Det betyder, at hvis ikke man løbende igennem processen holder resultaterne op mod hinanden, kan dette skabe tværfaglige dilemmaer - én af projektets brændende platforme.

I nuværende praksis betragtes, analyseres og dokumenteres de to indeklimaforhold typisk hver for sig. Ikke mindst på grund af, at der anvises til forskellige metoder til at eftervise krav. Hvor dagslys dokumenteres ved hjælp af 10 %-metoden eller 300 lux-metoden, dokumenteres det termiske indeklima eksempelvis ved hjælp af Sommerkomfort, som er en del af Be18.

Derfor er det også vigtigt at nøje afveje designparametre, som påvirker begge indeklimaforhold - både i de indledende faser og også senere i processen, når tværfaglige dilemmaer skal løses.

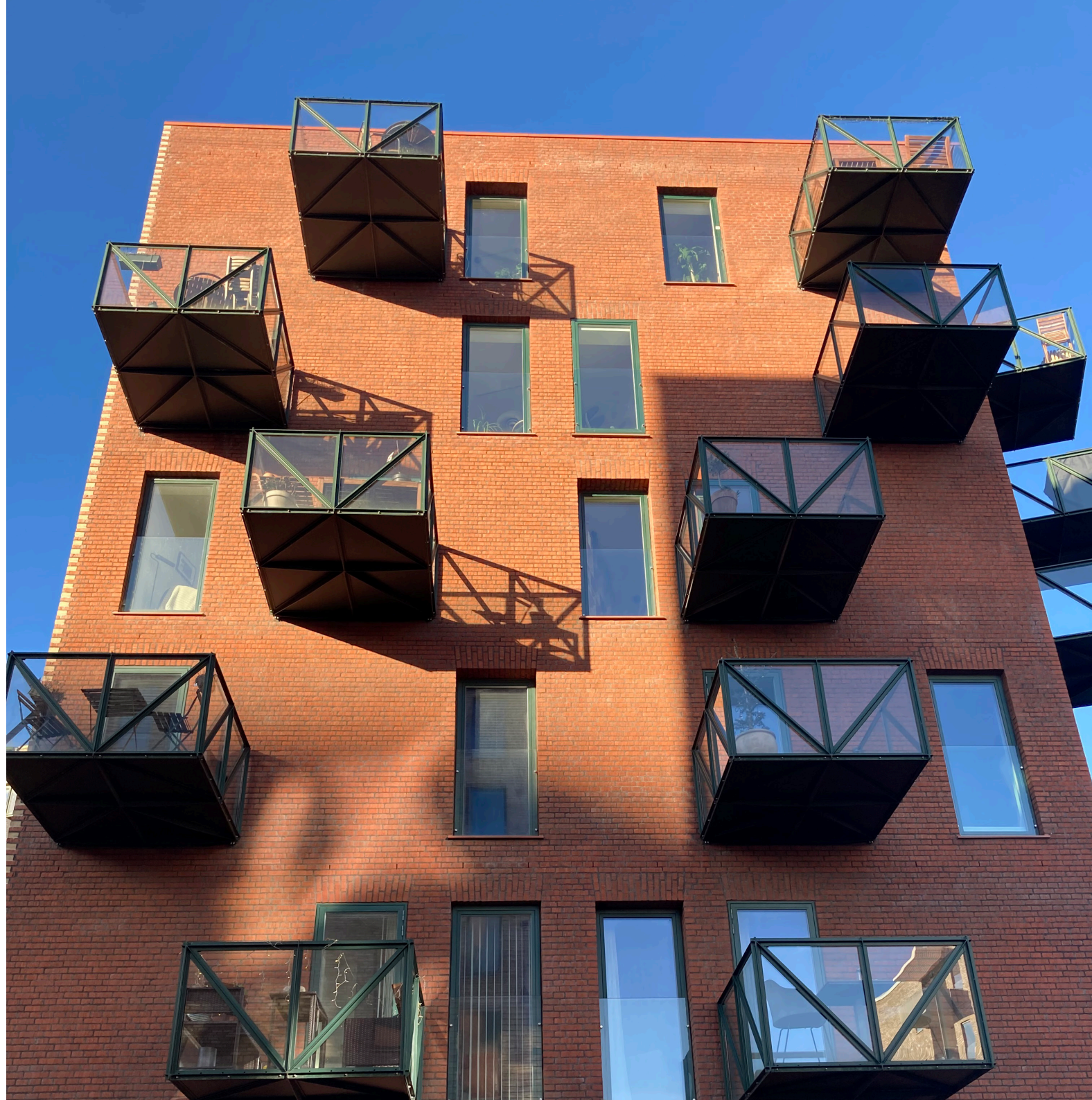
## Hvilken konkret viden kan understøtte projekteringsprocessen?

Denne publikation præsenterer ny viden omkring dagslyshåndtering i bygningsprojekteringen, hvilket bliver uddybet i kapitel 4.

Hensigten med denne viden er at:

- Skabe overblik over processen og potentielle faldgruber undervejs
- Sammenligne karakteristikkere ved de to dagslysmetoder, 10 %-metoden og 300-lux-metoden
- Skabe bevidsthed om fordele og ulemper i anvendelsen af de to dagslysmetoder
- Tydeliggøre koblingen mellem facadedesign, dagslys og termisk indeklima
- Vise hvordan det tværfaglige løsningsrum kan forstørres

Denne viden retter sig primært til rådgivere, herunder dagslysgivere og kan anvendes som et dialogværktøj i de indledende faser, hvor der træffes afgørende beslutninger om bygningens design. Denne viden henvender sig også til byplanlæggere, som arbejder med udvikling af lokalplaner. Ved aktivt at inddrage denne viden tidligt i processen, kan man potentielt reducere tværfaglige kollisioner, og derved fremme de bedste forudsætninger for gode dagslysforhold.



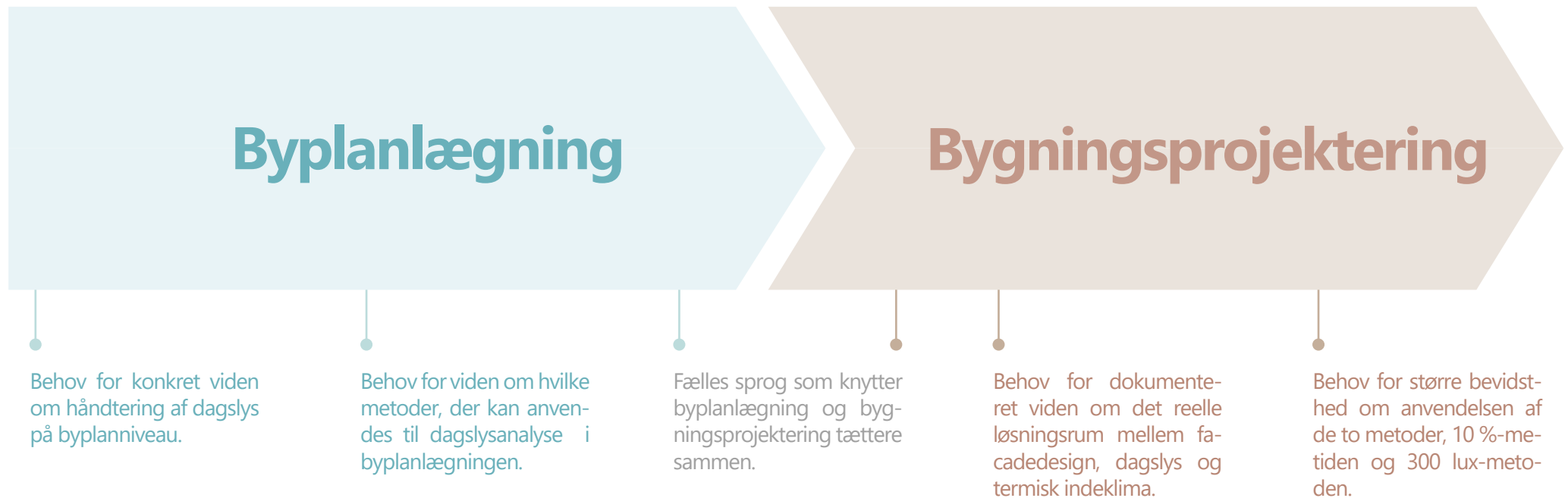
## Hvilken viden og hvilke metoder er der behov for?

For at fremme de bedste forudsætninger for gode dagslysforhold i vores boliger er der behov for at tilføje ny viden i byggeriets praksis, som kan bidrage til den tværfaglige rammesætning af dagslyshåndtering i både byplanlægningsprocessen og i bygningsprojekteringen. I dag håndteres dagslys i bygninger primært i bygningsprojekteringen, men erfaringerne viser, at mange vigtige beslutninger som vedrører dagslysforholdene i de kommende bygninger, bliver truffet allerede i byplanlægningsfasen.

Både byplanlægningsprocessen og bygningsprojekteringen kalder på et kompetenceløft indenfor hver disciplin samtidigt med, at de to processer også bør knyttes tættere sammen. Derfor er der først og fremmest behov for et fælles sprog for at kunne styrke samarbejdet omkring bedre dagslysforhold på tværs af fag og processer.

På byplanniveau er der behov for mere konkret viden om, hvordan man kan håndtere dagslys i byplanlægningen og hvilke metoder, man kan anvende. Derfor anviser denne publikation implementering af en ny metode, VSC-metoden, som er udviklet til dette formål, og som skal understøtte byplanlæggere fremadrettet i arbejdet med dagslys.

På bygningsniveau er der behov for dokumenteret viden, som synliggør det reelle tværfaglige løsningsrum mellem facadedesign, dagslys og termisk indeklima. Dertil er der også brug for en større bevidsthed omkring anvendelsen af de to metoder, 10 %-metoden og 300 lux-metoden for at kunne vælge den bedst egnede til det projektspecifikke formål.



Figur 2.2 Procespil som viser hvilken viden der er behov for.



# ***Hvordan***

understøttes gode dagslysforhold i byplanlægningen?

## Hvordan understøttes gode dagslysforhold i byplanlægningen?

At forbedre dagslysforholdene i det bebyggede miljø kræver viden om den samlede byplanlægningsproces og den dagslysmæssige betydning af de beslutninger, der træffes i denne fase.

I dette kapitel uddybes kommuneplanens og lokalplanens relation til dagslys i bygningerne samt 'State-of-the-art' på, hvordan håndteringen sker i byplanlægningen i dag. Endvidere præsenteres en ny beregningsmetode til håndtering af dagslys på byplanniveau, VSC-metoden, som er udviklet igennem det bagvedliggende projekt samt et konkret eksempel på afprøvning af metoden. Afslutningsvis vises hvilken generel værdiskabelse, der opnås ved anvendelsen af VSC-metoden.

### Kommune og lokalplaners forhold til dagslys

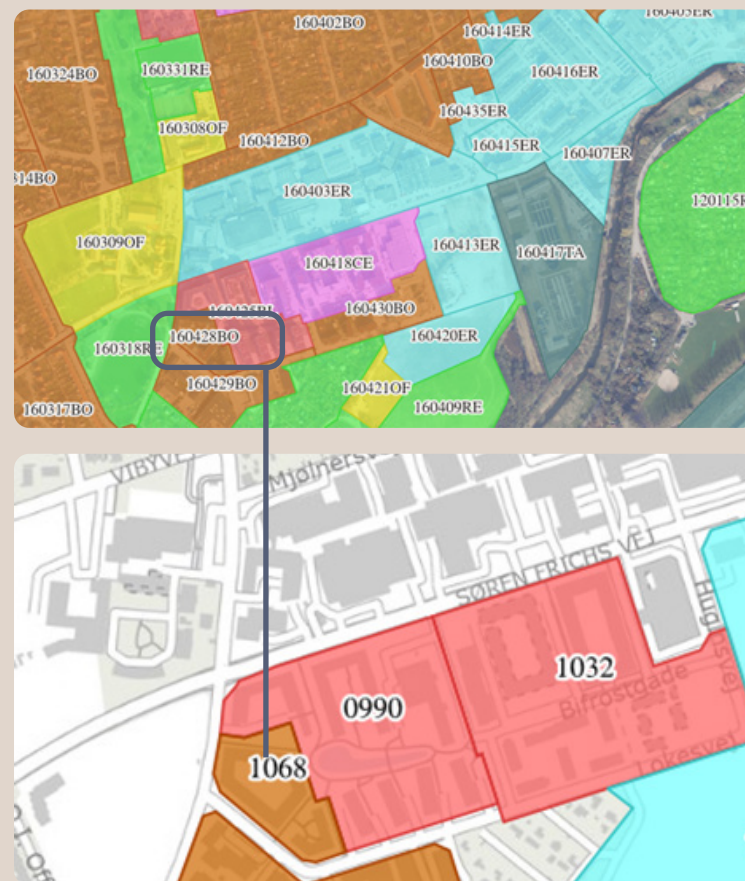
I dette afsnit uddybes kommuneplanens og lokalplanens relation til dagslys i bygningerne ved hjælp af et konkret eksempel fra virkeligheden, casen Lokesvej i Aarhus. Eksemplet viser et byomdannelsesområde, som, via en kommuneplan og lokalplan, overgår fra industri / erhverv til etageboliger. I eksemplet ses der nærmere på de forhold, som fastlægges i disse faser, og som kan have stor betydning for de kommende bygningers dagslysforhold. Området er udvalgt som et repræsentativt eksempel, hvor en lignende proces og udvikling kan findes i en række danske byer.

En kommuneplan er en sammenfattende plan, der konkretiserer kommunalbestyrelsens mål for udviklingen og arealanvendelsen i hele kommunen. En kommuneplan skal omfatte en periode på 12 år, men kan også have strategiske overvejelser, som rækker længere frem (Post, 2018). Kommuneplanen skal angive følgende:

- De overordnede mål for udviklingen (hovedstruktur).
- Hvad forskellige dele af kommunen må anvendes til. Herunder hvad der må ske i eksisterende og nye byområder, samt varetagelse af hensyn til en række naturmæssige og andre værdier udenfor byområder.
- Hvilke rammer, der gælder for indholdet af de mere detaljerede planer for enkelte områder i kommunen (lokalplanrammer)

Allerede i kommuneplanrammen udlægges en række forudsætninger, der kan have betydning for dagslyset, eksempelvis rammer for bebyggelsesprocent, antal etager, byggehøjder samt områdernes overordnede anvendelse.

En kommuneplan med kommuneplanrammer udarbejdes for forskellige områder i en kommune, afhængig af f.eks. fremtidig anvendelse. Herefter kan der, for dele af det område den aktuelle kommuneplanramme dækker, udarbejdes lokalplaner. Lokalplanen skal udarbejdes i overensstemmelse med de rammer, der er givet i kommuneplanen.



Figur 3.1 Kortet øverst viser et overblik over forskellige rammeområder for kommuneplanen 2013 for Aarhus kommune. Det konkrete eksemplets område - kommuneplanramme 160428BO er markeret. Nederst ses Lokalplanen for området (Aarhus Kommune, 2017).

### Tillæg til kommuneplanen

I nogle tilfælde kan der, som en del af lokalplanprocessen, fremkomme ønske om f.eks. højere bebyggelsesprocenter eller byggeri i flere etager end det, der er angivet i kommuneplanen. For at lokalplanen kan blive i overensstemmelse med kommuneplanen, kræves der således et *tillæg* til kommuneplanen, der svarer til det, man ønsker at indskrive i lokalplanen. Et sådant tillæg kan have stor betydning for de fremtidige skyggeforhold og dermed de niveauer af dagslys, der potentielt kan tilvejebringes i bygningen og boligerne efterfølgende.

I område 160428BO (fig. 3.1) er der, som beskrevet i områdets lokalplan (Aarhus Kommune, 2017), udarbejdet et tillæg til kommuneplanen, hvor både bebyggelsesprocent og bygningshøjde er ændret, så der kan opføres etageboliger. Rent konkret ændres den tillad-

te bebyggelsesprocent fra 60 til 185%, og den tilladte bygningshøjde ændres fra 10 til 21 meter. Disse tiltag resulterer typisk i en tættere og højere bebyggelse med flere potentielle skygger end i den oprindelige kommuneplan.

### Bestemmelser i lokalplanen

Bygningshøjde, bebyggelsesprocent og antal etager er ikke de eneste dagslysrelevante parametre, der beskrives i lokalplanerne. I henhold til §15 i planloven kan der optages bestemmelse omkring en række forskellige forhold, der har større eller mindre indflydelse på dagslysniveauet i de fremtidige bygninger, der opføres i det område, lokalplanen er gældende for. Det er eksempelvis:

- Størrelse og afgrænsning af området som lokalplanen er gældende for

- Bebyggelsens omfang og placering på grunden
- Anvendelse
- Bevarelse af beplantning
- Andel af friarealer
- Vej- og stiforhold
- Regulering af boligætheden

Der kan imidlertid ikke direkte optages bestemmelser omkring dagslys i lokalplanen (jf. §15 i planloven (Kirkeministeriet, 2020)). I dette kapitel er der vist eksempler på, hvorledes byplanlæggere alligevel forsøger at sikre, at der tages højde for dagslys som designparameter. De manglende dagslysbestemmelser i planloven og den tilhørende manglende konsensus omkring analysemetoder i branchen har betydet mindre ensretning i, hvorledes og om dagslys håndteres i disse faser. Ud fra lokalplanen eller sideløbende med ud-

viklingen af lokalplanen udarbejder de skitserende arkitekter de første volumenstudier af det kommende byggeri. Volumenstudierne genereres for at illustrere, hvordan lokalplanens bestemmelser kan fremstå, og hvilke muligheder henholdsvis bindinger studierne giver for disponering af grunden, der bygges på. Traditionelt set er det her de første vurderinger af dagslysforhold på terræn, udearealer og på bygningerne sker. I lokalplanen for det omtalte område findes eksempelvis skyggediagrammer baseret på de helt tidlige 3D-modeller, men uden vurdering af dagslysniveauer på facaderne. Et sådant eksempel er vist i figuren nedenfor (fig. 3.2). Figuren angiver alene skyggeforhold ud fra tidspunkter på dagen og året og anvendes udelukkende til vurdering af skygge på terræn for "eget" byggeri og nabo-bygninger. De forholder sig ikke til niveauer af dagslys i de kommende boliger og dermed ek-



Figur 3.2 Eksempel på skyggediagrammer for den 21.juni henholdsvis kl. 9, kl. 12 og kl. 16. (Københavns Kommune, 2017)

sempelvis ikke dagslyskonsekvenser af altaner, dybe boliger eller snævre gårdrum. Ovenstående er blot ét eksempel på, hvorledes man fra planlæggerens og kommunernes side forsøger at tage højde for dagslys i kommende bebyggelser på trods af manglende hjemmel i lovgivningen.

Der findes i dag en række eksempler på forskellige metoder til dagslysvurdering i lokalplanlægningen. På de følgende sider vises eksempler på disse metoder samt udfordringerne ved brug af disse.

#### **Hvordan understøttes de gode dagslysforhold?**

At kunne understøtte udviklingen af byggerier med gode dagslysforhold i de tidlige planlægningsfaser kræver, at de forhold, der kan optages bestemmelse om i kommuneplan og lokalplan, kan sammenfattes og anvendes i konkrete analyser af dagslyset. Det er også afgørende, at de anvendte analysemetoder forholder sig til dagslys i de kommende boliger, og giver brugbar feedback til lokalplanlæggere, bygherrer og politiske beslutningstagere.

Den manglende hjemmel for direkte at kunne optage bestemmelse om dagslys i lokalplanerne (jf. planlovens §15) har i den forbindelse tydelige konsekvenser. Gennem dialog med kommuner og planlæggere har særligt den manglende ensretning af analysemetoder og usikkerhed i håndtering af dagslys som designparameter været fremtrædende. Det afspejles også i de store forskelle, der er i kommunernes nuværende håndtering af dagslys i denne fase.





## Eksempler på nuværende dagslyshåndtering på byplanniveau

Kommuner og byplanlæggere ser planlovens manglende mulighed for at optage bestemmelser om dagslysforhold som et benspænd. Samtidig er det erkendt, at det er nødvendigt at understøtte gode dagslysforhold allerede i byplanlægningsfaserne, for at sikre et realistisk løsningsrum. Derfor kan man opleve flere eksempler på, at byplanlæggerne ud fra en række forskellige metoder alligevel forsøger at inddrage dagslyset i udvikling af lokalplaner.

I de følgende afsnit ses der nærmere på, hvordan kommunerne på forskellig vis tilgår dagslys i byplanlægningen - trods manglende vejledninger og manglende ensretning på dagslysområdet.

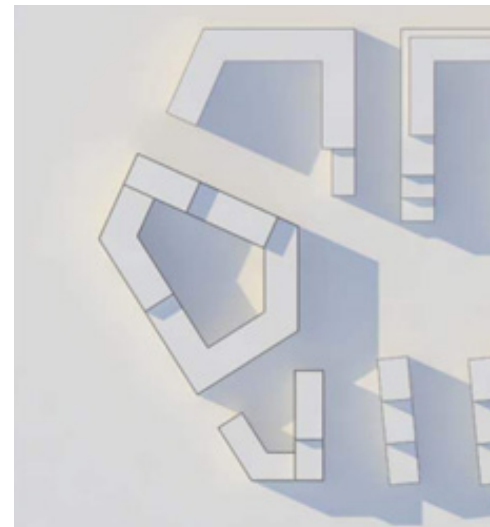
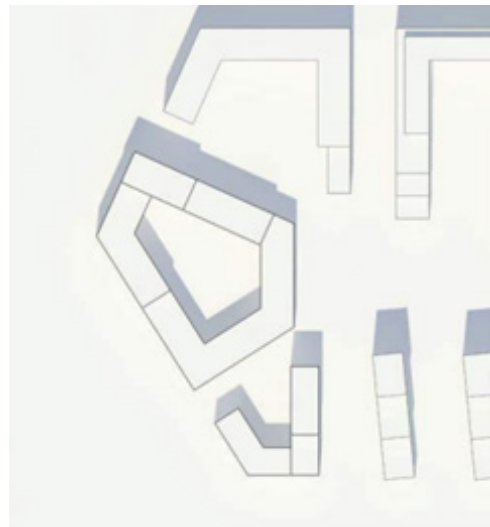
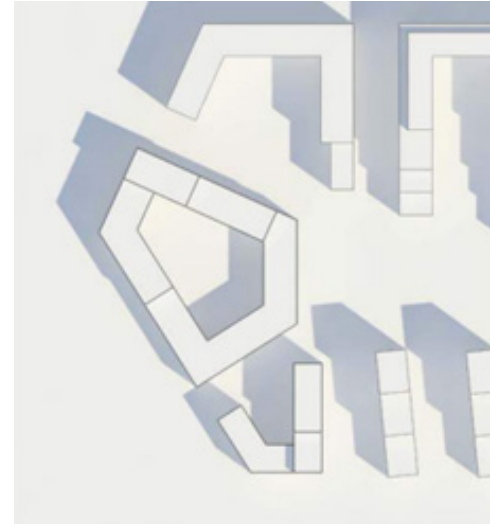
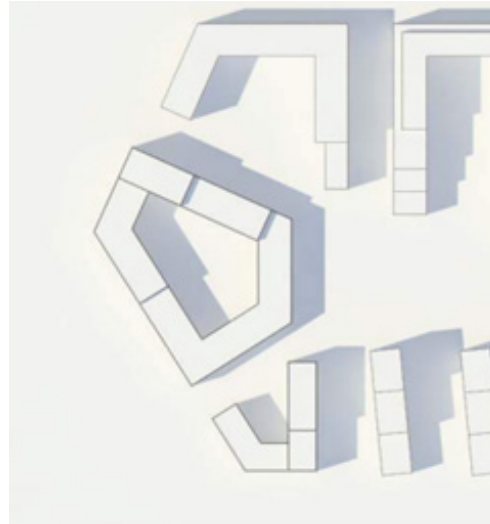
### Eksisterende metoder

I det følgende vises tre eksempler på, hvordan dagslys i dag, håndteres.

De tre eksempler på eksisterende metoder er:

- Skyggediagrammer (fig. 3.3)
- Soltimer på terræn og facade (fig. 3.4)
- Sigtelinjer / krav til afstand til nabobygninger (fig. 3.5)

Behovet for at inddrage dagslys som parameter ses også i flere kommuners arbejde med *bygherrevejledninger*. Bygherrevejledninger beskriver bygherrens leverancer i forbindelse med de tidlige planlægningsfaser. Herfra nævnes eksempelvis skyggediagrammer, soltimeanalyser på facader og soltimeanalyser på opholdsarealer. Disse analyser har alle forskelligt formål f.eks. vurdering af dagslyskvaliteter i underum, mulighed for adgang til direkte sollys eller vurdering af skyggedannelse på egen eller nærliggende bebyggelse.



### Skyggediagram

Viser skyggedannelser for bebyggelsen over døgnet på bestemte dage. Skygger vises normalt for forårsjævndøgn, sommersolhverv, efterårsjævndøgn og vintersolhverv. Metoden anvendes typisk til at vurdere skyggedannelse og soltilgang i planet – det vil sige på terræn samt på nabobygningers udearealer. Metoden giver ingen indikation af dagslysniveauer på facader.



***Det anbefales, at der standardmæssigt indhentes skyggeoplysninger for alle fire årstider på bestemte datoer og tidspunkter.***

*Krav i bygherrevejledning,  
Aarhus Kommune*

Figur 3.3 Illustrationerne viser skyggediagrammer for lokalplanområde 1068 den 21. juni henholdsvis kl. 9, 12, 15 og 19 .

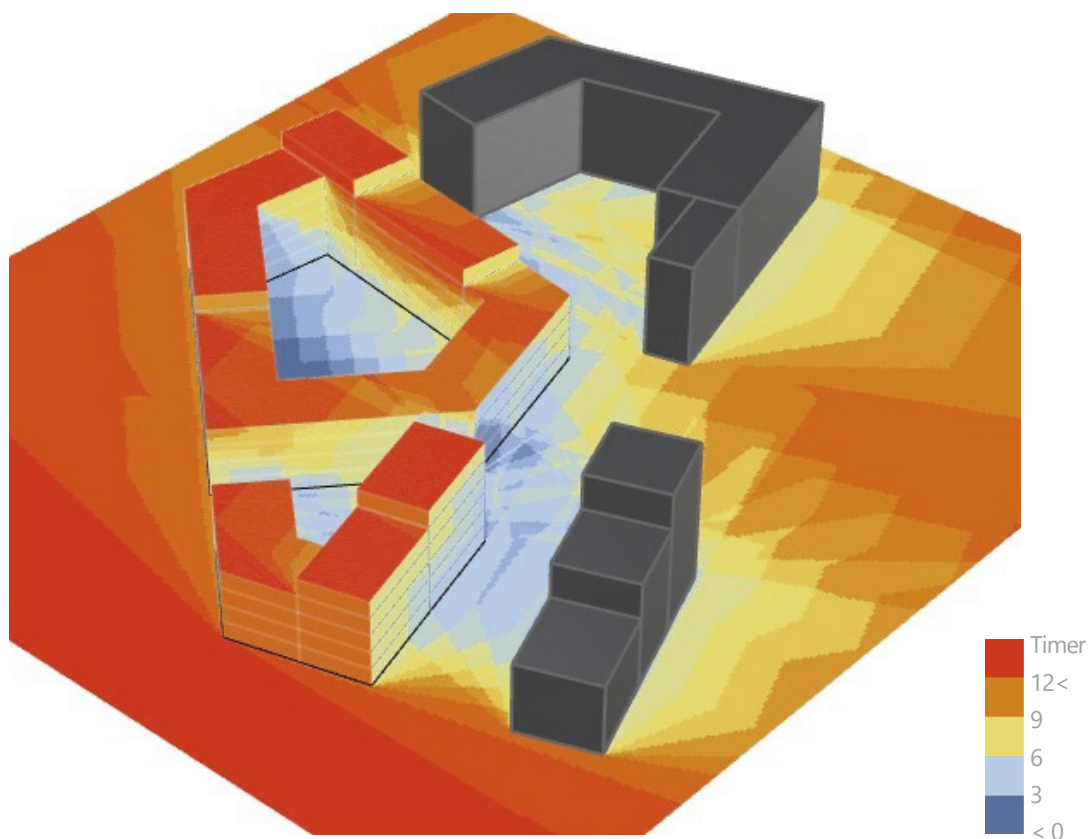
### Soltimeanalyse

Ud fra referencevejrdata (DRY) vises antal soltimer på plan og facade på et valgfrit døgn over året. Analysen udføres ofte for samme dage som skyggediagrammet og giver en vurdering af, hvor mange soltimer, der ud fra vejrdata kan forventes på plan og facade. Metoden kan således give indikationer af dagslysniveauer på facaden, men skalaen for soltimer har ingen relation med bygningsreglementets 10 %-metode eller 300-lux metode til eftervisning af dagslys på bygningsniveau.

”

***Herudover ønskes det belyst, hvordan dagslystilgangen er indvendig i højhuset.***

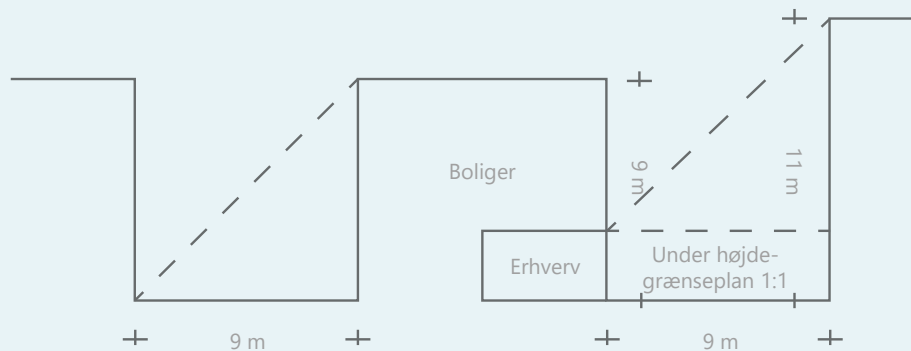
*Krav i Højhuspolitikken*



Figur 3.4 Eksempel på soltimeanalyse for et bygningsvolumen.

## Sigtelinjer

Krav vist gennem sigtelinjer (i nogle tilfælde kaldet højdegrænser) regulerer tæthed i forhold til omkringliggende bebyggelser, men metoden sætter udelukkende rammer for modstående skygger i forhold til "kanten" af et byggefelt og forholder sig ikke til skyggedannelser inden for samme byggefelt. I det viste eksempel tillades det, at erhverv ligger under højdegrænseplanet. På samme måde kan der stilles forskellige krav f.eks. justeret i forhold til orientering.



Figur 3.5 Eksempel på sigtelinjer, hvor det ses, at erhverv ligger under højdegrænseplanet.

Der anvendes også andre metoder, der direkte relaterer sig til skygge fra omgivelserne ud fra afstanden til nabobygninger. Et eksempel herpå findes i kommuneplan 2020-2032 for Odense kommune, hvor der arbejdes med sigtelinjer 1:1 for boliger for at sikre dagslys også til de nederste boliger (Odense Kommune, 2021). Dette sætter klare begrænsninger for bygningshøjder og fortætning, og sikrer et vist kig til himlen, men det sikrer ikke mod skyggedannelser internt i en bebyggelse. Krav om anvendelse af en af de nævnte metoder suppleres ofte med krav som:

- Alle boliger skal have vinduer til minimum to verdenshjørner
- Alle boliger skal have udsyn til grønne uderum eller grønne elementer som træer eller anden markant beplantning
- Nye etageboliger må have en maksimal bygningsdybde på 12 m

Disse krav er indarbejdet i forhold til at regulere fortætning og på forhånd forbedre mulighederne for, at bygningsreglementets krav til dagslys kan overholdes.

Fælles for de tre viste eksempler på eksisterende metoder er, at de forsøger at skabe gode forudsætninger for dagslysforholdene i eller omkring bygningerne. Ingen af de eksisterende metoder har imidlertid direkte relation til vurdering af de potentielle dagslysforhold i de fremtidige bygninger. Det kan desuden være vanskeligt at vurdere, hvilket resultat der skal opnås ved den enkelte analysemetode for at sikre tilstrækkelige eller gode dagslysforhold i bygningerne efterfølgende.

De eksisterende metoder afspejler også et meget varierende detaljeringsniveau, og dermed tidsforbrug til udarbejdelse af analyserne, samt stiller vidt forskellige krav til kompetencerne til dem, der skal anvende resultaterne.

