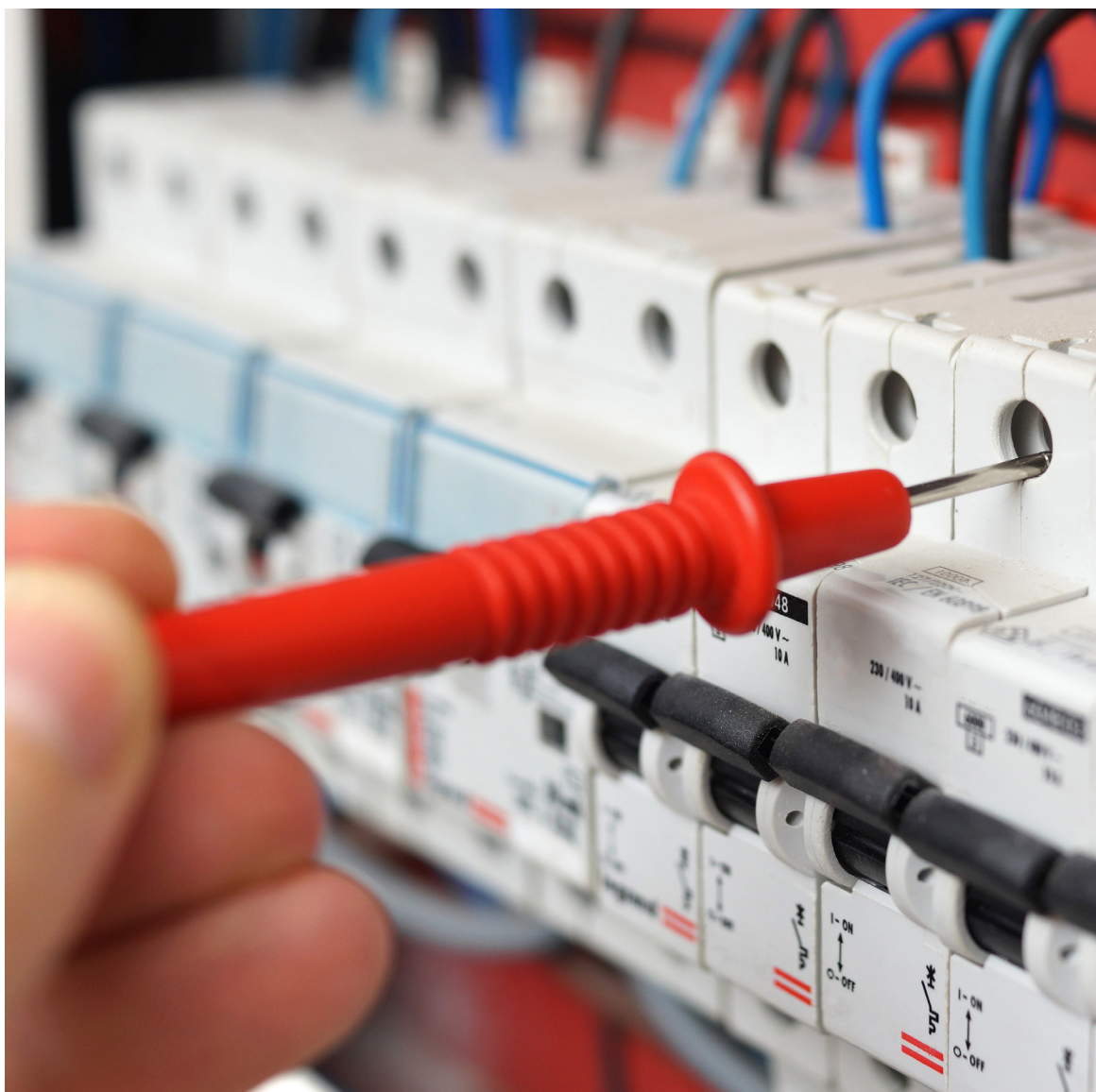


ENERGIHÅNDBOGEN 2019



BELYSNINGSANLÆG



Energihåndbogen er udgivet med støtte fra Grundejernes Investeringsfond



BELYSNINGSANLÆG

Indhold

Belysningsanlæg	208
Lysudsendelse (lysstrøm)	208
Lysstyrke	208
Belysningsstyrke	209
Belysningens regelmæssighed (Uniformitet)	209
Luminans	210
Lysets farvegengivelse	210
Farvetemperatur (CCT)	210
Flicker-procent (flimmer)	212
Spektrometer	212
Energibesparelse	213
Udførelse	229
Dimensionering af belysningsanlæg	229
Montage	232
Funktionsafprøvning	232
Eftersyn og vedligehold	233

Belysningsanlæg

Lys er en meget vigtig indeklimafaktor. Lys i bygninger, i lokaler på arbejdspladsen er helt afgørende for, at vi kan fungere på jobbet, men naturligvis også i boligen.

Lys i dagligdagen bygger dels på dagslys udefra – altså sollys – og dels på kunstigt lys via energiforbrugende lyskilder.

Dagslys igennem vinduer er ikke konstant. Dagslysmængden stiger over falder i løbet af dagen og i takt med årets lyse og mørke perioder. Derfor er det nødvendigt at installere kunstigt lys i vores bygninger i form af belysningsanlæg med lyskilder, armaturer og styringer.

Belysningsanlæg bruger energi. I Bygningsreglementet stilles bl.a. krav til anlæggenes energieffektivitet. Derfor er det vigtigt med god planlægning af et belysningsanlæg og dets styring.

Der er styringstekniske mange muligheder og store energibesparelser ved at installere lysstyring, der både kan sikre optimal udnyttelse af dagslyset, men også kan reducere elforbruget til belysningen med 10 – 50 %.

Målet for et energivenligt belysningssystem er et lavt årligt elforbrug pr. m² gulvareal og en god belysningskvalitet, således at der altid er den rette belysning i alle områder af opholds-og arbejdslokalerne på de rette tidspunkter.

For at opnå et energivenligt belysningssystem ved nyanlæg er det nødvendigt med omhyggelig planlægning, beregning, komponentvalg og dokumentation af anlæggene.

Regulering af belysningen, effektive lyskilder, effektive armaturer og differentiering af belysningen giver gode muligheder for at begrænse energiforbruget, reducere varmebelastningen fra belysning og samtidig opnå god belysningskvalitet.

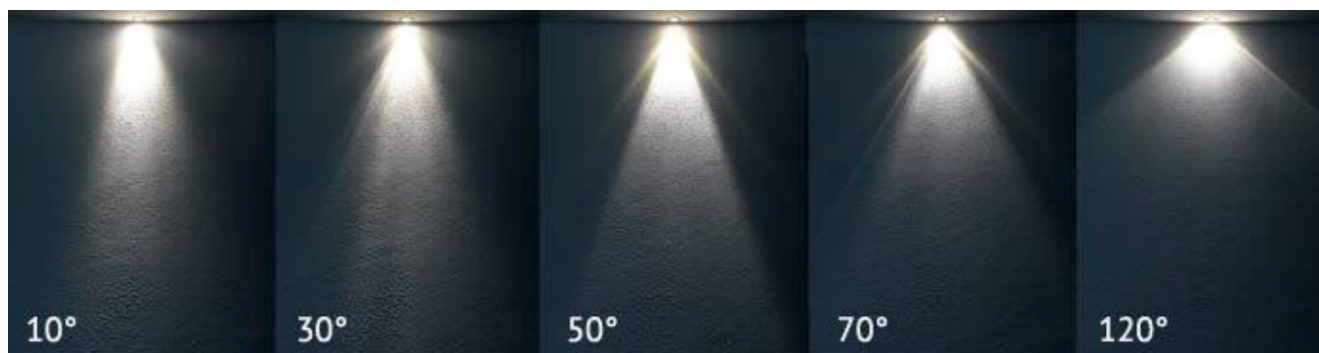
Belysningens kvalitet afhænger af en række faktorer, som beskrives nedenfor.

Lysudsendelse (lysstrøm)

Lysudsendelsen eller lysstrømmen beskriver mængden af lys, som en lyskilde udsender. Enheden for lysstrømmen er lumen [lm].

Lysstyrke

Lysstyrken er et mål for, hvor meget lys en lyskilde sender i én retning eller inden for en bestemt vinkel og anvendes for retnings bestemte lyskilder. Spredningsvinklen angives oftest som grader. Enheden for lysstyrken er Candela [lm/steradian].



Figur 1. Spredningsvinkler. (Kilde: <http://www.klusdesign.com/blog/led-tape/>)

Belysningsstyrke

Belysningsstyrken defineres som den lysmængde, der falder på et givent areal. Enheden for belysningsstyrken er lumen pr. kvadratmeter [lm/m^2] eller lux.

Lux-værdier kan være interessante i forbindelse med kortlægning af belysningsniveauer i konkrete zoner og områder. Det er ofte lux-værdier, der beskriver krav til almen belysning i bygningszoner og arbejdsbelysning ved forskellige arbejdsituationer.

Belysningsstyrken måles med et luxmeter.



Figur 2. Måling af belysningsstyrke

Belysningens regelmæssighed (Uniformitet)

Belysningens Uniformitet beskriver variationen i lysets fordeling (Uniformity of illuminance, U_0). Det defineres som $U_0 = E_{\min} / E_{\text{avr}}$, hvor $E_{\min}$ er den mindste og E_{avr} er den gennemsnitlige af de repræsentative luxværdier (E_r), der er målt i en given zone.

Hvis fx den aktuelle kontrolmåling i en zone har givet et gennemsnit over et nærmere bestemt antal målepunkter på 350 lux og en mindsteværdi på 240 lux, vil Uniformiteten være:

$$U_0 = E_{\min} / E_{\text{avr}} = 220 / 350 = 0,63$$

I tabel 1 ses måleplan til måling af belysningsstyrke og regelmæssighed.

Længde af lokale [m]	Maksimal afstand mellem punkter i måleplanet [m]	Maksimal afstand mellem punkter i måleplanet [m]
0,40	0,15	3
0,60	0,20	3
1,00	0,20	5
2,00	0,30	6
5,00	0,60	8
10,00	1,00	10
25,00	2,00	12
50,00	3,00	17
100,00	5,00	20

Tabel 1. Måleplan til måling af belysningsstyrke og regelmæssighed

Eksempel 1

I et lokale der er 10 meter langt og 10 meter bredt må den maksimale afstand mellem punkter i måleplanet være 1,0 m og den maksimale afstand mellem punkterne i målepla-net være 10. Det maksimale antal punkter i måleplanet dermed 100.

