



Author
Jesper Arbjørn, JHA@afhh.dk
QA
Marianne Hornuff, MEH@afhh.dk

Date
16/12/2016
Project ID
5633

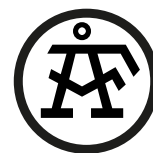
Report ID
001
Client
Vejdirektoratet

Driftserfaringer med LED

Videns- og dokumentationsnotat



ÅF-Hansen & Henneberg A/S, Lyskær 3 E, DK-2730 Herlev Denmark



Sammenfatning

LED-vejbelysning er blevet installeret gradvist på de danske veje indenfor de seneste 5-7 år. Flere nye problemstillinger er observeret ved overgangen til LED, og derfor har Vejdirektoratet taget initiativ til en undersøgelse for at indsamle driftserfaringer med LED vejbelysningsanlæg.

Undersøgelsen er udført som en spørgeskemaundersøgelse blandt driftsansvarlige i kommuner og energiselskaber. Det er tilstræbt, at de adspurgte er valgt bredt over hele landet, både by- og landkommuner, både store og små, og med forskelligartede erfaringer med anvendelse af LED-belysning.

8 kommuner og 4 større energiselskaber har svaret på spørgeskemaundersøgelsen. I alt er analysen baseret på 130.293 installerede LED-armaturer, og i gennemsnit udgør antallet af LED-armaturer 33% af det samlede antal armaturer installeret i de kommuner, der har deltaget i undersøgelsen.

Resultaterne af undersøgelsen bør betragtes som en indikator for problemer med LED-belysning, men grundet statistisk usikkerhed kan der ikke gives et eksakt svar på problemernes omfang og alvor. Dertil kommer almen usikkerhed ved anvendelse af spørgeskemaer, samt usikkerhed om hvor vidt besvarelserne er baseret på registreret data eller bedste skøn. Ligeledes er det en erfaring at omfanget af driftsproblemer undervurderes – det har dog ikke været muligt at vurdere omfanget af denne usikkerhed indenfor nærværende undersøgelses rammer. Endeligt kan det nævnes at sammenligningsgrundlaget for konventionelle armaturer ikke kendes.

Undersøgelsen viser, at LED-belysning i mange tilfælde opleves og behandles mere eller mindre som konventionel vejbelysning. Der er kun sket minimale ændringer i installation og drift. Men særligt to områder er specielt interessante ved overgangen til LED vejbelysning; fejlratér på armaturer samt overblik over belysningsmarkedet ved overgang til LED-belysning.

Baseret på besvarelserne i undersøgelsen kan fejlratér beregnes til gennemsnitligt knap 4% for udfald af LED-armaturer, dvs. situationer hvor armaturerne helt holder op med at virke.

Herudover opleves funktionsfejl på knap 4% af LED-armaturer, dvs. situationer hvor armaturerne fortsat lyser, men hvor der opleves problemer med f.eks. flimmer, styringen, kondens mv.

Dette er lavere fejlratér end de, der tidligere har været rapporteret i forbindelse med LED-teknologiens "børnesygdomme". Dette kan skyldes at en del børnesygdomme er overstået, og at armaturproducenterne løbende har udviklet nye løsninger samtidig med, at teknologien generelt er blevet mere moden.

Top tre over de identificerede årsager til udfald er:

- Vand i armaturet
- Defekt driver
- Udfald forårsaget af transiente overspændinger

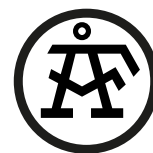
Top tre over identificerede årsager til funktionsfejl er:

- Defekt driver
- Fugt og kondens
- Flimmer



Markedet for LED-belysning opleves i nogen grad forvirrende og uoverskueligt for deltagerne i undersøgelsen. Særligt er nogle kommuner meget kritiske overfor LED markedet grundet dårlige erfaringer fra tidligere, og generelt savnes der et bedre overblik over markedet som helhed.

På baggrund af dette er der i denne rapport udarbejdet en liste med de mest almindelige fejl og problemer ved LED vejbelysning samt forslag til korrigerende tiltag eller afværgeforanstaltninger. Der er desuden også udarbejdet en liste med forslag til generelle tiltag, som bør iværksættes som opfølgning på undersøgelsen.



Indholdsfortegnelse

1	Indledning	5
2	Metode.....	5
2.1	Præsentation af spørgeskemaet	6
3	Analyseresultater	7
3.1	Bemærkninger til resultaterne	7
3.2	Opsummering af resultaterne	8
3.3	Erfaringer fra US Department of Energy	13
4	Forslag til handlinger	14
4.1	Liste over de mest udbredte problemer	14
4.2	Yderligere tiltag	19
Appendix A	Spørgeskema	21
Appendix B	Detaljeret gennemgang af resultater fra spørgeskemaet	38
B.1	Udfald af LED-armaturer	38
B.2	Funktionsfejl på LED-armaturer.....	38
B.3	Afværgeforanstaltninger.....	39
B.4	Udskiftning af armaturer og delkomponenter	39
B.5	Vedligeholdelse af LED-armaturer	39
B.6	Installation af LED-armaturer.....	40
B.7	Indkøb af LED-armaturer	40
B.8	Producentoplysninger	41
B.9	Styring	41
B.10	Belysningsteknik	41



1 Indledning

Vejdirektoratet (VD) og en række kommuner har inden for de seneste 5-7 år installeret LED-armaturer til vejbelysning. Flere nye problemstillinger er observeret, blandt andet mht. vandindtrængning, transientbeskyttelse og utilsigtede udfald.

På den baggrund har ÅF Lighting, på vegne af VD, udarbejdet en undersøgelse for at indsamle driftserfaringer fra kommuner og energiselskaber.

Undersøgelsen udmunder i følgende notat, som har til formål at skabe overblik over driftserfaringer med LED-vejbelysningsarmaturer installeret på statslige og kommunale veje. Dernæst at opliste kendte afværgeforanstaltninger eller give bud på, hvad der bør undersøges nærmere.

Kommuner og energiselskaber, som har medvirket i undersøgelsen, kan få tilsendt notatet, såfremt de ønsker det. Alle besvarelser behandles fortroligt, ligesom navne på kommuner, energiselskaber, leverandører, producenter og produkter er anonymiseret i dette notat.

Der er ikke indkommet svar fra Vejdirektoratet på nuværende tidspunkt.

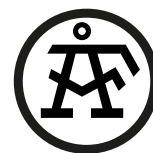
2 Metode

Undersøgelsen af erfaringer med drift af LED-belysningsanlæg er udført som en spørgeskemaundersøgelse, der er blevet udsendt til Vejdirektoratet samt en udvalgt gruppe af kommuner og energiselskaber.

Det er tilstræbt, at de adspurgte kommuner og energiselskaber er valgt bredt over hele landet, både by- og landkommuner, både store og små, og med forskelligartede erfaringer med anvendelse af LED-belysning.

Spørgeskemaet er sendt til i alt 21 kommuner, 5 energiselskaber og en række repræsentanter fra Vejdirektoratet.

Spørgeundersøgelsen er udført som en webbaseret multiple choice undersøgelse.

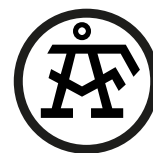


2.1 Præsentation af spørgeskemaet

Den udførte spørgeskemaundersøgelse er inddelt i 10 underområder:

- **Udfald af LED-armaturer**
Omhandler situationer, hvor LED-armaturer er holdt op med at virke.
- **Funktionsfejl på LED-armaturer**
Omhandler situationer, hvor LED-armaturer ikke fungerer som forventet.
- **Afværgeforanstaltninger**
Omhandler situationer, hvor fejl eller udfald af LED-armaturer har ledt til korrigerende foranstaltninger i forbindelse med udbedring af fejlen.
- **Udskiftning af LED-armaturer eller delkomponenter**
Omhandler situationer, hvor LED-armaturer eller delkomponenter er blevet udskiftet som følge af fejl, slid, hærværk eller af andre årsager.
- **Vedligeholdelse af LED-armaturer**
Omhandler driftserfaringer og problemer omkring vedligeholdelse af LED-armaturer.
- **Installation af LED-armaturer**
Omhandler omstændighederne for LED-armaturernes installation.
- **Indkøb af LED-armaturer**
Omhandler situationer, hvor der er blevet projekteret og indkøbt ny LED-vejbelysning, samt oplevelsen af disse situationer.
- **Producentoplysninger**
Omhandler hvorvidt producenternes oplysninger stemmer overens med den oplevede virkelighed.
- **Styring af LED-armaturer**
Omhandler situationer, hvor styringen i LED-armaturer har fungeret anderledes end forventet.
- **Belysningsteknik**
Omhandler situationer, hvor belysningstekniske egenskaber ved LED-armaturerne leder til en utilsigtet belysning.

Spørgeskemaet er gengivet i Appendix A.



3 Analyseresultater

12 separate besvarelser er indgået fra kommuner og energiselskaber, 8 fra kommuner og 4 fra energiselskaber, hvor energiselskaberne alle er selskaber, som driver og ejer vejbelysning i en eller flere kommuner.

Besvareelserne kommer fra kommuner og energiselskaber spredt over hele landet og med vidt forskellige erfaringer med LED-belysning. Eksempelvis:

- Store kommuner og energiselskaber med 50.000 LED-armaturer ud af 200.000 samlede armaturer (25% LED-belysning)
- Små kommuner med få armaturer, 73 LED-armaturer ud af 9.198 samlede armaturer (0,8% LED-belysning)
- Kommuner som har udskiftet næsten al deres belysning til LED, 14.500 LED-armaturer ud af 16.000 samlede armaturer (91% LED-belysning)

En typisk kommune eller energiselskab i denne undersøgelse har omkring 10.000 LED-armaturer, og i gennemsnit udgør antallet af LED-armaturer 33% af det samlede antal armaturer.