En anden udfordring er, at særligt skyggediagrammer og soltimeanalyseres resultater er relative. Analyserne giver indblik i, hvilke områder der vil være mere velbelyste end andre, men angiver ikke, hvad der er "godt nok" eller hvilke områder, der må forventes at kunne opnå tilstrækkeligt gode dagslysforhold i bygningerne.

Ovenstående krav til analyser suppleres, særligt i projektlokalplaner, ofte af krav til analyser på forventede "kritiske lejligheder". Disse analyser ønskes udført jf. bygningsreglementets dagslysbestemmelser, der tager højde for omkringliggende skygger. Den manglende relation mellem sigtelinje-metoden, skyggediagrammer og soltimestudier samt dagslyskrav i BR kan dog gøre det vanskeligt at vide, om der, i relation til bygningsreglementet, faktisk gennemføres supplerende analyser på de værste lejligheder. De nævnte eksisterende metoder giver ikke nødvendigvis et samlet billede af dagslysudfordringerne i en hel bebyggelse, men kun på relative forhold i bebyggelsen.

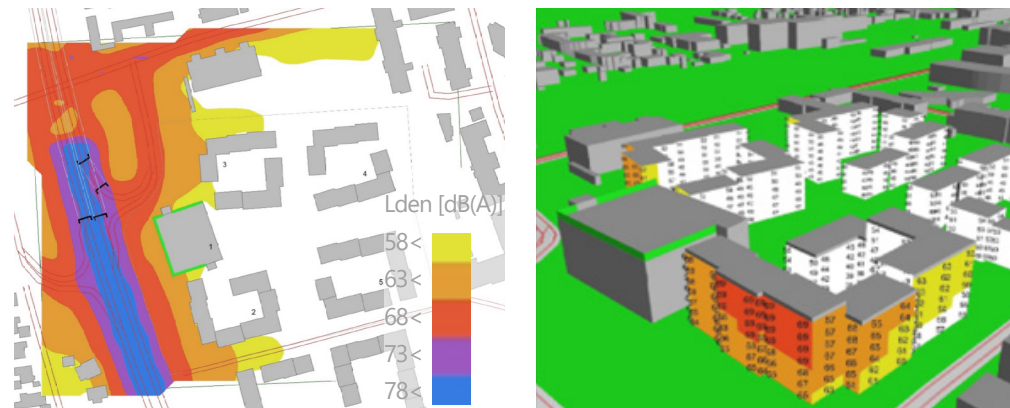
## Udvikling af ny beregningsmetode

Kortlægningen af branchens ønsker til og behov for en dagslysmetode i den tidlige planlægning har vist, at der mangler sammenhæng mellem de anvendte metoder fra lokalplanfasen og de krav, der stilles til dagslys på bygningsniveau. Derfor er der ikke altid sammenhæng mellem de beslutninger, der bliver taget for at tilgodese dagslyset i kommune- og lokalplaner og de bygningsreglementskrav, der skal opfyldes i de senere projekteringsfaser.

Branchen, herunder såvel byplanlæggere som rådgivere, har gennem udviklingen af denne publikation tydeligt tilkendegivet, at de ønsker én metode til disse vurderinger. Derfor er der, som led i dette projekt, udviklet en metode og tilhørende brugervejledning til disse analyser.

### Baggrund for ny metode til analyse af dagslys i byplanlægningen

Udviklingen af metoden og tilhørende brugervejledning til dagslysanalyse i byplanlægningen hviler blandt andet på en række workshops med inddragelse af hele den planlægningsmæssige værdikæde fra byplanlæggere og byggesagsbehandlere til projekterende arkitekter, ingeniører og bygherrer. Øverst på branchens ønskeliste har stået én fælles metode til vurdering af dagslys i den tidlige kommune- og lokalplanlægning. Ved inddragelse af de kommende brugere i udviklingen af netop sådan en metode har det været tydeligt, at dagslysvurderingerne skal kunne præsenteres visuelt og i et format, der giver mulighed for let tolkning af betydningen. Undervejs i udviklingsforløbet blev metoder og værktøjer testet på konkrete lokalplaner i samarbejde med lokalplanlæggere og byggesagsbehandlere ved Odense og Københavns kommune.



Figur 3.6 Eksempel på støjregørelse på henholdsvis plan og facade.

### Støjregørelse

**Figur 3.6 viser et eksempel på en støjregørelse for en bebyggelse. Til venstre ses støjpåvirkningen i plan, der indikerer, hvilke områder der er støjbelastede.**

**Til højre er støjpåvirkningen på de enkelte facader vist. I forhold til bygningsreglementet er både plan og facadevisning aktuel i det der er krav til støj både i udearealer og på facader / i boliger. Resultaterne er vist i en skala fra 58 til 78 dB(A), der relaterer til BR krav.**

**Samme tilgang er anvendt for den udviklede dagslysmetode. For dagslys er der kun krav til bygninger og ikke udearealer. Det vil sige, at resultatvisningen skal kunne forholde sig til bygningsreglementets dagslyskrav.**

### Ønsker til den nye beregningsmetode

Som et led i kommune- og lokalplanlægningen foretages der allerede en række analyser, herunder analyse af støjforhold. Den udviklede metode til vurdering af dagslys har, i sin tilgang og formidling, flere paralleller til de støjregørelser, der allerede gennemføres i samme fase (figur 3.6 viser eksempel på en støjregørelse).

Vurderingen af dagslyset sker i den nyudviklede metode som for støjanalyserne med udgangspunkt skabt i kommune- og lokalplanlægningen. Det er afgørende for effekten af metoden, at tolkningen af resultater kan ske af de målgrupper, der allerede arbejder med projekterne på dette stadie.

Endelig skal omfanget af beregningerne og omkostninger hertil være tilpasset fasen og gerne på niveau med øvrige analyser, der foretages.

Den udviklede metodes tilgang tager derfor udgangspunkt i de forhold, der kan optages bestemmelse om jf. §15 i planloven og som danner grundlag for lokalplanens indhold.

Grundlaget i kommuneplanen og i en igangværende lokalplanlægning kan, sammen med lokalplanområdets omkringliggende bebyggelser, modelleres i en 3D model. 3D modellen visualiserer dermed kommuneplanen og lokalplanens forudsætninger omkring formodet udformning af bygningen, krav til bygningshøjde, bebyggelsesprocent, placering på grunden og kontekst. Det er ønsket, at metoden til dagslysanalyse – på linje med støjanalyser – tager udgangspunkt i 3D-modellen. Dermed sikres sammenhæng mellem de øvrige nævnte parametre og resultaterne fra dagslysanalyserne.

Dernæst ønskes en metode, der kan visualisere om bygningens forskellige etager, facader osv. må forventes at kunne overholde de dagslyskrav, der stilles til lejlighederne i bygningerne efterfølgende. For at analyserne, der fremkommer, kan skabe værdi i byplanlægningsprocessen, er det nødvendigt, at den udviklede metode fungerer som et analyse- og optimeringsværktøj. Metoden skal kunne give løbende feedback og informere planlæggere og beslutningstagere om de dagslysmæssige risici eller fordele ved de beslutninger, der træffes i processen. Derfor skal metoden kunne formidle fordele og ulemper ved forskellige variationer i planlægningen.

Resultaterne af analyserne ønskes visualiseret via en let aflæselig farveskala, som det også kendes fra støjanalyserne. Ud fra resultaterne skal det kunne vurderes, om byggeriet med en given etagehøjde, dybe, placering på grunden og forhold til omgivelserne må forventes at kunne overholde bygningsreglementets dagslyskrav. Det skal også kunne vurderes, om eksempelvis altaner eller ensidigt belyste lejligheder vil være mulige at indarbejde uden

mærkbare konsekvenser for overholdelse af lovkrav i de senere projekteringsfaser.

Endeligt ønskes også en "skala" i visning af resultaterne, der illustrerer, hvor man ikke blot må forvente at kunne overholde BR-krav, men faktisk kan forvente langt bedre dagslysforhold end krævet i BR.

### Rammer for den nye beregningsmetode

Der er således, fra de kommende brugere, opsat en række krav og ønsker til de faglige resultater, den udviklede metode skal kunne præstere.

Skal metoden kunne udvikle sig til en branchestandard på området, er det imidlertid vigtigt, at en række øvrige forudsætninger ligeledes er opfyldt. Metoden skal kunne anvendes sammen med de programmer, der på nuværende tidspunkt anvendes til 3D-modellering. Samtidig skal resultaterne have god sammenhæng med de resultater, der fremkommer, når man anvender bygningsreglementets 10%-metode til eftervisning af, at dagslyskra-

vet i bygninger og rum er overholdt. I kapitel 4 er det beskrevet, at bygningsreglementets krav til dagslys kan eftervises med forskellige metoder – f.eks. 10%-metoden og 300 lux-metoden.

I den udviklede metode til analyse af dagslys i byplanlægningen vurderes metodens overensstemmelse med bygningsreglementets 10%-metode. Dette skyldes, at langt størstedelen af de nybyggede boligers dagslysforhold eftervises med 10%-metoden.

Med henblik på at sikre bred fremtidig anvendelse i branchen er følgende parametre derfor undersøgt:

- Metodens evne til geometrisk tolkning af omgivelserne
- Program-uafhængighed. Det vil sige, at beregningerne skal kunne foretages i en række forskellige 3D modelleringsværktøjer som Sketchup, Rhino, REVIT m.fl.
- Beregningsmetodernes resultater og disses overensstemmelse med resultaterne fra bygningsreglementets 10%-metode
- Mulige himmelmodeller for solindstråling

- Mulighed for freeware: Anvendelse af metoden skal kunne ske uden udgifter til software.

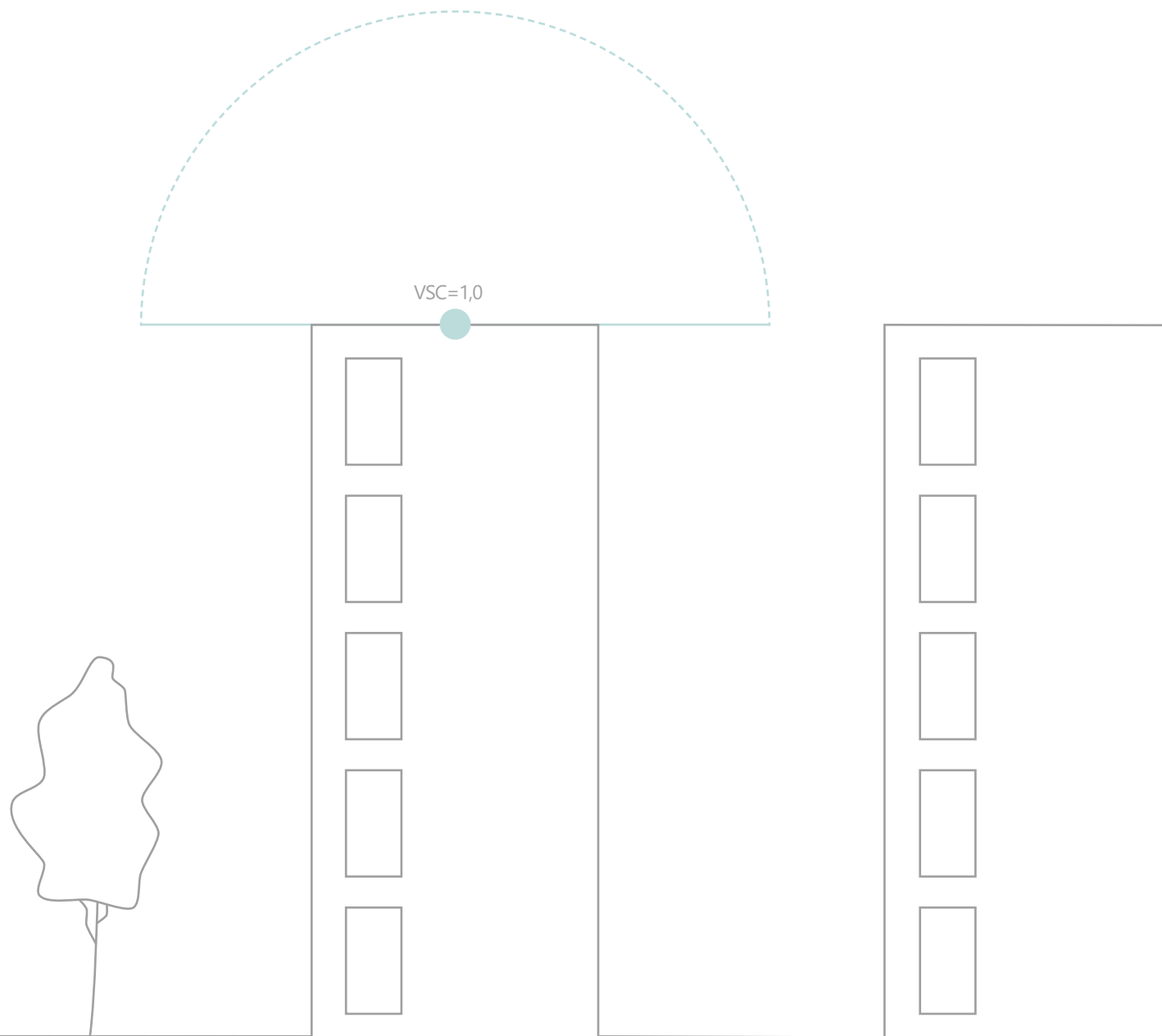
På baggrund af ovenstående blev to beregningsmetoder udvalgt til en dybere gennemgang, Sky View Factor (SVF) henholdsvis Vertical Sky Component (VSC). Begge metoder beskriver, hvor stor en del af himmelkuglen, der kan ses fra et punkt på en facade. Modsat VSC tager SVF ikke højde for, at der kommer betydeligt mere lys fra zenit end fra horisonten. Derfor er VSC valgt som beregningsmæssig baggrund, da denne har en bedre sammenhæng med bygningsreglementets 10%-metode.



### Vertical Sky Component (VSC)

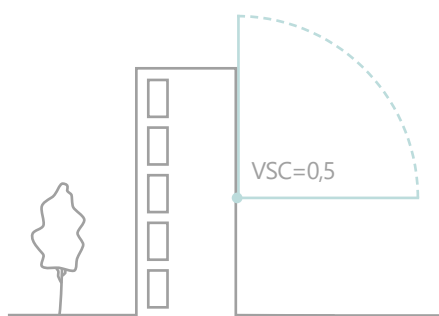
VSC er en eksisterende metode, der anvendes til at beregne forholdet mellem det synlige område af himlen, når man kigger op fra en bestemt position på jordoverfladen eller på en facade, og det samlede synlige område af den halvkugle, der omgiver denne position. Dette forhold påvirkes af faktorer som bygningshøjder, gadebredder og placeringen af nærliggende bygninger.

VSC-værdier kan angives som et procenttal eller som et tal mellem 0 og 1. En VSC på 1 indikerer eksempelvis, at hele den omgivende halvkugle er synlig og fri for forhindringer fra et givent (fig. 3.7). En VSC på 0,1 betyder, at kun 10% af himmelkuglen vil være synlig fra et givent punkt, mens resten er blokeret af bygninger eller andre skyggende omgivelser.



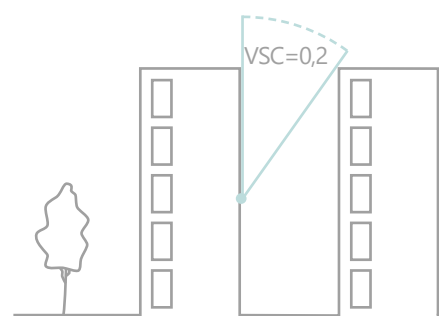
Figur 3.7 VSC for et punkt på taget uden skyggende omgivelser.

Da VSC i denne sammenhæng anvendes til at beregne den synlige del af himlen fra et punkt på facaden, vil der maksimalt kunne opnås en VSC på 0,5 svarende til at 50% af himmelkuglen er synlig (fig. 3,8).



Figur 3.8 VSC for et punkt på facaden uden skyggende omgivelser.

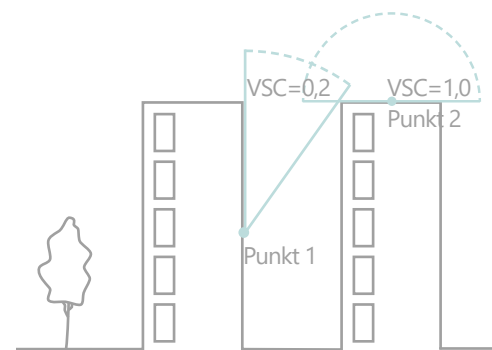
Figur 3.8 repræsenterer begge scenarier uden skygge. Når metoden anvendes til at beregne den andel af himmelkuglen, der er synlig, vil det være i forbindelse med beregning på projekter med skygger. Et eksempel herpå kan ses af figur 3.9. I dette eksempel opnås en VSC på 0,2.



Figur 3.9 VSC på 0,2 svarende til, at 20% af himmelkuglen er synlig fra punktet på facaden.

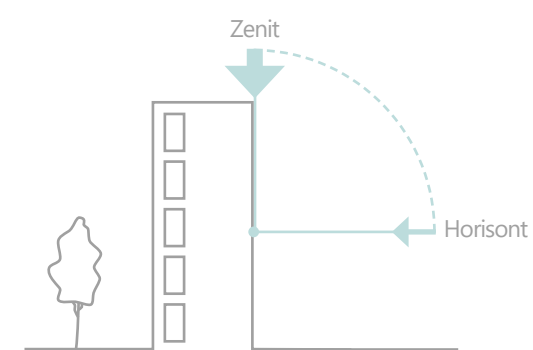
### Sådan beregnes VSC

Når VSC beregnes sker det mere præcist ud fra forholdet mellem illuminansen (lux) i et punkt – f.eks. på facaden (punkt 1 i fig. 3.10) i forhold til illuminansen (lux) på en vandret flade uden skygge (punkt 2 i fig. 3.10). VSC-beregningen tager højde for, at der grundet atmosfæriske forhold og solens placering er tre gange så høj indstråling fra zenit (fig. 3.11) (himmelpunkt lodret over punktet på bygningen) som fra horisonten. Dette er afgørende i forhold til samspillet med bygningsreglementets 10%-me-



Figur 3.10 VSC beregnes som forholdet mellem illuminansen i et punkt på facaden (punkt 1) og illuminansen på en vandret flade uden skygger (punkt 2).

tode. I 10%-metoden korrigeres der også for skyggende objekter. Baggrunden for fastlæggelse af disse korrektioner er dagslysfaktor-beregninger, der lige som VSC-metoden også tager højde for, at der kommer langt mere lys fra zenit end fra horisonten. Derfor er det ønsket, at metoden til analyse af dagslysforhold i byplanlægningen kan relateres til bygningsreglementets 10%-metode, og det er afgørende, at VSC-metodens og 10%-metodens håndtering af skyggende forhold har disse sammenhænge.



Figur 3.11 I en VSC-beregning medtages det, at illuminansen fra zenit er 3 gange højere end fra horisonten. Derfor har f.eks. udhæng relativt set større skyggende betydning end f.eks. horisontskygge.

# Introduktion til VSC-metoden

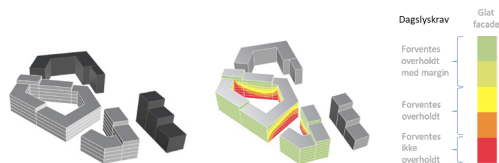
---



## Introduktion til VSC-metoden

VSC-metoden består af tre komponenter; 3D visualisering, VSC-beregneren (via plug-in) samt en "fortolker".

I den konkrete situation udføres en VSC-beregning for en bebyggelse ved hjælp af et plug-in i et 3D-modelleringsprogram (Rhino, SketchUp, REVIT mv.). Resultaterne kan aflæses og analyseres ved hjælp af "fortolkeren".



Figur 3.12 3D modellen i modelleringsprogram, modellen med VSC-resultaterne samt fortolkeren, der anvendes til at tolke resultaterne.

VSC-metodens styrke er, at den kobler dagslysanalyse på byplanniveau med dagslysræsultater på rumniveau. Derved etablerer VSC-metoden det manglende link mellem byplanlægningen og bygningsprojekteringen.

Når VSC-metoden anvendes på større byggerier, foretages der beregning af VSC for ikke blot ét punkt, men for tusindvis af punkter på bygningens facader. Dermed opnås et samlet overblik over skyggeforholdene på de enkelte dele af facaden. Resultaterne kan vises med farvelægning af facaderne afhængig af VSC-resultatet.

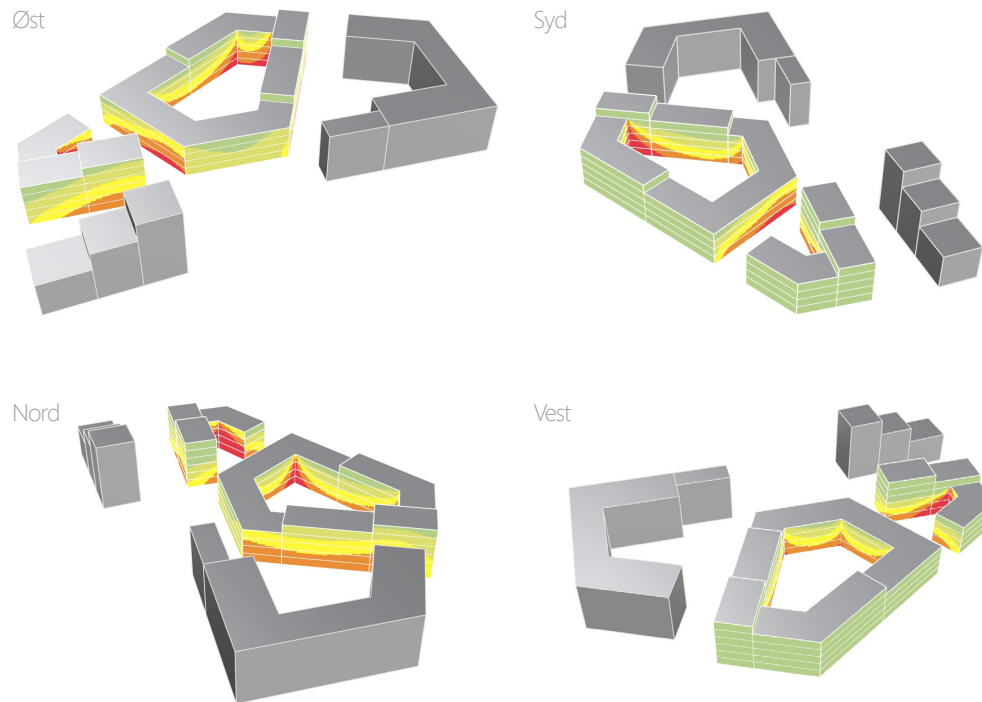
I dette afsnit gives en overordnet introduktion til, hvordan den udviklede VSC-metode kan anvendes på en facade i en samlet bebyggelse, ligesom metodens anvendelse inkl. variantstudier vises på en konkret case.

## Hvordan aflæses resultater?

Resultaterne af VSC-beregningen er i eksemplet lagt på facaden med farveskalaer afhængig af graden af skygge (resultatet af VSC-beregningen) (fig. 3.12).

VSC-skalaen er som led i udarbejdelsen af denne publikation "konverteret" til en skala, der indikerer relationen til dagslyskravene på rumniveau i bygningsreglementet (fig. 3.13). Denne skala omtales i det følgende som "fortolkeren". Fortolkeren "oversætter" altså de udvendige skyggeværdier til værdier for dagslys på rumniveau. Hermed opnås der mulighed for, ud fra volumenmodeller, at få indikationer på, om der kan forventes tilstrækkelige dagslysforshold inde i bygningen, og det bliver tydeligt, hvor der er potentialer for optimering.

VSC-skalaen er i eksemplet inddelt i flere nuancer end "fortolkningens" tre kategorier i forhold til kravene i bygningsreglementet. Fortolkeren giver dermed mulighed for via den mere nuancerede VSC-skala at aflæse betydning af mindre ændringer i volumener og samtidig se, om et område på facaden f.eks. er tæt på eller langt fra et givet niveau på fortolkerens BR-skala.



Figur 3.13 Fortolkeren (til venstre), hvor dagslyskravene i bygningsreglementet sammenholdes med VSC-skalaen.

Illustrationerne herover viser resultater af VSC-beregninger på et eksempel-byggeri. Ved at se byggeriet fra henholdsvis nord, syd, øst og vest, kan resultatet for alle facader vurderes.

Dagslyskrav	Glat facade	VSC
Forventes overholdt med margin		> 35 %
Forventes overholdt		30 - 35 %
Forventes ikke overholdt		25 - 30 %
Forventes ikke overholdt		< 20 %

## Altaner og dybe rum

I dialogen med lokalplanlæggere og byggesagsbehandlere i kommunerne har der været et ønske om at visualisere betydningen af altaner og eventuel planlægning af dybe eller ensidigt belyste lejligheder. Netop disse forhold nævnes idet, at altaner og dybe rum ofte indrages som emner i dialogen om tilstrækkeligt eller ikke tilstrækkeligt dagslys i byplanlægningen.

For at tilbyde denne mulighed er der udviklet yderligere to fortolkningsskalaer (fig. 3.13). Skalaerne fortolker VSC-resultaterne for de to scenarier ved at "flytte" niveauet for, hvornår BR-krav henholdsvis ikke forventes overholdt, forventes overholdt og overholdes med margin.

Når VSC-beregningen er udført og farvemærkerne lagt på facaderne, kan det ud fra fortolkerne vurderes om et givent byggeri må forventes at kunne overholde BRs dagslyskrav. De tre forskellige fortolkere giver mulighed for direkte at se betydningen af tilføjelse af altaner samt eventuelle dybe rum og ensidigt belyste lejligheder uden at skulle foretage nye VSC-beregninger.

Som eksempel er indsat en beregning på et konkret byggeri. Af resultaterne fremgår det, at den nederste facade markeret med S1 stort set må forventes at kunne overholde dagslyskrav uden altaner. Hvis der derimod etableres altaner, og rummene bagved er dybe, må der forventes udfordringer på store dele af facaden. Eksemplet viser også, at der i det indeliggende hjørne mellem S1 og S2 må forventes udfordringer uanset, om der etableres altaner eller ej.

## Perspektiver for anvendelse

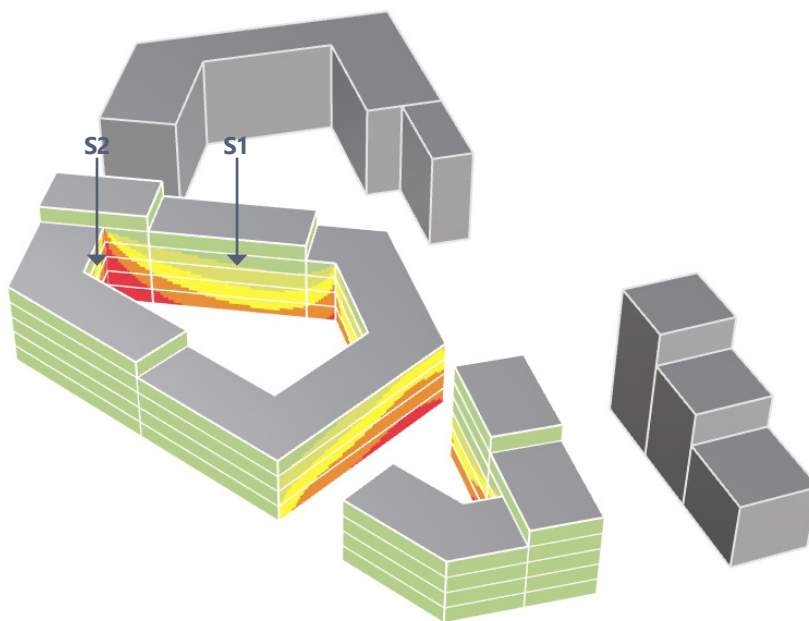
Metoden er udviklet til primært at kunne visualisere:

- Områder i byggeriet, hvor der kan opstå udfordringer med at overholde dagslyskravene
- Betydning af ændringer i volumener
- Potentiale for forbedring af dagslysforhold

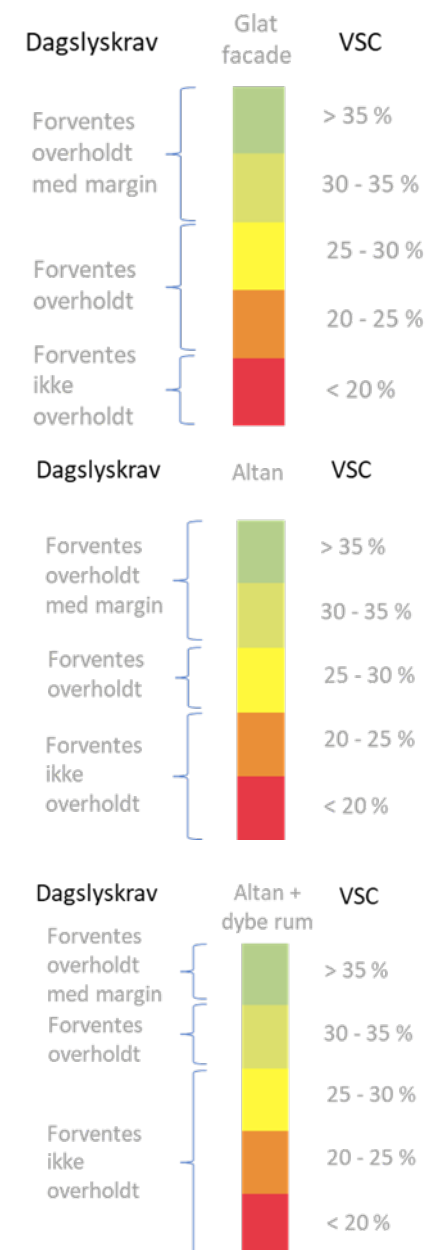
I praksis ser både byplanlæggere og byggesagsmyndigheder også potentiale i, at VSC-metoden kan give et hurtigt overblik over den samlede bebyggelses eventuelle udfordringer med dagslys. Med udgangspunkt i resultaterne vil det være naturligt at efterspørge yderligere analyse af kritiske områder i be-

byggelsen. Kommunerne stiller i nogle tilfælde allerede krav til analyser af dagslyskritiske områder, men udpegning af disse områder har tidligere alene været baseret på en erfaringsmæssig vurdering. Med denne nye metode sikres det, at kritiske områder ikke overses og tilsvarende, at der ikke analyseres i detaljer på områder, hvor det ikke er nødvendigt.

På de følgende sider, er det desuden vist, hvordan metoden kan anvendes til at visualisere betydning af ændrede bebyggelsesprocenter og antal etager i et byggeri samt muligheden for at inddrage omkringliggende bebyggelses betydning.



Figur 3.14 Eksempel på bygningsmodel med VSC-resultater samt de tre fortolkere, der anvendes til tolkning af resultaterne og visualiserer betydningen af eventuelle altaner og dybe rum.



## Case: Lokesvej

I Åbyhøj, Aarhus Kommune, findes Åbyen, som ligger ud til Søren Frichs Vej og er omkranset af Lokesvej. Åbyen er et tidligere industriområde, som i dag er blevet nedrevet og omdannet til et rekreativt boligområde. En af de første boligbebyggelser, der blev opført i Åbyen, er de sydvestlige karrébebyggelser (gult markeret område i figur 3.15). Som led i omdannelsen fra industri til bolig i 2010'erne er bebyggelsesprocenten via kommuneplantillæg tilladt ændret fra 60% til 185%, hvilket svarer til, at bygningshøjden er steget fra 10 m til 21 m. Denne fortætning af området har indflydelse på adgangen til dagslys, ikke kun i uderumme mellem bygningerne, men også indeni bygningerne. Fortætningen kan potentielt medføre udfordringer for dagslyset.

Disse eventuelle dagslysudfordringer kan man komme i forkøbet, hvis der, på lige fod med støj, vind og lignende, gennemføres tidlige vurderinger af dagslysforholdene som en del af lokalplanprocessen.

Den nyudviklede VSC-metode er anvendt på denne case for at eksemplificere potentialet heri. Der er foretaget en VSC-analyse på bygningsvolumenerne svarende til den, der bør gennemføres i forbindelse med udviklingen af en lokalplan. Dermed skabes et fundament for vurderingen af dagslystilgangen til bygningslejligheder.

Ud fra resultaterne tydeliggøres det, at BR-kravet til dagslys forventes overholdt, når bygningsvolumenet er gult (VSC = 25-30%). Er bygningsvolumenet grønligt (VSC >30%) forventes BR-kravet til dagslys overholdt med margin. Er volumenet derimod orange eller mørkere, indikerer det, at der kan være udfordringer med at overholde BR-krav til dagslys og at en optimering af bygningsvolumenerne kan være fordelagtig.