Luminans

Luminans beskriver den reflekterede lysmængde i en bestemt retning fra et givent punkt eller en given flade. Luminansen er en funktion af den lysmængde, der rammer målepunktet [lm], målepunktets størrelse, lyskildens vinkel i forhold til målepunktet og vinklen til målingens sigtelinje.

Luminans kan være interessant i forbindelse med kortlægning af blænding og refleksion fra forskellige typer overflader under forskellige påvirkning af lys i forskellige situationer.

Enheden for luminansen er candela pr. kvadratmeter [cd/m^2].

Lysets farvegengivelse

Sollys gengiver farver fuldt ud. Lyskildens evne til at gengive farver korrekt i forhold til solens optimale lys udtrykkes ved en såkaldt Ra-værdi (på engelsk CRI - Color Rendering Index). Egenskaben er vigtigere nogle steder frem for andre. I et køkken vil man gerne kunne genkende, hvis en råvare ser fordærvet ud, og i badeværelset vil man gerne kunne skelne nuancer i hud og sminke. Ved Ra90 eller derover anses lyset for naturtro. Værdien bør som regel være mindst Ra80. Det vil ofte være sådan, at højere Ra-værdi giver anledning til et lidt højere energiforbrug.

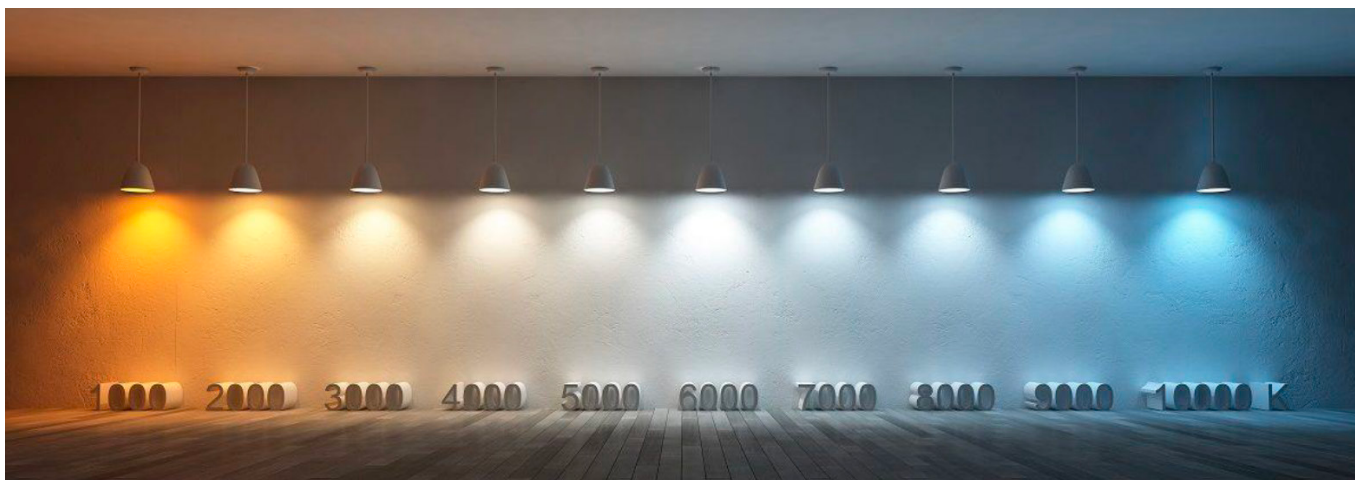


Figur 3. Farvegengivelse Ra-værdi = 75 (øverst) og Ra-værdi = 95 (nederst). (Kilde: <https://www.ho-melectrical.com/what-color-rendering-index-or-cri-light-bulb.6.html>)

Farvetemperatur (CCT)

Lysfarven angives som en farvetemperatur (CCT) i enheden Kelvin, og jo højere farvetemperaturen er, jo mere køligt opfattes lyset. Dagslyset har en væsentlig højere farvetemperatur (6000-10000 K) end den kunstige belysning, hvilket har betydning, når dagslyset suppleres med kunstig belysning. Der findes lyskilder med farvetemperaturer svarende til dagslysets, men disse er ikke velegnede til aftenbelysning.

Der er en vis sammenhæng mellem belysningsniveauet og en foretrukken farvetemperatur. Erfaringen viser, at varme lysfarver (2800 K) foretrækkes ved lave belysningsstyrker (100-200 lux) og koldere lysfarver (5.000 K) i lokaler med høj belysningsstyrke. Kombineres dagslys og kunstlys er det uhensigtsmæssigt at prøve at tilpasse kunstlyset efter dagslysets farve, fordi lyset i perioder med kunstlys alene vil virke alt for koldt. Et krav på 4000 Kelvin vil ofte være en god løsning i en sådan situation.



Figur 4. Farvetemperaturer. (Kilde: <https://lumega.eu/da/blog/en-verden-af-lys-hvad-er-farvetempera-tur>)

MacAdam - spredning i lysfarven

Lyskildens lysfarvekvalitet eller kromaticitet er mål for spredning i lysfarven. Afvigelser i farven angives med MacAdam-ellipser SDCM (Standard Deviation of Color Matching) i henhold til standarden CIE 1964. MacAdam-systemet graderer kromaticiteten på en skala fra 1–10 hvor 1 er den bedste kromaticitet man kan opnå.

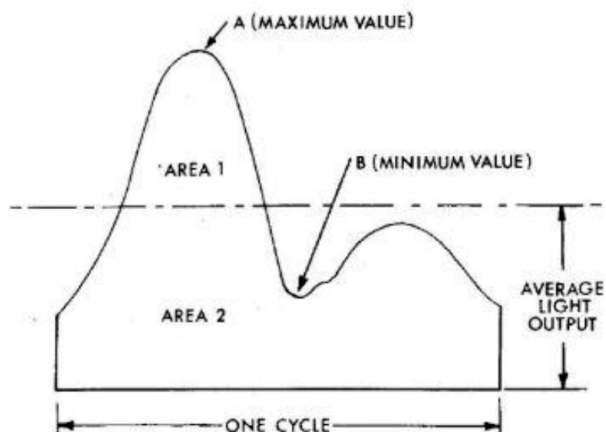
Mellem 1 og 3 er det svært at se forskel på farverne. Højere op i skalaen opleves tydelige forskelle alt efter det omgivende miljø. Belysning af hvide vægge med wall-washers eller spotlights kræver en lav MacAdam-værdi. I øvrige applikationer kan kravene være lidt mindre. I indendørsapplikationer ligger kravet vedr. MacAdam normalt på højst 3 SDCM. I udendørsmiljøer er 5 SDCM normalt fuldt tilstrækkeligt.

På hospitaler og operationsstuer er der behov for optimale forhold, hvad angår farvetemperatur og farvegenkendelse. Dette gælder ligeledes for museer, gallerier, hoteller, butikker m.m., hvorfor det er altafgørende, at de lyskilder der installeres her har en lav SDCM. Ligeledes kan producentspecifikke forhold påvirke kvaliteten af den valgte af lyskilde og den faktiske SDCM værdi.

Flicker-procent (flimmer)

Flicker-procent (flimmer) er et relativt mål for den cykliske variation i lyset fra en lyskilde (dvs. procent modulation). Dette er også undertiden benævnt "graduering indeks."

$$\text{Flicker-procent} = 100\% \times (\text{max} - \text{min}) / (\text{max} + \text{min})$$



Source: IESNA Lighting Handbook, 9th Edition (Rea 2000)

Figur 5. Flicker. (Kilde: <http://www.ledbenchmark.com/faq/LED-Flicker-Measurement.html>)

Flicker-indeks er et relativt pålideligt mål for den cykliske variation i lyset ved en given effekt frekvens. Den tager hensyn til bølgeformen af lyseffekten samt dets amplitude. Flimmer indeks antager værdier mellem 0 og 1,0 - med 0 som konstant lysudbytte. Højere værdier indikerer en øget mulighed for at opleve mærkbare flimmer i lyset, samt stroboskopisk effekt.

Flicker er ikke altid noget man vil opfatte visuelt, men det kan være årsagen til hovedpine og andre gener, hvis man arbejder under en belysning med et højt flicker niveau i længere tid.

Spektrometer

Til måling af flere af de ovennævnte lystekniske parametre kan benyttes et spektrometer. Det er eksempelvis til måling af farvegengivelse, farvetemperatur, SDCM og flicker-procent.



Figur 6. Eksempel på spektrometer. (Kilde: https://www.building-supply.dk/announcement/view/91632/flyt_lyslaboratoriet_ud_til_kunden)

Energibesparelsen ved udskiftning af et belysningsanlæg afhænger af:

- Antallet af armaturer
- Antallet af lyskilder pr. armatur
- Lyskildens effekt målt i W (aflæses på lyskilden)
- Tabet i en eventuel forkoblingsenhed (tabet tillægges lyskildens effekt)
- Styringsform

Ovenstående forhold gælder både for det eksisterende og det nye belysningsanlæg.

For det eksisterende anlæg er det relativt nemt at skaffe de nødvendige data til at beregne energiforbruget.

Forkoblingsenhed til lysstofrør

Forkoblingens hovedfunktion er at virke som strømbegrænser under opstart af lysstofrøret. Der findes to forskellige typer af forkoblinger: Elektroniske forkoblinger og elektromagnetiske forkoblinger.

Elektromagnetiske forkoblinger er ældst, og skal benyttes i kombination med en separat starter, for at tænde lysstofrør.

Elektroniske forkoblinger fungerer med højfrekvens spænding, så starter er ikke nødvendig, og røret starter op uden at flimre.

