

HÅNDBOG
VEJBELYSNING
ANLÆG OG PLANLÆGNING

OKTOBER 2020
Høringsudgave

VEJREGLER

FORORD

Denne håndbog omhandler grundlag, erfaring og metoder samt lovkrav og anvisninger i forbindelse med planlægning og projektering samt drift og vedligeholdelse af vejbelysning.

Håndbogen er en opdatering af Håndbog Vejbelysning fra april 2015.

Følgende udbudsparadigmer er tilknyttet håndbogen:

Almindelige arbejdsbeskrivelser: AAB – Fælles for vejudstyr og AAB – Vejbelysningsmateriel

Særlig arbejdsbeskrivelse: SAB-P – Vejbelysning

For opdateret paradigme se Vejdirektoratets kvalitetsledelsessystem

<http://kls.vejdirektoratet.dk/DA/vejsektor/leverandoerportal/Kvalitetsledelsessystem/Inkoeb/Udbud-kontrahering/udbudsh%C3%A5ndbog/Sider/SAB-entreprise.aspx>

Håndbogen hører under vejregelgruppen Udstyr for veje og bygværker, der i perioden havde følgende sammensætning:

Adnan Özari, Danintra

Erik Vejsgaard Christensen, NCC Roads

Jakob Zeihlund, Focus Lighting

Jan Mortensen, Aalborg Kommune

Jesper Kristensen, Noroq

Marianne Hornuff, Københavns Kommune

Morten Skibstrup Nikolajsen, Hillerød Kommune

Tim Larsen, TL-Engineering

Michael Aakjer Nielsen, Vejdirektoratet (formand VRG Udstyr)

Kit Lærke Knudsen, Vejdirektoratet (VRG Udstyr)

Charlotte Sejr, Vejdirektoratet

Tina Jensen, Vejdirektoratet

Opdateringen af håndbogen er udført af en arbejdsgruppe bestående af:

Jakob Zeilund, Focus Lighting

Kai Sørensen, Konsulent

Marianne Hornuff, Københavns Kommune (indtil medio marts 2020)

Ole Kjærgård, Fredsted Consulting

Michael Aakjer Nielsen, Vejdirektoratet

Thomas Lind Hansen, Vejdirektoratet

Kit Lærke Knudsen, Vejdirektoratet

Væsentlige ændringer er beskrevet i afsnit 0.4.

Vejregelrådet blev i juli-august 2020 orienteret om udsendelse af håndbogen i offentlig høring.

Høringen fandt sted i perioden 12. oktober 2020 – 30. oktober 2020, hvorefter høringssvar er bearbejdet og indarbejdet i relevant omfang.

INDHOLDSFORTEGNELSE

0	INDLEDNING	5
0.1	Veje og anlæg, som er omfattede	5
0.2	Bindende bestemmelser og anbefalinger	5
0.3	Energi og miljø	5
0.4	Væsentlige ændringer	6
1	VEJ- OG GADEBELYSNINGENS BETYDNING	7
1.1	Belysningsens formål	7
1.2	Forhold, der har betydning i vejbelysning	9
2	PLANLÆGNING OG PROJEKTERING	11
2.1	Etablering og ændring af belysningsanlæg	11
2.2	Overordnet planlægning af vejbelysning	11
2.3	Projekt – indledende planlægning	12
2.4	Planlægning og projektering	13
2.5	Anlægsfase	15
2.6	Anlægsdokumentation og aflevering	15
2.7	Overdragelse til drift	16
3	FUNKTIONSKRAV OG LYTEKNIK	17
3.1	Belysningsklasser	17
3.2	Klasser for afskærmning	25
3.3	Klasser for blændingstal	26
3.4	Vejbelægnings lystekniske egenskaber	27
4	LYSTEKNISK PROJEKTERING	31
4.1	Grundlag	31
4.2	Veje, stier eller sidearealer	31
4.3	Arealer, der belyses til E- eller LE-klasser	32
4.4	Veje, som belyses til L-klasser	33
5	VALG VED ETABLERING AF BELYSNING	35
5.1	Bymæssige områder og åbent land	35
5.2	Op- og nedjustering af valg af belysningsklasse	35
5.3	Motor- og motortrafikveje	36
5.4	Trafikveje	39
5.5	Kryds	40
5.6	Rundkørsler	43
5.7	Lokalveje	48
5.8	Stier, fodgængerområder og -gader samt parkeringspladser	49
5.9	Fodgængerfelter	51
5.10	Stoppesteder og buslommer	53
5.11	Hastighedsdæmpende foranstaltninger	54
5.12	Sideanlæg mv.	54
5.13	Samkørselspladser, Parker & Rejs og busterminaler	56
5.14	Broer	57
5.15	Stitunneller	58
5.16	Vejunderføringer og vej-tunneller	59
5.17	Udformning af belysningsanlæg	63

6	STYRING OG DÆMPNING AF BELYSNING	69
6.1	Styring af tænd-/sluktider	69
6.2	Dæmpning af belysning	69
6.3	Tidsstyret dæmpning med ét trin	72
6.4	Tidsstyret dæmpning med flere trin (trappemodel)	74
6.5	Trafikstyret dæmpning med detektering af færdsel	76
6.6	Andre faktorer	77
7	VALG AF ANLÆGSTYPER	78
7.1	Generelle kriterier	78
7.2	Oversigt over anlægstyper	78
7.3	Anlægstyper	82
7.4	Sideanlæg mv.	99
8	MEKANISKE OG ELEKTRISKE FORHOLD	100
8.1	Generelt	100
8.2	Master og fundamenter	100
8.3	Beskyttelse mod mekaniske slag (IK-kode) og vibration	101
8.4	El installation til vejbelysning	102
9	DRIFT OG VEDLIGEHOLDELSE	105
9.1	Omfang af driftsopgaver	105
9.2	Kvalitetsniveau og D&V-aftale	105
9.3	Udbud, kontrakter og leveringsaftaler	106
9.4	Typiske levetider for forskelligt materiel	106
9.5	Udskiftningsstrategi for armaturer og lyskilder - punktudskiftning og serieudskiftning	107
9.6	Anlægs- og registreringsdatabase	108
10	TERMINOLOGI OG SYMBOLLISTE	110
10.1	Terminologi	110
10.2	Symbolliste	115

0 INDLEDNING

0.1 Veje og anlæg, som er omfattede

Håndbogen henvender sig til alle statslige og kommunale vejbestyrelser og omfatter alle veje under vejbestyrelsernes myndighedsområder i Danmark.

Håndbogen omfatter således alle veje, stier, pladser og byrum, hvor der er offentlig færdsel og adgang. Dette gælder såvel private veje og private fællesveje som offentlige veje. Tilhørende broer, tunneler samt andre særlige anlæg og bygværker er også omfattet.

Håndbogen omhandler belysningsanlæg, som etableres for at skabe tilpas gode synsforhold og komfort i mørketiden, så færdsel kan opretholdes med god trafiksikkerhed, tryghed og fremkommelighed.

Kravene i håndbogen gælder ved anlæg af nye vejbelysningsanlæg og større ændringer af eksisterende belysningsanlæg. Ved større ændringer forstås ændringer af anlæg, som er omfattet af regler for udbud.

0.2 Bindende bestemmelser og anbefalinger

Håndbogen indeholder bindende bestemmelser og anbefalinger.

De bindende bestemmelser for vejbelysning er fra cirkulære om vejbelysning

- Fodgængerfelter i bymæssige områder skal være belyst, enten af den normale vejbelysning eller af særskilt belysning.
- Signalregulerede kryds skal altid belyses med mindst belysningsklasse LE5,

og fra cirkulære om etablering af dobbeltrettede cykelstier

- Bomme ved afslutning af cykelstier skal være belyst

Øvrigt indhold har status af vejledning, anbefalinger og eksempler. Anbefalingerne er det hensigtsmæssigt at følge i forhold til at opretholde trafiksikkerhed, tryghed og fremkommelighed herunder tryghed over for kriminalitet. Eventuelle fravigelser bør begrundes.

0.3 Energi og miljø

Med vedtagelsen af EU's ECO-Design direktiv 2009/125/EF blev der stillet krav omkring energieffektivitet i lyskilder til brug i vejbelysningen. Forskellige lyskildetyper, bl.a. kviksløvluskilder blev udfaset, og der kom fokus på mulige energi- og CO₂-besparelser. Revisionen af håndbogen har fokus på dette med indførelse af LED i vejbelysning og de øvrige metoder, herunder dæmpning af belysningen, der kan reducere energiforbrug og dermed CO₂-udledningen.

Den danske vejbelysningspraksis hviler på overvejelser og erfaringer, som stammer tilbage fra 1970'erne, som var præget af energikrise. Det medførte særlige danske vejbelysningsregler, baseret på forholdsvis lave belysningsniveauer som minimumsbelysninger og at de danske veje er våde i store dele af den mørke tid – belysningen tager hensyn til den våde kørebane ved anvendelse af særlige optik. Disse principper fastholdes.

0.4 Væsentlige ændringer

Revision af håndbogen for Vejbelysning omfatter en opdatering af en række af den tidligere håndbogs afsnit og kapitler. Revisionen skyldes blandt andet som nævnt ovenfor indførelse af LED-teknologi i vejbelysning samt de øgede muligheder for dæmpning af anlæg.

Væsentlige opdateringer er:

- Indarbejdelse af belysningsklasser fra den Europæiske standard DS/EN 13201-2.
- Indførelse af G* afskærmningsklasser til erstatning af G-klasser. Dette er en mindre skærpelse
- Indførelse af hastighedsklasse Høj+
- Vejledning i placering af beregningsfelter og beregningspunkter for lystekniske beregninger
- Vejledning i fastlæggelse af vedligeholdelsesfaktor
- Retningslinjer for dæmpning af vejbelysningsanlæg
- Vejledning i belysning af nye vejtyper som fx supercykelstier
- Sammenskrivning af anbefalingerne for byområder og åbent land

1 VEJ- OG GADEBELYSNINGENS BETYDNING

1.1 Belysningens formål

I byområder er der i almindelighed behov for vejbelysning af hensyn til trafiksikkerhed, fremkommelighed og tryghed. Vejbelysningen kan desuden medvirke til at fremme borgernes brug af det offentlige rum og dermed kultur- og forretningslivet.

Langt det meste af vejnettet uden for byområder efterlades i mørke, idet vejbelysningen begrænses til at omfatte konfliktarealer, som signalregulerede kryds og rundkørsler, og enkelte andre arealer.

Belysningsanlæg fylder meget i bybilledet både, hvad angår størrelse og udbredelse i forhold til andet vejudstyr. Det er derfor vigtigt, at vejbelysningsanlæggene tilpasses vejen, byrummet og omgivelsernes arkitektur, så der opnås et harmonisk hele både set om dagen og med lyset tændt om natten.

Der stilles forskellige krav til vejbelysning afhængig af vejens funktionelle klassificering i trafikveje og lokalveje. For klassificering af vejtyper se "Håndbog i Trafikplanlægning i byer", 1. juli 2015.

På trafikveje afvikles trafikken med en relativt høj hastighed.

Uden for byområder må bilisterne klare sig med nærlyset, som imidlertid er utilstrækkeligt i byområder.

Vejbelysningen af trafikveje i byområder tjener til at give kørebanen en forholdsvis jævn luminans ("lyshed"), så den tegner vejens forløb overskueligt og danner baggrund for afmærkning på kørebanen, forhindringer eller personer, der eventuelt befinder sig på kørebanen.

Kørebanens luminans opstår i et samspil mellem belysningen og vejbelægningens refleksionsegenskaber. I afsnit 1.2.1 påpeges der væsentlige fordele ved brug af middellyse vejbelægninger.

Desuden tjener vejbelysningen til belysning af omgivelserne og arealer langs kørebanen, dels for at synliggøre andre trafikanter ved kørebanen, dels for at belyse fortove og cykelstier i umiddelbar nærhed af kørebanen. Lidt lys på de nedre dele af bygninger og omgivelser kan være hensigtsmæssigt, da lyset derved kan bidrage til at definere rummet og gøre det mere trygt at færdes i.

Belysning af nattehimlen (spildlys) bør begrænses, og der anvendes forholdsvis stærke krav til begrænsning af synsudsættende blænding fra belysningsanlæggets armaturer.

Vejbelysningen bør samordnes inden for sammenhængende områder. Det anbefales, at vejbestyrelser udarbejder en belysningsplan eller belysningsstrategi. Strategien er væsentlig for kommuner som et redskab, der sikrer sammenhæng i kommunens vejbelysning.

1.1.1 Konfliktzoner på trafikveje - kryds og rundkørsler

Ved større signalregulerede kryds og ved rundkørsler på trafikveje er der udvidede trafikarealer og komplicerede trafiksituationer. Der er behov for at se vognbaneforløb, kørebaneafmærkninger, personer og objekter i flere retninger, også i retninger skråt til siden, hvor køretøjets eget nærlys er

svagt. Synsbehovene tilgodeses med en regelmæssig og relativt høj belysningsstyrke på alle trafikarealer, mens sidearealer belyses som lokalveje og stier.

Signalregulerede kryds mellem trafikveje og rundkørsler belyses både i og uden for byområder. Det kan overvejes ikke at belyse rundkørsler i åbent land, og her skal trafikkompleksitet og antallet af cyklister og fodgængere i mørketimerne tages i betragtning.

1.1.2 Lokalveje, stier og pladser

På lokalveje skal belysningen tilgodegive fodgængere og cyklisters behov. Vejene er indrettet til lav hastighed og bilister har god nytte af nærløsets begrænsede rækkevidde. Fodgængere og cyklister har i højere grad brug for at kunne se enkeltheder og overfladestruktur i rumlige genstande, som fx andre personer eller vejens eller stiens overflade på kort afstand. Det gælder det samlede færdselsareal af kørebane, fortov, eventuelle rabatter, parkeringsarealer mv. Synsbehovene tilgodeses med halvrumlige belysningsstyrker med en vis regelmæssighed, og dette tager højde for belysning på både vandrette og lodrette flader.

1.1.3 Belysningskomfort

Belysningskomfort er foruden god synlighed også fravær af ubehagsblænding, som skyldes ”skarpe lyskilder” i synsfeltet nær de normale synsretninger. Fx kan visse armaturer virke ubehagelige, hvis deres luminans af det lysende areal set på afstand er høj. Dette beskrives ved hjælp af armaturblændingsstallet, som er en egenskab ved armaturets måde at frembringe og udsende lys på.

Regelmæssighed i belysningen på færdselsarealet er i sig selv komfortskabende. På trafikveje med høj hastighed er regelmæssighed på langs af vejen af betydning for komforten over lange strækninger.

1.1.4 Hensigtsmæssige belysningsniveauer

De belysningsniveauer for forskellige vejtyper og -forhold, som fremgår af afsnit 3, er valgt på baggrund af erfaringer. Niveauerne er valgt som anbefalede minimumsværdier, der er hensigtsmæssige set ud fra den netto nytteværdi, der opnås for samfundet. Fravigelse fra disse minimumsværdier skal være velbegrundede.

1.1.5 Tryghed

Belysning skaber tryghed for trafikanter og borgere. Belysning på sidearealer til trafikveje samt på lokalveje, stier og pladser sikrer borgernes almindelige aktivitet og trivsel og kan være med til at fremme øget aktivitet i byens rum og på byens pladser.

1.1.6 Dæmpning af belysning

Behovet for belysning afhænger af trafikintensitet og den oplevede tryghed. Derfor kan belysningen dæmpes i perioder, hvor trafikintensiteten er reduceret, hvis der ikke er særlige tryghedshensyn, der taler imod dette. Belysningsstyrken reduceres i trafiksvage perioder om aftenen og natten ved at dæmpe de enkelte armaturer uden, at regelmæssigheden reduceres tilsvarende.

Dæmpeperiodens længde og start-/sluttidspunkt er afhængig af vejens funktion, vigtighed og område. Natslukning af hvert andet armatur bør ikke ske, da belysningens regelmæssighed derved reduceres væsentligt, hvilket forringer synligheden af fx krydsende bløde trafikanter eller genstande på eller huller i fortov, cykelsti og kørebane. Belysningen i konfliktzoner dæmpes ikke. Hvor meget belysningen kan dæmpes og i hvilke perioder behandles i afsnit 6.

1.2 Forhold, der har betydning i vejbelysning

1.2.1 Vejbelægningens refleksionsegenskaber

Kørebanens luminans og dermed synligheden af kørebanen er afhængig af vejoverfladens refleksionsegenskaber. Når overfladen er et lyst materiale med en høj refleksion, bliver luminansen og synligheden højere, end det er tilfældet, når overfladen er et mørkt materiale med lav refleksion ved den samme belysning. Figur 1.1 illustrerer dette forhold.



Figur 1.1 En mindre trafikvej, hvor betydningen af vejoverfladens refleksion anskueliggøres. Det lyse materiale på midten af vejen er den oprindelige belægning, som har den tilsigtede luminans. På køresporene på hver side er belægningen repareret med mørkt materiale, der pga. lav refleksion har meget lavere luminans end tilsigtet. Synligheden af vejforløbet og eventuelle forhindringer er reduceret betydeligt ved de mørke belægninger i forhold til de lyse.

En lys vejoverflade udnyttes til at opnå den tilsigtede luminans med en begrænset mængde lys og dermed et begrænset energiforbrug.

Med baggrund i bl.a. betydelig dansk forskning i 1970'erne og 1980'erne er der således valgt, at vejoverflader udføres som middel lyse, hvilket normalt opnås ved tilslag af en vis mængde lyst stenmateriale til asfaltslidlag.

Med en middellys overflade spares ca. 30 % energi ved belysning i forhold til at projektere med en overflade med almindeligt mørkt materiale. Omvendt bliver luminansniveauet ca. 30 % for lavt, hvis vejoverfladen ikke udføres som forudsat ved projektering af belysningen.

Krav til vejoverfladers lystekniske egenskaber findes i afsnit 3.4.

1.2.2 Lyskilders egenskaber

I tidens løb har der været udviklet og anvendt mange typer af lyskilder til vejbelysning, som gaslamper, glødelamper, halogenglødelamper, lysstofrør, kompaktlysrør, kviksølvlamper, lavtryksnatriumlamper, højtryksnatriumlamper og metalhalogenlamper.

Generelt er ønskerne til en lyskilde:

- en behagelig lysfarve målt ved en farvetemperatur i grader Kelvin (K) og lysfarvens ægthed
- en god farvegengivelse målt ved et farvegengivelsesindeks R_A på en skala fra 0 til 100
- en høj effektivitet målt i lysudbytte (lumen/watt)
- en lang levetid
- små dimensioner af hensyn til optisk styring af lyset og begrænsning af armaturernes dimensioner
- mulighed for natreduktion
- lav grad af indvirken på fauna, flora og økosystemet (Rådets direktiv 92/43/EØF af 21. maj 1992 om bevaring af naturtyper samt vilde dyr og planter).

Som et eksempel har glødelamper en varm lysfarve og en særdeles god farvegengivelse, men er for længst udfaset på grund af en meget dårlig energieffektivitet og en urimelig kort levetid. Som et modstykke hertil har en højtryksnatriumlampe en høj effektivitet og en lang levetid, men en gullig lysfarve og en ringe farvegengivelse.

Flere lyskildetyper med dårlig energieffektivitet som glødelamper, kviksølvlys kilder og visse typer lysstofrør produceres og markedsføres ikke længere på grund af EU-regler.

I stedet har LED-lys kilder, som til dato er den lyskilde, der bedst kombinerer ønskerne, overtaget markedet og medført udfasning af stort set alle andre lyskilder til vejbelysning.

LED-lys kilder findes normalt som moduler, som hver rummer et antal LED-pakker. Det er almindeligt, at armaturer kan udstyres med forskellige moduler hvad angår lysfarve og farvegengivelse. LED-lys kilder kan fås standardiseret efter Zhaga bøgerne.

LED-lys kilder har typisk:

- farvetemperaturer på 3.000 K (varm hvid) eller 4.000 K (neutral hvid)
- farvegengivelse med R_A værdier på 70 eller 80 (tålelig til god farvegengivelse).

Der findes desuden LED-lys kilder med en endnu varmere lysfarve på 2.200 - 2.700 K.

I mange situationer vil det være naturligt at vælge LED-lys kilder med lav farvetemperatur, både for lysfarvens skyld og på grund af en lavere grad af indvirken på fauna, flora og økosystemer. Det vil også være naturligt at vælge LED-lys kilder med god farvegengivelse.

Imidlertid fører sådanne valg til en lavere effektivitet målt i lumen/Watt og dermed en højere omkostning til belysningen. Valget af typer af LED-lys kilder må derfor baseres på et kompromis, hvor vejtypen, omgivelserne og andre forhold tages i betragtning.

Se også afsnit 5.17.4.

2 PLANLÆGNING OG PROJEKTERING

2.1 Etablering og ændring af belysningsanlæg

Ved etablering af nye anlæg eller større ændringer af eksisterende anlæg udarbejdes vejbelysningsprojekt efter gældende regler.

Et eksisterende vejbelysningsanlæg ændres, hvis ét af følgende forhold er til stede:

Anlæggets energieffektivitet er for ringe

Anlægget er uøkonomisk i drift

Anlægget har for høj eller for lav belysningsklasse i forhold til den pågældende vej

Anlægget ikke er sikkerhedsmæssigt forsvarligt

Anlæggets optiske ledning virker vildledende på trafikanterne

Den type lyskilder, der anvendes i anlægget, er udfaset.

Der sker væsentlige ændringer i vejens geometri

Et belysningsanlæg ændres i øvrigt, når der foretages indgreb i anlægget af andre årsager, hvis anlægget har uheldige virkninger på det visuelle miljø, hvis det medfører væsentlige gener eller, hvis de omliggende arealer får ændret anvendelse.

Når antallet af trafikuheld i mørkeperioden er stort, må det undersøges, om årsagen hertil er en utilstrækkelig belysning. I så fald må denne forbedres.

Ved uøkonomiske anlæg forstås ringe teknisk udformning, uøkonomiske lyskilder, uhensigtsmæssig lysfordeling eller lignende.

Ved anlæg, der ikke er sikkerhedsmæssige forsvarlige forstås anlæg, hvor masteplaceringer er uheldige i forhold til sikkerhedszoner, eller hvor anlægget er mekanisk eller elektrisk nedslidt. Det kan være rustne master, anlæg uden fejlbeskyttelse (isolationsklasse 0) dårlige kabler og lignende.

Ved ændring af eksisterende anlæg bør den elektriske installation gennemgås, og installation kan ændres, så belysningen kan dæmpes i en del af driftstiden.

I det følgende gennemgås anbefalinger vedr. den overordnet planlægning af vejbelysningen samt indholdet i et projektforsløb. Afsnittet er udformet som en tjekliste, der kan bruges i projektforsløbet.

Et projektforsløb har typisk følgende overordnede faser:

- Indledende fase/afklaring af omfang
- Planlægning og projektering
- Anlægsfase
- Anlægsdokumentation og aflevering
- Overdragelse til drift.

2.2 Overordnet planlægning af vejbelysning

Det anbefales, at vejmyndigheden udarbejder en belysningsplan for vejbelysningen inden for sit geografiske område. Belysningsplanen skal fastlægge de ydre rammer og retningslinjer for belysningen og bør som minimum indeholde:

- Retningslinjer for teknisk og visuel udformning af nye anlæg inkl. overvejelser om anlæggenes visuelle fremtræden og indpasning i omgivelserne, både om dagen og i mørke (designmanual).
- Retningslinjer for ændring og renovering af eksisterende anlæg.
- Oversigt over de eksisterende anlæg inkl. en belyningsmæssig og sikkerhedsmæssig vurdering af kvaliteten af anlæggene, en vurdering af anlæggenes restlevetid samt en renoverings-/vedligeholdelsesplan.

Belysningsplanen bør også indeholde:

- Registrering af belysningsklasser for eksisterende anlæg
- Registrering af vejhierarki, så belysningsklasser følger vejens klassificering og vejens anvendelse
- Forslag til belysningsklasser for eksisterende og nye veje
- Løsningsforslag for standardveje, med anlægsudformning, mastehøjder og armaturvalg
- Retningslinjer for, hvordan anlæg opbygges elektrisk
- Retningslinjer for, hvordan belysningen styres og hvilke retningslinjer, der er gældende for eventuel reduktion af belysningen i den trafiksvage periode.

Desuden bør eventuelle retningslinjer for privat belysning (reklamer, forretningsvinduer, sikkerhedsbelysning, parkeringspladser mv.) overvejes.

2.3 Projekt – indledende planlægning

I den indledende fase fastlægges de overordnede krav og ønsker til belysningen og anlægget.

Den indledende planlægning omfatter i hovedtræk følgende aktiviteter:

- Fastlægge den nøjagtige afgrænsning af hvert område ud fra vejgeometri og tilgrænsende vejudstyr
- Indhente belysningsplan eller designmanual for det pågældende område samt evt. relevante trafiksikkerhedsplaner og lokalplaner
- Fastlægge vejtypen som trafikvej, lokalvej eller andet
- Fastlægge, om området ligger i by eller åbent land samt tilladte hastighedsgrænser
- Fastlægge belysningsklasse
- Fastlægge krav eller ønsker til anlægsudformning og valg af materieltype mv., herunder ønsker eller krav til:
 - anlægstype
 - anlægsgeometri
 - materiellets stil og design
 - mastetype, mastehøjder og -placering
 - masterarm eller anden monteringsform
 - lyskildetype, farvetemperatur og farvegengivelsesindeks
 - armaturtype.

Dette gøres på baggrund af de ovenstående planer, vejtypen m.m. Hvis der ikke foreligger overordnede planer, foretages en konkret vurdering af vejens beliggenhed, type, trafiktype, trafikintensitet, omgivelsernes arkitektur mv. for at fastlægge krav til belysningsklasse og anlæggets udformning.

I alle de ovennævnte punkter er der både tekniske, funktionelle og æstetiske problemstillinger og hertil kommer miljømæssige og økonomiske overvejelser. Punkterne er indbyrdes afhængige af hinanden, så valg og beslutninger kan ikke nødvendigvis foregå i nogen bestemt rækkefølge.

2.4 Planlægning og projektering

Projekteringen af belysningsanlæg omfatter typisk et projektforslag med efterfølgende myndighedsgodkendelse, inden den endelige detailprojektering igangsættes. Projektforslaget kan dog udelades afhængigt af projektets omfang og karakter.

Tilpasning af belysningsanlægget til det aktuelle sted eller strækning med tilhørende omgivelser er en vigtig og integreret del af planlægning og projektering.

2.4.1 Projektforslag

På baggrund af den indledende planlægnings fastlagte krav og ønsker til anlæggets udformning udarbejdes et projektforslag inkl. et økonomisk overslag.

Udarbejdelsen af projektforslaget omfatter i hovedtræk følgende aktiviteter:

- Indarbejde krav og ønsker fastsat i den indledende projektplanlægning
- Indhente grundlag for belysningsanlægget herunder:
 - Målfast plantegning med vejgeometri, afstribningsplaner, vejafvanding, placering af andet vejudstyr (fx placering af signalanlæg, vejtræer, evt. autoværn m.m.) og placering af skel
 - Eventuelle tværprofiler
 - Oplysninger om vejoverfladens refleksionsegenskaber
- Indhente oplysninger om eksisterende nærtliggende belysningsanlæg, herunder mastetype, -højde og -placering, lyskildetype, belysningsklasse, lysstyring samt el-tekniske forhold
- Indarbejde hensyn til fx lange transportere, modulvogntog (kørekurver), højspændingsmaster, fremmede ledninger i jord, jernbaneanlæg samt lufthavne
- Indarbejde hensyn til tilgængelighed og sikkerhed for fremtidige drifts- og vedligeholdelsesarbejder
- Valg af anlægsgeometri (ensidig, dobbeltsidig, zigzag, midterrabat, wire) samt valg af eventuelle kombimaster i sammenhæng med signalanlæg
- Valg af materiel, herunder valg af mastetype (type, evt. eftergivelig/ikke eftergivelige), valg af armaturudformning og -type samt valg af lyskildetype (type, farvegengivelse, farvetemperatur)
- Bestemme vedligeholdelsesfaktor og forudsætninger for denne
- Valg af tilslutningssted
- Valg af styringsprincip og eventuel natreduktion
- Indhente fotometriske datafiler til lystekniske beregninger
- Udarbejde lystekniske beregninger med henblik på at
 - fastlægge optiktype, mastehøjde og evt. armudlæg samt maksimal mastefastholdelse
 - dokumentere overholdelse af fastsatte lystekniske krav
 - kontrollere belysningsniveau og belysningsregelmæssighed i overgangzoner mellem projektområdet (entrepriseområdet) og tilstødende arealer (som ofte ligger uden for projektet/entreprisen)
- Udarbejde foreløbig projektplan (plantegning) med placering af belysningsanlægget og anlægsbeskrivelser, som danner grundlaget for bygherrens beslutning/godkendelse
- Udarbejde økonomisk overslag for etablering.

Det godkendte projektforslag danner grundlaget for den efterfølgende detailprojektering.

2.4.2 Detailprojekt

På baggrund af det godkendte projektforslag inkl. den lystekniske beregning udarbejdes der et detailprojekt. I detailprojektet fastlægges alle tekniske detaljer ved belysningsanlægget og det økonomiske overslag opdateres.

Udarbejdelse af detailprojekt omfatter i hovedtræk følgende aktiviteter:

- Indarbejde besluttede ændringer til projektforslaget
- Afklare grænseflader med eksisterende og fremtidige ledninger, herunder koordinering med ledningsejere og afvandingsprojekt for vejen
- Endeligt valg af anlægsgeometri (ensidig, dobbeltsidig, zigzag, wire) samt valg af eventuelle kombimaster i sammenhæng med signalanlæg
- Fastsatte terrænkategori (I, II, III eller IV) og referencevindhastighed (24 m/s eller 27 m/s) for lokaliteten for endeligt valg af mastekvalitet
- Endeligt valg af materiel, herunder valg af mastetype (type evt. eftergivelig/ikke eftergivelige), valg af armaturtype, valg af lydkildetype (type, farvegengivelse, farvetemperatur)
- Fastsatte endelige placeringer af master (inkl. hensyntagen til skel, udkørsler, stiudmundinger m.m.), fundamenter, rørunderføringer og kabelføringer
- Udarbejde endelig lysteknisk beregning med henblik på at
 - fastlægge optiktype, mastehøjde og evt. armudlæg samt masteafstande
 - dokumentere overholdelse af fastsatte krav
 - kontrollere belysningsniveau og belysningsregelmæssighed i overgangzoner mellem projektområdet (entrepriseområdet) og tilstødende arealer (som ofte ligger uden for projektet/entreprisen)
- Fastsatte tilslutningssted og placering af nyt vejbelysningsskab
- Fastlægge styringsprincip og natreduktion
- Dimensionering af kabelanlæg
- Udarbejde endeligt tegningsmateriale
- Opdatere økonomisk overslag.

Som en del af detailprojekteringen skal der ofte udarbejdes udbudsmateriale.

Til udarbejdelse af udbudsmaterialer kan der hentes inspiration i Vejdirektoratets standard paradigmer, som kan findes på Vejdirektoratets hjemmeside (se [Vejdirektoratet.dk](http://vejdirektoratet.dk) → Værktøjer → Kvalitetsledelsessystem → Indkøb → Udbud og kontrahering → Udbudshåndbog - Udbudsmateriale → Udbud af hoved-, stor- og fagentreprise).

2.4.3 Lysteknisk projektering og beregning

Den lystekniske projektering og beregning er nødvendig for vurderingen af belysningens kvalitet på den ene side og anlæggets omkostninger på den anden side.

Ved den lystekniske projektering optimeres og fastlægges det antal armaturer og master samt den lysstrøm og den effekt, som er nødvendig for at opfylde alle de opstillede krav fra den forudgående planlægning, særligt i forhold til belysningsklassen, men også i henhold til de visuelle, komfortmæssige og æstetiske krav.

Den lystekniske projektering skal dokumenteres og kontrolleres inden godkendelse, så der er overensstemmelse mellem beregningen og de faktiske forhold. Det skal sikres, at der er regnet på den korrekte geometri, de rigtige masteplaceringer, korrekt belysningsklasse, de korrekte armaturer m.m.

2.5 Anlægsfase

Efter indhentning af tilbud og kontraktskrivning skal anlægget etableres. Anlægsfasen består overordnet af godkendelse af materialer, projektopfølgning og tilsyn.

2.5.1 Godkendelse af materialer

Inden etableringen påbegyndes, skal entreprenøren dokumentere, at det tilbudte materiel overholder gældende lovgivning og alle de (i udbuddet) stillede krav, herunder bl.a. CE-mærkning.

Bygherre kan stille krav om, at der skal fremsendes dokumentation for de tilbudte armaturers egenskaber i form af kontrolmåling af armaturernes ydeevne, lysmængde, farvetemperatur, farvegengivelse og lysfordeling.

Den elektriske opbygning af eventuelt nyt vejbelysningsskab kontrolleres ved gennemgang af dokumentation på skabet.

2.5.2 Projektopfølgning

Hvis der under anlægsarbejderne opdages forhold i projektet, der virker uhensigtsmæssige, skal der udarbejdes forslag til projektændringer. Først når ændringerne er accepteret af bygherren, kan ændringen implementeres og igangsættes.

2.5.3 Fagtilsyn

Bygherrens entrepriserleder bør få nødvendig fagteknisk bistand under anlægsfasen, herunder ved eftersyns- og afleveringsforretning.

2.6 Anlægsdokumentation og aflevering

Efter endt etablering skal entreprenøren indsende "som udført" dokumentation til godkendelse af bygherre, og der skal afholdes afleveringsforretning.

2.6.1 Anlægsdokumentation

Udarbejdelse af anlægsdokumentation omfatter i hovedtræk følgende aktiviteter:

- Beskrivelser og tegninger tilrettes "som udført" med de eventuelle ændringer, som er opstået under anlægsarbejdet. Dokumentationen skal som minimum indeholde samme detaljeringsgrad som for detailprojektet.
Særligt skal fremgå:
 - Oplysninger om belysningsklasser og beregnede lystekniske parametre, herunder optiktype/optikindstilling
 - Vedligeholdelsesfaktor og de forudsætninger, den er baseret på
 - Oplysninger om komponenter (typer) og deres vedligeholdelsesprocedurer og levetider
 - Dokumentation for kortslutningssikring mv.
- Entreprenøren skal som minimum aflevere indmålte oplysninger for alle komponenter såsom master, kabler og rørunderføringer.

Bygherren vil ofte stille krav til dataregistrering og aflevering af data i særlige formater til indlæsning i bygherrens kortgrundlag og database samt til brug for fremtidig drift og LER-registeret.

Den opdaterede anlægsdokumentation overdrages, senest ved afleveringen, til bygherrens driftsorganisation til brug ved den fremtidige drift og vedligeholdelse.

2.6.2 Afleveringsforretning

Inden anlægget afleveres endeligt til bygherre, bør bygherren foretage en teknisk gennemgang for at sikre, at det nye anlæg opfylder alle de stillede krav, herunder verifikation, jf.

”Installationsbekendtgørelse”, BEK nr. 1082 af 12/07/2016.

Det kan være en fordel at gennemgå det nye anlæg med den driftsentreprenør, der skal overtage driften af anlægget.

2.7 Overdragelse til drift

Efter anlægsgennemgang kan modtaget anlægsdokumentation overdrages til driftsentreprenøren, og denne kan overtage driften fremover. Der kan være behov for at aftale håndtering af defekte armaturer/garantisager mellem bygherre, anlægssentreprenør og driftsentreprenør.

2.7.1 1-års og 5-års gennemgang

1 år efter aflevering gennemgås anlægget for opståede fejl i perioden fra aflevering.

1-års gennemgang kan laves af bygherre alene eller sammen med anlægssentreprenør. Eventuelle fejl og mangler meddeles anlægssentreprenøren for udbedring.

3 måneder inden 5 års fristen fra aflevering gennemgås anlægget for fejl og mangler opstået i perioden fra aflevering.

1-års gennemgang kan laves af bygherre alene eller sammen med anlægssentreprenør. Eventuelle fejl og mangler meddeles anlægssentreprenøren for udbedring.

2.7.2 Kontrolmåling af anlæg

Kontrolmåling af det færdigbyggede anlæg kan foretages som

- Kontrolmåling af armaturets lysfordeling hos et uvildigt institut
- Tredjeparts kontrol af belysningsberegninger ved gentagelse af beregningerne
- Simple lysmålinger på stedet ved brug af et luxmeter.