Figur 3.15 Lokesvej henholdvis 2004 og 2021 (Kortviseren.dk, 2023)

### Anvendelse af VSC-metoden på Lokesvej

Processen for anvendelse af VSC-metoden indeholder fire trin:

**1: Udarbejdelse af 3D-model** af bebyggelsen. I et givent 3D-visualiseringsprogram – REVIT, Rhino, Sketchup mv. udarbejdes en simpel 3D-boks-model af bebyggelsen og eventuelle skyggende omgivelser.

**2: Gennemførelse af VSC-beregning** jf. brugervejledningen i appendix. Afhængig af hvilket 3D-visualiseringsprogram der vælges, vælges tilhørende VSC-plugin / script. VSC-script eller plugin og konfigureres jf. vejledningen i appendix således, at der returneres resultater tilsvarende den angivne farveskala i fortolkeren.

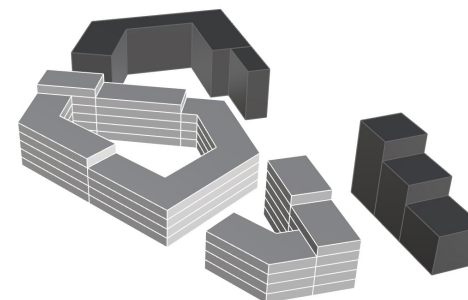
**3. Fortolkning af resultater.** Med farvelagte facader er det nu muligt via "fortolkeren" at vurdere, om dele af bebyggelsen kan forventes ikke at overholde BR-krav til dagslys. Samtidig er det muligt at vurdere, hvor store dele af byggeriet der må forventes at have bedre dagslysforhold end bygningsreglementets krav.

**4. Eventuel justering og optimering af projektet** og efterfølgende ny gennemgang af punkt 1 – 3.

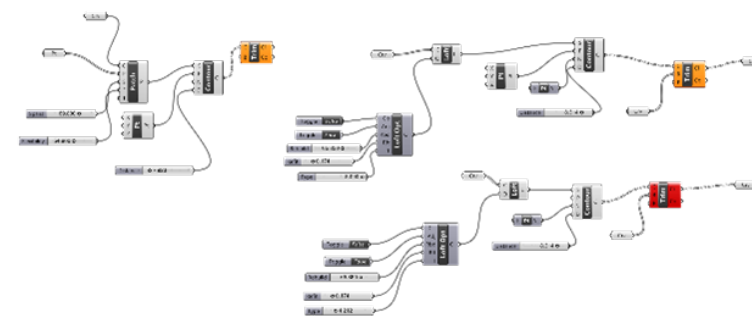
Såfremt der viser sig behov for at justere projektet eller genberegne som følge af andre projektændringer, gennemføres punkt 1, 2 og 3 ligeledes igen.

Figur 3.16 Bygningsmodel, VSC-beregning, bygningsmodel med VSC-resultater samt fortolker til vurdering af VSC-resultat i forhold til bygningsreglementskrav.

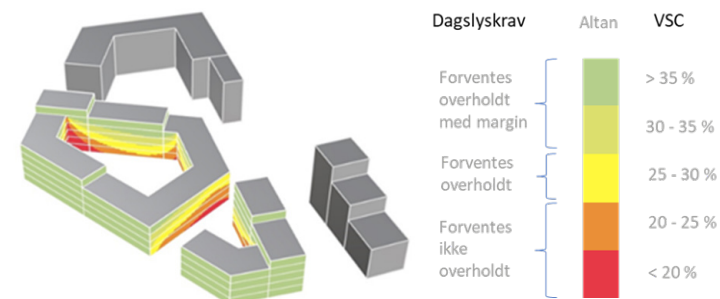
## 1. Udarbejdelse af 3D-model



## 2. Gennemførelse af VSC-beregning



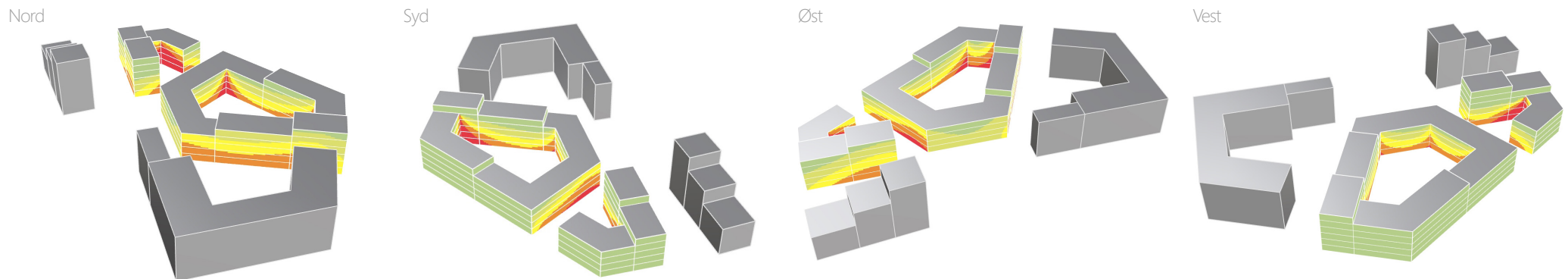
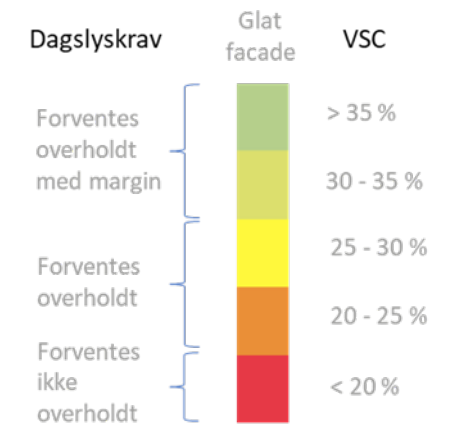
## 3. Fortolkning af resultater



### Analyse af resultater

Figur 3.17 viser resultaterne for case-bebyggelsen. Når analyserne er gennemført og facaderne er farvelagt, kan man ved hjælp af fortolkeren vurdere, hvilke områder af bebyggelsen der er kritiske i forhold til overholdelse af BR's dagslys krav og hvilke, der må vurderes af have gode dagslysforhold.

Ved at gennemløbe analyserne gøres byplanlæggeren opmærksom på de udfordrede områder og kan inddrage denne viden i planlægningen. I denne case er det hovedsageligt de indre gårdrum, som er udfordret. En måde at komme denne udfordring til livs, kunne være at ændre i bygningshøjderne, bygningsdybden eller lignende.

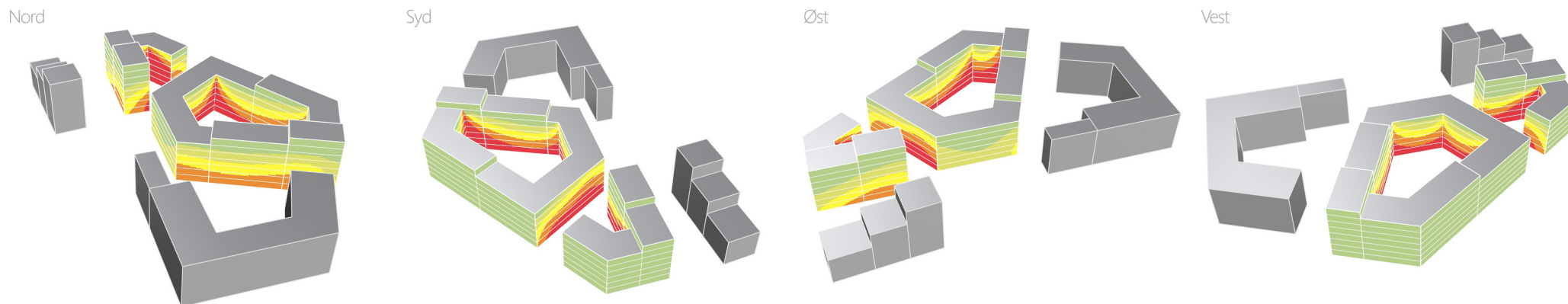
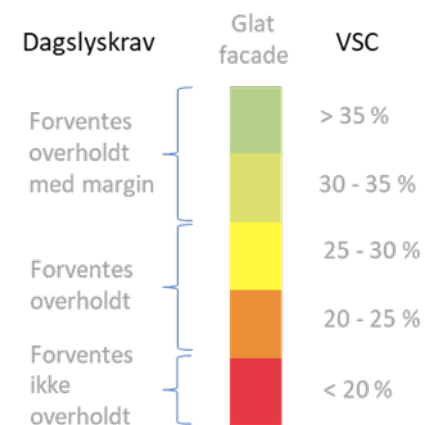


Figur 3.17 Case-bebyggelsen inkl. omgivelser. Resultat af VSC-beregninger vist fra forskellige orienteringer.

I figur 3.18 er som eksempel på et løsningsforslag vist, hvilken påvirkning det vil have for bygningens adgang til dagslys henholdsvis at hæve og sænke bygningshøjden for projektet med 6,4 meter, svarende til to etager.

Scenariet med en hævet bygningshøjde viser, at BR-kravet til dagslys ikke forventes overholdt i store områder omkring de indre hjørner og nederste etager. Denne proble-

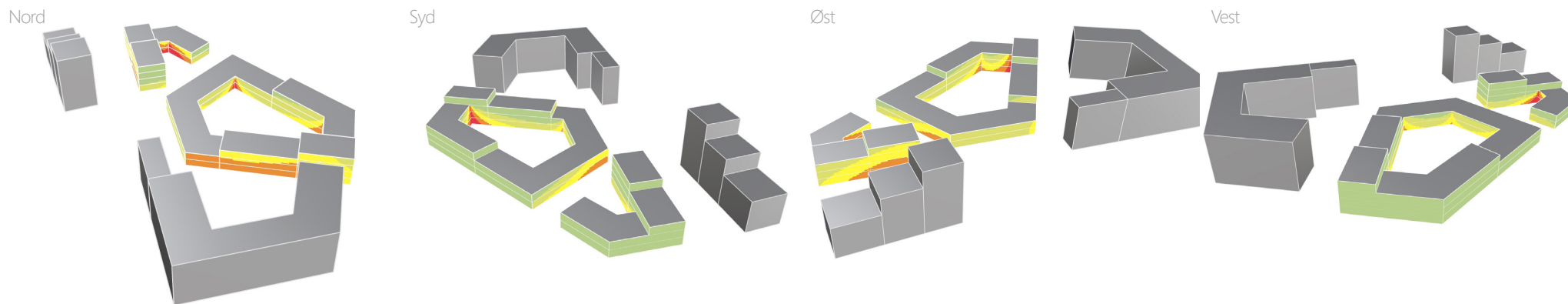
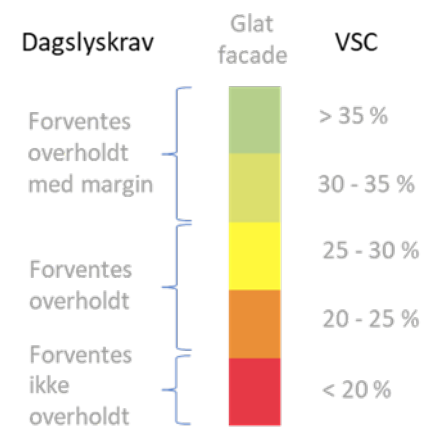
matik vil medføre store bindinger i forhold til planløsning, da der i de mørke områder ikke vil kunne placeres opholdsrum, der kan forventes at overholde dagslyskravene. Hvis der placeres opholdsrum i disse områder, vil der forventeligt skulle tages markante hensyn til dagslys i projekteringen eller i yderste konsekvens søges om dispensation fra dagslyskrav.



Figur 3.18 Case bebyggelsen plus 2 etager inkl. omgivelser. Resultat af VSC-beregninger vist fra forskellige orienteringer.

Sænkes bygningshøjden derimod, er der større frihed i planløsningen. Det vil sige, at der forventeligt kan placeres opholdsrum i disse indre hjørner uden at gå på kompromis med adgangen til dagslys. Der vil formentligt ligeledes kunne monteres altaner i disse områder og stadig overholde BR kravet til dagslys. Det kan på baggrund af dette case studie ses, at bygningsvolumenen, bygningsdybe, afstand

til andre bebyggelser og overordnet disponering af byggerets-m<sup>2</sup> har stor betydning for muligheden for at overholde dagslyskrav. Det illustrerer også vigtigheden af at gennemføre tidlige analyser, der kan informere processen, tydeligt vise kritiske områder og muliggøre ændringer på et tidspunkt i planlægningsfasen, hvor dette stadig er muligt uden store økonomiske konsekvenser.



Figur 3.19 Case bebyggelsen minus 2 etager inkl. omgivelser. Resultat af VSC-beregninger vist fra forskellige orienteringer.

## Værdiskabelse i fælles analysemetode

Den udviklede VSC-metode til vurdering af dagslys i by- og lokalplanlægningsfaserne er naturligvis rettet mod de planlæggere og myndigheder, der i disse faser bidrager til udvikling af netop lokal- og byplaner. Derfor kan lokalplanlæggere, kommuner og rådgivere betragtes som de primære målgrupper. Dagslys, og som minimum overholdelse af bygningsreglementets dagslyskrav, er en forudsætning for, at de m<sup>2</sup> der bygges, faktisk må anvendes til de formål, de er tiltænkt. Er der ikke tilstrækkeligt gode dagslysforhold, begrænses anvendelse af de dårligt belyste m<sup>2</sup> til funktioner uden dagslyskrav. Dette skaber ringe fleksibilitet og medfører ofte også et lavere potentiale for at generere en indtægt fra disse m<sup>2</sup>. Med den udviklede metode får branchen mulighed for, allerede i by- og lokalplanlægningen, at foretage analyse på dagslysforholdene. Det gælder vurdering i forhold til, om man kan forvente, at lejligheder i byggeriet efterfølgen-

de vil kunne overholde bygningsreglementets krav, men også en overordnet vurdering og mulighed for optimering af dagslys i forhold til arealdisponering.

I dag er der stor variation i, hvordan dagslysforhold vurderes og indtænkes i lokalplanprocessen. Kommunerne efterspørger fælles retningslinjer og metoder på området, der kan skabe mere letafslæselige og -omsættelige output end de nuværende metoder. Samtidig vil én fælles metode, der skaber sammenhæng mellem lokalplanlægning og dagslyskrav til bygninger, også have potentiale til at udvikle sig til et fælles sprog omkring dagslys mellem planlæggere, byggesagsbehandlere og rådgivere.

Rammerne for gode dagslysforhold kan kun skabes via et tidligt tværfagligt samarbejde, hvor dagslyskompetencer bringes i spil tidligt i processen. Disse kompetencer findes hovedsaa-

geligt hos arkitekt- og ingeniørvirksomhederne, der projekterer byggerierne, men bringes ofte først i spil omkring dispositionsforslags- eller projektforslagsfasen. Derfor er det afgørende at sikre en langt tidligere inddragelse af disse kompetencer.

Med denne VSC-metode skabes der netop forudsætning for et samspil mellem lokalplanlæggere, byggesagsbehandlere og rådgivere i forhold til at sikre gode dagslysforhold i de fremtidige byggerier ved at muliggøre en erkendelse og optimering inden volumenerne er fastlagte. I lokalplanfasen efterspørger metodens analyser og resultater og disse tilvejebringes af rådgiverne – arkitekter eller ingeniører. Dermed etableres en platform for dialog, hvor lokalplanlæggerne får mulighed for at inddrage viden og analyser vedr. dagslys. Samtidig får rådgiverne mulighed for at bidrage med viden omkring dagslys i en fase, hvor der er stort potentiale for at optimere de

kommande bygningers dagslysforhold. For mange rådgivere, der sædvanligvis først bidrager under projekteringen, kræver denne proces ny indsigt i lokalplanprocessen, planlovens bestemmelser og de justeringsmuligheder, der er i projekterne på dette stadie.

Ved at frembringe analyser og skabe viden om dagslys i denne fase opnås en række klare fordele, der er illustreret i nedenstående figur afhængigt af deres placering i processen.

Med anvendelse af VSC-metoden opstår der naturligt en tidlig dialog om dagslys i byplanlægningen, og der skabes en proces- og videnskabsmæssig sammenhæng mellem de beslutninger, der har betydning for dagslys på hhv. byplanniveau og bygningsniveau. Samtidig skabes et fælles fundament for analyse, erkendelse og eventuel optimering hos de aktører, der bidrager i disse faser af projektudviklingen.



Figur 3.20 Procespil som viser fordele ved at analysere og skabe viden om dagslysforholdene i de respektive faser i byggeriet.



A photograph of a modern, multi-story building with a light-colored facade and numerous windows. The building is set in a courtyard with a paved path, some greenery, and a small tree. The sky is clear and blue. The text is overlaid on the image.

# *Hvordan*

understøttes gode dagslysforhold i bygningsprojekteringen?

At forbedre dagslysforholdene i det bebyggede miljø kræver viden om den samlede proces for bygningsprojektering, og særligt den dagslysmæssige betydning af de beslutninger, som træffes undervejs i dette forløb - metodiske såvel som designmæssige og tværfaglige forhold. Ved at skabe en større bevidsthed om konsekvensen af de beslutninger, som træffes i den indledende projekteringsfase, kan der skabes bedre muligheder for håndtering af tværfaglige dilemmaer, når potentielle "brandslukningsscenerier" opstår undervejs i processen.

Dette kapitel udfolder den viden, som kan være med til at understøtte gode dagslysforhold i bygningsprojekteringen, herunder:

- **Dagslyshåndtering på rumniveau** for at belyse, hvilken betydning dagslyskrav og valg af metode har på det mulige facade-design.
- **Dagslys betragtet i den tværfaglige kontekst**, hvor også krav til det termiske

indeklima er særligt styrende for det mulige facadedesign.

- **Parametre der er særligt betydende** for både dagslys og termiske indeklima, og hvordan det tværfaglige løsningsrum kan åbnes op.

Dette kapitel henvender sig primært til rådgivere og dagslysgivere, der bidrager med viden igennem hele processen; alt fra analyser til den endelige dokumentation af dagslyskrav.

Da mulighederne for at skabe gode dagslysforhold i høj grad afhænger af bebyggelsens oprindelige forudsætninger, som er fastlagt i lokalplanen, er kapitlets sekundære målgruppe lokalplanlæggere, kommuner og rådgivere, som bidrager til udvikling af lokal- og byplaner.

Det faglige niveau i de følgende afsnit er tilpasset de primære målgrupper, hvorfor der forudsættes et grundlæggende kendskab til dagslysgivere.

### Dagslys i bygningsprojekterings faser

Viden om dagslys bringes typisk først i spil omkring dispositionsforslagsfasen, hvor bygningsens overordnede geometri og facade-design fastlægges (fig. 4.1). Hvis der i denne fase opstår udfordringer med at opnå gode dagslysforhold, kan det være vanskeligt at ændre på bygningsdesignet for at komme i mål. Derfor er den tidlige inddragelse af kompetencerne altafgørende, og kan i visse tilfælde reducere behovet for dispensationer og "brandslukningsscenerier".

Figur 4.1 viser processen for projekteringsforløbet i henhold til ydelsesbeskrivelsen YBL18, hvori udvalgte leverancer, som har en indvirkning på dagslysforholdene, er fremhævet. Her er ligeledes vist, hvordan gode dagslysforhold rent konkret kan understøttes i bygningsprojekteringen. Figuren er udarbejdet med udgangspunkt i viden og metoder præsenteret i denne publikation.

Når viden om dagslys samt koblingen til det termiske indeklima inddrages tidligt i processen, opnås en række fordele:

- Der skabes **bedre forudsætninger for at optimere dagslysforhold** i løbet af bygningsprojekteringen.
- Der skabes **større frihed** i forhold til planløsninger, løsning af konstruktive forhold og facadearkitektur
- Eventuelle **udfordringer med overholdelse af bygningsreglementets dagslyskrav kan identificeres** på et tidspunkt i den indledende rådgivning, hvor der stadig er store frihedsgrader til ændring og løsning af udfordringerne.



Foto: Niels Nygaard



Figur 4.1: Eksempler på, hvordan gode dagslysforhold kan understøttes i bygningsprojekterings faser sammenholdt med ydelsesbeskrivelsen.

**YBL18:** Myndighedsprojektet er en viderebearbejdning af projektforslaget til et omfang, så håndtering af alle myndighedskrav er afklaret. Indeholder således også materiale til ansøgning om byggetilladelse samt eventuel nødvendig ansøgning om dispensation fra BR-bestemmelser.

Det er vigtigt at bemærke, at myndighedsbehandling af et byggeri reelt sker over en længere periode, og ikke bare i myndighedsprojektfasen.

*Rådgiver:* Leverer oplysninger for eget ansvarsområde, herunder i relation til energibehov, indeklime, statik, brandhold mv. Rådgiveren forsyner med relevant materiale for indhentning af nødvendige tilkendegivelser/principgodkendelser fra myndighederne.

**NY DAGSLYSPRAKSIS:** På dette stade skal alle rum kunne løses ift. myndighedskrav, så facaden og vinduerne skal lyses i denne fase.

Ved at understøtte gode dagslysforhold både tidligt og undervejs i processen er det forhåbningen, at behovet for dispensationer fra BR-dagslyskrav kan mindskes.

**YBL18:** Udbudsprojektet fastlægger opgaven klart og med en sådan detaljeringsgrad, at det kan danne grundlag for udbud, kontrahering, udarbejdelse af udførelsesprojekt og udførelse.

*Arkitekt/rådgiver:* Udarbejdelse af tilbudslister, beskrivelser, tegninger og eventuelle bygningsmodeller.

*Rådgiver:* Leverer oplysninger for eget ansvarsområde, herunder i relation til energibehov, indeklime, statik, brandhold mv. Rådgiveren forsyner med relevant materiale for indhentning af nødvendige tilkendegivelser/principgodkendelser fra myndighederne.

**NY DAGSLYSPRAKSIS:** I denne fase påvirkes dagslys i mindre grad.

**YBL18:** Rådgiverens opdaterede projekt, der sammen med projekt udarbejdet af entreprenører udgør det samlede, komplette og koordinerede projekt som grundlag for entreprenørernes indkøb, forberedelse og udførelse af byggeriet.

*Arkitekt:* Opdatering af arbejdsbeskrivelser/rettelsesblade, beregning af etageareal/bebyggelsesprocent samt opdateret tegningsmateriale. Endelig geometri af facader, tag, vægge, døre, vinduer, gulve, lofter, trapper, værn, fast inventar og kompletterende bygningsdele.

*Rådgiver:* Leverer oplysninger for eget ansvarsområde, herunder i relation til energibehov, indeklime, statik, brandhold mv. Rådgiveren forsyner med relevant materiale for indhentning af nødvendige tilkendegivelser/principgodkendelser fra myndighederne.

**NY DAGSLYSPRAKSIS:** Inddragelse af viden om betydende parametre når der opstår tværfaglige problemstillinger ifm. 'brandslukning' løbende i projekteringen såvel som udførelsen. F.eks. hvordan man opnår den største effekt ved mindst mulig ændring. Her er det vigtigt med et robust tværfagligt løsningsrum til håndtering af forskellige brandslukningsscenarier. F.eks. håndtering af fejlbestillinger af rudeegenskaber, herunder g-værdi. Konsekvensen ift. både dagslys og termisk indeklime undersøges. Enten 'spises' noget af designbufferen eller også undersøges mulige løsninger, som får byggeriet 'tilbage' i det tværfaglige løsningsrum.

**YBL18:** Opdateret projekt som følge af projektpreciseringer under udførelsen. Omfatter dokumentation af det opførte byggeri, herunder tilrettet projektmaterialer der afspejler det udførte.

**NY DAGSLYSPRAKSIS:** Alle rum skal være løst ift. myndighedskrav og brandslukningsscenarier skal være indarbejdet i projekt materialet. Erfaringer fra processen kan understøtte kommende nye projekter.

Figur 4.1 (forts.): Eksempler på, hvordan gode dagslysforhold kan understøttes i bygningsprojekterings faser sammenholdt med ydelsesbeskrivelsen.

## Hvordan er den nye viden genereret?

Gennemgående for resultater præsenteret i nærværende kapitel er, at de bygger på en række analyser foretaget på et stort data-grundlag til generering af viden og sammenhænge, som input til at understøtte gode dagslysforhold i bygningsprojekteringen.

I de følgende afsnit refereres der flere gange til disse analyser, hvorfor der her indledningsvist gives en kort introduktion hertil (fig. 4.2-4.4).

Analyserne bygger på et parametrisk studie foretaget med henblik på at kunne generere tendenser og illustrere konsekvenser af udvalgte designtiltag. Da analyserne viser et generisk billede, kan de aldrig erstatte den egentlige projektdokumentation i det konkrete projekt, men bør anvendes som inspiration til den tværfaglige dialog i bygningsprojekteringen.

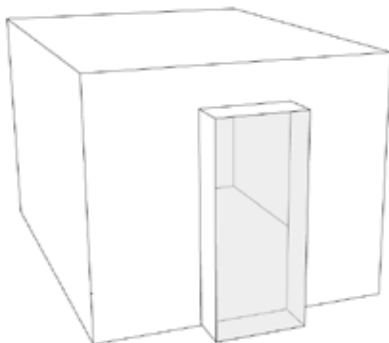
### Referencerum:

Analyserne er lavet for et referencerum, som er repræsentativt for etageboligbyggeri. Rummet svarer således til et typisk værelse.

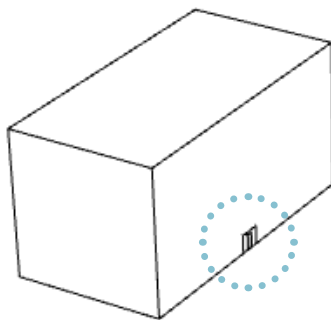
Rummet er 3 m bredt og 4 m dybt, svarende til et indvendigt gulvareal på 12 m<sup>2</sup>.

Med en rumhøjde på 2,5 m har rummet et facadeareal på 7,5 m<sup>2</sup>.

Rummet er placeret nederst i en bygning.



Figur 4.2 Referencerum anvendt i analyserne på bygningsniveau.



Figur 4.3 Referencerum placeret nederst i en bygning.

### Parametrisk 3D-model:

Rummet og bygningens konktest er modelleret i et parametrisk værktøj. Det er således muligt at variere en række udvalgte forhold i 3D-modellen.

Udvalgte variable forhold som både påvirker beregning af dagslys og termisk indeklime:

Vinduets størrelse og udformning, hhv. glasbredde og -højde

Rudens **g-værdi**, som hænger sammen med rudens **LT-værdi**

Vinduets/rummets **orientering**

Skyggende **omgivelser**, Vh [°]

**Udhæng**, hhv. dybde, VOH [°], og udtrækning,  $\alpha$  og  $\beta$  [°]

**Sidrefremspring** højre/venstre, hhv. dybde, VSF [°], og højde, h [°]

Udvalgte variable forhold, som kun påvirker beregning af det termiske indeklime:

Varmekapacitet

**Ventilationsmulighed**, hhv. om rummet er ensidet ventileret eller har mulighed for tværventilation gennem boligen.

### Output:

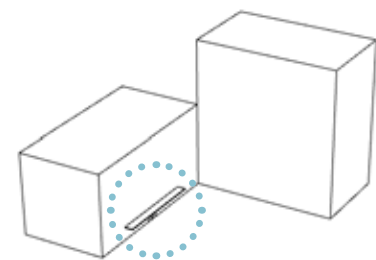
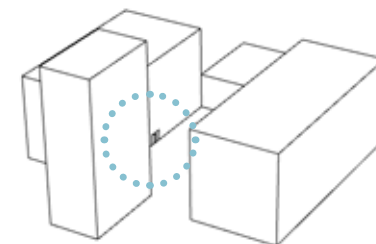
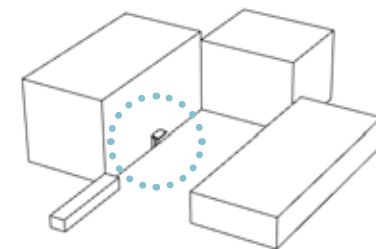
Der er genereret **10.000** kombinationer ud fra de variable forhold – dvs. 10.000 udgaver af 3D-modellen, som dermed repræsenterer en lang række forskellige situationer for rummet.

Alle disse situationer er undersøgt ift. både dagslys og termisk indeklime:

Dagslys er evalueret ift. både **10 %-metoden** og **300 lux-metoden** jf. BR18

Termisk indeklime er evalueret ift. timer > 27 °C og timer > 28 °C gennem **Sommerkomfort**-modulet i Be18 (via programmet BeDesigner).

Resultaterne er behandlet på forskellig vis, og præsenteres løbende i dette kapitel.



Figur 4.4 Udvalgte billeder af den parametrisk 3D-model, som viser variation i de skyggende forhold.

## Dagslys – krav og metoder

Når der arbejdes med dagslys i bygningsprojekteringens forskellige faser, vil det ofte ske med bygningsreglementets krav som reference. Kravene anviser, at det skal sikres, at der er tilstrækkeligt dagslys i både beboelsesrum og køkkener for en bolig (Bolig- og Planstyrelsen, 2018).

Det tilstrækkelige dagslys er ikke yderligere defineret, men kan kvantificeres og formaliseres gennem forskellige beregningsmetoder. Bygningsreglementet anviser, at tilfredsstillende dagslys kan dokumenteres, hvis én af følgende metoder overholdes:

### BR18 § 379 Dagslys

#### 10 %-metoden:

Tilstrækkeligt dagslys kan dokumenteres, når glasarealet, korrigeret for dagslys-reducerende forhold, udgør minimum 10 % af det relevante gulvareal.

#### 300 lux-metoden:

Når minimum halvdelen af det relevante gulvareal har en indvendig belysningsstyrke fra dagslys på over 300 lux i mindst 50 % af dagslystimerne, anses rummet som værende tilstrækkeligt belyst.

Det er ikke et krav, at ovenstående metoder skal anvendes, da der er metodefrihed i bygningsreglementet:

Det er således også muligt at anvende f.eks. en dagslysfaktorberegning som dokumentationsgrundlag, men da 10 %-metoden og 300 lux-metoden er de mest anvendte beregningsmetoder i dag, er der taget udgangspunkt i disse to metoder i denne publikation.

Da både krav samt valg af beregningsmetode kan have stor indvirkning på det mulige løsningsrum, er det vigtigt at have en bred forståelse for metodernes styrker og svagheder.

”

*Såfremt det kan dokumenteres, at rummene er tilstrækkeligt belyste, kan andre beregningsmetoder benyttes som dokumentation.*

BR18



## Dagslys i Bygningsreglementet – 10 %-metoden

Den langt mest anvendte beregnings- og dokumentationsmetode for boliger og etagebyggeri i byggebranchen er 10 %-metoden. Igennem metoden skal man forholde sig til, hvilke dagslysreducerende forhold der gør sig gældende for det betragtede rum – f.eks. om bygningens egen geometri, kontekst, rudetype eller facadedesign påvirker dagslysadgangen til det bagvedliggende rum. Metoden er beskrevet i "Bygningsreglementets vejledning om korrektioner til 10 %-reglen for dagslys", hvor skyggende forhold er omsat til korrektionsfaktorer. Foruden dagslysreducerende forhold beskriver vejledningen også forhold, som tilgodeser, at udnyttelsen og oplevelsen af dagslyset forbedres f.eks. i form af dagslystilførsel gennem flere facader eller fra ovenlys.

Korrektionsfaktorerne udtrykker derfor, hvor stor en del af glasarealet, der må medregnes for det enkelte vindue.

Det samlede korrigerede glasareal skal være større end 10 % af gulvarealet for at overholde minimumskravet i bygningsreglementet. 10 %-metoden er et minimumskrav, og kan ikke i sig selv opfattes som en sikkerhed for en høj dagslyskvalitet i rummet. Det vil sige, at man ofte kan gøre det bedre til trods for opfyldelse af kravet.

Korrektionsfaktorerne i vejledningen til 10 %-metoden er udregnet på baggrund af en overskyet himmel, "CIE overskyet", som også bruges ved en dagslysfaktorberregning. Denne

himmel repræsenterer en kritisk dagslyssituation svarende til en orientering mod nord. Idet korrektionsfaktorerne således er baseret på dagslysfaktorberregninger, tages der ikke hensyn til rummets orientering i denne metode.