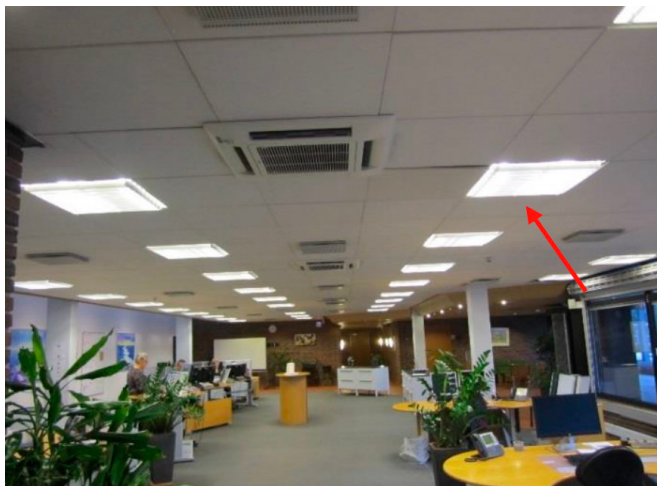
Tabet i en forkoblingsenhed kan være det sværeste at fremskaffe. I nedenstående tabel ses eksempler på tab i forkoblingsenheder til forskellige T8- og T5-lysstofrør, som er meget udbredte lyskilder. Disse tab skal tillægges lyskildens effekt. Eksempelvis vil et ældre armatur (fra før 2006) med et 58 W lysstofrør optage ca. 70 W ($1,2 \cdot 58$ W).

Typer af lysstofrør	Konventionel mekanisk forkobling (glimtænder) EEI Class C eller D (klasser benyttes ikke mere) Armaturer før 2006	Nyere mekanisk forkobling (glimtænder) EEI Class B1 eller B2 (middel)	Elektronisk forkobling EEI Class A2 eller A3 (middel)	Elektronisk forkobling (dæmpbar) EEI Class A1
Tab [%]				
18 W T8-lysstofrør	55	39	11	17
36 W T8-lysstofrør	25	17	3	6
58 W T8-lysstofrør	20	13	0	2
14 W T5-lysstofrør	-	-	29	36
35 W T5-lysstofrør	-	-	16	20
54 W T5-lysstofrør	-	-	14	17

Tabel 2. Tab i forkoblingsenheder

Energibesparelser på belysningsanlæg

- Reduktion af driftstiden
- Sektionsopdeling
- Reduktion af belysningsstyrken
- Dagslysstyring
- Bevægelsesmeldere (PIR følere)
- Vælge lyse farver på vægge og lyse møbler



Figur 7. Armaturer til T8-lysstofrør



Figur 8. Armaturer til T5-lysstofrør

Strømforsyning (driver) til LED-lyskilder

En vigtig komponent i ethvert LED-baseret belysningsystem er armaturstrømforsyningen, der står for at sende den korrekte energi til LED-lyskilden, så man opnår den ønskede lysstyrke.

LED-belysning bliver typisk forsynet med energi fra en AC/DC-strømforsyning, der tilsluttes mellem det almindelige 230V elnet og LED-lyskilden. Denne strømforsyning kaldes for en LED-driver.

Lyset fra LED-lyskilder er tilnærmelsesvis proportionalt med størrelsen af strømmen, der bliver sendt gennem dem. Derfor forsynes LED-lyskilder typisk med jævnstrøm fra en LED-driver, der er 'strømtstyre'. Dette vil sige, at den regulerer sin udgang til at levere en konstant strøm (i modsætning til en konstant spænding). En konstantstrøm- LED-driver er typisk forsynet med teksten 'Constant Current' samt størrelsen på den konstante strøm (eller minimum- til maximum-strøm, hvis den er dæmpbar – opgives i enheden Ampere) i kombination med et spændingsområde (minimum- til maksimum-spænding – opgives i enheden Volt).

Tabet i driveren udgør ca. 10 – 12 %.

Lysstyring

- **Hvorfor lysstyring**

Der kan være to grunde til at man installerer lysstyring. Den ene kan være ønsket om at have et belysningsanlæg som bruger så lidt energi som muligt. Den anden kan være ønsket om et bestemt visuelt indeklima af hensyn til de personer som befinder sig i lokalerne, eksempelvis patienter på en hospital.

- **Behovsanalyse**

Inden der vælges en lysstyring er det nødvendigt med en grundig behovsanalyse. Ved behovsanalysen er der fire forhold der skal vurderes nøjere.

- **Rumtype**

Først er det nødvendigt at få et overblik over det rum eller lokale som lysstyringen skal installeres i. Det er primært rummets størrelse og anvendelsen (eksempelvis kontor, gangareal, sportshal m.m.).

- **Brugsmønster**

Derefter er det nødvendigt at få et overblik over brugsmønstret og om hvor mange personer der opholder sig i rummet og herunder om der tidspunkter hvor der ikke opholder sig nogen personer i rummene.

- **Dagslystilgang**

Hvis der er tilstrækkeligt dagslysindfald i rummet, bør der installeres dagslysstyring, hvor lysudsendelsen fra lyskilderne styres efter dagslysindfaldet. I større åbne rum som for eksempel storrumskontorer skal lysstyringen zoneopdeles, så de enkelte zoner kan reguleres individuelt. Størrelse og form af zoner bestemmes ud fra rummets udformning

- **Aktiviteter**

Det er endelig nødvendigt at få et overblik over de aktiviteter der foregår i rummet. Aktiviteter kan eksempelvis være kontorarbejde, klasseundervisning m.m. I nogle rum foregår der flere aktiviteter som eksempelvis tavleundervisning og arbejde ved skriveborde. Hvis der foregår flere aktiviteter i rummet, bør hver aktivitet betragtes som en zone og lysreguleringen skal indstilles efter det. Hvis nogle zoner overlapper hinanden er det det største krav i belysningsstandarden (DS/EN 12464-1) der er bestemmende.

- **Principper**

- **Manuel lysstyring**

Ved manuel styring styrer brugerne selv lyset. Dette kan enten ske ved en manuel kontakt, hvor lyset tændes og slukkes efter behov eller ved en manuel lysdæmper, hvor lysudsendelsen fra lyskilderne ligeledes styres efter behovet.

Manuel lysstyring har den ulempe at brugerne kan glemme at slukke for lyset, når der ikke er behov for lys.

- **Automatisk lysstyring**

Ved automatisk lysstyring styres lyset ved hjælp af sensorer, kontroludstyr (forkoblinger eller drivere) og programmering (tidsstyring). Lysets funktion og styringsprincip vælges ud fra brugsmønster og dagslysindfald. De mest anvendte automatiske lysstyringsprincipper er styring med sensorer efter tilstedeværelse eller lysstyring med lyssensorer.

Automatisk tænd/sluk (ur- eller tidsstyring) er også et meget anvendt styringsprincip. Her programmeres lyset til at tænde og slukke på bestemte tidspunkter.

Med automatisk lysstyring er der mulighed for at opnå store elbesparelser i forhold til manuel styring.

I eksempel 2 ses hvorledes besparelspotentialt kan beregnes ved etablering af automatisk lysstyring.

- **Sekvensstyring**

Ved sekvensstyring styres lyset med et bestemt formål. Ved sekvensstyring har man på forhånd kortlagt hvordan lyset i armaturerne skal ændre sig i løbet af døgnet, herunder lysstyrke og/eller lysfarve. Endvidere har man afgjort hvornår disse parametre skal ændres og hvilke armaturer der skal aktiveres. Sekvensstyring benyttes blandt andet i forbindelse med dynamisk døgnrytmebelysning.

Besparelspotentialt ved sekvensstyring afhænger af hvor meget lysudsendelsen fra lyskilderne reduceres. I figur 15 og 16 ses sammenhængen mellem lysstrømmen fra en lyskilde og effektoptaget. For eksempelvis LED-lyskilder er lysstrømmen proportional med effektoptaget (se figur 16).

- **Strategier**

Lysstyringsstrategier handler om planlægning af styringens funktion. Her skal der tages stilling til hvilke styringsprincipper der skal anvendes og hvordan de skal implementeres.

- **Lokal og personlig**

I rum eller lokaler hvor en enkelt person opholder sig i længere tid anbefales altid en lokal og personlig styring. Det vil typisk være enkeltmandskontorer, hvor brugeren vil have mulighed for at indstille lyskildernes lysudsendelse som ønsket.

I nogle LED-armaturer anvendes dioder med flere forskellige farvetemperaturer eller farver. Her vil brugeren have mulighed for at indstille lyskildernes farvetemperaturer eller farver som ønsket.

- **Central automatisk lysstyring**

Central automatisk lysstyring implementeres ud fra et ønske om energibesparelser. Indstillingen af den centrale automatiske lysstyring skal tage hensyn til brugerne for at undgå at de bliver utilfredse og eventuelt ødelægger den tiltænkte funktion.

Central automatisk lysstyring baseres på strategier for urstyring, bevægelses og tilstedeværelse, dagslysindfald og scenarier.

- **Ur- og kalenderstyring**

Ved urstyring indstilles lysstyringen til at tænde og slukke efter faste mønstre. På arbejdspladser kan det eksempelvis være indstilling efter arbejdstiden. Urstyring anvendes i lokaler hvor brugsmønstrene er faste og/eller dagslysindfaldet kan forudses.

Der findes endvidere avancerede systemer, der er baseret på forskellige scenarier og smarte systemer, hvor styringen er programmeret til aktivering på forskellige tidspunkter.

○ **Bevægelse og tilstedeværelse**

I lokaler der kun er i brug lejlighedsvis bør belysningsanlægget være udstyret med bevægelses- eller tilstedeværelsesfølere.

De mest typiske typer af tilstedeværelsesfølere er PIR-sensorer (passiv infrarød) der registrerer tilstedeværelse vha. varmedetektering, akustiske sensorer eller kamerabaserede sensorer.

Ofte bliver tilstedeværelsesfølere kombineret med manuel tænd/sluk, så brugeren selv tænder lyset når vedkommende kommer ind i lokalet. Lyset slukkes herefter automatisk, hvis brugeren ikke slukker lyset.