Lidt over halvdelen af de adspurgte har LED-installationer fra 2012 eller tidligere, men undersøgelsen peger på, at den virkelige transition fra konventionelle vejbelysningsarmaturer til LED-armaturer er sket fra omkring 2014.

I alt er analysen baseret på 130.293 installerede LED-armaturer.

I afsnit 3.2 findes en opsummering af resultaterne af undersøgelsen, mens en detaljeret gennemgang findes i Appendix B.

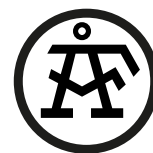
3.1 Bemærkninger til resultaterne

Resultaterne af spørgeskemaundersøgelsen er behæftede med en vis usikkerhed. Der er indgået 12 besvarelser. Omfanget af besvarelser giver en god indikation af de oplevede problemer, men antallet er for lille til en statistisk vurdering af problemernes størrelse set over alle kommuner. Antallet af installerede LED-armaturer som indgår i rapporten er dog stor nok til at konklusionerne kan ses som generelle.

I spørgsmål, hvor der spørges til problemer eller fejl med LED-armaturer, er det statistiske grundlag ud fra de alt 130.293 LED-armaturer tilstrækkeligt til at give statistiske signifikante svar indenfor de af spørgeskemaet opstillede rammer.

I spørgsmål, hvor der spørges til kommunernes og energiselskabernes erfaringer, er det statistiske grundlag 12 driftskontorer, hvorfor disse besvarelser ikke vil blive behandlet statistisk.

Dertil kommer almene usikkerheder ved anvendelse af spørgeskemaer; svarene tilpasses og begrænses af svarmulighederne i spørgeskemaet, tilbøjelighed til ikke at svare i yderpunkterne af en skala, samt usikkerhed om hvor vidt besvareelserne er baseret på registreret data eller bedste skøn fra deltageren i undersøgelsen. Ligeledes er det en erfaring at omfanget af driftsproblemer undervurderes – det har dog ikke været muligt at vurdere

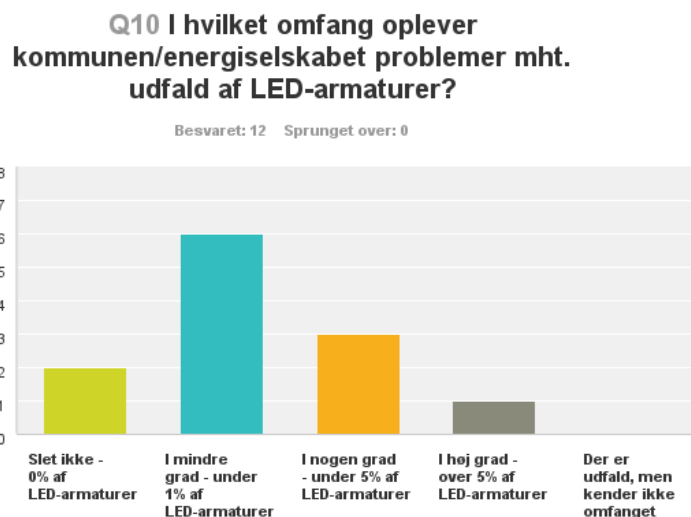


omfanget af denne usikkerhed indenfor nærværende undersøgelses rammer. Endeligt kan det nævnes at sammenligningsgrundlaget for konventionelle armaturer ikke kendes.

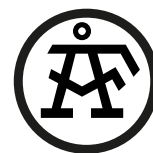
3.2 Opsummering af resultaterne

Udfald af LED-armaturer opleves gennemsnitligt på under 4% af de samlede armaturer i undersøgelsen, selvom halvdelen af de adspurgte instanser svarer, at de kun oplever det på under 1% af deres armaturer. Se Figur 3-1 for en fordeling af oplevede udfald af LED-armaturer.

De hyppigst identificerede årsager til udfald er vand i armaturet samt defekt driver (strømforsyning), dernæst problemer med transiente spændinger enten i form af manglende transientbeskyttelse eller transienter, som har overskredet det installerede beskyttelsesniveau. Halvdelen af besvarelserne rapportere dog også fejl, som de ikke kender årsagen til. Se Figur 3-2 for yderligere angivelser af årsager til udfald.

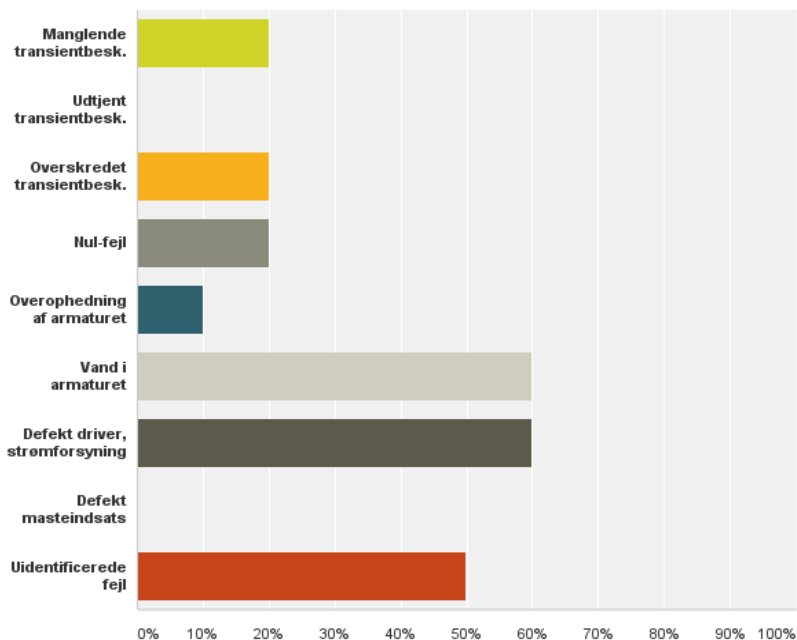


Figur 3-1 Omfanget af udfald af LED-armaturer.



Q11 Hvis der opleves udfald, hvad er årsagerne til udfald af LED-armaturer?

Besvaret: 10 Sprunget over: 2



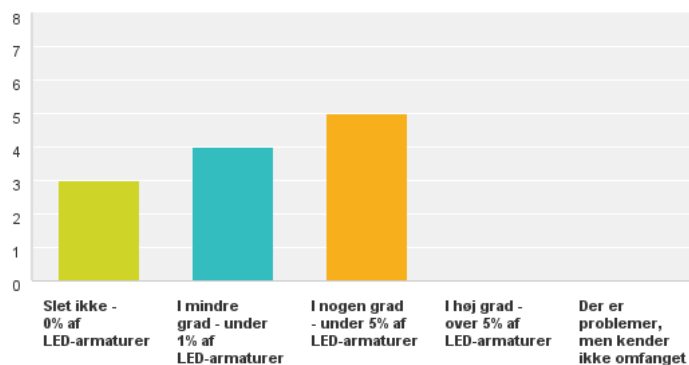
Figur 3-2 Årsager til udfald af LED-armaturer angivet som procent af de samlede besvarelser.

Funktionsfejl på LED-armaturer opleves også gennemsnitligt på under 4% af de samlede armaturer i undersøgelsen. Se Figur 3-3 for en fordeling af de oplevede funktionsfejl på LED-armaturer.

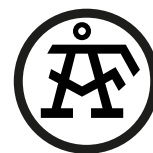
Den hyppigst identificerede fejl er defekt driver (strømstyring) efterfulgt af fugt i armaturet og flimmer. Se Figur 3-4 for yderligere angivelser af årsager til funktionsfejl på LED-armaturer.

Q14 I hvilken grad er anvendelse af LED-armaturer forbundet med problemer, hvor armaturerne ikke fungerer som specificeret?

Besvaret: 12 Sprunget over: 0

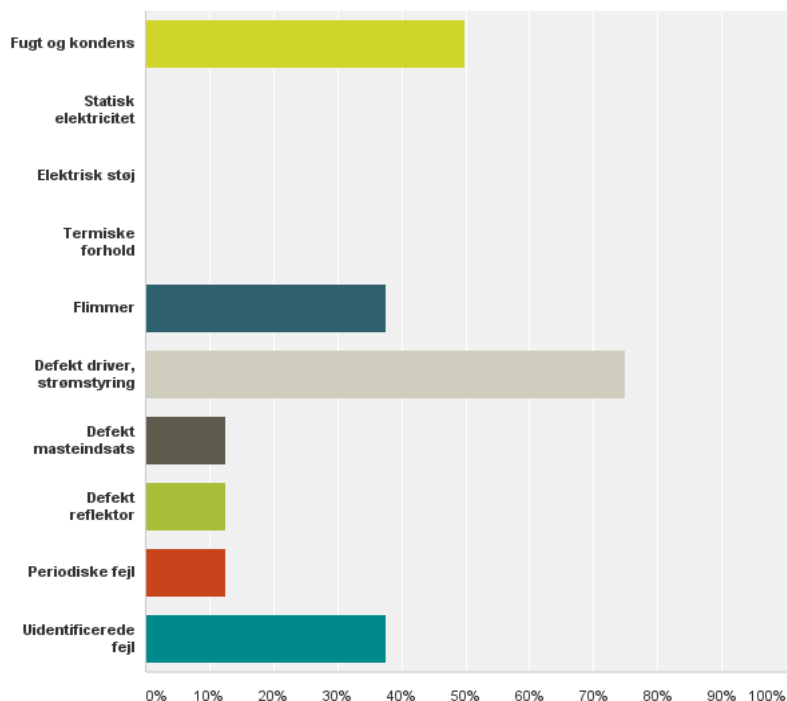


Figur 3-3 Omfanget af funktionsfejl på LED-armaturer.



