

Belysningsplanlægning

Størrelser, enheder og deres betydning

Størrelse/Begreb	Betegnelse	Enhed	Formel	Forklaring
Lysstyrke	I	candela (cd)	$I = \Phi / \omega$	Lysstyrken er intensiteten i en bestemt retning. Definition: – Lysstrøm pr. rum vinkel (ω)
Belysningsstyrke	E (lx)	Lux (lm/m ²)		Belysningsstyrken defineres som forholdet mellem den totale lysstrøm, der rammer en flade, og fladens størrelse i kvadratmeter.
Luminans (lyshed)	L	(cd/m ²)	$L = I/A$ ($L = I/A \cos \alpha$)	Luminans benævnes også lystæthed og defineres som lystætheden i en bestemt retning mod et punkt/overflade på en lyskilde/armatur eller belyst overflade.
Lysstrøm	Φ	lumen (lm)	$\Phi = I/\omega$	Lysstrømmen er den totale lysmængde fra en lyskilde og defineres som den lysmængde, der opnås, når lyskildens strålingslysstrøm vurderes på baggrund af øjets følsomhed ved dagssyn (λ I-kurven iht. CIE).
Beregningslumen (Design lumen)	Φ_B	lumen		Defineres som den lysstrøm fra en lyskilde, der afgives ved en omgivende temperatur på 25 °C. Lysstrømmen afviger nogle gange fra lyskildens maksimale lysstrøm (eksempelvis ved T5-lysrør).
Armatur- virkningsgrad (Light Output Ratio – LOR)	η_A			Forholdet mellem den totale lysstrøm fra armaturet, monteret med lyskilde og tilhørende udstyr, og den totale lysstrøm fra samme lyskilde i drift uden for armaturet.
Beregnings- virkningsgrad	η_B			Armaturenes fiktive virkningsgrad, der sammen med lyskildens beregningslumen anvendes ved lysberegning. Beregningsvirkningsgraden indeholder korrektion for balastlumenfaktor (BLF) ved lysmåling af armatur og lyskilde ved en omgivende temperatur på 25° $\eta_B = \eta_{\text{målt}} \times \text{BLF}$.
Ballast Lumen Faktor	BLF	–	–	Angiver forholdet i lysstrøm fra samme lyskilde målt med en konventionel forkobling og med en referencereaktor ved en omgivende temperatur på 25 °C.
Farvetemperatur	–	kelvin (K)	CIE 17.4	Farvetemperaturen beskriver en lyskildes farveindtryk, der normalt opleves som varm ved K < 4000 og kold ved K > 4000 K. Farvetemperaturen angives i absolut temperatur eller absolut nulpunkt, der defineres som K = -273,17 °C eller 0 °C = +273,17 K.
Farvegengivelses- index	Ra	R _a -index	CIE 17.4	Farvegengivelsen er et mål for en lyskildes evne til at gengive farver sammenlignet med en referencelyskilde ved en bestemt farvetemperatur. For at graduere dette anvendes der et Ra-indeks, som ifølge CIE højst kan være 100 og for belysning af arbejdspladser ikke må overstige 80.
Lysudbytte – Lyskilde	H	(lm/W)	$\eta = \Phi/P$	Lysudbyttet fra en lyskilde defineres som forholdet mellem den lysstrøm lyskilden afgiver og den elektriske effekt den optager. Lysudbyttet kan beskrives som et mål for lyskildens virkningsgrad/effektivitet.
Lysudbytte – system (Lyskilde + driftforkobling)	H	(lm/W)	$\eta = \Phi/P$	System-lysudbyttet fra en lyskilde defineres som forholdet mellem den lysstrøm lyskilden afgiver og den elektriske effekt den optager, inklusive forkobling.
Blænding			CIE- 31, 112, 117	Synsforhold, hvor der foreligger ubehag og reduceret evne til at se detaljer og som følge af forkert lysfordeling, luminansniveau eller ekstreme kontraster. Blænding inddeles normalt i: – ubehagsblænding UGR/NB, – synsnedsættende blænding TI/GR
Jævnhed -belysningsstyrke -luminans			$E_{\text{min}}/E_{\text{medel}}$ $L_{\text{min}}/L_{\text{medel}}$	Forholdet mellem den laveste værdi og middelværdien over en specificeret flade, medmindre andet er angivet.
Armaturluminans		–	–	Middelluminansen ved lysarmaturets lysende dele skal være målt og/eller beregnet i C-plan ved 15° intervaller startende ved 0°, og elevationen i γ -vinklerne 65°, 75° og 85°. Normalt skal producenten fremkomme med disse data baseret på lyskildernes totale nominelle lysstrøm i armaturerne.
Afskærmningsvinkel for armaturets lyskilde		–	–	Vinklen mellem armaturets horisontale akse og den synsretning, ved hvilken lyskilden eller dele af den bliver synlige.
Optisk afskærmnings- vinkel; Cut-off vinkel for armaturen				Vinkel (målt oppefra og nedefter) mellem den vertikale akse og den første retning, ved hvilken lyskilderne og flader med høj luminans ikke er synlige.
Rumvinkel	ω	steradian (sr)	$\omega = A/r^2$	Forholdet mellem den af en lysstråle udskårne flade (A) på sfæren og kvadratet på sfærens radius (r).
Gennemsnitslevetid – for lyskilder	–	timer (h)	–	Gennemsnitslevetiden for en lyskilde defineres som det tidspunkt, hvor 50 % af en større mængde lyskilder er udbrændt (glødelamper, halogenlamper og lysrør).
Servicelevetid – for lyskilder	–	timer (h)	–	Servicelevetiden defineres som det tidspunkt, hvor normalt 80 % af den totale lysmængde er tilbage i et anlæg, når der tages hensyn til antallet af udbrændte lyskilder og lysstrømsnedgangen fra lyskilderne.
Økonomisk levetid	–	timer (h)	–	Den økonomiske levetid defineres som det tidspunkt, hvor normalt 70 % af den totale lysmængde er tilbage i et anlæg, når der tages hensyn til antallet af udbrændte lyskilder og lysnedgangen fra lyskilderne.