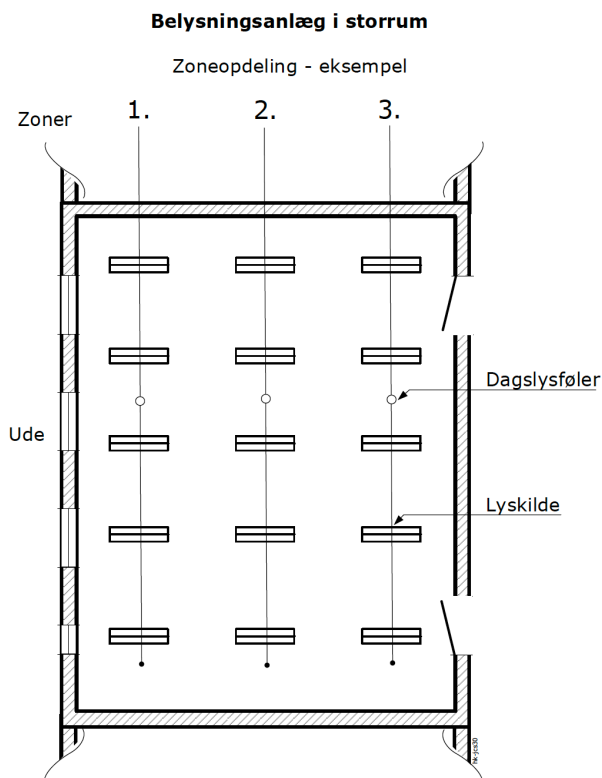
Et af problemerne med denne typer føler er, at sensorerne ikke er følsomme nok, at de er for følsomme eller at de ikke dækker hele det ønskede område.

○ **Dagslys**

I lokaler hvor der er tilstrækkeligt dagslysindfald kan dagslyset i perioder helt eller delvist dække behovet for belysning. Dagslysstyringen benyttes til at dæmpe det almene belysningsanlæg.

I lokaler med stor rumdybde bør dagslysstyringen kombineres med zoneopdeling, så belysningsarmaturerne i de zoner der er nærmest vinduerne dæmpes mere end de øvrige armaturer.

Ved dagslysstyring styres belysningsanlægget typisk ved hjælp af sensorer der måler lysniveauet et givet sted i lokalet. Belysningsanlægget kan også styres efter lysniveauet uden for bygningen ved hjælp af en udendørs vejrstation.



Figur 9. Zoneopdeling af belysningsanlæg i storrúm



Figur 10. Zoneopdeling af belysningsanlæg. Armaturerne i højre side af lokalet er slukkede mens armaturerne til venstre er tændt. (Kilde: <https://installator.dk/store-besparelser-med-lysstyring>)

○ Døgnrytme/dynamisk

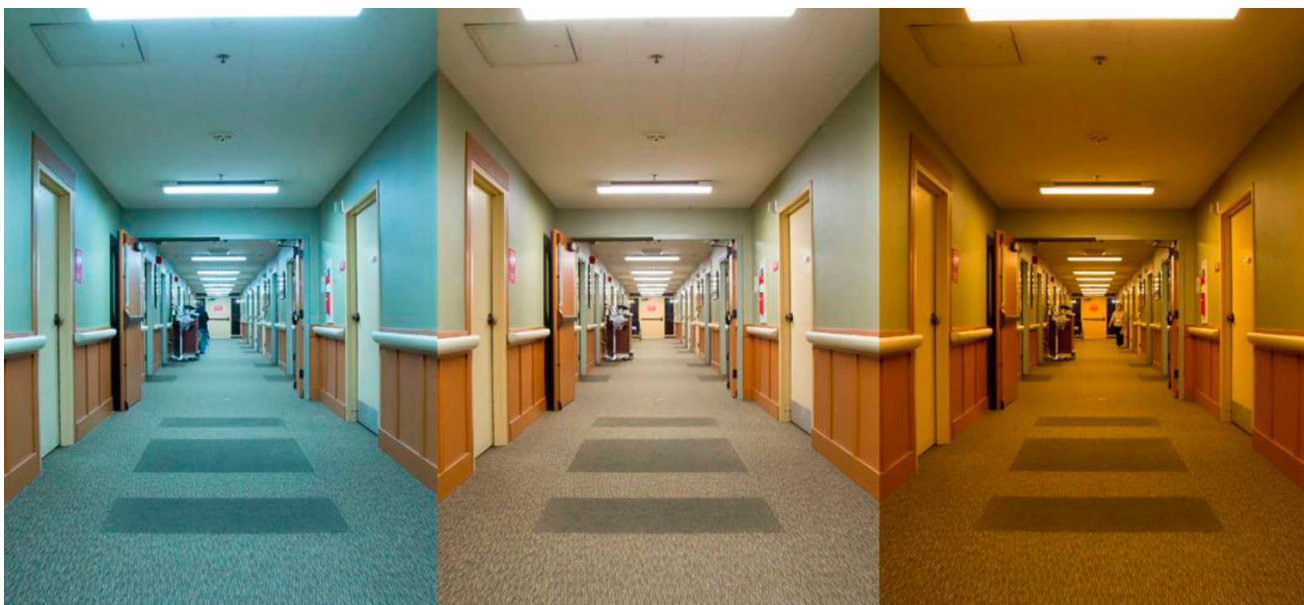
Forskellige lyskilder har forskellige farvetemperaturer. LED-lyskilder giver større mulighed for at styre lyset både i styrke og farve end andre lamper. I de fleste tilfælde handler farvestyring om, hvorvidt det skal være et koldt eller varmt lys (farvetemperatur der har enheden Kelvin). Varmt lys har lavere farvetemperatur, mens et koldt lys har en høj farvetemperatur. LED-lys kilder giver mulighed for at styre farvetemperaturen meget nøjagtigt.

Farvetemperaturen styres ved, at et lysarmatur indeholder en kombination af to eller flere forskellige typer LED-lyskilder, som styres individuelt.

Ved dynamisk belysning skal styringen kunne sørge for lyskilderne yder forskellige lysstyrker i forhold til forskellige tidspunkter på døgnet eller forskellige lysstyrker i forskellige områder af en bygning/arbejds miljø.

Dynamisk døgnrytmebelysning skal simulere variationer af dagslyset over døgnet, så belysningens farvetemperatur og lysstyrke styres efter dette. Døgnrytmebelysning bruges oftest i sundhedsvæsenet og benytter sig primært af forprogrammerede lysscener, der styres automatisk. Den manuelle overstyring eller overstyring styres af personalet og typisk ikke af patienterne/beboerne.

Ved brug af døgnrytmebelysning er det vigtigt at være opmærksom på, at ved scenarier, hvor f.eks. de blå bølgelængder er stærkt reduceres eller helt udelades (f.eks. under aften og nat scenarier), vil dette påvirke lysets farve og dermed også farvegengivelsen f.eks. af hudtoner.



Figur 11. Dynamisk døgnrytmebelysning. (Kilde: <https://www.ledsmagazine.com/articles/2016/09/doe-releases-results-in-gateway-project-testing-tunable-led-lighting-for-care-facility.html>)

○ Smart (intelligente systemer)

I smarte eller intelligente systemer er der mulighed for gennem internettet at tilslutte, integrere og kontrollere systemer af forskellige typer komponenter. Dette sker på grundlag af Internet of Things (IoT), hvor automationssystemet er placeret i skyen. Et eksempel på dette kan være en energieffektiv og samlet styring af bl.a. radiator- eller gulvvarme, ventilation og belysning. Her kan eksempelvis en tilstedeværelsessensor sende oplysninger til de forskellige systemer og eventuelt reducere rumtemperaturen og den indblæste og udsugede luftmængde, når sensoren mærker at der ikke er personer tilstede. Alarmsystemer kan også integreres i det smarte system.

- **Lysstyringsanlægget**

Lysstyringsanlæg kan være mere eller mindre avancerede eller komplekse. Meget simple anlæg er baseret på en kontakt, en forkoblingsenhed eller LED-driver samt en lyskilde mens meget store og komplekse anlæg er baseret på mange typer af sensorer, farveønsker, lysprofiler, tidsindstillinger og meget mere, der kræver specialtviden at projektere og planlægge. Nedenfor beskrives de grundlæggende komponenter, som kan indgå i et lysstyringsanlæg.

Opbygning

De grundlæggende komponenter i et lysstyringsanlæg er betjening, belysning og sensorer. Hvordan, disse rent teknisk er sat sammen og evt. programmeret, afhænger af hvilken lysstyringsprotokol, der er basis for systemet. Valget af lysstyringsprotokol beror på de overordnede krav, man har til lysstyringsanlægget. De mest anvendte lysstyringsprotokoller er:

- 1-10 V (analog)
- DALI (digital)
- DMX512 (digital)

For helt simple lysstyringsanlæg kan 1-10 V-styring være en mulighed at benytte, men når man ønsker at integrere sensorer, opdele lys i grupper og/eller opstille scenarier, vil en digital løsning være at foretrække. De enkelte protokoller gennemgås mere detaljeret i afsnittet "Protokoller" nedenfor.

- **Kontakter og dæmpere**

Ved manuel styring af belysningsanlæg benyttes kontakter og eventuelt dæmpere der er koblet til anlægget. Kontakterne benyttes til at tænde og slukke anlægget mens dæmpere benyttes til justere lysudsendelsen fra lyskilderne. I nogle tilfælde er kontakten og dæmperen indbygget i samme enhed.

- **Sensorer**

Et lysstyringsanlæg kan benytte forskellige typer af sensorer. Sensorerne kan opdeles i to typer. Den ene type registrerer tilstedeværelsen af personer mens den anden registrerer behovet for lys.

De mest almindeligt anvendte typer der registrerer tilstedeværelsen af personer er PIR-sensorer (passiv infrarød) og akustiske sensorer. Med den akustiske sensor behøver personen ikke at være indenfor sensorens synsfelt. Den er derfor velegnet i eksempelvis storrumskontorer med rumdelere eller parkeringskældre.

En speciel variant inden for akustiske sensorer er ultralydssensoren, der i stedet udløses på baggrund af reflekteret lyd. Den sender en højfrekvent lyd ud og analyserer den reflekterede lyd for ændringer, der indikerer persontilstedeværelse.



Figur 12. Bevægelsesmelder

Lyssensorer benyttes til at registrere behovet for lys. Lyssensoren måler lysniveauet på et givet sted og sender informationen videre til en regulator der herefter indstiller lysudsendelsen fra lyskilden. Lyssensoren kan også være bygget sammen med regulatoren til en enhed, så den nemt kan integreres i lysstyringssystemer. Lyssensorer kan enten måle på det naturlige dagslys, eksempelvis ved et vindue eller på en blanding af elektrisk og naturligt lys. Placeringen af sensoren har stor betydning, da den måler det reflekterede lys fra det område den peger på. Derfor har det stor betydning om man måler tæt på eller langt fra et vindue. Endvidere har det stor betydning om man måler det reflekterede lys fra en mørk eller lys overflade.