Kontrol ved simple lysmålinger består i at sammenligne målte og beregnede værdier af belysningsstyrken på vandret plan for et lille udvalg af punkter på det belyste areal.

De beregnede værdier skal svare til belysningsanlæggets tilstand - her skal vedligeholdelsesfaktoren være 1,00 for et nyt belysningsanlæg.

LE-klasse belysningsanlæg baseres på belysningsstyrker på vandret plan, hvorved projekteringsberegningen i sig selv resulterer i sådanne belysningsstyrker. For L- og E-klasse belysningsanlæg må der foreligge supplerende beregninger af belysningsstyrker på vandret plan.

Luxmeteret skal være kalibreret og have en tilstrækkelig følsomhed. Det placeres punkt for punkt, så luxmeterets målecelle ligger vandret og over punktet. Operatøren må undgå skygger for armaturernes belysning af målecellen og skal sørge for afskærmning af fremmed lys.

3 FUNKTIONSKRAV OG LYSTEKNIK

3.1 Belysningsklasser

Når det er besluttet at etablere eller ændre vejbelysning, fastlægges belysningens kvalitet ved valg af en belysningsklasse.

En belysningsklasse er kun overholdt, hvis alle delkravene til den enkelte belysningsklasse er opfyldt.

Valget af belysningsklasse sker med fokus på trafikanternes visuelle behov på forskellige vejtyper og omgivelser. Vejene eller færdselsarealerne opdeles på følgende typer:

Motorveje og motortrafikveje

Trafikveje

Kryds

Rundkørsler

Lokalveje

Stier, fortov, fodgængerområder/gader og parkeringspladser

Fodgængerfelter

Stoppe- og standsningssteder samt buslommer

Hastighedsdæmpende foranstaltninger

Sideanlæg

Broer

Stitunneller

Vejunderføringer og vej-tunneller.

Der skelnes mellem trafikveje og lokalveje i henhold til kriterierne i "Håndbog i Trafikplanlægning i byer", 1. juli 2015.

Ligeledes skelnes der mellem, om vejen eller færdselsarealet ligger i bymæssige områder eller åbent land.

Belysningsklassen specificerer, hvilke arealer på og ved vejen, der skal belyses og hvor meget. Dette angives ved hjælp af lystekniske parametre som luminans, belysningsstyrke og regelmæssighed.

De luminans- og belysningsniveauer for forskellige vejtyper og områder, som er beskrevet i det følgende, er minimumsværdier, der bør følges. Eventuelle fravigelser fra disse minimumsværdier bør kunne begrundes ud fra det hensigtsmæssige heri. Se i øvrigt afsnit 1.

Kravene til luminans og belysningsstyrke er driftsværdier.

Belysningsklasserne er opdelt i tre rækker: L-rækken, LE-rækken og E-rækken. Hertil kommer belysningsklasserne F1 og F2 for særskilt belysning af fodgængerfelter.

3.1.1 L-rækkens belysningsklasser

L-rækkens belysningsklasser anvendes på steder, der i det væsentlige belyses af hensyn til bilister, som har brug for at kunne orientere sig og opdage forhindringer og personer på lang afstand, dvs. på motorveje, motortrafikveje og trafikveje. L-rækken er opstillet på grundlag af luminanser på kørebanen.

Langsregelmæssigheden (R_L) har betydning for kørselskomforten, specielt ved høje hastigheder. For klasserne L1, L3 og L5, der anvendes på veje med høj hastighed, kræves derfor en relativt høj langsregelmæssighed. For de øvrige klasser L2, L4, L6, L7a og L7b kræves kun en relativt lav langsregelmæssighed.

Det laveste niveau af belysning findes i klasse L7b ($0,50 \text{ cd/m}^2$) og er tilstrækkeligt til at afbøde de værste virkninger af blænding fra modkørendes nærllys og til at sikre nogen synlighed af objekter og afmærkning på kørebanen samt af andre trafikanter. De højere niveauer i klasserne L7a ($0,75 \text{ cd/m}^2$), L5 og L6 ($1,00 \text{ cd/m}^2$), L3 og L4 ($1,50 \text{ cd/m}^2$) samt klasse L1 ($2,00 \text{ cd/m}^2$) giver gradvist bedre synsforhold.

Belysningsklasser i L-rækken		Motorveje og motortrafikveje ¹⁾			Trafikveje og motortrafikveje ¹⁾				
		L1	L3	L5	L2	L4	L6	L7a	L7b
Tør kørebane:									
Middelluminans, minimum, (driftsværdi)	$L_m, \text{ cd/m}^2$	2,00	1,50	1,00	2,00	1,50	1,00	0,75	0,50
Regelmæssighed, minimum	R	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Langsregelmæssighed, minimum	R_L	0,60	0,60	0,60	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Synsnedsættende blænding, maksimum	TI, %	7	7	7	7	7	7	7	7
Våd kørebane:									
Regelmæssighed, minimum	R	0,20	0,20	0,15	0,20	0,15	0,15	0,15	0,15
3,5 m langs kørebane:									
Belysningsklasse på de nærmeste 3,5 m langs kørebanen		E1	E1	E2	E1	E1	E2	E2	E2
¹⁾ Afhængig af motortrafikvejens udformning og trafiksituationens sværhedsgrad belyses disse enten som motorveje eller trafikveje.									

Figur 3.1 Krav til L-rækkens belysningsklasser.

3.1.2 LE-rækkens belysningsklasser

Også denne række er hovedsagelig beregnet for steder, der belyses af hensyn til bilister, men hvor luminansbegrebet ikke er praktisk anvendeligt. Dette gælder kryds, visse pladser og rundkørsler mv.

Også på disse steder er det luminanserne, der er afgørende for synsforholdene, men da synsretninger og synsafstande ofte er stærkt varierende, vil en dimensionering efter luminanser iht. de principper, som benyttes i L-rækken, være meningsløs. LE-rækken er derfor opstillet på grundlag af belysningsstyrker. LE-rækkens forskrifter for belysning vil imidlertid, i forbindelse med krav til vejbelægningsrefleksionsegenskaber (se afsnit 1.2.1), give rimelig sikkerhed for, at også luminanserne er tilfredsstillende.

Begrænsning af synsnedsættende blænding må ske gennem krav til afskærmning af armaturerne, se afsnit 3.22.

Niveauer og synsbetingelser svarer nogenlunde til de niveauer, som er i L-rækkens belysningsklasser:

LE5b svarer til L7b

LE5a svarer til L7a

LE4 svarer til L5 og L6

LE3 svarer til L3 og L4

LE2 svarer til L1 og L2

LE1 giver endnu højere niveau.

Belysningsklasser i LE-rækken		LE1	LE2	LE3	LE4	LE5a	LE5b
Belysningsstyrker på kørebanen:							
Middelbelysningsstyrke, minimum, (driftsværdi)	E _m , lux	50	30	20	15	10	7,5
Regelmæssighed, minimum	R	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Afskærmning af armaturer		Se afsnit 3.2					
Belysningsklasse på de nærmeste 3,5 m langs kørebanen ¹⁾		E1	E1	E1	E2	E2	E2
1) Ved belysning af rundkørsler belyses de yderste 3,5 m af midterøen altid svarende til klasse E1.							

Figur 3.2 Krav til LE-rækkens belysningsklasser.

3.1.3 E-rækkens belysningsklasser

E-rækkens belysningsklasser anvendes på steder, der i det væsentlige belyses af hensyn til fodgængere og cyklister. Disse trafikanter har i højere grad brug for at kunne se enkeltheder og overfladestruktur i rumlige genstande, som fx andre personer, fortovskanter, vejbump, gadeinventar samt vejens eller stiens overflade på kort afstand.

E-rækken er derfor opstillet med halvrumlige belysningsstyrker, der giver et bedre indtryk af lysets evne til at fremhæve rumlig struktur end belysningsstyrken på vandret plan.

E-rækkens belysningsklasser anvendes på lokalveje, stier, parkeringspladser m.v. som anført i *Figur 3.3 Krav til E-rækkens belysningsklasser*. Her gælder E-rækkens belysningsklasser for færdselsarealet som helhed, dvs. både vejbane, cykelsti, fortov og øvrige sidearealer.

Hvis parkeringspladser og andre arealer har karakter af arbejdsplads, henvises til DS/EN 12464-2.

Denne version af håndbogen rummer ”+” udgaver af klasserne E1 og E2. Betegnet som E1+ og E2+, hvor der kræves en forhøjet regelmæssighed på mindst 0,25. Disse klasser er indført for at forbedre belysning af hele trafikarealet og sikre bedre belysning midt mellem armaturerne.

Niveauet i klasse E1 svarer nogenlunde til niveauet i klasse L7b og LE5, de øvrige af E-rækkens belysningsklasser har lavere niveau.

Belysningsklasser i E-rækken		E1/E1+	E2/E2+	E3	E4
Halvrumlige belysningsstyrker på færdselsarealet som helhed:					
Middelbelysningsstyrke, minimum, (driftsværdi)	E _{hr} , lux	5,00	2,50	1,00	-
Regelmæssighed, minimum:	R	0,15/0,25	0,15/0,25	0,15	-
Blændingstal for armaturer		Se afsnit 3.3			

Figur 3.3 Krav til E-rækkens belysningsklasser.

Klasse E4 anvendes for et "ledestjernesystem", som udelukkende tjener til at angive forløbet af en sti eller lignende. Ledestjernerne anbringes med en passende afstand, så vejens (stiens) forløb klart kan erkendes. Vejens karakter og beskaffenhed må kunne erkendes i umiddelbar nærhed af ledestjernerne, men herudover stilles ingen krav om vejens synlighed imellem disse.

Hvis systemet anvendes i nærheden af andre veje, må det sikres, at der ikke opstår blænding eller vildledende optisk ledning på disse. I forhold til synsretninger for de personer, der benytter stien, bør blænding så vidt muligt begrænses.

3.1.4 Belysningsklasserne F1 og F2

Særsilt belysning af et fodgængerfelt tjener til at belyse fodgængere i feltet og til at fremhæve feltet for øvrige trafikanter. Klasserne F1 og F2 angiver krav til belysningsstyrker på vandret plan.

Belysningsklasser F1 og F2		F1	F2
Vandret belysningsstyrke på kørebanen i ethvert punkt i fodgængerfeltet, (driftsværdi), cirka ¹⁾	E, lux	100	30
Vandret belysningsstyrke i de til fodgængerfeltet grænsende dele af fortov, cykelsti, rabat og lign., minimum, (driftsværdi), cirka ²⁾	E, lux	30	10
¹⁾ I enkelte punkter på kørebanen i fodgængerfeltet kan der accepteres belysningsstyrker, som er 30-40 % lavere end de anførte cirkaværdier. Sådanne punkter bør dog ikke findes, hvor fodgængere træder ind i feltet. ²⁾ Disse belysningsstyrker bør forefindes i hele feltets bredde og i en afstand fra kørebanen i op til 2 m.			

Figur 3.4 Krav til belysningsklasser F1 og F2.

3.1.5 Nyværdi og driftsværdi

Ved nyværdien af middelluminans (L_m) eller middelbelysningsstyrke på vandret plan (E_m) eller halvrumligt belysningsstyrke (E_{hr}) forstås den værdi, som fremkommer, når armaturerne er nye, og når lyskilderne udsender deres mærkelysstrøm.

Ved driftsværdien forstås tilsvarende mindsteværdien gennem driftstiden, idet der tages hensyn til nedgang i lyskildernes lysstrøm og til armaturernes tilsmudsning.

3.1.6 Vedligeholdelsesfaktor

Belysningsklassernes krav til middelluminans (L_m), middelbelysningsstyrke på vandret plan (E_m) og halvrumligt belysningsstyrke (E_{hr}) er opgivet som driftsværdier, som beregnes ved multiplikation med vedligeholdelsesfaktoren.

Vedligeholdelsesfaktoren f_M (maintenance factor) bestemmes som produktet af to faktorer, f_{LF} og f_{LM} , hvor:

f_{LF} er en faktor for armaturets bevarelse af lysstrøm (luminous flux factor)

f_{LM} er en faktor for tilsmudsning af armaturet (luminaire maintenance factor).

Note 1: I nogle sammenhænge indgår der yderligere en faktor for lyskildeudfald i vedligeholdelsesfaktoren. Det er imidlertid ikke praktisk i vejbelysning, fordi der ikke kan kompenseres for udfald af ét armatur ved at øge belysningen fra andre armaturer. Til gengæld må der foretages enkeltudskiftning med mellemrum.

Note 2: Hvis der ved vej- og stigennemføringer er medregnet reflekteret belysning i rummets flader, kan det være relevant at medtage yderligere en faktor for tilsmudsning af rummets flader i vedligeholdelsesfaktoren.

Armaturleverandøren skal specificere faktoren for armaturets bevarelse af lysstrøm, f_{LF} .

For armaturer uden CLO (Constant Light Output) sker der et gradvist tab af armaturets lysstrøm over brugstiden. Det er praksis, at faktoren for armaturets bevarelse af lysstrøm, f_{LF} sættes lig LED-modulets faktor for bevarelse af lysstrøm, x efter medianbrugstiden, L_x . Fx, hvis LED-modulet integreret i armaturet er specificeret med 80 % bevarelse af lysstrøm efter medianbrugstiden 100.000 timer, $L_{80} = 100.000$, sættes $f_{LF} = 0,80$. Der ses således bort fra tab i armaturets afskærmning og linser, hvilket for materialerne glas og PMMA (polymethylmethacrylat) sandsynligvis er en rimelig antagelse.

For armaturer med CLO vokser effektforbruget over brugstiden, og derved holdes armaturets lysstrøm konstant. Herved kan faktoren for armaturets bevarelse af lysstrøm, f_{LF} sættes til 1,00. Effektforbrugets øgning over brugstiden vil afhænge af LED-modulets faktor for bevarelse af lysstrøm, x efter medianbrugstiden, L_x . En lav værdi vil medføre en stor øgning af effektforbruget.

Note 3: Medianbrugstiden, L_x sættes ofte til 100.000 timer (svarende til 25 års brug ved en årlig brændtid på 4.000 timer).

Note 4: Ved en medianbrugstid på 100.000 h bør LED-modulets faktor for bevarelse af lysstrøm, x ikke være mindre end 80 %.

Armaturerne bør gruppeudskiftes med intervaller svarende til medianbrugstiden.

Armaturleverandøren skal også specificere armaturets udfaldsprocent (omfattende de abrupte fejl) efter medianbrugstiden. I praksis bestemmes armaturets udfaldsprocent ofte ud fra driverens fejlfrekvens, idet driveren antages at være årsag til hovedparten af udfaldene. Der ses således bort fra andre fejlkilder, fx stik, ledninger, forseglinger, LED-modul, og armaturhus. Det er således vigtigt at vide, at armaturets reelle udfaldsprocent (omfattende alle fejlkilder) er højere end det specificerede.

Note 5: Armaturets udfaldsprocent efter en medianbrugstid på 100.000 timer bør ikke være større end 10 % svarende til, at driverens udfaldsprocent er højest 0,1 pr. 1000 timer.

Armaturleverandøren skal desuden specificere armaturets effektforbrug ved ibrugtagning. For armaturer med CLO skal leverandøren desuden oplyse det gennemsnitlige effektforbrug i den specificerede medianbrugstid.

Angående faktoren for tilsmudsning af armaturet, f_{LM} forudsættes det, at armaturerne rengøres hver sjette år, og at de ikke befinder sig i stærkt forurenende omgivelser. Herved sættes f_{LM} til 0,90 for armaturer med en montagehøjde på mindst 4,0 m, og til 0,85 for montagehøjde under 4,0 m.

De resulterende typiske værdier af vedligeholdelsesfaktoren er angivet i figur 3.5.

Med/uden CLO	Armaturl monteringshøjde	
	Mindst 4 m	Under 4 m
	$f_{LM} = 0,90$	$f_{LM} = 0,85$
Med CLO		
$f_{LF} = 1,00$	0,90	0,85
Uden CLO		
$f_{LF} = 0,95$	0,86	0,81
$f_{LF} = 0,90$	0,81	0,77
$f_{LF} = 0,85$	0,77	0,72
$f_{LF} = 0,80$	0,72	0,68

Figur 3.5 Typiske værdier af vedligeholdelsesfaktoren.

Hvis de ovenstående forudsætninger ikke gælder, må vedligeholdelsesfaktoren bestemmes individuelt for det pågældende projekt.

Hvis intervallerne for rengøring af armaturerne er væsentligt anderledes, eller hvis armaturerne befinder sig i stærkt forurenende omgivelser, må værdierne af f_{LM} bestemmes i henhold til ISO/CIE TS 22012:2019 "Light and lighting — Maintenance Factor Determination — Way of working".

Det ovenstående angår i det væsentlige LED-armaturer. For armaturer med andre lyskilder henvises ligeledes til ISO/CIE TS 22012:2019.

3.1.7 Europæisk standard DS/EN 13201

Den fælles europæiske standard for vejbelysning, DS/EN 13201 omfatter:

DS/EN 13201-2:2015 "Vejbelysning – Del 2: Funktionskrav"

DS/EN 13201-3:2015 "Vejbelysning – Del 3: Beregning af funktion"

DS/EN 13201-4:2015 "Vejbelysning – Del 4: Metoder til måling af lysteknisk funktion"

DS/EN 13201-4:2015 "Vejbelysning – Del 5: Indikatorer for energieffektivitet".

Del 2 definerer belysningsklasser i serierne M, C, P, HS, SC og EV.

Del 3 definerer de metoder til beregning af lysteknisk funktion, der ligger til grund for anvisningerne i afsnit 4.

Del 4 anviser metoder til måling af lysteknisk funktion. Der udføres kun lejlighedsvis måling af den lystekniske funktion i Danmark.

Del 5 anviser nogle indikatorer for energieffektivitet. Indikatorerne er stærkt forenklede og har ikke fundet anvendelse i Danmark.

Der findes også en teknisk rapport om valg af belysningsklasser, som ikke anvendes i Danmark: DS/CEN/TR 13201-1:2014 "Vejbelysning – Del 1: Retningslinjer for valg af belysningsklasser".

De ovennævnte M-, C-, og HS-klasser modsvarer henholdsvis L-, LE- og E-klasserne som defineret i denne håndbog.

De øvrige belysningsklasser i serierne P, SC og EV har ikke fundet anvendelse i Danmark.

P-klasserne har en lignende funktion som E-klasserne til belysning for fodgængere og cyklister.

SC-klasserne er baseret på halvcylindrisk belysningsstyrke og sigter mod mulighed for ansigtsgenkendelse.

EV-klasserne er baseret på belysning på lodret plan.

Del 2 rummer ikke noget modstykke til klasserne F1 og F2 til belysning af fodgængerfelter.

Det bemærkes, at der bruges forskellige symboler for middelværdier, regelmæssigheder og blanding, og at begge sæt af symboler vises i figurerne. I de tilfælde, hvor kravværdierne stemmer overens, angives den fælles værdi, ellers begge værdier.

Figur 3.6 angår sammenstilling af L- og M-klasserne. Del 2 tillader nationale afvigelser for alle parametre undtagen for middelværdien og regelmæssigheden. Derfor er der reelt kun én afvigelse i kravværdier, som er markeret med rød.

Klasser		Middelværdi lx		Regelmæssighed		Langsregelmæssighed ¹⁾		Regelmæssighed våd kørebane ¹⁾		Blænding (TI-værdi) ¹⁾		Belysning af omgivelser ¹⁾	
DK	CEN	L _m	$\bar{L}$	R	U ₀	R _L	U _I	R(våd)	U _{ow}	TI	f _{TI}	klasse	EIR
Motorveje og visse motortrafikveje													
LE1	M1	2,00		0,40		0,60	0,70	0,20	0,15	7	10	E1	0,35
LE2	M2	1,50		0,40		0,60	0,70	0,20	0,15	7	10	E1	0,35
LE3	M3	1,00		0,40		0,60	0,70	0,15		7	10	E2	0,35
Trafikveje og andre motortrafikveje													
L2	M1	2,00		0,40		0,30	0,70	0,20	0,15	7	10	E1	0,35
L4	M2	1,50		0,40		0,30	0,70	0,15		7	10	E2	0,35
L6	M3	1,00		0,40		0,30	0,60	0,15		7	15	E2	0,30
L7a	M4	0,75		0,40		0,30	0,60	0,15		7	15	E2	0,30
L7b	M5	0,50		0,40	0,35	0,30	0,40	0,15		7	15	E2	0,30
	M6	0,30			0,35	0,30	0,40	0,15			15		0,30

1) Krav til R_L, R(våd kørebane), TI og belysning af omgivelser til kørebanen kan ændres nationalt

Figur 3.6 Sammenligning af krav i L- og M-klasser.

Figur 3.7 angår sammenstilling af LE- og C-klasserne. Der er indført LE5a og LE5b, som modsvarer klasse C4 og C5. Der er to små afvigelser i kravværdier, som er markeret med rødt.

Klasser		Middelværdi lx		Regelmæssighed		Omgivelser	
DK	CEN	E _m	$\bar{E}$	R	U ₀		
LE1	C0	50	50	0,40		E1	Ingen krav i C-klasser, men der kan stilles nationale krav
LE2	C1	30		0,40		E1	
LE3	C2	20		0,40		E1	
LE4	C3	15		0,40		E2	
LE5a	C4	10	10	0,40		E2	
LE5b	C5	7,5	7,5	0,40		E2	

Figur 3.7 Sammenstilling af LE- og C-klasse

Figur 3.8 angår sammenstilling af E- og HS-klasserne. Der er fuld overensstemmelse mellem kravværdierne.

Klasser		Middelværdi lx		Regelmæssighed	
DK	CEN	E _{hr}	$\bar{E}_{hs}$	R	U ₀
E1	HS1	5,00		0,15	
E2	HS2	2,50		0,15	
E3	HS3	1,00		0,15	
E4	HS4	-		-	

Figur 3.8 Sammenstilling af E- og HS-klasser.

3.2 Klasser for afskærmning

Afskærmningsklassen beskriver begrænsning af synsnedsættende blænding (der på engelsk benævnes "disability glare") og fjernvirkning fra armaturer i et belysningsanlæg.
Figur 3.9 Afskærmningsklasser definerer afskærmningsklasser G*1, G*2, G*3, G*4, G*5 og G*6.

Klasserne G*1, G*2, G*3, G*4, G*5 og G*6 svarer til en serie af stadig stærkere begrænsning af synsnedsættende blænding og fjernvirkning fra armaturer i et belysningsanlæg, hvor G*6 stiller de strengeste krav.

G*1, G*2 og G*3 svarer til begreber, som anvendes i nogle lande, og betegnes "semi cut-off" (delvist afskærmende) og "cut-off" (afskærmende). Klasserne anvendes på lokalveje m.m., når der kræves nogen afskærmning af armaturerne, og når en relevant klasse for blændingstal jf. afsnit 3.32 samtidig er opfyldt.

G*4 og G*5 svarer til en kraftigere afskærmning, der opnås med armaturer med plan skærm anbragt med en begrænset hældning. Klasserne anvendes til belysning af trafikveje, kryds og lign.

G*6 svarer til armaturer med plan skærm anbragt i vandret stilling. Hensigten er at begrænse belysning af nattehimlen. Klassen anvendes til alle typer veje og færdselsarealer.

G*1, G*2 og G*3 sikrer ikke nødvendigvis tilstrækkelig begrænsning af synsnedsættende blænding, hvorimod det ekstra krav ved 70° i G4, G5 og G6 sikrer begrænsning svarende til kravet for synsnedsættende blænding på trafikveje i Figur 3.1.

Kravene til maksimale lysstyrker i figur 3.9 er baseret på fotometri og gælder i den hældningsstilling, hvormed armaturet monteres i det aktuelle anlæg.

Afskærmningsklasse	Maksimum lysstyrke i retninger under vandret i forhold til den udsendte lysstrøm, [cd/klm]			Total afskærmning
	ved 70° og højere ¹⁾	ved 80° og højere ¹⁾	ved 90° og højere ¹⁾	
G*1		200	50	Ingen krav
G*2		150	30	Ingen krav
G*3		100	20	Ingen krav
G*4	500	100	10	fra og med 95° ^{1) 2)}
G*5	350	100	10	fra og med 95° ^{1) 2)}
G*6	350	100	0	fra og med 90° ^{1) 2)}
1) Enhver retning, som danner den angivne vinkel med lodlinjen med armaturet monteret som i belysningsanlægget.				
2) Lysstyrker op til 1 cd/klm kan betragtes som værende 0.				

Figur 3.9 Afskærmningsklasser.

3.3 Klasser for blændingstal

Blændingstallet beskriver den ubehagsblænding (der på engelsk benævnes "discomfort glare"), der fremkaldes af et mere eller mindre kraftigt lysende armatur. Figur 3.10 definerer klasser for blændingstal. Klasserne D1, D2, D3, D4, D5 og D6 svarer til en serie af stærkere begrænsning af ubehagsblænding, mens klassen D0 svarer til, at blændingstallet formentligt er højt, men ikke veldefineret. D6 stiller de strengeste krav til begrænsning af ubehagsblænding.

Blændingstallet er defineret som $I \times A^{-0,5}$ hvor

- I er maksimumværdien af armaturets lysstyrke (cd) i retninger, som danner vinklen 85° med lodlinjen
- A er det tilsyneladende areal (m²) af armaturets lysende dele set i den retning, hvor I er fundet. Til det tilsyneladende areal medregnes samtlige lysende dele, hvis lyskilden ikke direkte er synlig. Der medregnes dog kun de dele, som er lysende med en luminans af betydning (fx medregnes klare skærme ikke). Synlige mellemrum mellem lysende dele fx mellem separate LED-pakker medregnes heller ikke. Den sløringsluminans, der opstår og ses omkring hver LED-pakke, vil mere eller mindre "udfylde" mellemrummene mellem LED-pakkerne. Hvis mellemrummene herved ikke er synlige, regnes med det samlede areal inklusive mellemrum. Hvis lyskilden direkte kan ses (fx hvis den er helt u-afskærmet eller omgivet af en klar skærm), medregnes alene lyskildens tilsyneladende areal.

Blændingstalsklasse	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6
Blændingstal, maksimum	-	7000	5500	4000	2000	1000	500

Figur 3.10 Klasser for blændingstal.

Ved belysning af lokalveje, stier m.v. er det især klasserne D5 og D6, der har anvendelse, mens de øvrige klasser svarer til uacceptable niveauer af ubehagsblænding.

For et givet armatur svarer anvendelse af en klasse til en begrænsning af lyskildens lysstrøm og dermed til, hvor kraftige lyskilder der kan anvendes i armaturet.

Det bemærkes, at metoden angår armaturet set på forholdsvis stor afstand, hvor synsvinklen er 85° i forhold til lodlinjen. Blændingstallet er nogenlunde retvisende også på kortere afstand (ved mindre synsvinkler med lodlinjen end 85°) for lygtetyper med opretstående diffust lysende form.

Derimod vil det ofte ikke være retvisende for armaturer med stærkt ujævne luminanser i den lysende form. Selv når blændingstallet på afstand (ved 85°) for armaturer med vandret lysåbning er relativt lavt, kan blændingsoplevelsen godt være uacceptabelt høj set på kortere afstand (og lavere vinkler i området ca. 70° til ca. 80°).

Vanskeligheden ligger for det første i at definere et retvisende lysende areal, A og for det andet i, at ubehagsblænding beregnet ved 85° ikke nødvendigvis er retvisende for andre relevante synsvinkler. Unøjagtigheden er som regel en ensidig forskydning mod for lave beregnede tal, som stiller armaturet mere gunstigt, end det opleves i virkeligheden.

Metoden er således ikke nødvendigvis retvisende for fx LED-armaturer, hvor de enkelte LED-pakker er synlige i området ca. 70° til 90°. Derfor bør risikoen for blænding fra armaturer med LED i endnu højere grad vurderes visuelt ved prøveopsætning på stedet.

3.4 Vejbelægningsers lystekniske egenskaber

3.4.1 anbefalinger

Vejbelægningen på veje, der belyses med L- eller LE-rækkens belysningsklasser, hvad enten den udføres som asfaltslidlag, med belægningssten eller andet, udføres normalt som middellys og med begrænset spejling i våd tilstand i henhold til følgende lystekniske egenskaber:

$$Q_d = \text{ca. } 0,078 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$$

Spejling i våd tilstand: Ikke ringere end reflektionsklasse W4.

Q_d er belægningens luminanskoefficient i diffus belysning og udtrykker forholdet mellem kørebanens luminans og belysningsstyrken på kørebanen i en sådan belysning.

Når belægningen har ovenstående egenskaber, kan belysningsanlæg med L-rækkens belysningsklasser dimensioneres for et Q_d på $0,078 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$.

Ved beregning antages normalt reflektionsklasse N2 for tør vej og W4 for våd vej.

De vigtigste grunde til at anvende middellyse belægningsklasser med begrænset spejling på veje belyst med L-rækkens belysningsklasser er, at:

Der opnås et klart grundlag for projektering

Det undgås, at kørebanens middelluminans ændres ved fornyelser af slidlag

Middellyse vejbelægningsklasser medfører, at belysningsanlæggene kan udføres med mindre installeret lysstrøm og dermed mindre energiforbrug. Se note nedenfor

Lysere belægning fører i almindelighed til bedre synlighed af trafikanter og objekter på kørebanen

Begrænsning af spejling i våd tilstand gør det teknisk/økonomisk overkommeligt at opfylde krav til luminansregelmæssigheder

Generende spejlinger fra andre lyskilder - især modkørende bilers nærlys - reduceres

Middellyse belægningsklasser er mere stabile over for solindstråling, hvor den lyse farve begrænser temperaturstigningen og dermed deformationen fra tunge køretøjer.

Note 1: Med en middellys vejbelægning spares ca. 30 % energi i forhold til at projektere for en almindelig mørk vejbelægning med en Q_d værdi på $0,054 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$. Omvendt bliver luminansniveauet ca. 30 % for lavt, hvis vejbelægningen ikke udføres som forudsat ved projektering af belysningen.

Nogle af de ovennævnte grunde gør sig også gældende for veje belyst med LE-rækkens belysningsklasser. Derudover sikres en tilfredsstillende luminansfordeling, selv om projekteringen sker på grundlag af belysningsstyrker. Det er ikke fordelagtigt at gøre belægningerne lysere end angivet på grund af den uensartethed, der kan opstå, og på grund af fordyrelse af vejbelægningen og dårligere synlighed af afmærkningen på kørebanen.

Økonomiske, tekniske eller æstetiske overvejelser kan medføre, at der benyttes belægningsklasser med andre lystekniske egenskaber end anført i det ovenstående. Belysningsanlæggene må i så fald dimensioneres herfor, og ved udskiftninger af belægningerne må der sørges for, at de lystekniske egenskaber ikke forringes. Når belægningen er mørk, eller når der ikke gøres foranstaltninger vedrørende dens lysstyrke, dimensioneres belysningsanlæg af L-rækkens klasser for et Q_d på $0,054 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$ og en spejling i reflektionsklasse N3 for tør tilstand.

Ved større lapninger af belægningsklasser bør der vælges lappematerialer med omtrent samme Q_d værdi som eksisterende belægning, så de lystekniske egenskaber ikke forringes.

3.4.2 Baggrund for anbefalingerne

Der er tradition i Danmark for at anvende middellyse vejbelægninger med begrænset spejling i våd tilstand på belyste trafikveje.

Traditionen baseres på en prøvningsmetode SV 30.5-1985, som angår stenmaterialets lyshed beskrevet ved en refleksionsfaktor af våde snitflader i prøvelegemer eller borekerner. Kravværdien for slidlag til belyste veje er angivet til 0,095 i "Varmblandet asfalt 2012- AAB". Kravet kan gøres gældende i udbudsforskrifter i henhold til "Varmblandet asfalt 2019 – SAB-P". Dette sker i udstrakt grad.

Kravværdien på 0,095 sigter på en Q_d værdi på cirka $0,078 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$ og nås ved brug af lyst tilslag til stenmaterialet.

Begrænsning af spejlingen i våd tilstand opnås ved, at vejbelægningen udføres med stenmateriale af tilstrækkelig kornstørrelse (typisk 8 mm maksimal kornstørrelse).

Erfaringsmæssigt kræver vejbelægninger med lyst tilslag en forøgelse af bindemiddelindholdet. Dette medfører sammen med en eventuelt højere pris på det lyse tilslag en fordyrelse af vejbelægningen. Men traditionen bør opretholdes på baggrund af de ovennævnte store fordele.

3.4.3 Alment om vejbelægningers lystekniske egenskaber

Belysning af veje i L-rækkens belysningsklasser skal sikre kørebanen en tilstrækkelig høj og ensartet luminans til at synliggøre personer og objekter på kørebanen. Det samme gælder for kørebanen belyst i LE-rækkens belysningsklasser, selvom kriterierne af praktiske årsager angår belysningen af selve kørebanen.

Kørebanens luminans opstår i et samspil mellem belysningen og vejbelægningens refleksionsegenskaber, hvor observatørens position også spiller en rolle.

En vejbelægnings refleksion har to komponenter, dels en almindelig refleksion og dels en spejling i overfladens stenmateriale, hvor begge former for refleksion er brudt i overfladens tekstur.

Den samlede refleksion måles ved luminanskoefficienten i diffus belysning Q_d , mens graden af spejling karakteriseres ved en spejlingsfaktor S_1 .

Enheden for Q_d er $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$, som er forholdet mellem enheden for luminans (cd/m^2) og enheden for belysningsstyrke (lx). Q_d benyttes også for afmærkningen på kørebanen i den 1000 gange mindre enhed $\text{mcd}/\text{m}^2 \cdot \text{lx}$. Jævnfør DS/EN 1436:2018 "Vejafmærkningsmateriale – Funktionskrav til vejafmærkning samt prøvningsmetoder".

Internationalt benyttes også et andet mål for den samlede refleksion, middelluminanskoefficienten Q_0 . Luminanskoefficienten i diffus belysning Q_d er imidlertid det bedste mål for vejbelægningens lyshed, når der - som til vejbelysning i Danmark - benyttes afskærmende armaturer.

På baggrund af værdien af S_1 opdeles vejbelægninger i fire refleksionsklasser N1, N2, N3 og N4 med stigende spejlingsgrad.

Til hver af refleksionsklasserne hører der en tabel med samme betegnelse som refleksionsklassen. Tabellerne benyttes til projekteringsberegninger og skal være bragt i det rette skalaforhold modsvarende den ønskede værdi af Q_d . Alternativt må der benyttes en korrektionsfaktor.

Hvis en tabels skalaforhold er angivet ved Q_0 , kan dens Q_d værdi beregnes ved de forhold mellem Q_d og Q_0 , der er angivet i figur 3.11.

Standard klasse	N1	N2	N3	N4
Q_d / Q_0	0,92	0,87	0,78	0,68

Figur 3.11 Forholdet mellem Q_d og Q_0 (CIE publikation nr. 144:2001 "Road surface and road marking reflection characteristics").

Note: Internationalt set benyttes der også to andre sæt af reflektionsklasser for spejlingsgraden, R1, R2, R3 og R4, samt C1 og C2.

I øvrigt henvises til CIE 144:2001 "Road surface and road marking reflection characteristics" angående en grundig omtale af de lystekniske egenskaber af vejbelægninger og afmærkning på kørebanen.

3.4.4 Våde vejbelægninger

En våd vejbelægning har en forringet almindelig refleksion og en kraftig forøgelse af den spejlende refleksion. Nettoresultatet er at synsforholdene forringes ved at luminansniveauet øges, mens regelmæssigheden reduceres.

Ændringerne afhænger af, hvor våd vejbelægningen er og af tekturen af overfladen. Til beskrivelse heraf er der indført en standardvåd tilstand og fire yderligere reflektionsklasser for spejlingsgraden i denne tilstand.

Den standardvåde tilstand optræder 30 minutter efter vedvarende kraftig regn (20 mm/h), og dækker cirka 90 % af mørketiden i Danmark.

Reflektionsklasserne er W1, W2, W3 og W4 med stigende grad af spejling. Disse klasser er ikke udtømmende, idet der kan forekomme spejlingsgrader langt over klasse W4.

Det er imidlertid et krav, at de vejbelægninger, der anvendes på belyste trafikveje, ikke har spejlingsgrader over reflektionsklasse W4. Kravet er normalt opfyldt for de vejbelægninger, der anvendes i Danmark.

For at forhindre en kraftig forringelse af synsforholdene i den våde tilstand, stilles der krav til en minimumværdi af luminansens regelmæssighed i L-rækkens belysningsklasser (minimum 0,20 for L1, L3 og L5, og minimum 0,15 for L2, L4, L6, L7a og L7b).