For standardiserede definitioner og yderligere tydeliggørelse af størrelser, enheder og begreb se EN 12665. Grundlæggende termer og kriterier ved specificering af belysningskrav (EN 12 665 – Basic terms and criteria for specifying lighting requirements).

Fagerhult Visualization Studio



Ved at tilbyde forskellige visualiseringsløsninger kan Fagerhult hjælpe dig med dine belysningsidéer.

DIALux

Effektivt, moderne og heldækkende værktøj til belysningsplanlægning beregnet til planlægning af indendørs-, udendørs- og vægbelysning. DIALux tilbyder den professionelle lysberegner mange fordele. Til højre ses fakta om DIALux.

DIALux-fakta

- Menuer, der kan tilpasses
- Hjælpefunktioner
- Visning af lysfordeling og retningspunkt til forenklet armaturindretning
- Overførsel af DXF-filer til beregningerne
- Beregningsplanen og -punkterne kan frit placeres i lokalet.
- Medfølgende bibliotek
- Materialesymboler knyttes til møbler og flader i lokalet.
- 3D-visualisering af høj kvalitet med teksturhåndtering
- Armaturdatabase kan hentes fra Fagerhults hjemmeside.
- Til programmet knytter sig også armaturdatabaser fra større europæiske producenter.

Tolkning af beregningsresultatet.

1. Vær kritisk

- Kontrollér luminansforholdene i lokalet for at forebygge blænding.

2. Vedligeholdelsesfaktor

- Er vedligeholdelsesfaktoren tilpasset til den etablerede vedligeholdelsesplan for belysningsanlægget?
- BEMÆRK! Vedligeholdelsesfaktoren påvirker energiforbruget i belysningsanlægget.

3. Forudsætninger for beregningen

- Har du kontrolleret forudsætningerne for belysningsberegningerne?
- Har du afklaret størrelsen på arbejdsområdet og de umiddelbare omgivelser?
- Har du defineret beregningsområdet for de ydre omgivelser?
- Gælder refleksionsfaktorerne for rumfladerne?