- **Regulatorer**

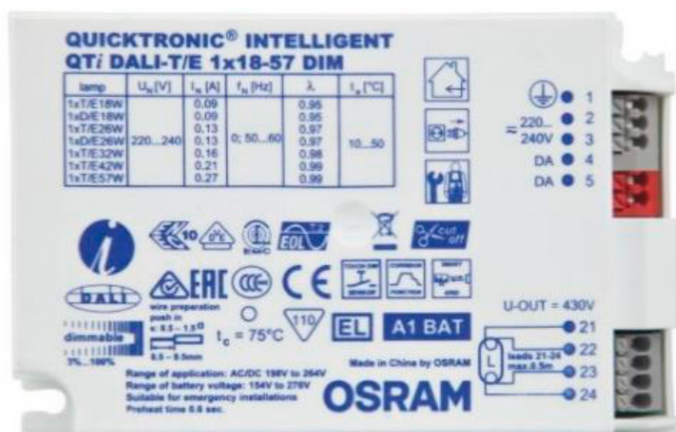
Regulatoren eller controlleren er sammen med en lyssensor en af hovedkomponenterne i et lysstyringsanlæg. Regulatoren opgave er at oversætte lyssensorens måling til et fornuftig eller ønsket lysniveau i lokalet.

Mange moderne regulatorer kan integreres i større lysstyringssystemer baseret på eksempelvis DALI-protokollen (se senere).

- **Strømforsyning**

HF-forkobling

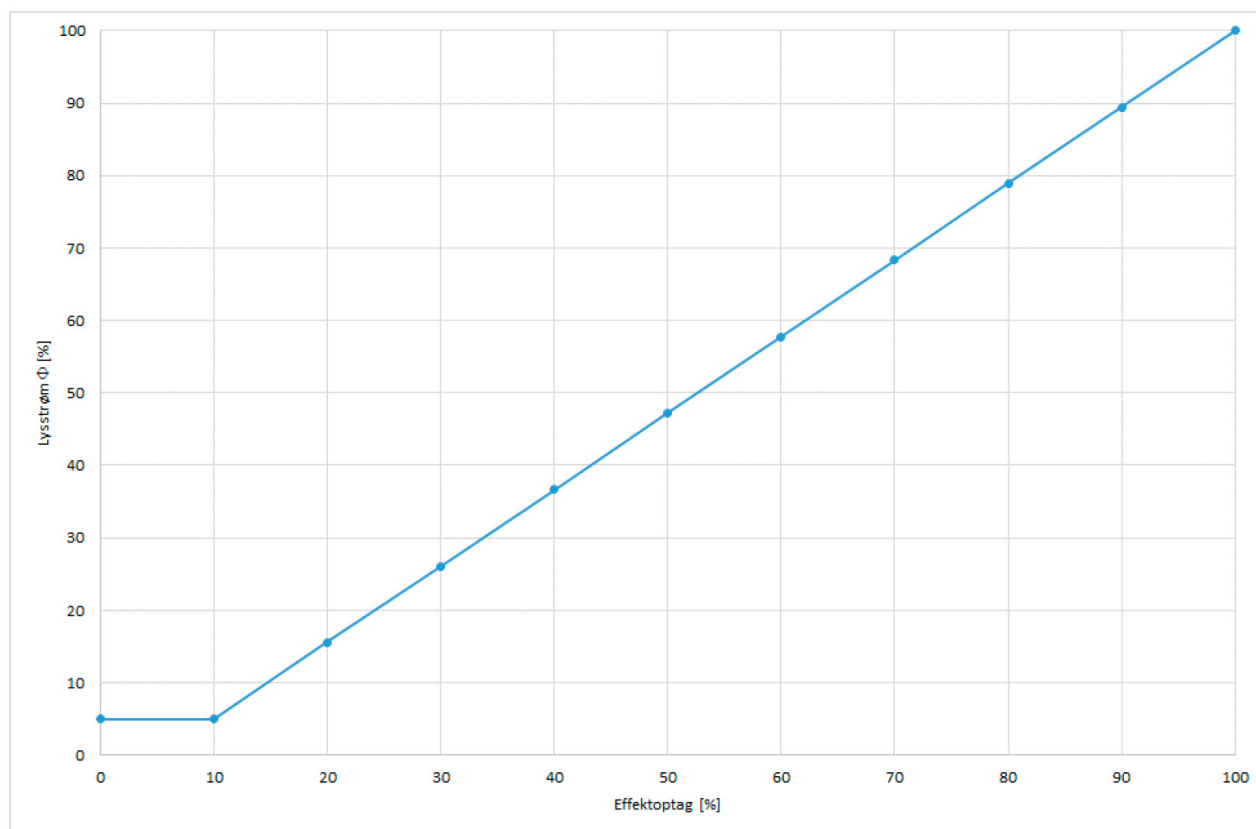
HF-forkoblingen står for at sende for at sende den korrekte energi til lysstofrøret ved en frekvens på 25 – 50 kHz.



Figur 13. Eksempel på HF-forkobling (Kilde: <https://www.osram.com>)

Dæmpning med HF-forkoblingen sker ved at regulere på den frekvens, som lysstofrøret får tilført.

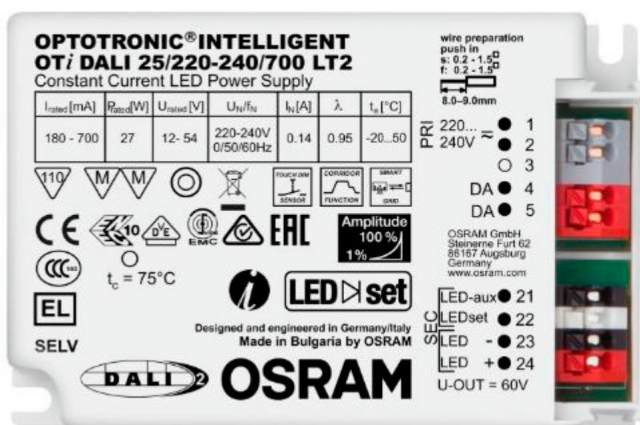
I figur 14 ses lysstrømmen som funktion af effektoptaget for et T5-lystofrør der drives af en HF-forkobling.



Figur 14. Lysstrøm som funktion af effektoptag

LED-driver

Som tidligere nævnt står LED-driveren for at sende den korrekte energi til LED-lyskilden, så der opnås den ønskede lysudsendelse.



Figur 15. Eksempel på LED-driver (Kilde: <https://www.osram.com>)

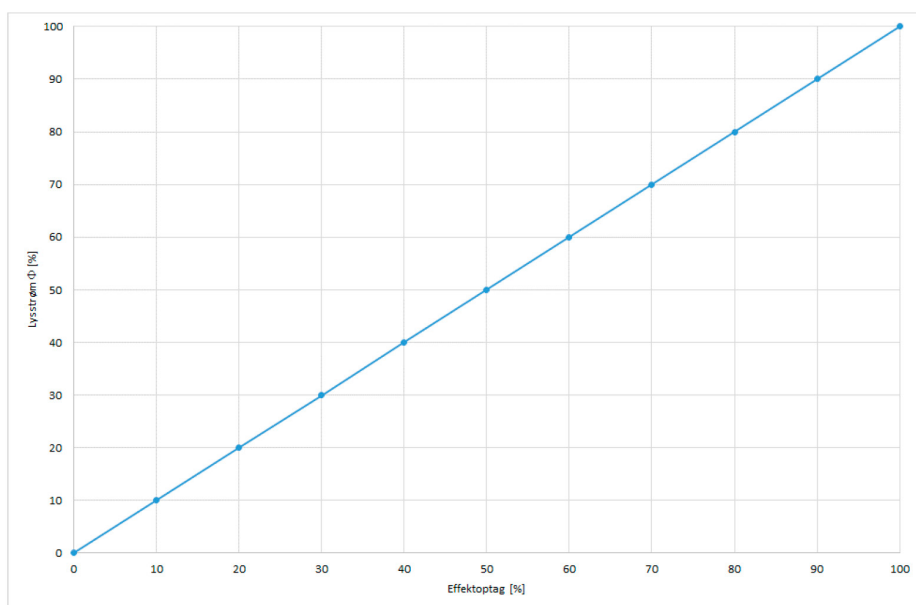
LED drivere kan udføre dæmpning af LED-strømmen, så en lavere strøm sendes til LED-lyskilden og dermed opnås en svagere belysningsstyrke. I disse tilfælde skal LED-driveren også forsynes med et dæmpningsniveau. Selve dæmpningen opnås sædvanligvis enten ved:

- LED-driveren reducerer strømmen til LED'erne (typisk kaldet konstantstrøm-dæmpning 'Constant Current Dimming')
- LED-driveren tænder og slukker for strømmen til LED'erne mange gange i sekundet, så den opfattede mængde lys vil se 'dæmpet' ud (typisk kaldet puls-bredde-dæmpning, 'Pulse-Width-Modulation' eller 'PWM-dimming')

Endelig kan LED-driveren også dæmpes via en kombination/hybrid af de to metoder.

Styringsformen har stor betydning for elforbruget til både det eksisterende og det nye belysningsanlæg.

I figur 16 ses lysstrømmen som funktion af effektoptaget for et LED lysstofrør der drives af en driver.