Q15 Hvis der opleves funktionsfejl på LED-armaturer, hvilke problemer er da registreret?

Besvaret: 8 Sprunget over: 4

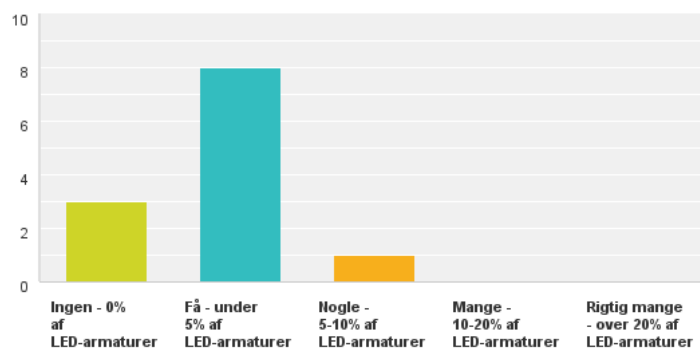


Figur 3-4 Årsager til funktionsfejl på LED-armaturer angivet som procent af de samlede besvarelser.

Udfald af enkelte LED-moduler¹ i et LED-armatur opleves gennemsnitligt på under 5% af de samlede armaturer i undersøgelsen. Se Figur 3-5 for en fordeling af de oplevede udfald af enkelte LED-moduler i et LED-armatur.

Q16 Hvor stor en andel af de installerede armaturer har haft udfald af enkelte LED-moduler i armaturet?

Besvaret: 12 Sprunget over: 0



Figur 3-5 Omfanget af udfald på enkelte LED-moduler i et LED-armatur.

Afværgeforanstaltninger bliver hos de fleste enten ikke overvejet, eller de bliver overvejet men kommer ikke med i projektet. I de tilfælde, hvor der tages stilling til afværgeforanstaltninger, vurderes det oftest, at

¹ LED-modul dækker over alle LED'er monteret på samme printkort.



sikkerheden i standardudstyret er tilstrækkeligt. En tredjedel af besvarelsene melder dog, at problemer, de har haft med LED-armaturer, har ledt til højere krav til afværgeforanstaltninger.

Afværgeforanstaltninger, som er i fokus, er transientbeskyttelse og skærpede kravspecifikationer til LED-armaturerne.

Der udskiftes i gennemsnit under 5% af de samlede LED-armaturer som følge af fejl på armaturerne, mens under 2% af de samlede armaturer får udskiftet delkomponenter. Dette harmonerer med, at det generelt opleves lidt lettere at udskifte LED-armaturer frem for konventionelle armaturer, men lidt svære at udskifte delkomponenter i LED-armaturer frem for konventionelle armaturer.

Delkomponenter, som udskiftes, er driver og LED-moduler.

Det opleves som omtrent det samme eller måske en smule nemmere at rengøre LED-armaturer frem for konventionelle armaturer. Perioden for rengøring af LED-armaturerne er for de flestes vedkommende uændret i forhold til konventionelle armaturer. De angivne rengøringsperioder varierer fra 1-4 år.

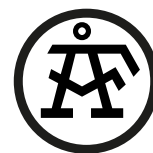
Det opleves for de fleste lige så nemt at montere og tilslutte LED-armaturer, samt at idriftsætte styring for LED-armaturer, som for konventionelle armaturer.

Situationer, hvor der skal indkøbes nye LED-armaturer, opleves i nogen grad problematiske. Både i forhold til et manglende overblik over markedet, ufuldstændig specificering af krav til LED-armaturer, ufuldstændig dokumentation fra producenterne, samt LED-armaturernes garantiforhold eller mangel på samme.

Der er ikke rigtig nogen bekymring for fejkøb af LED-armaturer, og for de flestes vedkommende opleves et manglende kendskab til leverandøren kun som et mindre problem. Langt de fleste installerede LED-armaturer kommer da også fra anderkendte producenter.

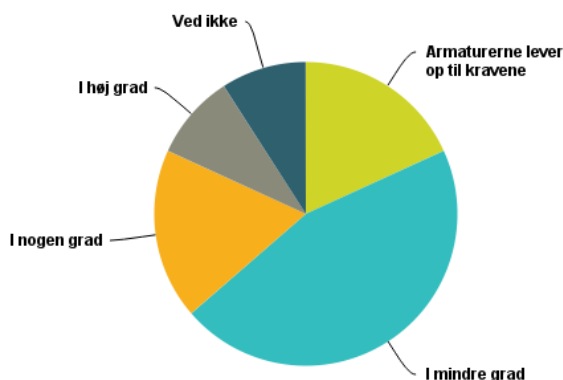
Der er ifølge besvarelsene grundlæggende ikke noget at bemærke overfor producenterne oplysninger angående levetid, garanti og energiforbrug. Der opleves en høj overensstemmelse mellem producenterne oplysninger vedrørende garantiforhold og de faktiske forhold. Dette er overraskende, idet de lange levetider har været diskuteret i mange år i sammenhæng med den korte garanti på typisk 2-5 år.

Det opleves for næsten tre fjerdedele af undersøgelsens deltagere, at LED-armaturer ikke har levet op til de specificerede krav, de fleste oplever dog kun dette i mindre grad. Se Figur 3-6. Det er ikke uddybet, hvordan armaturerne ikke lever op til kravene.



Q44 I hvilken grad har LED-armaturer ikke levet op til de specificerede krav?

Besvaret: 11 Sprunget over: 1



Figur 3-6 Angivelser af LED-armaturernes ydeevne i forhold til kravspecifikationer.

De fleste har ingen problemer med styring af LED-armaturer eller ingen erfaring med styring af LED-armaturer. Nogle få oplever problemer.

For dem, der oplever problemer med styring, er det gennemgående problem, at der ønskes en anden dæmpningsprofil end den, som armaturet er leveret med. Dertil opleves, at LED-armaturerne ikke dæmper tilstrækkeligt ved natdæmpning, at LED-armaturernes elforbrug er konstant til trods for styring, at der observeres flimmer i lyset ved dæmpning, og at armaturerne ikke er korrekt indstillede i forhold til sommertid/vintertid.

Belysningsteknisk opleves der ikke store problemer med LED-armaturer. Som forventet opleves der tilfælde af lysforurening, utilsigtet lysfordeling og kraftig afskæring af lyset. Alle de adspurgte oplever i nogen eller mindre grad gener fra LED-armaturer i forhold til blænding. Til gengæld opleves der stort set ikke problemer med manglende farvestabilitet, og kun i mindre grad tilfælde af generelt ringe belysningskvalitet. ÅF Lightings erfaring er, at blænding stadig er et problem for en række LED-armaturer. Det er samtidig erfaringen, at en række producenter arbejder ihærdigt på at forbedre blændingsegenskaberne, og at udviklingen fortsætter.



3.3 Erfaringer fra US Department of Energy

En større undersøgelse fra USA understøtter de fundne resultater i nærværende spørgeskemaundersøgelse. Et kort sammendrag findes nedenfor.

US Department of Energy har oprettet en erfaringsgruppe, Municipal Solid-State Street Lighting Consortium, hvis opgave er at dele tekniske informationer og erfaringer med hensyn til LED-vejbelysning. Ifølge denne gruppe vil det typiske udfald af et LED-armatur være et udfald i driverens strømforsyningsenhed. Ifølge en artikel² udgivet af denne gruppe fordelte fejlene, efter 34 millioner brændtimer af en unavngiven producents udendørsarmaturer, sig således:

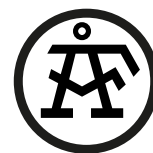
- | | |
|---------------------------|-----|
| • Strømforsyning (driver) | 52% |
| • Armaturhus | 31% |
| • LED-moduler | 10% |
| • Styringsenhed | 7% |

Samme artikel forklarer desuden, at fejl på LED-armaturer forholder sig anderledes end konventionelle armaturer, fordi LED-moduler er så meget mere holdbare end konventionelle lyskilder. Faktisk er det meget sjældent, at LED-moduler decideret holder op med at virke, typisk vil de i stedet producere en ringere lyskvalitet eller mængde af lys, hvilket man i mange tilfælde ikke vil lægge mærke til.

Således er armaturets driver (strømforsyning og styringsenhed) ikke blot den skrøbeligste del af armaturet, som fejler oftere og typisk har en kortere levetid end LED-modulerne. Den vil også opleves mere skrøbelig, fordi LED-modulerne ikke fejler som traditionelle lyskilder.

Angående levetider på LED-armaturer er det desuden erfaringsgruppens anbefaling, at man kigger efter de angivne levetider for et LED-armatur. Nogle producenter er tilbøjelige til kun at angive levetiden af LED-modulerne, som kan være meget længere end levetiden for driveren eller armaturhus og pakninger. Det anbefales, at man spørger efter systemlevetiden af armaturet, og desuden også spørger efter MTBF (mean time between failures) for armaturet, hvilket kan angive, hvor ofte man skal forvente at udskifte enkelte armaturer i løbet af anlæggets levetid.

² "Lifetime and Reliability", Building Technologies Program, Solid-State Lighting Technology Fact Sheet, US Department of Energy, 2013: http://www1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/life-reliability_fact-sheet.pdf



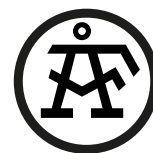
4 Forslag til handlinger

Nærværende undersøgelse giver et overblik over hvilke fejl som kommunerne og energiselskaberne oplever i forbindelse med LED-vejbelysningsarmaturer samt hvilke afværgeforanstaltninger som kommunerne og energiselskaberne gør brug af.