4. Jævnhedskrav

- Ved beregning af belysningsstyrkens jævnhed, dvs. forholdet mellem minimumværdien og middelværdien inden for arbejdsområdet og de umiddelbare omgivelser, er det vigtigt, at afstanden mellem beregningspunkterne angives. For normale arbejdsområder må der maksimalt være en afstand på 0,25 meter mellem beregningspunkterne.

5. UGR-blændtal

- Kontrollér i det aktuelle tilfælde, at anlæggets middelblændtal opfylder de værdier, der fremgår af standarden.

Kontrol af belysningsanlæg

1. Omfang

- Hvad skal vurderes? Den elektriske belysning, nødbelysning, dagslysforholdene, funktion og styring, vedligeholdelsesplanen, el-effektiviteten etc.?

2. Forudsætninger

- Omfatter kontrollen af nye anlæg – hvilke forudsætninger har der været lagt til grund for planlægningen?
- Vurdering af det aktuelle anlæg?
- Vurderingen uden dagslys?
- Er de opmålte værdier nye værdier (værdier lige efter opsætning) eller driftsværdier?

3. Udførelse/kontrol ved lysmåling

- Belysningsstyrker – middelværdi/jævnhed for arbejdsområdet, de umiddelbare omgivelser samt den laveste belysningsstyrke inden for de ydre omgivelser.
- Foretag i det aktuelle tilfælde en beregning af UGR-blændtallet.
- Lokalets luminansforhold
- Armaturets afskærmningsvinkel
- Lyskildernes farvegengivelse og farvetemperatur
- Foretag en visuel kontrol, og spørg medarbejderne
- Foretag en funktionskontrol
- Kontrollér kalibreringen, indbrændingstiden og de aktuelle driftsforhold før lysmålingen.

Energieffektivitet i belysningsanlæg

Et belysningsanlæg skal opfylde belysningskravene til et specielt område uden energifråds og uden at give afkald på god lyskomfort. Dette kræver hensigtsmæssige belysningsystemer, udstur, lysregulerings-systemer og brug af dagslys.

Effektiviteten i et belysningsanlæg måles i den installerede effekt, i W/m², som er nødvendig for at opfylde de stillede krav.

Eksempel på installerede belysningseffekter

Type	Installeret belysningseffekt	Krav til belysningsstyrke i drift. (lux)
Korridorer	5–10 W/m ²	100 lx
Korridorer	10 W/m ²	200 lx
Fællesrum	10–12 W/m ²	300 lx
Arbejdslokale	8–10 W/m ²	200 lx
Arbejdslokale	10–12 W/m ²	300 lx
Arbejdslokale	10–15 W/m ²	500 lx
Arbejdslokale	15–30 W/m ²	1000 lx

Generelle råd

For at opnå lavt energiforbrug i et belysningsanlæg bør nedenstående overvejes:

- valg af lyskilde med optimalt lysudbytte ved ønsket farvegengivelse
- energieffektivt belysningsystem med behovstilpasset installeret effekt
- effektive lysarmaturer med egnet lysfordeling og god afskærmning
- effektiv udnyttelse af dagslys
- effektiv udnyttelse af kunst- og dagslys gennem lys farvesætning
- tilpas belysningen med bevægelsesmelder
- mulighed for individuel behovstilpasning
- HF-drift med lysregulering
- serviceplan for belysningsanlægget for at opnå en høj vedligeholdelsesfaktor

Energiforbrug

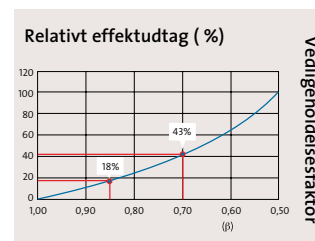
Udover en lav installeret effekt bør energiforbruget i et anlæg begrænses ved hjælp af forskellige lysreguleringssystemer.

En bedre måde at bedømme energieffektiviteten for et lysanlæg er at bedømme det årlige energiforbrug. Denne metode beskrives i DS/EN 15193 som er knyttet til Energidirektivet.

Vedligeholdelsesfaktoren påvirker energiforbruget

Anlæggets vedligeholdelsesfaktor har direkte indflydelse på energiforbruget. For at kunne vælge en høj vedligeholdelsesfaktor skal der lægges stor vægt på valget af lyskilder, armaturer og belysningsystem.

