



TEKNISKE SPECIFIKATIONER FOR INDENDØRS BELYSNING

SKOLER

Indledning

Denne tekniske specifikation er udarbejdet af NIRAS A/S til brug for projektet "Lighting Metropolis – Green Economy". Formålet er at sikre at kommunerne indenfor det konkrete anvendelsesområde opnår en energieffektiv belysning i høj kvalitet. Denne tekniske specifikation gælder for anvendelse i skolebygning og tilsvarende undervisningsbygninger, hvor der opstilles krav for forskellige rumtyper: Færdsel, undervisning, kontor, ophold, spiserum, køkken, velfærd og birum. Den tekniske specifikation skal anvendes i sammenhæng med vejledningen for etablering af indendørs belysningsanlæg, samt en række faktaark, disponeret med krav til 7 forskellige kvalitetsparametre samt kvalitetskrav til sundhedslys.

1. Generelle krav

I henhold til bygningsreglementets krav til elektrisk belysning (BR18 § 382 - § 384) skal arbejdsrum og fællesadgangsveje, med tilknyttet baderum og toiletter, forsynes med belysning, udført 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
- DS/EN 12193:2018: Lys og belysning – Sportsbelysning

Belysningen skal opdeles i zoner med mulighed for benyttelse efter dagslysforhold og aktiviteter. Kravet kan dog fraviges i mindre arbejdsrum. Kravene gælder også ved udskiftning af lysarmaturer.

I henhold til bygningsreglementets krav til energiforbrug (BR18 § 250 - § 298) skal *Et bygningsrelateret produkt, som er omfattet af en EU-forordning under Ecodesign-direktivet, overholde kravene i den relevante, gældende forordning på det tidspunkt, hvor produktet installeres i bygningen (§251 stk. 3).*

For LED-lyskilder og LED-armaturer er følgende Ecodesign-forordning gældende: [Kommissionens forordning \(EU\) nr. 1194/2012 af 12. december 2012](#) om gennemførelse af Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2009/125/EF for så vidt angår krav til miljøvenligt design af retningsbestemte lyskilder, LED- lyskilder og dertil hørende udstyr.

Denne Ecodesign-forordning står for at blive afløst af en revideret Ecodesign-forordning, som forventes at blive gældende fra d. 1. september 2021.

Arbejdstilsynets krav til belysning på arbejdspladser er beskrevet i:

- At-vejledning A.1.5-1 Vejledning om kunstig belysning på faste arbejdssteder.

I AT-vejledningen nævnes det at "*den kunstige belysning skal opsættes, så arbejde og færdsel kan foregå forsvarligt*", og man skal tage hensyn til følgende forhold:

- Hvor lyset kan tændes
- Hvor meget lys der skal være i rummet
- Hvor meget lys der skal være på selve arbejdsstedet
- Hvilken kvalitet lyset skal have
- Hvilken fordeling lyset skal have
- At belysningen ikke må blænde
- At belysningen ikke må give generende reflekser
- At belysningen ikke må afgive generende varme

Der skal udføres funktionsafprøvning af belysningen og den tilhørende lysstyring i henhold til bygningsreglementets vejledning (BR18 § 250, Vejledning om funktionsafprøvning pkt. 4.0 – 4.4). Det anbefales at funktionsafprøvningen udføres som angivet i Dansk Center for Lys *Branchevejledning for funktionsafprøvninger af belysningsanlæg indendørs*.

Elinstallationer for belysningsanlæg skal udføres i henhold *BEK nr. 1082 af 12/07/2016: Bekendtgørelse om sikkerhed for udførelse og drift af elektriske installationer* (installationsbekendtgørelsen), samt *DS/HD 69364-serien: Standardsamling til installationsbekendtgørelsen, del 1 og 2*.

2. Tekniske komponentkrav

Der skal stilles krav til lysarmaturer, lyskilder og lysstyringssystemer, som indgår i det samlede belysningsanlæg.