I afsnit 4.1 findes en liste over de fejl/problemer med LED-armaturer, som denne undersøgelse har synliggjort samt forslag til korrigerende tiltag eller afværgeforanstaltninger.

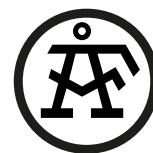
4.1 Liste over de mest udbredte problemer

Fejl	Mulig afværgeforanstaltning og evt. korrigerende tiltag	Kommentar
Defekt driver (strøm-forsyning)	Vær ekstra opmærksom på garantiforholdene for disse komponenter. Vær opmærksom på, at den forventede levetid på driveren godt kan afvige fra levetiden for LED-moduler. Stil krav til, at levetiden af driveren skal være lige så lang som for LED-moduler. Tjek systemlevetiden, som er levetiden af lyskilde og elektriske komponenter.	Hyppigste kendte årsag til udfald og funktionsfejl ifølge nærværende undersøgelse.
Vand i armaturet	Stil krav til IP-klasse, og at IP-klassen kan opretholdes gennem levetiden, såfremt service udføres efter leverandørens anvisninger.	Hyppigste kendte årsag til udfald ifølge nærværende undersøgelse. Det er velkendt, at visse LED-producenter har haft produktionsserier, hvor der har været systematiske fejl i samlingen af armaturet, som kan være skyld i vandindtrængen. Ud fra nærværende undersøgelse er det ikke muligt at afklare i hvilket omfang de rapporterede fejl skyldes disse produktionsserier.
Transiente overspændinger	Ved projektering og indkøb: Stil så højt krav til transientbeskyttelse i armatur eller masteindsats som muligt – i forhold til tekniske muligheder og økonomi. Undersøg risiko for store kabelbårne transienter i kommunens kabelnet. Eksempelvis om der er større industri, som kan give anledning til pludselige induktioner af store spændinger. På baggrund heraf bør det vurderes om transientbeskyttelsen i armatur eller masteindsats skal suppleres med beskyttelse i vejbelysningsskabet.	Tredje-hyppigste kendte årsag til udfald ifølge nærværende undersøgelse, hvis man forener udfald af LED-armaturer uden transientbeskyttelse og armaturer, hvor det installerede beskyttelsesniveau overskrides.

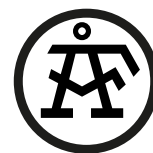


Fejl	Mulig afværgeforanstaltning og evt. korrigerende tiltag	Kommentar
Nul-fejl	Ved installation: Vær ekstra opmærksom på nul-fejl. LED-armaturer er særligt sårbare overfor nul-fejl i installationsfasen.	Fjerde-hyppigste kendte årsag til udfald ifølge nærværende undersøgelse.
Termiske forhold i armaturet	Overophedning af armaturer kan skyldes design- eller produktionsfejl. I disse tilfælde bør fejlen dækkes af garantien på armaturet. I tilfælde hvor der er tale om konventionelle armaturer med en retrofit LED-lyskilde anbefales det inden bestilling af lyskilden, at der efterspørges en varmetest, eller tilsvarende dokumentation, af retrofit LED-lyskilden installeret i det konkrete armaturhus.	Denne årsag til udfald er forholdsvis sjælden ifølge nærværende undersøgelse.
Fugt og kondens i armaturet	Fugt og kondens kan opstå inde i selve armaturet, hvis fugtig luft slipper derind og ikke kan komme ud – også selvom armaturet har en høj IP-klasse. Visse armaturer udstyres derfor med en ventil, som kan tillade armaturet at "ånde". Det er en god løsning i nogen tilfælde og ikke i andre. Spørg producenten til hvordan ophobning af fugt og kondens i armaturet undgås. Angiv i udbudsmaterialer hvilket klima, armaturleverandøren skal påregne at armaturerne skal fungere i, herunder særlige forhold vedr. relativ fugtighed, placering i kystnære områder osv.	Næst-hyppigste årsag til funktionsfejl ifølge nærværende undersøgelse.
Flimmer og/eller flimmer ved dæmpning	Flimmer opstår som et interferensfænomen mellem netspændingen og armaturets driver. Der kan være mange forskellige årsager til det, og pt. er der intet der forebygger det, da der er ingen standarder der omhandler det tilladte niveau af flimmer.	Tredje-hyppigste årsag til funktionsfejl ifølge nærværende undersøgelse. Der er producenter som er i gang med at udvikler højfrekvente drivere, hvor dette fænomen ikke kan forekomme. I EU's arbejde med ecodesign forordninger undersøges muligheder for at indføre krav mod flimmer.
Udfald af enkelte LED-moduler ³	Udfald af enkelte LED-moduler er typisk en produktionsfejl, som bør være omfattet af garantien på armaturet. Det er velkendt, at langt de fleste udfald af LED-moduler sker indenfor det første år af armaturets levetid.	Udfald af enkelte LED-moduler opleves på under 5% af LED-armaturer.

³ LED-modul dækker over alle LED'er monteret på samme printkort.



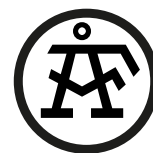
Fejl	Mulig afværgeforanstaltning og evt. korrigerende tiltag	Kommentar
Hærværk, vandalisme og påkørsler	Ved projektering og indkøb: Specificer som for konventionelle armaturer. Vær opmærksom på armaturets IK-klasse.	LED-armaturer opleves omtrent lige så robuste som konventionelle armaturer.
Manglende overblik over markedet	Pt. findes ingen officielle sammenligninger af LED-armaturer. Det anbefales, at der foretages en sammenligning af forskellige LED-armaturer inden det endelige valg af armatur foretages. Eksempelvis at der sammenlignes mht.: - Produkttekniske egenskaber - Lystekniske egenskaber - Energiforbrug - Garantiforhold - Mulighed for reservedele	Prøveopstilling og visuel vurdering af design og lystekniske egenskaber af nye armatur-løsninger anbefales før større indkøb af nye typer af LED-armaturer. Lysberegninger for de konkrete vejstrækning er også nødvendigt ved sammenligning af forskellige armaturer.
Ufuldstændig specificering af krav til armaturer	Vejdirektoratet har udgivet en række vejledninger til kommuner og projekterende omkring valg og specificering af krav til vejbelysning. Det anbefales at læse og følge disse vejledninger. Se blandt andet Vejbelysningsmateriel-AAB og SAB-P på www.vejregler.dk . OBS: Vejledningerne opdateres fra tid til anden.	
Ufuldstændig dokumentation af armaturer	Det er ikke ualmindeligt, at oplysninger mangler i armaturers dokumentation. Dette er ikke acceptabelt. Forlang fuld dokumentation eller find en anden leverandør.	
Ønske om anden dæmpningsprofil	Under projektering og ved valg af lysstyringsløsning er det vigtigt at gøre sig det klart hvilke fordele og ulemper, der er ved de enkelte styringsmetoder – og hvilke behov der er for en evt. senere ændring af f.eks. dæmpningsprofil. Eksempelvis er det vanskeligt eller ikke muligt at ændre en forprogrammeret stand-alone dæmpeenhed.	De oplevede problemer med styring i denne undersøgelse tyder fortrinsvis på at være problemer med stand alone styring. Det skal således nævnes, at central styring af belysningsanlægget kan give muligheder for tilpasning af dæmpningsprofilen.



Fejl	Mulig afværgeforanstaltning og evt. korrigerende tiltag	Kommentar
Konstant elforbrug trods dæmpning		Med mindre der er tale om en produktfejl ligger fejlen formentlig i sammenligningsgrundlaget. Ofte kendes det eksakte energiforbrug på det gamle konventionelle anlæg ikke. Desuden lever mange gamle belysningsanlæg ikke op til nutidens krav til belysning, hvorfor det er nødvendigt at installere flere armaturer. Dette kan give et energiforbrug der er status quo eller lidt højere.
Styring i forhold til sommertid / vintertid	Stand-alone styring tager ikke i sig selv højde for sommertid/vintertid. Det anbefales derfor, at benytte skumringsrelæ eller astronomisk ur sammen med stand-alone styring. Anvendes blot ur-styring vil det være nødvendigt at indstille urene ved skift til sommertid/vintertid.	
Blænding fra LED-armaturer	Stil krav til blænding fra armaturet. Beregning af afskærmningsklasse (G-klasse) og blændingstal (D-klasse) er ikke tilstrækkeligt for LED-armaturer. Blændingen vil opleves større i virkeligheden. En vurdering af blænding bør ske på baggrund af blændingsberegninger og en visuel vurdering af blænding fra armaturet installeret på en vejstrækning.	I nærværende undersøgelse har alle de adspurgte oplevet gener fra LED-armaturer i forhold til blænding. Prøveopstilling og visuel vurdering er vigtig i forhold til blænding.
Manglende dokumentation af installerede armaturer	Det er et problem, at dokumentationen af belysningsanlæg ofte ikke er komplet eller opdateret, så der er usikkerhed omkring hvilke armaturer, der står på hvilke positioner. Sådan anlægsdokumentation bliver i stigende grad nødvendig med indføring af LED-armaturer, som typisk er mere skræddersyede til den enkelte position. Er anlægsdokumentationen mangelfuld kan det lede til fejlinstallationer og fejlreparationer i forbindelse med drift og vedligehold.	Entreprisestyring kan være et værktøj til at sikre opdateret anlægsdokumentation.