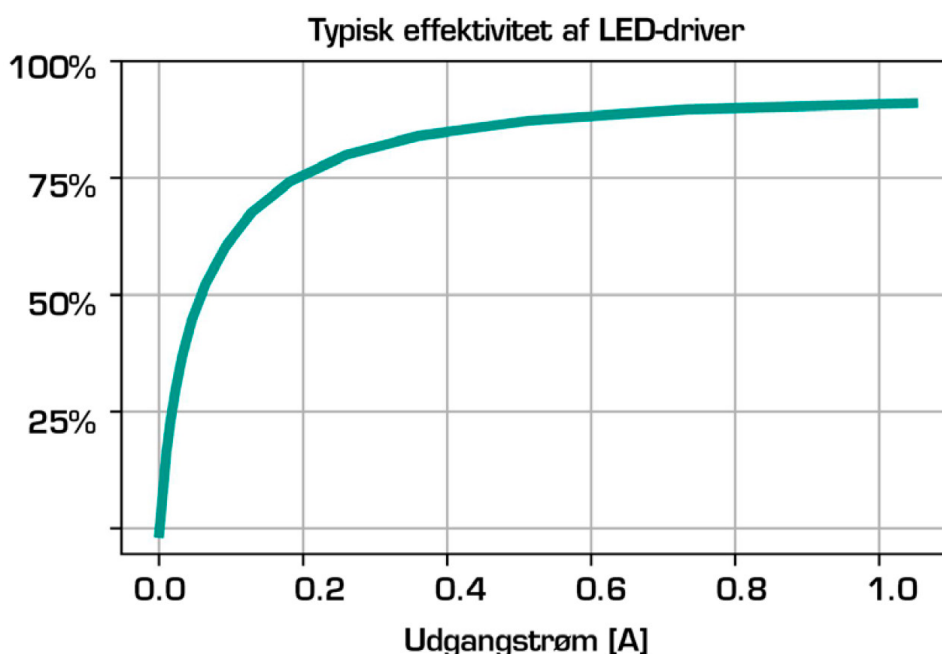
Figur 16. Lysstrøm som funktion af effektoptag

LED-driverer og effektivitet

LED-driverens energieffektivitet findes ved at måle effekten, der kommer ind og ud af LED-driveren og herefter dividere udgangseffekten med indgangseffekten. Effektiviteten er derfor forholdet mellem ud- og indgangseffekt udtrykt i procent. Da LED-driveren kan fungere ved mange dæmpningsniveauer, giver det mening at måle effektiviteten for flere dæmpningsniveauer for at få et helhedsbillede af LED-driverens effektivitet.

Bemærk at mange LED-driverfabrikanter opgiver et enkelt tal for LED-driverens effektivitet – typisk ved dens maksimale effekt. Som det ses af figuren, kan et enkelt tal ikke fuldt ud repræsentere effektiviteten, da den er afhængig af dæmpningsgraden. Det anbefales derfor at vælge LED-driverer, hvor fabrikanterne opgiver disse data, især hvis der er specifikke krav til energiforbruget til belysningen.

Ved puls-bredde-dæmpning skal der kun benyttes en effektivitet. Det vil typisk være effektiviteten ved maksimal udgangsstrøm, med mindre LED-driveren er meget overdimensioneret.



Figur 17. Typisk effektivitet af LED-driver

○ Protokoller

For forkoblingsenheder eller LED-driverer, der kan dæmpe lyset, skal den ønskede lysstyrke som regel kommunikeres til forkoblingsenheden eller LED-driveren. Der findes forskellige metoder, der bliver anvendt til at opnå dette.

1-10 V

1-10 V-dæmpning er en af de mest simple måder at dæmpe lyset på. Den går ud på, at der på forkoblingsenhedens eller LED-driverens 1-10 V indgang sætter en spænding mellem 1 og 10 V, som så anvendes som reference til at sætte lysstyrken i forhold til maksimalstrømmen.

1 V giver således 0 % lysstrøm (eller forkoblingsenhedens eller LED-driverens minimale lysstrøm) og 10 V giver 100 % lysstrøm.

DALI og DALI-2

DALI er en forkortelse for Digital Addressable Lighting Interface. Bag DALI står Digital Illumination Interface Alliance (DiiA), som er et åbent globalt konsortium af belysningsvirksomheder.

Hovedformålet er at øge markedet for belysningsstyringsløsninger baseret på IEC 62386,

den internationale standard for standardiseret digital protokol til lysstyring (DALI). DiiA står for certificeringer og giver retten for et produkt at bære DALI-certificeringslogoet.

Med DALI er det muligt at foretage digital styring af individuelle forkoblingsenheder eller LED-drivere i større belysningsystemer. Der er store fordele ved det, såsom muligheden for opdeling af belysningsanlægget i grupper og muligheden for ændringer af lysprofiler efter opsætning af belysningsanlægget. Det er således kun nødvendigt at omprogrammere indstillingerne, hvis lokalets udformning ændres, eller hvis det skal bruges på en anden måde.

For større individuelt styrede belysningsanlæg er DALI at foretrække frem for 1-10 V, da mængden og kompleksiteten af kabler til styring nedsættes. DALI er således baseret på et enkelt kabel, gennem hvilket der føres et dobbeltrettet digitalt signal mellem samtlige enheder i systemet.

Med DALI er der mulighed for dobbeltrettet kommunikation via styrelederne. Status- og eventuel fejlindikering fra komponenterne i systemet kan indhentes til eventuelt tilsluttet software.

En såkaldt 'DALI bus' kan håndtere op til 64 enheder som eksempelvis kan være forkoblingsenheder eller LED-drivere, trykknapper og sensorer. Disse kobles ofte sammen med en 'DALI router', der står for at kommunikere på tværs af busserne og til at kommunikere med DALI-software på en PC. Hele styringssystemet er således forbundet i et Ethernetnetværk.

DALI kan også integreres med et BMS-system (eksempelvis KNX).

DALI 2 er en udvidelse af DALI-standardens og tager udgangspunkt i den oprindelige standard. Grunden til udvidelsen er, at der længe har været et stigende ønske og krav til en del forbedringer af standarden, bl.a. en fælles standard på input-siden, PIR-sensorer, dagslyssensorer, trykknapper m.m. Med den oprindelige DALI standard har det kun været muligt at benytte fælles output, forkoblinger, LED drivere, lysdæmpere, relæmoduler m.m.

DMX-512

DMX-512-standardens er en anden digital styringsmetode, der oprindeligt er udviklet til teater- og koncertbelysning samt sceneteknik. I de senere år har styringsmetoden vundet indpas i arkitektonisk belysning og andre steder med høje krav til hurtig og præcis styring. Hver enhed i DMX systemet har sin egen adresse og kan derved styres individuelt (tænde, slukke, dæmpe og farveskift). DMX systemet kan håndtere 512 enheder (adresser) pr. streng i modsætning til 64 i DALI systemet. DMX-512 er meget centraliseret, idet der kræves en kontrolstation, der samler styringen. Som udgangspunkt kan DMX-512-udstyr ikke kommunikere tilbage fra lysudstyret til kontrolstationen, men systemet kan udvides med RDM (Remote Device Management), der kan tilføje denne funktionalitet.

DALI eller DMX512?

De to mest fremherskende standarder for digital lysstyring er DALI og DMX512. Deres forskelligheder kan kort opsummeres til:

DALI-systemer ses typisk som protokol til områder såsom kontorbygninger, fabrikker og klasselokaler, hvor DMX-512-styringer typisk ses til applikationer, hvor hurtig og præcis lysstyring er nødvendig, f.eks. koncerter, tv-produktioner, teater og arkitektonisk belysning.

○ Brugerflade

Brugerfladen er den del af lysstyringssystemet, hvor brugerne har mulighed for at styre belysningsanlægget.

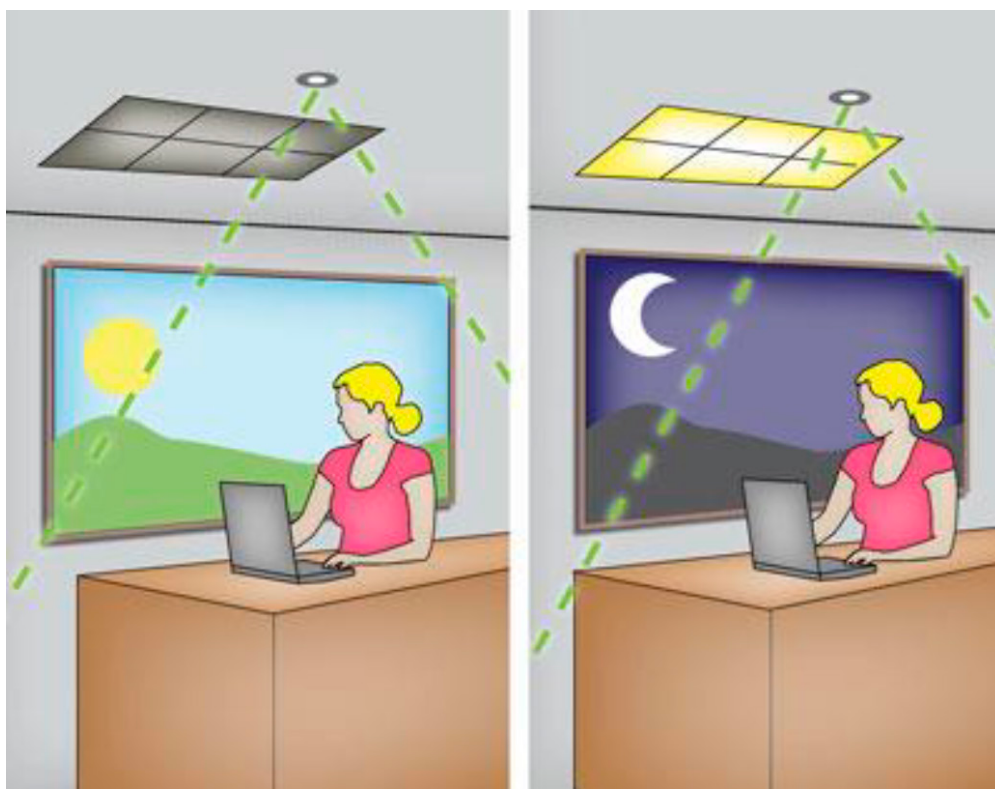
Der er to brugere af brugerfladen. Den ene bruger et belysningsteknikeren der skal indstille og programmere de ønskede indstillinger af belysningsanlægget mens den anden er personen eller de personer der skal styre lyset til daglig.

Brugerfladen kan være alt fra simple tænd/sluk knapper der udelukkende kan tænde og slukke belysningsanlægget til avancerede applikationer på tablets eller mobiltelefoner, hvor der kan vælges mellem forskellige forprogrammerede belysningsscenarier eller hvor brugeren selv kan indstillet sit ønskede scenarie (lysfarve, farvetemperatur, belysningsstyrke, driftstid m.m.).

Brugerfladen har stor betydning for hvorledes lysstyringen anvendes. Det er vigtigt at brugerfladen er overskuelig og ukompliceret at anvende da brugerne ellers ikke vil anvende lysstyringen og indstillingen altid være den samme.