Det er en erfaring, at dette krav opfyldes ved undgåelse af kraftig belysning af kørebanen i spejlende retninger – som regel ved, at belysningen drejes mere på tværs af vejen. Det har den sideeffekt, at det ikke gør den store forskel, om der benyttes reflektionsklasse N2 eller N3 for den tørre tilstand.

Det er ikke nødvendigt at anvende W-tabellerne til projekteringsberegninger i de rette skalaforhold, da der ikke stilles krav til luminansniveauet for våd tilstand og den beregnede regelmæssighed ikke påvirkes af skalaforholdet.

3.4.5 Målinger af vejbelægningsers lystekniske egenskaber

Den meste viden om vejbelægningsers lystekniske egenskaber er indsamlet ved omfattende laboratoriemålinger på vejprøver i et tidsrum fra tidligt i 1970'erne op mod cirka 1990. Der findes ikke længere udstyr til sådanne målinger i Danmark.

Der har været mange forsøg på at udvikle bærbare apparater til måling af Q_0/Q_d og $S1$ i årenes løb, men i langt de fleste tilfælde uden held.

Imidlertid findes der håndholdte måleapparater til måling af Q_d , som bliver benyttet til måling på afmærkning på kørebanen, og som udmærket også kan benyttes til måling på belægninger. Disse apparater benytter en målevinkel på $2,29^\circ$ med kørebanen, hvor der til vejbelægninger traditionelt benyttes en målevinkel på $1,00^\circ$, men erfaringer viser, at målevinklen normalt ikke har væsentlig indflydelse på måleværdien.

Desuden findes der en prototype til måling af både Q_d og $S1$, som er udviklet i et nordisk samarbejde, og som i 2017/2018 har været benyttet til målinger på veje i Danmark, Finland og Sverige. Målingerne i Danmark viser generelt overensstemmelse med det ovenstående.

4 LYSTEKNISK PROJEKTERING

4.1 Grundlag

Den lystekniske projektering og beregning er afgørende for sikring af belysningens kvalitet på den ene side og anlæggets omkostninger på den anden side.

Ved den lystekniske projektering fastlægges det antal armaturer og master samt den lysstrøm og den effekt, som er netop tilstrækkelig til at opfylde alle de opstillede kvalitetskrav, navnlig i henhold til belysningsklassen, men også i henhold til visuelle, komfortmæssige og æstetiske krav på baggrund af den forudgående planlægning.

Lystekniske beregninger skal udføres i henhold til DS/EN 13201-3, og der findes en række softwareprogrammer, som kan håndtere dette.

DS/EN 13201-3 er forholdsvis kompliceret, og programmerne har den ulempe for en dansk bruger, at han selv skal kontrollere og ændre de prædefinerede tærskelværdier, hvor vi afviger fra belysningsklasserne i 13201-2 for at beregne vejbelysning korrekt i Danmark.

Der gives en beskrivelse efterfølgende.

Andre programmer, som tilsyneladende har implementeret de danske belysningsklasser fra vejreglerne, beregner ikke i henhold til DS/EN 13201-3 og bør derfor ikke anvendes.

Som udgangspunkt placeres der et beregningsfelt, som dækker eller repræsenterer det relevante trafikareal, og der placeres jævnt fordelte beregningspunkter i beregningsfeltet.

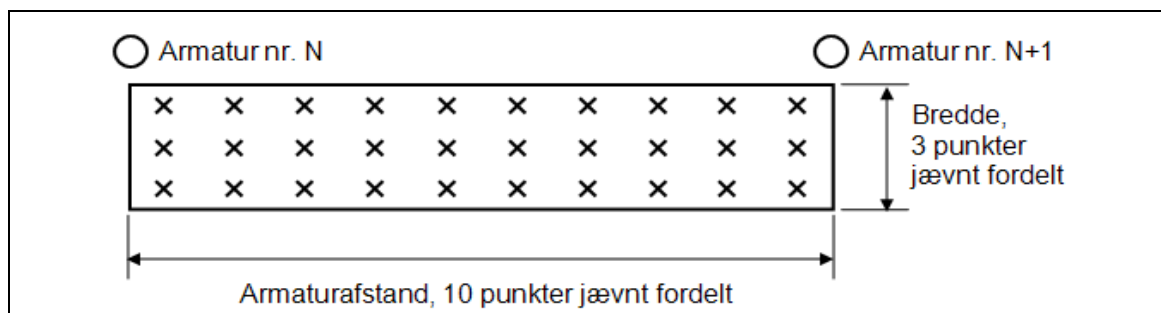
Til hvert af punkterne knytter programmerne en værdi af den relevante parameter for belysningsklassen, enten halvrumlige belysningsstyrke for E-klasser (HS-klasser), belysningsstyrke på vandret plan for LE-klasser (C-klasser) eller luminans af kørebanen for L-klasser (M-klasser).

Middelværdien beregnes som gennemsnittet af punktværdierne og regelmæssigheden som forholdet mellem den mindste værdi og middelværdien.

Herefter ganges middelværdien med vedligeholdelsesfaktoren, så der kan sammenlignes med den aktuelle kravværdi.

4.2 Veje, stier eller sidearealer

På veje, stier eller sidearealer, som belyses til en E- eller LE-klasse, lægges der et beregningsfelt, som i længderetningen begynder ved et armatur og slutter ud for det næste armatur, og som i tværretningen dækker bredden af vejen, stien eller sidearealet.



Figur 4.1 Udgangspunkt for placering af beregningspunkter på veje, stier og sidearealer.

Som udgangspunkt placeres der beregningspunkter som vist i figur 4.1

Afstanden mellem punkter i længderetningen er lig med $L/10$, hvor L er beregningsfeltets længde. Hvis denne afstand er større end 3,00 m, skal antallet af punkter øges, indtil afstanden bliver højst 3,00 m.

Tilsvarende er afstanden mellem punkter i tværretningen lig med $B/10$, hvor B er beregningsfeltets bredde. Hvis denne afstand er større end 1,50 m, skal antallet af punkter øges, indtil afstanden bliver højst 1,50 m.

Eksempel 1: Ved en længde af beregningsfeltet på 42 m skal antallet af punkter i længderetningen øges til 14, hvorved punktafstanden bliver 3,00 m.

Eksempel 2: Ved en bredde af beregningsfeltet på 10 m skal antallet af punkter i tværretningen øges til 7, hvorved punktafstanden bliver 1,43 m.

Sidearealer til trafikveje, der belyses til L-klasser eller LE-klasser, har en bredde på 3,5 m.

Udgangspunktet med 3 punkter i tværretningen fører til en afstand mellem punkterne på 1,17 m.

Det er derfor ikke nødvendigt at øge antallet af punkter i tværretningen.

4.3 Arealer, der belyses til E- eller LE-klasser

Arealer, der belyses til E- eller LE-klasser, kan være parkeringspladser, torve, krydsarealer, rundkørsler, konfliktarealer ved kryds og rundkørsler, rasteplasser med videre.

På et rektangulært areal placeres der et beregningsfelt, der dækker arealet. I beregningsfeltet placeres der beregningspunkter, som er jævnt fordelt i begge retninger og med et antal punkter i de to retninger, så afstandene netop ikke overstiger 1,50 m i nogen af retningerne.

Ved mindre arealer anvendes minimum 3 punkter i hver retning.

På et areal af anden form end et rektangel placeres der et rektangulært beregningsfelt, som omslutter arealet, og som har beregningspunkter placeret som for et rektangulært areal. Med denne placering af beregningspunkter vil der være nogle, som ligger uden for arealet. Disse markeres, så der ses bort fra deres værdier ved beregning af middelværdi og regelmæssighed.

Ved kryds og rundkørsler er der som regel flere konfliktarealer, som behandles separat. Det kan være praktisk at omslutte alle arealerne med ét rektangel, og derefter behandle arealerne hver for sig ved valg af punkter i de enkelte arealer.

Der kan tillige være stier og sidearealer ved kryds og rundkørsler, som kan inkluderes i et rektangel, og som derefter behandles hver for sig. Dette fordrer, at der beregnes både halvrumlig belysningsstyrke (for stier og sidearealer, der belyses til E-klasser) og belysningsstyrke på vandret plan (for konfliktarealer, der belyses til LE-klasser) for punkterne i beregningsfeltet.

4.4 Veje, som belyses til L-klasser

L-klasserne er baserede på kørebanens luminans, hvorved vejbelægningens refleksionsegenskaber skal angives i inddata.

Der antages normalt en middellys vejbelægning svarende til standard refleksionstabel N2 i et skalaforhold, hvor Q_d er 0,078. Se afsnit 3.5.

Hvis N2 ikke er i det rette skalaforhold, må der tilføjes en faktor på de beregnede luminansværdier, som er forholdet mellem 0,078 og den aktuelle Q_d værdi. Faktoren kan også bestemmes som forholdet mellem 0,090 og den aktuelle værdi af middelluminanskoefficienten Q_0 .

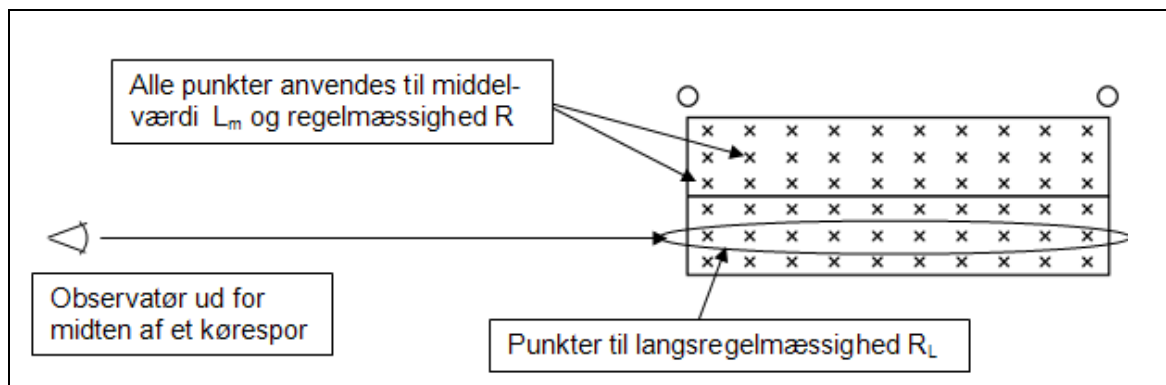
Der benyttes ét beregningsfelt for hvert kørespor, som dækker køresporets bredde og afstanden mellem to armaturer.

Beregningspunkterne fastlægges som beskrevet for veje og stier i det ovenstående. Det betyder, at antallet af punkter i tværretningen ligger fast på 3, fordi et kørespors bredde næppe kan overstige 4,5 m. Derimod vil det ofte ske, at antallet af beregningspunkter i længderetningen øges, så afstanden mellem punkterne netop ikke overstiger 3,00 m.

Imidlertid afhænger luminansværdierne af positionen af en "observatør", som repræsenterer en motorkørende.

Observatøren placeres midt ud for ét af køresporene, og der beregnes luminans for beregningspunkterne i samtlige beregningsfelter (ét for hvert kørespor). Af disse værdier uddrages:

- middelværdien L_m som gennemsnittet af værdierne i samtlige punkter
- regelmæssigheden R som forholdet mellem den mindste værdi i samtlige punkter og middelværdien
- langsregelmæssigheden R_L som forholdet mellem den laveste og den højeste værdi i den række punkter, der ligger midt i køresporet.



Figur 4.2 Punkter til beregning af middelværdi og regelmæssigheder.

Dette gentages for placering af observatøren i andre kørespor ét efter ét, så der fremkommer yderligere værdier af L_m , R , og R_L . De laveste af disse værdier udvælges til at repræsentere belysningsanlægget.

Desuden beregnes en værdi af TI for hvert kørespor. Den højeste af værdierne udvælges til at repræsentere belysningsanlægget.

Note: Beregningen af TI er kompliceret, hvorfor der henvises til DS/EN 13201-3:2015.

Beregningerne gentages for våd tilstand. Der antages normalt en begrænset grad af spejling i våd tilstand svarende til standard refleksionstabel W4.

Der skal kun uddrages en værdi af regelmæssigheden $R(\text{våd})$, da der ikke stilles krav til L_m , R_L eller TI for våd tilstand. Af denne grund er det ligegyldigt, i hvilket skalaforhold W4 benyttes.

Det bemærkes, at ved belysningsanlæg, som er symmetriske omkring en midterlinje, fører symmetriske positioner af observatøren til samme resultat, hvorfor der kan spares på beregningerne. Det gælder for eksempel for visse dobbeltsidige anlæg.

5 VALG VED ETABLERING AF BELYSNING

5.1 Bymæssige områder og åbent land

Som hovedregel belyses alle færdselsarealer i bymæssige områder.

Som en praktisk retningslinje kan tavlerne E55 "Tættere bebygget område" og E56 "Ophør af tættere bebygget område" anvendes til at afgrænse et bymæssigt område, idet et bymæssigt område ofte, men ikke altid, afgrænses af tavlerne E55 og E56. Findes der bymæssig bebyggelse ved vejstrækninger umiddelbart før E55 eller efter E56, bør disse vejstrækninger medregnes til det bymæssige område.



Figur 5.1 Tavlen E55 "Tættere bebygget område" og E56 "Ophør af tættere bebygget område".

Som hovedregel belyses veje og stier i åbent land ikke.

Hvis antallet af trafikuheld i mørkeperioden på en vejstrækning eller kryds er forholdsvis stort, bør det overvejes, om belysning kan forbedre trafiksikkerheden.

Belysningen udformes, så den ikke ophører umiddelbart før kryds, sving eller ændringer af vejens tværprofil.

Af efterfølgende afsnit fremgår, hvornår og hvordan der belyses.

5.2 Op- og nedjustering af valg af belysningsklasse

Afsnittene 5.3 til 5.8 angiver standard belysningsklasser på forskellige vejtyper. Niveauer er angivet som minimumsbelysninger, og afhængigt af trafikforholdenes sværhedsgrad kan der vælges en højere belysningsklasse end angivet. Fx

- Ved stor trafikintensitet i mørkeperioden
- Ved svære oversigtsforhold og komplicerede vejforløb
- Ved stor sammenblanding af bløde trafikanter med gennemgående trafik.

Ved valg af belysningsklasse for en given vej bør det undgås at forstyrre den sammenhæng, der er fastlagt for det samlede vejnet i en evt. belysningsplan.

5.3 Motor- og motortrafikveje

Som udgangspunkt etableres der ikke belysning på motor- og motortrafikveje. De belyses kun i meget begrænset omfang i byområder, medmindre en eller flere af følgende forhold er tilstede:

- Generende lys fra omliggende arealer
- Kort afstand mellem tilslutningsanlæg
- Tilkørselsramper med kort flettestrækning eller ubetinget vigepligt
- Geometrisk komplicerede forhold eller lav vejgeometrisk standard (fx lille horisontal kurve eller smal tværprofil)
- Overrepræsentation af færdselsuheld i mørke.

Hvis der etableres belysning, anvendes belysningsklasse L5, på til- og frakørsler dog L7b.

Belysningsniveauet kan dæmpes i trafiksvage perioder iht. afsnit 6.



Figur 5.2 Typiske bymotorveje med belysningsanlæg.

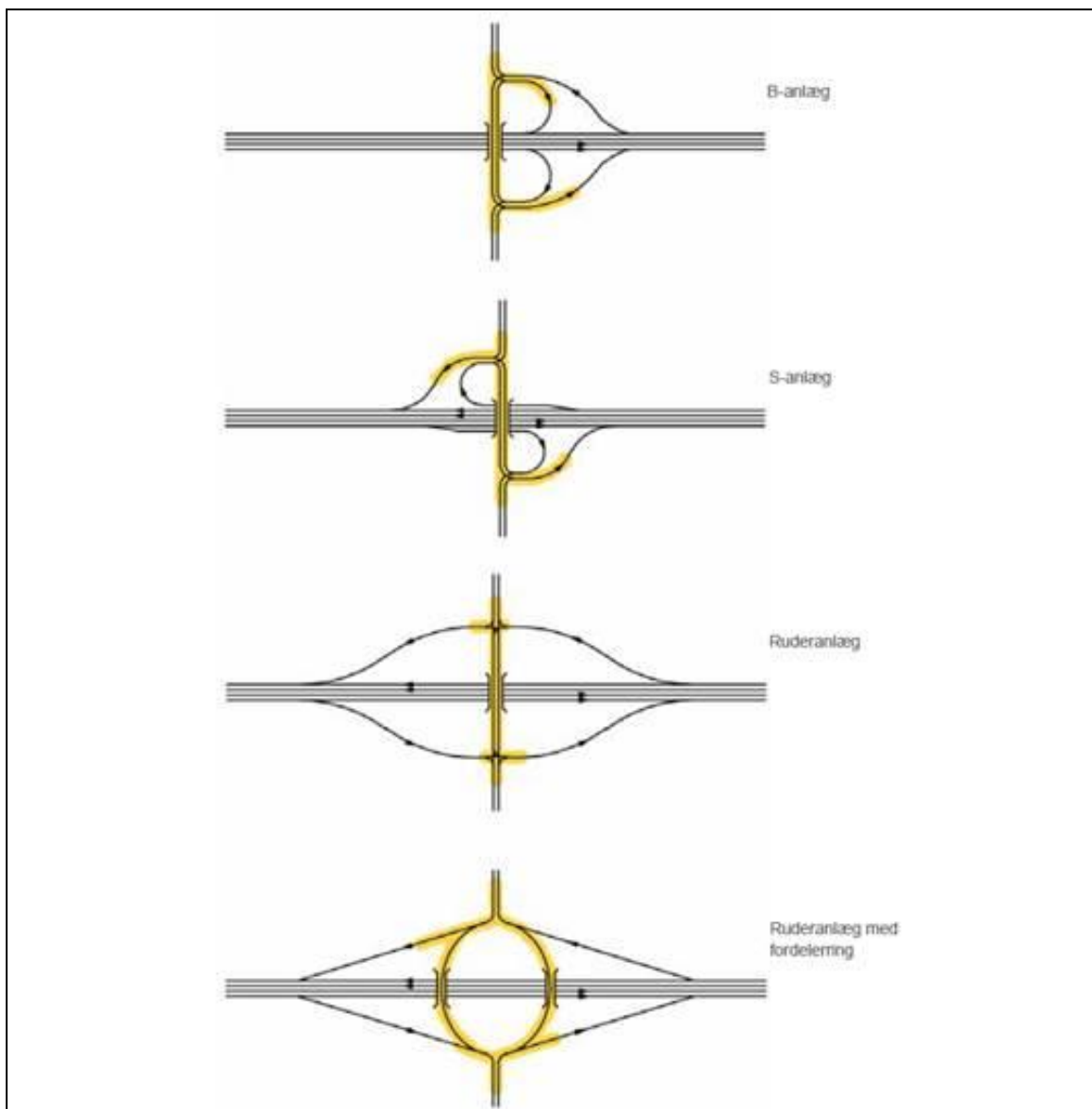
5.3.1 Tilslutningsanlæg og ramper

Ved tilslutningsanlæg bør ramper og kryds belyses i tilfælde, hvor:

- enten primærvejen (motor- eller motortrafikvejen) eller sekundærvejen (den skærende vej) er belyst
- krydset mellem rampen og sekundærvejen er signalreguleret
- krydset mellem rampen og sekundærvejen er udformet som rundkørsel eller fordelerring
- der er komplicerede forhold på sekundærvejen med spærreflader, heller, svingbaner og lign.

I kryds mellem rampen og sekundærvejen placeres masterne efter samme principper som ved andre signalregulerede kryds og rundkørsler.

Strækningen af sekundærvejen mellem to belyste rampekryds bør belyses. Det betyder lys på broen over motorvejen eller motortrafikvejen.



Figur 5.3 Eksempler på tilslutningsanlæg. Den gule markering skitserer udtrækningen af belysningen i tilfældet, hvor ingen af vejene i øvrigt er belyste.

I tilfælde, hvor primærvejen ikke er belyst, etableres belysning af tilkørselsrampen et stykke svarende til 1-2 masteafstande, mens frakørselsrampen kun belyses af mast placeret ved rampekrydset.

I S- og B-anlæg uden adskillelse mellem til- og frakørslen bør belysningen af tilkørselsrampen omfatte et stykke svarende til 1-2 masteafstande forbi skillepunktet mellem til- og frakørselsramperne.

I tilfælde, hvor primærvejen er belyst, etableres belysning på hele udstrækningen af til- og frakørselsrampen.

5.4 Trafikveje

Trafikveje i byområder belyses i henhold til figur 5.4 og 5.5.

Hastighedsklasse	
Høj+ (90- km/h)	Let trafik findes ikke. Behovet for kontakt på tværs af tilgodeses ude af niveau, da krydsninger foregår via bro eller tunnel.
Høj (60-80 km/h)	Eventuel let trafik er adskilt fra biltrafikken ved mindst en kantsten. Behovet for kontakt på tværs af vejen er forsvindende eller kan tilgodeses ude af niveau, da krydsninger foregår via bro eller tunnel.
Middel (50 km/h)	Fodgængere bør altid være adskilt fra kørebanen ved mindst en kantsten. Cykler bør normalt være adskilt fra kørebanen ved rabat eller kantsten, eller eventuelt en stribe, afhængigt af blandt andet antallet af biler og cykler.
Lav (15-40 km/h)	Benyttes hvor der er mange cyklister og ingen cykelsti, hvor der er mange krydsende lette trafikanter, ud for skoler, institutioner, butikker samt stoppesteder, standsningssteder, trafikterminaler mv., eller hvor oversigtsforholdene i øvrigt taler for det.

Figur 5.4 Beskrivelse af hastighedsklasser for trafikveje. (fra Håndbog "Planlægning af veje og stier i åbent land").

Hastighedsklasse	Fodgængere på kørebanen	Cyklister på kørebanen	Blænding fra modkørende ¹⁾	Belysningsklasse på trafikveje		
				2-3 spor ²⁾	4 spor ²⁾	6 spor ²⁾
Høj+	nej	Nej	ja	L6	L3	L3
	nej	Nej	nej	L6	L5	L5
Høj	nej	Nej	ja	L7a	L6	L6
	nej	Nej	nej	L7b	L7a	L6
Middel	nej	Nej	ja/nej	L7b	L7a	L6
	nej	Ja	ja/nej	L7a	L7a	
	ja	ja/nej	ja/nej	L6	L6	
Lav	ja	Ja	ja/nej	LE4		

1) Besvares ja, hvis der findes kørespor med modsat rettet trafik uden adskillelse ved midterrabat, eller hvor midterrabattens bredde er under 3 m.
2) Vejens samlede antal spor (begge retninger).

Figur 5.5 Belysningsklasser på trafikveje i byområder.

For trafikveje i hastighedsklasse "Middel" i områder med stier i eget tracé for fodgængere og cyklister kan det overvejes at undvære belysning.

Det kan overvejes at belyse gennemfartsveje og fordelingsveje i åbent land, hvis antallet af trafikuheld i mørkeperioden er forholdsvis stort. Hvis der etableres belysning, anvendes normalt

belysningsklasse L7b. Belysningen udstrækkes, så den ikke ophører umiddelbart før kryds, sving eller ændringer i vejens tværprofil.

Belyste trafikveje i åbent land vil ofte være i forbindelse med rundkørsler eller signalregulerede kryds, som ligger så tæt på hinanden eller så tæt på byområde, at den mellemliggende vejstrækning bør belyses.

Desuden kan korte vejstrækninger, som benyttes af børn til skole og fritid, være belyste.

Belysningsniveauet kan dæmpes i trafiksvage perioder iht. afsnit 6.

5.5 Kryds

Med kryds menes kryds mellem trafikveje, idet kryds mellem lokalveje ikke behandles anderledes end selve vejene.

Signalregulerede kryds skal altid belyses med mindst belysningsklasse LE5, uanset om krydset ligger i bymæssigt område eller åbent land, jf. Cirkulære om vejbelysning, CIR nr. 152 af 12/10/1999.

Til belysning af kryds anvendes LE-klasser som anført i Figur 5.6.

Højeste belysningsklasse på tilstødende veje	Belysningsklasse i kryds
L2	LE2
L4	LE3
L6	LE4
L7a	LE4
L7b	LE5a/b

Figur 5.6 Belysningsklasser i signalregulerede og komplicerede kryds.

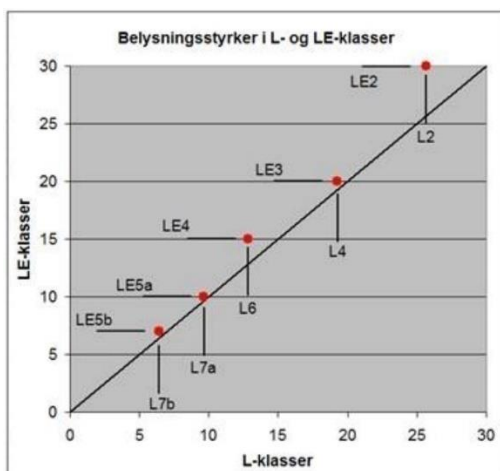
Belysningen af et kryds omfatter selve krydset og ikke for korte strækninger af den eller de vigtigste krydsende veje. Længden af belyste strækninger vælges under hensyn til synsforholdene givet ved vejenes udformning og linjeføring samt hastigheden. Belysningen bør udstrækkes til stopsigtelængdens afstand fra krydset og skal som minimum omfatte eventuelle spærreflader, ekstra vognbaner og svingbaner, cykelstiudmundinger samt stoppesteder og buslommer.

Kryds uden signalregulering på motortrafikveje bør belyses, når der er konstateret mørkerelaterede uheld eller behov for at skabe opmærksomhed og bedre synsforhold.

I almindelige kryds i byområder mellem to trafikveje og i kryds mellem en trafikvej og en lokalvej vælges normalt belysningsklassen, så belysningsniveauet er mindst lige så højt som på den bedst belyste af de krydsende veje. I komplicerede kryds i byområder med svingspor og lign. anvendes belysningsklasser LE som angivet i Figur 5.6.



Figur 5.7 Belysningen bidrager væsentligt til at gøre opmærksom på krydset, som ellers knapt ses pga. vejens krumning.

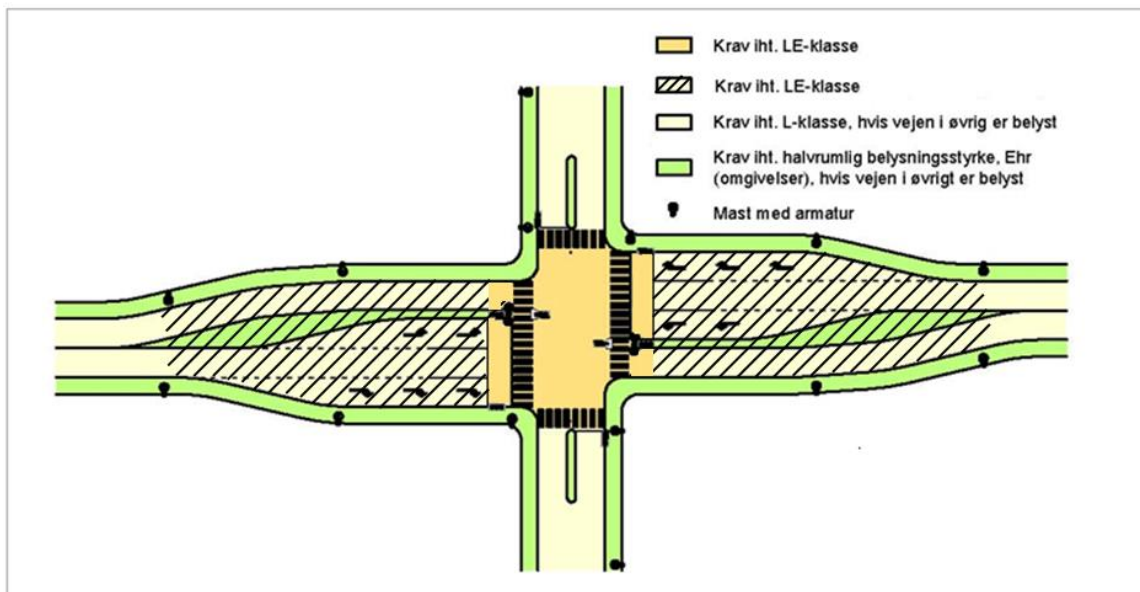


Figur 5.8 Sammenhæng mellem niveauer for L- og LE-klasser.

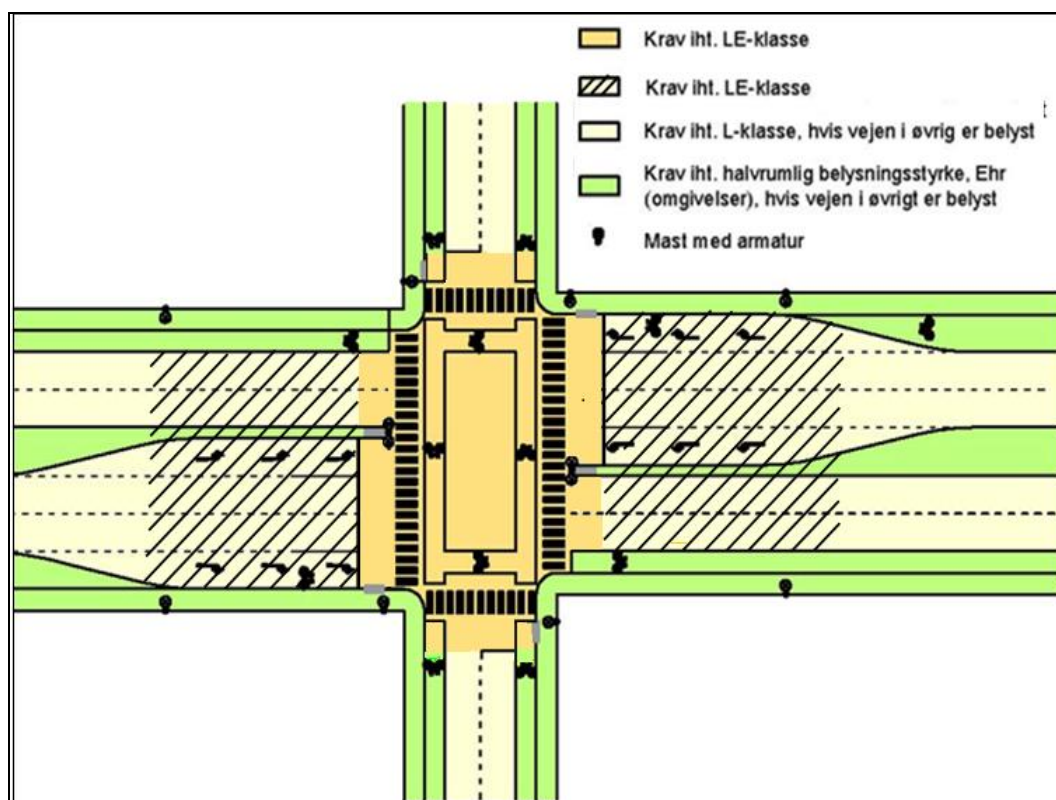
Note: Niveauerne er målt i lux, hvor cd/m^2 er omregnet til lux ved division med $Q_d = 0,078$.

I belyste kryds skal fodgængerfelter og arealer ud til stoplinjer - også ud til tilbagetrukne stoplinjer - medregnes til det primære areal. Det gælder ligeledes for cykelstier inden for krydset, selvom cykelstien er adskilt med rabat fra kørebanearealet. Desuden skal arealer, som har svingbaner, hver for sig belyses til den samme LE-klasse som det primære areal. Disse arealer er vist skraveret i Figur 5.9 og 5.10. Arealer regnes som selvstændige arealer.

På de belyste strækninger af de krydsende veje anvendes den L-belysningsklasse, som svarer til krydsets LE-belysningsklasse iht. Figur 5.6.



Figur 5.9 Eksempel på kryds uden cykelsti med ét gennemfartsspor og svingbaner. Arealer, hvor der stilles belysningskrav iht. LE-belysningsklasser (3 LE-beregninger i dette eksempel).



Figur 5.10 Eksempel på kryds med cykelsti, dobbelt gennemfartsspor og svingbaner. Arealer, hvor der stilles belysningskrav iht. LE-belysningsklasser (3 LE-beregninger i dette eksempel). Bemærk, at krydsarealet begrænses af den tilbagetrukne stoplinje og dens forlængelse.

5.6 Rundkørsler

Rundkørsler bør som hovedregel belyses. Der anvendes belysningsniveauer som for kryds angivet i Figur 5.6. minimum belysningsklasse LE5a eller LE5b.

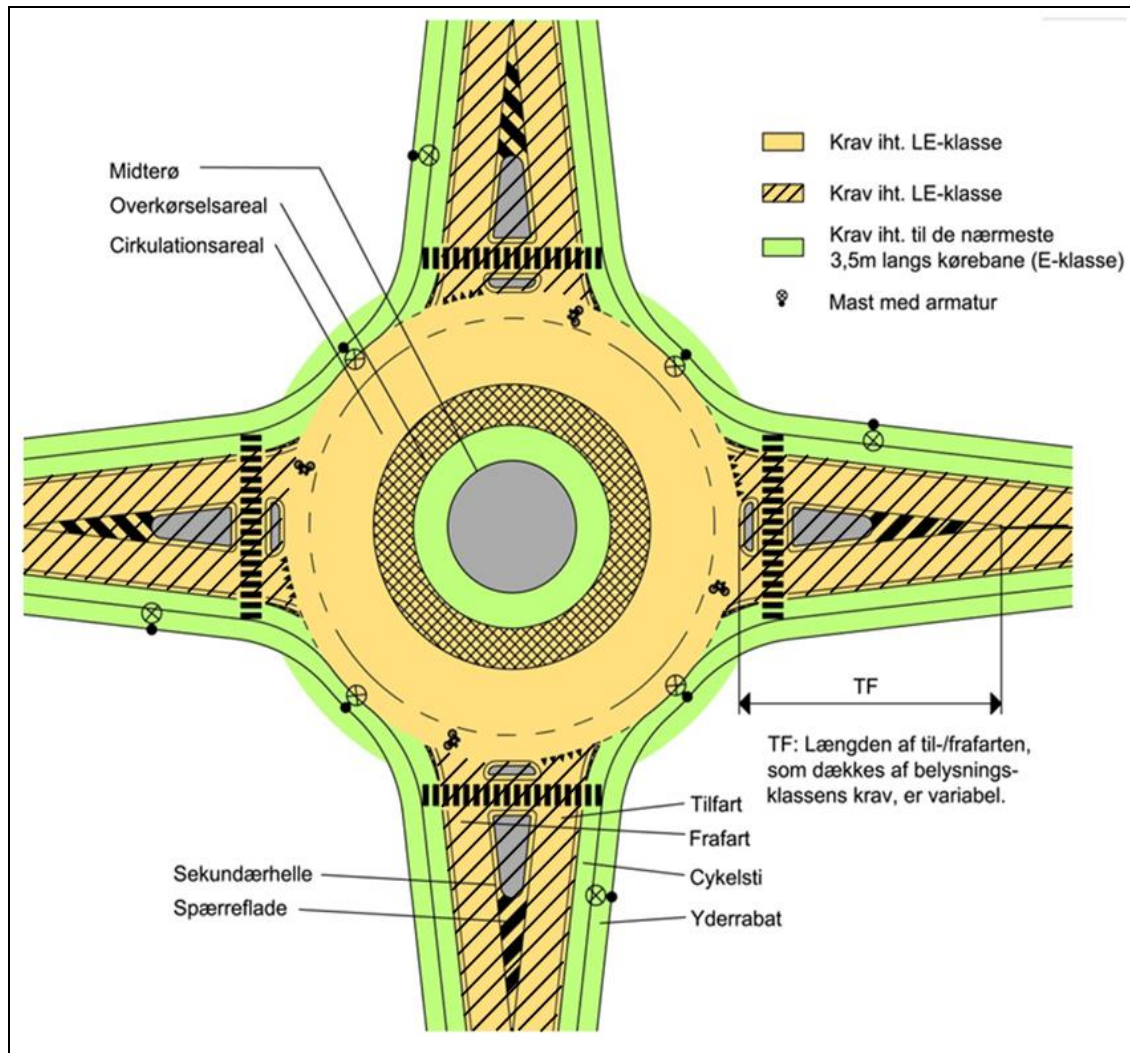
Rundkørsler i åbent land kan undvære belysning, hvis de har enkel geometri, der er stor synlighed, gode oversigtsforhold, og cirkulationsarealet er uden bløde trafikanter.