Valget af T5-armaturer giver de bedste forudsætninger for at kunne opnå en høj vedligeholdelsesfaktor.



Strømskema til belysningsplanlægning

1. Analyse af planlægningsmål

- Definer virksomhedens behov og de forskellige synsopgaver, der kan forekomme i det givne lokale på forskellige tidspunkter af døgnet.
- Definer belysningskravene på baggrund af sikkerhed, synsbehov og visuel oplevelse.
- Fastlæg behovet for nødbelysning. Definer målene for energiforbrug, miljø og vedligeholdelse af belysningsanlægget.

2. Analyse af forudsætningerne for planlægningen

- Definer de gældende forskrifter, standarder, anbefalinger og specielle krav fra bestillere og brugere.
- Definer forudsætningerne for belysninger af lokalet, arbejdspladsens art, de givne arbejdsområdet etc.

3. Generel planlægning

- Fastlæg omfanget af de lyskilder, armaturer og belysningsystemer, der bedst opfylder de opstillede mål og forudsætninger.
- Fastlæg mulighederne for at styre og regulere belysningen med henblik på at opnå øget komfort og bedre udnyttelse af energien.
- Overordnet koordinering i relation til øvrige installationer, farvesammensætning og indretning.

4. Specifik planlægning

- Fastlæg de optimale vedligeholdelsesfaktorer for belysnings-systemet i relation til vedligeholdelse.
- Foretag en økonomisk vurdering ved at beregne livscyklusomkostningerne, inklusive investerings-, drifts- og vedligeholdelsesudgifterne.
- Foretag en samlet vurdering af belysningsystemet i relation til øvrige installationer, farvesammensætning, indretning og valgt udstyr.

5. Dokumentation

- Dokumentationen bør indeholde nedenstående forhold med eventuelle tilføjelser på baggrund af bestillerens ønsker.
- Installationsanvisninger inklusive styrings- og monteringsanvisninger samt tilhørende fortegnelser over lyskilder og armaturer.
- Lysberegninger samt eventuelle grafiske fremstillinger, der kan vise de forudsætninger, under hvilke anlægget opfylder de stillede krav.
- Fremstilling af forudsætningerne for beregningen samt fremstilling af vedligeholdelsesplanen for belysningsanlægget.

Gode luminansforhold mellem arbejdsområdet og lokalets rumflader



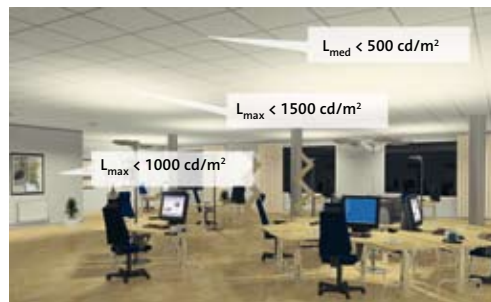
Luminansforholdet mellem arbejdsområdet og væggene er mindre end 5:1.

Belysningsstyrkerne på fladerne i et lokale bør være rigtigt afstemt efter belysningsstyrken på arbejdspladsen for at opfylde de luminanskrav, som standarden foreskriver. Ved brug af armaturer med lav luminans og downlight er der risiko for, at de øverste dele af væggen og loftet bliver underbelyst. Forskellene i luminans kan beregnes eller opmåles som et forhold mellem forskellige luminanser.

For en given arbejdsplads kan følgende luminansforhold normalt anbefales:

- arbejdsområdet (indre synsfelt) – de umiddelbare omgivelser (nærfeltet) 3:1.
- arbejdsområdet (indre synsfelt) – omgivelserne (nærliggende vægge inden for synsfeltet) 5:1.
- arbejdsområdet (indre synsfelt) – de perifere rumflader (baggrunden) 10:1.

Senere studier viser dog at luminansforholdet mellem arbejdsområdet og omgivelserne bør være 2:1 ved en arbejdspladsbelysning på 500 lux. Hvis der tages hensyn til såvel visuelle, emotionelle og biologiske effekter. I praksis betyder det at den vertikale belysningsstyrke i arbejdslokaler bør overstige 250 lux.