Fejl	Mulig afværgeforanstaltning og evt. korrigerende tiltag	Kommentar
Problemer med retrofit LED-lyskilder i konventionelle armaturer	Visse steder har man forsøgt sig med at udskifte konventionelle lyskilder med retrofit LED-lyskilder inkl. tilhørende elektriske komponenter. Retrofit LED-lyskilder kan have rigtig gode specifikationer og dokumentation og i sig selv overholde diverse krav, men det er vigtigt, at dokumentationen omfatter LED retrofit lyskilden installeret i det konkrete armaturhus. Stil derfor krav til lysmåling og varmemåling, eller tilsvarende dokumentation, af retrofit LED-lyskilderne, installeret i det konkrete armaturhus.	Overvej restlevetiden af armaturet og tilbagebetalingstiden. Måske er den bedste løsning at afvente og skifte hele armaturet senere.



4.2 Yderligere tiltag

I nærværende undersøgelse er der indhentet erfaringer fra en række kommuner og energiselskaber. Med afsæt i de fundne resultater anbefales følgende tiltag som opfølgning på undersøgelsen:

1. Vand i armaturet

Vand i armaturet er en af de to hyppigste fundne fejl i nærværende undersøgelse. Det er velkendt, at visse LED-producenter har haft produktionsserier, hvor der har været systematiske fejl i samlingen af armaturet, som kan være skyld i vand-indtrængen.

Det anbefales, at det undersøges nærmere om de registrerede fejl alene skyldtes disse produktionsserier eller om vand i armaturet faktisk er en hyppig forekommende fejl. Tilsvarende bør det belyses hvor ofte fejlen egentlig er decideret ophobning af vand i armaturet eller kondens i armaturet.

2. Synlighed af, og læsevejledning til, publikationerne på www.vejregler.dk

Det opleves som problematisk, at specificere krav til LED-armaturer. Kommuner og projekterende opfordres til at søge vejledning og inspiration til kravsificeringen i Vejdirektoratets publikationer på www.vejregler.dk.

Det anbefales, at "synligheden" af vejledningerne og deres indbyrdes sammenhæng bør øges og at der udarbejdes en kort læsevejledning (gerne som et diagram) målrettet projekterende og kommuner.

3. Manglende overblik over markedet

Undersøgelsen peger på, at de fleste savner et bedre overblik over markedet når der skal projekteres med, og indkøbes, nye LED-armaturer.

Det anbefales, at der udarbejdes et skema med relevante produktdata og lystekniske- og energimæssige egenskaber for typiske LED-armaturer. Et sådant skema vil skabe bedre overblik over markedet og hvad man rimeligt kan forvente af et LED-armatur både mht. produktkrav, lystekniske krav og energikrav.

Det anbefales yderligere, at et sådant skema opdateres eksempelvis hvert halve år grundet den hastige udvikling af LED-armaturer.

4. Vurdering af blænding

I nærværende undersøgelse har alle de adspurgte oplevet gener fra LED-armaturer i forhold til blænding. Tidligere var det i større grad muligt at vurdere blændingsniveauet ved almindelig lysberegninger. For de fleste LED-armaturer fås et misvisende beregningsresultat, da beregningsmetoden for beregning af D-klassen ikke er blevet videreudviklet til også at omfatte LED-armaturer. Er blændingsniveauet for højt bør belysningsniveauet justeres op for at øge synligheden, således at forringelse af den visuelle komfort og trafiksikkerhed kan undgås. Dette har dog betydning for energiforbruget. Vurdering af blænding fra LED-armaturer bør i dag ske på baggrund af blændingsberegninger og en visuel vurdering af



blænding fra armaturet installeret på en vejstrækning foretaget af fagfolk. Dette er der ofte ikke tid eller økonomi til ved almindelig projektering.

Det anbefales, at det undersøges om der kan opstilles en række vejledninger til hvorledes blændingen af LED-armaturer kan vurderes i forbindelse med almindelig projektering.

5. **Transientbeskyttelse**

Transiente overspændinger kan opstå som følge af flere hændelser. Typisk tænkes der på lynnedslag, når man taler om transiente overspændinger, men de kan lige såvel opstå ved induktioner af høje spændinger skabt af fejl eller brud i kabelnettet. I praksis har det vist sig svært at vurdere størrelsen på transiente overspændinger, og der er delte meninger på markedet omkring, hvad en tilstrækkelig transientbeskyttelse bør være, eller hvor den bør installeres.

Det drøftes fortsat i branchen hvilken transientbeskyttelse der er den mest hensigtsmæssige, og således kan det være svært i praksis at vurdere behovet for transientbeskyttelse ved projektering af LED-belysningsanlæg.

Det anbefales, at der udarbejdes en sammenfatning af de gældende og fremtidige regler og anbefalinger, således at der kan komme bedre overblik på området.



Appendix A Spørgeskema

Nedenfor følger screendumps af online spørgeskemaet på SurveyMonkey.

**Analyse af driftserfaringer fra LED**

Indledning

Tak fordi du tager tid til at udfylde denne spørgeundersøgelse.

Formålet med undersøgelsen er at indhente erfaringer med brug af LED-vejbelysningsarmaturer installeret på kommuneveje eller statens veje fra 2012 og frem.

For at undgå de opstarts- og bølmesygdomme, som er kendt blandt tidlige generationer af LED-armaturer, vedrører undersøgelsen alene LED-armaturer, som er etableret i 2012 eller senere. Undersøgelsens fokus er derfor nyere LED-armaturer. Hvis du ikke kan huske, om et anlæg er fra 2012 eller 2011, kan du svare 2012. Det er ikke en hårdfin grænse.

Vær opmærksom på, at undersøgelsen kun vedrører LED-armaturer.

Spørgeskemaet skal kun besvares én gang pr. kommune eller område (kommuner svarer for eget område, elselskaber og Vejdirektoratet bedes specificere, hvilken kommune eller område, svaret gælder for).

Ved angivelse af procentvise fejl, skal svaret afspejle antal LED-armaturer med fejl i forhold til det samlede antal LED-armaturer i kommunen/området.

Besvarelsene vil blive behandlet fortroligt. Navne på kommuner, energiselskaber, leverandører, producenter og produkter vil blive anonymiseret. For kvaliteten af resultaterne er det dog vigtigt, at produktnavne mv. angives, såfremt de kendes.

Denne undersøgelse udføres af *ÅF Lighting* på vegne af *Vejdirektoratet*. De indsamlede data vil blive analyseret og samlet i en rapport. De medvirkende kommuner og elselskaber kan få tilsendt denne rapport, såfremt de ønsker det.

Besvarelsene skal være besvaret senest 28. September 2016.

Tak fordi du deltager i denne spørgeundersøgelse. Din feedback er vigtig.

1 / 13



Analyse af driftserfaringer fra LED

Besvarelsesgrundlag

Spørgsmål 1-9 handler om dig, din arbejdsplads, og antallet af armaturer og LED-armaturer, du kender til.

* 1. Angiv personoplysninger

(bemærk, at svarene efterfølgende vil blive anonymiseret, men af hensyn til opklarende spørgsmål til besvarelsen vil vi gerne have mulighed for at tage kontakt)

Navn

e-mail

Telefonnummer

2. Ønsker du et kopi af den endelige rapport, som udarbejdes på baggrund af undersøgelsen?

☐

Ja tak

☐

Nej tak

* 3. Angiv din type af arbejdsplads

☐

Kommune

☐

Energiselskab

☐

Vejdirektoratet

* 4. Angiv din stilling og dit ansvarsområde på arbejdspladsen

Stilling

Ansvarsområde

* 5. Angiv hvilken kommune eller område, som din besvarelse gælder for

* 6. Hvor mange installerede armaturer er der i kommunen eller området alt i alt?

* 7. Hvor mange af disse armaturer er med LED?



8. Angiv årstal for, hvornår LED-armaturerne er blevet installeret

(bemærk, der ønskes kun svar omkring installationer fra 2012 og frem)

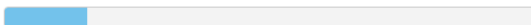
- ☐ 2012
- ☐ 2013
- ☒ 2014
- ☐ 2015
- ☐ 2016

9. Hvilke producenter er LED-armaturerne fra?

(bemærk, navne på producenter vil blive anonymiseret i analyserapporten, men af hensyn til analysen er det relevant, hvilke producenter der har leveret

LED-armaturer til de danske veje)

2 / 13





Analyse af driftserfaringer fra LED

Udfald af LED-armaturer

Spørgsmål om udfald af LED-armaturer relaterer til situationer, hvor LED-armaturer helt er holdt op med at virke.

* 10. I hvilket omfang oplever kommunen/energisekskabet/Vejdirektoratet problemer mht. udfald af LED-armaturer?

- ☐ Slet ikke (0 % af det samlede antal LED-armaturer)
- ☐ I mindre grad (under 1 % af det samlede antal LED-armaturer)
- ☐ I nogen grad (under 5 % af det samlede antal LED-armaturer)
- ☐ I høj grad (over 5 % af det samlede antal LED-armaturer)
- ☐ Der er udfald, men kender ikke omfanget

11. Hvis der opleves udfald, hvad er årsagerne til udfald af LED-armaturer?

- ☐ Manglende transientbeskyttelse
- ☐ Udtjent transientbeskyttelse (transientbeskyttelsen har allerede beskyttet armaturet til et for transientbeskyttelsen ødelæggende niveau)
- ☐ Armaturet er ramt af transienter af en styrke, der har været ødelæggende for både transientbeskyttelsen og armaturet
- ☒ Nul-fejl (brud på nul-lederen)
- ☐ Termiske forhold i armaturet (overophedning, defekt køleplade)
- ☐ Vand i armaturet (vandindtrængen, utætte pakninger)
- ☐ Defekt driver eller strømforsyning
- ☐ Defekt masteindsats
- ☐ Uidentificerede fejl

12. Ved udfald af LED-armaturer til trods for transientbeskyttelse, hvilken transientbeskyttelse er anvendt?

- ☐ Transientbeskyttelse alene i armaturet
- ☐ Transientbeskyttelse i tændskab og armatur
- ☐ Transientbeskyttelse i masteindsats og armatur
- ☐ Transientbeskyttelse i tændskab, masteindsats og armatur

Angiv niveau og type for alle transientbeskyttelser (såfremt de kendes)

13. Noter (Skriv gerne bemærkninger om LED-udfald)



Analyse af driftserfaringer fra LED

Funktionsfejl på LED-armaturer

Spørgsmål om funktionsfejl på LED-armaturer relaterer til situationer, hvor LED-armaturer ikke fungerer som specificeret.