Rundkørsel	Belysningsklasse
Uden cyklister eller fodgængere	Belyses som kryds ^{*)} , efter Figur 5.6
Med cyklister og/eller fodgængere	Belyses som kryds ^{*)} , efter Figur 5.6
^{*)} Det belyste areal omfatter cirkulationsareal, til- og frakørsler samt eventuelt overkørselsarealer og cykelsti eller -bane. De yderste 3,5 m af midterøen belyses altid svarende til klasse E1.	

Figur 5.11 Belysningsklasser i rundkørsler i byområder.

Belysningen omfatter selve rundkørslen og ikke for korte strækninger af de tilstødende veje. Længden af belyste strækninger vælges under hensyn til synsforholdene givet ved vejens udformning og linjeføring samt hastigheden. Belysningen bør udstrækkes til stopsigtelængdens afstand fra rundkørslen og skal som minimum omfatte eventuelle spærreflader, midterheller, stoppesteder/buslommer, udmundinger af cykelstier samt indkørsler til fx samkørselspladser.

Cirkulationsarealet og overkørselsarealet medregnes til det primære areal, der belyses til LE-klassen. Se Figur 5.12, hvor det primære areal er vist med gul farve.



Figur 5.12 Eksempel på rundkørsel. Arealer, hvor der stilles belysningskrav iht. LE-belysningsklasser (5 stk. LE-beregninger i dette tilfælde).

Desuden skal til-/frafarten på tilstødende veje hver for sig belyses til den samme LE-klasse, som det primære areal. Disse arealer er vist skraveret i Figur 5.12.

De yderste 3,5 m af midterøen belyses til klasse E1. Vist med grøn i Figur 5.13.



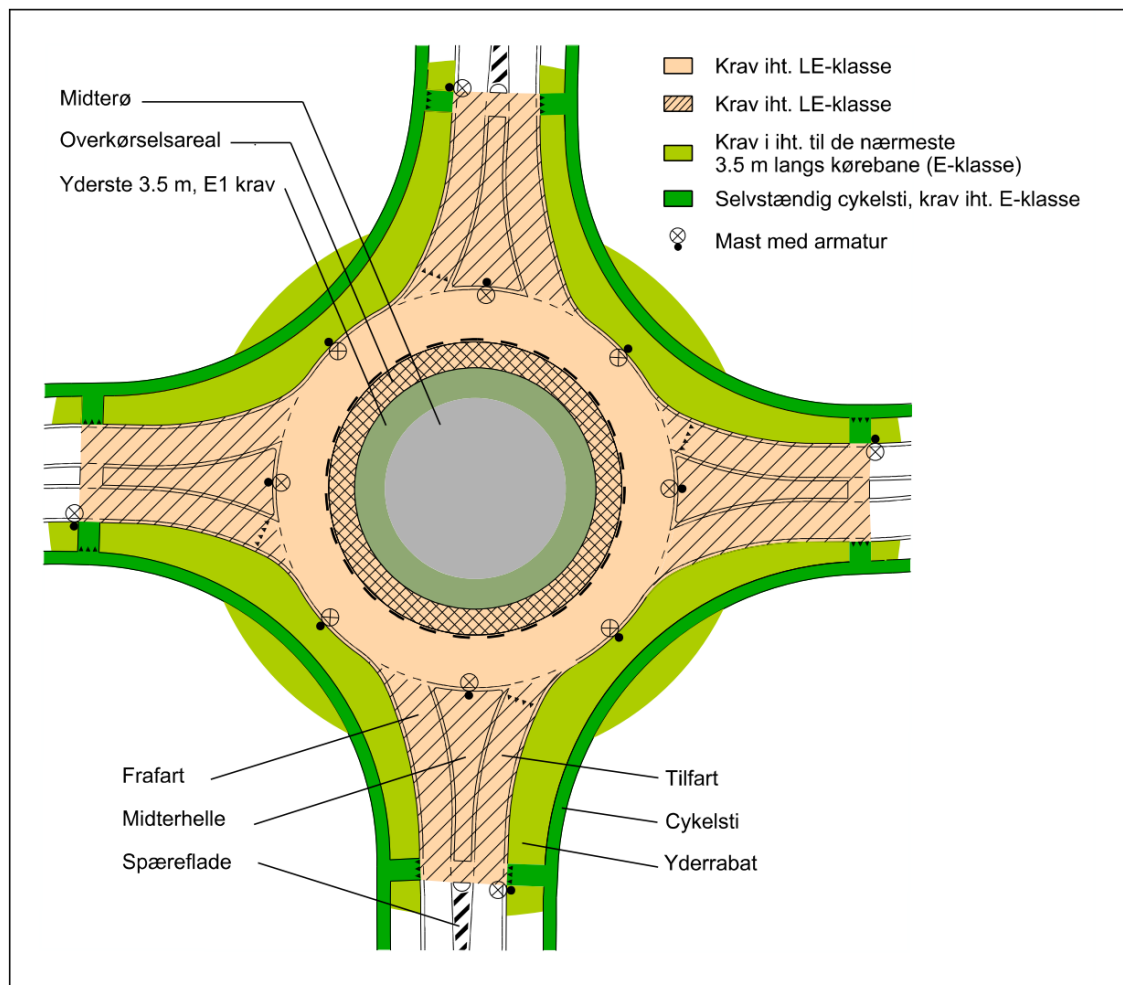
Figur 5.13. Eksempel på belyst rundkørsel på motortrafikvej. Belysningsanlægget tydeliggør det ændrede vejforløb og mindsker risikoen for, at rundkørslen "overses".

5.6.1 Rundkørsler med selvstændig cykelsti

En cykelsti ved en rundkørsel, som krydser én eller flere tilstødende veje i nærheden af cirkulationsarealet, skal medregnes til det primære areal, som belyses til en LE-klasse. Dette gælder også, selvom cykelstien er adskilt fra cirkulationsarealet af en rabat eller en kantsten.

En cykelsti, som krydser en tilstødende vej i en afstand fra cirkulationsarealet, skal belyses til den pågældende LE-klasse på den strækning, der ligger inden for vejen. Cykelstien skal desuden være belyst på så lange strækninger uden for vejen, at bilister har mulighed for at opdage cyklister i tide. Belysningen på disse strækninger kan normalt være i henhold til klasse E2.

Figur 5.14 viser et eksempel på en rundkørsel, hvor tilstødende veje krydses af cykelstier.



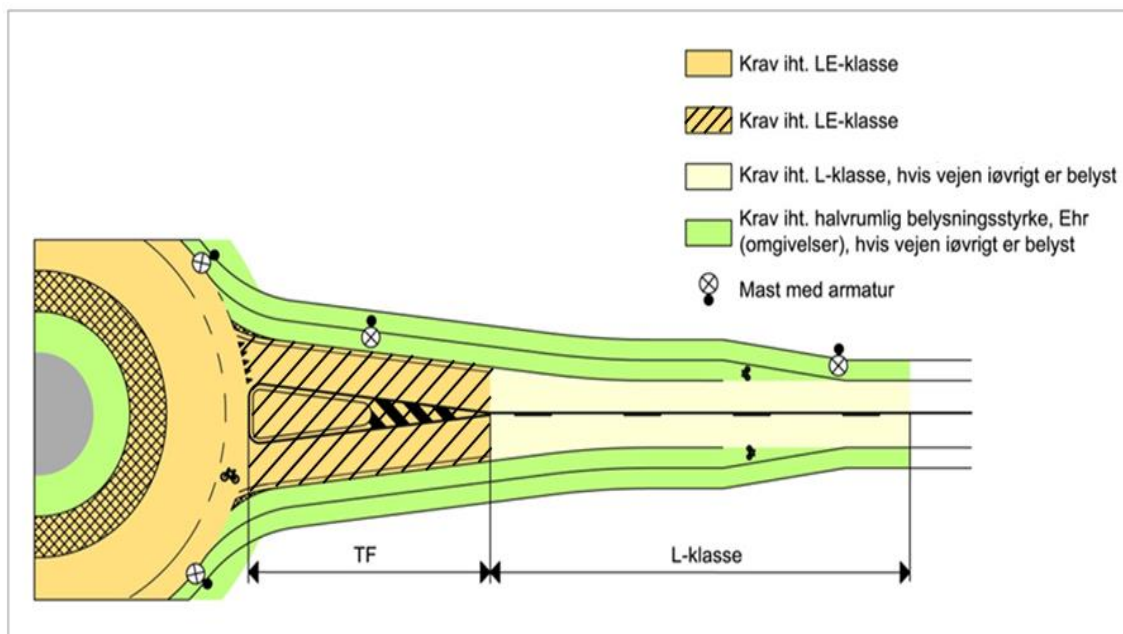
Figur 5.14 Eksempel på en rundkørsel, hvor tilstødende veje krydses af cykelstier.

Stoppesteder og lign. samt cykelstiudmundinger, sekundære kryds og indkørsler til pladser tæt ved rundkørsler bør være velbelyste sammen med kørebanen disse steder. Der anvendes samme LE-klasse som i rundkørslen.

Ved kritiske steder, som ved cykelstiudmundinger og stoppesteder, bør armaturerne placeres med henblik på ekstra god belysning af de kritiske steder. Dette kan føre til afvigelse fra de eksempler på masteplaceringer, der er angivet i 5.12 og 5.14.



Figur 5.15 Rundkørsler i åbent land belyses. Et eksempel med fodgængerfelt.



Figur 5.16. Eksempel på rundkørsel, hvor cykelstien føres ud på vejen et stykke fra rundkørslen.

Opmærksomheden henledes på, at masteplaceringer skal sikre god "visual guidance" af trafikanter, og ikke skabe forvirring ved at skifte vejside.

5.6.2 Minirundkørsler og rundkørsler på lokalveje

Minirundkørsler belyses som øvrige rundkørsler, hvor kravet til belysning af de yderste 3,5 m af midterøen udgår, da midterøen er erstattet af et cirkulært overkørselsareal, som er omfattet af LE-klassen.

Rundkørsler på lokalveje belyses til samme belysningsklasse som vejen, fx E1 eller E2.

5.7 Lokalveje

Lokalveje i bymæssige områder bør belyses. Belysningen bør som minimum omfatte de perioder af døgnet, hvor lokalvejen benyttes til væsentlig færdsel. Der anvendes belysningsklasser som anført i Figur 5.17.

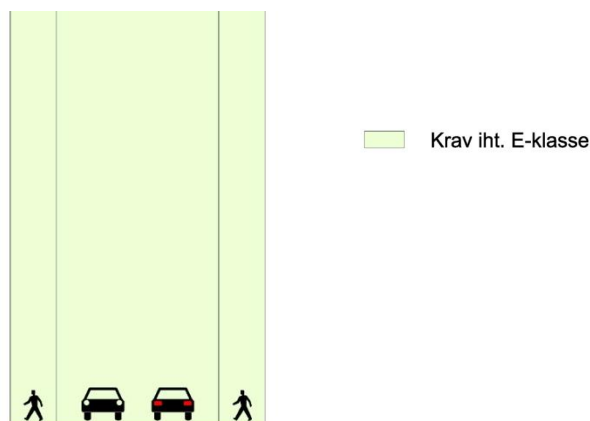
Belysningsniveauet kan dæmpes i trafiksvage perioder iht. afsnit 6.

Lokalvejens beliggenhed	Belysningsklasse på lokalveje
Tæt, høj bebyggelse	E1
Lav eller spredt bebyggelse	E2

Figur 5.17 Belysningsklasser på lokalveje.

Der kan være lokale regler, som fastsætter belysningsklasser som "+" med bedre regelmæssighed.

Belysningsklasserne omfatter det samlede færdselsareal omfattende kørebane samt eventuelt fortov, cykelsti, sideareal (typisk 1-1,5 m) og mellemliggende rabatter. Ofte vil hele arealet mellem vejskellene i hver side være omfattet fx i tilfælde, hvor der i rabat er ubefæstet (trådt) sti i græsareal.



Figur 5.18 Lokalvej. Arealer, hvor der stilles belysningskrav iht. E-belysningsklasser. Bemærk, at gangareal/sideareal kan være græsareal uden egentlig belægning.

Hvor der etableres belysning på "2-1 vej", belyses den som almindelig tosporet vej.

Lokalveje i åbent land belyses normalt ikke.

5.8 Stier, fodgængerområder og -gader samt parkeringspladser

Stier i bymæssige områder opdeles mht. belysning i to typer, nemlig stier, der indgår i et egentligt færdselsnet, og rekreative stier.

Et egentligt færdselsnet omfatter de stier, som ifølge vejplanlægningen er tiltænkt en rolle i afviklingen af stitrafik eller som i praksis viser sig at have den rolle. Se "Håndbog i Trafikplanlægning i byer", 1. juli 2015.

Belysningsklasse på stier mv.	
Supercykelstier ¹⁾	Minimum E2+
Stier i egentligt færdselsnet	E2
Rekreative stier	ingen krav
Fodgængerområder/gader	minimum E2 eller E2+
Parkeringspladser ²⁾	minimum E4
¹⁾ Belysningsklasse E1+ kan anvendes på supercykelstier med tæt cykeltrafik	
²⁾ Hvis parkeringspladsen har karakter af arbejdsplads, henvises til DS/EN 12464-2 – fx pladser ved storcentre, hvor der indsamles indkøbsvogne	

Figur 5.19 Belysningsklasser på stier, fodgængerområder og -gader samt parkeringspladser.

5.8.1 Supercykelstier

Supercykelstier kan have en særlig rolle i et færdselsnet både inden for og uden for bymæssige områder. Det bør derfor overvejes at belyse supercykelstier for at fremme trafiksikkerheden og anvendelsen af stien, ikke bare inden for, men også uden for bymæssige områder, hvor stier normalt ikke belyses. Der anvendes belysningsklasser som anført i Figur 5.19.

Ved belysning af supercykelstier bør sidearealer belyses tilstrækkeligt til at sikre tryghed for trafikken på supercykelstien. Det anbefales at medregne min. 1,5 m sideareal i begge sider.

5.8.2 Stier i bymæssige områder

Stier for fodgænger-, cykel- og knallertrafik bør belyses, når de indgår i et egentligt færdselsnet, og som minimum i de perioder af døgnet, hvor de fungerer som led i det egentlige færdselsnet. Der anvendes belysningsklasser som anført i Figur 5.19. Belysning af stierne skal sikre, at de også benyttes efter mørkets frembrud og dermed understøtter intentionerne med stierne.

De perioder af døgnet, hvor de fungerer som led i det egentlige færdselsnet, er kendetegnet ved, at der forventes at være trafik på stien, fx til/fra tog, bus eller letbaneruter, forretninger, offentlige bygninger, skole eller fritidsfaciliteter.

5.8.3 Rekreative stier

Rekreative stier anvendes fx til fritidsaktiviteter, løbe, gå- og cykelture eller lignende. På sådanne stier lægges der mindre vægt på sikkerhed og tryghed til gengæld for den mere naturlige oplevelse af omgivelserne og nattehimmelen. Hvis sådanne stier belyses, behøver det kun at være punktvis (som "ledestjerner"), så stiens forløb tegnes.

Stier i åbent land belyses normalt ikke. Hvis de belyses, anvendes belysningsklasse E4.

5.8.4 Fodgængerområder og p-pladser

Fodgængerområder samt parkeringspladser i tilslutning til belyste veje belyses. Der anvendes belysningsklasser som anført i Figur 5.19.

5.8.5 Cykelstibomme

Cykelstibomme ved afslutning eller udmunding af stier skal altid belyses jf. "Cirkulære om etablering af dobbeltrettede cykelstier langs vej", CIR nr. 95 af 6. juli 1984. Der skal anvendes minimum belysningsklasse E2.

5.8.6 Eksempler på sti beregningsfelter

Separat sti

Beregningsfeltet omfatter selve stiarealet og tilstrækkelige sidearealer til, at der skabes trygge omgivelser for trafikken på stien. (typiske sideareal på 1-1,5 m i hver side)



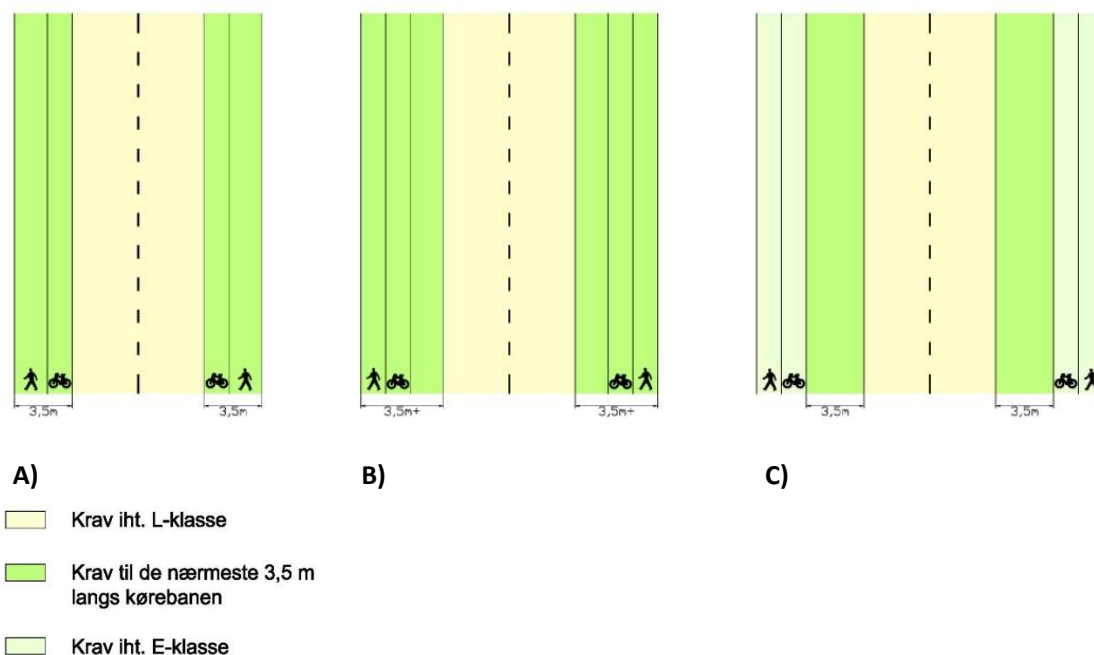
Figur 5.20 Eksempel på separat sti. Arealer, hvor der stilles belysningskrav iht. E-belysningsklasser.

Stier i forbindelse med vej

Stier langs belyste trafikveje vil ofte blive belyst af den almene vejbelysning.

Her er fortov og cykelsti inden for krav til belysning af sidearealer på 3,5 m, de grænser op til kørebanen og ligger tæt op ad hinanden. Her skal der normalt ikke foretages kontrolberegning af stibelysning i eksempel A i Figur 5.21, hvorimod der skal foretages kontrolberegning for eksempel B og C.

Ellers behandles stier som separate stier. Eksempel C, hvor der laves selvstændig E-klasseberegning for cykelsti og fortov, da de er uden for sidearealet på 3,5 m.



Figur 5.21 Eksempel på sti langs trafikvej. Areal med krav til belysningsklasser.

5.9 Fodgængerfelter

Fodgængerfelter skal være belyst, enten af den normale vejbelysning eller af særskilt belysning, jf. Cirkulære om vejbelysning, CIR nr. 152 af 12/10/1999. Ved særskilt belysning anvendes belysningsklasser i henhold til *Figur 3.4*.

På veje, der er belyst med lavere niveau end svarende til klasserne L7b, LE5 og E1 samt på ubelyste veje, skal fodgængerfelter altid belyses af særskilt belysning til belysningsklasse F2.

På veje, der er belyst svarende til klasserne L7b, LE5 og E1 eller mere, skal kun fodgængerfelter med en kritisk beliggenhed belyses særskilt. Dette kan være tilfældet ved fodgængerfelter på frie strækninger. Beliggenheden kan også give anledning til særskilt belysning af fodgængerfelter, når der er generende lys fra omgivelserne, når fodgængerfeltet ikke kan ses på en rimelig afstand, eller hvor der optræder andre komplicerede forhold.

Særskilt belysning kan almindeligvis undlades, når fodgængerfeltet er signalreguleret, eller når fodgængerfeltet ligger ved en rundkørsel eller på tværs af en vej ved dennes udmunding i en vej med højere prioritet.

Når der etableres særskilt belysning af fodgængerfelter på veje, der er belyst til et niveau, der svarer til klasse L7b, LE5 og E1, kan den særskilte belysning være til klasse F2. I vanskelige tilfælde, og når vejen er belyst til et højere niveau, bør den særskilte belysning dog være til klasse F1.

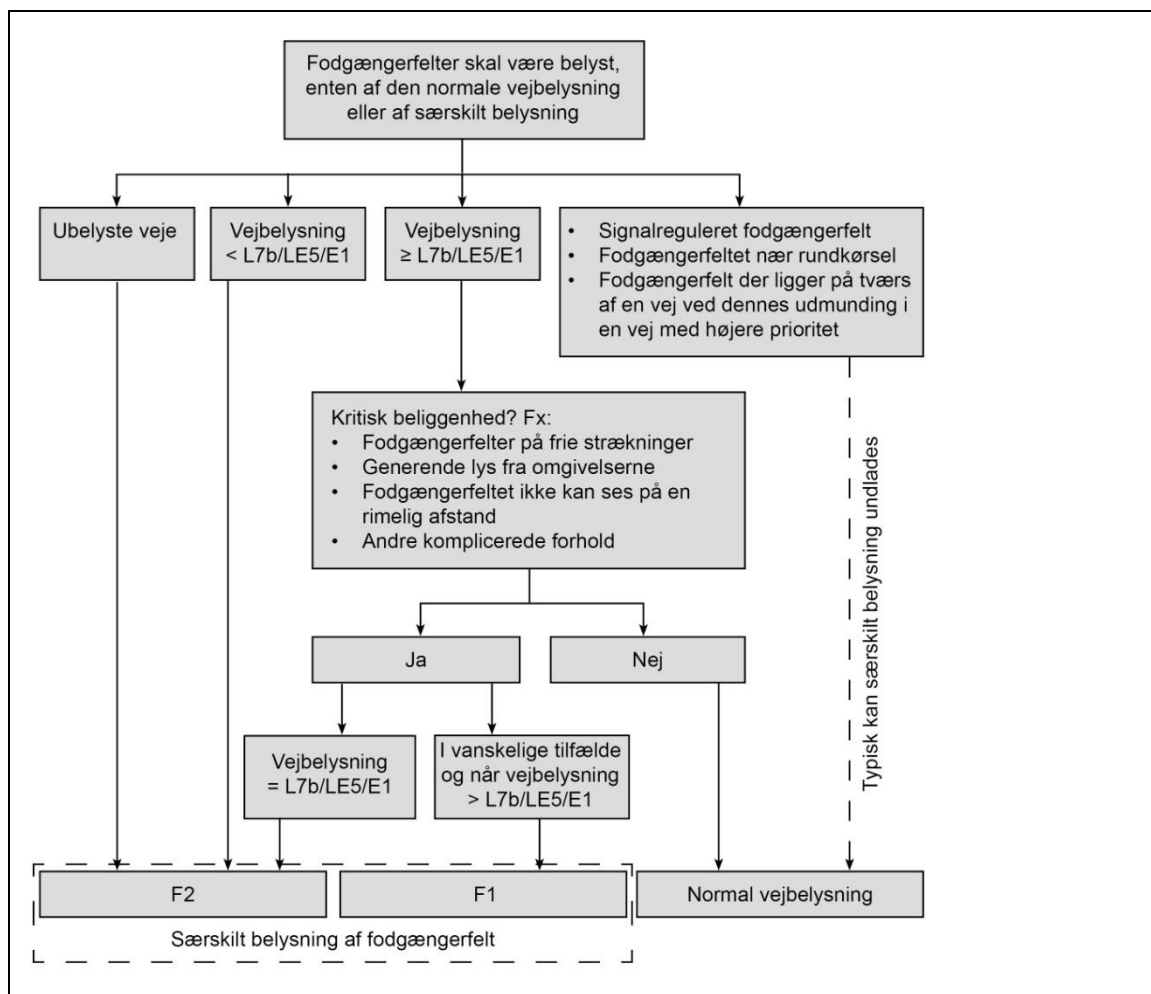
Hvis et fodgængerfelt belyses med flere armaturer, anvendes der for hver kørselsretning mindst ét armatur placeret i en vandret afstand af mindst 0,5 m foran fodgængerfeltets forreste begrænsning set i kørselsretningen.

Til fodgængerfeltbelysning benyttes armaturer i afskærmningsklasse G4 eller højere (se afsnit 3.22).

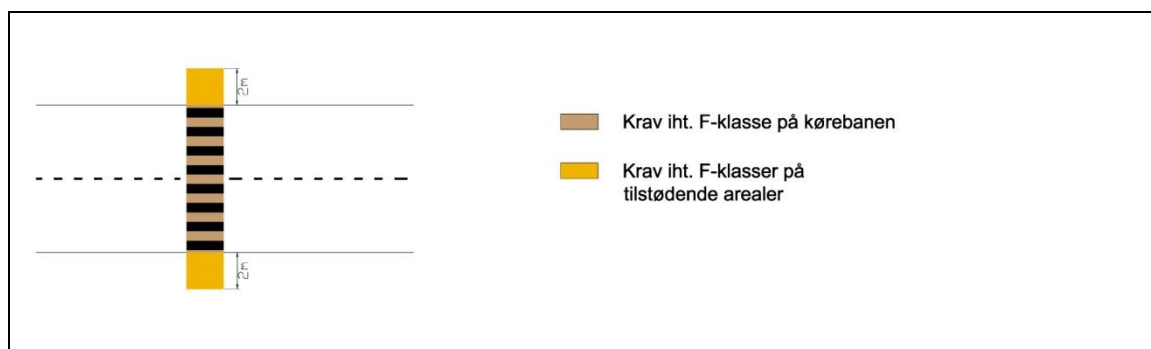
For at øge fodgængerfeltets synlighed, kan der anvendes opalt lysende armaturer.

I fodgængerfelter, der belyses udelukkende af den almene vejbelysning, skal armaturerne placeres hensigtsmæssigt i forhold til fodgængerfeltet, fx med mindst ét armatur foran fodgængerfeltets forreste begrænsning set i kørselsretningen.

Figur 5.22 giver en skematisk vejledning i valg af belysning til fodgængerfelter og Figur 5.23 viser de arealer, der er omfattet af belysningsklassernes krav.



Figur 5.22 Diagram for valg af belysning af fodgængerfelter.



Figur 5.23 Eksempel på fodgængerfelt med særskilt belysning. Arealer, hvor der stilles belysningskrav iht. F-belysningsklasser.

5.10 Stoppesteder og buslommer

På belyste veje skal stoppesteder og buslommer, inkl. opholds- og ventearealer for passagerer, belyses enten af den eksisterende vejbelysning eller af særskilt belysning.

Vejbelysningen giver normalt tilstrækkelig belysning ved stoppesteder og buslommer - både på vej og fortov. Masteplaceringen bør dog tilpasses, så stoppestedet belyses godt, dvs. at masterne placeres nær stoppestedet og buslommen. Krav til belysningen på vejen, fortov og øvrige gangarealer fremgår af ovenstående afsnit.

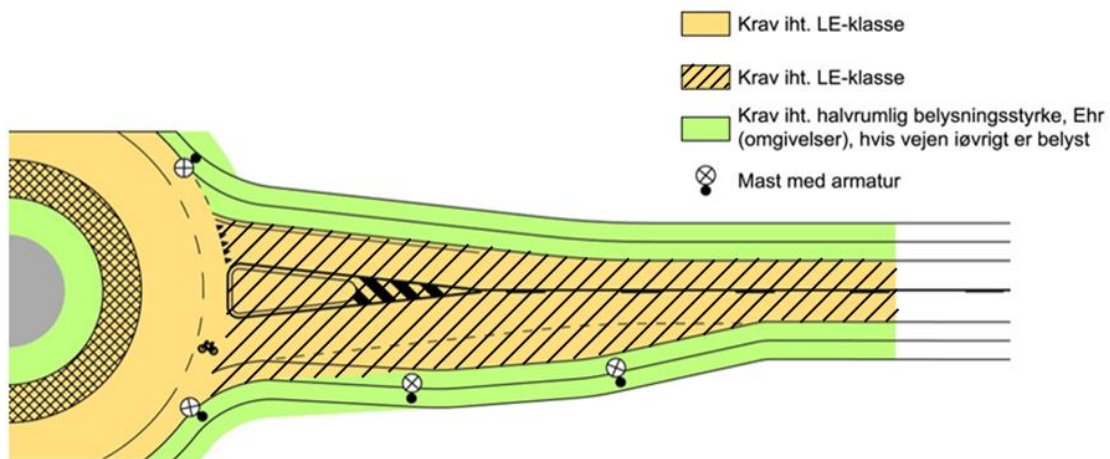


Figur 5.24 Ved stoppesteder tilpasses masteplaceringen, så stoppestedet er godt belyst.

Stoppesteder og buslommer i åbent land belyses normalt ikke, men visse placeringer kan gøre belysning nødvendig.

Stoppesteder og buslommer, inkl. opholds- og ventearealer for passagerer, som ligger tæt op ad belyste kryds eller rundkørsler, belyses i sammenhæng med krydset eller rundkørslen. I de sidstnævnte tilfælde skal belysningen udstrækkes til at omfatte stoppestedet eller buslommen, som vist i Figur 5.25.

Stoppesteder ved motorveje og motortrafikveje, som ligger i tilbagetrukne buslommer, dvs. separeret fra vejen, bør have en særskilt belysning. Som minimum bør belysningsklasse L7b anvendes.



Figur 5.25 En buslomme eller et stoppested tæt på en rundkørsel i åbent land skal være omfattet af rundkørsels belysningsanlæg.

5.11 Hastighedsdæmpende foranstaltninger

Af hensyn til de bløde trafikanter og synligheden skal hastighedsdæmpende foranstaltninger være velafmærkede og velbelyste, enten ved korrekt placering af belysningen på vejen eller med særskilt belysning.

Hastighedsdæmpende foranstaltninger har flader, som hælder eller vender mod kørselsretningen (fx forsiden af bump eller den skrå flade på rabatkantsten). Der sikres lys på sådanne flader ved placering af et armatur lidt foran foranstaltningen.

Når hastighedsdæmpende foranstaltninger findes i en serie (fx et antal bump efter hinanden), bør især den første foranstaltning i kørselsretningen fremhæves ved belysning.

Belysningen udføres, så hele foranstaltningens areal belyses. På gennemfartsveje og fordelingsveje anvendes minimum belysningsklasse LE5.

Belysningen af en hastighedsdæmpende foranstaltning som fx et bump, kan tilvejebringes af ét armatur. Der fås dog en bedre løsning ved at anvende to armaturer, ét i hver vejside anbragt så belysningen er kraftigst ved begyndelsen af foranstaltningen og kraftigst på bumpets forside.

5.12 Sideanlæg mv.

Sideanlæg omfatter serviceanlæg, Infotera og rasteplasser.

Normalt belyses sideanlæg kun, når de har en vis størrelse og et vist udstyr (der som minimum omfatter toiletfaciliteter). Større sideanlæg ligger som regel i åbent land.

Hvis der foregår kriminalitet, eller hvis brugerne føler sig utrygge i mørketiden, kan dette eventuelt afhjælpes med belysning.

Belysning til orientering kan være relativt svag, mens belysning til nedsættelse af risikoen for kriminalitet bør være relativt kraftig.

Hvis et sideanlæg belyses, anvendes belysningsklasser som angivet i *Figur 5.26*. Belysningen indrettes, så den har minimale virkninger over for omgivelserne; specielt når der er tale om sideanlæg i åbent land.

Belysningen bør sikre overblik over sideanlæggets udstrækning og indretning, give belysning til almindelig færdsel, skabe tryghed samt give mulighed for mindre "service" af køretøj, bagage mv.

Alle faciliteter fx tømmeanlæg og vandposter bør belyses således, at de kan benyttes i mørke.

Belysningsklasse for Serviceanlæg, Infoteria og rastepladser	
Kørebanearealer	LE5 (eller L7b)
Parkeringspladser	E2
Gangarealer, perifere	E2
Gangarealer, centrale	E1
Afskærmningsklasse for armaturer nær motor-/motortrafikvej	minimum G4
Blændingstalsklasse	minimum D5

Figur 5.26 Belysningsklasser på serviceanlæg, Infoteria og rastepladser, hvis disse belyses. De dele af kørebanearealerne, hvor synsretningen varierer, og hvor der findes naturlige gangruter, der krydser kørebanearealet, belyses til LE5, mens kørebanearealer, hvor trafikken er ensrettet, og hvor der ikke er krydsende gående, belyses til L7b.



Figur 5.27 Rastepladser ligger ofte af sides, og belysning kan øge trygheden og komforten for pladsens brugere.

5.13 Samkørselspladser, Parker & Rejs og busterminaler

5.13.1 Samkørselspladser og Parker & Rejs

Hvis samkørselspladser belyses, så bør det minimum være til belysningsklasse E4.

På steder, hvor der er særlige behov for en tryghedsskabende eller kriminalitetshæmmende belysning, anvendes belysningsklasse E2.

5.13.2 Busterminaler

Busterminaler belyses. Generelt anvendes minimum belysningsklasse LE5. På centrale områder, som ikke for snævre zoner omkring på- og afstigningsområderne samt naturlige gangruter, der krydser kørebanearealet og lignende, anvendes minimum belysningsklasse LE4, mens der for gangarealer i øvrigt anvendes belysningsklasse E2.

Hvis kravet til minimum LE5 på kørebanearealer har stærkt uheldige konsekvenser for belysningsanlæggets udformning på store busterminaler, kan kørebanearealer, der ikke er omfattet af de centrale områder, belyses til E1.

Eventuelle fodgængerfelter belyses iht. afsnit 5.9.

5.14 Broer

Veje og stier på vejbroer belyses, hvis:

De tilstødende veje og stier er belyst

Vejbroen har en længde på ca. 60 m eller mere, og der er adgang for bløde trafikanter. Dette gælder uanset, om vejen i øvrigt er belyst. Tilhørende rampestrækninger bør også belyses, hvis skrænter til siderne er høje og stejle og tæt på fortov, cykelsti eller kørebane.

Stibroer belyses.

På broer belyses vejen efter samme belysningsklasse som den tilstødende vej. Stier på gang- og cykelbroer belyses til minimum samme belysningsklasse som den tilstødende sti.

Fører broen over vand, er det vigtigt, at belysningen udføres, så lysindfaldet ned på vandet er minimalt.

For belysning på veje under broer; se afsnit 5.16.



Figur 5.28 Stibro belyst med armaturer integreret i rækværk.

5.15 Stitunneller

Belysningen i stitunneller har som primært formål at skabe sikkerhed og tryghed for cyklister og fodgængere. På samme måde som vejunderføringer jf. afsnit 5.166, bør belysningen af stitunneller bl.a. afhænge af deres længde.

På stier i et egentligt trafiksystem belyses stitunneller altid om natten, også selvom stien i det fri ikke er belyst. Det bør her overvejes at etablere lys på begge sider af tunnelen for at øge trygheden. Se figur 5.31

Om der er behov for belysning om dagen, afhænger udover længden også af arealet af stitunnellens åbning. Som hovedregel bør stitunneller have belysning om dagen, hvis: Længden er større end $10 \times \sqrt{\text{åbningsarealet}}$, stitunnellens åbning ligger lavt i forhold til omgivelserne, eller der er meget høj beplantning eller høje bygninger, som omkranser åbningen og derved får åbningsarealet til at synes mindre på afstand, selvom ovennævnte forhold mellem længde og åbning ikke er opfyldt, eller hvis stitunnelen er udformet (fx med krumning eller knæk), således at der ikke er tilstrækkeligt med dagslys, selvom længden er kortere end ovennævnte anvisning.

Belysningen i stitunnelen kan optimeres ved, at stitunnellens vægge udføres i lyse farver.

Nedenstående tabeller angiver krav til mindste horisontal belysningsstyrke, regelmæssighed og klasser for blænding.

Belysningsklasse for stitunneller uden tilstrækkeligt dagslys		
	Om dagen	I mørke
Ubelyste stier, eller belysning under krav til E2	25 lux med $R \geq 0,25$ D5	4 lux med $R \geq 0,25$ (~E2+) D5
Belyste stier	25 lux med $R \geq 0,25$ D5	8 lux med $R \geq 0,25$ (~E1+) D5

Figur 5.29 Belysning af stitunnel uden dagslys.

Er stitunnelen udformet, så der kommer tilstrækkeligt med dagslys ind, kan belysning om dagen undlades.