For at opnå en god visuel komfort inden for et arbejdslokale bør middelluminansen på lokalets vægflader som regel være 30 cd/m². Det er normalt praktisk at opfatte luminansforholdet som den relative belysningsstyrke, eftersom belysningsstyrker normalt anvendes som rettesnor i forbindelse med belysningsplanlægning. I denne forbindelse bør det dog fremhæves, at de databasebaserede beregningsprogrammer, vi bruger i dag, gør det muligt at beregne og fremstille de forskellige luminanser på rumflader. Nedenstående tabel indeholder en angivelse af de relative belysningsstyrker for et typisk arbejdslokale.

Rumflade	Anbefalet reflektansområde	Relativ belysningsstyrke
Loft	0,6–0,9	0,2–0,9
Vægge	0,3–0,8	0,2–0,6
Vinduesvæg	> 0,6	0,3–0,6 ¹⁾
Arbejdsflade	0,2–0,6	1,0-
Gulve	0,1–0,5	

¹⁾ Værdierne gælder for dagslys – ved manglende dagslys bør den relative belysningsstyrke ikke overstige 0,2, medmindre vinduesfladerne er forsynet med lyse gardiner.

Luminansforholdene ved indirekte belysning

Ved indirekte belysning bør middelluminansen i loftet ikke overstige 500 cd/m². Inden for et begrænset område af loftet kan der accepteres en maksimal luminans på 1500 cd/m². For at undgå, at belysningen i loftet opfattes som ubehagelig og flimrende, bør gradienten eller luminansovergangen ikke være skarp. Luminansjævnheden (L_{\min}/L_{med}) bør ikke komme under 1:10.

Ved baggrunds-belysning på vægge bør den maksimale luminans begrænses til 1000 cd/m².

Visuel vurdering af belysningsystemer i arbejdslokaler

Synergonomiske aspekter på arbejdspladsens udformning er vigtige for at sikre en stimulerende arbejdsituation. Der findes en effektiv metode til at gennemgå og bedømme et rum med et installeret belysningsystem. Metoden kaldes "visuel vurdering" og er baseret på, at man beskriver det, man ser i rummet.

Vurder rummet visuelt, herunder det anvendte belysningsystem og rummets farver og udformning. Disse faktorer har indvirkning på hinanden og er vanskelige at bedømme enkeltvis. Rumfarverne skal ikke være forvrængede, og din synsoplevelse og -vurdering skal kunne foregå uden ubehag og reflekser.

Rummets visuelle kvalitet har stor betydning for din sundhed og præstationsevne. Det er derfor vigtigt, at du ikke udelukkende baserer dit arbejde på de resultater, som computerprogrammet har udregnet. Prøv at foretage en visuel vurdering af din arbejdsplads i henhold til tabellen.



Begreb	Beskrivelse	Bedømmelse
Lysniveau	- er det lyst eller mørkt i rummet eller på arbejdspladsen?	lyst – mørkt
Lysfordeling	- hvordan er lyset fordelt i rummet eller på arbejdspladsen?	jævn – varieret
Lysfarve	- opfattes lysfarven som varm eller kold?	varm – kold
Farve	- hvordan opleves farver og former?	naturlige – forvrængede
Blænding	- forekommer ubehagsblænding?	ej mærkbar – generende
Skygger	- er skyggerne bløde eller hårde?	bløde – hårde
Reflekser	- er reflekserne intensive eller diffuse?	intensive – diffuse

Visuel, biologisk og emotionel bedømmelse af belysningsystemer

Lyset og lysstrålingen påvirker ikke bare vort synscentrum, men hele kroppens vågenhed, velbefindende og præstation. Vor døgnrytme og årstidsvariation udgør sammen med det kronobiologiske system, hvilket er lokaliseret til bl.a. epifysen, hypofysen og hypotalamusområdet. Rytmerne er genetisk forankret, men reguleres i en vis udstrækning af faktorer i omgivelserne, fremfor alt af lyset, som via nervebaner fra øjets nethinde til de såkaldte suprachiasmatiske nerveceller i hypotalamus og videre til epifysen signalerer til de melatoninproducerende celler at de skal stoppe udsondringen af hormonet melatonin som styrer vor døgnrytme. Forstyrrelser af døgnrytmen, på grund af mangel på dagslys i vinterhalvåret anses at være den hyppigste årsag til det symptombillede som går under navnet Seasonal Affective Disorder (SAD) (Rosenthal et al., 1984; Magnusson og Boivin, 2003).