For boliger er der varierende dagslysbehov afhængig af rumanvendelsen, hvor bygningsreglementet har åbnet op for, at et lavere dagslysniveau kan tillades i børne- og soveværelser. Boligen som helhed skal dog overholde dagslyskravet, mens værelser skal have et ukorrigeret glasareal på minimum 10 % af gulvarealet. Man kan derfor dokumentere tilstrækkeligt dagslys for en hel lejlighed ved at have meget dagslys i opholdsrum og mindre

dagslys i værelserne. Det er således en 'lempelse' af dagslyskravet for værelser, som kun gør sig gældende for 10 %-metoden.

Bygningsreglementets 'lempelse' for soveværelserne er ikke inddraget i analyserne i dette projekt. Dels fordi et repræsentativt enkeltstående rum er betragtet i analyserne, dels fordi projektet ønsker at *understøtte* bedre dagslysf forhold i planlægning såvel som bygningsprojekteringen – og ikke gå til den absolutte nedre grænse eller derunder.





Foto: Klaus Bang

### Dagslys i Bygningsreglementet – 300 lux-metoden

Den anden beregningsmetode nævnt i bygningsreglementet er dokumentation af den indvendige belysningsstyrke gennem en klimabaseret dagslyssimulering. Det er en statistisk baseret forudsigelse af dagslysforholdene baseret på klimadata for den aktuelle lokalitet. Daylight Autonomy, DA, er en af de mest anvendte klimabaserede dagslyssimuleringsmetoder, som angiver i hvor stor en del af en analyseperiode belysningsstyrken overstiger en given værdi i et punkt eller område. Metoden, som bygningsreglementet foreskriver, er en variant heraf kaldet Spatial Daylight Autonomy, sDA. I denne variant af metoden specificeres ydermere, hvor stor en del af området, som skal overholde kravene.

Foruden "300 lux-metoden" refereres der i denne publikation også til metoden og kravet i form af "sDA300,50%", som angiver målværdien for den indvendige belysningsstyrke (minimum 300 lux) og tidsaspektet i kravet (minimum 50 % af dagslystimerne af et år).

Metoden evaluerer derfor kun efter en nedre grænseværdi, hvorfor der ikke tages højde for eventuelle høje værdier, som kan medføre blænding eller termisk diskomfort.

Bygningsreglementet henviser til den europæiske standard EN 17037, som beskriver retningslinjer for beregning og evaluering af dagslys i bygninger. Metoden er indført i bygningsreglementet for at læne sig op ad de europæiske standarder og dermed ensrette arbejdet med dagslys. Bygningsreglementet specificerer desuden yderligere retningslinjer for beregningsmetoden i vejledningsteksten, som dog ikke gengives her (Bolig- og Planstyrelsen, 2018).

300 lux-metoden bliver i dag mest anvendt til at dokumentere dagslysforhold for andre bygninger end boliger, da metoden egner sig bedre til komplekse geometrier. Samtidig fremhæves metoden blandt andet også i forbindelse med forskellige certificeringsordninger, hvor det i DGNB-ordningen f.eks. er muligt at opnå en højere score, hvis 300 lux-metoden anvendes fremfor eksempelvis 10 %-metoden.



## Dagslys i Bygningsreglementet – Opsummering på tværs af metoder

Det er vigtigt at kende til dagslysmetodernes styrker og svagheder, så den rette metode anvendes til det rette formål – uanset om byggeprojektet befinder sig i en tidlig planlægningsfase, eller er afleveret og skal ibrugtages. Samtidig bør metodevalget også hænge sammen med bygningens kompleksitet.

Den ene dagslysmetode udelukker derfor ikke den anden, og tabel 4.1 opsummerer nogle af de væsentligste forskelle mellem 10 %-metoden og 300 lux-metoden.

<b>Hvad kræver metoderne i forhold til tid og kompetencer?</b>	<b>10 %-metoden</b>	<b>300 lux-metoden</b>
<b>Hvilken geometri egner sig metoderne bedst til?</b>	<p>Retvisende beregningsmetode for relativt simpelt byggeri med enkel geometri og skyggende forhold - inde såvel som ude. Vil for komplekse skyggeforhold give en overvurdering af det faktiske dagslys.</p> <p>Der er sat en nedre grænse for korrektionsfaktorer, selvom der kan foreskomme situationer, hvor dagslyset reduceres mere af de skyggende forhold. Det skyldes, at den subjektive oplevelse af dagslys afhænger af mere end det lys, der strømmer gennem vinduer.</p> <p>Metoden beregnes med en fast korrektionsfaktor på 0,9 for dybe rum. Dette er ikke en god repræsentation af det faktiske dagslys' udbredelse i denne type rum.</p>	<p>Dagslyssimuleringen tager højde for rummets, bygningens og omgivelsernes aktuelle geometri, i det omfang, som modelleres i 3D-modellen. Detaljering vurderes ift. betydning på dagslyset. Metoden kan derfor håndtere simpel såvel som kompleks geometri.</p> <p>Metoden vil for meget skyggende forhold ikke kunne overholde dagslyskrav lige så nemt som 10 %-metoden. Dvs. løsningsrummet er/kan være betydeligt mindre med denne metode.</p> <p>Der tages ikke højde for det subjektive oplevede dagslys, hverken i metoden eller evaluering af resultatet.</p>
<b>Hvad informerer metodens resultat om i forhold til dagslyskvalitet?</b>	<p>Metoden informerer ikke om dagslyskvalitet og -fordeling i det enkelte rum, da resultatet er et simpelt tal/procentsats.</p> <p>Det bemærkes, at metoden skal opfattes som minimumskrav, og ikke i sig selv kan opfattes som sikkerhed for en høj dagslyskvalitet i rummet. Vejledningen beskriver, at mere detaljerede beregninger af dagslyset og dets variation kan benyttes i de tidlige designfaser til at analysere og sikre gode dagslysforhold i bygningens enkelte rum.</p>	<p>Bedre repræsentation af dagslyskvaliteten, idet metoden også informerer om dagslysets udbredelse i rummet. Det er muligt at identificere områder, som er mindre eller særligt belyste. Resultatet kan bl.a. bruges til indretning af rummet.</p>

Tabel 4.1 Opsummering af nogle af de væsentligste forskelle mellem 10 %-metoden og 300 lux-metoden

I forhold til valg af metode skriver bygningsreglementet i vejledningsteksten:

”De to nævnte dokumentationsmuligheder giver nogenlunde samme dagslysniveau ved samme vinduesudformning” (Bolig- og Planstyrelsen, 2018). Det store datagrundlag fra publikationens bagvedliggende analyser viser dog i mange tilfælde noget andet.

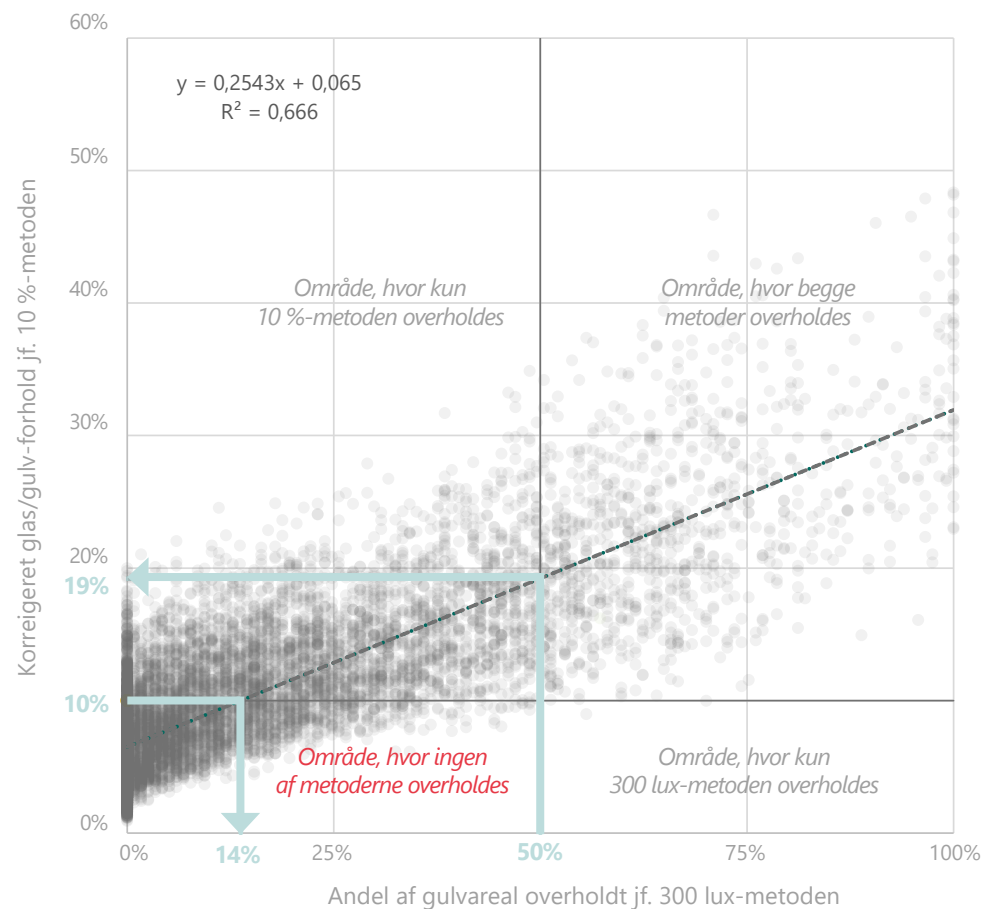
Figur 4.5 viser sammenhængen mellem 10 %-metoden og 300 lux-metoden. De mange beregninger rummer komplekse skyggende forhold såvel som simple. Den overordnede tendens er dog, at der er stor forskel i dagslysniveauet, når man sammenligner resultaterne fra de to metoder.

Tendenslinjen i figur 4.5 viser to vigtige ting:

- Overholdelse af krav jf. 10 %-metoden svarer til kun 14 % af gulvarealet for 300 lux-metoden, hvor kravet er minimum 50 %.
- Overholdelse af krav jf. 300 lux-metoden fordrer et korrigeret glas/gulv-forhold på 19 % (og ikke kun 10 %).

Sammenhængen mellem dagslysmetoderne er eksemplificeret på en facade i figur 4.6.

## Sammenhæng mellem 10 %- og 300 lux-metoden



Figur 4.5 Referencerum anvendt i analyserne på bygningsniveau.

Figur 4.5 viser følgende tre situationer:

- En væsentlig andel af beregningerne overholder 10 %-metoden, men ikke 300-lux metoden.
- En stor andel af beregningerne overholder begge metoder.
- Kun meget få beregninger overholder 300 lux-metoden alene.

Analyserne viser derfor, at det generelt er sværere at dokumentere overholdelse af dagslyskravet ved brug af 300 lux-metoden end ved 10 %-metoden. Beskrevet med andre ord er det generelt lettere at dokumentere overholdelse af dagslyskravet med 10 %-metoden.

Generelt observeres en stor spredning i resultaterne for 300 lux-metoden. Et korrigeret glas/gulv-forhold på 10 % kan både svare til, at 0 % henholdsvis 50 % af gulvarealet er overholdt i 300 lux-metoden. Dette indikerer, at 300 lux-metoden muligvis er mere følsom overfor visse af de skyggende forhold, som er varieret i beregningen.

Dette betyder, at der derfor skal være mere opmærksomhed på visse parametre i beregningen med 300 lux-metoden. Det understreger samtidig vigtigheden af at inddrage dagslysanalyser tidligt i designfasen for at undgå, at bygningsdesignet bliver den begrænsende faktor i forhold til metoden.

Bygningsreglementet anviser, at der skal tages højde for bygningens placering og orientering på byggegrunden, valget af bygningsform, bygningsdybde og indretning samt hensyntagen til skygger fra omgivelser og bygningsdele. De to dagslysmetoder medtager dog disse forhold forskelligt, hvilket netop resulterer i, at de samme dagslysniveauer ikke observeres. Særligt er der forskel på, hvordan dagslysmetoderne tager højde for vinduets udformning og placering i facaden samt vinduets orientering, hvilket eksemplificeres i det følgende.

Figur 4.6 Sammenhæng mellem 10 %-metoden og 300 lux-metoden eksemplificeret på en facade. Ved samme glasareal, men varierende skygger op gennem etagerne overholdes 10 %-metoden, mens 300 lux-metoden først overholdes på de øverste etager. Eksemplet er baseret på tendenslinjen i forrige figur 4.5.

Referencerum mod S, d. 9. september kl. 12 (CIE clear)

10 %-metoden  
(korrigeret glas/gulv- forhold)

26 %



300 lux-metoden  
(andel gulvareal)

78 %

17 %

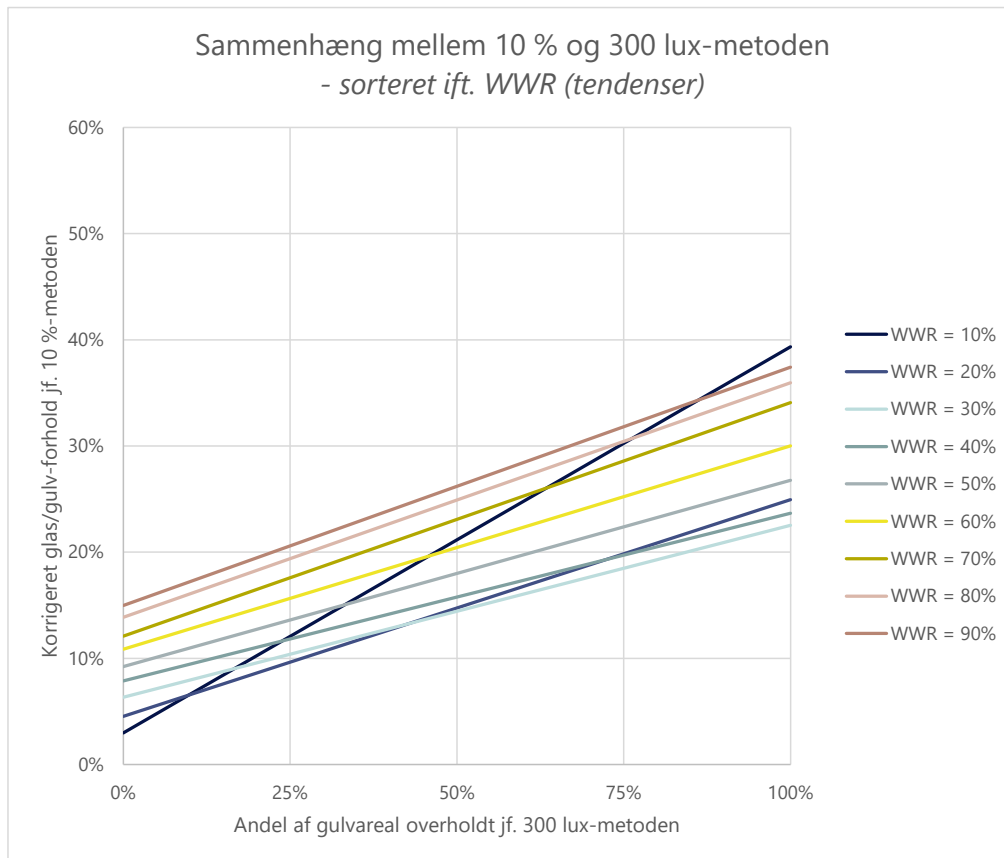


43 %  
Overholder ikke krav

13 %



26 %  
Overholder ikke krav



Figur 4.7 Sammenhæng mellem 10 %-metoden og 300 lux-metoden baseret på 10.000 beregninger, farveopdelt efter WWR.

### Forskel i metoderne – vinduets udformning

Én af de metodiske forskelle mellem 10 %- og 300 lux-metoden er, hvorvidt der tages højde for vinduets placering og udformning i facaden. Dette observeres i resultaterne fra de mange beregninger, hvor der er sorteret på forskellige window to wall ratio's (WWR) (fig. 4.7). Forskellige facadedesign, hvor vinduerne er placeret forskelligt i facaden, kan resultere i den samme WWR. I denne situation opnås forskellige dagslysresultater i de to metoder under forudsætning af samme skyggende faktorer.

10 %-metoden forudsætter, at facaden er udformet under hensyntagen til udnyttelsen af dagslyset og udsynet gennem vinduerne, dvs. at vinduerne er hensigtsmæssigt placeret i facaden. Metoden tager ikke direkte højde for vinduernes placering i facaden og udformning, hvor eksemplet i figur 4.6 viser samme korrigerede glas/gulvforhold ved forskellige placeringer/udformning af 2 m<sup>2</sup> glasareal i facaden.

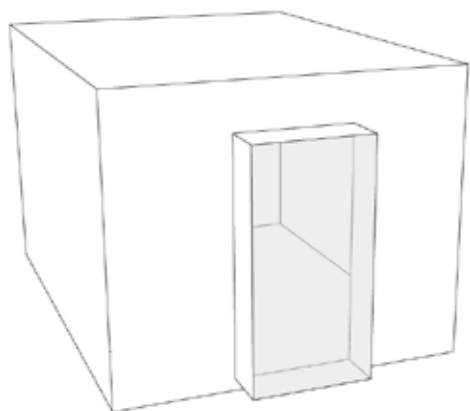
Omvendt tager 300 lux-metoden højde for vinduets aktuelle udformning og placering i facaden, som modelleret i 3D-modellen.

Simuleringerne fra 300 lux-metoden viser en betydelig forskel i forhold til overholdelse af kravet; et bredt, højtplaceret vindue bidrager til et højere dagslysniveau sammenlignet med et smalt vindue, som går til gulv. Af dette kan det blandt andet uddrages, at glasset under beregningsplanet (0,5 meter over gulv) således ikke bidrager væsentligt til dagslysniveauet i 300 lux-metoden, og det er en betydelig forskel mellem dagslysmetoderne at have for øje ved brug i en designsituation. Dog giver glas til gulv andre kvaliteter såsom adgang til altan, udnyttelse af vinduesniche og en større rumlighed.

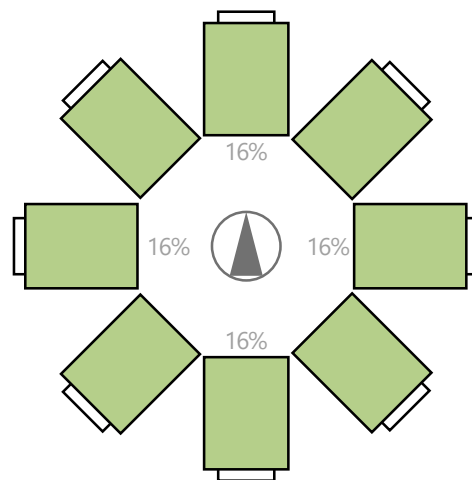
Ved at udforme og placere glasset på den mest hensigtsmæssige måde, vil man i nogle tilfælde kunne komme i mål med et mindre glasareal i 300 lux-metoden sammenlignet med 10 %-metoden. Dette er et væsentligt perspektiv at have for øje i målet om at reducere klimabelastningen fra byggesektoren, og samtidig opretholde et tilstrækkeligt dagslysniveau.

2 m<sup>2</sup> vindue

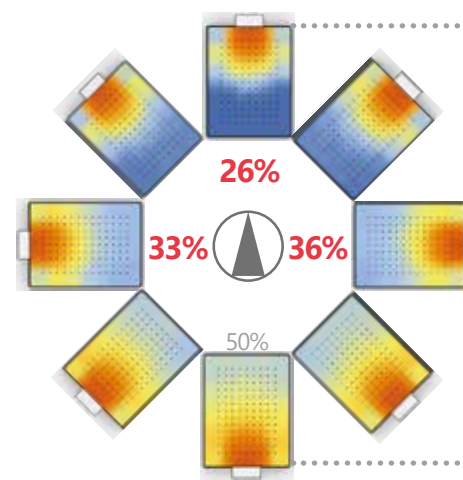
Udformning 1



Korrigeret glas/gulv-forhold jf. 10%-metoden



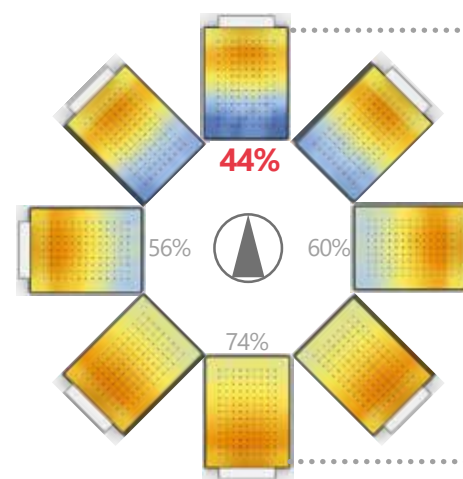
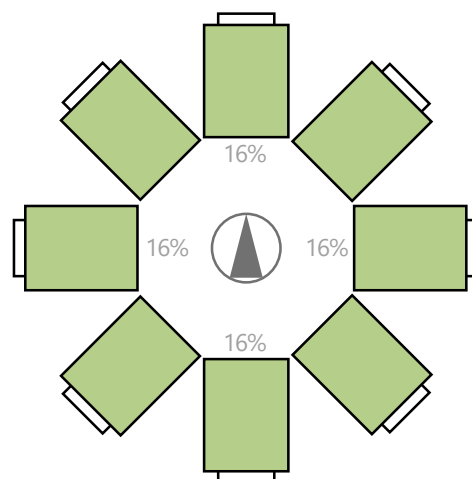
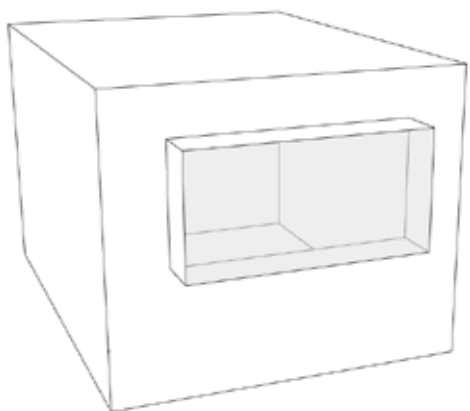
Andel af gulvareal overholdt jf. 300 lux-metoden



Efterårsjævndøgn (22/9) kl. 12, CIE clear sky



Udformning 2



Figur 4.8 Illustrering af betydningen af vinduets udformning/placering i facaden i hhv. 10 %-metoden og 300 lux-metoden ved samme glasareal. Beregninger er udført for referencerummet uden skyggende faktorer.

## Forskel i metoderne – vinduets orientering

En anden og særlig væsentlig forskel mellem 10 %- og 300 lux-metoden er, hvorvidt der tages højde for vinduets orientering. 10 %-metoden indeholder ikke en korrektionsfaktor for orientering, mens 300 lux-metoden tager højde for forskellig dagslysadgang afhængig af vinduets orientering.

I figur 4.9 vises resultatet fra beregningerne, hvor data er sorteret i forhold til vinduets orientering. Tendenslinjernes  $R^2$ -værdi fortæller om sammenhængen mellem metoderne, og indikerer herigennem præcisionen af, hvorvidt de to metoder regner ens. En høj  $R^2$ -værdi angiver en høj sammenhæng mellem metoderne – dvs. mindre spredning mellem datapunkterne. Tendenslinjernes hældning siger derimod noget om sammenhængen mellem selve dagslysniveauerne/kravværdierne.

Ud fra tendenslinjerne observeres en lidt større sammenhæng mellem metoderne mod nord sammenlignet med de øvrige orienteringer. Dette skyldes bl.a., at korrektionsfaktorerne i 10 %-metoden er beregnet ud fra en overskyet himmel (CIE overcast sky) som ligner en situation, hvor vinduerne orienteres mod nord.

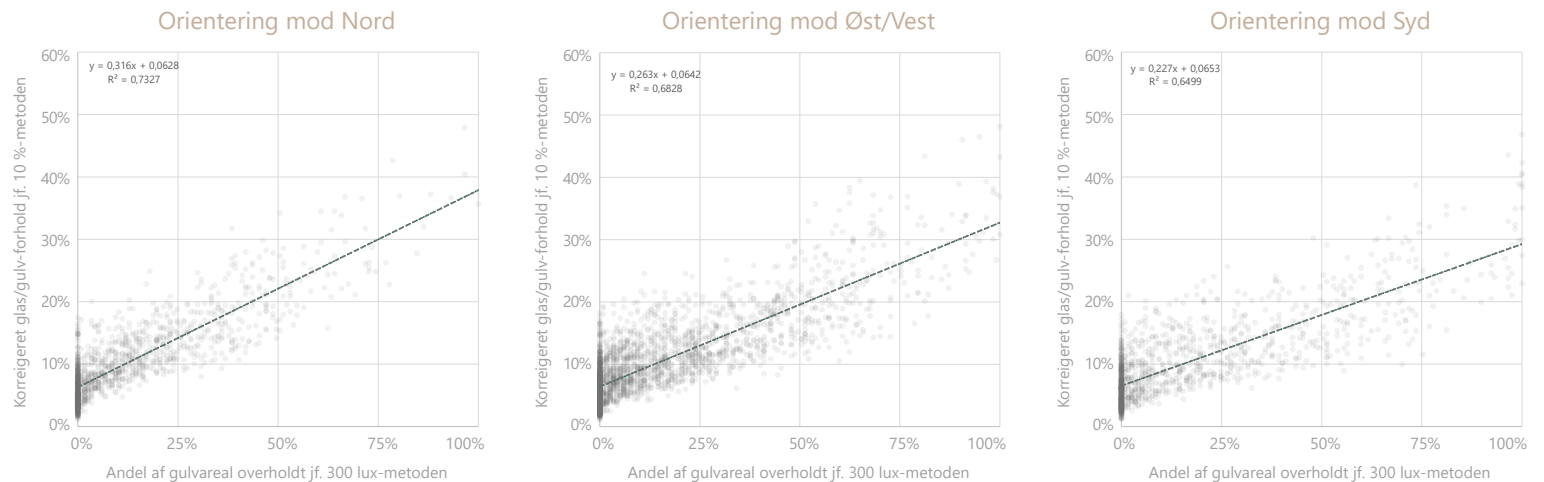
I det foregående eksempel i figur 4.8 ses det, hvordan orienteringen påvirker dagslysets udbredelse i rummet. En orientering mod syd trækker dagslyset længere ind i rummet, hvorimod orientering mod nord koncentrerer dagslyset lige ved facaden. Fælles for begge vinduesudformningsscenarier er, at de overholder dagslyskrav i forhold til 10 %-metoden, men ikke i forhold til 300 lux-metoden.

Derfor bør der, når facadedesignet udarbejdes, være opmærksomhed på, at de to metoder giver forskellige resultater i forhold til facadens orientering. Hvis en facade designes med udgangspunkt i 10 %-metoden, vil den vise det samme resultat for alle orienteringer. Hvis en facade derimod designes med udgangspunkt i 300 lux-metoden, vil det give forskellige resultater for forskellige orienteringer. En fordel ved 300 lux-metoden er, at den metode giver mulighed for mindre glasalearer mod syd end mod nord, som potentielt kan lede til mindre risiko for overophedning og samtidigt bidrage til klimamæssige besparelser i form af mindre glasalearer.

De to dagslysmetoder har således forskellige styrker og svagheder, som man skal være opmærksom på, når man arbejder med dagslys. Valget af metode afhænger dog af både krav til og ønsker for projektet.

Der rettes opmærksomhed på, at metoderne ikke viser samme dagslysniveau og at det generelt er lettere at overholde kravet ved brug af 10 %-metoden. Tages metodens simple håndteringer af skyggende forhold og manglende inkludering af orientering i betragtning, kan dette potentielt udnyttes og i sidste ende modvirke ønsket om at skabe bedre dagslysf forhold i vores bebyggede miljø.

## Sammenhæng mellem 10 %- og 300 lux-metoden



Figur 4.9 Sammenhæng mellem 10 %-metoden og 300 lux-metoden baseret på 10.000 beregninger (grå prikker), hhv. mod Nord, Vest/Øst og Syd. Tendenslinjernes  $R^2$ -værdi fortæller noget om den metodiske sammenhæng, mens tendenslinjens hældning indikerer sammenhængen mellem selve dagslysniveauerne/kravværdierne.

## Dagslys – i en tværfaglig kontekst

Dagslys kan, som designparameter, ikke stå alene, men skal ses i en tværfaglig kontekst – blandt andet sammen med kravene til det termiske indeklima. Således er forståelsen af, hvad 'termisk indeklima' er for en størrelse også essentiel i arbejdet med dagslys. Herunder hvilke parametre der påvirker det fælles tværfaglige løsningsrum for facadedesignet i form af blandt andet glasareal, valget af glas og valg af eventuel solafskærmning.

### Termiske indeklimaberegninger

I Bygningsreglementet stilles der minimumskrav til det termiske indeklima for at sikre, at bygningerne kan tilbyde tilfredsstillende kom-

fort. Det termiske indeklima skal dokumenteres for rum, hvor personer opholder sig i længere tid og for boliger betyder det, at køkken/alrum, stue og værelser alle skal overholde kravene.

Minimumskravene til det termiske indeklima er reelt set 'øvre krav', hvor der i boliger maksimalt må forekomme 100 timer over 27 °C og 25 timer over 28 °C i løbet af en årlig periode. Disse krav er som udgangspunkt mere lempelige end kravene til erhvervsbygninger, da det er taget i betragtning, at personer i boliger har en adaptiv adfærd og selv kan regulere deres termiske komfort ved at tage tøj af eller på samt åbne eller lukke vinduer. Kravene

til termisk komfort i boliger er derfor tilpasset boligmiljøet.

Beregningerne for termisk komfort i boliger skal, i henhold til BR18, udføres på grundlag af det danske Design Reference Year, DRY 2013 for kalenderåret 2010 og kan dokumenteres ved enten en forenklet beregning (gennem Sommerkomfort-modulet i Be18) eller dynamiske beregninger (gennem f.eks. BSim, IES-VE, IDA ICE eller lignende). Beregninger af termisk indeklima bør tage udgangspunkt i branchevejledningen for indeklimaberegninger (Havgaard Vorre et al., 2017).

”

***Dagslysforholdene hænger nøje sammen med valget af glasarealet, valget af glas og valg af eventuel solafskærmning. Disse valg har stor indflydelse på det termiske indeklima og behov for tilført energi til klimatisering af bygningerne. Det vil derfor normalt være nødvendigt at se på disse forhold i en sammenhæng.***

*Bygningsreglementet*



## Adfærd og brugsmønstre

Den langt mest udbredte beregningsmetode for boliger er sommerkomfortberegning i Be18. Metoden benytter en forsimplet beregningsmodel, som er baseret på konstante og ens belastninger og brugsmønstre døgnet rundt. Nærværende publikation tager udgangspunkt i denne metode.

Det er vigtigt at være opmærksom på, at adfærd og brugsmønstre i en bolig kan variere meget afhængigt af den enkelte beboer. Derfor anses en bolig for altid at være i brug, og denne præmis ligger til grund for standardforudsætningerne i en sommerkomfortberegning med konstante belastninger. Sommerkomfortberegningen tager herudover udgangspunkt i antagelser om bygningens klimaskærm og ventilationsforhold, herunder både mekanisk og naturlig ventilation.

## Skygger i sommerkomfortberegningen

En væsentlig forudsætning at bemærke i sommerkomfortberegninger er desuden måden, hvorpå skygger betragtes. I form af udhæng og sideskygger angives dybden, mens højden på en modstående bygning beskriver det skyggende bidrag herfra. I det højden af sideskyggen, eller udbredelsen af udhænget eller den modstående bygning ikke angives som direkte input, betragtes de som udgangspunkt som 'uendeligt' høje eller lange. Metodisk er det en mere gunstig situation i en termisk indeklimakontekst, men reelt afspejler forudsætningerne ikke de skyggende forhold og dermed risikoen for overophedning. F.eks. hvis en bolig har en altan over et af vinduerne, vil dette udhæng blive regnet som uendeligt langt, selvom altanen i realiteten ikke er det. I denne publikation er der taget højde for en

mere reel betragtning af de skyggende effekter ved at inddrage tilgange fra 10 %-metoden ved skygger, der ikke er uendeligt lange eller høje. Skygger bør altid være en vurderingssag i forbindelse med termiske beregninger, og den "todimensionelle" del bør - ligesom dagslys - betragtes og indregnes mere reelt for at skabe et bedre bygningsdesign i sidste ende.