Energibesparelse ved etablering af dagslysstyring

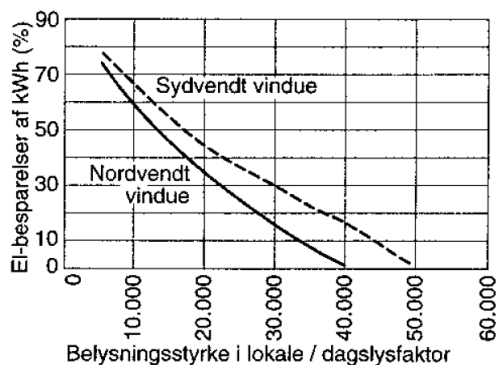
Belysningsanlægget kan være forsynet med automatisk dagslysstyring. Hvis der er installeret automatisk dagslysstyring, skal det undersøges om dagslysstyringen er enten on/off eller kontinuerlig (lysdæmpning).



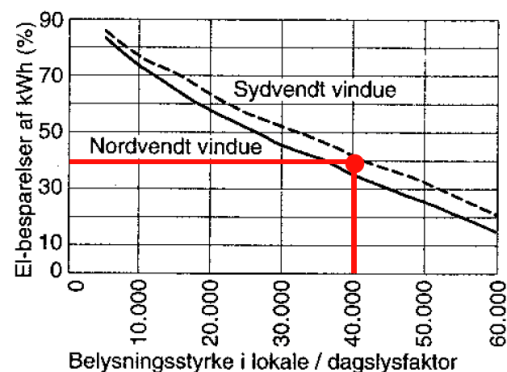
Figur 18. Dagslysstyring. (Kilde: <https://www.flex7.co.uk/lighting-controls/daylight-dependency/>)

Den simpleste regulering er en automatisk tænd/sluk funktion af belysningen ved hjælp af en lyssensor. Lyssensoren sørger for at belysningsanlægget ikke tændes, hvis dagslysniveauet er tilstrækkeligt højt, hvilket medfører energibesparelser.

Ved kontinuerlig regulering sker der regulering af belysningen efter dagslysniveauet. Når dagslysniveauet stiger vil reguleringen søge at fastholde en ønsket belysningsstyrke i lokalet ved at dæmpe den kunstige belysning.

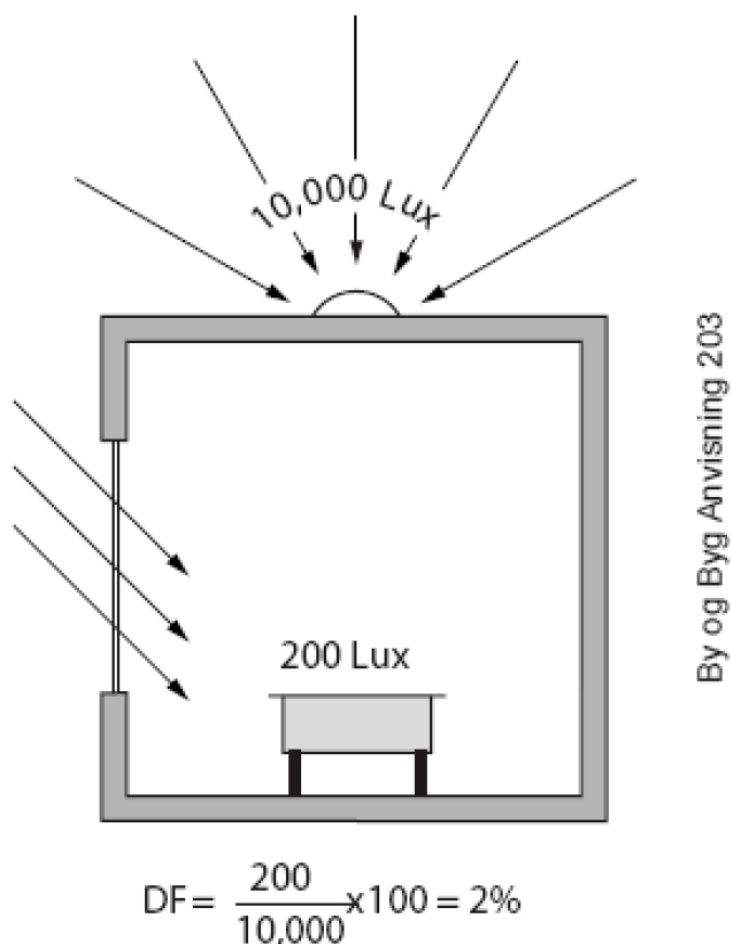


Figur 19. Elbesparelser ved on/off regulering af belysningen (Kild: BPS-publikation 132. Februar 2000.)



Figur 20. Elbesparelser ved kontinuert regulering af belysningen (Kilde: BPS-publikation 132. Fe-bruar 2000.)

For at beregne elbesparelsen ved anvendelse af en af de to reguleringsformer kan ovenstående figurer anvendes. Forholdet mellem kravet til middelbelysningsstyrken og dagslysfaktoren skal kendes. Dagslysfaktoren er et mål for, hvor meget dagslys, der er indendørs i forhold til udendørs under fri himmel og uden sol. Dagsfaktoren beregnes som vist med nedenstående figur.



Figur 21. Måling og beregning af dagslysfaktor (Kilde: By og Byg Anvisning 203. Beregning af dagslys i bygninger)

Endvidere skal der foretages beregninger i forhold til enten sydvendte eller nordvendte vinduer. Elbesparelsen i procent i forhold til et belysningsanlæg uden dagslysstyring findes på y-aksen.

Energiforbruget til det nye anlæg kan først beregnes, når der er foretaget en belysningsberegning. Ved en belysningsberegning bliver der estimeret et antal armaturer med tilhørende lyskilder. I programmet angives typisk en samlet optagen effekt for belysningsanlægget inklusiv forkoblingsenhed eller driver (for LED-lyskilder).

Ud fra en valgt styringsform kan energiforbruget beregnes på tilsvarende måde, som for det eksisterende belysningsanlæg.

Eksempel 2

En kontorbygning med nord- og sydvendte vinduer har installeret et ældre belysningsanlæg i kontorlokalerne. Anlægget består af 30 stk. armaturer med 4 x 18 W T8-lysstofrør. Armaturerne er uden reflektorer og med gitre (som "stjæler" en stor del af lyset). Effektoptaget for de 30 stk. armaturer er ca. 3,3 kW. Anlægget er uden dagslysstyring.

Anlægget udskiftes til et belysningsanlæg som består af 30 stk. armaturer med indbyggede LED-moduler. Effektoptaget for de 30 stk. armaturer er ca. 0,8 kW. Anlægget er med kontinuerlig regulering, dvs. regulering af belysningen efter dagslysniveauet. Kravet til middelbe-lysningsstyrke er 300 lux og dagslysfaktoren er beregnet til 0,75 % (0,0075). Forholdet mellem disse to størrelser er således 40.000.

Driftstiden er fra kl. 6.00 – 18.00 i fem dage pr. uge.

Elforbrug til det eksisterende belysningsanlæg kan beregnes til 8.900 kWh mens elforbruget til det nye belysningsanlæg kan beregnes til 2.200 kWh.

Elbesparelsen ved dagslysstyring er ca. 40 % jf. figur 7, hvilket svarer til 900 kWh.

Den samlede elbesparelse er derfor 7.600 kWh.

Dimensionering af belysningsanlæg

Belysningsanlæg skal dimensioneres, så de lever op til kravene i Bygningsreglementet (BR18). Kravene beskrives nedenfor.

Arbejdsrum mv. og fælles adgangsveje skal:

1. have elektrisk belysning i fornødent omfang. Arbejdspladsbelysning skal udføres i overensstemmelse med DS/EN 12464-1 Lys og belysning – Belysning ved arbejdspladser – Del 1: Indendørs arbejdspladser sammen med DS/EN 12464-1 DK NA.
2. forsynes med energieffektiv belysning, hvilket bl.a. indebærer anvendelse af lyskilder med en virkningsgrad for almenbelysningen på over 50 lm/W. For effektbelysning og arbejdslamper er effektiv belysning på over 15 lm/W
3. forsynes med automatisk dagslysstyring, hvis der er betydeligt dagslysindfald
4. hvor der kun er lejlighedsvis benyttelse, forsynes belysningen med bevægelsesmeldere. Bestemmelsen gælder også baderum og toiletter i tilknytning til arbejdsrum mv. Anvendelse af bevægelsesmeldere kan udelades, hvor slukning af lyset kan give risiko for ulykker, eller hvor lyskilderne ikke er egnede hertil
5. udføres med belysningsanlæg opdelt i zoner med mulighed for benyttelse efter dagslysforhold og aktiviteter. I mindre arbejdsrum, eks. enkeltmandskontorer, kan kravet fraviges

I nedenstående tabel ses krav til belysningsstyrke og regelmæssighed ved udvalgte arbejdspladser, jf. DS/EN 12464-1 og DS/EN 12464-1 DK NA.

Sted	Middelbelysningsstyrke på arbejdsplanet, E_{mid} [lux]	Regelmæssighed, U_0
Gange og trapper	100	0,40
Kontorarbejde • Opgaveområde (på synsobjektet) • I nærområdet (over ½ m fra synsobjektet)	500	0,60
	300	0,40
Børnehaver og vuggestuer	300	0,40 0,60 (koncentrationsleg)
Undervisningslokaler	300	0,60
Detailhandel • Salgsareal • Kasseområde • Pakkebord	300	0,40
	500	0,60
	500	0,60
	500	0,60

Tabel 3. Krav til belysningsstyrke og regelmæssighed ved forskellige anvendelser

Som det ses kræves der ved kontorarbejde 500 lux på synsobjektet, mens der kræves 300 lux ½ m fra dette. Den generelle belysningsstyrke eller almenbelysningsstyrken skal således være 300 lux. Det er typisk kontorets loftmonterede belysningsanlæg, der skal tilvejebringe denne belysningsstyrke.