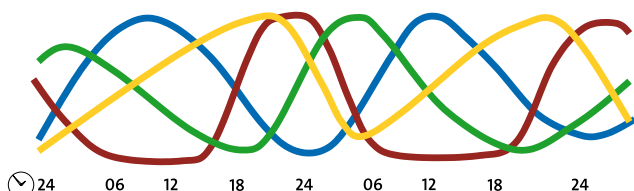
Ny forskning udført af bl.a. David M Berson ved Brown University og George Brainard ved Philadelphia University, USA, har påvist at lyset også påvirker en ny tredje receptor, udover begge de tidligere kendte tappe og stave. Dette har været det savnede link til hvordan vort helbred og vort velbefindende er forbundet med lyset.

Denne receptor påvirker forskellige hormoner i hjernen hvor koglekirtlen spiller en stor rolle for udsondring af søvnhormonet melatonin som produceres ved lavt lysniveau eller i mørke. Ved højt lysniveau produceres derimod stresshormonet kortisol som produceres i binyrebarken.

I løbet af de sidste 150 år har vi været fokuseret på lysets visuelle effekter, men med opdagelsen af den nye receptor må vi i fremtiden også tage højde for lysets biologiske og emotionelle effekter på mennesket. Denne viden øger kravene til belysningsplanlægningen.

For at øge vor kundskab om hvordan lyset i vore omgivelser påvirker vort velbefindende har Tommy Govén og Thorbjørn Laike sammen med instituttet for arkitektur og bygge miljø ved Lunds Universitet gennemført et applikationsstudie i emnet. Der vil i løbet af 2007 blive publiceret en rapport om studiet, men allerede idag ved vi at niveauet på omgivelsesluminansen har stor indflydelse på menneskets vågenhed, velbefindende og præstation.

- Vågenhed
- Kropstemperatur
- Melatonin
- Kortisol

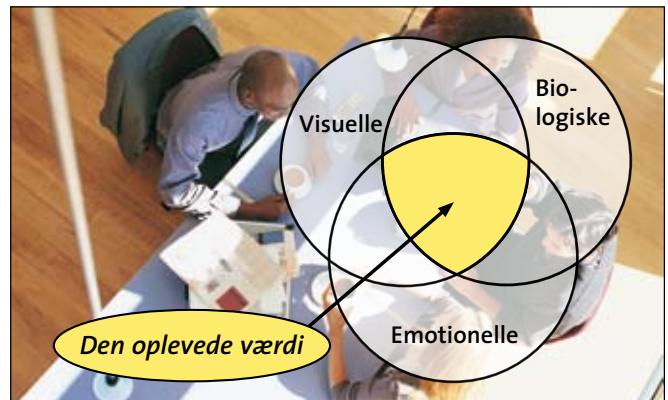


Howdan påvirkes belysningsplanlægningen?

Det er almindelig praksis i sygepleje at anvende lys til medicinsk behandling af hudsygdomme og til at mindske effekterne af SAD (Seasonal Affective Disorder). Opdagelsen af lysstrålingens påvirkning af vort velbefindende vil fremover påvirke udformningen og bedømmelsen af belysningen i vore lokaler.

Vi kommer formodentlig til i langt højere grad end i dag at fokusere på belysning af de omgivende vertikale overflader men også på at variere lys og lysfarver over tid. Specielt vigtigt bliver det i rum uden dagslys.

Der savnes tilstrækkelig applikationsforskning (anvendelsesforskning) til at kunne fastlægge og anbefale egnede værdier, men der er omfattende studier igang som danne basis for fornuftige retningslinier for især arbejdslokaler.



Lys og Helse – de menneskelige aspekter af lys

I fremtiden vil lysplanlægning blive mere fokuseret på visuelle, biologiske og emotionelle aspekter. For at beskrive planlægningens opgave kan følgende bedømmelsessystem anvendes.