Viden om hvordan metoder til evaluering af termisk indeklima og dagslys betragter forhold forskelligt, er essentiel at inddrage i den tværfaglige rådgivningsproces. Dagslysforholdene og det termiske indeklima hænger uløseligt sammen, men hvor designløsningerne for at komme i mål ofte er modsatrettede. Generelt har skygger en negativ indflydelse på dagslysforholdene, men er gunstige i forhold til det termiske indeklima. Identificering af, hvilke specifikke designparametre, som er særligt indflydelsesrige i hver sin retning, er derfor relevant viden at få frem i beslutningsprocessen. Hvis der eksempelvis justeres på designparametre i forhold til det termiske indeklima, bør man i samme ombæring sikre, at dagslysforholdene ikke påvirkes negativt.





## Hvilke designparametre er særligt indflydelsesrige i en tværfaglig kontekst?

Kravene til både dagslys og termisk indeklime danner et fælles tværfagligt løsningsrum for facadedesignet, og i den sammenhæng er det vigtigt at identificere *hvilke* designparametre, som påvirker det ene eller begge forhold – og i hvilken grad.

Med det kvantitative datagrundlag fra det parametriske studie er der lavet en 'sensitivitetsanalyse' for at synliggøre, hvilke af de varierede designparametre, som er særligt indflydelsesrige i en tværfaglig kontekst. Det bemærkes, at sensitivitetsanalysen kun forholder sig til betydningen af de parametre, som er udvalgt og varieret i nærværende publikation. Sensitivitetsanalysen er lavet på både dagslys- og de termiske indeklimeberegninger, og fortæller derfor noget om, hvordan designparametrene påvirker indeklimeforholdene.

### Hvad er en sensitivitetsanalyse?

Analysen viser i hvilken grad et analyse-resultat (output) påvirkes af ændringer i designparametrene (input).

Outputtet af sensitivitetsanalysen indikerer ikke noget om selve overholdelsen af kravene i de respektive indeklimeberegninger, men derimod om graden af påvirkning på beregningsresultatet, når et designinput ændres.

En sensitivitetsanalyse kan således generere nyttig viden, som kan fødes ind i eksempelvis den tidlige designfase og indikere hvilke designparametre, der skal rettes særlig opmærksomhed mod. De mindre sensitive designparametre kan således 'bedre' undlades eller i mindre grad inddrages i de helt tidlige analyser i beslutningsprocessen, da de ikke har en lige så stor indvirkning på indeklimeforholdene som de øvrige parametre. Dermed ikke sagt, at de ikke er vigtige at forholde sig til – de øvrige er blot mere essentielle at rette opmærksomhed mod. Når de mest betydende parametre derimod er blevet bearbejdet og låst i designet senere i processen, kan der arbejdes videre med de designparametre, som kommer næst i rækken.

Samtidig kan de mest betydende parametre indikere 'røde flag', hvis der undervejs i processen sker ændringer eller udfordringer, og hvor der opstår tværfaglige dilemmaer.

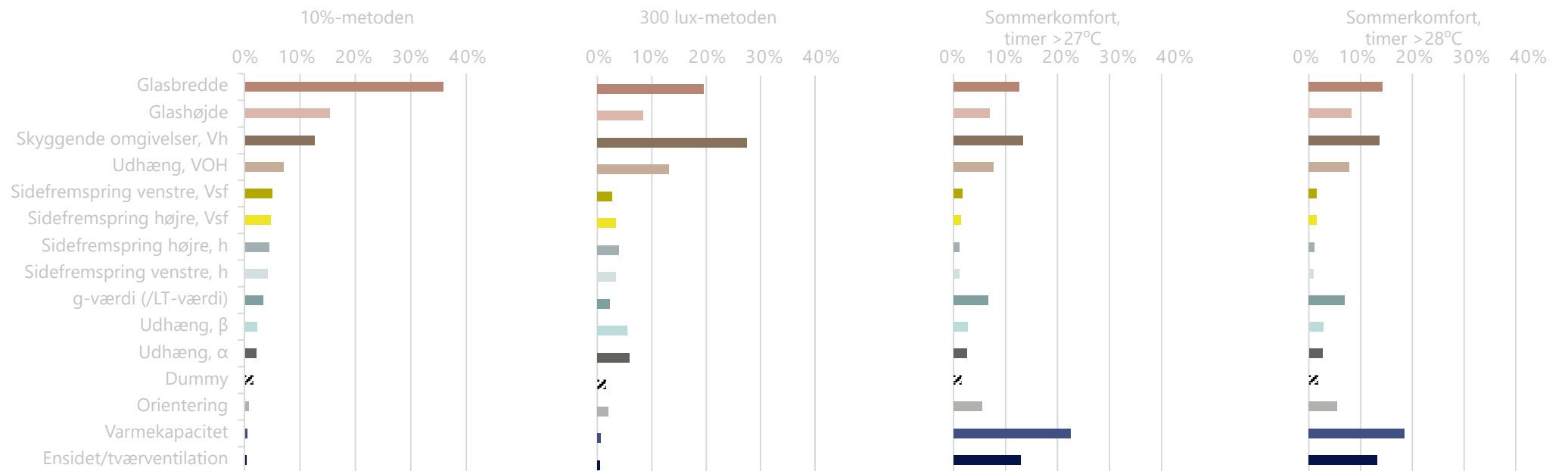
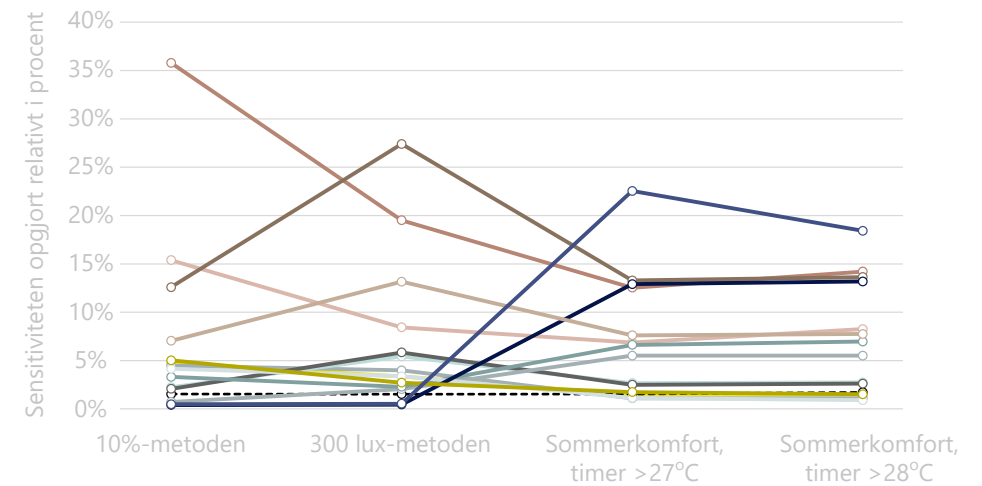
Figur 4.10 angiver den procentvise størrelse af sensitiviteten på dagslys og termisk indeklime. Idet 'procent' anvendes er sensitiviteten beskrevet relativt holdt op imod de øvrige designparametre. I det følgende beskrives sensitiviteten af de enkelte forhold.



Figur 4.10 Designparametrene's procentvise betydning ved beregning af dagslysforhold og termisk indeklime. Procentsatserne kan sammenlignes for at se, hvilke designparametre der er de henholdsvis mest eller mindst indflydelsesrige – og i hvilken grad. De mellemliggende streger i grafen angiver ikke en sammenhæng, men kan bruges til at 'følge' ændring i sensitiviteten af én designparameter på tværs af indeklimeberegningerne.

'Dummy' er en fiktiv input-parameter, som ikke er varieret. Hvis en designparameter således har en lavere sensitivitet end dummy'en er denne uden betydning.

Designparametres indflydelse på dagslysforhold og termisk indeklime



## Værktøjskassen med vigtige designparametre

I det følgende præsenteres en række designparametre, der udgør en værktøjskasse, som kan trækkes frem flere gange i processen på bygningsniveau for at understøtte beslutningsprocessen, og dermed forbedre mulighederne for gode dagslysforhold ved tværfaglige dilemmaer undervejs i processen.

**Vinduets dimensioner** (produktet af glasbredde og -højde) er særligt vigtige designparametre at arbejde med - både når det gælder dagslys og termisk indeklima (fig. 4.11). Forholdene styrer både den mængde dagslys og den mængde varme, som tilføres til rummet. Samtidig påvirker størrelsen af vinduet mulighederne for naturlig ventilation. Hertil bemærkes det, at vinduets åbningsareal har været en parameter, som også indirekte er varieret gennem det parametriske studie. Referencerummet har dog mulighed for at blive maksimalt

naturligt ventileret gennem en standard, sidehængt dør. Blot små justeringer af glasarealer kan derfor have store indvirkninger på både dagslysforholdene og det termiske indeklima. Derfor er det vigtigt, at få afstemt det rette niveau af glasareal tidligt i projekteringen, som balanceres ift. begge indeklimakrav.

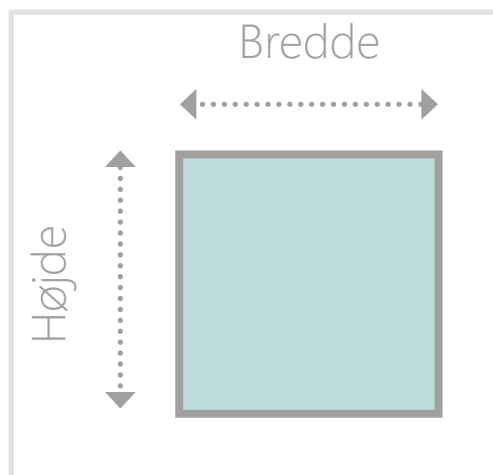
Efterfulgt at vinduets dimensioner kommer **skyggende omgivelser** fra modstående eksisterende bygninger eller fra egen bygningsgeometri ved karré-bebyggelse som en særlig indflydelsesrig designparameter (fig. 4.12). Analyserne peger samtidig også på, at dagslyset reduceres mere kraftigt af skyggende omgivelser i en dynamisk dagslyssimulering som 300 lux-metoden, mens korrektionsfaktoren er en mindre betydende skyggeparameter i 10 %-metoden. Dette kommer sig blandt andet af, at der er sat en nedre grænse for kor-

rektionsfaktorerne i 10 %-metoden, herunder også for skyggende omgivelser, selvom der kan forekomme situationer, hvor dagslyset reduceres mere af de skyggende forhold - en parameter, som er særlig vigtig i den indledende planlægning af bebyggelsen f.eks. i forbindelse med placering af bygningen på grunden i forhold til eksisterende bebyggelse. Hvis de skyggende omgivelser er svære at 'designer udenom', er det derfor essentielt at inddrage viden om hvilke forhold, som derimod kan bidrage positivt dagslysmæssigt - eksempelvis ved etablering af gennem- eller sidebelyste, og ikke dybe, rum samt minimering af øvrige skyggende faktorer fra bygningens egen geometri.

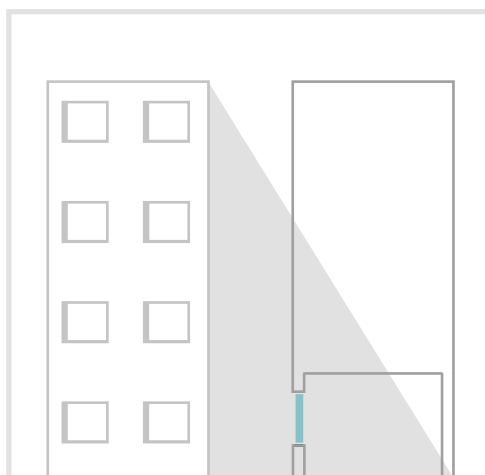
Overliggende altaner, svalegange, tagudhæng eller vandrette facadeudspring medvirker alle til skyggende forhold i form af **udhæng** (fig.

4.13). Sammenlignet med 10 %-metoden ses igen en højere sensitivitet på denne parameter i 300 lux-metoden. Betydningen af at afskærme direkte sollys fra en højtstående sol er mere betydende i en dynamisk betragtning end den mere simplificerede tilgang, som 10 %-metoden benytter sig af. Dybden på udhængen er generelt mere betydende end selve udstrækningen heraf. Både dybde og udstrækning hænger dog naturligvis sammen, hvorfor en samlet vurdering er vigtig i betragtning heraf.

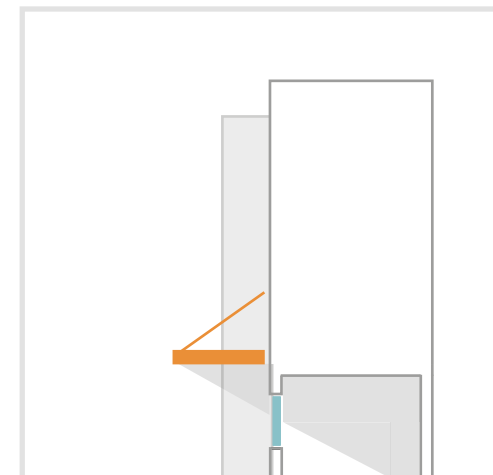
Af de udefrakommende skyggende faktorer rangerer **sidefremspring** generelt lavere som enkeltstående parameter. For kritiske skyggesituationer optræder sidefremspring typisk i kombination med eksempelvis 'skyggende omgivelser' (modstående) i karrébebyggelser (fig. 4.13).



Figur 4.11 Vinduets dimensioner.



Figur 4.12 Skyggende omgivelser.



Figur 4.13 Udhæng og sidefremspring.

En særlig bemærkning bør også knyttes til sensitiviteten af **rudens egenskaber** på tværs af dagslys og termisk indeklima (fig. 4.14). Rudens egenskaber betyder typisk lidt mere i en termisk indeklimakontekst (udtrykt af en g-værdi), mens den sammenhængende rudeegenskab 'LT-værdien' har en mindre betydning i en dagslyskontekst. De to rudeegenskaber påvirker samtidig de to indeklimaforhold modsatrettet, men sensitivitetsanalysen peger på, at opmærksomhed særligt skal rettes mod g-værdien i 'værktøjskassen'.

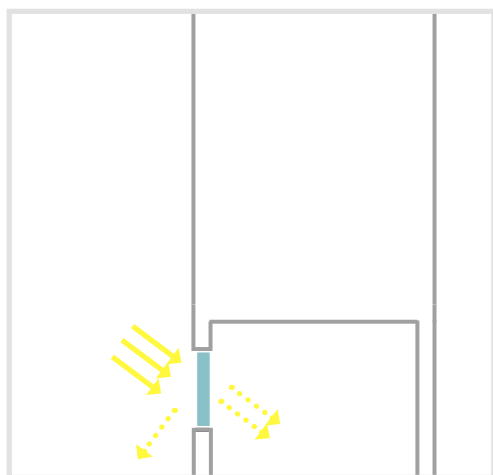
Sammenlignet med de øvrige skyggende forhold er bygningens **orientering** mindre betydende i en dagslyskontekst (fig. 4.15). Særligt i 10 %-metoden, som slet ikke tager højde for denne parameters indflydelse på dagslysniveauet. Det er derfor mere afgørende at arbejde med omkringliggende skygger end selve

orienteringen. Dog ses en højere betydning i en termisk indeklimakontekst, hvorfor betragtninger herom ikke kan udelades.

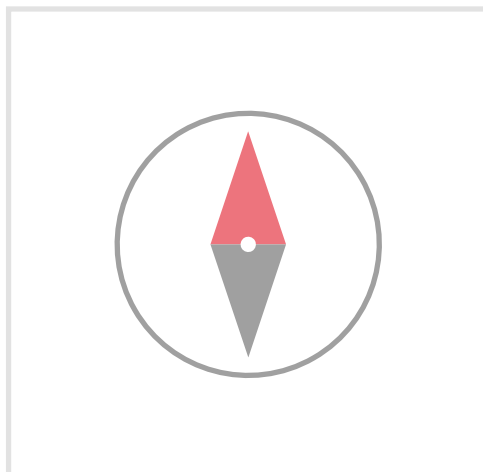
Bygningens **varmekapacitet** og muligheden for **naturlig ventilation** (ensidet eller tværv ventilation) slår kun ud som betydende designparametre i en termisk indeklimakontekst (fig. 4.16). Særligt bemærkes bygningens varmekapacitet, som den mest sensitive parameter af alle – også sammenlignet med de direkte skyggende forhold.

Varmekapaciteten er en parameter, som der fremtidigt forventes større fokus på i forbindelse med nedbringelse af bygningers CO<sub>2</sub>-aftryk, hvor materialevalg er afgørende. Varmekapaciteten er dog essentiel for at kunne forstørre det tværfaglige løsningsrum mellem dagslys og termisk indeklima. Samti-

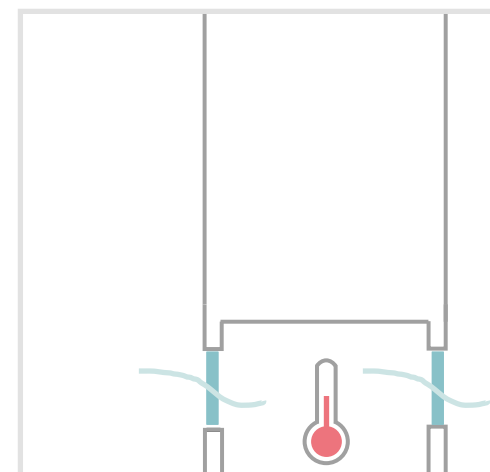
dig fremgår det, på lige fod med de naturlige ventilationsmuligheder, at der ikke er nogen direkte indflydelse på dagslys fra dette parameter. Dog styrer disse forhold indirekte mulighederne for at øge dagslystilgangen i bygninger, hvis løsningsrummet kan forstørres. De indirekte forhold udfoldes nærmere i følgende afsnit, hvor det tværfaglige løsningsrum for facadedesignet eksemplificeres.



Figur 4.14 Rudens egenskaber.



Figur 4.15 Orientering.



Figur 4.16 Varmekapacitet og naturlig ventilation.

## Det tværfaglige løsningsrum for dagslys og termisk indeklima

Facadedesign, dagslys og termisk indeklima udgør vigtige brikker i det tværfaglige puslespil og hænger uløseligt sammen. Formålet med beregningerne fra det bagvedliggende projekt er at analysere sammenhængen mellem disse parametre og identificere det reelle løsningsrum for det facadedesign, hvor både dagslyskrav og krav til termisk indeklima er opfyldt. Disse undersøgelser omtales i det følgende som de parametriske analyser.

I de parametriske analyser er der lavet et utal af kombinationer af vinduesstørrelser i facaden og skyggepåvirkninger på vinduet. Resultaterne vises grafisk som 'et tværfagligt løsningsrum' mellem window-to-wall ratio (WWR) og skyggefaktor (jf. 10 %-metoden) (fig. 4.17).

I det følgende afsnit uddybes forudsætningerne for disse kombinationer samt hvordan, de grafiske figurer skal læses og forstås.

### Forklaring af x-aksen, "WWR"

WWR definerer, hvor stor en andel af facaden der udgøres af vinduer, og det er et udtryk for variation af vinduets størrelse og udformning, herunder glasbredde og -højde.

WWR er undersøgt i et spænd fra 7 % til 95 %, da det ikke er muligt med en WWR på hverken 0 % eller 100 %.

Da WWR ikke forholder sig til placeringen af vinduer i facaden, kan samme WWR give forskellige resultater for dagslysniveauet inde i

rummet samt den oplevede dagslyskvalitet, bl.a. ift. udbredelse og udsyn. Tabel 4.2 viser tre eksempler på forskellige WWR baseret på de parametriske analyser.

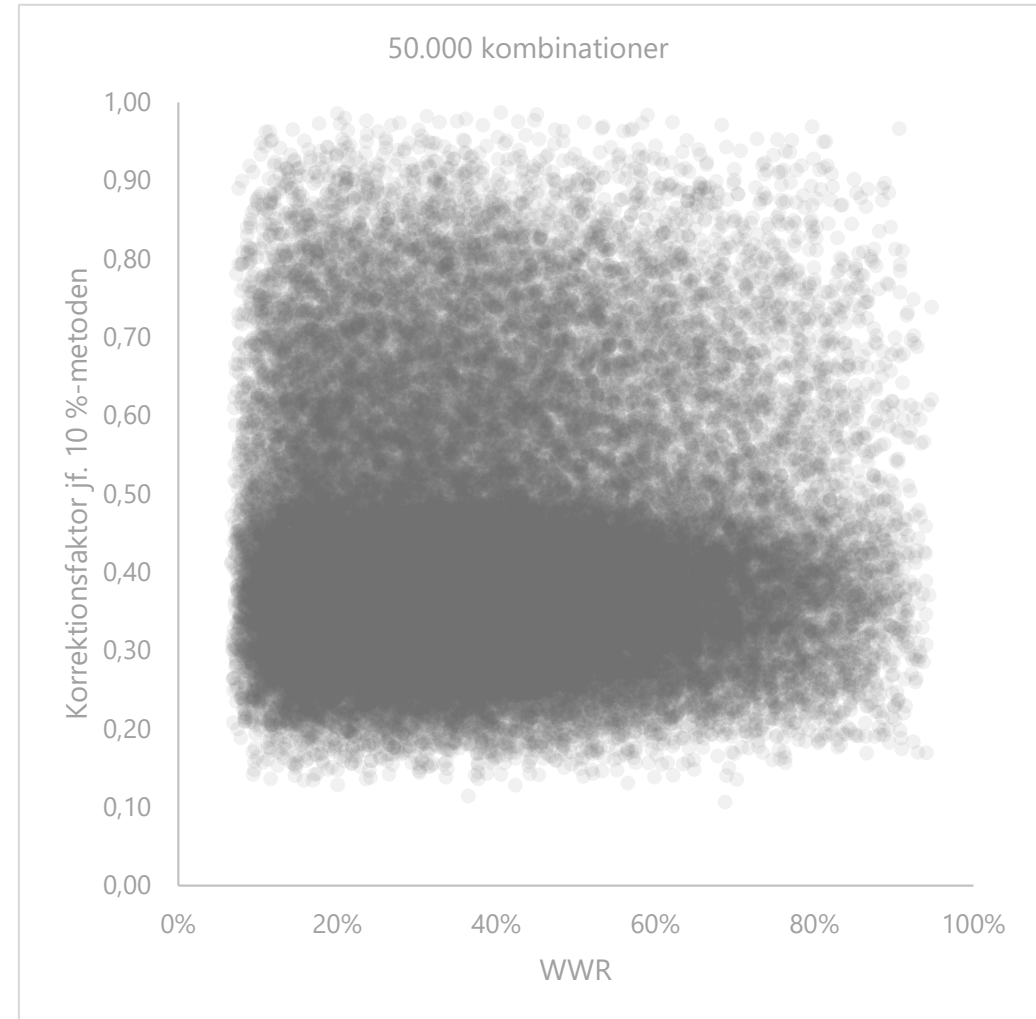
### Forklaring af y-aksen, "Korrektionsfaktor"

Når en etagebolig placeres i en kontekst med høj og tæt bebyggelse, vil de nederste etager typisk være mere skyggepåvirket end de øverste etager på grund af modstående bygninger.







De skyggende forhold påvirker både dagslysniveau og det termiske indeklima, og det udtrykkes ved den resulterende korrektionsfaktor (jf. 10 %-metoden). Korrektionsfaktoren er produktet af en række skyggende forhold, herunder rudens lystransmittans (LT-værdi), omgivelser samt bygningens udhæng og sidefremspring. En korrektionsfaktor på 1,0 repræsenterer 'ingen skygger', mens en faktor på 0 repræsenterer fuld skyggepåvirkning. Tabel 4.3 viser eksempler på, hvad en faktor på henholdsvis 0,7, 0,5 og 0,3 kan rumme af skyggende forhold.

I en projektspecifik case henvises til "Bygningsreglementets vejledning om korrektioner til 10 %-reglen for dagslys" til beregning af den faktiske resulterende korrektionsfaktor.

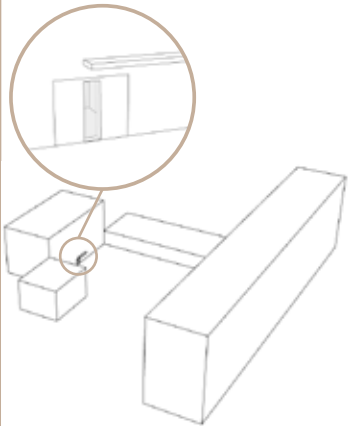
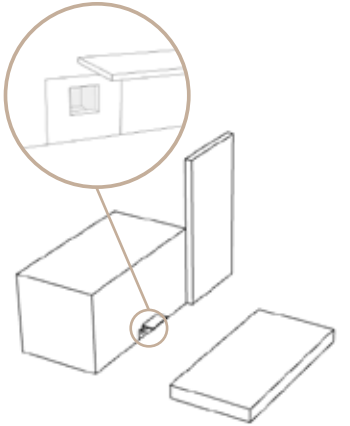
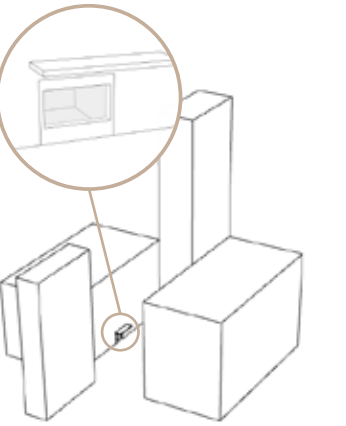
Sensitivitetsanalysen angiver hvilke designparametre i 10 %-metoden, beregningen er særligt følsom overfor – og dermed hvilke designparametre, der potentielt kan reducere eller øge den resulterende korrektionsfaktor.



Figur 4.17 50.000 kombinationer af WWR's og skyggefaktorer (grå prikker) er undersøgt ift. tværfagligt løsningsrum.

WWR	Svarende til glasareal (ved facadeareal på 7,5 m <sup>2</sup> )	Kan udformes som:	Kan alternativt udformes som:
70 %	5,3 m <sup>2</sup>		
50 %	3,8 m <sup>2</sup>		
30 %	3,2 m <sup>2</sup>		

Tabel 4.2 Eksempler på WWR, som anvendes som enhed på x-aksen ifm. illustrering af tværfagligt løsningsrum.

			
Resulterende korrektionsfaktor (produktet af nedenstående)	0,7	0,5	0,3
LT-værdi (svarende til g-værdi)	0,74 (0,53) → 0,99	0,70 (0,49) → 0,93	0,64 (0,35) → 0,85
Skyggende omgivelser	Vh: 25° → 0,84	Vh: 5° → 1,00	Vh: 50° → 0,50
Udhæng, dybde og udstrækning til begge sider	VOH: 25° α: 10° β: 71° → 1,00	VOH: 65° α: 9° β: 77° → 0,54	VOH: 45° α: 48° β: 65° → 0,80*
Sidefremspring venstre, dybde og højde	VSF: 73° h: 14° → 0,92	VSF: 5° h: 65° → 0,99	VSF: 26° h: 694° → 0,91
Sidefremspring højre, dybde og højde	VSF: 39° h: 29° → 0,92	VSF: 0° h: 0° → 0,00	VSF: 16° h: 59° → 0,95

Tabel 4.3 Eksempler på korrektionsfaktorer, som anvendes som enhed på y-aksen ifm. illustration af tværfagligt løsningsrum. \*Der er taget højde for overlappende skygge med skyggende omgivelser.

## Forklaring af det tværfaglige løsningsrum

Figureerne, som viser det tværfaglige løsningsrum, er afgrænset af en *nedre* grænse, henholdsvis en *øvre* grænse. Den nedre grænse, den blå linje (fig. 4.18), defineres af bygningsreglementets dagslyskrav, hvilket svarer til det glasareal i facaden, der *som minimum er nødvendigt* for at opnå tilstrækkelig dagslysforhold. Den nedre grænse afhænger af den valgte dokumentationsmetode (10 %-metoden eller 300 lux-metoden). For at illustrere forskellen vises et eksempel på, hvordan løsningsrummet ser ud ved brug af 300 lux-metoden. Øvrige resultater for det tværfaglige løsningsrum præsenteres med udgangspunkt i 10 %-metoden.

Den *øvre* grænse, den gule linje (fig. 4.18), defineres af bygningsreglementets krav til det termiske indeklima, hvilket svarer til det glasareal i facaden, der *maksimalt kan tolereres* for at reducere risiko for overophedning. Betragtningen af det termiske indeklima er ligeledes afhængig af andre forhold såsom ventilation og termisk masse. Løsningsrummet for det termiske indeklima vises med udgangspunkt i sommerkomfortberegninger.

I praksis, typisk ved udarbejdelsen af facade-designet, vil man ofte referere til dagslyskrav og kravene til det termiske indeklima som værende *modsatrettede*. I det ene scenario ønskes mere glas for at opfylde dagslyskravene, mens glasarealet i det andet scenario ønskes reduceret for at overholde kravene til det termiske indeklima.

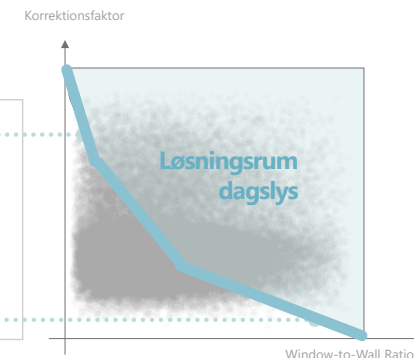
Idet begge krav skal overholdes i bygningsreglementet, danner den nedre og øvre grænse et lila område i figuren (fig. 4.18). Dette om-

råde er det fælles tværfaglige løsningsrum. Det er i dette område, løsningerne skal findes for facadedesignet, for at begge krav overholdes.

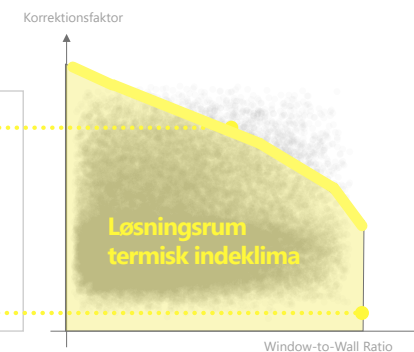
I praksis afhænger det egentlige løsningsrum af det aktuelle projekt, og særligt det bagvedliggende rums geometri og udformning. I denne publikation præsenteres det tværfaglige løsningsrum med referencerummets udformning og øvrige forudsætninger. Eksempelvis vil et større gulvareal i en dagslyskontekst indsnævre løsningsrummet, da der skal mere glasareal til (højere WWR) for at overholde dagslyskravene ved samme skyggende faktorer.

Da afgrænsningen af det tværfaglige løsningsrum defineres af de teoretisk mulige glasarealer, og som ligger *lige* på grænsen, anbefales det generelt at designe med en vis margin til grænseværdierne. Særligt i håndteringen af de tværfaglige dilemmaer, som er én af projektets brændende platforme.

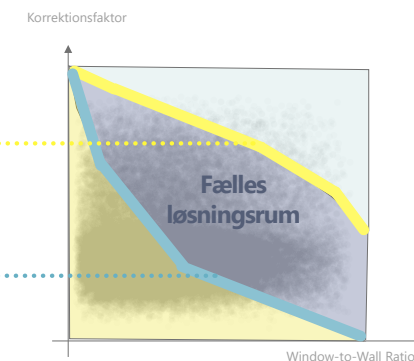
Løsningsrummet for dagslyset angiver den **nedre** grænse for glasareal i facaden til overholdelse af mindstekrav (den nedre grænse afhænger af valg af metode). Dette betyder, at vinduesarealer på de nederste skyggepåvirkede etager må forøges i forhold til det oprindelige facadedesign.



Løsningsrummet for det termiske indeklima angiver den **øvre** grænse for glasareal i facaden til overholdelse af lovkraft. Dette betyder, at vinduesarealer på de øverste etager må reduceres i forhold til det oprindelige facadedesign.



Det tværfaglige løsningsrum angiver det mulige glasareal i facaden til overholdelse af krav til både dagslys og termisk indeklima. Den blå streg i vinduet indikerer den mindst mulige glasareal, mens den gule streg indikerer det størst mulige glasareal.



Figur 4.18 Det tværfaglige løsningsrum for facadedesignet ift. dagslys og termisk indeklima



### Løsningsrummets betydning for facadedesignet

I det følgende vises eksempler på, hvordan det tværfaglige løsningsrum ser ud baseret på de parametriske analyser af referencerummet. Eksemplerne præsenteres i forhold til de mest betydende parametre for det termiske indeklime, herunder bygningens varmekapacitet, ventilationsmulighed samt orientering. I figurene illustreres ligeledes den tilsvarende bygningsfacade for at synliggøre indflydelsen på facadedesignet under de forskellige forhold (fig. 4.19 og 4.20).