LYSARMATURER OG LYSKILDER

Alle relevante egenskaber beskrives i projektets armaturliste, hvor alle armaturtyper og armaturvarianter oplyses i skemaform.

Der er herunder oplyst de egenskaber som normalt vil indgå i en teknisk kravspecifikation for lysarmaturer og lyskilder. Der skal i det konkrete projekt vurderes i hvilket omfang egenskaberne skal anvendes - hvor præcist det enkelte lysarmatur skal beskrives og hvilke egenskaber der har en høj prioritet. Alle egenskaber fastlægges af den projekterende i samarbejde med kommunens/regionens projektleder. Det er væsentligt, at begrunde de enkelte valg af egenskaber.

Det skal vurderes om der til konkrete serier af belysningsarmaturer skal stilles krav om en [ENEC-certificering](#). ENEC-certificering ("European Norms Electrical Certification") er en certificeringsaftale for bl.a. belysningsudstyr, som er accepteret i hele Europa, viser produktet er certificeret af et af de nationale certificeringsinstitutter i Europa.

Lysarmaturer beskrives ved de:

- Mekaniske egenskaber
- Elektriske egenskaber
- Lystekniske egenskaber
- Design
- Miljømæssige egenskaber

Der er herunder nævnt kvalitetsparametre som bør beskrives i en samlet kravspecifikation for belysningsarmaturer.

Mekaniske egenskaber

Krav til følgende mekaniske forhold skal beskrives:

1. Materialer
 - a. Armaturhus: Plastmateriale (f.eks. PC – polykarbonat), metaltype (f.eks. trykstøbt aluminium) , overfladebehandling, farve, RF-syrefast, UV-beständig, semitransparent
 - b. Afskærmning: Plastmateriale, gitter, hærdet glas, opal, mikroprismatisk, asymmetrisk
 - c. Reflektor: Blank, semidiffus, diffus
 - d. Pendel, ophæng
 - e. Kapslingsklasse IPxx (oppefra, nedefra) – f.eks. IP21, IP44 eller IP67. Se DS/EN 60529+A1:2002
 - f. Vandalklasse IKxx – f.eks. IK10 – høj vandalklasse, anbefales i offentlige områder når lysarmaturerne er indenfor rækkevidde og der er risiko for vandalisme. Se DS/EN 50102-62262:1996
 - g. Maksimal overfladetemperatur. Forøget omgivelsestemperatur, udendørs brug, indbygning i isolering
 - h. Maksimal vægt
 - i. ATEX-områder. Anvendelse af lysarmaturer og installationer i Ex-klasse. F.eks. i områder med støv (som sløjd-lokaler) eller eksplosive gasser (som kemi-lokaler).
2. Montering
 - a. Indbygning. Lofttype, skinnetype. Planforsænket, halvforsænket
 - b. Vægmonteret
 - c. Nindhængt, wire
 - d. Serviceforhold
 - e. Tilledning, kvalitet, farve

Elektriske egenskaber

Krav til følgende emner skal beskrives:

1. Spænding, frekvens, strømforbrug. DC-drift
2. Beskyttelses mod indirekte berøring. Jording, dobbelt-isolering (kl. II)
3. Tilslutning. Gennemfortrådning. Stikforbindelse
4. Lysstyring og driverenhed. DALI, DALI2, DMX. Driverenhedens levetid og fejlfrekvens skal svare til kravene til LED-lyskilden

Lystekniske egenskaber

Kvalitetskrav til de lystekniske egenskaber for LED-belysning beskrives ved anvendelse af egenskaber som beskrevet i følgende DS/EN-standarder:

- DS/EN 62717:2017
- DS/EN 62722-1:2016
- DS/EN 62722-2-1:2016

Krav til de lystekniske egenskaber fremgår af respektive faktaark for henholdsvis:

- Energieffektivitet
- Farvetemperatur
- Farvegengivelse
- Flimmer
- Styring og regulering
- Blænding
- Holdbarhed og cirkulær økonomi
- Sundhedslys