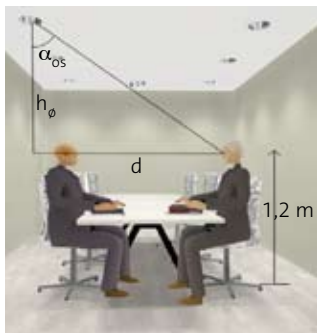
Visuelle	Biologiske	Emotionelle
- Arbejdspladsbelysning	- Synligt lys	- Komfort
- Visuel oplevelse	- Cirkadiske effekter	- Dynamik
- Kontrast	- Mental helse	- Farver
- Blænding	- Vågenhed	- Lysfarver

Bedømmelse af et belysningsanlæg

Til eksempel arbejdspladser – ved synsarbejde – er de visuelle aspekter de vigtigste, men også de emotionelle og biologiske aspekter skal med for at skabe et produktivt og kreativt miljø. I et klasseværelse kan alle aspekter være lige vigtige.

Optisk afskærmningsvinkel

Den specifikke optiske afskærmningsvinkel kan anvendes til lysplanlægning med henblik på at forebygge direkte blænding fra armaturer med høj luminans fra spejlende flader og blanke reflektorer. Nedenfor angives en praktisk metode til beregning af den nærmeste vandrette afstand (d) fra en person til et armatur for at undgå direkte blænding. Den optiske afskærmningsvinkel er i kataloget anført for visse armaturer med risiko for blænding i blanke reflektorer (se talindeks).



Formel til afstandsberegning

$$d = \tan \alpha_{os} \cdot h_0 \text{ (m)}$$

α_{os} = vinkel (målt oppefra og nedefter) mellem den lodrette akse og den første synsretning, ved hvilken lyskilderne og flader med høj luminans ikke er synlige (se definition nedenfor).

h_0 = den lodrette afstand mellem øjet (for siddende normalt 1,2 m over gulvhøjde) til armaturets underkant (m).

d = horisontal afstand mellem øje og til nærmeste armatur indenfor synsfeltet (m).

Trigonometriske tabelværdier

α_{os}	$\tan \alpha_{os}$	α_{os}	$\tan \alpha_{os}$	α_{os}	$\tan \alpha_{os}$	α_{os}	$\tan \alpha_{os}$	α_{os}	$\tan \alpha_{os}$	α_{os}	$\tan \alpha_{os}$
46	1,035	51	1,234	56	1,482	61	1,804	66	2,246	71	2,904
47	1,072	52	1,279	57	1,539	62	1,880	67	2,355	72	3,077
48	1,110	53	1,327	58	1,600	63	1,962	68	2,475	73	3,270
49	1,150	54	1,376	59	1,664	64	2,050	69	2,605	74	3,487
20	1,191	55	1,428	60	1,732	65	2,144	70	2,747	75	3,732

Beregningseksempel for et casestudy

Beregn den mindste afstand (d) fra en siddende person til et armatur/en reflektor/en lyskilde for at undgå direkte blænding inden for normale synsretninger.

Afstanden (d) skal beregnes ved hjælp af armaturets optiske afskærmningsvinkel, α_{os} (se figuren ovenfor).

Det forudsættes, at armaturet i eksemplet er monteret i underloftet i en højde af 2,7 m over gulvhøjde.

Øjenhøjden for en siddende person er normalt 1,2 m over gulvhøjde. Armaturets optiske afskærmningsvinkel, α_{os} , forudsættes i eksemplet at være 58°.

$$h_0 = 2,7 - 1,2 = 1,5 \text{ m}$$

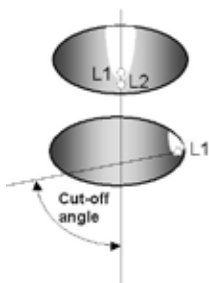
$$\tan \alpha_{os} (58^\circ) = 1,6 \text{ (jvf. tabellen ovenfor)}$$

Formel til afstandsberegning

$$d = \tan \alpha_{os} \cdot h_0 \text{ (m)}$$

$$d = 1,6 \times 1,5 = 2,4 \text{ m}$$

Definition af den optiske afskærmningsvinkel (cut-off-vinkel) til praktisk anvendelse af indendørs armatur