Belysningsklasse for stitunneller med tilstrækkeligt dagslys		
	Om dagen	I mørke
Ubelyste stier, eller belysning under krav til E2	Undlades	4 lux med $R \geq 0,25$ (~E2+) D5
Belyste stier	Undlades	8 lux med $R \geq 0,25$ (~E1+) D5

Figur 5.30 Belysning af stitunnel med tilstrækkeligt dagslys. Her bør det overvejes at etablere lys på begge sider af tunnelen som vist på figur 5.31, hvis stien er ubelyst



Figur 5.31 Belyst stitunnel, der sikrer trygge forhold for gående og cyklende.

5.16 Vejunderføringer og vej tunneller

Vejunderføringer og vej tunneller belyses afhængig af længden og synsforholdene.

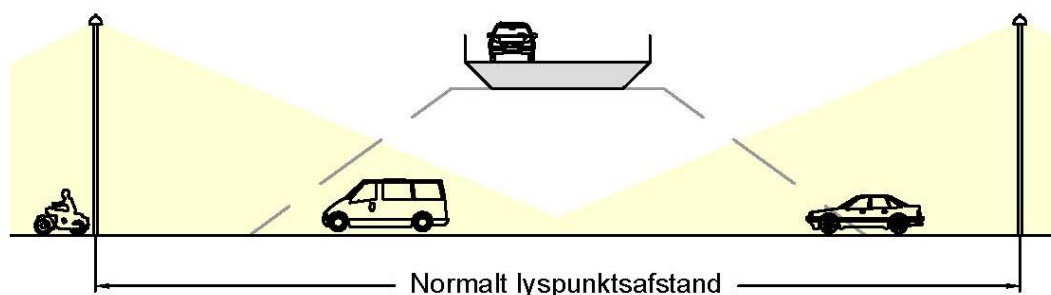
I det følgende er beskrevet korte vejunderføringer og tunneller, og her benævnes vejunderføringer og vej tunneller under ét som vejunderføringer.

For andre vejunderføringer og for yderligere information henvises til "NVF Rapport nr. 4/1995 Belysning af vej tunneller".

5.16.1 Vejunderføringer (længde op til ca. 20 m)

En kort vejunderføring giver en kort "afbrydelse" i belysningen fra vejens belysningsanlæg. En sådan kort "afbrydelse", hvor vejen er mørk, anses ikke for at forringe trafiksikkerheden, hvis personer og genstande foran og i vejunderføringen kan ses på baggrund af den bagvedliggende belyste kørebane.

Vejunderføringer på op til ca. 20 m belyses normalt ikke særskilt. Ligger vejunderføringen på en belyst vej, vil en hensigtsmæssig placering af belysningsmaster på vejen sikre belysning under vejunderføringen om natten, se Figur 5.30. Vejunderføringer under stier og under normale to-/tresporede veje er i denne kategori.



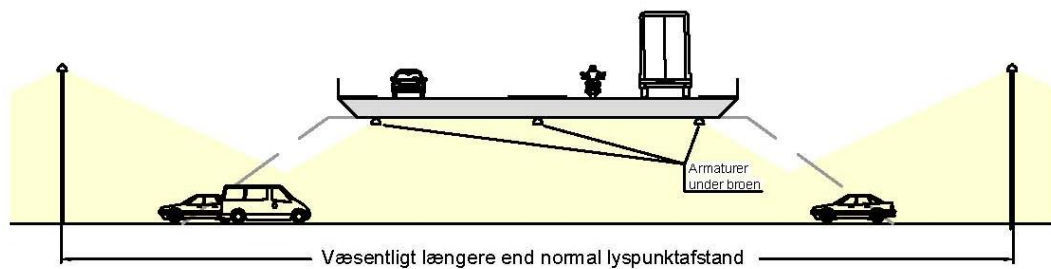
Figur 5.32 Korte vejunderføringer kan dækkes af vejbelysningens normale lyspunktafstand.

5.16.2 Vejunderføringer (længde ca. 20-60 m)

Vejunderføringer med en længde på ca. 20-60 m belyses om natten med en særskilt belysning, hvis den øvrige strækning er belyst. Se *Figur 5.33*.

Under korte vejunderføringer med gode oversigtsforhold belyses nødsporet, så eventuelle holdende trafikanter under broen kan ses. Belysningsniveau og regelmæssighed bør svare til de anvendte niveauer på den tilstødende vej.

Længere vejunderføringer, krumme vejunderføringer eller vejunderføringer med dårlige oversigtsforhold belyses i hele kørebanens bredde til samme eller en belysningsklasse over niveauet for den øvrige vejstrækning.



Figur 5.33 Brede broer bryder lyspunktafstanden på den underførte vej, hvorfor der etableres særskilt belysning.



Figur 5.34 Vejunderføring med egen belysning. Armaturerne er monteret i loftet.



Figur 5.35 Kortere underføringer under en bro med belyst nødspor og cykelsti. På den overførte vej er belysningsanlægget integreret i broens og støjskærmens design.

5.16.3 Vejunderføringer (længde ca. 60-120 m)

Vejunderføringer med en længde på ca. 60-80 m belyses som beskrevet herunder.

Vejunderføringer med en længde på ca. 80-120 m belyses også som beskrevet herunder, hvis sigtforholdene er gode. Vejunderføringer med dårligere synsforhold belyses iht. NVF Rapport nr. 4/1995 "Belysning af vej-tunneler".

Sigtforholdene regnes for at være gode, hvis udkørslen er fuldt synlig i stopsigtelængden fra indkørslen og arealmæssigt fylder mindst 2° i synsfeltet. Kontrollen kan udføres således:

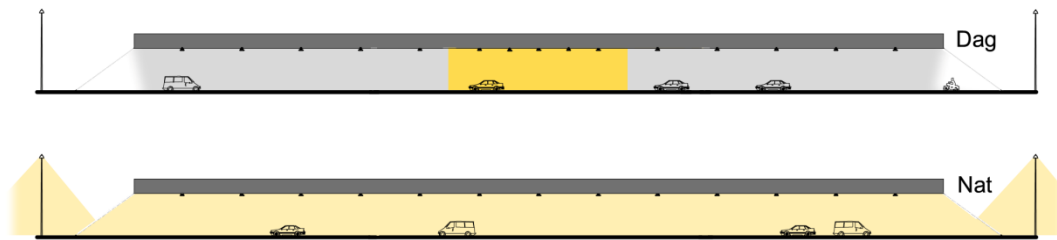
Det areal A, der udgøres af et 2° synsfelt ved en afstand D, kan beregnes ved $A = \pi \cdot (D \cdot \pi / 180)^2 = 0,000957 \cdot D^2$

Afstanden D findes som summen af underføringens længde og stopsigtelængden. Herefter bestemmes arealet A, og det kontrolleres, at udkørselens areal bestemt som højde gange bredde er mindst lige så stort. Hvis udkørselens bredde er mere end det dobbelte af højden, benyttes en bredde på det dobbelte af højden.

Denne fremgangsmåde er kopieret fra DIN 67524-1:2019 "Beleuchtung von Straßentunneln und Unterführungen – Teil 1: Allgemeine Gütemerkmale und Richtwerte", hvor den dog er udtrykt lidt anderledes.

Om natten belyses vejunderføringen i hele længden med en belysningsklasse, der er én klasse højere end belysningen på den øvrige vejstrækning. Hvis den øvrige vejstrækning er ubelyst, belyses vejunderføringen med belysningsklasse L5.

Om dagen belyses vejunderføringen i en zone i midten af vejunderføringen på 30-40 meters længde. Ved fuldt dagslys (svarende til ca. 20.000 lux i det fri) belyses denne midterzone til en kørebaneluminans på 200 cd/m². I dagslys med mørkt vejr (svarende til ca. 5.000 lux i det fri) belyses midterzonen til en kørebaneluminans på 60 cd/m².



Figur 5.36 Vejunderføringer, som om dagen belyses kraftigt i en zone i midten og om natten i hele længden, men med et lavere niveau.

5.16.4 Indkørselszonen

NVF Rapport nr. 4/1995 "Belysning af vejttunneller" beskriver belysning både om dagen og om natten.

Om dagen kræves en kraftig belysning i indkørselszonen, som strækker sig fra tunnelåbningen og indad i en længde lig med stopsigtelængden. Derefter følger en overgangszone, hvor belysningen gradvist sænkes til det foreskrevne niveau i tunnelens indre zone.

Belysningen i indkørselszonen og dele af overgangszonen kan helt eller delvist erstattes af et dagslysgitter, som strækker sig frem foran tunnelåbningen.

Denne løsning er anvendt i nogle danske tunneller og har den fordel, at der opnås store besparelser på belysningsanlægget og elforbruget.

Der henvises til afsnit 11 i NVF Rapport 4 for en nærmere beskrivelse af fordele og ulemper.



Figur 5.37 Længere vejttunnel med dagslysgitter i indkørselszonen.

5.17 Udformning af belysningsanlæg

5.17.1 Masteopstilling og lyspunkthøjde

Der anbefales mastehøjder og placeringer som angivet efterfølgende:

Vejtype	Lyspunkthøjde	Masteplacering
Motor- og motortrafikveje	Højst 10 m	I midterrabat. Eventuelt tosidig i siderabatter.
Til- og frakørsler ved motor- og motortrafikveje	Højst 8 m	Ensidig
Større trafikveje	Højst 10 m	Ensidig ¹⁾ eller wireophæng
Mindre trafikveje	Højst 8 m	
Større lokalveje	Højst 6 m	
Mindre lokalveje	Højst 5 m	
Supercykelstier	Fra 3,5 til 5 m ²⁾	Ensidig
Stier	Fra 2,5 m til 4 m ²⁾	Ensidig
¹⁾ I bymæssig bebyggelse, i beplantede områder og i tilfælde, hvor de lystekniske krav ikke kan opfyldes med en ensidig masteplacering, kan en tosidig masteplacering benyttes. ²⁾ I særlige tilfælde, hvor det kræves af hensyn til omgivelserne, eller hvor der ønskes en markering af et stiforløb eller lignende, kan der anvendes lavere lyspunkthøjde end 2,5 m.		

Figur 5.38 Lyspunkthøjde og masteplacering.

Passiv sikkerhed

Master, der placeres inden for sikkerhedszonen, udføres som eftergivelige, medmindre de på anden vis er beskyttet mod påkørsel, fx ved placering bag autoværn.

For uddybende information om sikkerhedszoner og anvendelse af eftergivelige master henvises til "Grundlag for udformning af trafikarealer" afsnit 6.5 "Yderzoner". Her defineres Sikkerhedszoner og minimum krav til afstand til faste genstande og "Håndbog i anvendelse af eftergivelige master"

Lyspunkthøjde

Mastehøjder bør altid tilpasses vejbredden og være lavere end omgivelserne, så armaturerne ses med bygninger eller træer som baggrund og ikke med himlen som baggrund - dvs. man bevarer det frie udsyn til himlen, og masterne ikke bliver et dominerende element i bybilledet.

Valget af mastehøjde bør tilpasses konkret til den enkelte vejstrækning.

I et vejssystem skal mastehøjden følge vejens betydning, så belysningsanlæg på veje af mindre betydning har lavere lyspunkthøjde end anlæg på veje af større betydning.

Armaturer, som placeres over kørebanen, anbringes med en fritrumshøjde på mindst 7 m.



Figur 5.39 Til venstre et anlæg, som højdemæssigt ikke er tilpasset vejbredde og omgivelser. Til højre et højdemæssigt bedre anlæg, der opleves som diskret og i skala med bebyggelsen.

5.17.2 Armaturer

Generelt

Dokumentet "LED Luminaires – requirements" beskriver krav til armaturer og anvendes i forbindelse med projekter på statsvejnettet.

Dokumentet er udarbejdet ved fælles Nordisk samarbejde mellem Sverige, Norge, Finland og Danmark. Dokumentet opdateres jævnligt, og nyeste version kan ses på nmfv.dk → Vej- og tunnel belysning.

Lysfordeling

Et armaturs lysudsendelse beskrives ved en lysfordeling, som er en tabel for armaturets lysstyrker i retninger, der er fastlagt i et vinkelkoordinatsystem.

For armaturer med LED betragtes lyskilde og armaturer som regel som ét samlet system. For armaturer angives lysfordelinger som regel i candela pr. 1000 lumen armatur eller lyskilde-lysstrøm (cd/klm).

For armaturer, som anvendes til belysningsformål, skal der foreligge retvisende og nøjagtige målinger af lysfordelinger i form af fotometriske filer i et internationalt accepteret standardformat.

Internationalt accepterede standardformater for fotometriske filer er fx EULUMDAT (.ldt).

De fotometriske filer anvendes til lysberegningen for dokumentation af, at belysningsklasserne og eventuelt andre krav er opfyldt.

Armaturers fjernvirkning

På steder, hvor det er særligt vigtigt at tage hensyn til belysningsanlæggenes fjernvirkning (dvs. anlæggenes synlighed på afstande over 100 m), anvendes armaturer i afskærmningsklasse G*4 eller højere.

På trafikveje, kryds og rundkørsler mv. samt til- og frakørsler ved motorveje anvendes armaturer i afskærmningsklasse G*4 eller højere.

For beskrivelse af afskærmningsklasser se afsnit 3.2.

Generelt anbefales anvendelse af armaturer med plan skærm.

Hældningsvinkel og udlæg af arm

Armaturleverandørens anbefaling for udformning af arm, herunder hældningsvinkel, diameter og armaturstuds, bør som udgangspunkt følges, da armaturer i mange tilfælde er tiltænkt et bestemt design og udformning af arm.

Lystekniske og æstetiske forhold kan nødvendiggøre et udlæg eller en vis hældningsvinkel.

Generelt anbefales følgende:

Udformning	Udlæg	Hældningsvinkel af armaturstuds
Lige arm	0,1-0,5 m	0°
	0,5-1,0 m	3°
Buet arm	0,3-0,5 m	0°

Figur 5.40 Udformning, udlæg og hældningsvinkel af armaturstuds.

Større hældninger er uønskede af hensyn til begrænsning af fjernvirkning, ubehagsblænding og spildlys på omgivelserne.

Ved mastearme >0,5 m anbefales en begrænset hældning. Vandret montage fører til et indtryk af, at arm og armaturer "hænger nedad".



Figur 5.41 Til venstre et anlæg med "uglomme" lange mastearme. Til højre et mere veltilpasset anlæg.

Beskyttelse mod vandalisme

Hvor der er risiko for vandalisme, anvendes armaturer med en høj beskyttelsesgrad mod ydre mekaniske slag (IK-kode). Beskyttelsesgrader (IK-koder) fremgår af afsnit 8.3.

Der kan anvendes armaturer med beskyttelsesgrad IK06, når lyspunkthøjden er mellem ca. 4 m og ca. 7 m.

Der bør anvendes armaturer med beskyttelsesgrad IK10, når lyspunkthøjden er mindre end ca. 4 m.

5.17.3 Lyskilder

Til nye anlæg anvendes der stort set udelukkende LED-pakker/moduler, som har:

- en høj effektivitet målt i lysudbytte (lumen/Watt)
- muligheder for yderligere energibesparelse ved dæmpning og CLO (Constant Light Output)
- en lang levetid på 50.000 til 100.000 timer
- mulighed for god optisk styring af lyset
- mulighed for valg af lysfarve målt ved farvetemperatur i grader Kelvin (K)
- mulighed for valg af farvegengivelse målt ved et farvegengivelsesindeks R_a på en skala fra 0 til 100.

En lysfarve målt ved en farvetemperatur afspejler lysfarven af en sortstråle med den givne temperatur. Fx tilskrives lyset fra solen en farvetemperatur på 6.500 K og lyset fra en standard glødelampe en farvetemperatur på 2.856 K.

Farvegengivelse målt ved et farvegengivelsesindeks R_a på en skala fra 0 til 100 er et mål for muligheden for at skelne farver korrekt i den givne belysning. Fx tilskrives en højtryks natriumlampe en R_a værdi på 24, mens en glødelampe tilskrives en R_a værdi på 100. En R_a værdi på 70-80 anses for at være tilfredsstillende til de fleste formål.

LED-baserede armaturer til vejbelysning leveres typisk med farvetemperaturer på:

cirka 3.000 K, der opleves som varm hvid

cirka 4.000 K, der opleves som neutral hvid

cirka 5.000 K, der opleves som kold hvid (anbefales ikke).

Der findes desuden LED-pakker/-moduler med en endnu varmere lysfarve på 2.200 - 2.700 K.

Der er imidlertid den sammenhæng, at lavere farvetemperatur medfører lavere effektivitet målt ved lysudbyttet. En reduktion af farvetemperaturen fra 4.000 K til 3.000 K medfører således en beskedent reduktion af lysudbyttet på cirka 5 %. En yderligere reduktion af farvetemperaturen medfører et større tab i lysudbyttet.

Ud over farvetemperatur og R_a er farvekvalitet og spredning i lysfarven vigtig. Dette angives i trin efter MacAdam ellipser (SDCM - Standard Deviation of Colour Matching). Ved 1-3 SDCM er det svært at se spredning i farven. Normalt vurderes 5 SDCM for fuldt tilstrækkeligt i udendørs-belysning.

Desuden leveres LED-baserede armaturer til vejbelysning typisk med et farvegengivelsesindeks R_A på 70 eller 80. Her er der den sammenhæng, at en R_a værdi på 80 typisk fører til en yderligere reduktion af lysudbyttet på 10 % i forhold til en R_a værdi på 70.

På sammenhængende trafikveje vælges lyskilder med samme lysfarve på så lange strækninger som muligt.

Valg af LED-moduler må ske efter en afvejning af deres virkninger på det visuelle miljø, driftsomkostninger og energiforbrug og efter en samlet planlægning for større områder.

I Danmark (og det øvrige Norden) foretrækkes normalt en varm hvid lysfarve (farvetemperatur på ca. 3.000 K) eller neutral hvid lysfarve (ca. 4000 K).

Hvor der er gående og/eller cyklende til stede, bør vælges varmt-hvidt lys med nominel farvetemperatur 3000 K og en farvegengivelse, $R_a \geq 70$. Dette er typisk tilfældet på fx veje og kryds inden for byzone, stier, parkerings- og samkørselspladser, sideanlæg, fritliggende fodgængerovergange, fodgængerogader og ved stoppesteder.

I bevaringsværdige byområder, eller hvor særlige hensyn til det visuelle miljø gør sig gældende, anbefales det, at der anvendes lyskilder med et farvegengivelsesindeks R_a på mindst 80.

Hvor der ikke er gående og/eller cyklende til stede, kan vælges neutral-hvidt lys med nominel farvetemperatur 4000 K og en farvegengivelse, $R_a \geq 70$. Dette er typisk tilfældet på trafikveje fx motorveje, motortrafikveje samt kryds og rundkørsler i åbent land. Anvendelse af koldt hvidt lys (farvetemperatur på over 4.000 K) anbefales ikke til vej- og stibelysning.

Det kan også tages i betragtning, at graden af indvirkning på fauna, flora og økosystemer er lavest for lyskilder, hvis udstråling ikke indeholder blå, violet eller ultraviolet lys (bølgelængder under 500 nm).

Tendensen i flere lande går mod lavere farvetemperaturer under 3000 K samt fravalg af det blå spektrum i LED-pakkerne ("Blue-free LED").

I nogle områder bør udstrålingen ikke indeholde dybrødt eller infrarødt lys (bølgelængder over 680 nm). Denne afgrænsning er stærkest for LED-pakker/-moduler med lav farvetemperatur, og i praksis, hvor der skal tages udstrakt hensyn til miljø og natur, bør der vælges gulligt lys med nominel farvetemperatur på ikke over 2000 K og farvegengivelse, $R_a \geq 50$.

5.17.4 Belysning af vejens omgivelser

Det er af betydning for trafiksikkerheden og opfattelsen af vejrummet, at de nærmeste sidearealer, hække, hegn og den nederste del af bygninger får en passende belysning. Derfor skal sidearealer indgå i vurderinger og lystekniske beregninger, når nye anlæg etableres. Direkte belysning af haver og generende belysning ind i rum i boliger ud til vejen bør undgås.

Det forudsættes indirekte, at spildlys fra armaturerne giver en tilstrækkelig belysning på vertikale flader og objekter uden for de arealer, der stilles belysningskrav til.

Når der er bygningsfacader eller bevoksning langs vejen, eller der færdes personer, så har noget af spildlyset derfor en vigtig funktion, og det bør vurderes.

I lukkede byrum som fx gågader er det ofte ønskeligt med en relativt høj belysning af bygningsfacader. Lygter med rumlig lysfordeling kan være velfungerende til dette.

På boligveje med spredt lav bebyggelse ønskes en vis belysning af hække, hegn og personer, men næsten ingen belysning af haver og huse. Små vejbelysningsarmaturer er velegnede hertil, men parklygter kan også anvendes.

I åbne områder kan parklygter være mindre velegnede, fordi deres lys ud i rummet ikke kan udnyttes, men de giver fjernvirkning. Det kan omvendt udnyttes til optisk føring og synliggørelse af stiforløb.

5.17.5 Belysningsanlæggenes påvirkning af omgivelserne

Belysningsanlæggenes visuelle udformning og arkitektoniske indpasning i omgivelserne bør indgå ved etablering af nye anlæg.

Ved et vejforløb med samme vejudformning og samme omgivelser tilrådes en ensartet mastekonstruktion og -opstilling samt lyspunkthøjde, med mindre hensyn til optisk føring eller omgivelser kræver andre forholdsregler.

Når der til den ene vejside er værdifulde udsigter, udføres masteopstillingen ensidigt i den modsatte side af vejen.

I bevaringsværdige byområder tages der særlige hensyn til visuelle og kulturelle værdier.

Belysning af nattehimlen begrænses ved:

Begrænset brug af vejbelysning i åbent land

Valg af belysningsklasser svarende til forholdsvis lave niveauer tilpasset behovet

Begrænsning af fjernvirkning ved brug af armaturer med høj afskærmningsklasse

Dæmpning af belysningen i trafiksvage perioder om natten.

Belysning af nattehimlen bør begrænses yderligere ved brug af armaturer i særligt høje afskærmningsklasser, når dette ikke har stærkt uheldige følger for belysningsanlæggenes økonomi eller udformning.

Selv ved brug af armaturer i afskærmningsklasse G6, som ikke giver direkte belysning af nattehimlen, sker der en indirekte belysning ved refleksion i vejen og dens omgivelser. En middellys vejbelægning reflekterer ca. 25 % af den indfaldende belysning.

5.17.6 Optisk ledning

Armaturer og master må ikke anbringes, så de kan virke vildledende for trafikanterne.

Ved rundkørsler, ændringer af vejforløb og lign. må belysningsanlægget ikke føres direkte igennem, men udføres, så de nævnte trafikale områder markeres på afstand.

Under projekteringen af nyanlæg eller ved ændring af eksisterende anlæg med komplicerede vejforløb, pladser og torve kan det overvejes at udarbejde en 3D visualisering med henblik på en vurdering af visuel orientering og optisk ledning.

6 STYRING OG DÆMPNING AF BELYSNING

6.1 Styling af tænd-/sluktider

Belysningen bør være tændt, når dagslyset ikke er tilstrækkeligt til at sikre gode synsforhold og dermed trafikikkerhed og tryghed. Særligt er det vigtigt med belysning i de mørke morgen- og eftermiddagstimer og i særdeleshed, når de falder sammen med myldretiden. Tændes belysningen for sent eller slukkes den for tidligt, opleves det ofte som generende for trafikanter og borger. Dette skyldes, at behovet for belysning er større ved solopgang og solnedgang, fordi himlen stadig er lys (en stor lys flade), hvilket øger øjets adaptationsniveau (øjets lysfølsomhed) i forhold til adaptationsniveauet om natten. Det opleves derfor, at det er for mørkt nær færdselsarealet, selv om dagslyset giver lige så meget lys, som belysningsanlægget ville give alene. Derfor bør belysningen være tændt, lige så snart den kan bidrage synligt.

Tænd/sluk kan enten ske ved, at belysningsanlægget modtager styresignaler fra centralt sted via styreledninger eller trådløst signal eller fra decentralt sted fx fra en fotocelle og et astronomisk ur.

Det anbefales, at belysningen tændes og slukkes vha. fotoceller ("skumringsrelæer"), som kan stilles til at tænde ved et givet dagslysniveau og slukke ved et andet. Fotocellen monteres højt på en udvalgt mast, sådan at den ikke belyses af armatur eller anden belysning. Fotocellen må ikke placeres under træer eller andet, som skygger for dens funktion (der skal være frit udsyn til himmelrummet fra fotocelle). Fotocellen monteres normalt lodret og orienteres som hovedregel mod nord eller nordøst.

Belysningen bør tændes om aftenen, når belysningsstyrke fra dagslyset er lavere end 30 lux og slukkes, når den om morgenen er over 20 lux, hvis fotocellen er lodret placeret og vendt mod nord eller nordøst.

Ved stor geografisk spredning af belysningsanlægget/anlæggene bør der anvendes flere fotoceller. Hvis der af praktiske grunde af hensyn til fotocellen ikke kan anvendes et lavere sluk-niveau end tændingsniveau, kan de 20 lux øges til fx 35 lux (skal være højere end 30 lux).

Fotocellen bør rengøres regelmæssigt samt udskiftes når udtjent for at opnå optimal funktion af skumringsrelæet. Alternativt kan belysningen tænde hhv. slukke ud fra beregnet solnedgang og solopgang (astronomisk ur). I så fald kan belysningen tændes ved solnedgang og slukkes ved solopgang.

6.1.1 Effektbelysning

Belysning, der udelukkende opfylder et dekorativt formål, kan tænde og slukke uafhængigt af vejbelysningen.

6.2 Dæmpning af belysning

Behovet for belysning afhænger af trafikintensitet og den oplevede tryghed. Derfor kan belysningen dæmpes, når trafikintensiteten ikke er så stor længere, hvis der ikke er særlige tryghedshensyn, der taler imod dette. Belysningsstyrken reduceres i trafiksvage perioder om aftenen og natten ved at dæmpe de enkelte armaturer uden, at regelmæssigheden reduceres tilsvarende. Natlukning af hvert andet armatur bør ikke ske, da belysningens regelmæssighed derved reduceres væsentligt, hvilket forringer synligheden af fx krydsende bløde trafikanter eller genstande på og huller i fortov, cykelsti og kørebane. Belysningen i konfliktzoner dæmpes ikke.

6.2.1 Tidspunkter for dæmpning

Dæmpeperiodens længde og start-/sluttidspunkt er afhængig af vejens funktion, vigtighed og område. Særligt i byerne er det vigtigt med belysning i de mørke morgen- og eftermiddagstimer og i særdeleshed i myldretiden. I disse perioder dæmpes belysningen ikke. Andre forhold vedr. områdets anvendelse og natteliv kan spille ind på valg af dæmpeperiode.

Anvendes en simpel styringsteknologi (fx dæmp i ét trin), vil dæmpning af belysningen de fleste steder være passende mellem kl. 22-05 (vintertid).

Anvendes en mere avanceret styringsteknologi anbefales ligeledes, at dæmpningen som hovedregel ligger mellem kl. 22-05 (vintertid), men det kan åbne op for muligheder for at variere tidsrummet afhængig af fx ugedag og årstid. Af hensyn til den oplevede tryghed kan der fx dæmpes senere fredag og lørdag nat, mens der omvendt kan være mulighed for at dæmpe belysningen i et længere tidsinterval i de tre sommermåneder.

En afvigelse fra det anbefalede dæmpeinterval bør være velbegrundet og vurderes ud fra trafiksikkerhed og oplevet tryghed.

De i kapitlet angivne tidspunkter for dæmpning gælder for vintertid. Er der tale om et avanceret anlæg, hvor det er muligt at ændre på dæmpetiderne ved overgangen til/fra sommertid, kan der dæmpes mellem kl. 22-05 hele året.

Kan der kun indstilles efter et tidssystem, gælder retningslinjerne mht. kl. 22-05 (vintertid) for hele året uagtet, at der skiftes til/fra sommertid, hvor dæmpningen i praksis ændres til 23-06 (sommertid).

6.2.2 Belysning i konfliktzoner dæmpes ikke

Armaturer i og nær konfliktzoner som kryds, rundkørsler, hastighedsdæmpende foranstaltninger, buslommer og lign. omfattes ikke af dæmpning.

Ved fodgængerfelter, som udelukkende belyses af vejens belysningsanlæg, omfattes de armaturer, som bidrager væsentligt til belysning af fodgængerfeltet, heller ikke af dæmpning. Anlæg til særskilt belysning af fodgængerfelter omfattes ligeledes ikke af dæmpning, men belyses ifølge kravene om belysningsklasse.

Det skal være muligt at kunne se evt. krydsende trafikanter eller fx bløde trafikanter, der nærmer sig konfliktzonen i minimum en stoplængdes afstand fra konfliktzonen. Som tommelfingerregel bør de nærmeste 1-2 armaturer før en konfliktzone ikke dæmpes.

Desuden bør det tages i betragtning, at færdselslovens §35 og §36 indebærer, at motorkøretøjer ikke kan parkeres uden tændt positionslys (parkeringslys) og baglygte mod vejens midte, medmindre der er tilstrækkelig belysning til, at de er synlige i tilstrækkelig afstand eller er parkeret på afmærket område for parkering.

6.2.3 Metode for dæmpning

Natslukning af hvert andet armatur bør ikke ske, da belysningens regelmæssighed derved reduceres væsentligt. I stedet anvendes tidsstyret eller kontinuert dæmpning af alle armaturer på nær armaturer i og nær konfliktzoner som nævnt ovenfor.

Dæmpningen af belysningen kan ske ved hjælp af mere eller mindre avancerede teknologier. En enkel form for dæmpning er tidsstyret dæmpning, hvor belysningen dæmpes i ét eller flere trin afhængig af tidspunktet på døgnet. En avanceret form for dæmpning er fx detektering af færdsel og så dæmpe belysningen, når der ikke er færdsel, og omvendt øge belysningsniveauet, når der detekteres færdsel. Imellem disse yderpunkter findes en lang række andre metoder.

Ved de mere avancerede styringsteknologier kan der tages hensyn til varieret behov for belysning i løbet af året eller døgnet, som fx midlertidige hastighedsændringer, vejarbejder, arrangementer og events.

Ved valg af dæmpeprofil (tidspunkter for dæmp) bør lokale forhold altid tilgodeses, og der bør tages højde for skiftet mellem vintertid og sommertid.

Ved valg af løsning er det nødvendigt både at kigge på dæmpebehovet, energibesparelse (modregnet evt. standby forbrug til styringsløsningen) og anlægs- og driftsøkonomi.

Ved dårlig sigtbarhed grundet vejret (fx regnvej og tåge) bør belysningen ikke dæmpes. Det er således en fordel at opsætte fotoceller til måling af den aktuelle mængde dagslys i kombination med den valgte styringsteknologi. Hvis belysningen dæmpes ud fra dagslysmålinger, bør der indarbejdes en forsinkelse, så vejbelysningen ikke fluktuerer op og ned i niveau grundet kortvarige ændringer i dagslysniveau.

6.2.4 Dæmpeskemaer og dæmpeprofiler

I de følgende 3 skemaer fremgår, hvor langt ned man maksimalt bør dæmpe belysningen i forhold til den anvendte belysningsklasse. Dæmpeskemaerne dækker de 3 situationer:

- tidsstyret dæmpning med ét trin (simpel dæmpemetode)
- tidsstyret dæmpning med flere trin (trappemodell)
- trafikstyret/færdselstyret dæmpning.

Alle tre dæmpeskemaer angiver det minimale belysningsniveau i den periode, hvor belysningen er dæmpet maksimalt. Dæmpning sker med udgangspunkt i belysningsklasse og vejtype.

Alle de angivne klokkeslæt er vintertid. Se afsnit 6.2.1 mht. sommertid.

6.3 Tidsstyret dæmpning med ét trin

Tidsstyret dæmpning med ét trin i tidsrummet kl. 23-05 (vintertid) Minimum belysningsniveau i forhold til belysningsklassen									
Belysnings- klasse	Plads	Strøg gade	Rekreativ sti	Trafiksti	Lokalveje	Konflikt zoner	Trafikveje	Motortrafikveje	Motorveje
E1	50 %	50 %	-	50 %	50 %	50 %	-	-	-
E2	50 %	50 %	25% *	50 %**	50 %	50 %	-	-	-
E3	-	-	0 %	-	-	-	-	-	-
E4	-	-	0 %	-	-	-	-	-	-
LE3	-	-	-	-	-	100 %	-	-	-
LE4	-	-	-	-	-	100 %	-	-	-
LE5	-	-	-	-	-	100 %	-	-	-
L2	-	-	-	-	-	100 %	50 %	50 %	-
L4	-	-	-	-	-	100 %	50 %	50 %	-
L6	-	-	-	-	-	100 %	50 %	50 %	-
L7a	-	-	-	-	-	100 %	50 %	50 %	50 %
L7b	-	-	-	-	-	100 %	50 %	50 %	50 %
L1	-	-	-	-	-	-	-	50 %	50 %
L3	-	-	-	-	-	-	-	50 %	50 %
L5	-	-	-	-	-	-	-	50 %	50 %
F1	-	-	-	-	-	100 %	-	-	-
F2	-	-	-	-	-	100 %	-	-	-

Noter:
 På trafikveje, motortrafikveje og motorveje kan der ved komplicerede vejforhold ikke dæmpes så langt ned
 *) For rekreative stier kan der dæmpes ned til 25 %, når normal daglig aktivitet ophører. Så længe stien benyttes aktivt dæmpes til 50 %
 **) Belysning på supercykelstier må ikke dæmpes, hvis de kun belyses til klasse E2.

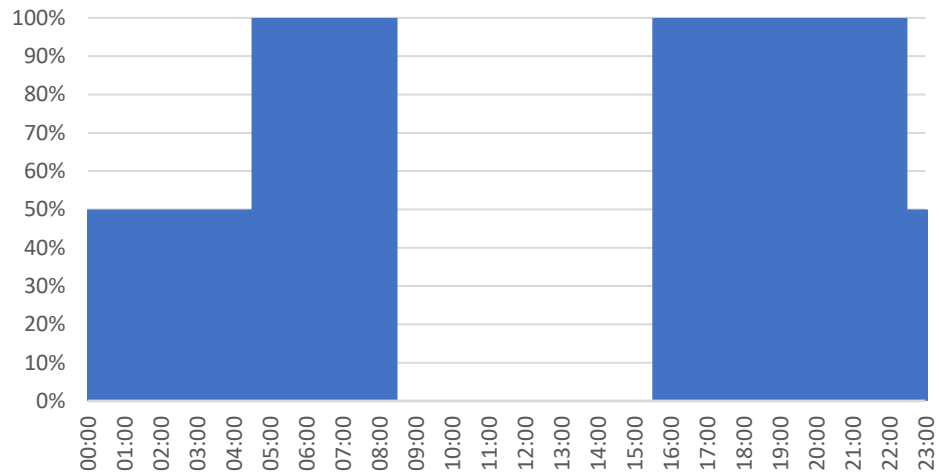
Figur 6.1 Tidsstyret dæmpning i ét trin – Minimum belysningsniveau i forhold til belysningsklasse.
 Belysningen dæmpes i et trin. Kan fx styres af autonome systemer indbygget i armaturets driver og programmeres fra armaturproducenten inden levering af armaturerne.

Eksempel 1: Hvis de lokale forhold tillader det, kan belysningen på en lokalvej belyst til E1 (5,00 lux) dæmpes til 50 % (2,5 lux) i tidsrummet kl. 23-05. Tilsvarende kan en lokalvej belyst til E2 (2,5 lux) dæmpes til 50 % (1,25 lux) i tidsrummet kl. 23-05.

Eksempel 2: I et kryds belyst til LE4 kan belysningen ikke dæmpes, idet belysningsniveauet skal holdes på 100 %.

Eksempel på dæmpeprofil for tidsstyret dæmpning med ét trin

I eksemplet dæmpes der ned til 50 % af det krævede belysningsniveau ml. kl. 23-05. I resten af den tændte periode fra 16 – 08 er belysningen på 100 %.



Figur 6.2 Eksempel på dæmpeprofil med ét trin.

6.4 Tidsstyret dæmpning med flere trin (trappemodel)

Som udgangspunkt bør evt. dæmpning af gadebelysning ligge i tidsrummet 23-05, jf. afsnit 6.2.1. Ved anvendelse af dæmpning med flere trin (trappemodel), kan der mellem klokken 24-04 dæmpes ned til minimumsværdierne angivet i figur 6.3, og ud fra vurdering af lokale forhold kan belysningen evt. dæmpes før kl. 23, dog til højere niveauer end dem i figur 6.1.