Designkrav

Fastlægges som udgangspunkt af arkitekt eller lysdesigner, der skal beskrives krav til:

1. Form
2. Overflader
3. Materialer
4. Farver

Miljømæssige egenskaber

De miljømæssige egenskaber omfatter:

1. EMC-krav
Generelt skal lysarmaturer og lyskilder overholde EU's [EMC-direktiv \(Electromagnetic Compatibility \(EMC\) Directive\)](#). Overholdelse af EMC-direktivet skal sikre at der ikke optræder elektromagnetiske forstyrrelser, som kan resultere i fejlfunktioner og farlige.
2. Rengøring
Armaturoproducenten skal oplyse krav til rengøring af armaturer, herunder hvilke rengøringsmidler der kan anvendes. Kunden kan selv oplyse en rengøringsplan som belysningsanlægget vil indgå i.
3. Bortskaffelse, WEEE.
Lysarmaturer og lyskilder er omfattet af WEE-direktivet (Waste from Electrical and Electronic Equipment), i DK administreres det af [DPA-System](#) (Dansk Producentansvars-system). Det skal sikres at leverandøren er tilmeldt hos DPA-system.
4. Cradle-to-cradle behandling.

LYSSTYRINGSSYSTEMER

Der skal i alle rumtyper udføres lysstyringssystemer, der gennem en optimal behovsstyring sikrer et minimeret energiforbrug samt en høj brugertilfredshed og lyskomfort.

Driverenhedens levetid og fejlfrekvens skal svare til kravene til LED-lyskilden. Lysstyringsløsningen skal være velegnet til en given rumtype.

Der bør anvendes lysstyringssystemer baseret på anvendelse af en åben og tilgængelig software og protokol.

Lysstyringsdetektorer skal placeres optimalt i forhold til det enkelte lokales udformning, dagslysindfald, zoneinddeling og anvendelse i henhold til leverandørens anvisninger.

Belysningsanlægget skal opdeles i lysstyringszoner efter lokalets indretning og anvendelse. I lokaler med dagslystilgang skal belysningsanlægget være opdelt i passende zoner efter dagslysforholdene. Der projekteres med anvendelse af controllere med en passende overkapacitet, så der kan suppleres med flere sensorer.

Det skal vurderes i hvilke lokaletyper, lysstyringen skal opkobles på BMS/CTS, og skal udføres med central tidsstyring på de enkelte zoner.

I mindre ikke-arbejds- eller ikke-opholdsrum, birum, færdselsområder og velfærdsrum bør lysstyringsløsninger, som udgangspunkt, etableres som autonome systemer.

Der skal udarbejdes oplæg til entreprenørens D&V-ydelse, der sikrer at alle relevante oplysninger for driftsorganisationens overtagelse af anlægget foreligger, f.eks. produktblade og manualer på komponenter og komplette indreguleringsrapporter med endelig indstillingsværdier for alle parametre.

Krav til entreprenørens ydelser i forbindelse med proces for og test af aflevering og idriftsættelse skal beskrives

Lysstyringssystemerne skal inden ibrugtagning indreguleres og indkøres. Indregulering af lysstyringen skal udføres i 2 tempi: En foreløbig indregulering inden aflevering af anlægget, og en endelig indregulering efter at lokalet er møbleret og taget i brug.

Entreprenøren skal levere en brugervejledning, udarbejdet på grundlag af et oplæg udarbejdet af kommunens/regionens rådgiver. Det er vigtigt for brugerens accept, at der er udført en god brugervejledning skrevet til den enkelte slutbruger.

Vejledningen skal:

- Være skrevet i et let forståeligt sprog – ingen teknisk prøve!
- Beskrive det lokale systems komponenter
- Beskrive de automatiske funktioner
- Fortælle om brugerens muligheder for overstyring
- Oplyse om muligheder for henvendelse til en teknisk kontaktperson

Brugervejledningen må gerne benytte grafik og tegninger – det fremmer budskabet! Brugervejledningen bør formuleres på et tidligt tidspunkt i processen - meget gerne parallelt med at styringens funktionsbeskrivelse udarbejdes.