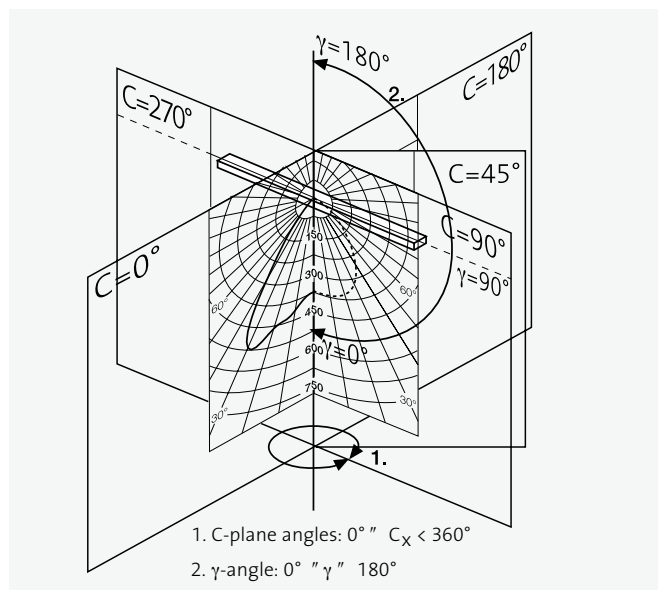
For at vise den specifikke optiske afskærmningsvinkel for et armatur med høj luminans, skal enten lyskildens eller den reflekterende overflades luminans overstige 1.000 cd/m², og dels skal luminansforholdet mellem den reflekterende overflade med høj luminans (L1) og den omgivende overflade uden høj luminans (L2) være større eller lig med 10:1 (se figuren).

- L1, første sigtelinje, hvor en lyskildes eller overflades luminans er $\geq 1000 \text{ cd/m}^2$.
- L2, overflade, hvor refleksion af høj luminans ikke er synlig.

Forudsætninger for lysmåling:

- Luminansmålerens målevinkel 1°.
- Måleafstand til overfladen 1,5 m.

Lysmåling

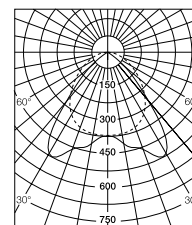


Armaturets lysfordeling måles i flere forskellige C-plan rundt om armaturet (mindst for hver 15. grad rundt om armaturet). Det første måleplan ($C=0^\circ$) er planet, der løber parallelt med lyskildens længdeakse. Æj-vinklerne måles i flere vinkler, mindst for hver 5. grad.

Lysfordelingskurve

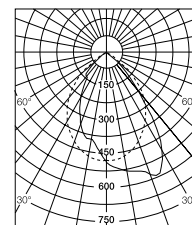
Lysfordelingskurven er en kurve i et poldiagram, der angiver armaturets lysstyrke i forskellige retninger som en funktion af synsvinkelen på et eller flere niveauer. Oftest er der en ubrudt linje, der viser lysfordelingen vinkelret på lyskildens længdeakse, og en stiplede linje, der viser lysfordelingen i længdeaksens retning.

Værdierne af lysfordelingskurverne er inddelt, så de svarer til 1000 lm fra lyskilden (cd/1000 lm, cd/klm). Det er derfor ofte muligt at fremstille armaturer med forskellige effekter i et samlet poldiagram.



Symmetrisk

Et 28 W-lysrør (2600 lm) giver i lige nedadgående retning ca. 375 cd/klm.



Asymmetrisk

Med lysstyrkens maksimalvinkel på 25° giver et 28 W-lysrør ca. 580 cd/klm.

Isoluxdiagram

Diagrammet viser et område inddelt i kurver (eller skalaer), inden for hvilket den horisontale belysningsstyrke overskrider kurvens luxværdi. Armaturernes placering er normalt anført i diagrammet.

Alternativt kan isoluxdiagrammet fremstilles som et 3D-diagram, som er bedst egnet til at tydeliggøre belysningsanlæggets jævnhed. Belysningsstyrkeværdierne for beregningspunkterne kan også anføres på plantegningerne til lokalet, og resultatet anføres i tabelform. I DIALux kan resultaterne angives i samtlige af de formater, der er angivet ovenfor.