* 14. I hvilken grad er anvendelse af LED-armaturer forbundet med problemer, hvor armaturerne ikke fungerer som specificeret?

(Angiv problemets omfang som procentvis andel af det samlede antal LED-armaturer)

- ☐ Slet ikke (0% af det samlede antal LED-armaturer)
- ☐ I mindre grad (under 1 % af det samlede antal LED-armaturer)
- ☐ I nogen grad (under 5 % af det samlede antal LED-armaturer)
- ☐ I høj grad (5 % eller derover af det samlede antal LED-armaturer)
- ☐ Der er problemer, men kender ikke omfanget

15. Hvis der opleves funktionsfejl på LED-armaturer, hvilke problemer er da registreret?

- ☐ Fugt og kondens i armaturet
- ☐ Statisk elektricitet
- ☐ Elektrisk støj
- ☐ Termiske forhold (overophedning, defekt køleplade)
- ☐ Flimmer
- ☐ Defekt driver eller strømstyring
- ☐ Defekt masteindsats
- ☐ Defekt reflektor eller skærm
- ☐ Periodiske eller parametriske fejl (fejl som kun optræder under særlige forhold)
- ☐ Uidentificerede fejl

* 16. Hvor stor en andel af de installerede armaturer har haft udfald af enkelte LED-moduler i armaturet?

- ☐ Ingen (0 % af det samlede antal LED-armaturer)
- ☐ Få (under 5 % af det samlede antal LED-armaturer)
- ☐ Nogle (5-10 % af det samlede antal LED-armaturer)
- ☐ Mange (10-20 % af det samlede antal LED-armaturer)
- ☐ Rigtig mange (over 20 % af det samlede antal LED-armaturer)

17. Noter (Skriv gerne bemærkninger om funktionsfejl på LED-armaturer)



Analyse af driftserfaringer fra LED

Afværgeforanstaltninger

Spørgsmål omkring afværgeforanstaltninger relaterer til situationer, hvor fejl eller udfald af LED-armaturer har ledt til korrigerende foranstaltninger i forbindelse med udbedring af fejlen.

* 18. I hvor høj grad har kommunen/energiselskabet/Vejdirektoratet haft fokus på afværgeforanstaltninger ved projektering af LED-anlæg?

- ☐ Slet ikke
- ☐ Det blev overvejet, men ikke taget med i projektet
- ☐ Det blev vurderet at beskyttelsen i standardudstyret (sikringer i masteindsats, indbygget transienbeskyttelse i armaturet) var tilstrækkeligt
- ☐ Der blev projekteret særligt udstyr til afværgning ved etablering af anlægget
- ☐ Der blev projekteret særlige afværgeforanstaltninger og fastsat skærpede kravspecifikationer til anskaffelse af udstyr

* 19. Har problemer med LED-armaturer ledt til afværgeforanstaltninger for at undgå lignende fejl i fremtiden?

- ☐ Slet ikke (0 % af fejltilfældene)
- ☐ I mindre grad (under 1 % af fejltilfældene)
- ☐ I nogen grad (under 5 % af fejltilfældene)
- ☐ I høj grad (5 % eller derover af fejltilfældene)
- ☐ Ved ikke

20. Ved etablering af afværgeforanstaltninger, hvilke foranstaltninger er gennemført?

- ☐ Transientbeskyttelse
- ☐ Nul-fejl beskyttelsesrelæ
- ☐ Ekstra pakning eller silikonefugning
- ☐ Skærpede kravspecifikationer
- ☐ Andet (angiv venligst)

21. Noter (Skriv gerne bemærkninger om etablerede afværgeforanstaltninger)



Analyse af driftserfaringer fra LED

Udskiftning af armaturer og delkomponenter

Spørgsmål om udskiftning af armaturer og delkomponenter vedrører situationer, hvor LED-armaturer eller delkomponenter er blevet udskiftet som følge af fejl, slid, hæværk eller af andre årsager.

* **22. I hvilken grad leder problemer med LED-armaturer til udskiftning af hele armaturer?**

- ☐ Slet ikke (0 % af samlede antal LED-armaturer)
- ☐ I mindre grad (under 3 % af samlede antal LED-armaturer)
- ☐ I nogen grad (3-5 % af samlede antal LED-armaturer)
- ☐ I høj grad (5-10 % af samlede antal LED-armaturer)
- ☐ I særlig høj grad (over 10 % af samlede antal LED-armaturer)

* **23. I hvilken grad leder problemer med LED-armaturer til udskiftning af armaturernes delkomponenter?**

- ☐ Slet ikke (0 % af samlede antal armaturer)
- ☐ I mindre grad (under 3 % af samlede antal armaturer)
- ☐ I nogen grad (3-5 % af samlede antal armaturer)
- ☐ I høj grad (5-10 % af samlede antal armaturer)
- ☐ I særlig høj grad (over 10 % af samlede antal armaturer)

24. Ved udskiftning af delkomponenter, hvilke komponenter er blevet udskiftet?

- ☐ Strømforsyning
- ☐ Strømstyring (driver)
- ☐ Transientbeskyttelse
- ☐ Masteindsats
- ☐ Køleplade
- ☐ Reflektor
- ☐ LED-modul
- ☐ Skærm
- ☐ Pakninger
- ☐ Andet (angiv venligst)

25. Noter (Skriv gerne bemærkninger om udskiftning af armaturer eller delkomponenter)



Analyse af driftserfaringer fra LED

Vedligeholdelse

Spørgsmål omkring vedligeholdelse vedrører driftserfaringer og problemer omkring vedligeholdelse af LED-armaturer.

* 26. I hvilken grad er det mere problematisk at rengøre LED-armaturer frem for konventionelle armaturer?

- ☐ LED-armaturer er nemmere at rengøre end konventionelle armaturer
- ☐ Det er omtrent det samme
- ☐ LED-armaturer er lidt mere besværlige at rengøre end konventionelle armaturer
- ☐ LED-armaturer er meget mere besværlige at rengøre end konventionelle armaturer
- ☐ Ved ikke

* 27. I hvilken grad er det problematisk at udskifte LED-armaturer frem for konventionelle armaturer?

- ☐ LED-armaturer er nemmere at udskifte end konventionelle armaturer
- ☐ Det er omtrent det samme
- ☐ LED-armaturer er lidt mere besværlige at udskifte end konventionelle armaturer
- ☐ LED-armaturer er meget mere besværlige at udskifte end konventionelle armaturer
- ☐ Ved ikke

* 28. I hvilken grad er det problematisk at udskifte delkomponenter i LED-armaturer frem for konventionelle armaturer?

- ☐ Det er nemmere at udskifte delkomponenter af LED-armaturer frem for konventionelle armaturer
- ☐ Det er omtrent det samme
- ☐ Det er lidt sværere at udskifte delkomponenter af LED-armaturer frem for konventionelle armaturer
- ☐ Det er meget sværere at udskifte delkomponenter af LED-armaturer frem for konventionelle armaturer
- ☐ Ved ikke

* 29. I hvilken grad har LED-armaturer problemer med hærværk/vandalisme/påkørsler frem for konventionelle armaturer?

- ☐ LED-armaturer klarer sig bedre ift. hærværk ol. end konventionelle armaturer
- ☐ Det er omtrent det samme
- ☐ LED-armaturer klarer sig lidt dårligere ift. hærværk ol. end konventionelle armaturer
- ☐ LED-armaturer klarer sig meget dårligere ift. hærværk ol. end konventionelle armaturer
- ☐ Ved ikke



* 30. I hvilken grad har skift til LED-armaturer forlænget perioden mellem rengøring af armaturerne?

- ☐ Perioden er blevet kortere
- ☐ Perioden er uændret
- ☐ Perioden er blevet op til 50% længere
- ☐ Perioden er blevet mere end 50% længere
- ☐ Ved ikke

* 31. Hvad er det aktuelle rengøringsinterval for LED-armaturerne?

(angiv antal måneder)

32. Noter (Skriv gerne bemærkninger om vedligeholdelse af LED-armaturer)

7 / 13





Analyse af driftserfaringer fra LED

Installation

Spørgsmål omkring installation vedrører LED-armaturenes installation, tilslutning og idriftsættelse.

* 33. I hvilken grad opleves montage af LED-armaturer problematisk i forhold til konventionelle armaturer?

- ☐ LED-armaturer er lettere at montere end konventionelle armaturer
- ☐ Det er omtrent det samme
- ☐ LED-armaturer er lidt sværere at montere end konventionelle armaturer
- ☐ LED-armaturer er meget sværere at montere end konventionelle armaturer
- ☐ Ved ikke

* 34. I hvilken grad opleves tilslutning af el for LED-armaturer som problematisk i forhold til konventionelle armaturer?