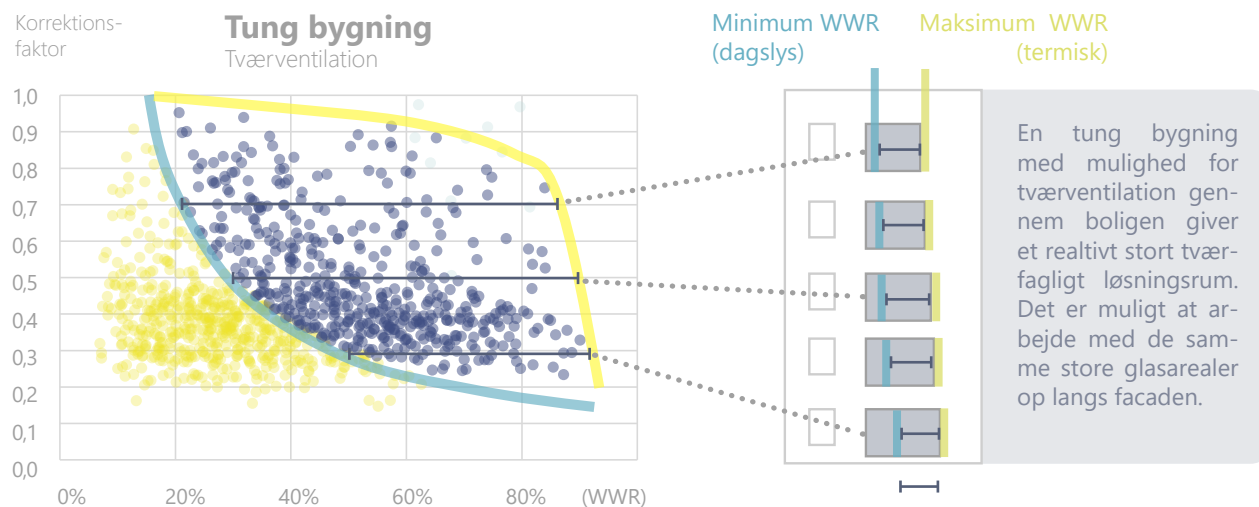
De tværfaglige løsningsrum kan være gode til hurtigt at illustrere principielle betydende forhold. I praksis beregnes dagslys og termisk indeklime typisk individuelt, men det er vigtigt at betragte disse to forhold sammen og i sammenhæng med facadedesignet. Viden fra løsningsrummene bør derfor nemt kunne sættes i relation til et konkret byggeri uden ekstraomkostninger fra detaljerede undersøgelser. De illustrerede løsningsrum kan derfor bruges som et dialogværktøj mellem byggeriets forskellige parter før (eller når) de tværfaglige dilemmaer opstår.



# Eksempel på tolkning af det tværfaglige løsningsrum

I de tværfaglige løsningsrum til højre er der markeret tre vandrette spænd, som ligger på skyggeforhold (korrektionsfaktorer), der eksempelvis kan optræde på stueetage, midterste etage samt øverste etage. Som forklaret i figur 4.21 kan der på de respektive etager derfor arbejdes med WWR indenfor de angivne spænd. Som visualiseret kan disse WWR om sættes til mulige facadedesigns.

Figureerne viser således eksempler på, hvordan de tværfaglige løsningsrum på de følgende sider kan tolkes og bruges aktivt som et dialogredskab i processen.

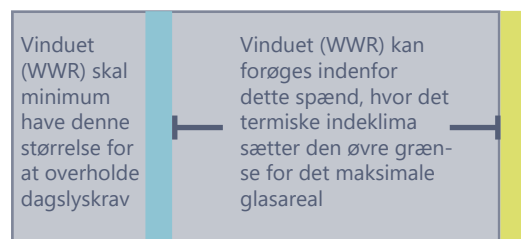


Figur 4.19 Det tværfaglige løsningsrum for sydvendt orientering.  
 ● = dagslys, ● = termisk indeklima, ● = tværfagligt løsningsrum

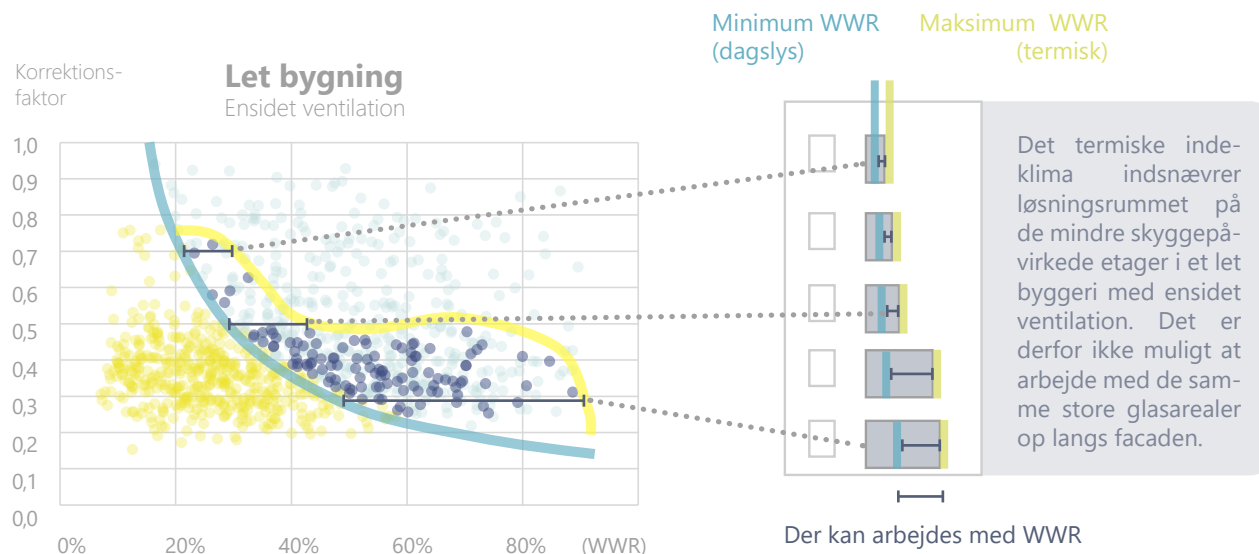
Der kan arbejdes med WWR indenfor dette spænd

En tung bygning med mulighed for tværvæntilation gennem boligen giver et reelt stort tværfagligt løsningsrum. Det er muligt at arbejde med de samme store glasarealer op langs facaden.

Minimum WWR aflæst i løsningsrum-graf Minimum WWR aflæst i løsningsrum-graf



Figur 4.21 Eksempel på vindue i facaden.



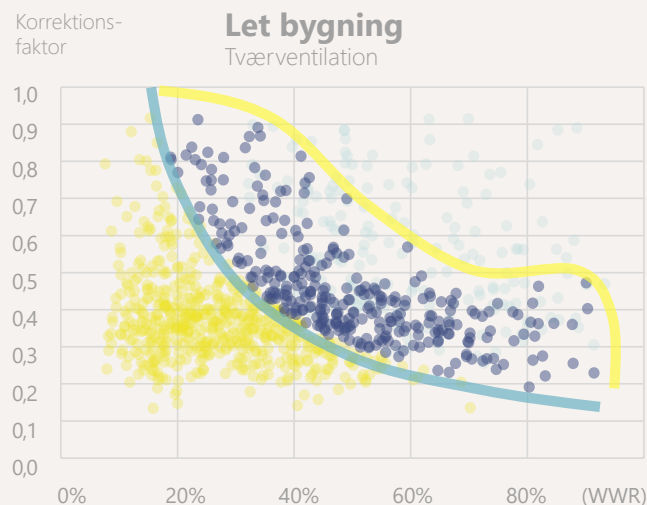
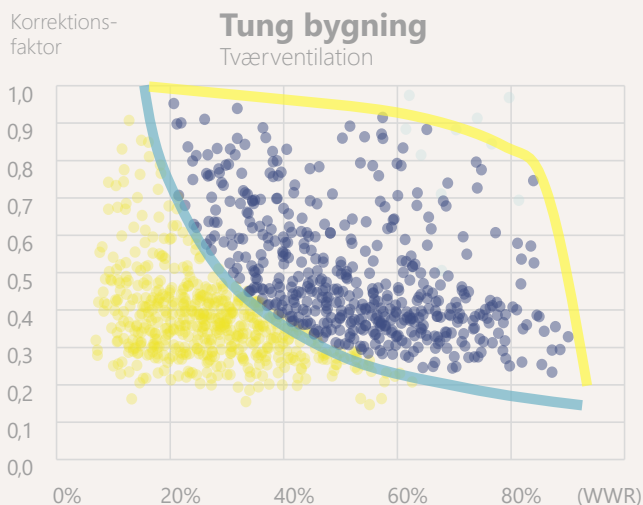
Figur 4.20 Det tværfaglige løsningsrum for sydvendt orientering.  
 ● = dagslys, ● = termisk indeklima, ● = tværfagligt løsningsrum

Der kan arbejdes med WWR indenfor dette spænd

Det termiske indeklima indsnævrer løsningsrummet på de mindre skyggepåvirkede etager i et let byggeri med ensidet ventilation. Det er derfor ikke muligt at arbejde med de samme store glasarealer op langs facaden.

# Orientering mod S

En tung bygning med mulighed for tværventilation gennem boligen giver et relativt stort tværfagligt løsningsrum. Det er muligt at arbejde med samme høje glasarealer op langs facaden.

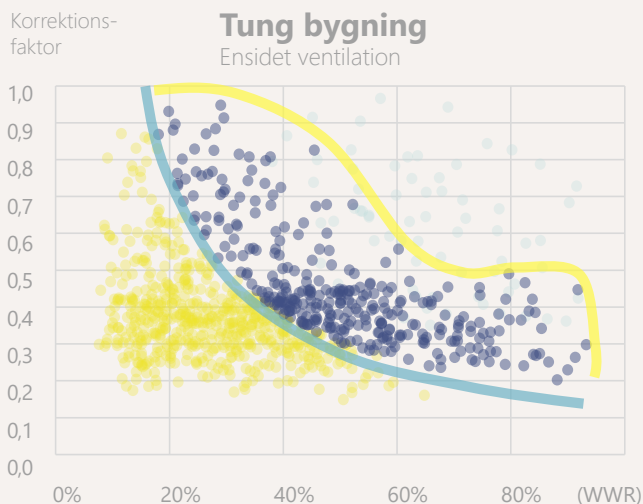


En let bygning med tværventilation indsnævrer det tværfaglige løsningsrum – også selvom der er gode ventilationsmuligheder.

Det er muligt at arbejde med samme glasarealer op langs facaden, men det mulige WWR er reduceret i forhold til den tunge bygning.

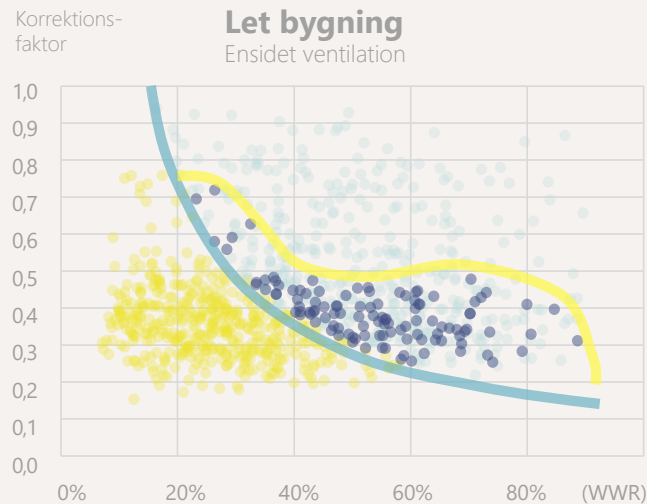
På de mest skyggepåvirkede etager kan der arbejdes med større glasarealer og dermed øge dagslys kvaliteten.

En tung bygning med ensidet ventilation indsnævrer løsningsrummet for det termiske indeklime.



Det er muligt at arbejde med samme glasarealer op langs facaden, men det mulige WWR er reduceret i forhold til eksemplet med tværventilation.

På de mest skyggepåvirkede etager kan der arbejdes med større glasarealer og dermed øge dagslys kvaliteten.



En let bygning med 'ringe' ventilationsmuligheder indsnævrer løsningsrummet markant.

Det er ikke længere muligt at anvende samme glasarealer op langs hele facaden, og derfor vil det være nødvendigt at differentiere glasarealerne på de forskellige etager.

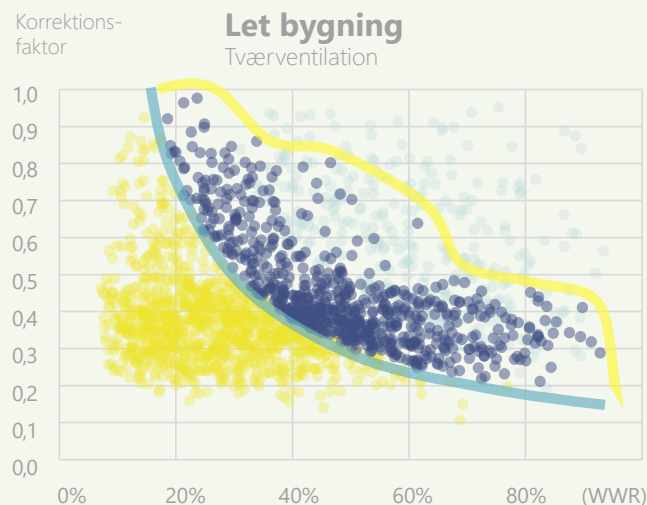
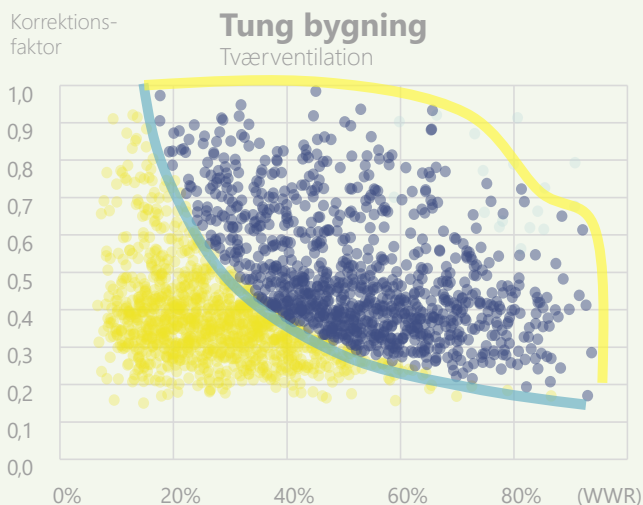
Det er dog muligt at arbejde med øgede glasarealer på de mest skyggepåvirkede etager og dermed øge dagslys kvaliteten.

Figur 4.22 De tværfaglige løsningsrum for sydvendt orientering

● = dagslys, ● = termisk indeklime, ● = tværfagligt løsningsrum

# Orientering mod Ø/V

En tung bygning med mulighed for tværventilation gennem boligen giver et relativt stort tværfagligt løsningsrum. Det er muligt at arbejde med samme høje glasarealer op langs facaden.

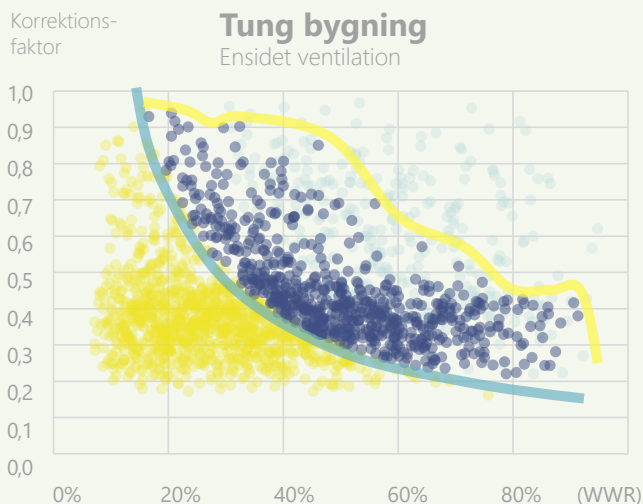


En let bygning med tværventilation indsnævrer det tværfaglige løsningsrum – også selvom der er gode ventilationsmuligheder.

Det er muligt at arbejde med samme glasarealer op langs facaden, men det mulige WWR er reduceret i forhold til den tunge bygning.

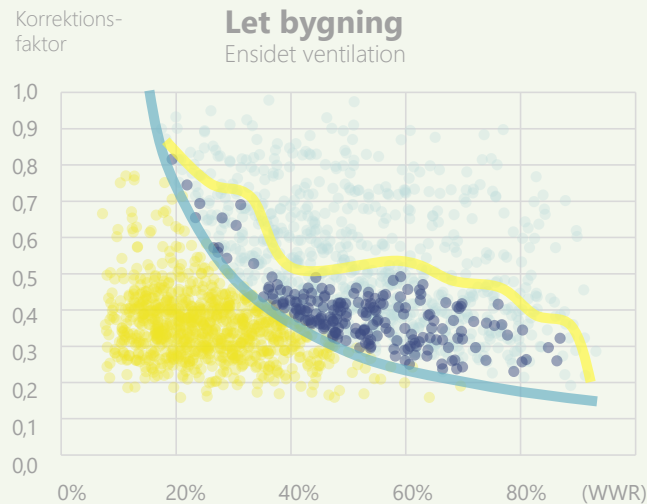
På de mest skyggepåvirkede etager kan der arbejdes med større glasarealer og dermed øge dagslyskvaliteten.

En tung bygning med ensidet ventilation indsnævrer løsningsrummet for det termiske indeklime.



Det er muligt at arbejde med samme glasarealer op langs facaden, men det mulige WWR er reduceret i forhold til eksemplet med tværventilation.

På de mest skyggepåvirkede etager kan der arbejdes med større glasarealer og dermed øge dagslyskvaliteten.



En let bygning med 'ringe' ventilationsmuligheder indsnævrer løsningsrummet markant.

Det er ikke længere muligt at anvende samme glasarealer op langs hele facaden, og derfor vil det være nødvendigt at differentiere glasarealerne på de forskellige etager.

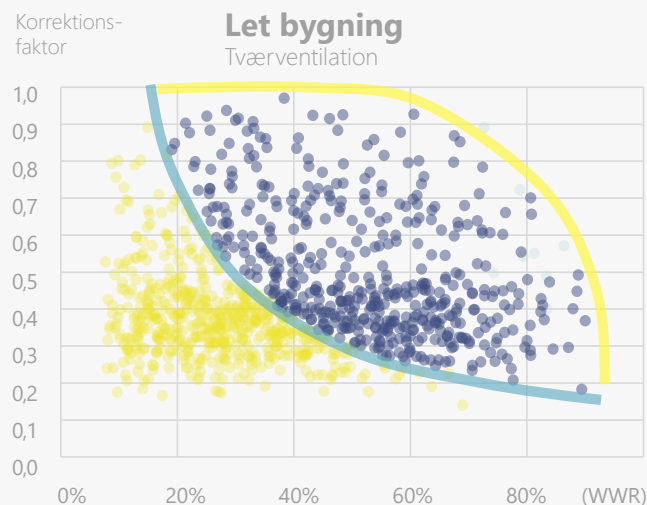
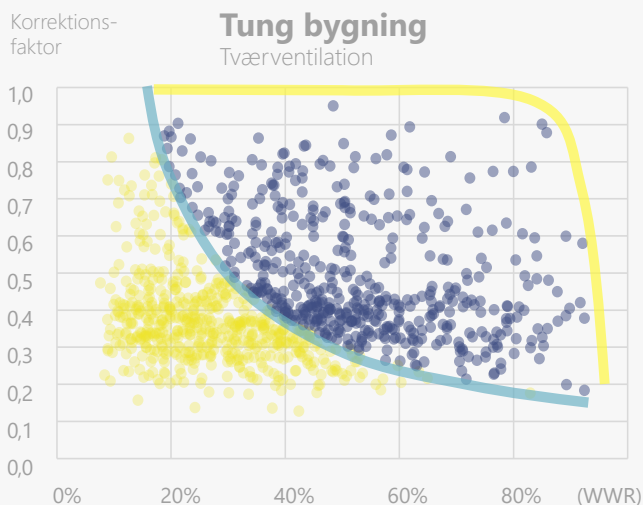
Det er dog muligt at arbejde med øgede glasarealer på de mest skyggepåvirkede etager og dermed øge dagslyskvaliteten.

Figur 4.23 De tværfaglige løsningsrum for øst- eller vestvendt orientering

● = dagslys, ● = termisk indeklime, ● = tværfagligt løsningsrum

# Orientering mod N

En tung bygning med mulighed for tværventilation gennem boligen giver et relativt stort tværfagligt løsningsrum. Løsningsrummet er generelt forøget sammenlignet med øvrige orienteringer. Det er muligt at arbejde med samme høje glasarealer op langs facaden.

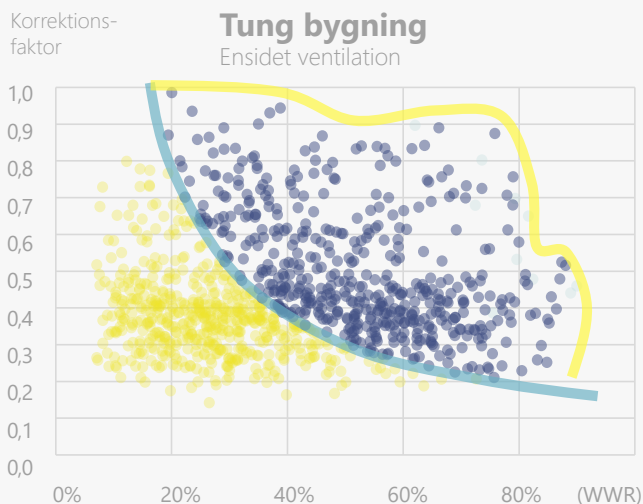


En let bygning med tværventilation indsnævrer det tværfaglige løsningsrum – også selvom der er gode ventilationsmuligheder.

Det er muligt at arbejde med samme glasarealer op langs facaden, men det mulige WWR er reduceret i forhold til den tunge bygning.

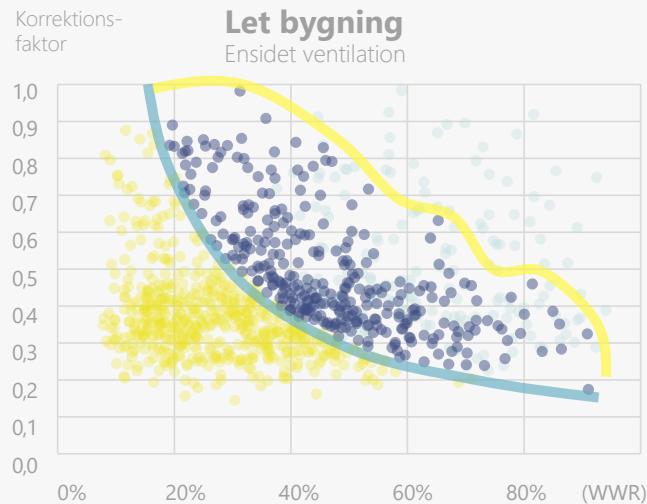
På de mest skyggepåvirkede etager kan der arbejdes med større glasarealer og dermed øge dagslyskvaliteten.

En tung bygning med ensidet ventilation indsnævrer løsningsrummet for det termiske indeklime.



Det er muligt at arbejde med samme glasarealer op langs facaden, men det mulige WWR er reduceret i forhold til eksemplet med tværventilation.

På de mest skyggepåvirkede etager kan der arbejdes med større glasarealer og dermed øge dagslyskvaliteten.



En let bygning med 'ringe' ventilationsmuligheder indsnævrer løsningsrummet i mindre grad, da facaden vender mod nord.

Det er muligt at arbejde med samme glasarealer op langs facaden, men det mulige WWR er reduceret i forhold til den tunge bygning.

På de mest skyggepåvirkede etager kan der arbejdes med større glasarealer og dermed øge dagslyskvaliteten.

Figur 4.24 De tværfaglige løsningsrum for nordvendt orientering

● = dagslys, ● = termisk indeklime, ● = tværfagligt løsningsrum

## Refleksioner i forhold til det tværfaglige løsningsrum

Bygningens varmekapacitet, ventilationsmulighed samt orientering synes at have væsentlig indflydelse på det tværfaglige løsningsrum. Lette bygninger med ensidet ventilerede rum mod syd giver store udfordringer, men kan i den projektspecifikke situation potentielt løses alligevel.

Der er også designparametre, der umiddelbart ikke har betydning for dagslysforholdene, men kan være særdeleshed vigtige i en tværfaglig kontekst, eksempelvis valg af materialer og rumdisponeringer. Beslutninger herom bør derfor altid undersøges i forhold til det tværfaglige løsningsrum.

I andre situationer kan det være nødvendigt med variation af glasarealer mellem de enkelte etager for at være indenfor det tværfaglige løsningsrum. Dette vil give mulighed for at øge dagslysniveauerne på de nederste etager, hvor der er meget skyggepåvirkning ved at indarbejde større glasarealer nederst i bygningerne og derefter reducere arealet for hver etage opad. Dette designtiltag bør inddrages tidligt i processen, da det udfordrer det rationelle og ensartede facadedesign, der ses i bybilledet i dag.

Det kan desuden overvejes at arbejde med differentierede glasarealer i forhold til orientering og derved potentielt forbedre dagslyskvaliteten ved at øge vinduesarealet mod nord. Dette skyldes, at sydfacaden typisk er laveste fællesnævner i forhold til den maksimale glas-mængde, der er styret af kravene til det termiske indeklima.

Konklusionen er, at der er flere muligheder for at forbedre dagslyskvaliteten i det bebyggede miljø – det handler blot om at indarbejde potentialet som en del af arkitekturen tidligt i designfasen.



Figur 4.25 Byggeri med varierende vinduesstørrelse afhængig af etage og skyggeforhold.

## Hvordan vil løsningsrummet for dagslys se ud, hvis 300 lux-metoden anvendes?

Da der er beregningstekniske forskelle mellem 10 %-metoden og 300 lux-metoden, vil dette også have en indvirkning på det tværfaglige løsningsrum.

Løsningsrummet for dagslys (jf. 300 lux-metoden) er vist som eksempel i figur 4.26. Der er sorteret på de resultater, som lige akkurat overholder dagslyskravet og dermed definerer den nedre grænse for løsningsrummet. Øvrige muligheder indenfor dagslysløsningsrummet, hvor dagslysniveauet vil være bedre end BR-minimumskravene, er derfor ikke vist i denne figur.

I figuren fremgår en tydelig forskel mellem 10 %- og 300 lux-metoden. Den nedre grænse, defineret af 10 %-metoden, ligger som en ren

linje, mens den nedre grænse for 300 lux-metoden angiver et større område. Dette svarer til den forskel, som også blev observeret i figur 4.5 over sammenhængen mellem 10 %- og 300 lux-metoden.

Forskellen mellem de to nedre grænser bunder i, at de to metoder tager højde for vinduets udformning på forskellig vis. 10 %-metoden antager blot, at vinduet er hensigtsmæssigt placeret, hvorfor den klart definerede linje for løsningsrummet fremkommer.

I 300 lux-metoden skabes derimod et område, som definerer den nedre grænse i løsningsrummet, idet metoden tager højde for vinduets faktiske placering og udformning i facaden. Med denne metode kan et stort vindue (høj

WWR), som er uhensigtsmæssigt placeret, have samme dagslysniveau (sDA300,50%) som et mindre vindue, der er mere hensigtsmæssigt placeret – begge ved samme skyggende forhold. Vinduets udformning og placering i facaden er derfor afgørende for de mulige tværfaglige løsninger.

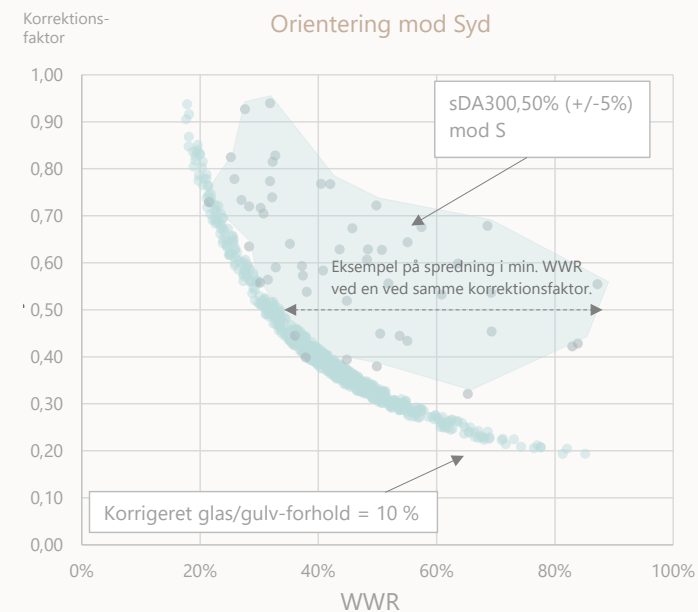
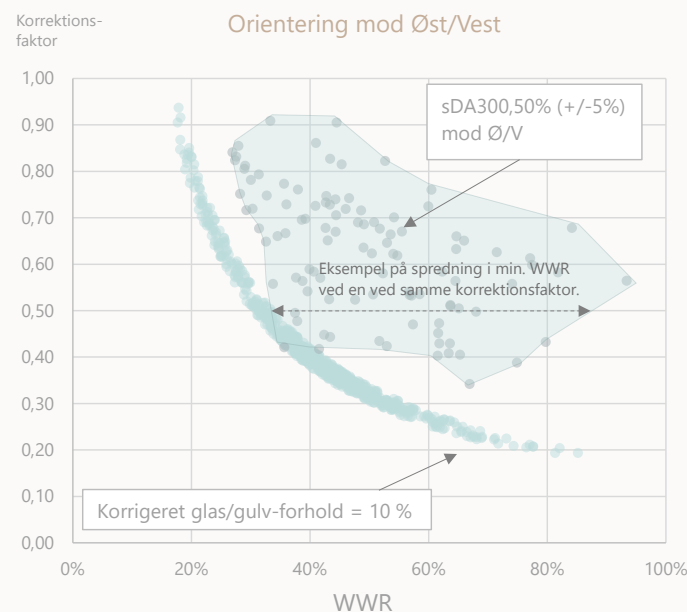
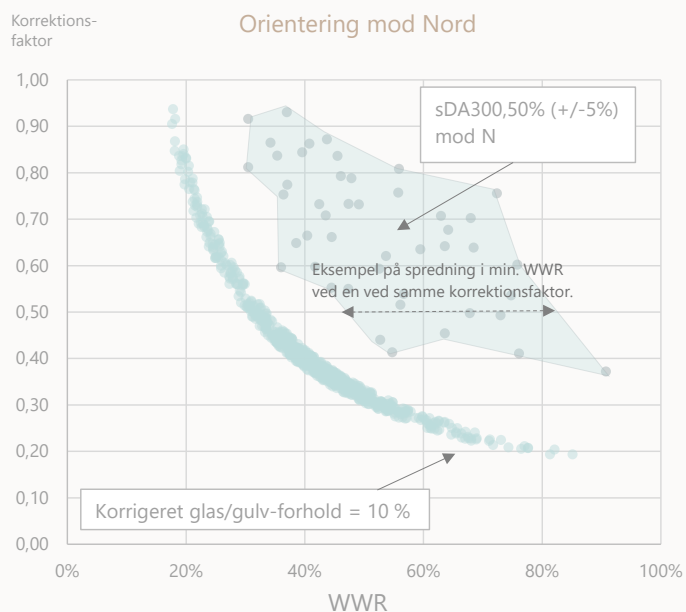
Generelt observeres det også, at der skal større glasarealer til at overholde kravet ved brug af 300 lux-metoden sammenlignet med 10 %-metoden.

Dog bemærkes det, at grænseværdien for 10 %-metoden ligger i det nedre område i grænseværdien for 300 lux-metoden ud fra forudsætningen i 10 %-metoden om, at vinduer her er 'hensigtsmæssigt' placeret.

Figur 4.26 Angiver den nedre grænse af glasareal i facaden mod Nord til overholdelse af mindstekrav til dagslys – jf. hhv. 10 %- og 300 lux-metoden. De turkise prikker angiver et korrigeret glas/gulv-forhold på præcis 10 %. På samme vis angiver de gråblå prikker den nøjagtige overholdelse af 300-lux-kravet (sDA300,50%). Situationer, hvor dagslysforskelene er bedre end minimumskravet i BR er derfor ikke vist idet der her fokuseres på den nedre grænse for mulige glasarealer. Den nedre grænse afhænger dermed af den valgte dagslysmetode og er for 300 lux-metoden ikke skarpt defineret, hvor sDA300,50% netop overholdes.