Tidsstyret dæmpning med flere trin (trappemodel)									
Minimum belysningsniveau i forhold til belysningsklasse (100 %) i tidsrummet 24-04 (vintertid)									
Værdier gælder for laveste belysningsniveau (nederste trin i trappemodellen)									
Belysnings-klasse	Plads	Strøg gade	Rekreativ sti	Trafiksti	Lokalveje	Konflikt zoner	Trafikveje	Motortrafikveje	Motorveje
E1	40 %	40 %	-	40 %	40 %	40 %	-	-	-
E2	40 %	40 %	0 %	40 %*	40 %	40 %	-	-	-
E3	-	-	0 %	-	-	-	-	-	-
E4	-	-	0 %	-	-	-	-	-	-
LE3	40 %	40 %	-	-	-	100 %	-	-	-
LE4	40 %	40 %	-	-	-	100 %	-	-	-
LE5	40 %	40 %	-	-	-	100 %	-	-	-
L2			-	-	-	100 %	40 %	40 %	-
L4			-	-	-	100 %	40 %	40 %	-
L6			-	-	-	100 %	40 %	40 %	-
L7a	-	-	-	-	-	100 %	50 %	50 %	50 %
L7b	-	-	-	-	-	100 %	50 %	50 %	50 %
L1	-	-	-	-	-	-	-	40 %	40 %
L3	-	-	-	-	-	-	-	40 %	40 %
L5	-	-	-	-	-	-	-	40 %	40 %
F1	-	-	-	-	-	100 %	-	-	-
F2	-	-	-	-	-	100 %	-	-	-

Noter:
 På trafikveje, motortrafikveje og motorveje kan der ved komplicerede vejforhold ikke dæmpes så langt ned
 *) Belysning på supercykelstier må ikke dæmpes, såfremt de kun belyses til klasse E2.

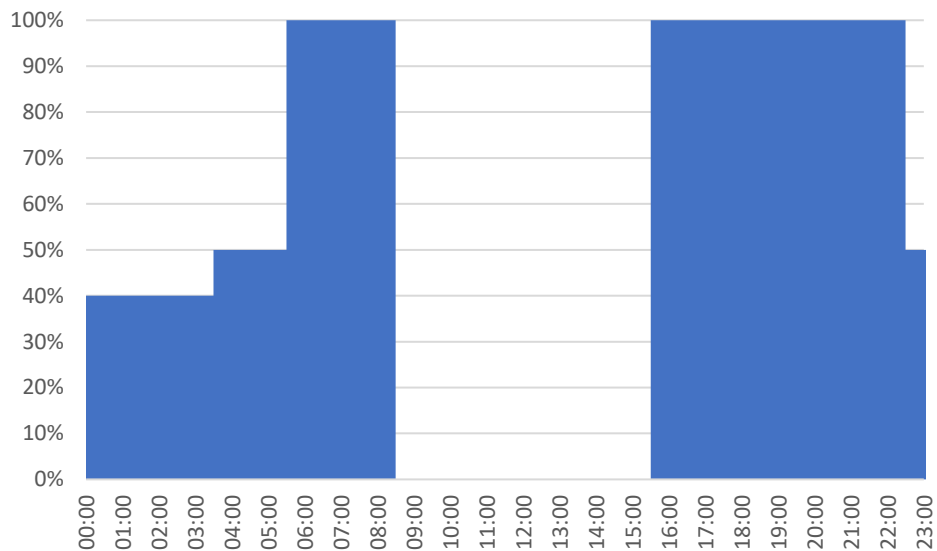
Figur 6.3 Trappemodel med flere trin – Minimum belysningsniveau i forhold til belysningsklasse.

Eksempel 1: Hvis de lokale forhold tillader det, kan belysningen på en lokalvej belyst til E1 (5,00 lux) dæmpes ned til 40 % (2,0 lux) på det laveste trin i tidsrummet kl. 24-04.

Eksempel 2: I et kryds belyst til LE4 kan belysningen ikke dæmpes, idet belysningsniveauet skal holdes på 100 %.

Eksempel på dæmpeprofil for tidsstyret dæmpning med 3 trin (trappemodel)

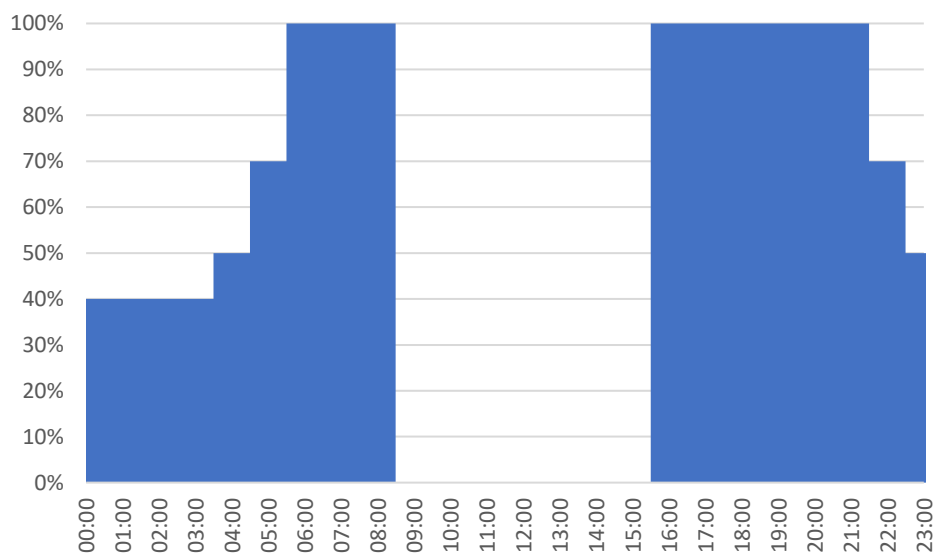
I eksemplet er belysningen dæmpet mellem kl. 23-05. Klokken 23 dæmpes belysningen ned til 50 %, og kl. 24-04 dæmpes belysningen ned til 40 %. Klokken 4 skrues belysningsniveauet op til 50 %, mens det kl. 6 hæves til 100 %.



Figur 6.4 Eksempel på dæmpeprofil med tre trin.

Eksempel på dæmpeprofil for tidsstyret dæmpning med 4 trin (trappemodel)

Dæmpeprofilen er som i eksemplet ovenfor med dæmpning med tre trin på nær, at det ud fra lokale forhold er vurderet, at der yderligere kan dæmpes ned til 70 % af det krævede belysningsniveau i tidsrummet 22-23 og 5-6 om morgenen.



Figur 6.5 Eksempel på dæmpeprofil med fire trin.

6.5 Trafikstyret dæmpning med detektering af færdsel

Hvis færdslen er begrænset til særlige tidspunkter, kan det overvejes at anvende behovsstyret dæmp (registrering af trafikanter). Anvendes teknologi til detektering af færdsel i området kan belysningen dæmpes i perioder, hvor der ikke registreres færdsel. Så snart der registreres færdsel, skal belysningsniveauet skrues op til 100 % af den anvendte belysningsstyrke.

Belysningen bør ikke slukkes fuldstændigt, dette dels af hensyn til teknologiens modenhed og pålidelighed, dels af hensyn til den oplevede tryghed. Undtaget herfor er rekreative områder.

Hvor meget belysningen kan dæmpes, når der ikke er færdsel, skal fastsættes ud fra bl.a. trafikanternes hastighed (stopsigtelængde), pålidelighed af teknologien, pålidelighed af den efterfølgende drift og de teknologiske muligheder anvendt i praksis. Den maksimale dæmpning af belysningen fremgår af Figur 6.6.

Ved dæmpning med detektering af færdsel skal der bl.a. tages følgende hensyn:

- Alle trafikanttyper skal detekteres, både dem med og uden motor og både hårde og bløde trafikanter. Ligesom børn såvel som voksne skal detekteres.
- Al færdsel skal detekteres, hvorfor alle tilslutninger til vejen, stien eller pladsen inkl. indkørsler og havegange til boliger m.m. skal være omfattet.
- Når der ikke er trafikanter i tidsrummet kl. 23-05 (vintertid), kan belysningen dæmpes ned til de i skema 6.6 angivet minimumsniveauer. Så snart der detekteres færdsel, skal belysningen skrues op til 100 % af den anvendte belysningsklasse.
- Belysningen i første og sidste armatur til et område med detektering skal ikke dæmpes, dvs. belysningen skal bibeholdes på 100 % uanset, om der er færdsel eller ej.
- Der skal tages hensyn til ophold på pladser, veje og stier, så belysningen ikke dæmpes, når trafikarealerne benyttes. Det gælder både for tilsigtet ophold og utilsigtet ophold som fx kødannelser.
- Rampetider skal være lange nok til, at ændring i belysningsniveau ikke virker generende for trafikanter eller beboere. Rampetiden er den tid, som armaturet er om at nedjustere fra at være tændt på fuld styrke til dæmpet niveau. Dette skal ske kontinuert eller trinløst, så belysningsniveauet langsomt fader ned. Når belysningsniveauet skal justeres op, skal det ske øjeblikkeligt.
- Sensorer m.m., der anvendes til detektering, skal regelmæssigt efterses og afprøves, ligesom funktionaliteten i det anvendte kommunikationsnetværk regelmæssigt skal afprøves, så det sikres, at anlægsfunktion altid opretholdes.
- Anlægget skal være opbygget, så belysningen opretholdes på 100 %, hvis sensoren eller funktionaliteten i styringsinstallationen er defekt.

Trafikstyret dæmpning med detektering i tidsrummet kl. 23-05 (vintertid)									
Minimum belysningsniveau i forhold til belysningsklasse									
Når der detekteres færdsel, øges belysningsniveauet til 100 %									
Belysnings-klasse	Plads	Strøg gade	Rekreativ sti	Trafiksti	Lokalveje	Konflikt-zoner*	Trafikveje	Motortrafikveje	Motorveje
E1	25 %	25 %	-	25 %	25 %	40 %	-	-	-
E2	25 %	25 %	10 %	25 %*	25 %	40 %	-	-	-
E3	-	-	0 %	-	-	-	-	-	-
E4	-	-	0 %	-	-	-	-	-	-
LE3	25 %	25 %	-	-	-	100 %	-	-	-
LE4	25 %	25 %	-	-	-	100 %	-	-	-
LE5	25 %	25 %	-	-	-	100 %	-	-	-
L2			-	-	-	100 %	40 %	40 %	-
L4			-	-	-	100 %	40 %	40 %	-
L6			-	-	-	100 %	40 %	40 %	-
L7a	-	-	-	-	-	100 %	40 %	40 %	40 %
L7b	-	-	-	-	-	100 %	40 %	40 %	40 %
L1	-	-	-	-	-	-	-	40 %	40 %
L3	-	-	-	-	-	-	-	40 %	40 %
L5	-	-	-	-	-	-	-	40 %	40 %
F1	-	-	-	-	-	100%	-	-	-
F2	-	-	-	-	-	100%	-	-	-

Noter:
 På trafikveje, motortrafikveje og motorveje kan der ved komplicerede vejforhold ikke dæmpes så langt ned.
 *) Belysning i konfliktzoner samt i minimum en stoplængdes afstand før konfliktzonen, skal ikke dæmpes.
 Det første armatur til område med detektering skal ikke nedreguleres, eller alternativt skal detektering omfattes af tilstødende område.

Figur 6.6 Trafikstyret dæmpning med detektering – Minimum belysningsniveau i forhold til belysningsklasse.

- Eksempel 1: Anvendes detektering af al færdsel, kan belysningen på en lokalvej belyst til E1 (5,00 lux) dæmpes ned til 25 % (1,25 lux) i tidsrummet kl. 23-05. Så snart der detekteres færdsel, skal belysningen øjeblikkeligt skrues op til 100 % (5 lux).
- Eksempel 2: I et kryds belyst til LE4 kan belysningen ikke dæmpes, idet belysningsniveauet skal holdes på 100 %.

6.6 Andre faktorer

Der kan være andre faktorer end trafiksikkerhed og oplevet tryghed, som bør indgå i overvejelserne vedr. valg af dæmpning af belysning og valg af dæmpeniveau. Fx:

- Kamera til overvågning eller andre IoT sensorer kan have brug for højere niveauer af belysningen end de her nævnte minimumsværdier
- Lyset fra trafiksignaler kan virke blændende, hvis vejbelysningen dæmpes.

7 VALG AF ANLÆGSTYPER

7.1 Generelle kriterier

Valget af anlægstype samt de nøjere detaljer i anlæggets geometri er en afbalancering af forskellige hensyn.

Inden anlægstypen besluttet, skal belysningsklassen være fastlagt. Et afgørende kriterium er således, at den givne belysningsklasse opfyldes, og det betyder en indskrænkning af valgmulighederne for anlægstypen i den givne situation. Fx kan en firsporet trafikvej ikke belyses til en L-klasse med et ensidigt masteanlæg uden, at master skal være meget høje og i øvrigt give alvorlige problemer i forhold til æstetik og påvirkning af omgivelserne.

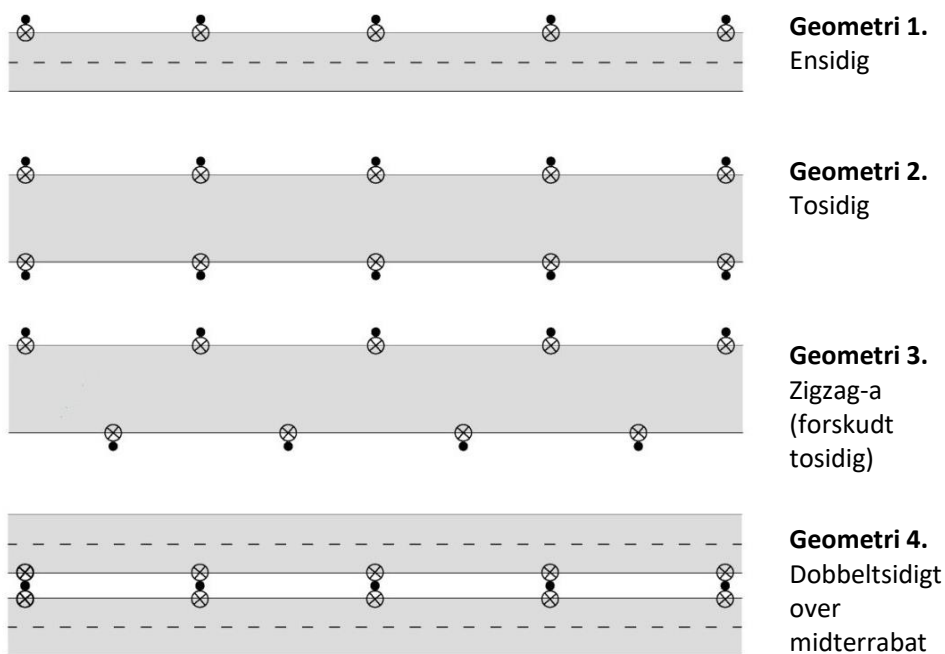
De følgende afsnit viser anlægstyper, som normalt kan opfylde kriterier for de givne vejtyper og omgivelser.

7.2 Oversigt over anlægstyper

7.2.1 Masteanlæg

Masteanlæg er normalt den foretrukne form for anlæg, hvis masterne kan placeres hensigtsmæssigt, og hvis de opstillede krav og ønsker, i øvrigt kan opfyldes. Hvis ikke, så er wireophængte armaturer et alternativ, se afsnit 7.2.2.

En oversigt over principielle anlægsgeometrier er vist i Figur 7.1.



Figur 7.1 Oversigt - anlægsgeometrier. Placering af master med armaturer i forhold til kørebanearealer.

Geometri	Kommentar	Fordele	Ulemper
Geometri 1 Ensidig	Er den normale mastegeometri på almindelige trafikveje eller lokalveje.	Relativt billig i anlæg og drift.	Vanskeligt at belyse de to vejsider ens.
Geometri 2 Tosidig	Anvendes ved bredere færdselsarealer, hvor tilstrækkelig belysning ikke kan opnås med ensidig mastepacering.	De to vejsider belyses ens. En regelmæssig visuel fremtræden.	Relativt dyr i anlæg og drift. Er vanskelig eller umulig at indpasse med indkørsler, træer mv. og skel mellem private grunde, når masterne samtidig skal stå over for hinanden.
Geometri 3 Zigzag (forskuet tosidig)	Anvendes ved bredere færdselsarealer, hvor tilstrækkelig belysning ikke kan opnås med ensidig mastepacering.	De to vejsider belyses næsten ens. Kan indpasses med indkørsler, træer mv. og skel mellem private grunde, når de to rækker ikke skal ordnes efter hinanden. Kan indpasses i træerækker i begge vejsider, så skygge i træmellemlum formindskes.	Relativt dyr i anlæg og drift. Den visuelle fremtræden er ikke helt regelmæssig, men kan opfattes næsten som en tosidig geometri.
Geometri 4 Dobbelt over midterrabat	Anvendes på større trafikveje (samt motorveje) med kørebaner adskilt af en midterrabat, som tillader mastepacering.	De to vejsider belyses ens. En effektiv udnyttelse af armaturernes lysstrøm, dvs. et lavt elforbrug i forhold til belysningen af kørebanerne. En regelmæssig visuel fremtræden. Virker mindre dominerende, kaster mindre lys ud på omgivelserne og er billigere i etablering end et tosidigt anlæg.	Giver mindre lys på fortov/cykelsti og vil eventuelt være dyrere i lyskildeskift på grund af mere omfattende afspærringsbehov end et tosidigt anlæg. Særligt på motorveje er det relativt dyr at servicere pga. krav til afspærring mv.

Figur 7.2 Anlægsoversigt (master) - fordele og ulemper.

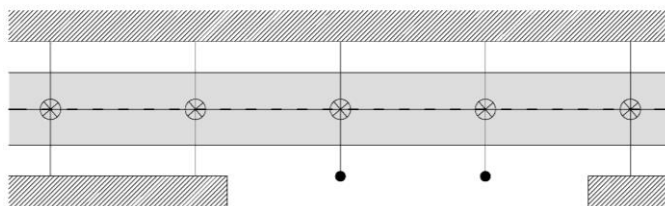
7.2.2 Wireophængte armaturer

Anlæg med wireophængte armaturer har delvist en historisk baggrund, fordi armaturer oprindeligt var uden optik eller kun med ringe optik og derfor måtte ophænges over kørebanerne for at kunne belyse dem godt og give god lysudnyttelse.

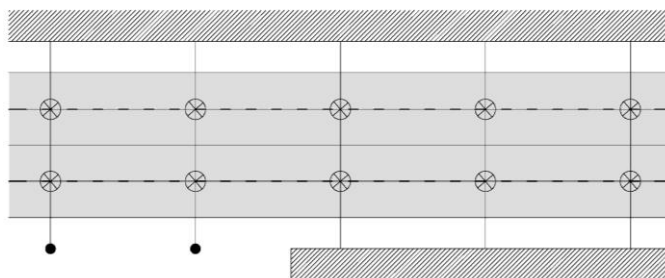
Ophængning i wirer er dog stadig en fordelagtig anlægsform der, hvor gaderumsprofilet mangler plads til master, og hvor husfacader muliggør wirernes fastgørelse.

På kortere strækninger, hvor husfacader mangler eller har utilstrækkelig højde, suppleres med master til fastgørelse af wirerne.

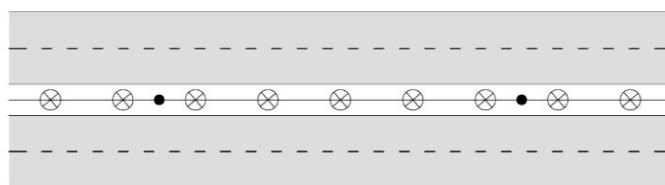
Desuden kan wireophæng over kørebanerne være en fordelagtig mulighed ved meget brede trafikarealer.



Geometri 5.
Enkelt
wireophæng



Geometri 6.
Dobbelt eller
flerdobbelt
wirehængt



Geometri 7.
Længdekæde
wirehængt

Figur 7.3 Oversigt - Anlægsgeometrier for wireophængte armaturer.

Geometri	Kommentar	Fordele	Ulemper
Geometri 5 Enkelt wirehængt	Det normale wireophæng på almindelige trafikveje eller lokalveje mellem høje bygningsfacader.	Relativt billig i anlæg og drift. En regelmæssig visuel fremtræden.	Vejsider belyses relativt lidt, navnlig når vejen er bred.
Geometri 6 Dobbelt eller flerdobbelt wirehængt	Det normale wireophæng på brede trafikveje eller lokalveje.	Relativt billig i anlæg og drift i forhold til færdselsareal. Vejsider med parkering, cykelsti og/eller fortove belyses godt. En regelmæssig visuel fremtræden.	Fare for gene over for beboere, hvis armaturerne placeres for tæt på facadernes vinduer.
Geometri 7 Længdekæde wirehængt	Anvendtes oprindeligt på motorveje og motortrafikveje med midterrabat, hvor den stadig kan anvendes med nye armaturer.	Relativt billigt at ombygge til nye armaturer (hvis de eksisterende master har tilstrækkelig restlevetid). Reduceret masteantal i forhold til geometri 4. En effektiv udnyttelse af armaturernes lysstrøm, dvs. et lavt elforbrug i forhold til belysningen af kørebanerne. En regelmæssig visuel fremtræden.	Er relativt dyrt at servicere på motorveje på grund af krav til afspærring mv.

Figur 7.4 Anlægsoversigt (wireophæng) - fordele og ulemper.

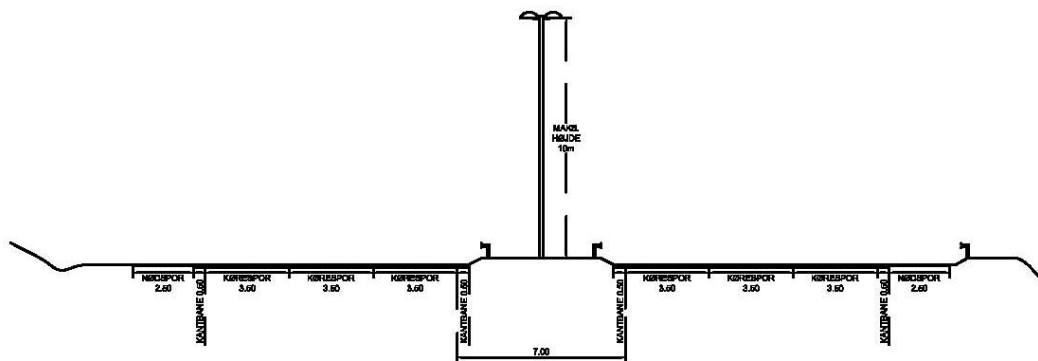
7.3 Anlægstyper

7.3.1 Motorveje og motortrafikveje

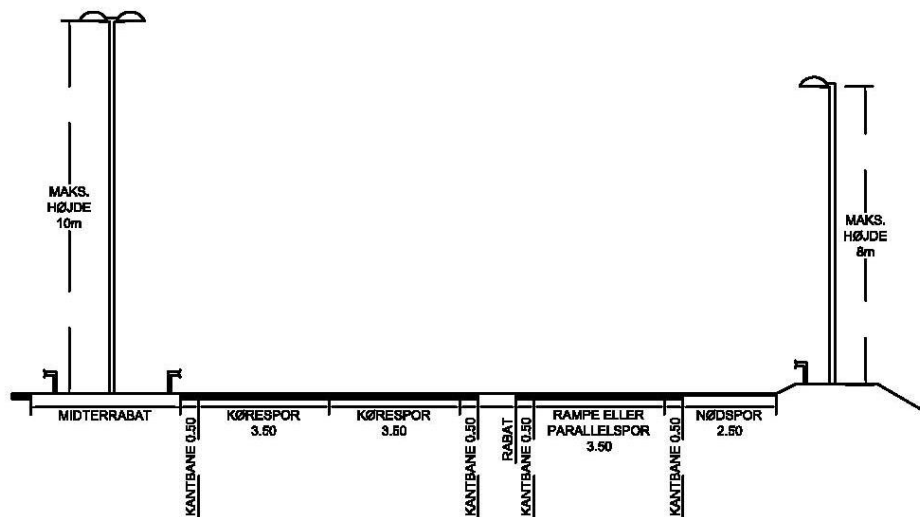
Strækninger

Belysningsanlægget indrettes, så påvirkningen af omgivelserne med spildlys og fjernvirkning er mindst mulig.

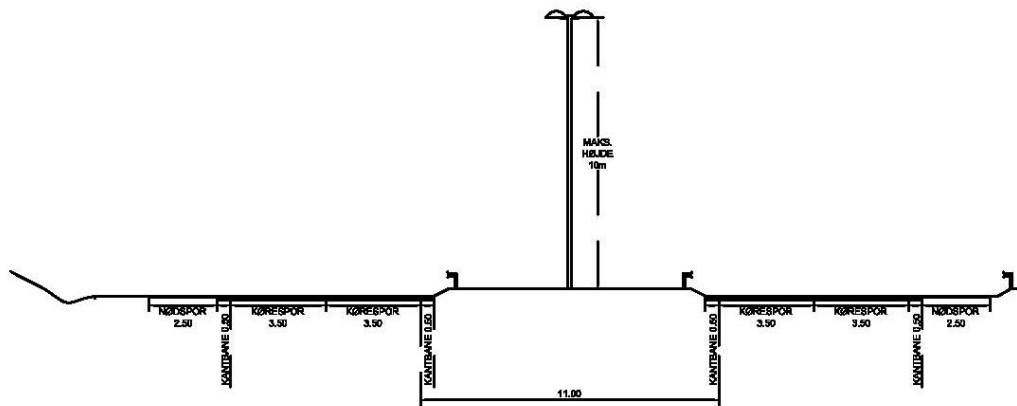
Det er således anlægsgeometri 2, 4 og 7 i Figur 7.1 og Figur 7.3, der anvendes i alle typer omgivelser, om end med variationer efter de lokale forhold.



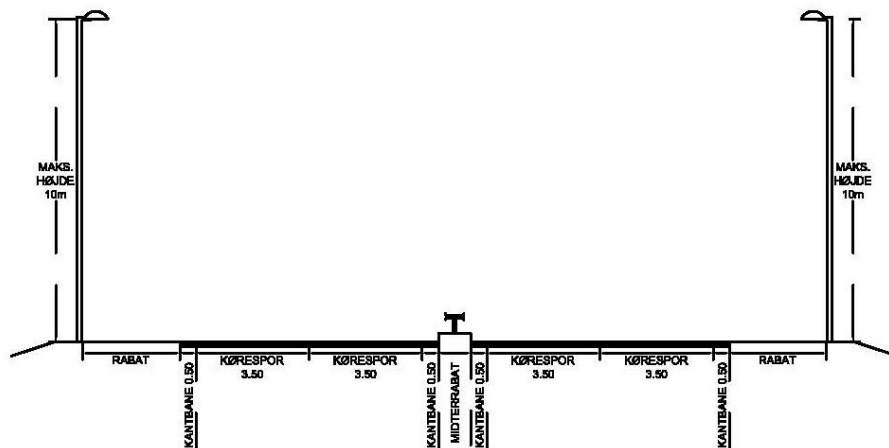
Figur 7.5 Det typiske tværprofil for en motorvej med en relativt smal midterrabat. Når afstanden mellem de to kørespor, der grænser op til midterrabatten, ikke overstiger ca. 7 m, kan op til 2x3 kørespor belyses fra 10 m lyspunkthøjde i midterrabatten.



Figur 7.6 Hvor der er mere end 2x3 kørespor eller, hvor der er rampe eller parallelspor, suppleres med master i yderrabat.



Figur 7.7 Når der kun er 2x2 kørespor, kan afstanden mellem de to kørespor, der grænser op til midterrabatten, være op til ca. 11 m og stadig belyses med et anlæg i midterrabat uden brug af lange arme.



Figur 7.8 En motortrafikvej med meget smal midterrabat, som ikke giver plads til master, må belyses fra yderrabatterne.

7.3.2 Trafikveje

En trafikvej i bymæssigt område har i reglen fortovej i begge vejsider samt eventuelt cykelsti og/eller kantstensparkering.

Masteanlæg vil som regel være den foretrukne anlægstype hvis:

Pladsen i vejprofilen tillader master

Det af hensyn til omgivelserne dvs. bygninger og private grunde kan accepteres at have master med armaturer nær vejskellet.

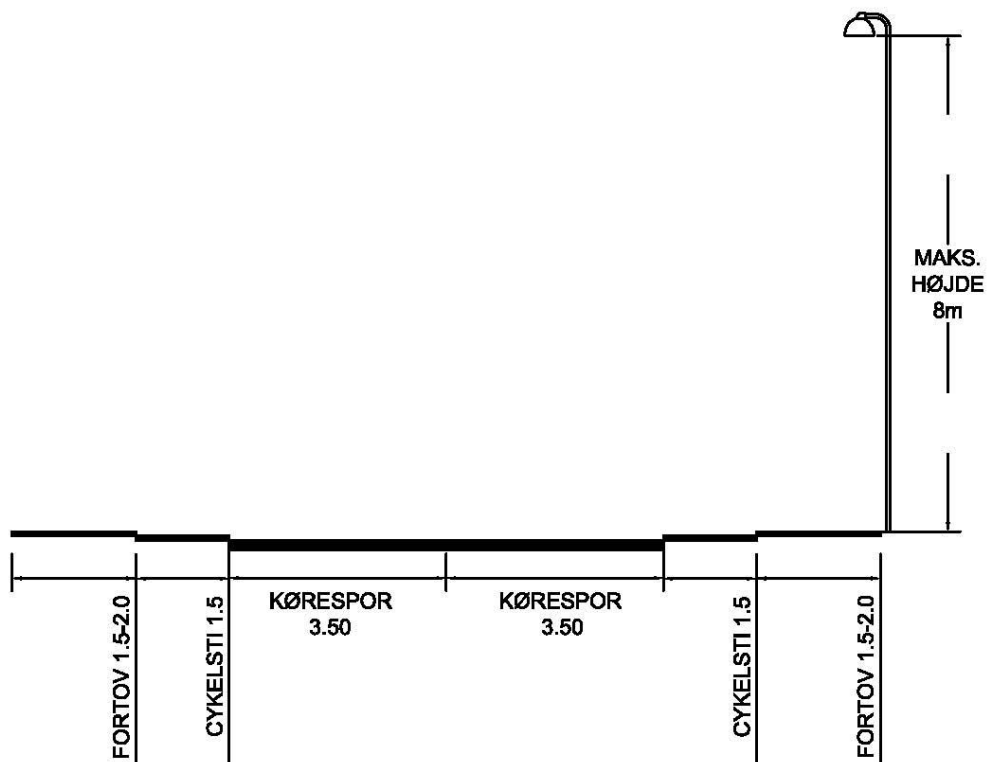
Disse betingelser vil som regel være opfyldt, når bygninger og huse er trukket tilbage fra vejskellet, men er ofte ikke opfyldt, når høje husfacader grænser helt op til fortovet.

Når høje husfacader grænser helt op til fortovet, vil det dog, afhængigt af bygningsudformning, eventuelt være muligt at placere master tæt op ad facaden og imellem vinduer, så generende lys ind ad vinduer undgås.

Tosporede trafikveje (Figur 7.9)

På tosporede veje vil ensidigt masteplacering som regel være tilstrækkeligt. Ofte ønsker man masterne placeret bag fortov og vil samtidig gerne undgå lange arme på masten. Disse ønsker sætter begrænsning for, hvor lav lyspunkthøjde der kan anvendes.

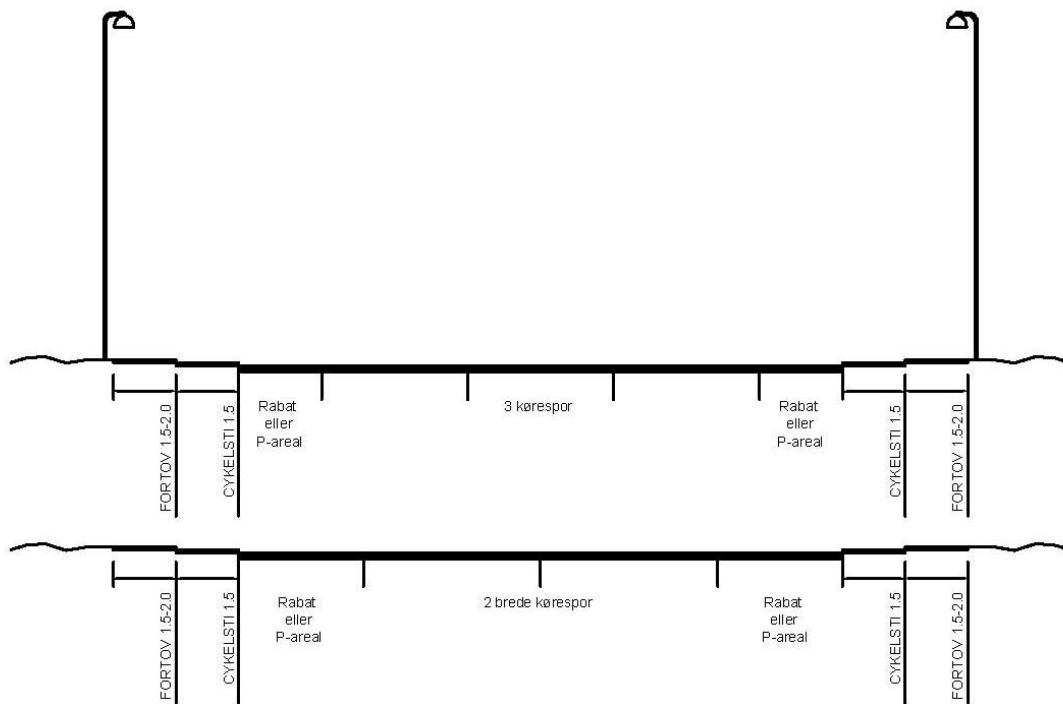
Ensidig masteplacering bag fortov kan være utilstrækkelig, hvis der yderligere er både cykelsti og P-arealer i begge vejsider.



Figur 7.9 En tosporet trafikvej med fortov, cykelsti og ensidigt anlæg (geometri 1). Lyspunktshøjde typisk 8 m.

Tresporede trafikveje samt trafikveje med p-arealer i begge vejsider (Figur 7.10)

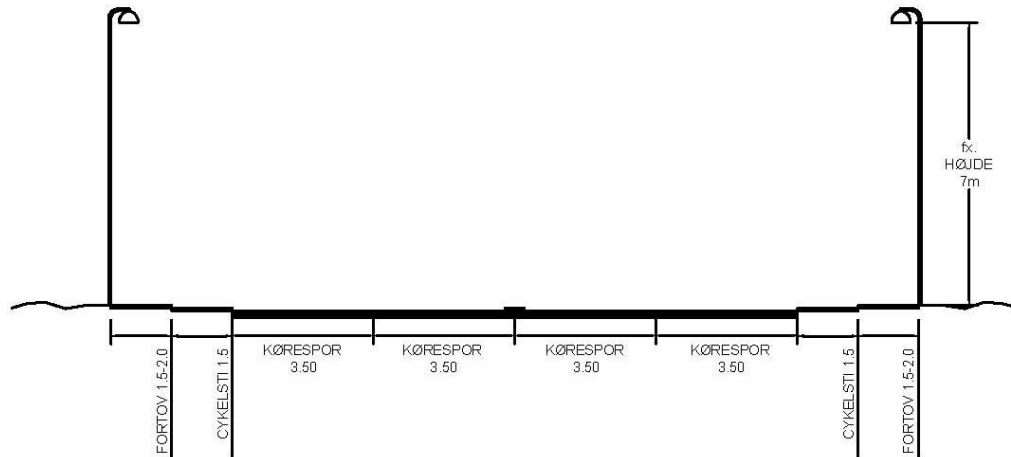
På tresporede veje kan ensidigt masteplacering eventuelt anvendes, men ganske ofte vil det kræve uønskede høje master eller uønskede lange arme på masterne eller andre ulemper. Dette vil navnlig være tilfældet, når der foruden fortov er p-arealer eller cykelsti. I sådanne tilfælde vil man som regel foretrække tosidigt masteplacering eventuelt zigzag, hvorved der opnås en vis symmetri i belysningen.