Formuleringen kan efterfølgende anvendes som et oplæg til den endelige brugervejledning for den konkrete lysstyring.

Man skal betragte brugervejledningen og funktionsbeskrivelsen som to udgaver af samme budskab - skrevet til to forskellige målgrupper. Brugervejledningen til slutbrugeren skal ikke forveksles med vejledningen til driftspersonalet. Den tekniske vejledning skal stadig indgå i det samlede drifts - og vedligeholdelsesmateriale.

3. Specifikke applikationskrav

Der bør generelt vælges differentieret belysningsløsninger med fokus med belysning af vertikale flader og gode blændingsforhold. Der skal være fokus på en høj robusthed for de valgte komponenter.

I valg af belysningsløsninger skal der tænkes flere scenarier ind, herunder aften-scenarier og voksenundervisning.

Det skal vurderes om der i skolens **færdselsområder, velfærdsområder, undervisningsområder, kontorområder, opholdsområder og spiserum** skal etableres sundhedslys, udført som dynamisk belysning med Kelvin-change.

Ved placeringer af tilstedeværelsesdetektorer skal der være fokus på fuld detektering i lav højde, så der også opnås registrering af de yngre årgange.

Rumtype Færdsel

Belysningen skal være så ensartet, at man kan bevæge sig sikkert rundt uden der optræder mørke områder. En blanding af diffus belysning og nedadrettet lys skaber en god rumopfattelse, ansigtsgenkendelse og formtegning (så man f.eks. ser trinene godt).

Lysstyringen udføres som bevægelsesdetektering med automatisk tænd ved detektering ved at fastsat lux-niveau, og automatisk sluk efter en fastsat periode uden detektering. Udføres belysningen med dæmpbare lysarmaturer skal lysstyringen udføres med "korridorfunktion": Efter udløb af en fastsat periode dæmpes belysningen til et lavt niveau, hvis der herefter ikke registreres bevægelse i yderligere en indstillelig periode, slukkes lyset.

Rumtype Undervisning

Der skal være fokus på følgende kvalitetsparametre: Aktivitetsbaserede belysnings-scenarier, belysning som understøtter læringsformen, høj belysningskomfort, differentieret belysning, belysning af vertikale flader og intuitiv anvendt lysstyringssystem. Belysningsløsningen skal kunne anvendes i flere forskellige bordopstillinger.

Ved valg af tavlearmaturer skal der sikres løsninger der ikke skaber blændingsproblemer og sikrer en ensartet belysning af hele tavlen. Belysningen skal udføres differentieret så der sikres gode synsforhold ved almindelige tavle-undervisning og ved anvendelse af projektor/smartboard.

Lysstyringssystemet skal udføres med belysnings-scenarier, som både omfatter en standard-styring med dagslysregulering og sær-scenarier med flere løsninger, herunder projektor-undervisning. Lysstyringssystemet skal være med manuel lystænding og automatisk sluk efter en fastsat periode uden detektering.

Rumtype Kontor

Arbejdsområder bør belyses med en blanding af almen belysning og arbejdslamper. Belysningen skal omfatte elementer til belysning af vertikale flader og evt. reoler. Den almene belysning skal disponeres for en god regelmæssighed. Belysningen projekteres efter DS/EN 12464-1 DK NA 4.3.3 alternativ B, eller tilsvarende EN12464-1 norm.

Det anbefales at vælge løsninger for den almene belysning som både indeholder direkte og indirekte belysning, generelt bør man undgå LED-paneler.

I arbejdsrum skal lysstyringen udføres med manuel tænding og automatisk sluk efter en fastsat periode uden detektering. I større rum opdeles belysningen i zoner, med indbyrdes nabostyring (dæmpet niveau i zoner uden aktivitet). Lysstyringen skal være med mulighed for manuel indgriben og overstyring, med reset efter en periode uden detektering.

