



Renovering af belysningsanlæg

Gamle og udtjente belysningsanlæg er ofte dyre i drift. Der er typisk både høje energiudgifter og store omkostninger forbundet med at vedligeholde og driftssikre et udtjent anlæg. Desuden kan det være både vanskeligt og besværligt at skaffe reservedele til ældre anlæg.

Der kan med andre ord være mange gode grunde til at investere i et nyt belysningsanlæg.

Anbefaling til belysningsanlæg

Videncenter for Energibesparelser i Bygninger anbefaler at udskifte gamle og udtjente belysningsanlæg i kontorbygninger. Lyskilderne i det nye belysningsanlæg skal leve op til nedenstående krav:

Minimum

Anlæg	Effektivitet [lm/W]
Almenbelysning	50
Effektbelysning	15

Lavenergi

Anlæg	Effektivitet [lm/W]
Almenbelysning	90
Effektbelysning	50

Videncenter for Energibesparelser i Bygninger anbefaler endvidere:

- At belysningsanlægget forsynes med automatisk dagslysstyring, hvis der er betydeligt dagslysindfald
- At belysningsanlægget forsynes med bevægelsesmeldere
- At belysningsanlægget opdeles i zoner med mulighed for benyttelse efter dagslysforhold og aktiviteter

Minimumskravet til lyskilderne i det nye belysningsanlæg samt anbefalingerne vedr. styring af anlægget, svarer til kravene i Bygningsreglementet (BR18).

Fordele

- Bedre økonomi pga. lyskilder med højere virkningsgrader samt mere effektiv styring og regulering og dermed lavere elregning
- Lavere vedligeholdelsesomkostninger
- Større brugertilfredshed
- Lavere CO₂-udledning

Armatur før



Armatur efter



Energibesparelse

Energibesparelsen ved udskiftning af et belysningsanlæg afhænger af:

- Antallet af armaturer
- Antallet af lyskilder pr. armatur
- Lyskildens effekt målt i W (aflæses på lyskilden)
- Tab i 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.

Tabet i forkoblingsenheden 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.

Det vil sige, at ældre armatur (fra før 2006) med et 58 W lysstofrør optager ca. 70 W ($1,2 \cdot 58$ W).

	Konventionel mekanisk forkobling (glimtænder)	Nyere mekanisk forkobling (glimtænder)	Elektronisk forkobling	Elektronisk forkobling (dæmpbar)
	EEI Class C eller D (klasser benyttes ikke mere)	EEI Class B1 eller B2 (middel)	EEI Class A2 eller A3 (middel)	EEI Class A1
	Armaturer før 2006			
	Tab [%]	Tab [%]	Tab [%]	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	3
35 W T5-lysstofrør	-	-	16	20
54 W T5-lysstofrør	-	-	14	17

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

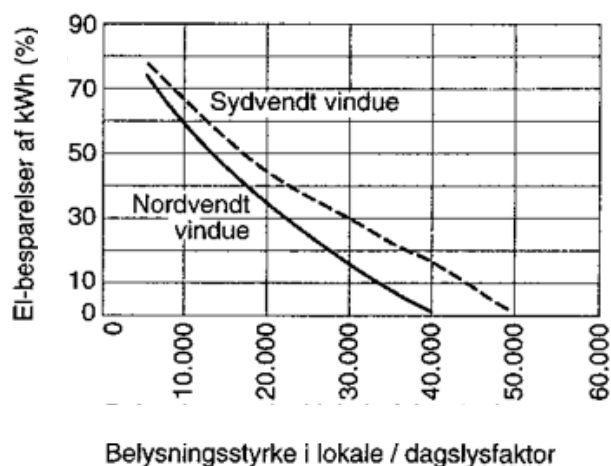
Typisk vil belysningsanlægget være forsynet med bevægelsesmeldere, som afbryder anlægget, når der ikke er nogen personer til stede.

Hvis der er installeret bevægelsesmeldere, vil det være muligt at vurdere i hvilket tidsrum anlægget er i drift.

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).

On/off regulering

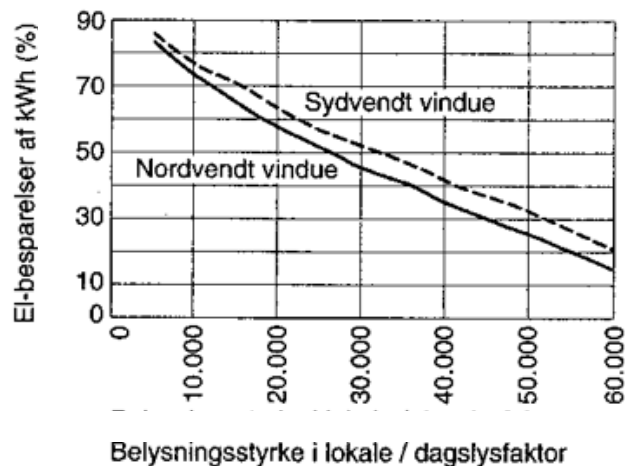
Den simpleste regulering er en automatisk tænd/sluk funktion af belysningen ved hjælp af en lyssensor. Lys-sensoren sørger for, at belysningsanlægget ikke tændes, hvis dagslysniveauet er tilstrækkeligt højt.