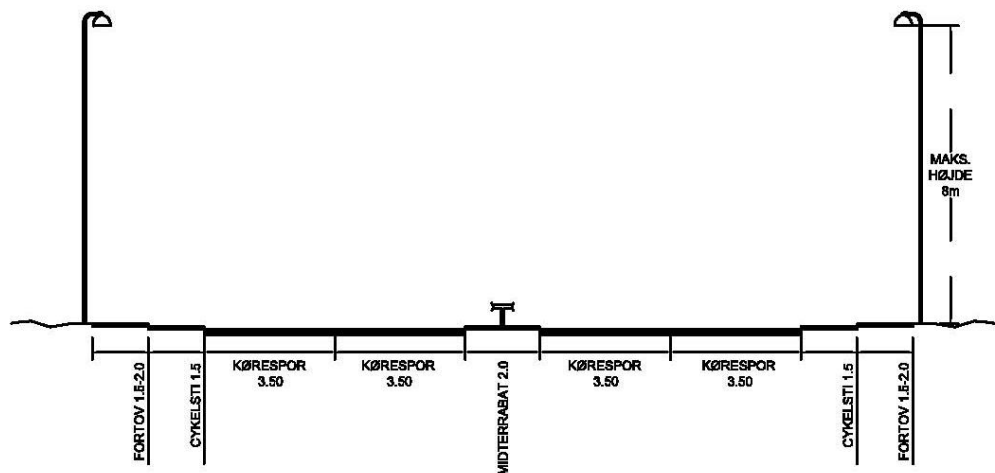
Figur 7.10 Veje med p-arealer samt tresporede veje behøver som regel et tosidigt anlæg (geometri 2 eller 3a). Til gengæld kan lyspunktshøjden ofte være relativt lav.

Firsporede trafikveje (Figur 7.11 og Figur 7.12)

På firsporede veje vil tosidigt masteplacering som vist i Figur 7.11 og Figur 7.12 være nødvendig (med mindre der er en egnet midterrabat).



Figur 7.11 Firsporet vej med tosidigt anlæg. Lyspunktshøjden kan ofte være relativt lav.



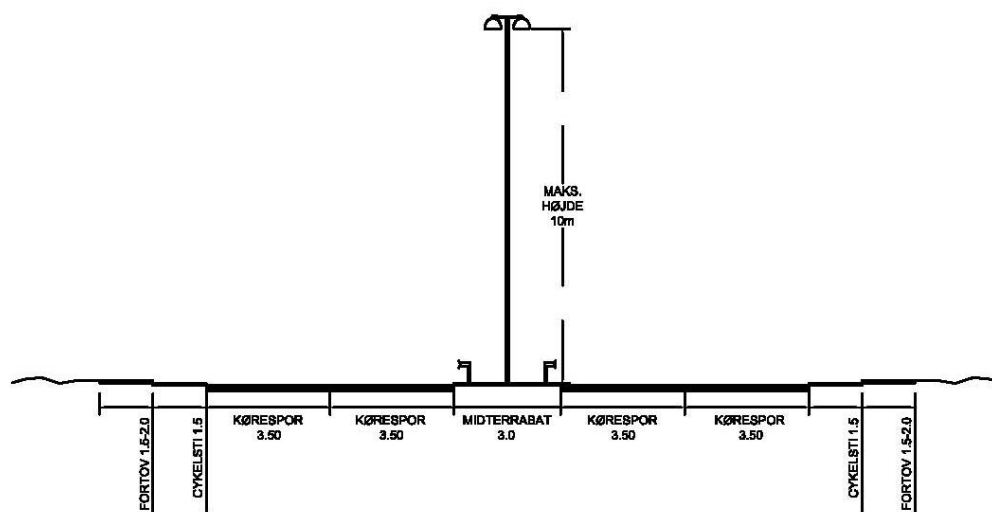
Figur 7.12 Firsporet vej med midterrabat og tosidigt anlæg. Lyspunktshøjde typisk 8 m.



Figur 7.13 Tosidig mastepacering er nødvendigt på trafikveje med 3-4 kørespor, og det er ønskeligt, når der er stor fodgænger- og cykelfærdsel i begge vejsider.

Trafikveje med egnet midterrabat (Figur 7.14)

På veje med en midterrabat, som er egnet hertil, vil mastepacering i midterrabatten komme på tale.



Figur 7.14 2xtospolet vej med midterrabat og anlæg i midterrabat. Typisk 9-10 m lyspunktshøjde, 10 m er anbefalet maksimal højde jf. Figur 5.38.

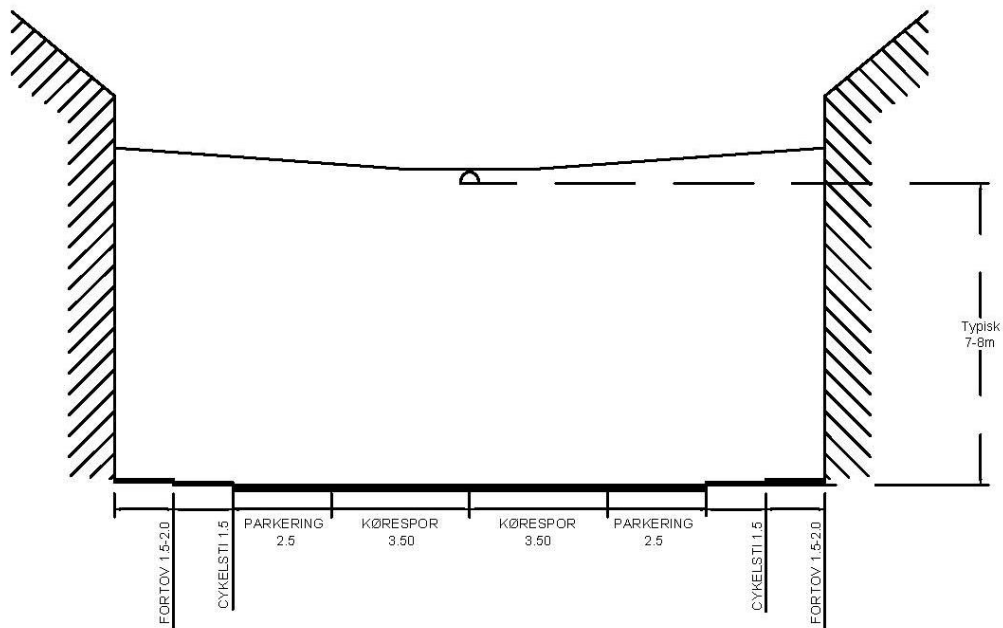
Veje mellem høje husfacader (Figur 7.15 og Figur 7.16)

På veje mellem høje husfacader, fx med boliger tæt på vejen, vil der ofte være armaturer ophængt over kørebanerne i wirer mellem facaderne og/eller mellem gittermaster. Denne anlægstype kan udmærket være den bedste også i fremtiden, fordi:

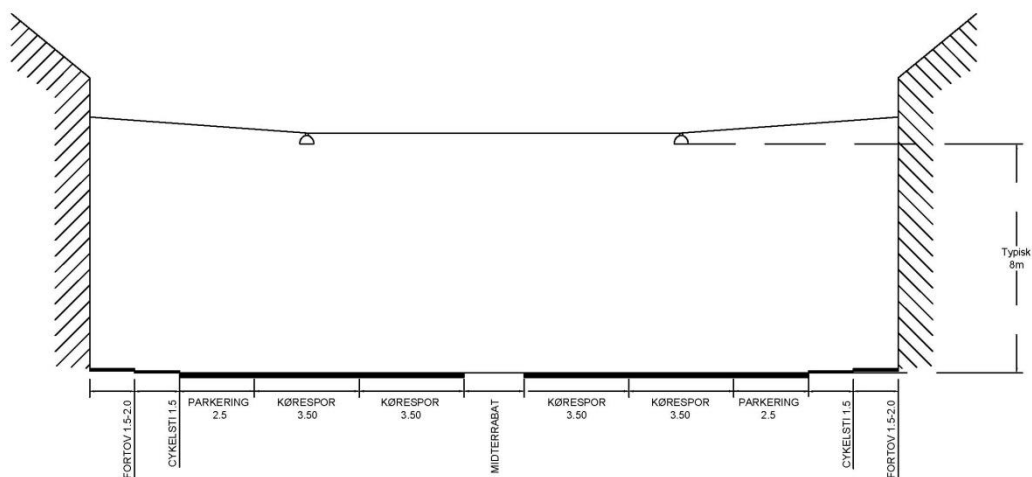
Armaturerne har en vis afstand fra facaderne og således ikke kaster meget lys ind ad vinduerne

Der kan være problemer med at få plads til master i gaderummet

Armaturerne bør belyse den nederste del af facaderne for at tydeliggøre byrummet



Figur 7.15 Gaderum mellem høje facader. En almindelig trafikvej med parkering, cykelsti og fortov. Én række armaturer i wirer over kørebanen kan være nok, men ved bredere arealer kan belysningen på fortov og cykelsti opleves som utilstrækkelig.



Figur 7.16 Gaderum mellem høje facader. En bred trafikvej med parkering, cykelsti og fortov. To rækker armaturer i wirer over kørebanen vil være nødvendigt.

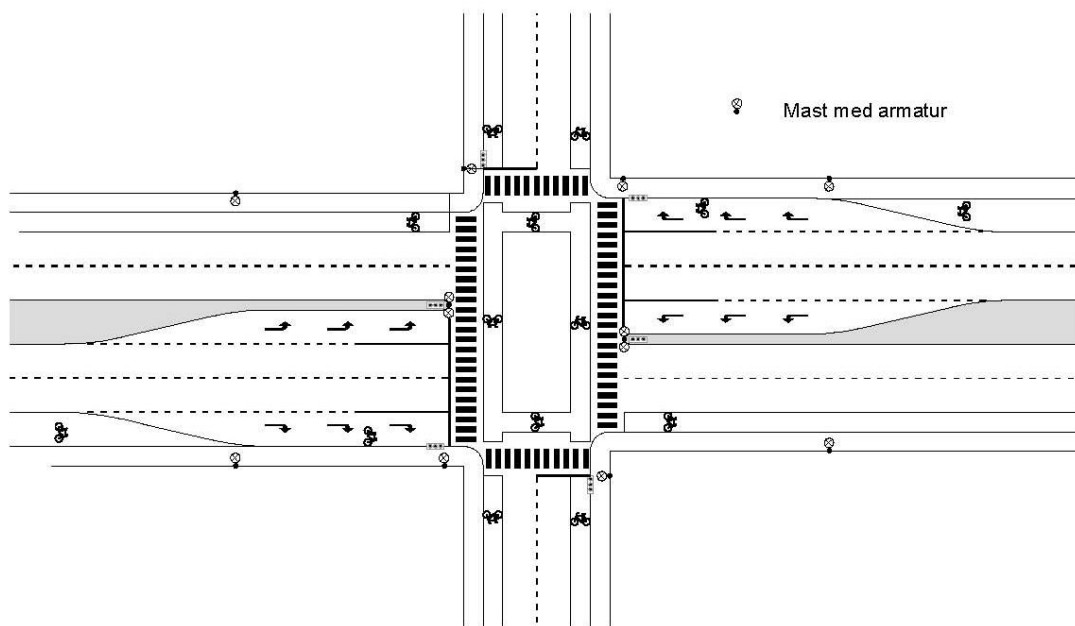


Figur 7.17 De steder, hvor vejen udvider sig med ekstra kørespor, heller og spærreflader, fx ved kryds eller sideveje, vil der ofte være behov for ekstra master med armaturer.

7.3.3 Kryds

Kryds mellem trafikveje i bymæssig bebyggelse vil ofte have et udvidet vejprofil med heller og/eller ekstra svingspor. Desuden vil der ofte være fodgængerfelter.

Med sådanne ekstra færdselsarealer vil det som regel være nødvendigt at tilføje ekstra armaturer (og master) for dels at belyse de ekstra arealer, dels at opfylde den særlige LE-belysningsklasse for krydset.



Figur 7.18 Princip for placering af master i et veikryds med øget trafikareal i form af svingspor. Der suppleres med ekstra armaturer fx som vist på masterne i midterhellen. Master langs de krydsende veje er ikke vist.

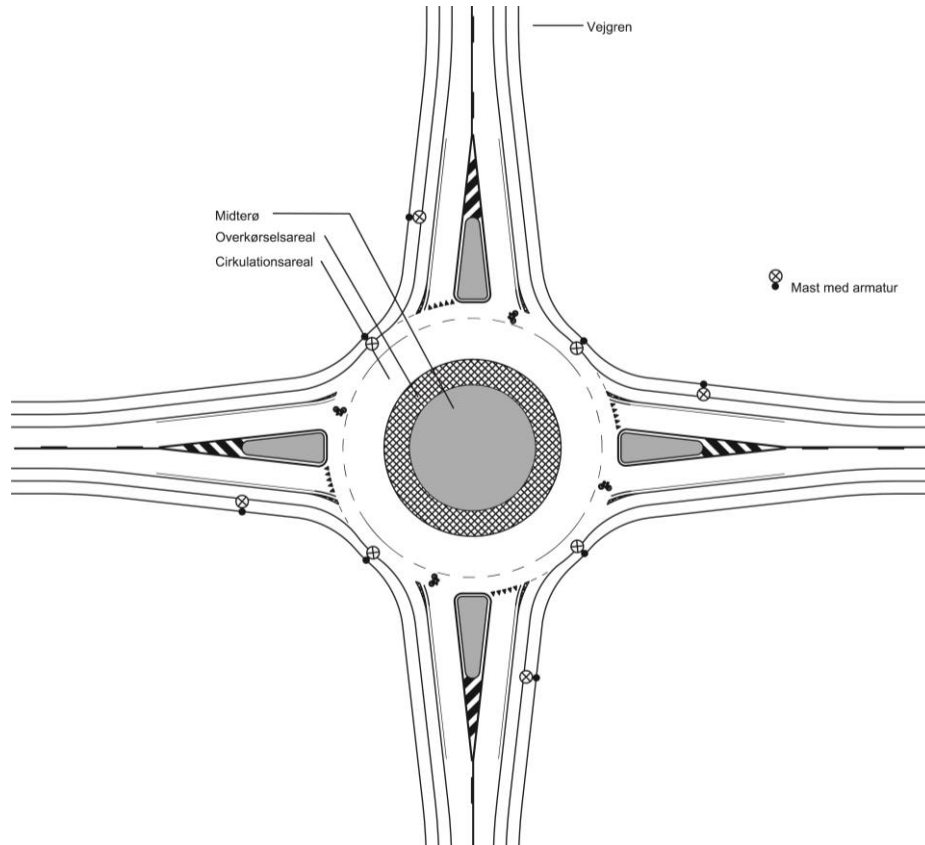
I kryds på veje med armaturer i wiren vil der ligeledes ofte være behov for ekstra armaturer for at belyse alle de relevante arealer.



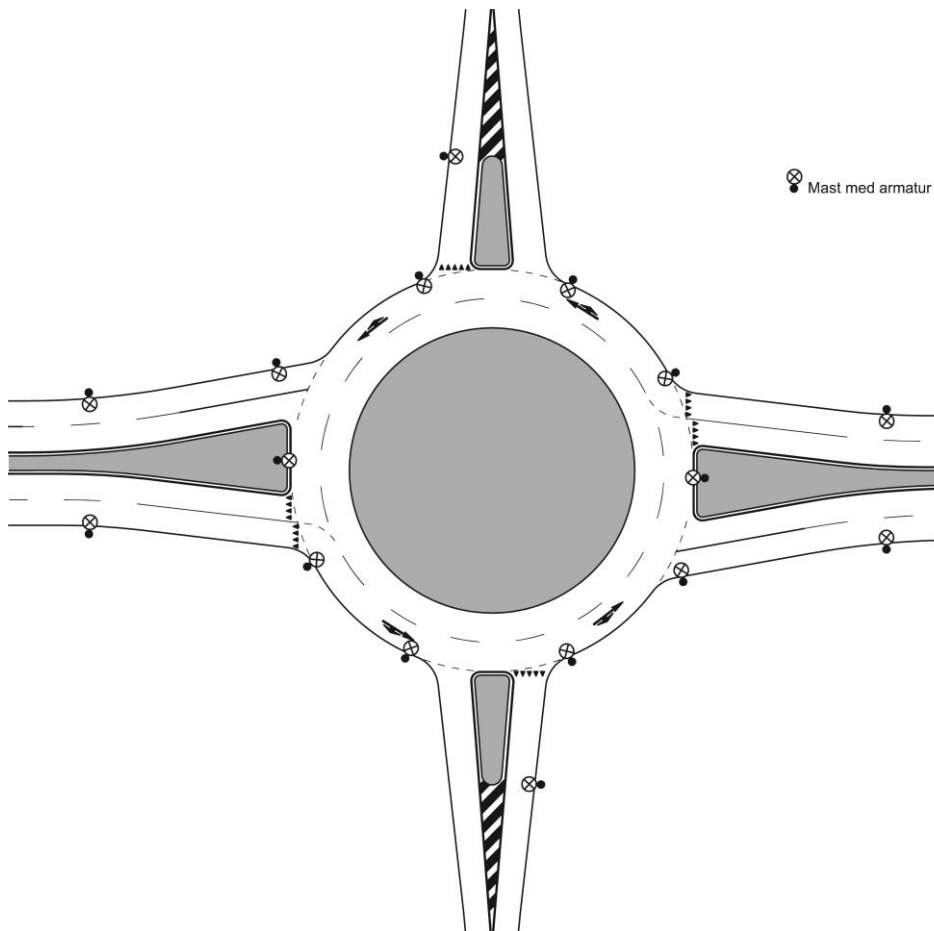
Figur 7.19 Et lysreguleret kryds i åbent land med en typisk fordeling af master med armaturer. Vejen er ellers ubelyst. Kilde: Luftfoto, copyright COWI.

7.3.4 Rundkørsler

Rundkørsler i bymæssige områder findes for det meste i udkanten af byer. Sådanne rundkørsler ligger derfor relativt åbent og belyses bedst med masteanlæg.



Figur 7.20 Princip for placering af master omkring en mindre rundkørsel (cirkulationsareal med diameter mindre end 40 m). Master på de tilstødende veje er ikke vist.



Figur 7.21 Princip for placering af master omkring en større rundkørsel (cirkulationsarealets diameter er 50-60 m) med brede sekundærheller, som kræver et forøget antal master. Et bredt cirkulationsareal kræver stor, eventuelt maksimal (10 m) lyspunktshøjde. Når der er brede sekundærheller, kan det være nødvendigt at placere master i sekundærhellerne ved cirkulationsarealet samt ved både til- og frafarten langs de brede sekundærheller. Master længere ud ad de tilstødende veje er ikke vist.

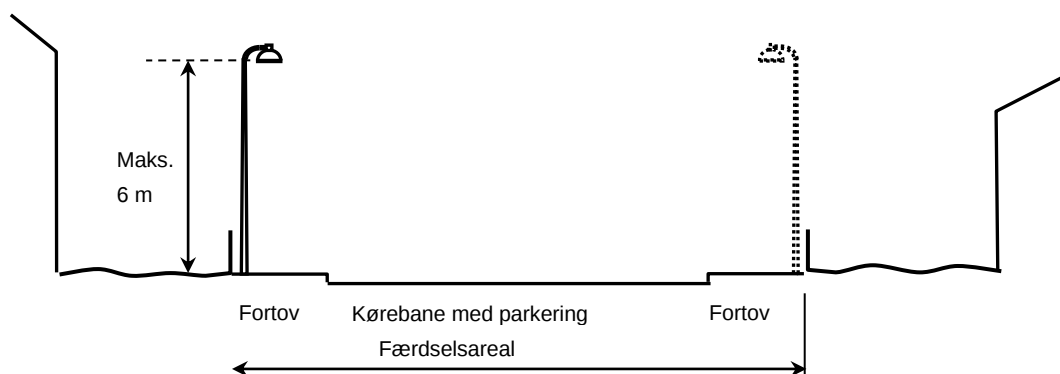
7.3.5 Lokalveje

Lokalveje i byområder udgør langt hovedparten af de belyste vejstrækninger.

Den typiske lokalvej har en relativt smal kørebane på ca. 6-7 m samt fortov mv. på ca. 2-3 m eventuelt i begge sider. Den samlede bredde af færdselsarealet er typisk 8-13 m. På sådanne veje er ensidigt masteplacering som regel tilstrækkeligt som vist på Figur 7.22.

På lokalveje med ensidigt fortov bør master placeres i fortovssiden for at opnå den bedste belysning på fortovet.

Bredere profiler forekommer og kan have bredere parkeringsarealer eller andre arealer mellem kørebane og fortovsarealer. Her kan et ensidigt anlæg være utilstrækkeligt, og et tosidigt kan være nødvendigt som antydnet på Figur 7.22.



Figur 7.22 Typisk lokalvej med spredt bebyggelse af huse og etageejendomme tilbagetrukket fra vejen. Et ensidigt masteanlæg er som regel passende. Et tosidigt masteanlæg som antydnet vil på bredere arealer give ensartet belysning i de to vejsider.



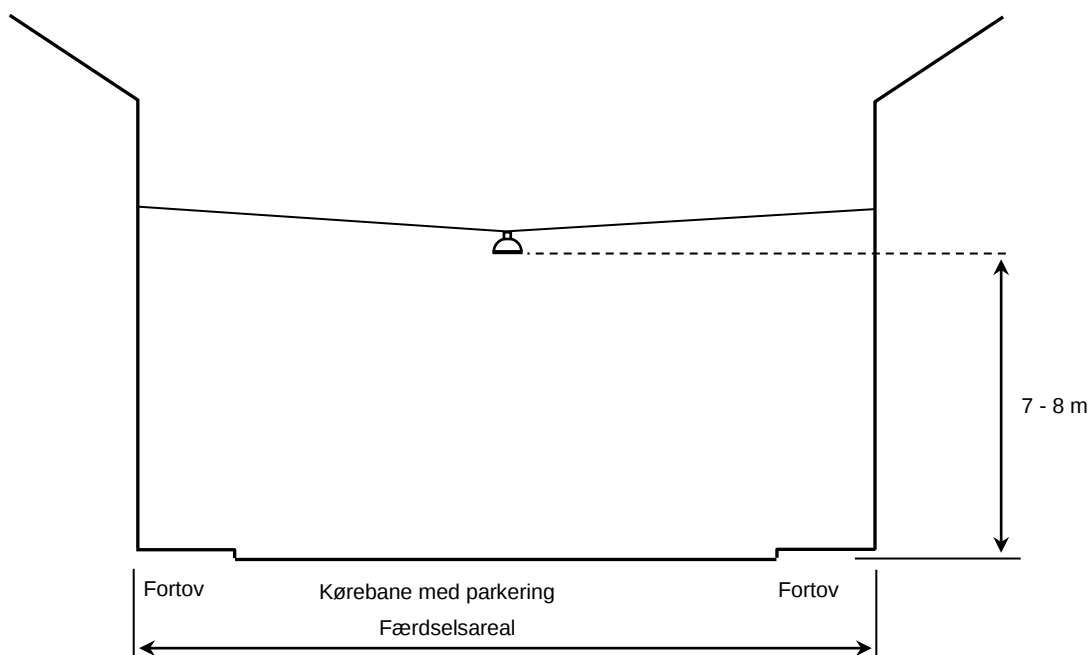
Figur 7.23 Et ensidigt masteanlæg med passende højde på en mindre lokalvej.

Et ensidigt masteanlæg med passende højde er det almindelige valg på mindre lokalveje. På brede veje kan der være behov for belysning i begge vejsider.



Figur 7.24 Et tosidigt anlæg zigzag på en relativt bred lokalvej.

På lokalveje imellem høje tætliggende facader er ophæng i wirer en udmærket og simpel løsning som vist på Figur 7.



Figur 7.25 Lokalveje som en boliggade, mindre gågade el.lign. med høje husfacader. Et enkelt wireophængt anlæg er som regel passende.

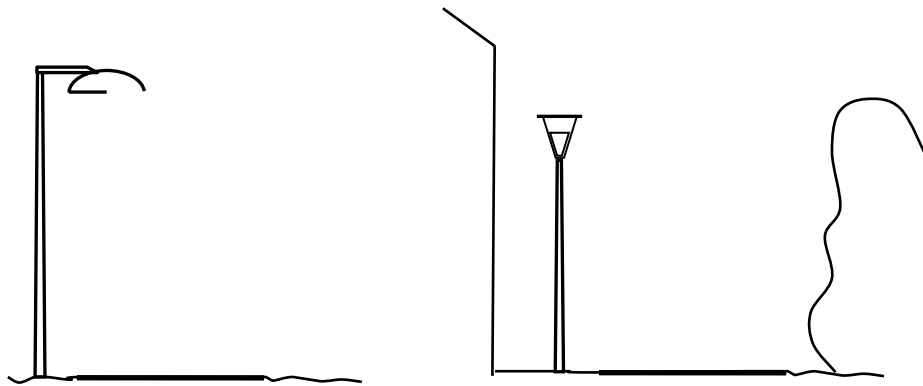
Lokalvejene giver i øvrigt mulighed for forskellige tilpassede løsninger, som dog i reglen vil have højere omkostninger i anlæg og drift end de ovenfor viste standardløsninger.

7.3.6 Stier

Stier opdeles mht. belysning i to typer, nemlig stier, der indgår i et egentlig færdselsnet, og rekreative stier.

Stier som indgår i et egentligt færdselsnet:

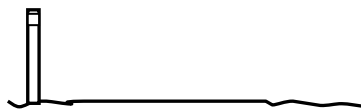
- I åbne omgivelser bør anvendes velafskærmede vejbelysningsarmaturer uden fjernvirkning
- I lukkede omgivelser med bebyggelse eller bevoksning tæt på stien kan parklygter være velegnede.



*Figur 7.26 Til venstre: Sti i åbent område belyst med små vejbelysningsarmaturer.
Til højre: Sti omgivet af bygninger eller bevoksning belyst med parklygter.*

Rekreative stier:

- Spredte velafskærmede parklygter eller velafskærmede pullerter vil være velegnede.



Figur 7.27 Rekreativ sti med pullertbelysning.

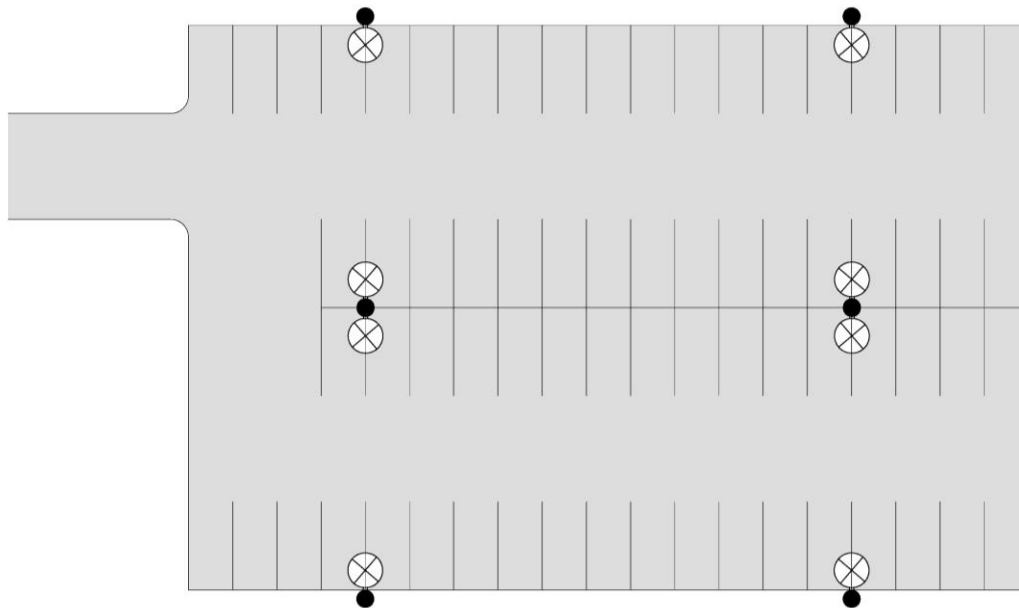


Figur 7.28 Sti i park belyst med parklygter.

7.3.7 Parkeringspladser

På pladser med parkering er det vigtigt at placere master så langt fra bilernes trafikareal, at risikoen for påkørsel er lav. Lave pullerter bør undgås på parkeringspladser, da de kan være skjulte for bilføreren, og de vil derfor ofte blive påkørt.

På parkeringspladser i bymæssige områder vil der ofte være behov for en god belysning såvel langs kanterne som midt på pladsen. Figur 7.29 viser en typisk udformning af belysningsanlæg.



Figur 7.29 Princip for placering af belysningsmaster på parkeringsplads. Afhængigt af stedet og det valgte armatur kan der være behov for mindre mastefastand.

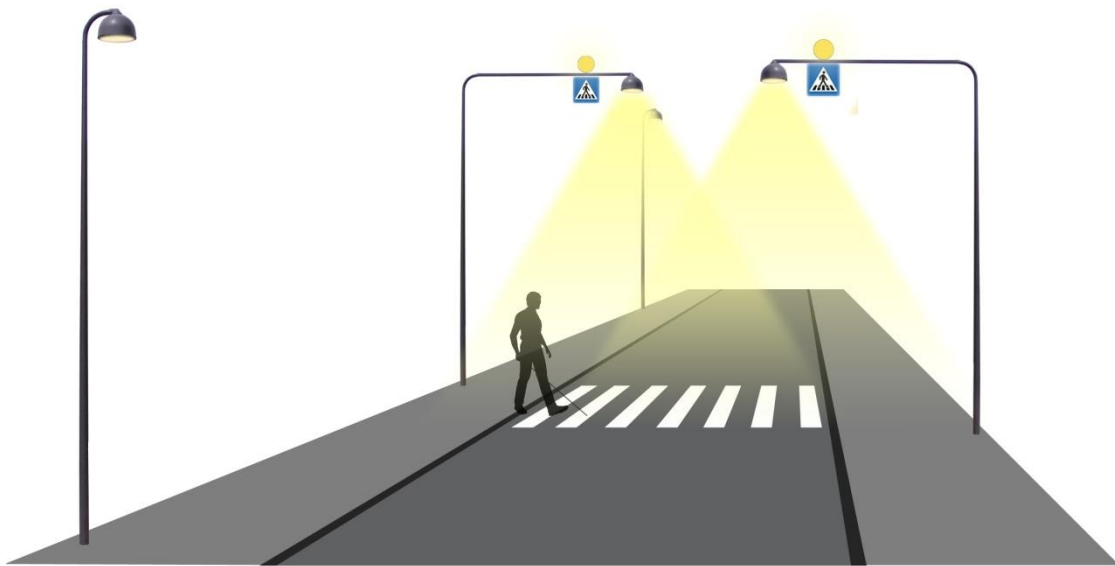
7.3.8 Fodgængerfelter

Fodgængerfelter ved kryds og rundkørsler belyses med den almindelige vejbelysning, men belysningsmaster og armaturer placeres således, at fodgængerfeltet får den højeste belysning.

Fodgængerfelter på vejstrækninger belyses enten vha. den almindelige vejbelysning eller særskilt belysning iht. afsnit 0. Derudover anvendes ofte belyste E17 Fodgængerfelt ("gåmand") tavler og eventuelt Z93 Gult blinksignal (torontoblink).

Eksempler på to anlægsudformninger til særskilt belysning er vist i henholdsvis Figur 7.30 og Figur 7.31

I begge tilfælde placeres masten lidt foran fodgængerfeltets nærmeste kant i køreretningen, så der kastes lys på den side af fodgængerfeltet, der ses af bilisterne.



Figur 7.30 Princippet for en traditionel belysning af fodgængerfelt med armaturer over kørebanen på en lang arm, som også bærer E17 Fodgængerfelttavlen samt gult blink. Armaturet har en reflektor, som koncentrerer lyset ned på fodgængerfeltet.



Figur 7.31 Princippet for belysning til fodgængerfelt med armaturer på korte arme. Armaturet har en speciel reflektor med stærkt asymmetrisk lysfordeling, som koncentrerer lyset på fodgængerfeltet.

7.4 Sideanlæg mv.

7.4.1 Serviceanlæg, Infoteria og rasteanlæg

Disse belyses med masteanlæg med velafskærmede armaturer på lignende måde som parkeringspladser (se afsnit 7.3.7).

På arealer ved bygninger formindskes mastefstanden, så niveauet og regelmæssigheden øges.

Belysningsarmaturer monteret på bygninger eller under tag er en supplerende mulighed.

7.4.2 Samkørselspladser og Parker & Rejs

Samkørselspladser og Parker & Rejs belyses med lignende anlæg som parkeringspladser (Figur 7.29), og det vil i normale omgivelser være tilstrækkeligt med belysning langs yderkanten, så pladsen afgrænses, risikoen for påkørsel minimeres, og omgivelserne belyses mindst muligt.

En lyspunkthøjde på ca. 5 m vil som regel være tilstrækkelig. Belysningsanlægget ønskes diskret i omgivelserne, og derfor vælges der armaturer med plan vandret lysåbning og god afskærmning.

Pladsens indkørsel bør fremhæves, så den er let at finde i mørke, fx ved placering af en eller flere master med armatur tæt herved.

Samkørselspladser og Parker & Rejs arealer, hvor der er behov for at give tryghed og for at nedsætte risikoen for kriminalitet, dvs. tyveri, hærværk og overfald, bør have et belysningsanlæg som en egentlig parkeringsplads.

8 MEKANISKE OG ELEKTRISKE FORHOLD

8.1 Generelt

I nævnte beskrivelser er oplistet krav og anbefalinger til materialer og deres anvendelse. Herunder også særlige krav til udførelsen af anlæggene.

Generelt følges fabrikantens anvisninger for anvendelse og montage. Yderligere kan hentes i vejsektorens paradigmer som kan findes på "vejregler.lovportaler.dk"

8.2 Master og fundamenter

8.2.1 Masters placering – respektafstande og eftergivelighed

Master bør placeres, så sandsynligheden for påkørsel er lille, og så konsekvenserne af eventuel påkørsel er små. Almindelige master betragtes som faste genstande og placeres dermed med visse minimumsafstande til kørebane. Alternativt kan masterne være eftergivelige eller være beskyttet med autoværn. Master bag autoværn placeres, så autoværnet ved påkørsel har plads til at bøje ud uden at berøre masten – afstanden skal mindst svare til autoværnets arbejdsbredde. Master må ikke placeres ud for autoværnsceptre.

Vedr. minimumsafstande og valg af udstyr mv. se håndbogen "Grundlag for udformning af trafikarealer" afsnit 6.5 "Yderzoner". Her defineres sikkerhedszoner og minimumskrav til afstand til faste genstande.

Afstanden anbefales at være noget større end mindstekravene.

Afstanden fra de arealer, der belyses, bør ikke være større end nødvendigt, da det kan give spildlys, forøget energiforbrug samt nødvendiggøre højere master for at opfylde belysningskravene.

Master (og fundamenter) skal placeres hensigtsmæssige i forhold til placering af øvrige objekter, herunder vejafvanding (ledninger, brønde og grøfter) og vejudstyr (træer, autoværn og tavler mv.). Særlig opmærksomhed skal være på vejtræer – her bør træer placeres midt mellem master, så skyggevirkninger undgås, når træerne vokser. Her kan det overvejes at anvende mastearm, eller placere masten tættere på kørebanen og anvende eftergivelige master.

Ved masteplacering er det vigtigt at være opmærksom på, om der skal være plads til lange transporter. En "kørekurveanalyse kan vise de områder, hvor masteplacering skal undgås. For valg af type eftergivelig mast se retningslinjerne i "Håndbog i anvendelse af eftergivelige master". Der henvises i øvrigt til håndbog "Vejautoværn og tilhørende udstyr".

8.2.2 Masters tekniske kvalitet

Master til belysningsformål anvendes typisk i aluminium eller galvaniseret udførelse.

Masteudformning kan være konisk, cylindrisk eller bertlet.

Alle master skal være CE-mærkede som udtryk for, at de opfylder lovgivningens sikkerhedskrav.

Der skal ved projektering og bestilling træffes og specificeres valg med hensyn til:

Referencevindhastighed (24 m/s eller 27 m/s)

Terrænkategori (II, I eller 0)

Korrosionsklasse (C3 eller C4)

Eventuel overfladebehandling (maling el.lign.), herunder egenskaber i forhold til graffiti og stickers. Hvorvidt masten skal være eftergivelig. Hvis den skal være eftergivelig, skal der specificeres hastighed, energiabsorbering og sikkerhedsklasse, se "Håndbog i anvendelse af eftergivelige master".