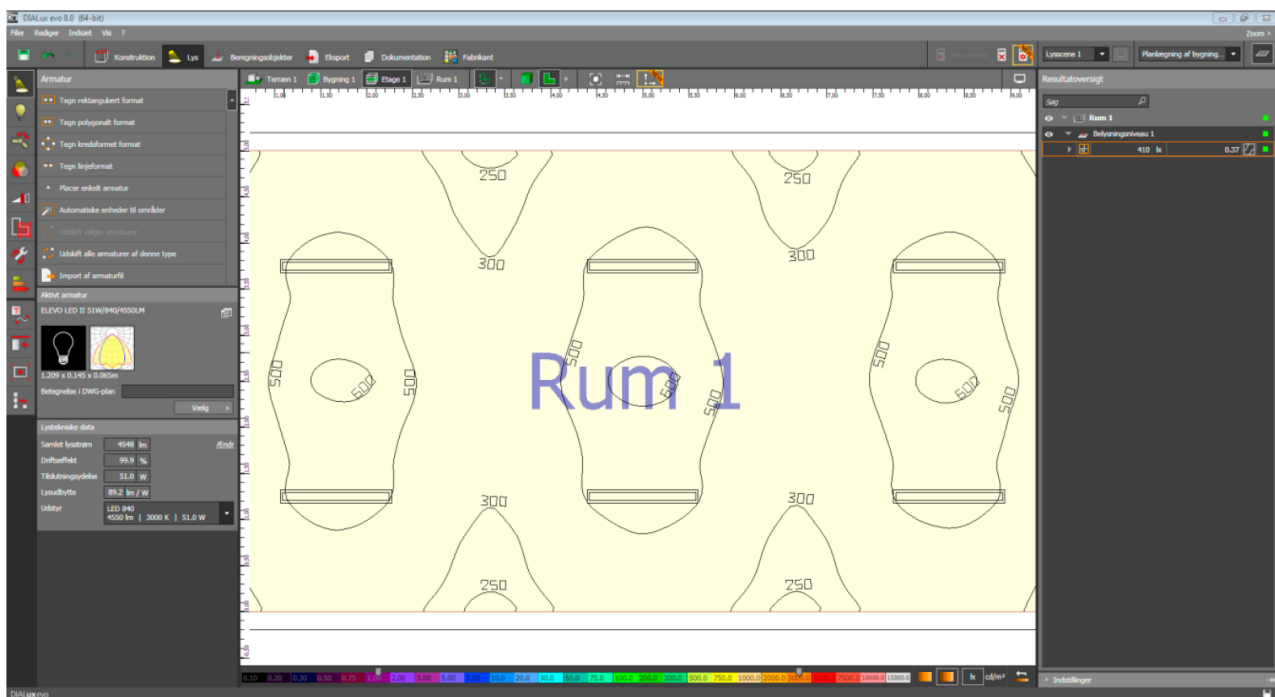
De 500 lux på synsobjektet kan tilvejebringes med effektbelysning eller arbejdspladsbelysning installeret ved arbejdspladsen.

I detailhandlen kræves der en almenbelysningsstyrke på 300 lux, mens der kræves 500 lux i kasseområdet. Når noget skal fremhæves ekstra meget er effektbelysningen typisk mellem 5 og 10 gange almenbelysningens styrke. Her anvendes typisk spotlamper (se figur 16), der sender lys direkte mod objektet.

Ved dimensionering af et belysningsanlæg, bør der benyttes et program til belysningsberegning.

Et eksempel på dette er DIALux, som er et gratis lysberegningsprogram, udviklet af det tyske firma DIAL GmbH. Det bruges primært af lysdesignere, rådgivere, arkitekter, belysningsteknikere og elektrikere. Det kan anvendes til at beregne indendørs og udendørs belysning.

Indendørs giver det mulighed for at beregne belysningsniveauet i et givet lokale, og derved om det opfylder kravene i DS/EN 12464-1.



Figur 22. Lysberegning med DIALux

Som det ses i nedenstående tabel 4 kan de typisk anvendte lyskilder i belysningsanlæg til kontorer, skoler, daginstitutioner m.m. leve op til kravene i Bygningsreglementet.

T5-lysstofrør og LED lyskilder (lysrør eller integreret i armatur) er de mest effektive (har de største lysudbytter) og bør som udgangspunkt vælges.

Lyskilder	Lysudbytte [Lm/W]	Farvetemperatur [K]	Ra-index
T8-lysstofrør	65 - 90	3.000	> 80
T5-lysstofrør	75 - 100	3.000	> 80
Kompaktlysstofrør (4-pin)	60 - 75	3.000	> 80
LED lyskilder (lysrør eller integreret i armatur)	90 - 120	3.000	> 80

Tabel 4. Typisk anvendte lyskilder i belysningsanlæg



Figur 23. Ældre armatur med T8-lysstofrør (Kilde: <https://www.ledproff.dk/produkter/8081-led-armatur/5886-4x18w-interioerarmatur-elektronisk-bal-last/>)



Figur 24. Nyt armatur med LED lyskilder (Kilde: <http://www.lighting.philips.dk/prof/indendørs-ar-maturer/indbyggede-armaturer/powerbalance-gen2>)



Figur 25. LED lysstofrør (Kilde: <http://leapfroglighting.com/do-retrofit-t8-linear-led-tubes-live-up-to-their-reputation/>)



Figur 26. LED spots (Kilde: <https://www.dlt.dk/led-belysning-til-butik>)

Når armaturer og lyskilder er valgt, skal der vælges en egnet lysstyring.

Som minimum skal der vælges en lysstyring til automatisk tænd/sluk af belysningsanlægget. Denne lysstyring kræver at der installeres bevægelsesmeldere på kontorerne.

Hvis der er tilstrækkeligt dagslysindfald skal der vælges en automatisk dagslysstyring. Dagslysfaktoren kan anvendes til at vurdere om der er tilstrækkeligt dagslysindfald.

Dagslysindfaldet anses for at være tilstrækkeligt, hvis det ved en beregning kan eftervises, at der er en dagslysfaktor på 2 procent i halvdelen af rummet (længst væk fra vinduerne).

Dagslysstyringen kan enten være on/off eller kontinuerlig.

Anlægget bør samtidig zoneopdeles således at lysudsendelsen fra lyskilderne dæmpes mest i zoner med meget dagslys og mindre i zoner med mindre dagslys.

Kort fortalt om lysdioder

En lysdiode er en elektronisk halvlederchip, der udsender lys, når der sendes strøm igennem den

Lysdioder udsender et meget koncentreret eller fokuseret lys

LED-pærer består af flere små lysdioder

En enkelt lysdiodechip er typisk på ca. 0,5 · 0,5 mm

En enkelt lysdiodechip har typisk en effekt på 1 - 2 Watt

En lysdiode er en ekstrem punktformet lyskilde

Spændingen over en lysdiode er ofte kun 1 - 2 – 3 Volt

I Danmark markedsføres pt. op mod 150 forskellige fabrikater/typer LED-pærer

På verdensplan er der mere 4000 producenter af LED-lyskilder – heraf mere end 95 % i Asien

Montage

Eksisterende installation

Det eksisterende belysningsanlæg nedtages. Nedtagningen skal foretages af en autoriseret elinstallatør.

Ny installation

Det nye belysningsanlæg opsættes og idriftsættes af en autoriseret elinstallatør.

Hele belysningsanlægget skal udføres, så det lever op til gældende regler i forskrifter som er relevante for belysningsanlæg, herunder Bygningsreglementet (BR18), DS/EN 12464-1 Lys og belysning – Belysning ved arbejdspladser – Del 1: Indendørs arbejdspladser sammen med DS/EN 12464-1 DK NA.

Bemærk endvidere, at anlægget skal overholde Arbejdstilsynets krav til kunstig belysning på faste arbejdssteder jf. At-vejledning A.1.5-1. Belysningsanlægget skal endvidere overholde Arbejdstilsynets krav til indeklima jf. At-vejledning A.1.2 "Vejledning om de hyppigste årsager til indeklimagener samt mulige løsninger".

Anlægget skal endvidere opfylde EMC-direktivets emissions- og immunitetskrav. Dette EU-direktiv henviser til de europæiske produktnormer EN-55015 (elektromagnetisk forstyrrelse fra et lysarmatur) og EN-61547 (et belysningsarmaturs immunitet over for elektromagnetisk forstyrrelse udefra).

Installatøren skal følge fabrikantens installations- og monteringsanvisninger.

Installatøren skal endvidere støtte sig til de råd og anvisninger, som findes i gældende lovgivning på området.

Belysningsanlæggets bruger skal have overleveret en fyldestgørende dokumentation inklusiv installationstegninger. Dokumentationen skal blandt andet indeholde information om valgte armaturer og lyskilder samt placering af disse. Endvidere skal den indeholde information om de valgte styrings- og reguleringskomponenter. Endelig skal den indeholde lysberegninger der viser, at anlægget lever op til kravene.

Funktionsafprøvning

I henhold til Bygningsreglementet kap 18 § 384 skal der gennemføres en funktionsafprøvning af belysningsanlæg før ibrugtagning.

Funktionsafprøvningen skal påvise om belysningsanlægget overholder Bygningsreglementets krav til belysningsstyrke samt at dagslysstyring, bevægelsesmeldere og zoneopdeling fungerer efter hensigten.

Belysningsanlæg skal passes og vedligeholdes for at fungere korrekt. Dette gælder også den tilhørende automatik, der styrer og regulerer belysningen.

Det ses dog ofte, at disse belysningsanlæg ikke drives og vedligeholdes efter forskrifterne fra leverandøren eller installatøren, hvilket ofte medfører ringe belysningskomfort for bygningens brugere og højere energiforbrug end nødvendigt.

Det er ikke ualmindeligt, at lyskildernes lysnedgang over tid, samt tilsmudsning af lyskilder og armaturer kan reducere lysafgivelse med 20 %. Det er derfor vigtigt, at armaturer og lyskilder rengøres regelmæssigt.

Belysningsanlægget bør mindst rengøres, når belysningsniveauet er reduceret til kravet til belysningsstyrken i DS/EN 12464-1.

Vedligeholdes belysningsanlægget ikke, er det nødvendigt at overdimensionere dette, dersom et givet lysniveau skal holdes. Dette kan medføre øget energiforbrug.

Det er endvidere vigtigt vinduer rengøres regelmæssigt, da beskidte vinduer reducerer dagslysindfaldet – og dermed effektiviteten af dagslysstyring.

Endelig er det vigtigt, at automatikken løbende bliver tjekket, dvs. om styringerne fungerer i praksis. Dette kan f.eks. undersøges ved en gå en runde i bygningen om aftenen eller natten.