Rumtype Ophold

Det kan være hensigtsmæssigt at installere to eller flere uafhængige belysnings-systemer, f.eks. et lysanlæg til fællessamling, eksamen og rengøring samt et andet til teater, musik og anden optræden. Almenbelysningen skal kunne dæmpes, så man kan anvende forskellige belysningsstyrker under præsentationer, rundbordssamtale og i pauser.

Lysstyringen skal udføres med scenariestylinger efter rummets anvendelse og møbelopstillinger, inklusive scenarie for rengøring. Betjeningspaneler skal placeres så de kun er tilgængelige for personalet.

Rumtype Spiserum

Der bør etableres en justérbar og fleksibel lofts-belysning med særlig gode farvegengivelsesegenskaber til forskellig belysningsstyrke og belysnings-scenarier i frokostpauser, fællesmøder, uddannelse, festligheder og rengøring. Såfremt der anvendes pendelløsninger er det en fordel, hvis pendler kan hæves eller fjernes under nogle aktiviteter.

Brug af horisontal belysning med lav belysningsstyrke sammen med vertikal belysning (vægge, møbler og døre) samt bordlamper eller pendler skaber en god atmosfære og hygge. Kunst på væggene bør belyses af dedikerede armaturer. I buffetområder anbefales en direkte og høj belysningsstyrke, så man kan se maden ordentlig. Høj farvegengivelse sikrer at maden opfattes korrekt og skaber velvære.

Lysstyringen skal udføres med scenariestylinger efter rummets anvendelse og møbelopstillinger, inklusive scenarie for rengøring. Betjeningspaneler skal placeres så de kun er tilgængelige for personalet.

Rumtype Køkken

Belysningen skal udføres med hygiejne-armaturer, planforsænket i modullofter når det er muligt. Belysningen skal disponeres så der opnås en jævn belysning, på færdigselsarealer, arbejdsborde og på reoler. Der skal være fokus på placering af lysarmaturer ved arbejdspladser langs vægge, så der ikke optræder skygger. Ved arbejdsborde under overskabe bør der suppleres med lysarmaturer under overskabe.

I større køkkener som produktionskøkkener udføres der manuel lystænding, i mindre køkkener som tekøkkener kan der udføres lystænding med tilstedeværelsesdetektor og automatisk tænd/sluk.

Rumtype Velfærd

Der skal være en jævn belysning i alle velfærdsrum, uden skyggedannelser ved håndvaske, WC og spejle. Ved spejle skal der være belysning som sikrer en god vertikal belysning foran spejlet. Ved anvendelse af downlights skal der anvendes armaturer med gode afblændingsegenskaber.

I baderum skal der anvendes lysarmaturer i tæthedsklasse min. IP44.

Der udføres lystænding med tilstedeværelsesdetektorer og automatisk tænd/sluk. I toiletgruppe skal lysstyringssystemet udføres med master/slave-styring mellem toiletforrum og de enkelte WC-rum.

Rumtype Birum

Birum udføres med en jævn belysning, disponeret efter den konkrete møblering. I birum med reoler og skabe skal belysningen disponeret, så der sikres en god vertikal belysning på reoler og skabsfronter.

I birum som kopirum, arkivrum og depotrum udføres der lystænding med tilstedeværelsesdetektor og automatisk tænd/sluk. I birum som teknikrum udføres der manuel lystænding.

Rumtype Sport

Ved valg af lysarmaturer skal der være fokus på høj sikkerhed og robusthed. Der skal vælges lysarmaturer der er testet med "boldtest" iht. VDE-testen i DIN 57710-del 13.

Armaturplaceringer skal tage højde for blændingsproblematikker i forbindelse med bl.a. volleyball og basketball, jf. DS/EN 12193.