Elbesparelser ved on/off regulering af belysningen

Kontinuerlig regulering

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.



Elbesparelser ved kontinuert regulering af belysningen

For at beregne elbesparelsen ved at anvende af en af de to reguleringsformer kan ovenstående figurer anvendes. Forholdet mellem kravet til middelbelysningsstyrken og dagslysfaktoren skal kendes. Endvidere skal der foretages beregninger i forhold til enten sydvendte eller nordvendte vinduer.

Elbesparelsen i procent findes på y-aksen.

Endelig kan belysningsanlægget opdeles i zoner med mulighed for at benytte det efter dagslysforhold og aktiviteter.

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

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

Eksempel

I en kontorbygning med nord- og sydvendte vinduer er installeret et belysningsanlæg med kontinuerlig regulering, dvs. regulering af belysningen efter dagslysniveauet.

Kravet til middelbelysningsstyrke er 300 lux og dagslysfaktoren er beregnet til 0,75 % (0,075).

Forholdet mellem disse to størrelser er således 40.000. I figuren til højre ses, at der kan opnås en besparelse på 40 %.

Se endvidere afsnittet "Eksempel på energibesparelse".

Eksempel på energibesparelse

Energibesparelsen ved udskiftning af et konkret anlæg fås ved at regne nedenstående eksempel igennem med faktiske data for det eksisterende og nye anlæg. Altså skal dataene nedenfor erstattes med de konkrete tal for anlæggene, der undersøges.

Forudsætninger	En kontorbygning med nord- og sydvendte vinduer har installeret et ældre belysningsanlæg i kontorlokalerne. Anlægget består af 30 stk. armaturer for 4 x 18 W T8-lystofrør. Armaturerne er uden reflektorer og med gitre, som "stjæler" en stor del af lyset. Effekttaget 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. Effekttaget for de 30 stk. armaturer er ca. 0,8 kW. Anlægget er med kontinuerlig regulering, dvs. regulering af belysningen efter dagslysniveauet. Kravet til middelbelysningsstyrke er 300 lux, og dagslysfaktoren er beregnet til 0,75 % (0,075). Forholdet mellem disse to størrelser er således 40.000. Driftstiden er fra kl. 6.00 - 18.00 fem dage pr. uge. Fjernvarmepris: 0,5 kr./kWh Elpris: 2,70 kr./kWh Bemærk, at fjernvarme- og elprisen ændrer sig løbende.		
Årlig energibesparelse kWh	Elforbrug til eksisterende belysningsanlæg Elforbrug til nyt belysningsanlæg Elbesparelse Elbesparelse ved dagslysstyring (ca. 40 %, jf. figur på side 3) Samlet elbesparelse Varmetilskud (40 % fratrækkes) Besparelse 7.600 kWh - 3.000 kWh =	8.900 kWh 2.200 kWh 6.700 kWh 900 kWh 7.600 kWh 3.000 kWh 4.600 kWh	
Årlig økonomisk besparelse kr.	Besparelse, el 7.600 kWh x 2,70 kr./kWh = Omkostninger til varmetilskud 3.000 kWh x 0,5 kr./kWh = Besparelse 20.520 kr. - 1.500 kr. =	20.520 kr. 1.500 kr. 19.020 kr.	
Årlig CO₂-besparelse kg	CO₂-besparelse, el 7.600 kWh x 0,211 kg/kWh = CO₂-tillæg, varme 3.000 kWh x 0,072 kg/kWh = Besparelse i kg 1.718 kg - 258 kg =	1.604 kg 216 kg 1.388 kg 1,4 tons	

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højest for nye kedler)

Energipriser

I denne energiløsning er der benyttet gennemsnitlige energipriser fra energiprisstatistikkerne fra Forsynings-tilsynet for 4. kvartal 2021. Det er hensigtsmæssigt altid at beregne energibesparelser med en gennemsnitlig energipris over en længere periode, ikke med den aktuelle dagspris, da energipriserne svinger.

Udførelse

Dimensionering

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 et 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, fx enkeltmandskontorer, kan kravet fraviges.