## Løsningsrum ift. dagslys (nedre grænse)

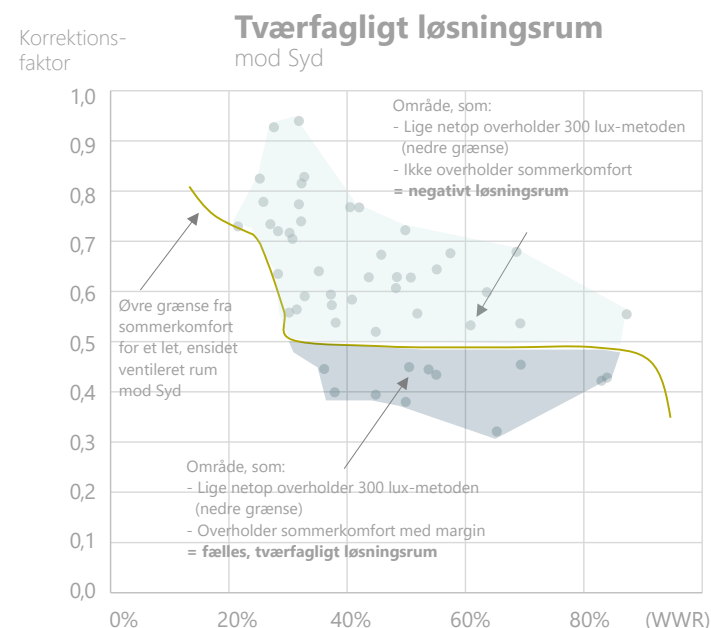
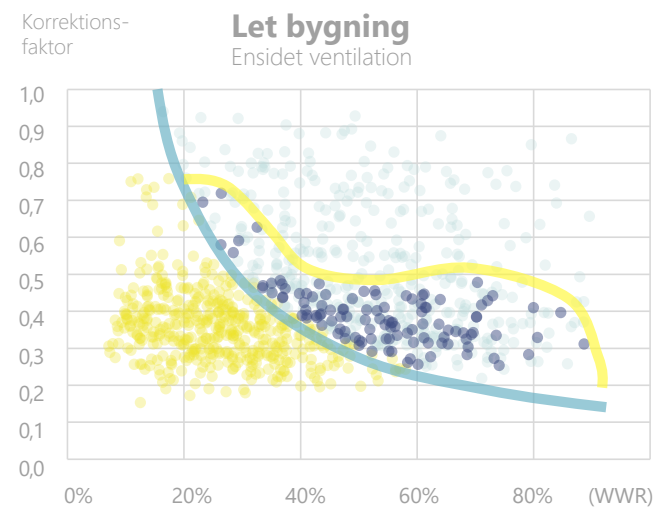
- afhænging af dagslysmetode



Sammenlægges den nedre grænse fra 300 lux-metoden med den øvre grænse fra kravet til det termiske indeklima, vil der generelt være tale om en *indsnævring* af det fælles løsningsrum. I det fælles løsningsrum forekommer dog to områder; ét muligt løsningsområde udelukkende med løsninger, som kun lige opfylder kravet i 300 lux-metoden samt et negativt løsningsområde. Der er således flere situationer i 300 lux-metoden, som ikke opfylder kravene til det termiske indeklima, sammenlignet med 10 %-metoden. Igen peger en 'hensigtsmæssig' placering af vinduerne – uafhængig af dagslysmetode – på løsninger, som rent faktisk kan løses ift. de tværfaglige forhold.

Løsningsrummet for 300 lux-metoden vil samtidig variere i forhold til valg af orientering. En orientering mod nord vil indsnævre løsningsrummet for dagslys (forskyde den nedre grænse mod højre), mens en orientering mod syd vil åbne det op (forskyde den nedre grænse mod venstre). Med den nuværende beregningsmetode i 10 %-metoden er løsningsrummet for dagslys konstant, idet der ikke korrigeres for orientering. Modsatrettet påvirkes det termiske løsningsrum af orienteringen. De tværfaglige dynamikker er derfor særligt essentielle ved brug af 300 lux-metoden, idet de reelle forhold afspejles bedre i denne metode.

Figur 4.27 Angiver det mulige glasareal i facaden mod Nord til overholdelse af krav til både dagslys (både jf. 10 %- og 300 lux-metoden) og termisk indeklima. Det lila område indikeret et muligt løsningsrum.





## Hvordan kan det tværfaglige løsningsrum åbnes op?

Først og fremmest kan forudsætningerne for det tværfaglige løsningsrum forbedres ved at drøfte nogle af de betydende designparametre allerede i planlægningsfasen, hvor udarbejdelse af lokalplanen finder sted.

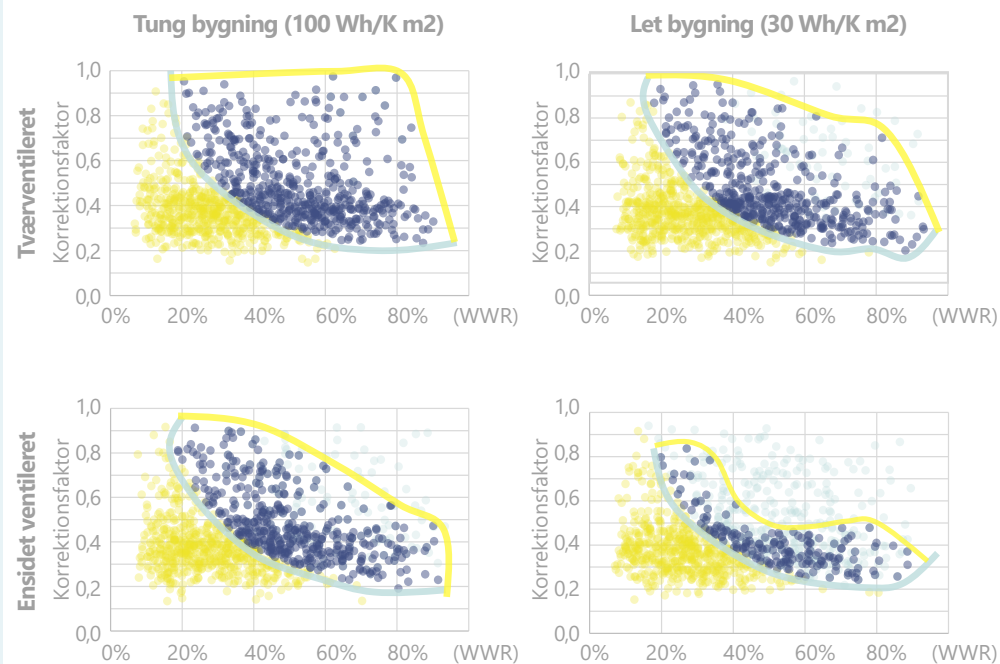
Dernæst spiller den indledende rådgivning og dialog, f.eks. mellem bygherre og rådgivere, eller mellem arkitekt og ingeniør, en afgørende rolle. Hvis man hurtigt kan få belyst potentielle konsekvenser ved de tidlige principielle beslutninger, kan man sikre designvalg, som åbner det tværfaglige løsningsrum. Det er netop i denne dialog, hvor der stadig er store frihedsgrader til ændring og løsning af udfordringerne, at der skal ageres for at reducere de tværfaglige dilemmaer.

Yderligere bør der være øget fokus på at finde fællesmængden for vinduesarealer, hvor både dagslys og termisk indeklima undersøges samtidig, og ikke suboptimeres hver for sig.

Afslutningsvis kan der, hvis et projekt er udfordret af tværfaglige dilemmaer, arbejdes med forskellige designparametre for at åbne det tværfaglige løsningsrum op. Hvis det givne projekt ligger udenfor løsningsrummet og over den øvre grænse (hvor glasarealer ligger over det termiske løsningsrum), kan den resulterende korrektionsfaktor reduceres f.eks. ved at:

- **Indarbejde skyggende faktorer**, f.eks. implementering af udhæng i større eller mindre grad. Se øvrige parametre, som har stor indvirkning på korrektionsfaktoren i figur 4.10.
- **Arbejde med rudens egenskaber**, herunder g-værdi, som bidrager positivt i forhold til det termiske indeklima. Dog bør det bemærkes, at en lavere g-værdi typisk medfører en lavere LT-værdi, som er mere dagslysreducerende, og påvirker derfor korrektionsfaktoren. Der kan eventuelt kun arbejdes med alternative rudeegenskaber på de etager, som er særligt udfordrede. Se eksempel i figur 4.29.
- **Indarbejde solafskærmning**. Solafskærmning påvirker indeklimaforholdene, men rent metodisk afhænger det af, om solafskærmningen er fast, automatisk eller manuel, og hvordan denne type indregnes jf. den valgte metode. Fast solafskærmning betragtes som fast skygge, og indgår i den resulterende korrektionsfaktor, som påvirker beregning af både dagslys og termisk indeklima. Hvis automatisk eller manuelt styret solafskærmning anvendes, inddrages dette kun i beregningen af det termiske indeklima, og vil derved åbne løsningsrummet (fig. 4.28). Solafskærmning er ikke yderligere behandlet i denne publikation.

## Løsningsrum mod Syd Med solafskærmning, $f_c=0,2$



Figur 4.28 De tværfaglige løsningsrum for sydvendt orientering med solafskærmning

● = dagslys, ● = termisk indeklima, ● = tværfagligt løsningsrum

Hvis det givne projekt ligger udenfor løsningsrummet (hvor glasarealerne ligger under løsningsrummet for dagslys), og *under* den nedre grænse, kan den resulterende korrektionsfaktor øges f.eks. ved at:

- **Reducere skyggende faktorer**, f.eks. justering af udhængets dybde i større eller mindre grad. Se øvrige parametre, som har en stor indvirkning på korrektionsfaktoren på side 63-64.
- **Indarbejde større glasarealer på de mest udfordrede etager**, f.eks. de nederste etager, som er mest skyggepåvirkede.

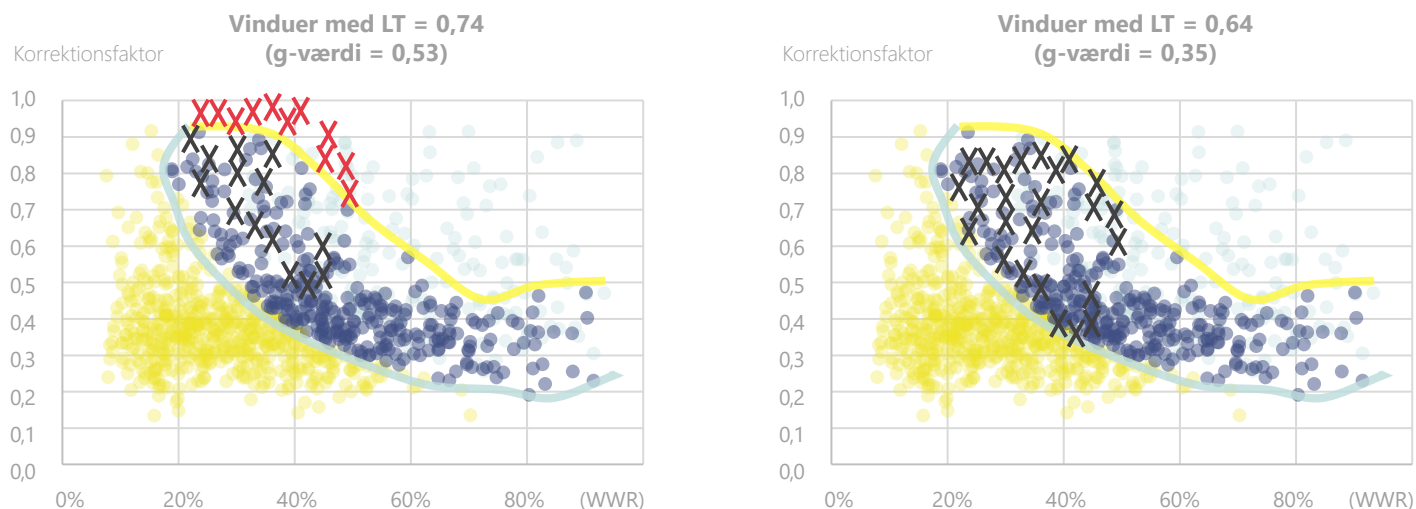
Løsningen "presses til højre" i løsningsrummet, hvorved der arbejdes med varierende glasarealer op langs facaden.

- **Arbejde med rudens egenskaber**, herunder LT-værdi, som bidrager positivt ift. at øge dagslysniveauet. Løsningen bliver "presset op", idet en højere LT-værdi er mindre dagslysreducerende, og påvirker derfor korrektionsfaktoren positivt. Der kan eventuelt kun arbejdes med alternative rudeegenskaber på de etager, som er særligt udfordrede. Se eksempel i figur 4.29.

Værktøjskassen rummer flere forskellige designtiltag, som kan anvendes på forskellige stader i design- og projekteringsprocessen. Når der tages principielle beslutninger om bygningens design og udformning, er det naturligvis også vigtigt at relatere disse til både økonomi og bygbarhed. Eksempelvis vil flere typer af vinduer, herunder både størrelse og egenskaber, stille større krav til håndteringen på byggepladsen.

Med anvendelse af den nye viden om de tidlige beslutningers effekt på det tværfaglige løsningsrum, forståelse for de dokumentations metodiske forskelle og fokus på tværfaglig håndtering i bygningsprojekteringen skabes bedre muligheder for gode dagslysforhold i det bebyggede miljø. Muligheder, der tager højde for både dagslys, termisk indeklima og facadedesignet.

## Løsningsrum for en let, tværventileret rum mod Syd



Figur 4.29 Eksempel på et reelt facadeprojekt mod syd, som er plottet ind i det tværfaglige løsningsrum. Hvert kryds repræsenterer et rum. På figuren til venstre ses det, at flere rum ikke opfylder de termiske krav, hvorfor en lavere g-værdi kan bringe flere af rummene 'ned' i det mulige tværfaglige løsningsrum.

# ***Brugervejledning***

til VSC-metoden

## Brugervejledning til VSC-metoden

I denne brugervejledning gives en introduktion til, hvornår VSC-metoden er relevant at benytte, hvordan den udviklede metode anvendes på et konkret byggeprojekt / lokalplan og hvem, der bør inddrages i processen. Brugervejledningen er udarbejdet "generisk", hvilket vil sige, at den vejleder brugeren uanset, hvilken platform for 3D-visualisering, der anvendes samt uanset tilhørende VSC-plugin eller script, der anvendes til at gennemføre beregningerne.

Sidst i vejledningen gives dog en mere specifik introduktion til anvendelse af metoden såfremt der anvendes Rhino og grasshopper-plugin til analysen.

### Hvilken forhåndsviden kræves?

Der kræves en forståelse af metoden og dens formål for at kunne anvende den korrekt. Metoden skal anvendes som et designværktøj, der kan indikere dagslysmæssige udfordringer i et område / kommende boliger, men ikke som en metode, der kan dokumentere overholdelse af specifikke lovkrav. Denne publikations kapitel 3 indeholder en overordnet indføring i metoden og dens anvendelse. I kapitlet gives desuden en mere detaljeret guide i anvendelsen og tolkning af resultaterne. Inden metoden anvendes, bør man som bruger orientere sig grundigt i dette kapitel.

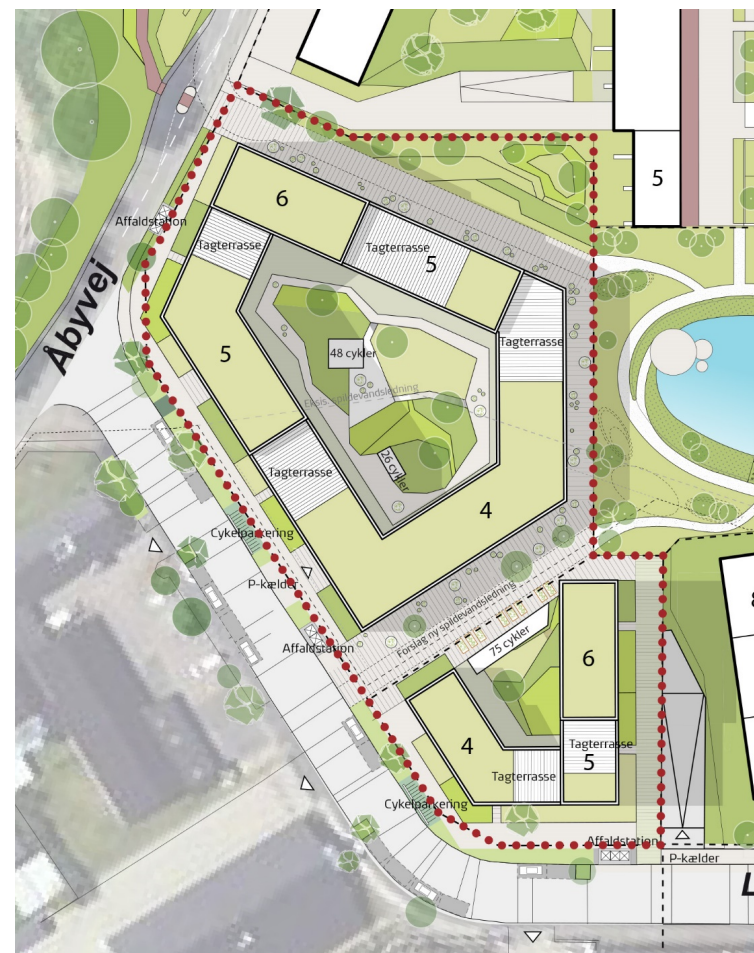
### Hvornår og hvor anvendes metoden?

Metoden bør anvendes så tidligt som muligt i forbindelse med udarbejdelse af lokalplaner / kommuneplaner. Metodens resultater bør indgå i forbindelser med den overordnede disponering af lokalplanområdet. Den bør derfor anvendes i forbindelse med fastlæggelse af byggehøjder, etager, dybder samt øvrige dagslys-relevante emner, der optages bestemmelse om. Figur 5.1 viser en illustrationsplan

for et givet lokalplanområde med angivelse af udkast til etagehøjder. Med baggrund heri kan der udarbejdes en 3D-visualisering som vist på figur 5.2.

Metoden er særligt anvendelig i områder med tæt og/eller høj bebyggelse. Erfaringer fra arbejde med dagslys og overholdelse af bygningsreglementets krav hertil har vist, at der som oftest først optræder udfordringer med dagslys i bygningerne, når der bebygges i områder med eksisterende/ny bebyggelse på 3 til 4 etager eller derover. Det er derfor primært i denne type områder, at metoden og resultaterne vil skabe værdi.

Har man som byplanlægger tvivl omkring dagslysforhold i bygningerne i et kommende boligområde, kan man derfor med fordel opfordre til, at metoden anvendes til at be- eller afkræfte formodningen.



Figur 5.1 Udsnit illustrationsplan fra lokalplan 1068 (Aarhus Kommune, 2017).

## Hvordan anvendes metoden?

Processen for anvendelse er følgende:

1. Som vist på figur 5.2 udarbejdes først en simpel 3D model "skummodel" af den kommende bebyggelse inkl. omgivelser.
2. Dernæst udarbejdes VSC – beregning på bebyggelsen jf. vejledning beskrevet i kapitel 3 med farveskala på facaderne.
3. Slutteligt tolkes resultaterne og planlægningen / bygningen / voluminet justeres efter behov.

Denne proces er også illustreret for et konkret projekt i kapitel 3.

Byplanlæggeren kan ud fra denne analyse vurdere, om bygningens volumen og kommende lejligheder i disse volumener må forventes at være tilstrækkeligt belyste til at kunne overholde bygningsreglementets krav. Det er desuden muligt at vurdere, om der er mulighed for altaner eller dybe rum og i hvilket omfang. Altaner og dybe rum vurderes ligeledes ud fra en farveskala (fortolker), som beskriver, om dagslys krav i de bagvedliggende boliger forventes overholdt.

Metoden kan også anvendes af bygherrer til at eftervise, at planlagte m<sup>2</sup> må forventes at kunne opnå tilstrækkeligt gode dagslysforhold. Resultater og visualiseringer kan således indgå i en dialog mellem bygherre og kommune og sikre, at dagslys som designparameter indgår fra de første planlægningsmæssige overvejelser igangsættes.

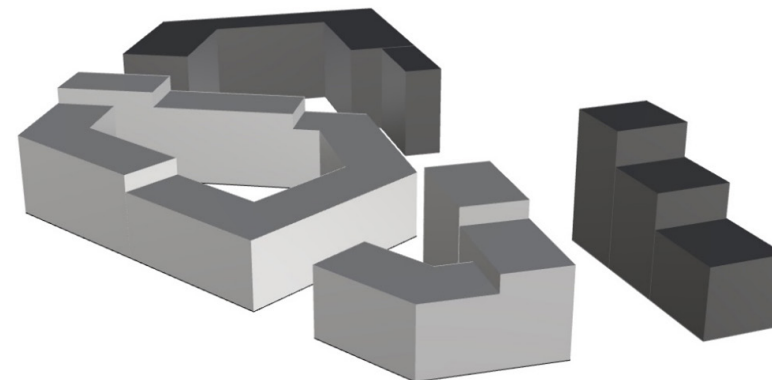
## Hvem bør indgå i processen?

Byplanlæggeren er sammen med dagslys-kompetencen nøglespillere i processen. Når lokalplansprocessen er der, hvor de allertidligste volumenstudier kan igangsættes, bør byplanlæggeren efterspørge, at de første dagslysanalyser gennemføres. Gennemføres lokalplanen som en projektlokalplan – og dermed i et parløb med en bygherre, bør man efter de første analyser og resultater se på, om der i projektet findes dagslys-kritiske områder. Vurderingerne skal sammenholdes med den forventede disponering af bygningen - både geometrisk og anvendelsesmæssigt. Er der eksempelvis områder, der ud fra analysen, må forventes at være dagslyskritiske, men hvor anvendelsen ikke medfører dagslys krav? Vil der være rum i resultaterne for etablering af altaner og evt. dybe lejligheder?

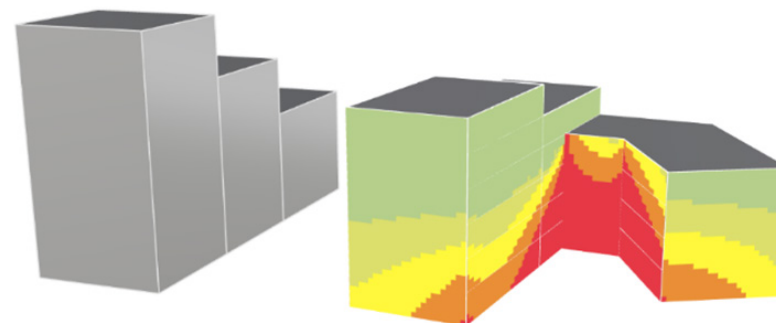
## Skitseringsprocessen

Resultaterne kan altså bidrage i den videre skitseringsproces. Er der tale om en projektlokalplan, skal resultaterne således også tilgå den skitserende arkitekt og de dagslys-rådgivere, der måtte være tilknyttet hos de projekterende. Dermed knyttes der forbindelse mellem lokalplanens udvikling og analyser og det "projekterende led", der skal gennemføre projektets videre detaljering.

1



2



3

Dagslys krav	Glat facade	VSC
Forventes overholdt med margin		> 35 %
		30 - 35 %
Forventes overholdt		25 - 30 %
		20 - 25 %
Forventes ikke overholdt		< 20 %

Figur 5.2 Visualisering af de tre processer i metoden. 1: 3D visualisering af illustrationsplan fra lokalplan 1068 (fig. 5.1). 3D visualiseringen kan anvendes som grundlag for VSC-beregningen. 2: 3D visualiseringen med VSC-resultater. 3: Fortolkeren, der anvendes til vurdering af VSC-resultaterne.

## Tolkning af resultater

Når resultaterne skal tolkes, spiller fortolkeren en nøglerolle. Der er tale om 3 fortolkere afhængig af, om man forventer facader uden altaner eller med altaner og om man forventer dybe rum (dybere end 6 meter fra vindue til bagerste del af opholdsareal).

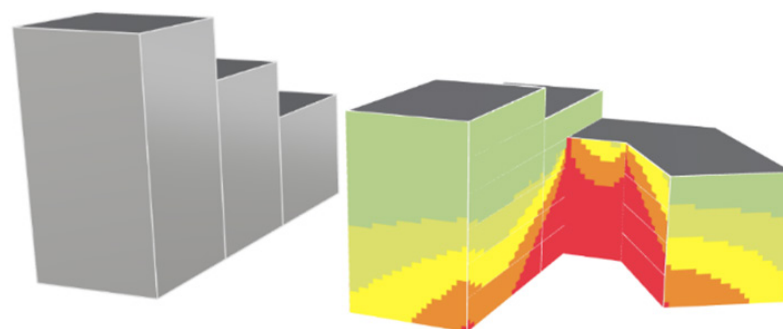
De 3 fortolkere er vist i figur 5.3. Med udgangspunkt i casen fra kapitel 3 vil man således kunne vurdere betydningen af eventuelle altaner i de indre gårdrum. På figur 5.3 ses på et udklip af det indre gårdrum i den åbne karrébebyggelse.

Hvis der ønskes altaner på en facade, vil disse påføre en yderligere skyggegive til facaden, og dermed reducere en underliggende boligs dagslystilgang. Til at undersøge muligheden for altaner kan fortolkeren i midten (fig. 5.3) anvendes. Den inddrager den effekt, som altanerne vil have på dagslystilgangen i boligerne. På samme måde vil man ved ønsket om både altaner og dybe rum kunne vurdere effekten med fortolkeren til højre (fig. 5.3).

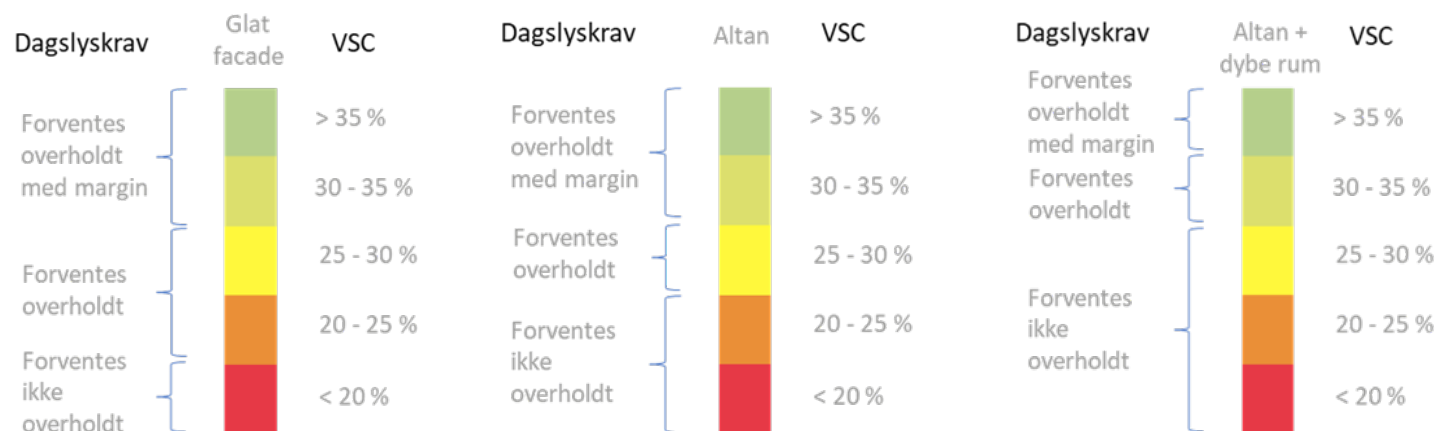
Fortolkeren omsætter således VSC-resultatet til tolkning af dagslys i en bygningskontekst.

Figur 5.3 viser, at en glat bygningsfacade skal have adgang til 20-30 % af himmelkuplen (VSC-resultat) for at kunne forventes at overholde BR-kravet til dagslys, og mere end 30 % for at kravet forventes overholdt med margin.

Påføres altaner, kræves et VSC-resultat på mindst 25 % for at BR-krav kan forventes overholdt. Arbejdes der derudover med dybe rum, kræves et VSC-resultat på mindst 30 %.



Figur 5.3 De 3D modellen samt de tre fortolkere til vurdering af resultaterne af VSC-beregningerne. Ved scenarie med glat facade anvendes fortolkeren længst til venstre. Ved scenarie med altan eller dybe rum anvendes fortolkeren i midten. Ved scenarie med altan og dybe rum anvendes fortolker længst til højre.



## Hvordan kravstiller kommuner og planlæggere, så metoden anvendes rigtigt?

For at resultaterne af analysen kan aflæses ved hjælp af fortolkeren, er det vigtigt at intervallerne i resultatet og visualiseringen på facaderne svarer til fortolkeren. Dvs. at den procentdel af himmelkuglen som facaden har adgang til i et punkt, skal farvegives som det er angivet i fortolkeren.

Ifølge fortolkerens farveskala er der 5 intervaller og dermed 5 farver. Der kræves i udgangspunktet et VSC-resultat mellem 20-25 % for at dagslyskravet i BR kan forventes overholdt.

Er VSC-resultatet over 30 %, forventes dagslyskravet overholdt med margin.

Er VSC-resultatet 20 % eller derunder, forventes dagslyskravet ikke overholdt. For at ovenstående kan visualiseres skal VSC-resultaterne fra facaderne farvelægges svarende til en skala som vist på figur 5.4.

### Hvilke konkrete programmer kan anvendes?

For at udføre en VSC-beregning er der behov for en volumenmodel fra et 3D-skitseværktøj og et beregningsprogram/plugin, der kan håndtere VSC-beregninger. De to – skitseværktøj og beregningsprogram/plugin, skal være kompatible med hinanden.

Det kan eventuelt være volumenmodellen i Rhino og Grasshopper script som beregningsprogram.

Er man mere komfortabel i f.eks. SketchUp kan programmet "De Luminæ" anvendes. Andre 3D-skitseringsværktøjer kan også anvendes, hvor geometri da ofte importeres til f.eks. Rhino eller Sketchup.

Fra REVIT anbefales en eksport af geometri f.eks. til Rhino, hvorefter der kan foretages VSC-beregning med scripts fra denne publikation.

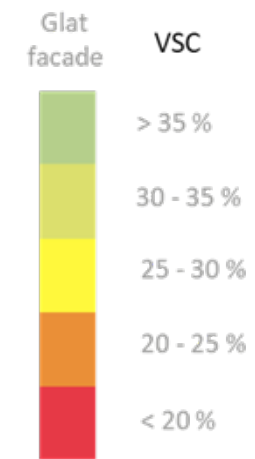
Der er metodefrihed i forhold til valget af 3D-visualiseringsværktøj og VSC-beregningsprogram, så længe beregningsforudsætningerne er ens og der kan indstilles farveskala og gridstørrelser som angivet.

### Indstillinger (farveskala, gridstørrelse, orientering)

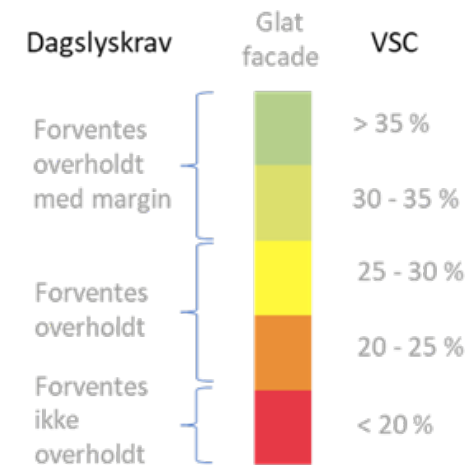
Resultaterne af VSC-beregningerne skal visualiseres på 3D-modellens facader. For at resultaterne kan tolkes korrekt, skal det ske svarende til farveskalaen i figur 5.4. Med den udviklede farveskala visualiseres resultaterne sådan, at de efterfølgende via fortolkeren (fig. 5.5) kan vurderes i forhold til eksempelvis bygningsreglementets krav. Figur 5.5 viser en af tre udviklede fortolkere.

Grid-størrelsen af beregningsfladen er 0,5 m x 0,5m for at opnå en tilstrækkelig nøjagtighed uden at simuleringen bliver for tung.