- ☐ LED-armaturer er lettere at tilslutte end konventionelle armaturer
- ☐ Det er omtrent det samme
- ☐ LED-armaturer er lidt sværere at tilslutte end konventionelle armaturer
- ☐ LED-armaturer er meget sværere at tilslutte end konventionelle armaturer
- ☐ Ved ikke

* 35. I hvilken grad opleves idriftsættelse af tænd/sluk og dæmpning af LED-armaturer som problematisk i forhold konventionelle armaturer?

- ☐ Det er lettere at idriftsætte styring for LED-armaturer end konventionelle armaturer
- ☐ Det er omtrent det samme
- ☐ Det er lidt sværere at idriftsætte styring for LED-armaturer end konventionelle armaturer
- ☐ Det er meget sværere at idriftsætte styring for LED-armaturer end konventionelle armaturer
- ☐ Ved ikke

36. Er der observeret andre problemer i relation til installation? Hvilke?

37. Noter (Skriv gerne bemærkninger om installation af LED-armaturer)



Analyse af driftserfaringer fra LED

Indkøb

Spørgsmål omkring indkøb relaterer til projektering og indkøb af ny LED-belysning.

* 38. I hvilken grad opleves et manglende overblik over markedet for LED-armaturer som problematisk for indkøb af LED-armaturer?

- ☐ Slet ikke
- ☐ I mindre grad
- ☐ I nogen grad
- ☐ I høj grad
- ☐ Ved ikke

* 39. I hvilken grad opleves ufuldstændig specificering af krav til LED-armaturer som problematisk for indkøb af LED-armaturer?

- ☐ Slet ikke
- ☐ I mindre grad
- ☐ I nogen grad
- ☐ I høj grad
- ☐ Ved ikke

* 40. I hvilken grad opleves ufuldstændig dokumentation af LED-armaturer fra producenterne som problematisk for indkøb af LED-armaturer?

- ☐ Slet ikke
- ☐ I mindre grad
- ☐ I nogen grad
- ☐ I høj grad
- ☐ Ved ikke

* 41. I hvilken grad opleves ingen eller mangelfuld garanti som problematisk for indkøb af LED-armaturer?

- ☐ Slet ikke
- ☐ I mindre grad
- ☐ I nogen grad
- ☐ I høj grad
- ☐ Ved ikke



* 42. I hvilken grad opleves manglende kendskab til leverandøren som problematisk for indkøb af LED-armaturer?

- ☐ Slet ikke
- ☐ I mindre grad
- ☐ I nogen grad
- ☐ I høj grad
- ☐ Ved ikke

* 43. I hvilken grad opleves indkøb af LED-armaturer problematisk i forhold til fejlindkøb?

- ☐ Slet ikke
- ☐ I mindre grad
- ☐ I nogen grad
- ☐ I høj grad
- ☐ Ved ikke

* 44. I hvilken grad har LED-armaturer ikke levet op til de specificerede krav?

- ☐ Slet ikke
- ☐ I mindre grad
- ☐ I nogen grad
- ☐ I høj grad
- ☐ Ved ikke

45. Noter (Skriv gerne bemærkninger om indkøb af LED-armaturer)

9 / 13





Analyse af driftserfaringer fra LED

Producentoplysninger

Spørgsmål om producentoplysninger handler om, hvorvidt producenternes oplysninger stemmer overens med den oplevede virkelighed.

* 46. I hvilken grad stemmer producenternes oplysninger vedrørende LED-armaturernes forventede levetid med dine erfaringer?

- ☐ I mindre grad (under 95% overensstemmelse)
- ☐ I nogen grad (95-98% overensstemmelse)
- ☐ I høj grad (over 98% overensstemmelse)
- ☐ Perfekt (100% overensstemmelse)
- ☐ Ved ikke

* 47. I hvilken grad stemmer producenternes oplysninger vedrørende LED-armaturernes energiforbrug med dine erfaringer?

- ☐ I mindre grad (under 95% overensstemmelse)
- ☐ I nogen grad (95-98% overensstemmelse)
- ☐ I høj grad (over 98% overensstemmelse)
- ☐ Perfekt (100% overensstemmelse)
- ☐ Ved ikke

* 48. I hvilken grad stemmer producenternes oplysninger vedrørende LED-armaturernes garantiforhold med dine erfaringer?

- ☐ I mindre grad (under 95% overensstemmelse)
- ☐ I nogen grad (95-98% overensstemmelse)
- ☐ I høj grad (over 98% overensstemmelse)
- ☐ Perfekt (100% overensstemmelse)
- ☐ Ved ikke

49. **Noter** (Skriv gerne bemærkninger om kommunikation med LED-producenter)

10 / 13



Analyse af driftserfaringer fra LED

Styring

Spørgsmål omkring styring vedrører situationer, hvor styringen i LED-armaturer har fungeret anderledes end forventet

* 50. I hvilken grad giver anvendelse af LED-armaturer problemer mht. styring?

- ☐ Slet ikke (0 % af installerede LED-armaturer)
- ☐ I mindre grad (under 5 % af installerede LED-armaturer)
- ☐ I nogen grad (5-10 % af installerede LED-armaturer)
- ☐ I høj grad (over 10 % af installerede LED-armaturer)
- ☐ Ved ikke

51. Ved problemer med styring af LED-armaturer, hvilke problemer opleves?

- ☐ LED-armaturer dæmper slet ikke eller ikke tilstrækkeligt ved natdæmpning
- ☐ LED-armaturer dæmper for meget eller slukker ved natdæmpning
- ☐ LED-armaturer lyser konstant om dagen
- ☐ LED-armaturenes elforbrug er konstant eller forhøjet til trods for styring
- ☐ LED-armaturenes elforbrug er faldet, men ikke i det forventede omfang til trods for styring
- ☐ Der observeres flimmer i lyset fra LED-armaturerne ved dæmpning
- ☐ Der ønskes en anden dæmningsprofil, end LED-armaturet er leveret med
- ☐ Andet (angiv venligst)

52. Noter (Skriv gerne bemærkninger om styring af LED-armaturer)

11 / 13





Analyse af driftserfaringer fra LED

Belysningsteknik

Spørgsmål om belysningsteknik vedrører situationer, hvor belysningstekniske egenskaber ved LED-armaturerne leder til en utilsigtet belysning.

* 53. I hvilken grad opleves gener fra LED-armaturer i forhold til blænding?

- ☐ Slet ikke
- ☐ I mindre grad
- ☐ I nogen grad
- ☐ I høj grad
- ☐ Ved ikke

* 54. I hvilken grad opleves gener fra LED-armaturer i forhold til lysforurening?

- ☐ Slet ikke
- ☐ I mindre grad
- ☐ I nogen grad
- ☐ I høj grad
- ☐ Ved ikke

* 55. I hvilken grad opleves gener fra LED-armaturer i forhold til utilsigtet lysfordeling?

(f.eks. overbelyste områder eller mørke pletter)

- ☐ Slet ikke
- ☐ I mindre grad
- ☐ I nogen grad
- ☐ I høj grad
- ☐ Ved ikke

* 56. I hvilken grad opleves gener fra LED-armaturer i forhold til kraftig afskæring af lyset?

(f.eks. hvis lyset fra et LED-armatur er afskåret således, at man ikke kan se ansigter på gående langs vejen)

- ☐ Slet ikke
- ☐ I mindre grad
- ☐ I nogen grad
- ☐ I høj grad
- ☐ Ved ikke



* 57. I hvilken grad opleves gener fra LED-armaturer i forhold til manglende farvestabilitet?

(f.eks. hvis et LED-armatur lyser med en lidt anden farve end de øvrige, eller hvis lysets farve ændrer sig over tid)

- ☐ Slet ikke
- ☐ I mindre grad
- ☐ I nogen grad
- ☐ I høj grad
- ☐ Ved ikke

* 58. I hvilken grad oplever du at lyset fra LED-armaturer giver anledning til ringe belysningskvalitet?

(f.eks. uønsket farvetemperatur, dårlig farvegengivelse, prikker for øjnene, eller generel ubehag ved at opholde sig i lyset)

- ☐ Slet ikke
- ☐ I mindre grad
- ☐ I nogen grad
- ☐ I høj grad
- ☐ Ved ikke

59. Noter (Skriv gerne bemærkninger om hvordan lyset fra LED-armaturer opleves)

12 / 13





Analyse af driftserfaringer fra LED

Andre forhold

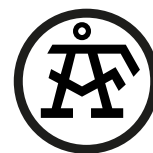
Dokumentation af andre forhold relaterer til områder og forhold, som ikke er berørt af de tidligere spørgsmål i spørgeskemaet.

60. Har du kendskab til andre fejltypen for LED-armaturer end dem, der er nævnt i spørgeskemaet? I så fald hvilke?

61. Har du kendskab til andre problemer ved driften af LED-armaturer end dem, der er nævnt i spørgeskemaet? I så fald hvilke?

62. **Noter** (Skriv gerne, hvis der er noget mere at bemærke)

13 / 13



Appendix B Detaljeret gennemgang af resultater fra spørgeskemaet

Nedenfor findes en detaljeret gennemgang af besvarelser til de enkelte spørgsmål i spørgeskemaet.

B.1 Udfald af LED-armaturer

De fleste svarer, at de oplever udfald på under 1% eller under 5% af deres samlede antal LED-armaturer.

Beregner man denne procentvise andel af udfald som et antal set i forhold til antallet af LED-armaturer hos den pågældende indehaver, og summerer man derefter det samlede antal udfald i forhold til det samlede antal LED-armaturer i undersøgelsen, når man frem til, at der opleves udfald på under 4% af det samlede antal LED-armaturer.

4% må således betragtes som den forventelige risiko for udfald over en periode på 5 år.