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

Hvor?	Middelbelysningsstyrke på arbejdsplanet, E_{mid} [lux]	Regelmæssighed, U_0
Kontorarbejde		
• Opgaveområde (på synsobjektet)	500	0,60
• I nærområdet (over ½ m fra synsobjektet)	300	0,40

Belysningsstyrken er et mål for, hvor meget lys der pr. arealenhed rammer en belyst flade. Belysningsstyrken måles i lux.

Regelmæssigheden af belysningen U_0 defineres som minimums belysningsstyrken E_{min} , i forhold til middelbelysningsstyrken, E_{mid} .

Som det ses kræves der 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.

Ved dimensionering af et belysningsanlæg, bør der benyttes et program til belysningsberegning. Et eksempel på dette er FABA Light, som er elbranchens uafhængige program til belysningsberegning, som afspejler gældende lovgivning og normer.

De fleste armaturproducenter og -leverandører råder også over selvstændige programmer til belysningsberegninger.

Som det ses i tabellen på næste side kan de typisk anvendte lyskilder i belysningsanlæg til kontorer leve op til kravene.

T5-lystofrør og LED lyskilder (lysrør eller integreret i armatur) er dog de mest effektive og bør som udgangspunkt vælges.

Som det ses, kan disse lyskilder endvidere leve op til Videncentrets krav til et lavenergi belysningsanlæg.

Udførelse (fortsat)

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

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

Som minimum skal det være en lysstyring til automatisk tænd/sluk af belysningsanlægget. Denne type 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.

Dagslysfaktoren er et mål for, hvor meget dagslys der er indendørs i forhold til udendørs under fri himmel og uden sol.

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, så lysudsendelsen fra lyskilderne dæmpes mest i zoner med meget dagslys og mindre i zoner med mindre dagslys.

Montage

Eksisterende installation

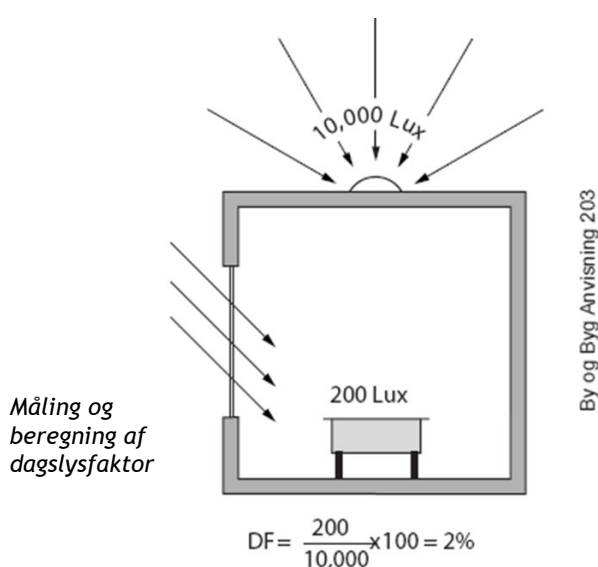
Det eksisterende belysningsanlæg nedtages. Nedtagningen skal foretages af en autoriseret elinstallatør.

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".



Udførelse (fortsat)

Funktionsafprøvning

Der skal gennemføres en funktionsafprøvning af belysningsanlæg før ibrugtagning. Funktionsafprøvnin-gen skal påvise, om belysningsanlægget overholder Bygningsreglementets krav til belysningsstyrke, samt at dagslysstyring, bevægelsesmeldere og zoneopde-ling fungerer efter hensigten.

Til formålet kan benyttes Videncentrets [vejledning om funktionsafprøvning af belysningsanlæg](#).

Service, vedligehold og eftersyn

Belysningsystemer skal passes og plejes for at fungere korrekt. Dette gælder også den tilhørende automatik der styrer og regulerer systemerne.

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

Tjekliste

Undersøg	Spørgsmål	Svar	Løsning
Driftstid	Afbrydes belysningsanlægget automatisk udenfor normal arbejdstid?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 1
Indretning af bygning	Er der mørke farver på vægge, lofter og gulve?	Ja [] Nej []	Hvis ja: se 2
Dagslys	Er der rigeligt dagslysindfald og udnyttes det?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 3
Zoneopdeling	Er belysningsanlægget zoneopdelt?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 4
Dokumentation	Findes der dokumentation for anlægget?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 5
Funktionsafprøvning	Er anlægget funktionsafprøvet?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 6
Drift og vedligehold	Vedligeholdes og rengøres anlægget?	Ja [] Nej []	Hvis nej: se 7

1. Driftstid

Der er en udbredt tendens til at lade lyset være tændt, også når der ikke er behov. Belysningsanlægget bør derfor være forsynet med bevægelsesmeldere, som afbryder anlægget, når der ikke er nogen personer til stede.