Der skal udføres lysstyring med scenariestylinger efter sportshallens anvendelse, inklusive scenarie for rengøring. Betjeningspaneler bør placeres så de er tilgængelige for hallens brugere, hvor brugere har adgang til udvalgte scenarier, f.eks. ved anvendelse af en nøgleafbryder på et betjeningspanel eller kode på en tablet, mens personalet har adgang til alle scenarier (master-adgang). Det anbefales som et scenarie at anvende tidsstyring af belysningen, hvor lyset slukkes på faste tider ud fra planen for anvendelse af sportshallen.

Belysningen i sportshallen skal indgå sikkerhedsbelysningsanlægget som "belysning af højrisikozoner", så der i forbindelse med sportsgrene som gymnastik og trampolin sikres et tilstrækkeligt belysningsniveau, jf. krav i DS/EN 1838 og DS/EN 12193.

4. Referencer

Listen med referencer omfatter relevante referencer for såvel denne kravspecifikation, samt for det tilknyttede faktaark a Energieffektivitet. Referencer for de øvrige faktaark (kvalitetskrav b – kvalitetskrav h), er noteret på det enkelte faktaark.

Denne kravspecifikation

- (DK) Bygningsreglementet BR18 Lys og udsyn (§ 377 - § 384)
- DS/EN 12464-1:2011 Lys og belysning – Belysning på indendørs arbejdspladser – Del 1: Indendørs arbejdspladser
- (i DK) DS/EN 12464-1 DK NA:2015 Nationalt annekts til Lys og belysning – Belysning på indendørs arbejdspladser – Del 1: Indendørs arbejdspladser
- DS/EN 12193:2018: Lys og belysning - Sportsbelysning
- Arbejdstilsynets At-vejledning A.1.5-1 Vejledning om kunstig belysning på faste arbejdssteder <https://amid.dk/regler/at-vejledninger/kunstig-belysning-a-1-5/>
- DS/EN 15193-1:2017 Bygningers energieffektivitet – Energikrav til belysning – Del 1: Specifikationer, Modul 9
- DS/EN 50102-62262:1996 Beskyttelsesgrader for kapslinger til elektrisk udstyr mod ydre mekaniske slag (IK-kode)
- DS/EN 60529+A1:2002 Kapslingsklasser (IP-kode)
- DS/EN 62717:2017: LED-moduler til almindelige belysningsformål – Krav til ydeevne
- DS/EN 62722-1:2016: Belysningsarmaturers ydeevne – Del 1: Generelle krav
- DS/EN 62722-2-1:2016: Belysningsarmaturers ydeevne – Del 2-1: Særlige krav til LED-belysningsarmaturer
- DS/ISO/CIE TS 22012:2019 Lys og belysning – Bestemmelse af vedligeholdsfaktor – Arbejdsmetode
- Dansk Center for Lys Branchevejledning [Funktionsafprøvning af belysningsanlæg indendørs](#)
- LMGE Indendørs belysning Faktaark med kvalitetskrav for rumtyper

Faktaark a Energieffektivitet

- Bygningsreglementet BR18 Lys og udsyn (§ 377 - § 384)
- DS/EN 12464-1:2011 Lys og belysning – Belysning på indendørs arbejdspladser – Del 1: Indendørs arbejdspladser
- (i DK) DS/EN 12464-1 DK NA:2015 Nationalt annekts til Lys og belysning – Belysning på indendørs arbejdspladser – Del 1: Indendørs arbejdspladser
- DS/EN 15193-1:2017 Bygningers energieffektivitet – Energikrav til belysning – Del 1: Specifikationer, Modul 9
- DS/EN 62717:2017: LED-moduler til almindelige belysningsformål – Krav til ydeevne
- DS/EN 62722-1:2016: Belysningsarmaturers ydeevne – Del 1: Generelle krav
- DS/EN 62722-2-1:2016: Belysningsarmaturers ydeevne – Del 2-1: Særlige krav til LED-belysningsarmaturer
- DS/ISO/CIE TS 22012:2019 Lys og belysning – Bestemmelse af vedligeholdsfaktor – Arbejdsmetode
- Dansk Center for Lys Branchevejledning: [Beregning af vedligeholdelsesfaktor \(Excel-applikation\)](#)