8.2.3 Masters fundamenter og opstilling

Master på fundamenter

Anvendelse af master med fodflange, som monteres på fundament med bolte og møtrikker, er kvalitetsmæssigt at foretrække, fordi det giver mulighed for efterjustering og opretning af mindre skævheder samt eventuelt udskiftning af masten uden at skulle grave med fare for beskadigelse af kabler. Erfaringsmæssigt står master på fundamenter desuden væsentlig mere stabilt og lodret gennem levetiden.

Fundamenter bør leveres af mastefabrikanten, og for opstilling følges fabrikantens montagevejledning. Se desuden AAB - Fælles for Vejudstyr og AAB Vejbelysningsmateriel.

Nedgravede master (uden egentligt fundament)

Master, som nedgraves i jord, er noget billigere, men bør kun anvendes ved lave master. Master under 7 meter kan ofte opstilles uden egentligt fundament, afhængigt af jordbundsforhold på stedet.

Nedgravede master placeres ofte på en underliggende fodplade (betonflise) og stabiliseres med ét eller flere vingefundamenter, som fastspændes på masten under terrænniveau.

Montagedele såsom vingefundamenter bør leveres af mastefabrikanten og monteres ifølge fabrikantens montagevejledning.

Se desuden AAB - Fælles for Vejudstyr og AAB Vejbelysningsmateriel

Ved opstilling af master i særlige områder, vejopbygninger, skråninger, grøftekanter og lign. skal jordbundsforhold og valg af fundament undersøges nærmere.

8.3 Beskyttelse mod mekaniske slag (IK-kode) og vibration

Armaturer og andet fritsiddende elektrisk udstyr skal have en tilstrækkelig beskyttelsesgrad mod mekaniske slag på det sted, hvor de monteres.

Beskyttelsesgrader er defineret i DS/EN 50102 - 62262 "Beskyttelsesgrader for kapslinger til elektrisk udstyr mod ydre mekaniske slag (IK-kode)". Koder og tilhørende slagenergier er vist i Figur 8.1.

I Danmark er hidtil anvendt betegnelserne Vandalklasser I og II, som svarer til hhv. IK06 og IK10.

IK-kode	IK00	IK01	IK02	IK03	IK04	IK05	IK06	IK07	IK08	IK09	IK10
Slag-energi (Joule)	-	0,14	0,2	0,35	0,5	0,7	1	2	5	10	20

Figur 8.1 Beskyttelsesgrader, IK-koder og deres tilhørende slagenergier.

Herudover stilles der krav til armaturers modstandsdygtighed over for vibration. Leverandøren skal kunne dokumentere dette gennem en 60 minutters vibrationspåvirkning iht. IEC 60068-2-6 for hver af tre hovedakser ved vibration med en amplitude på 10 m/s² i frekvensområdet 5-55 Hz ved brug af 10 frekvenscykler. Under påvirkningen er armaturets lyskilde(r) monteret, men ikke tændt.

8.4 El installation til vejbelysning

8.4.1 Generelle sikkerhedsbestemmelser

Vejbelysning er i lighed med alle andre installationer omfattet af Elsikkerhedsloven, "Lov om sikkerhed ved elektriske anlæg, elektriske installationer og elektrisk materiel". Elsikkerhedsloven trådte i kraft 1. januar 2016.

Installationer skal udføres efter kravene i "Installationsbekendtgørelsen", BEK nr. 1082 af 12/07/2016 med tilhørende standarder DS/HD 60364. "Installationsbekendtgørelsen" har pr. 1. juni 2017 afløst "Stærkstrømsbekendtgørelsen", afsnit 6.

Udføres anlæg efter den gældende udgave af standardserien for elektriske lavspændingsinstallationer HD60364, så anses sikkerhedskravet i Elsikkerhedslovens §3 for opfyldt.

8.4.2 Standarder

Elsikkerhedsloven fastslår, at det er ejeren af vejbelysningsanlægget, der er ansvarlig for, at installationen drives og vedligeholdes forsvarligt. Ejerne skal lade fejl og mangler afhjælpes snarest muligt og skal hindre, at fejl og mangler kan foranledige fare for personer, husdyr eller ejendom. Standardserien DS/HD 60364 har krav til udførelse af belysningsanlæg i det fri i følgende kapitler:

- Del 1 Grundlæggende principper
- Del 4 Beskyttelse af sikkerhedsgrunde
- Del 5 Valg af elektrisk materiel
- Del 6 Verifikation
- Del 7 Krav til særlige installationer eller områder -714 Udvendige belysningsinstallationer

Del 4 giver mulighed for valg af beskyttelsesforanstaltning.

Efterfølgende er beskrevet, hvilke valg der på baggrund af erfaringer anbefales i offentlige vejbelysningsanlæg.

Automatsikringer er generelt uegnede til vejbelysning, idet de ofte giver utilsigtet afbrydelse i forbindelse med tænding af lyskilderne og oftest er bygget, så alle faser afbrydes samtidig. Kun med smeltesikringer kan man være sikker på stabil funktion.

Den projekterende skal i forbindelse med valg af kabeldimension og sikringsmærkestrømværdier udføre eltekniske beregninger, der dokumenterer, at anbefalet spændingsfald, overstrømsbeskyttelse og kortslutningsbeskyttelse er til stede, og at der automatisk afbrydes for forsyningen ved fejl.

8.4.3 Valg af beskyttelse

Ud over grundisolering som grundbeskyttelse skal anlæg også fejlbeskyttes. DS/HD 60364 Del 4 giver valgmulighed for fejlbeskyttelse ved automatisk afbrydelse af forsyning med anvendelse af fejlstrømsrelæ, RCD (Residual Current Device), eller ved dobbelt eller forstærket isolation.

Det skal understreges, at brugen af RCD almindeligvis ikke er egnet i vejbelysning, fordi fejlstrømsrelæer i sådanne udstrakte anlæg bevirker hyppige unødvendige afbrydelser af belysningen fx i tordenvejr. Derudover kræver RCD-enheder jævnlig afprøvning med øgede vedligeholdelsesomkostninger. Brugen af fejlstrømsrelæ har dog visse fordele, som kan udnyttes i visse tilfælde som beskrevet nedenfor.

I stedet bruges almindeligvis metoden, som er beskrevet i Del 4 -412 om anvendelse af dobbelt eller forstærket isolering.

8.4.4 Dobbelt eller forstærket isolering som fejlbeskyttelse

Tidligere anvendtes betegnelsen klasse II eller dobbeltisoleret om denne beskyttelsesform. Beskyttelse udføres normalt ved gennemgående anvendelse af materiel, bl.a. armaturer, som er typeprøvet og mærket .

Det skal samtidig sikres, at der er effektive foranstaltninger, fx ved tilstrækkeligt tilsyn, der sikrer fejlbeskyttelsens opretholdelse og effektivitet.

På denne type installation må der ikke forefindes stikkontakter til fx julelys.

8.4.5 Automatisk afbrydelse af forsyningen som fejlbeskyttelse

Med denne beskyttelsesform anvendes beskyttelsesleder og automatisk afbrydelse med RCD.

Når der anvendes klasse I-materiel (armaturer mv.), der er mærket , skal installationen altid fejlbeskyttes med beskyttelsesleder og RCD.

På grund af risikoen for fejlagtige udkoblinger, kan RCD som fejlbeskyttelse kun anbefales i belysningsinstallationer, hvor belysningen i princippet kan undværes.

Fejlbeskyttelse med RCD kan således ikke anvendes til funktionel vej- eller stibelysning, hvor stabil funktion i alle situationer er vigtig.

Derimod kan beskyttelse med RCD anbefales til belysningsanlæg hvor armaturerne sidder i lav højde (og dermed er inden for rækkevidde), hvor sikkerhed er vigtig og stabil funktion er mindre vigtig, fx i arkitektoniske og scenografiske belysningsanlæg med nedgravede armaturer.

Ved beskadigelse og eventuel vandindtrængen kan der ske ødelæggelse af armaturernes isolationsevnen, så den dobbelte eller forstærkede isolering ikke længere yder tilstrækkelig fejlbeskyttelse. Her kan klasse I-materiel og fejlbeskyttelse med RCD bedre yde den nødvendige sikkerhed, idet mulige fejlagtige udkoblinger i et vist omfang kan accepteres.

8.4.6 Beskyttelse mod transienter og overspændinger (HD60364-4-443)

Med den seneste ændring er der kommet krav til, at nye installationer skal beskyttes mod overspændinger ved installation af overspændingsbeskyttelsesudstyr (SPD – Surge Protection Device).

I praksis betyder det, at der i installationen skal anvendes flere SPD-enheder. Der skal altid anvendes en SPD i installationens forsyningspunkt - typisk i indgangen i vejbelysningstavlen. Behovet for yderligere SPD'ere anbragt i de enkelte lyspunkter (fx i masteindsatsen) skal vurderes. Se DS/HD 60364 Del 4-443.

SPD-enheden kan være indbygget i masteindsatsen, eller man kan montere SPD uden for masteindsatsen. I begge tilfælde skal man være opmærksom på at få installationen udført korrekt, blandt andet skal man sikre sig, at jordingslederen fra SPD-enheden har en fast og stabil tilslutning til masten. Jordingslederen kan være grøn/gul, og skal altid udføres efter fabrikantens anvisninger.

Kabelbårne transienter og elektriske udladninger fra lyn kan forårsage store skader på belysningsinstallationer med store økonomiske konsekvenser og trafikfarlige situationer til følge. Specielt LED-armaturer kan være følsomme over for transienter og udladninger på grund af de indbyggede elektroniske komponenter. Det er derfor vigtigt, at det ved projektering med LED-armaturer sikres, at belysningsanlægget kan modstå kabelbårne transienter og elektriske udladninger i det omfang, disse kan forventes på den aktuelle lokalitet.

8.4.7 Kabelanlæg

Ved placering af kabelanlæg skal der tages hensyn til øvrige ledninger i jord og øvrigt vejudstyr som fx autoværn.

Kabelanlæg til vejbelysning skal være grundbeskyttet og fejlbeskyttet. I praksis skal anlægget dimensioneres, så kabelanlægget er i stand til at bære belastningsstrømmen og kortslutningsstrømmen, som måtte opstå ved fejl på anlægget. Oftest vil kortslutningsstrømmen være dimensionerende for kabeldimensionen.

Kabelanlæg bør udføres i kvalitet og dimension som er velegnet til at ligge i jord, og tåle de mekaniske påvirkninger der måtte opstå.

8.4.8 Vejbelysningsskabe

Ved placering af vejbelysningsskabe skal der tages hensyn til tilgængelighed og sikkerhed for fremtidige drifts- og vedligeholdelsesarbejder, herunder at der er tilstrækkelig (typisk mindst 0,8 m) afstand til andre objekter foran skabet i hele dets bredde. Også sandsynligheden for påkørsel, herunder placeringen af autoværn, bør overvejes og tages i betragtning.

Placeringen skal koordineres med netselskabet for forsyning og med øvrige anlæg fx signalanlæg.

Derudover bør vejbelysningsskabe placeres i midten af anlæg, så de geografisk får bedst mulige forsyningsmulighed for anlægget.

9 DRIFT OG VEDLIGEHOLDELSE

9.1 Omfang af driftsopgaver

Drift og vedligeholdelse, forkortet D&V, omfatter de aktiviteter, der udføres på det færdige belysningsanlæg for at opretholde funktion og udseende, herunder

- Opretholdelse af beredskab (døgnvagtordning) for reaktion og afhjælpning af akut opståede skader, fejl mv.
- Udbedring af fejl, der måtte opstå på anlægget med reparation og udskiftning af dele samt behandling af skadevoldersager
- Periodiske eftersyn med registrering af manglende lys, fejl, hændelser, slid og beskadigelser, herunder almindeligt eftersyn ("gennemkørsel"), som ofte udføres flere gange om året
- Ad hoc påvisning af kabler og koordinering med andre ledningsejere angående kabler, ledninger mv. i jord
- Administration af data på anlægget og rapportering
- Registrering af elforbrug.

Til driftsudgifter hører naturligvis også udgift til elforbrug.

Udover daglige driftsopgaver udføres vedligeholdelse på anlæggene, herunder

- Hovedeftersyn (årligt eftersyn)
- Udvidet hovedeftersyn (med flere års mellemrum), herunder:
- Serieudskiftning af lyskilder* og rengøring af armaturhus
- Indvendige eftersyn af skabe og elektriske installationer
- Udvidet sikkerhedseftersyn med kontrol af vejbelysningsskabe og deres funktion
- Mindre anlægsændringer
- Administration af data på anlægget og rapportering samt kvalitetssikring.

*) serieudskiftning af lyskilder vedrører traditionelle lyskilder. I takt med LED-teknologiens udbredelse vil udskiftning blive erstattet af serierengøring af armaturer.

Større renoveringer og anlægsændringer bør betragtes som etablering og udføres som nyanlæg.

D&V-arbejdet kan være forskelligt organiseret:

Udført af kommunens tekniske afdeling eller et kommunalt inhouseselskab"

Udført af en uafhængig driftsentreprenør/el-installatør

Udført af et energiselskab.

9.2 Kvalitetsniveau og D&V-aftale

Opretholdelse af funktionaliteten og dermed det oplevede kvalitetsniveau (funktion, sikkerhed og udseende) sker ved:

- Reaktion på henvendelse fra politi og beredskab
- Reaktion på fejlmeddelelser fra overvågningsudstyr
- Reaktion på indmeldte fejl fra borgere, pr. telefon, app eller hjemmeside
- Periodisk eftersyn og notering af fejl
- Efterfølgende afhjælpning af fejl og mangler.

Det er vigtigt at fastlægge hyppigheden for eftersyn, afhjælpningstid (fra opdagelse af fejl til udbedring) og kriterier for afhjælpning på en optimal måde for forskellige vejstrækninger, steder og områder.

Man behøver ikke at reagere lige hurtigt på alle fejl. Der er forskel på, hvor generende det er, at et armatur ikke lyser alt efter lokaliteten. Det kan bedre accepteres at lade et armatur i rækken på en trafik- eller boligvej være slukket i en periode, end det kan tillades i et signalreguleret kryds eller en rundkørsel.

Dette specificeres som en del af aftalen med D&V-entreprenøren. Det anbefales at anvende forskellige typer af eftersyn, som udføres med forskellig hyppighed. Antal eftersyn er et udtryk for det kvalitetsniveau, som ønskes på de enkelte vejtyper eller områder i byen.

9.3 Udbud, kontrakter og leveringsaftaler

D&V skal udbydes efter de gældende udbudsregler, medmindre kommunen selv står for D&V gennem sin egen afdeling eller et kommunalt inhouseselskab”.

Udbud af en driftskontrakt vil typisk være et EU-udbud (tjenesteydelse), og man skal være opmærksom på, at der er flere tidsfrister, der skal overholdes. Så igangsætning af udbudsprocessen skal gøres i god tid, inden eksisterende driftsaftale udløber.

Det anbefales, at omfang og kvalitet af D&V-arbejdet specificeres detaljeret i udbuddet, som efterfølgende bliver grundlag for D&V-kontrakten.

I de tilfælde, hvor staten, kommunen eller et kommunalt selskab indkøber materialer, skal det også ske efter udbud eller gennem andre leveringsaftaler, fx SKI-aftale.

9.4 Typiske levetider for forskelligt materiel

Generelt sigtes der mod, at belysningsanlæggets faste dele har en levetid på mindst 25 år.

Dette gælder master, fundamenter, kabelanlæg og armaturer tillige med vejbelysningsskabe.

Erfaringsmæssigt lever fundamenter, galvaniserede master og kabelanlæg i god kvalitet dog noget længere. 40 år er ganske almindeligt.

Traditionelle lyskilder bør serieudskiftes efter de anbefalinger, som lyskildeleverandører angiver. Forventet levetid på de lyskilder, som typisk anvendes i vejbelysningsanlæg, er 3-6 års drift mellem serieudskiftninger.

Sliddele i de traditionelle armaturer er udover lyskilder, forkobling og kondensator. Forventede levetider er følgende:

Drosselspolers levetid er meget lang, mindst 25 år

Kondensatorers levetid er ca. 20.000 timer

Glimtænderes levetid er cirka som lyskilden og bør skiftes sammen med lyskilden

Startere til højtryksdampplamper lever ca. 60.000 timer (ca. 5.000 tændinger)

Elektroniske forkoblingers levetid er ca. 60.000 timer eller mere.

LED-armaturers levetid skal oplyses af leverandøren ved etablering af anlægget og skal indgå i vurderingen af anlægget ved etablering. Typisk forventes en levetid på armaturet (LED-modul og driver) på 20-25 år.

I den periode vil der være et enkeltudfald af LED-armaturer, som så skal udskiftes som en del af driftsopgaven.

Ved anvendelse af fotocelle på anlæggene skal der, som en del af driften, foretages regelmæssig rengøring og kontrol af funktion. Fotoceller udskiftes, når de ikke længere fungerer tilfredsstillende.

9.5 Udskiftningsstrategi for armaturer og lyskilder - punktudskiftning og serieudskiftning

Levetiden for traditionelle lyskilder til vejbelysning er flere år, og LED-moduler har væsentlig længere levetid.

Det er karakteristisk, at nogle få lyskilder udbrænder tidligt. For den tilbageværende store del af lyskilderne vil lysstrømmen aftage med tiden, og hyppigheden for udbrænding vil tiltage, når driftstiden nærmer sig den gennemsnitlige levetid.

Punktudskiftning (også kaldet enkeltudskiftning) er udskiftning af enkelte udbrændte lyskilder.

Serieudskiftning (også kaldet gruppeudskiftning) er udskiftning af alle lyskilder af en bestemt type og med samme antal driftstimer i et anlæg.

Serieudskiftning foretages dels for at "genoprette" lysstrømmen, dels for at opnå besparelser på udgifter til enkeltudskiftninger.

Det har ofte været diskuteret, om serieudskiftning kan betale sig frem for udelukkende at punktudskifte. Serieudskiftning med tilhørende rengøring af armaturer er dog den eneste måde at sikre, at der opretholdes et acceptabelt/bestemt belysningsniveau.

Sammen med serieudskiftning (hvor armaturet åbnes) udføres også rengøring og udvidet hovedeftersyn.

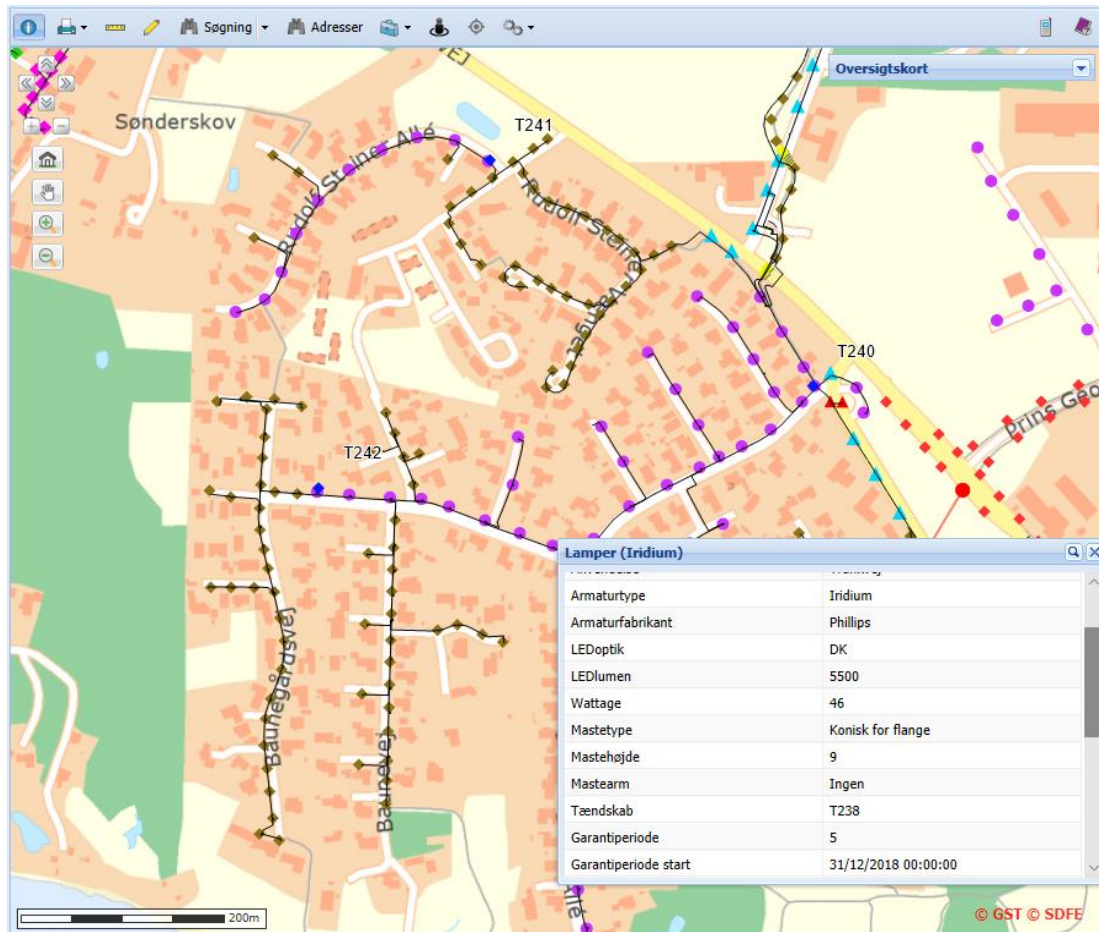


Figur 9.1 Lyskildeskift og indvendige eftersyn hører til vedligeholdelsesopgaver.

9.6 Anlægs- og registreringsdatabase

Vejbestyrelsen bør have eller benytte en registreringsdatabase for sine vejbelysningsanlæg som grundlag for aftaler, udbud og overdragelse.

I takt med indførelse af skærpede krav til ledningsoplysninger i LER-registeret og kravet om at kunne oplyse om sine anlæg i jorden, er en større og større del af vejbelysningsanlæggene registreret i en GIS-løsning.



Figur 9.2 Eksempel på data registreret i kommunal GIS-løsning.

En sådan løsning bør indeholde alle data på vejbelysningsanlæggene.

Der arbejdes på at ensrette dataindsamling på tværs i hele landet, så indsamling og opbevaring af data på vejbelysningsanlæg bliver ensartet.

Felt navn	Formål
Koordinat	X-/Y Koordinat på lyspunktet ETRS89/UTM32N (øst, Nord)
Unik_ID	Unik ID - Autogenereres af systemet
Lyspknr	Lyspunktsnummer - Fortløbende nummer inden for hele anlægget.
Lysgrp	Lyskildegruppe - Angiver hvilken lyskilde gruppe
Ejer	Ejer /Driftsområde - Hvem ejer anlægget
Vedl_hold	Vedligeholder - Hvem vedligeholder anlægget
Ef_Syn_Gr	Eftersyns gruppe - Hvor stor er risikoen i forhold til at fastsætte eftersynsraten
Opsat_Arm	Etableringsdato Armatur - Hvornår er armaturet sat op
Opsat_Mast	Etableringsdato Mast - Hvornår er masten sat op
Uvd_hoved	Sidste Udvidet Hovedeftersyn - Hvornår er det lavet
Stikproeve	Stikprøveudtaget ved udv. Hovedeftersyn - Hvornår er lyspunktet taget ud i stikprøvekontrol
Serieudsk	Sidste serieudskiftning - Hvornår er lyskilden sidst skiftet
Levetid	Økonomisk levetid - Hvor længe holder lyskilden jf. producenten
Gara_Aftal	Garanti aftale - Hvilken type aftale er armaturet sat op efter og hvem har ansvaret
Gara_udlob	Garantiudløb - Hvornår udløber en evt. garatiperiode
Sys_effek	System Effekt (W) - Hvad er den samlede effekt optaget i lyspunktet
Taendsted	Vejbelysningsskab - I hvilket skab er sikringen til lyspunktet placeret. Det er IKKE hvor den tændes fra, da dette kan være et hovedskab.
Fabrikant	Armaturfabrikant - Hvilken leverandør har produceret armaturet
Arm_type	Armaturtype - Hvilken model er armaturet
Spej_Optik	Spejlindstilling/Optik - Hvilken optil/Spejlindstilling har armaturet
Lyskilde	Lyskildetype - Hvilken lyskildetype har armaturet.
Lumen	Lumenpakke (lm) - Hvad er lumenpakken (Kun LED)
Kelvin	Farvetemperatur - Hvor mange Kelvin er lyskilden på.
Daempning	Dæmpning - Hvilken dæmpningsprofil har armaturet
Isoklasse	Isolationsklasse armatur - Hvad er isolationsklassen for armaturet
Montage	Montage - Hvordan er armaturet monteret
Mastetype	Mastetype - Hvad er det for en type mast
Mastearm	Arm type - Hvis der er arm på masten, hvilken arm er det så
Fundering	Fundering - Hvilken fundering er der brugt ved masten
Hoejde	Mastehøjde - Hvad er højden på masten
Isokl_mast	Isolationsklasse masteindsats - Hvad er isolationsklassen for masteindsatsen
Transient	Transientbeskyttelse - Er der transientbeskyttelse monteret

Figur 9.3 Eksempel på data til registrering af vejbelysningsanlæg.

En database for vejbelysningsanlæg indeholder typisk oplysninger om:

Lokalitet

Master

Armaturer

Lyskilder

Dæmpningsprofil

Elforsyningsskabe, målerskabe og styreskabe inkl. styreudstyr for vejbelysningsanlægget

Kabelanlæg, udformning mv.

Administrative oplysninger, budgetter og arkiv kan også være omfattet.

10 TERMINOLOGI OG SYMBOLLISTE

For udtryk, som i praksis har mere generel tilknytning til vej- og trafikfagene, henvises til "Vej- og trafikteknisk ordbog".

10.1 Terminologi

Arm

Et armatur kan monteres på mast med eller uden arm/udlæg. Armens længde er et fysisk mål, som regnes fra mastens centerlinje til armaturflangen. Studsen, som stikkes ind i armaturet, medregnes altså ikke til armlængden. En lang arm benævnes til tider "udliggerarm".

Udlæg er det geometriske vandrette mål fra mastens centerlinje til lyspunktet (se dette) uanset, om armaturet er monteret direkte på mastetop eller på en arm (eller på anden måde).

Belysningsklasser

Belysningsklasser (for vejbelysningsanlæg): sæt af lystekniske krav, som under ét beskriver belysningskvalitet.

Belysningsniveau

Belysningsniveau (i et belysningsanlæg): lyskildernes nominelle lysstrøm i forhold til det areal, der skal belyses. Belysningsniveauet kan beregnes ved den nominelle lysstrøm pr. armatur i forhold til det areal, der skal belyses pr. armatur.

Enhed: lumen pr. m² (lm/m²).

Symbol: B.

Belysningsstyrke

Belysningsstyrke (et sted på en flade): forholdet mellem den lysstrøm, der rammer et udsnit af fladen, og udsnittets areal. Beskriver "tætheden" af indfaldende lys ved et sted.

Enhed lux (lx).

Symbol: E.

Belysningsvirkningsgrad

Belysningsvirkningsgrad (af et belysningsanlæg): den brøkdel eller procentdel af lyskildernes nominelle lysstrøm, der vedvarende udnyttes til belysning af det areal, der skal belyses.

Symbol: η_B .

Bilister

Begrebet bilist skal opfattes bredt og omfatter førere af person-, vare, og lastbiler, men også motorcyklister.

Bølgelængde

Bølgelængde (af en elektromagnetisk stråling). I belysningsteknikken benyttes enheden nanometer = 10⁻⁹ m (nm). Lys findes i et bølgelængdeområde fra 340-400 nm til 760-780 nm.

Symbol: λ .

D-klasser

Klasser for blændingstal, som beskriver et armaturs ubehagsblænding. Anvendes til armaturer til belysning på lokalveje med videre. Kun klasserne D5 og D6 er relevante.

E-klasser

Se belysningsklasser.

Farvegengivelsesindeks

Beskriver lysets evne til at gengive farver på en skala fra 0 til 100.

Symbol: R_a .

Farvetemperatur (Korreleret Farvetemperatur)

Beskriver lysfarven af lys fra lyskilder på en farvetemperaturskala. Iht. EN 12464 betegnes en farvetemperatur under 3300 K som "varm" og en farvetemperatur over 5300 K som "kold". For hvidt lys anvendes ofte varmt hvidt lys (≤ 3000 K), neutralt hvidt lys (ca. 4000 K) og koldt hvidt lys (≥ 5000 K).

Enhed: Kelvin (K).

Symbol: CCT.

Færdselsarealets bredde

Benyttes for lokalveje og stier mv. For lokalveje: Den samlede bredde af færdselsarealet er bredde af kørebane, fortov, cykelsti samt eventuelle mellemliggende rabatter. Ofte vil bredden være fra skel til skel.

Enhed: meter (m).

Symbol: T.

G-klasser

Klasser for afskærmning af armaturer. Anvendes til armaturer til belysning på trafikveje mv. De mest benyttede klasser er G4, G5 og G6, som modsvarer armaturer med plan skærm.

Indfaldsvinkel

Indfaldsvinkel (af en belysningsretning på et sted på en flade) er vinklen mellem belysningsretningen og fladens normal ved det pågældende sted.

Enhed: grader (1°).

Symbol: v .

Kørebanelens bredde

Benyttes for trafikveje mv.

Enhed: meter (m).

Symbol: K.

L-klasser

Se belysningsklasser.

LE-klasser

Se belysningsklasser.

Luminans

Luminans (af et sted på en flade set fra en retning): forholdet mellem den lysstyrke, der udsendes fra et udsnit af fladen og udsnittets synlige areal begge set fra den givne retning. Beskriver stimulus for øjet.

Enhed: Candela pr. m^2 (cd/m^2).

Symbol: L.

Lysfordeling (i cd/klm)

Et armaturs fordeling af lyset i rummets retninger beskrives ved en tabel af lysstyrker for et stort antal retninger og betegnes "lysfordeling".

En lysstyrketabel indeholder normalt ikke absolutte værdier af lysstyrken målt i cd, men derimod relative værdier skaleret i forhold til lyskildens lysstrøm i enheden cd/1.000 lm lig med cd/klm.

Lyspunkt

Det punkt, som et armaturs lysudsendelse regnes fra. Som regel midten af armaturets lysåbning.

Lyspunktafstand

Lyspunktafstand (mellem lyspunkter i et belysningsanlæg): afstand mellem lyspunkter.

Enhed: meter (m).

Symbol: S.

Lyspunkthøjde

Lyspunkthøjde (af lyspunkter i et belysningsanlæg): lyspunkternes højde over det areal, der skal belyses.

Enhed: meter (m).

Symbol: H.

Lysstyrke

Lysstyrke (af en lyskilde eller et armatur i en retning): forholdet mellem den lysstrøm, som udsendes i en rumvinkel omkring retningen, og rumvinklens størrelse. Beskriver "tætheden" af lys i en retning. Mål for lysets intensitet i en bestemt retning.

Enhed: candela (cd).

Symbol: I.

Lysstrøm

Lysstrøm er et mål for den del af den udsendte stråling fra en lyskilde, der giver anledning til synsindtryk, dvs. "mængden" af udsendt lys.

Enhed: lumen (lm).

Symbol: Φ .

MacAdam step

Beskriver spredningen i lysfarven ud fra MacAdam ellipser i henhold til CIE1964.

Enhed: steps

Symbol: SDCM.

Masteafstand

Masteafstanden i et belysningsanlæg er afstanden mellem to master i samme vejside. Også kaldet lyspunktafstand.

Enhed: meter (m).

Symbol: S.

Middelluminanskoefficient

Middelluminanskoefficient i diffus belysning (af en vejbelægning) er forholdet mellem vejbelægningens luminans i diffus belysning og belysningsstyrken på vejbelægningens overflade.

Beskriver vejbelægnings lyshed.

Enhed: cd/m² pr. lux (cd/(m²·lx)).

Symbol: Q_d .

Minirundkørsel

Rundkørsel, hvor midterøen er erstattet af et cirkulært overkørselsareal med en diameter typisk på 2-3 m.

Nominel lysstrøm

Den lysstrøm, som ifølge fabrikanten er repræsentativ for en ny lyskilde, og som anvendes ved den lystekniske beregning af anlægget. Forskellige fabrikater og typer af lyskilde, som er elektrisk og optisk compatible, kan have lidt forskellig lysstrøm. Ved den dimensionerende lystekniske beregning vælges, hvilken lyskildetype og lysstrøm der skal benyttes. Denne lysstrøm er i nærværende sammenhæng nominel lysstrøm.

Overhæng på trafikveje

Overhæng (af lyspunkter i et belysningsanlæg) er lyspunkternes placering i forhold til nærmeste kant af det areal, der skal belyses. Overhængen regnes fra køresporskant til center af lyspunkt. Overhæng regnes positivt, når lyspunkterne hænger ind over arealet og ellers negativt.

Enhed: meter (m).

Symbol: OH.

Reflektans

Reflektans (af en flade) er den brøkdel eller procentdel af en indfaldende lysstrøm på fladen, der reflekteres.

Symbol: ρ .

Regelmæssighed

Regelmæssighed (af vandret belysning, luminans eller halvrumlig belysning i et felt) er forholdet mellem den mindste værdi og middelværdien i punkter i et net, der dækker feltet.

Symbol: R.

Rumvinkel

En rumvinkel er en tredimensionel udgave af den sædvanlige vinkel. I stedet for to linjer, som skærer hinanden i et hjørne, udspændes rumvinklen i en tredimensionel figur (en kegle), hvor linjerne mødes i et punkt.

Enhed: steradian (sr).

Symbol: ω .

Synsnedsættende blænding

Synsnedsættende blænding er en nedsættelse af øjets evne til at skelne kontraster i synsfeltet. Den synsnedsættende blænding skyldes i høj grad, at lys, som trænger ind i øjet, spredes over nethinden og lægger et slør over denne.

Den synsnedsættende blænding TI er et mål for den synsnedsættende virkning af den sløringsluminans, der fremkaldes af belysningsanlæggets armaturer ved den aktuelle middelluminans af kørebanen.

Enhed: procent (%).

Symbol: TI.

Ubehagsblænding

Ubehagsblænding er det ubehag, man fornemmer, når der findes flader med høj lystæthed (luminans) i synsfeltet. I belysningsanlæg vil sådanne flader oftest være armaturer, som ikke i tilstrækkelig grad afskærmer lyskilderne.

Trafikarelets bredde

Den bredde, hvor belysningsklassens hovedkrav gælder.

For trafikveje tænkes hovedsageligt på kørebanens bredde.

For boligveje og stier mv. tænkes på færdselsarelets samlede bredde.

Enhed: meter (m).

Symbol: T.

Øjets følsomhed

Øjets følsomhed for elektromagnetisk stråling som funktion af bølgelængden λ .

Enhed: nanometer (nm).

Symbol: $V(\lambda)$.

10.2 Symbolliste

A	areal, der belyses
B	belysningsniveau
C	den ene vinkel i et (C, γ) vinkelkoordinatsystem, der benyttes til lysfordelingstabeller for armaturer
CCT	korreleret farvetemperatur (Correlated Colour Temperature)
D-klasser	klasser for blændingstal
E	belysningsstyrke
E_{hr}	middelværdi halvrumlig belysning
E_m	middelværdi af vandret belysning
E-klasser	belysningsklasser
G-klasser	klasser for afskærmning af armaturer
GNS	gennemsnitsværdi. Ækvivalent med middelværdi. NB: I sammenhæng med lyskilders levetid er det driftstid indtil 50 % lyskildeudfald
H	lyspunkthøjde
I	lysstyrke
K	kørebanens bredde
L	luminans
L_m	middelværdi luminans
L-klasser	belysningsklasser
LE-klasser	belysningsklasser
LPA	masteafstand (lyspunktafstand) (også benævnt: S)
OH	overhæng
Q_d	middelluminanskoefficient i diffus belysning
r	vejbælægningens refleksionsværdi
R	regelmæssighed
R_a	farvegengivelsesindeks

S	lyspunktafstand
T	færdselsarealets samlede bredde. Benyttes for boligveje og stier mv.
TI	synsnedsættende blænding
v	indfaldsvinkel
$V(\lambda)$	øjets følsomhed for elektromagnetisk stråling
γ	den anden vinkel i et (C, γ) vinkelkoordinatsystem, der benyttes til lysfordelingstabeller for armaturer
η_B	belysningsvirkningsgrad
λ	bølgelængde
ρ	reflektans
Σ	summation
Φ	lysstrøm
ω	rumvinkel.



Niels Juels Gade 13
Postboks 9018
1022 København K
Telefon 7244 3333

vd@vd.dk
vejdirektoratet.dk

vejregler@vd.dk
vejregler.dk

ISBN: 978-87-93945-68-5