2. Omgivelser

Belysningsarmaturer skal være hensigtsmæssigt placeret, fx væk fra reoler eller steder, der skygger. Lokaler skal have passende reflektans på overflader, vægge, loft og gulv. Inventar bør være lyst (ikke helt hvidt) og have halvmatte eller matte overflader, hvilket giver en god udnyttelse af lyset, samtidig med at risikoen for blænding mindskes. Blanke overflader kan give ubehagelige spejlinger.

Møbleringen skal være placeret hensigtsmæssigt i forhold til belysning og dagslys. Hvis rummet har ændret anvendelse, kan der forekomme en dårlig sammenhæng mellem belysning, møblering og placering af arbejdspladser.

3. Dagslys

Dagslyset er vigtigt for menneskers velbefindende. Derfor foreskriver Arbejdstilsynets vejledninger og Bygningsreglementet (BR18), at arbejdsrum skal være velbelyste med dagslys.

Det er også økonomisk fordelagtigt at udnytte dagslyset. Selv om det ikke er muligt at styre dagslysets styrke, farve og retning, kan det alligevel udnyttes i døgnets lyse timer. Hvor store besparelser, der kan opnås ved at udnytte dagslyset, afhænger af dagslysfaktoren. Dagslysfaktoren angiver i procent hvor meget dagslys, der når ind i lokalet til en arbejdsplads. Dagslysfaktoren er vanskelig at beregne, idet der er mange parametre at tage hensyn til. Til gengæld er den let at måle.

Dagslysfaktoren beregnes på baggrund af målinger af belysningsstyrker med et luxmeter i lokalet og i det fri med en overskyet himmel (CIE-overskyet himmel). Ved målingen af belysningsstyrken indenfor skal al belysning være slukket.

Belysningsstyrken måles i repræsentative rum. For kontorlokaler måles belysningsstyrken på repræsentative arbejdspladser. Det vil oftest være på skrivebordspladen - eller hvad man ved almindeligt brug må forvente er arbejdspladser. Hvis der ikke kan udpeges en repræsentativ arbejdsplads, kan der foretages måling flere steder, og beregnes et vægtet gennemsnit.

4. Zoneopdeling

Det kan være hensigtsmæssigt at zoneopdele belysningsanlægget i et lokale med mulighed for at benytte det efter dagslysforhold og aktiviteter.

I henhold til Bygningsreglementet (BR18) er dette et krav ved nyanlæg.

5. Dokumentation

Belysningsanlæggets bruger skal have overleveret en fyldestgørende dokumentation inkl. 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, og om disse er indregulerede. Der bør foreligge en indreguleringsrapport.

Endelig skal den indeholde lysberegninger, der viser, at anlægget lever op til kravene i henhold til DS/EN 12464-1:2011. Disse bør være inkl. energiberegninger, som verificerer, at anlægget overholder myndighedskravene.

6. Funktionsafprøvning

Der skal gennemføres en funktionsafprøvning af belysningsanlægget før ibrugtagning. Læs mere om funktionsafprøvning på side 7.

7. Drift og vedligehold

Det er ikke ualmindeligt, at lyskildernes lysnedgang samt tilsmudsning af lyskilder og armaturer kan reducere lysudsendelsen på kontorer med 20 %.

Virksomhedens stempel og logo:

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.

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, da lysniveauet skal bevares.

Det er endvidere vigtigt, at vinduer rengøres regelmæssigt, da beskidte vinduer reducerer dagslysindfaldet - og dermed effektiviteten af dagslysstyring. Endelig er det vigtigt, at automatik løbende bliver tjekket, dvs., om styringerne fungerer i praksis. Dette kan fx undersøges ved en natrundring.

Yderligere information

Bygningsreglementet BR18
www.bygningsreglementet.dk

Ecodesignforordning (EF) nr. 245/2009 om miljøvenligt design af lysstofrør uden indbygget forkobling og højtryksdamplamper samt forkoblinger og armaturer hertil.

Ecodesignforordning (EF) nr. 1194/2012 om krav til miljøvenligt design af retningsbestemte lyskilder, LED-lyskilder og dertil hørende udstyr.

Ecodesignforordning (EF) nr. 874/2012 om energimærkning af elektriske lyskilder og lysarmaturer.

Danske standarder:

- DS/EN 12464-1:2021 Lys og belysning - Belysning ved arbejdspladser - Del 1: Indendørs arbejdspladser
- DS/EN 12464-1 DK NA:2015 Nationalt Anneks

Guides:

- CIE 97:2005 Maintenance of Indoor Electric Lighting Systems
- [Vejledning om funktionsafprøvning af belysningsanlæg i større bygninger](#), Videncenter for Energibesparelser i Bygninger

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger (VEB)

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.

Eller gå ind på hjemmesiden:
www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for energibesparelser i bygninger