Ved årsagerne til udfald opgiver halvdelen af besvarelserne, at defekt driver (strømforsyning) samt vand i armaturet er blandt årsagerne til udfald. Disse to årsager må således betragtes som de mest hyppige.

Dernæst følger udfald som følge af transiente overspændinger, hvad enten dette skyldes manglende transientbeskyttelse eller transienter, som overskrider det installerede beskyttelsesniveau.

I forbindelse med transientbeskyttelse er der ingen klar konklusion på, hvor stor transientbeskyttelse er tilstrækkeligt, men der er rapporteret tilfælde af udfald på LED-armaturer som følge af transienter, hvor både LED-armaturets indbyggede transientbeskyttelse samt transientbeskyttelsen i masteindsats er blevet overskredet.

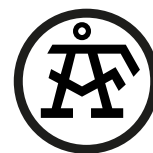
Andre rapporterede årsager er nul-fejl (brud på nul-lederen) samt termiske forhold i armaturet.

Der er desuden rapporteret uidentificerede fejl hos 5 af de 12 besvarelser, men vurderet i forhold til de rapporterede antal af udfald på armaturerne skønnes det, at disse fejl er uidentificerede fordi de har været så få, at den pågældende instans har vurderet, at det ikke var umagen værd at bestemme årsagen.

B.2 Funktionsfejl på LED-armaturer

De fleste svarer, at de oplever funktionsfejl på under 1% eller under 5% af deres LED-armaturer.

Beregner man denne procentvise andel af funktionsfejl som et antal set i forhold til antallet af LED-armaturer hos den pågældende indehaver, og summerer man derefter det samlede antal funktionsfejl i forhold til det samlede antal LED-armaturer i undersøgelsen, når man frem til, at der opleves funktionsfejl på under 4% af det samlede antal LED-armaturer.



4% må således endnu engang betragtes som den forventelige risiko for fejl over en periode på 5 år.

Ved årsagerne til funktionsfejl opgiver 6 ud af 12 besvarelser defekt driver (strømstyring) som en årsag, mens fugt og kondens opgives af 4 ud af 12, og flimrer af 3 ud af 12. Disse tre årsager må således betragtes som de hyppigste.

Udfald af enkelte LED-moduler i et LED-armatur rapporteres for de flestes tilfælde som under 5% af deres LED-armaturer, og i gennemsnit for det samlede antal af LED-armaturer i undersøgelsen beregnes fejlprocenten også til at være under 5%.

B.3 Afværgeforanstaltninger

Ved spørgsmål om, hvorvidt der har været fokus på afværgeforanstaltninger ved projektering af nyt LED-anlæg svarer størstedelen, at afværgeforanstaltninger slet ikke er blevet overvejet eller at det blev overvejet men ikke taget med i projektet. Yderligere svarer mange, at det under projekteringen blev vurderet, at standardudstyret (sikringer i masteindsats, indbygget transientbeskyttelse i armaturet) var tilstrækkeligt.

Kun en enkelt rapporterer, at der er blevet projekteret særlige afværgeforanstaltninger og fastsat skærpede kravspecifikationer til anskaffelse af udstyr.

4 ud af 12 rapporter, at problemer med LED-armaturer efterfølgende har ledt til afværgeforanstaltninger for at undgå lignende fejl i fremtiden.

Afværgeforanstaltninger, som er i fokus, er transientbeskyttelse og skærpede kravspecifikationer til LED-armaturerne.

B.4 Udskiftning af armaturer og delkomponenter

De fleste meddeler, at under 3% af deres LED-armaturer udskiftes som følge af fejl og problemer, mens det for nogle drejer sig om flere armaturerne, helt op til mere end 10% af armaturerne. I gennemsnit lader det til, at omtrent 5% af det samlede antal LED-armaturer udskiftes som følge af fejl.

Langt de fleste udskifter ikke delkomponenter på LED-armaturer som følge af fejl, og de resterende gør det kun i mindre grad. Samlet set er det under 2% af armaturerne, som får udskiftet delkomponenter som følge af fejl.

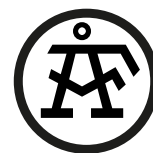
Udskiftede delkomponenter er typisk driver.

B.5 Vedligeholdelse af LED-armaturer

For de flestes vedkommende opleves det som omtrent det samme eller nemmere at rengøre LED-armaturer frem for konventionelle armaturer.

Ligeledes opleves det som omtrent det samme eller en smule nemmere at udskifte LED-armaturer frem for konventionelle armaturer.

Omvendt oplever de fleste, at det er sværere at udskifte delkomponenter på LED-armaturer frem for konventionelle armaturer.



LED-armaturer opleves omtrent lige så robuste overfor hærværk, vandalisme og påkørsler som konventionelle armaturer. Om noget opleves de en smule mere robuste.

Perioden for rengøring af LED-armaturerne er for de flestes vedkommende uændret i forhold til konventionelle armaturer. Kun en enkelt har forkortet perioden.

De angivne rengøringsperioder varierer fra 1-4 år.

B.6 Installation af LED-armaturer

De fleste oplever det som omtrent lige så nemt at montere LED-armaturer som konventionelle armaturer. En enkelt oplever, at det er nemmere.

De fleste oplever det som omtrent lige så nemt at tilslutte LED-armaturer som konventionelle armaturer. En enkelt oplever, at det er nemmere.

De fleste oplever det som omtrent lige så nemt eller nemmere at idriftsætte styring for LED-armaturer som konventionelle armaturer. En enkelt oplever, at det er sværere.

Det bemærkes fra en enkelt, at LED-armaturer er meget følsomme overfor nul-fejl under installationen.

B.7 Indkøb af LED-armaturer

Det opleves for de flestes vedkommende, at et manglende overblik over markedet for LED-armaturer i nogen eller mindre grad er problematisk for indkøb af LED-armaturer.

Det opleves for de flestes vedkommende, at en ufuldstændig specificering af krav til LED-armaturer i nogen grad er problematisk for indkøb af LED-armaturer.

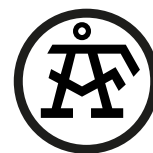
Det opleves for de flestes vedkommende, at en ufuldstændig dokumentation af LED-armaturer fra producenterne i nogen grad er problematisk for indkøb af LED-armaturer.

Der er delte meninger, om ingen eller mangelfuld garanti opleves som problematisk for indkøb af LED-armaturer. Nogle oplever det som et stort problem, andre oplever det slet ikke som et problem.

For de flestes vedkommende opleves et manglende kendskab til leverandøren kun i mindre grad eller slet ikke som et problem for indkøb af LED-armaturer. Nogle få oplever det som et større problem. Det skal hertil siges, at undersøgelsen viser, at langt de fleste installerede LED-armaturer kommer fra velrenommerede producenter.

De fleste er slet ikke eller kun i mindre grad bekymrede omkring fejllindkøb ved indkøb af LED-armaturer.

Tre fjerdedele oplever, at LED-armaturer ikke lever op til de specificerede krav. De fleste oplever det i mindre grad, men nogle få oplever, at LED-armaturerne i nogen eller højere grad ikke har levet op til kravene.



B.8 Producentoplysninger

Langt de fleste har ikke informationer til at besvare spørgsmålet omkring overensstemmelse mellem producenternes angivelse af LED-armaturernes levetid og den faktiske levetid. Nogle få oplever en god men ikke perfekt overensstemmelse.

Oplevelserne af overensstemmelse mellem producenternes oplysninger vedrørende LED-armaturernes energiforbrug og det faktiske energiforbrug er blandede. Nogle oplever, at der kun er 95% eller mindre overensstemmelse, mens andre oplever en perfekt overensstemmelse.

Der opleves en høj eller perfekt overensstemmelse mellem producenternes oplysninger vedrørende garantiforhold og de faktiske forhold.

B.9 Styring

De fleste har ingen problemer med styring af LED-armaturer eller ingen erfaring med styring af LED-armaturer, hvilket for nogens vedkommende er et udtryk for, at de ikke bruger styring på deres LED-armaturer.

Nogle få oplever, at de i mindre grad har problemer med styring, og en enkelt oplever problemer i høj grad med mere end 10% af de installerede LED-armaturer.

Det gennemgående problem med styring er, at der ønskes en anden dæmpningsprofil end den, som armaturet er leveret med. Dertil opleves, at LED-armaturerne ikke dæmper tilstrækkeligt ved natdæmpning, at LED-armaturernes elforbrug er konstant til trods for styring, at der observeres flimmer i lyset ved dæmpning, og at armaturerne ikke er korrekt indstillede i forhold til sommertid/vintertid.

B.10 Belysningsteknik

Der opleves i nogen eller mindre grad gener fra LED-armaturer i forhold til blænding. Bemærk at ingen svarer, at de slet ikke oplever problemer med blænding fra LED-armaturer.

Der opleves i mindre grad gener fra LED-armaturer i forhold til lysforurening. Nogle få oplever det slet ikke, og en enkelt oplever det i nogen grad.

Der opleves i mindre grad gener fra LED-armaturer i forhold til utilsigtet lysfordeling. Nogle få oplever det slet ikke, og en enkelt oplever det i nogen grad.

Der opleves i mindre grad gener fra LED-armaturer i forhold til kraftig afskæring af lyset. Nogle få oplever det slet ikke, og nogle enkelte oplever det i nogen eller høj grad.

Der opleves stort set ikke gener fra LED-armaturer i forhold til manglende farvestabilitet. Nogle enkelte oplever det i mindre grad.

Der opleves ikke eller kun i mindre grad, at LED-armaturer giver anledning til ringe belysningskvalitet. En enkelt oplever det i nogen grad.