Derudover er beregningsfladen placeret 0,08 m fra volumenmodellen for at undgå, at modellen overlapper med beregningsfladen.



Figur 5.4 Fortolker med udgangspunkt i farveskalaen.



Figur 5.5 Skala for VSC-resultatet.

## Anvendelsesområder, usikkerheder, begrænsninger

Som en del af metodeudviklingen er der gennemført en række analyser af metodens anvendelsesområde, usikkerheder og begrænsninger. I analyserne gennemgås blandt andet forholdet mellem 10 %-metoden i bygningsreglementet og resultaterne af VSC-beregningerne. Disse analyser viser, at VSC-metoden er den metode, der leverer resultater med størst overensstemmelse med 10 %-metoden til dokumentation af bygningsreglementets dagslysforhold. De nødvendige input til VSC-analyserne matcher det niveau af viden om bygningsgeometri, omgivelser og skyggeforhold, der findes i projektet i de tidlige planlægningsfaser, og modsat andre metoder, som skyggediagrammer og soltimeanalyser, giver VSC-metoden faktisk gode indikationer på dagslysforhold i et bygningsvolumens kommende opholdsrum. Resultaterne kan anvendes både i relation til BR-krav og i forhold til at optimere hen mod betydeligt bedre dagslysforhold.

VSC-metoden har dog også visse begrænsninger og usikkerheder, og resultaterne kan derfor bedst beskrives som gode indikationer på dagslysforholdene – særligt når de anvendes til tolkning op mod bygningsreglementets dagslysforhold.

Ønsker man som bygherre eller byplanlægger at anvende metoden, kan følgende kravtekst indarbejdes:

*"Der skal gennemføres analyse med VSC-metoden."*





# REFERENCELISTE

---

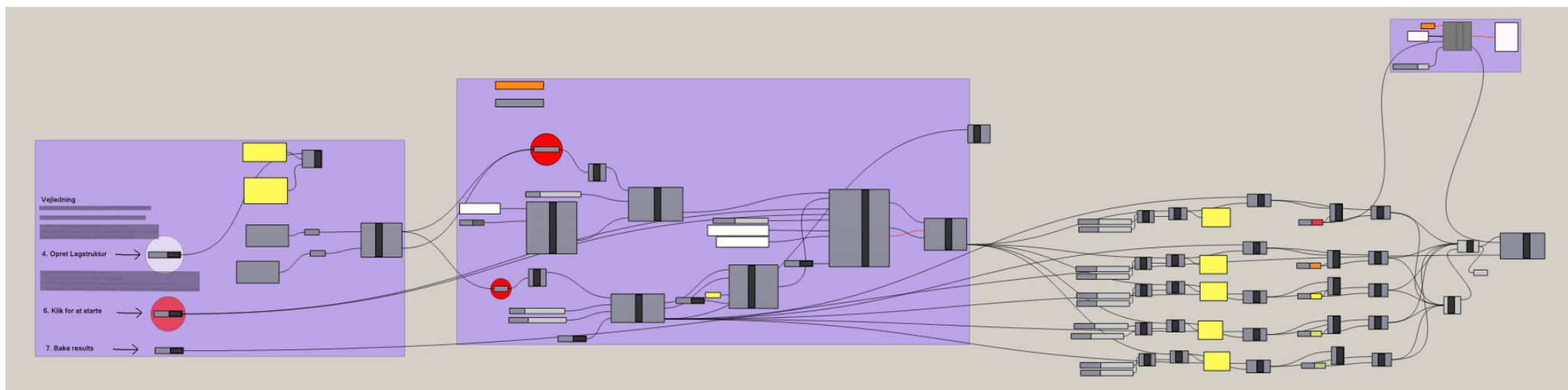
## Referenceliste

- Aarhus Kommune, 2023, *Aarhus i tal*, [https://ledelsesinformation.aarhuskommune.dk/aarhus-i-tal/default.aspx?doc=vfs://Global/AARHUS-I-TAL/BEFOLKNING\\_I\\_TAL.xview](https://ledelsesinformation.aarhuskommune.dk/aarhus-i-tal/default.aspx?doc=vfs://Global/AARHUS-I-TAL/BEFOLKNING_I_TAL.xview) (tilgået sep. 2023)
- Aarhus Kommune, 2017, *Lokalplan nr. 1068 November 2017 Boligområde ved Åbyvej og Lokesvej i Åbyhøj - PlanID 3767275*, Aarhus Kommune
- Boligministeriet, 1961, *Bygningsreglement for købstæderne og landet 1961*, Boligministeriet
- Bolig- og Planstyrelsen, 2018, *Bygningsreglement 2018*, Bolig- og Planstyrelsen
- Christoffersen, J., Johnsen, K. & Petersen, E., 2002, *By og Byg Anvisning 203 Beregning af dagslys i bygninger*, By og Byg Statens Byggeforskningsinstitut
- Christoffersen, J., & Johnsen, K., 2008, *SBI-anvisning 219 Dagslys i rum og bygninger*, Statens Byggeforskningsinstitut
- Erhvervs- og Boligstyrelsen, 2008, *Bygningsreglement 2008*, Erhvervs- og Boligstyrelsen
- Foreningen af Rådgivende Ingeniører & Danske Arkitektvirksomheder, 2018, *Ydelsesbeskrivelsen Byggeri og Landskab 2018*, Foreningen af Rådgivende Ingeniører & Danske Arkitektvirksomheder
- Kirkeministeriet, 2020, *Bekendtgørelse af lov om planlægning*, Erhvervsstyrelsen
- Kongebro, S., Strømmand-Andersen, J., Faurbjerg, L.M., Johansen, P., Hansen, T.F., Park, K., Lykke, J., Sattrup, P.A. & Algreen, C., 2018, *Hvad med dagslys?*, Realdania
- Københavns Kommune, 2017, *Lokalplan 544 ved Amagerbanen syd*, Københavns Kommune
- Odense Kommune, 2021, *Kommuneplan 2020-2032*, Odense Kommune
- Post, A., 2018, *Byplanhåndbogen*, Dansk Byplanlaboratorium
- Rubin, L.B., 2021, *Dagslys styrer døgnrytmen og humøret*, Indeklimaportalen.dk, [https://www.indeklimaportalen.dk/lys/dagslys/dagslys\\_styrer\\_humoret](https://www.indeklimaportalen.dk/lys/dagslys/dagslys_styrer_humoret) (tilgået sep. 2023)
- Skovgaard, M., Lindegaard, J.K. & Raunkjært, L.L.B., 2016, *Indeklima og sundhed i boliger*, Realdania
- Social- og Boligstyrelsen, *Bygningsreglementets vejledning om lys og udsyn, afs.1.2 Dagslys §378-381*, [https://bygningsreglementet.dk/Tekniske-bestemmelser/18/Vejledninger/Generel\\_vejledning/Dagslys](https://bygningsreglementet.dk/Tekniske-bestemmelser/18/Vejledninger/Generel_vejledning/Dagslys) (tilgået sep. 2023)
- Trafik- og Byggestyrelsen, 2015, *Bygningsreglement 2015*, Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen
- Videncentret Bolius & Realdania, 2023, *Danskerne i det byggede miljø 2023*, Realdania
- Vorre, M.H., Wagner, M.H., Maagaard, S.E., Noyé, P., Lyng, N.L. & Mortensen, L., 2017, *Branchevejledning for indeklimaberegninger*, Statens Byggeforskningsinstitut
- Wirz-Justice, A., Skene, D.J., Münch, M., 2021, *The relevance of daylight for humans*, Biochemical Pharmacology, Volume 191

# **APPENDIX**

---

## Appendix 1 Brugervejledning til Grasshopper VSC script



I denne brugervejledning gives en introduktion til det i analysen anvendte VSC-script. Det gennemgås, hvordan scriptet anvendes samt hvilke forudsætninger og indstillinger man skal være opmærksom på, hvis der anvendes et andet script eller beregningsværktøj.

Gennemgangen af scriptet kræver en forudgående forståelse af 3D-modellering og anvendelse af scripts.

For at kunne anvende dette script skal følgende software være installeret på computeren;

- Rhino (downloades her: <https://www.rhino3d.com/download/>)
- Grasshopper (downloades her: <https://www.grasshopper3d.com/page/download-1>)
- Radiance (downloades her: <https://github.com/NREL/Radiance/releases>)

Foruden dette, skal følgende plug-ins til Grasshopper være installeret, for at dette script er funktionsdygtigt;

- Meshedit2000, version 2.0.0.0
- LunchBox, version 2020.6.30.0

Disse plug-ins kan downloades på [www.food4Rhino.com](http://www.food4Rhino.com).

Scriptet er opdelt i tre faser; håndtering af volumenmodel, beregningsforudsætninger og resultatbehandling.

Den første fase, håndtering af volumenmodel, beskriver, hvordan man omdanner sin Rhino-model til elementer som scriptet kan aflæse.

Herefter skal der oprettes en lagstruktur for henholdsvis bygning og kontekst, som scriptet baserer beregningsflade samt omkringlig-

gende skygger ud fra.

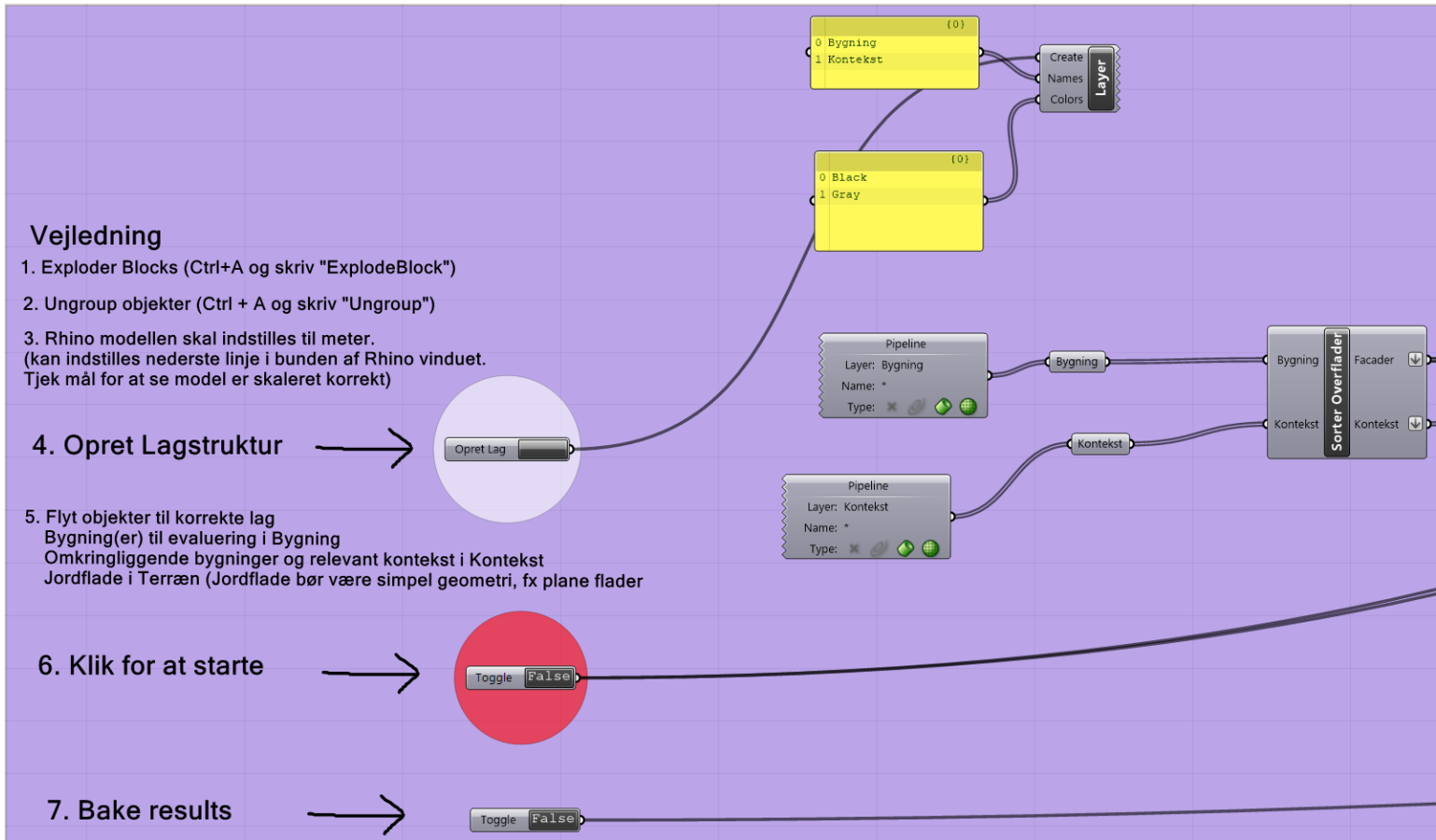
Nederst i denne fase er to knapper. Den første, omkranset af en rød cirkel, starter beregningen, den anden kan anvendes til at 'bake' beregningsfladens resultater ind i et lag i Rhino. På denne måde kan resultatet ses uden at Grasshopper skal åbnes.

Efter første fase er der ikke behov for at gøre yderligere i hverken model eller script, hvis vedlagte fortolker anvendes, da forudsætningerne for beregningen er indarbejdet i scriptet på forhånd.

Vælges det derimod at ændre i de prædefinerede indstillinger for beregningen, er det i fase to, beregningsforudsætninger, at dette kan gøres. Det kunne eksempelvis være, hvis gridstørrelsen på beregningsfladen skal ændres.

Sidste fase, resultatbehandling, sorterer resultaterne for hvert beregningspunkt og farvegiver punktet efter det prædefinerede resultatinterval. Hvis der ønskes en anden farveskala, end den prædefinerede i fortolkeren, kan den ændres på dette tidspunkt.

I det efterfølgende gennemgås de tre faser mere i dybden.



**Første fase er håndtering af volumenmodel.** Når volumenmodellen inklusiv den nærmeste kontekst er modelleret i Rhino, skrives 'Grasshopper' i kommandofeltet for at åbne det. Her kan grasshopper-filen trækkes direkte ind fra stifinderen.

Som beskrevet i scriptet er første step at rydde op i sin volumenmodel, så der ikke er nogle elementer, som scriptet ikke kan aflæse, og så scriptet kan aflæse, hvilke elementer der skal beregnes på, og hvilket der er kontekst.

I det følgende gennemgås metodens anvendelse med en helt konkret step-by-step-gennemgang med specifikke kommandoer.

## 1. Eksplodér 'Blocks'

Tryk Ctrl+A i Rhino vinduet for at vælge samtlige objekter i volumenmodellen. De vil herefter få en gul markering, hvilket betyder, at objekterne er valgt.

Hvis nogle objekter ikke bliver gule, kan det skyldes, at det lag objekterne ligger i er låst. Lag kan låses/låses op ved at trykke på hængelåsesikonet til højre for lagets navn.

Herefter skrives 'ExplodeBlock' i kommandofeltet og der trykkes 'enter'.

## 2. Ungroup objekter

Samme fremgangsmåde anvendes i dette step.

Tryk Ctrl+A i Rhino vinduet for at vælge samtlige objekter i volumenmodellen.

Herefter skrives 'Ungroup' i kommandofeltet og der trykkes 'enter'.

## 3. Ændr enhed til meter i Rhino model

I den nederste grå bjælke i Rhino ses hvilken enhed modellen er opgivet i. Denne skal stå i meter.

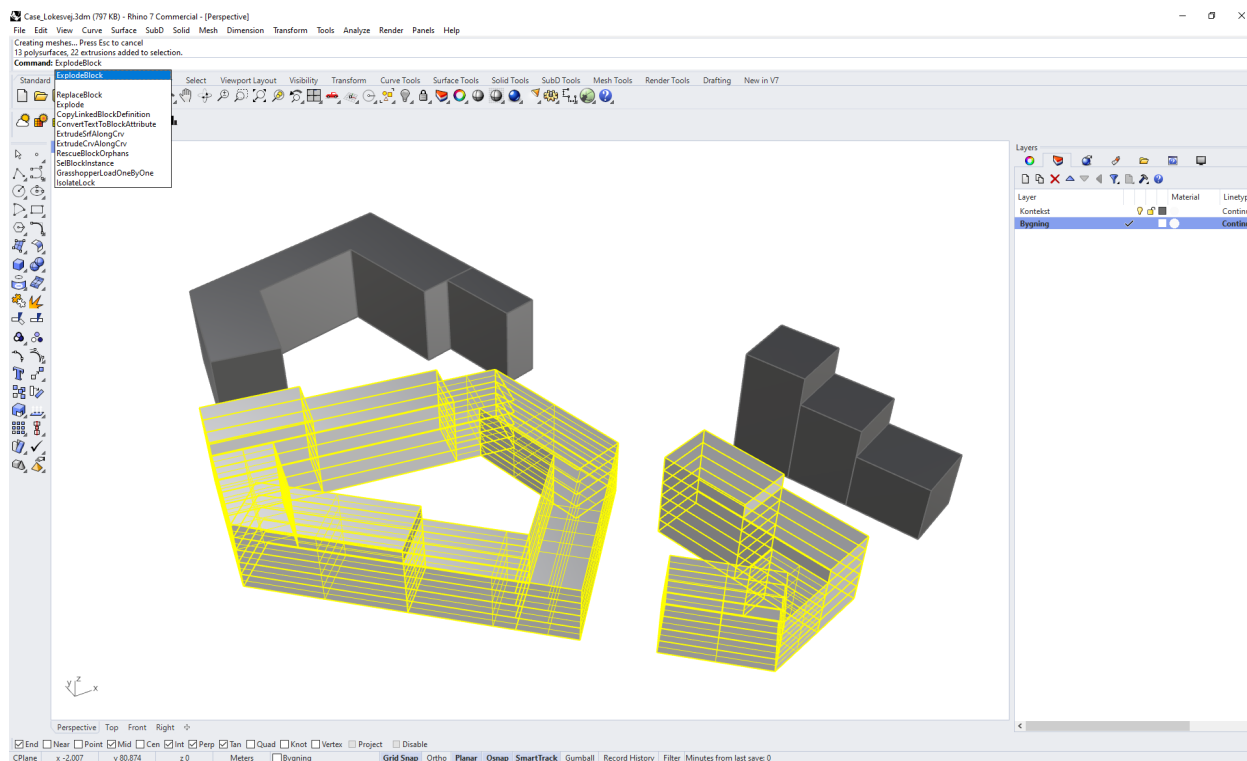
Der kan højreklikkes på enheden, vælges 'Unit settings...', og et vindue vil åbne op, hvor der kan vælges meter.

Når der er trykket 'OK', kommer et nyt vindue frem, der spørger om modellen skal skaleres, dette skal der trykkes 'ja' til.

## 4. Opret lagstruktur

Ved at trykke på knappen 'Opret lag' i scriptet, oprettes der to nye lag i Rhino, hhv. Bygning og Kontekst.

Navngivningen på disse må ikke ændres, da scriptet så ikke kan importere dataen fra lagene.



## 5. Flyt objekter til lag

Objekterne i volumenmodellen skal sorteres ud i de repræsentative lag. Dette gøres ved at markere de objekter, der skal flyttes til et lag, højreklikke på det lag de skal flyttes til og vælge 'Change Object Layer'.

Tjek at objekterne ligger korrekt ved at trykke på hhv. 'Bygning' og 'Kontekst' komponenterne i scriptet (her skal det delvist grønne tube ikon øverst til højre i grasshopper være slået til).

## 6. Dobbeltklik for at starte

Nu er modellen klar til, at der kan køres en VSC simulering på den. Denne startes ved at dobbeltklikke på den mørke del af den Toggle

som er markeret med en rød cirkel.

Når simuleringen går i gang, vil grasshopper og Rhino vinduerne formentligt melde 'Not responding', hvorefter der vil komme et sort Command Prompt vindue frem. Dette skal man lade køre, og når Command Prompt vinduet lukker ned af sig selv, er simuleringen færdig.

Hvis det delvist grønne tube-ikon oppe i højre hjørne af grasshopper er slået til, kan der trykkes på den allersidste 'mesh' komponent i scriptet, for at se resultatet på volumenmodellen, eller ikonet kan trykkes fra, og så vil Rhino vise alt, hvad der er tændt for i scriptet.

## 7. 'Bake' resultater

Ser resultaterne korrekte ud, kan man 'bake' dem ind i sin Rhino-model, så grasshopper scriptet ikke behøver at være åbent for at se resultatet.

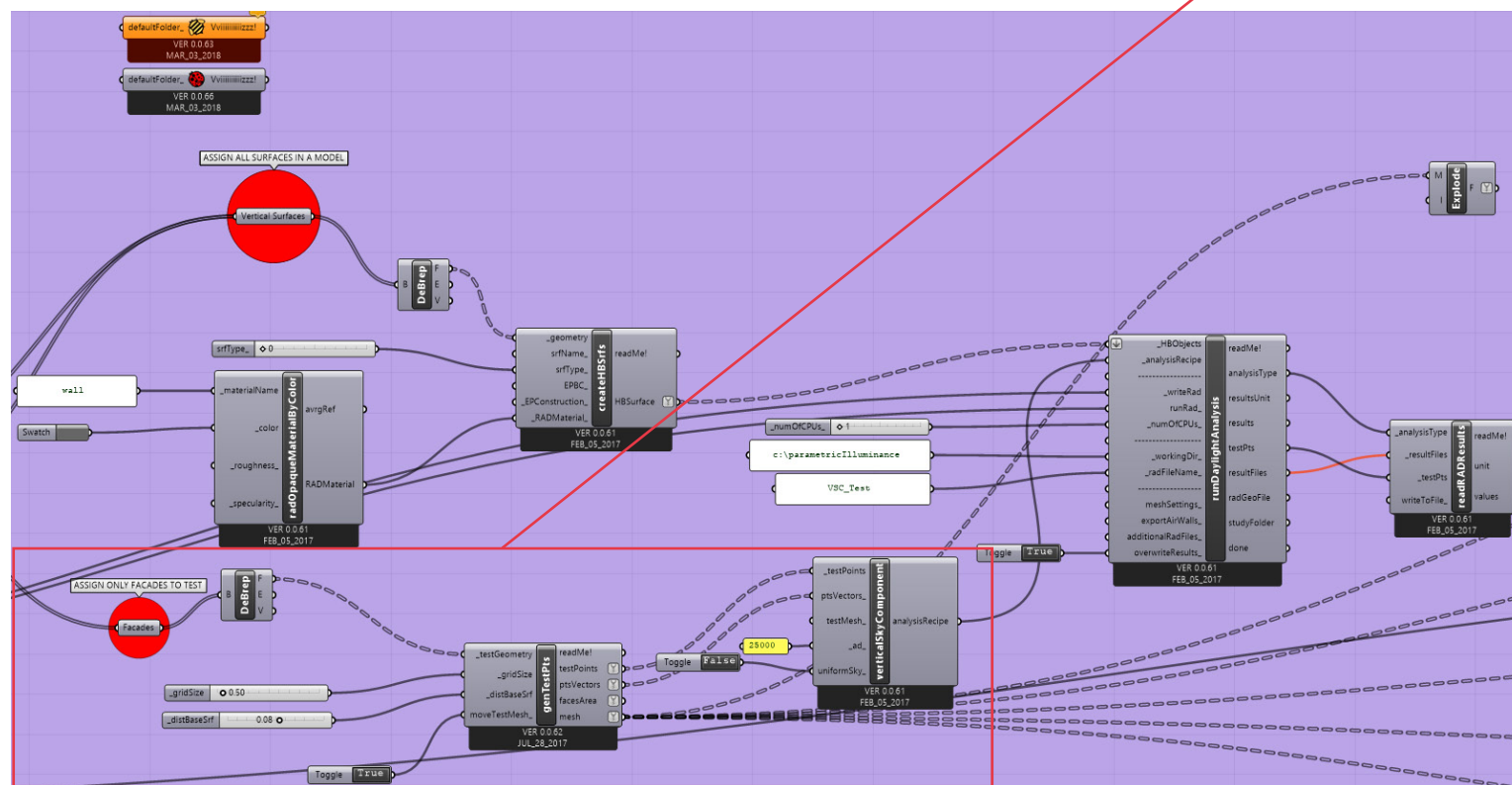
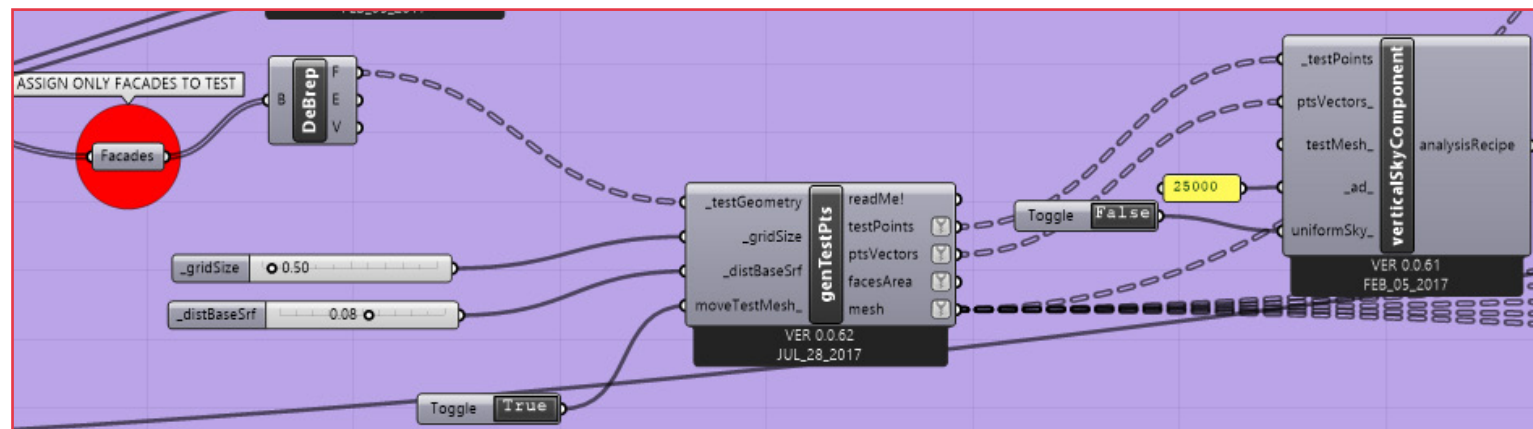
For at gøre dette dobbelttrykkes der på den nederste Toggle. Denne opretter et nyt lag i Rhino, der hedder 'LADYBUG\_Hatch' og som indeholder resultatet. Dette lag kan omdøbes til f.eks. 'VSC-resultat' eller dags dato.

Ændres der på volumenmodellen efter første iteration, er det en god ide at navngive sine lag med resultater i Rhino efter dags dato eller tiltag, da man ved at 'bake' et nyt resultat, lægger det oveni det gamle, hvis laget har det prædefinerede navn, "LADYBYG\_HATCH".

**Fase to, beregningsforudsætninger**, indeholder de forudsatte indstillinger for VSC-beregningen. Disse skal ikke ændres på, hvis der anvendes vedlagte fortolker.

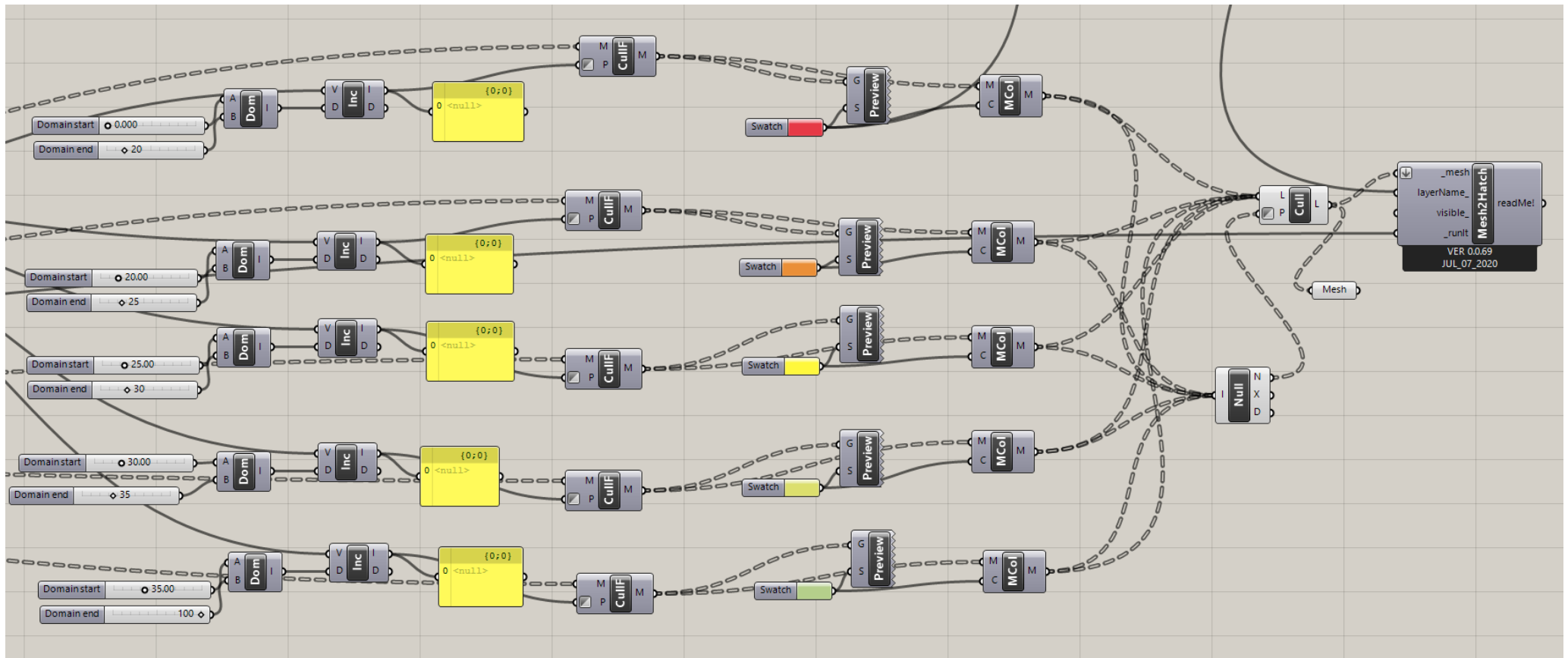
Hvis man af en årsag gerne vil justere i beregningsforudsætningerne, ville de oplagte faktorer være størrelsen af beregnings-grid'et, hvilket som udgangspunkt er sat til 0,5 meter.

Ændres denne til et tættere grid, vil resultatet være mere præcist, dog vil beregningen tage længere tid. Det anbefales ikke at ændre dette til et større grid end 1 meter, da resultaterne dermed kan være misvisende i forhold til den faktiske dagslystilgang.



En anden faktor, der kan være relevant, er 'distBaseSrf', hvilket er afstanden imellem bygningsvolumenen og beregningsfladen. Sættes denne til 0, vil volumenen kunne dække for beregningsfladen, men øges afstanden for meget, vil resultaterne være misvisende. Denne faktor er som udgangspunkt sat til 0,08 meter.

Sidste faktor, der eventuelt kan ændres på, er 'UniformSky'. Ændres denne til 'true', er det ikke længere en VSC beregning, men en SVF (Sky View Factor) beregning. Denne kan ikke anvendes i forbindelse med vedlagte fortolker, da der i SVF metoden ikke tages højde for forskellen i lysniveauet i horisonten og i zenit.



**Sidste fase, resultatbehandling**, indeholder de intervaller, som afgør, hvorvidt et punkt på en facade forventes at overholde BR-kravet til dagslys, samt farvelægningen af disse intervaller.

Intervallerne må ikke ændres, da de så ikke er tilsvarende den vedlagte fortolker, eller de resultater der er analyseret frem til i denne rapport.

Derimod kan der ændres i farveskalaen, hvis dette ønskes. Dette gøres ved at dobbeltklikke på den farve, der ønskes ændret, vælge en

ny farve i det vindue, der kommer frem, og trykke 'Accept'.

Gøres dette imens scriptet er 'tændt', vil det begynde at beregne forfra ved hver enkelt ændring. For at undgå dette, kan der højreklikkes et tilfældigt sted i scriptet og vælges 'Lock Solver'. Når denne er låst, kan de ønskede ændringer laves på én gang, hvorefter, når denne slås fra igen, vil scriptet regne en beregning med alle de nye ændringer.





**VIA Forskningscenter**

Byggeri, Klima, vandteknologi og digitalisering

Projektet er støttet af

**Realdania**

**Arkitema**

**ARTELIA**

**DCL**

Dansk Center for Lys

