PvE– Verlichting voor tunnels en onderdoorgangen

Gemeente Amsterdam, Stefan Piek – Technisch Adviseur OVL

Versie: **3.1.4**– september 2026

1. Inleiding

1.1 Definities (tunnelarmaturen en retrofit lampen) 2

1.2 Normen, voorschriften, wetgeving en richtlijnen 3

2. Functionele en technische eisen 4

2.1 Behuizing en constructie 4

2.2 Lichttechniek / LED 9

2.3 Flexibele LED-lichtlijnen 11

2.4 Dimmen / Besturing 14

2.5 Beheer / Circulariteit 16

2.6 Lichtontwerp / Normering / Levertijden 17

PvE– Verlichting voor tunnels en onderdoorgangen

Gemeente Amsterdam, auteur: Stefan Piek – Technisch Adviseur OVL

Versie: **3.1.4**– september 2026

1. Inleiding

De gemeente Amsterdam wenst een range van verlichting voor tunnels en onderdoorgangen in te kopen dat voldoet aan hoge eisen op het gebied van duurzaamheid, vandalismebestendigheid, toekomstbestendige aansturing en efficiënt beheer. De uit te vragen armaturen en LED-lichtlijnen dienen geschikt te zijn voor toepassing in verschillende tunnels en onderdoorgangen binnen de openbare ruimte van de gemeente Amsterdam.

Daarnaast wenst de gemeente Amsterdam, als aanvullende levering (*bijvangst*), retrofit LED-lichtbronnen uit te vragen ter vervanging van bestaande conventionele lichtbronnen in armaturen die technisch nog in goede staat verkeren. Deze retrofitoplossingen zijn bedoeld voor toepassing bij storingen en beperkt onderhoud, en maken geen onderdeel uit van een grootschalige vervangingsopgave.

1.1 Definities (tunnelarmaturen)

1.1.1 Armatuur

Samenstel van behuizing, lichtkap, lichtbron en montagevoorziening en interne componenten dat dient om licht van de lichtbron te verdelen, te beschermen en aan te sturen. Bevat indien van toepassing ook de driver, DALI- of draadloze aansturingsmodule en voorzieningen voor elektrische aansluiting en doorvoerbedrading.

1.1.2 Opbouwvariant

Armatuur dat wordt gemonteerd tegen een plafond- of wandoppervlak, waarbij de armatuur volledig zichtbaar is en waarvan de mechanische constructie bestand is tegen vandalisme (IK10 of hoger).

1.1.3 Inbouwvariant

Armatuurvariant die in een bouwkundige uitsparing (sparing of koof) of vals plafond wordt geplaatst, al dan niet met behulp van een inbouwframe of maatwerk montagevoorziening. Het lichtgevende oppervlak ligt gelijk met het armatuurframe.

1.1.4 Hoekmontagevariant

Variant of aanvullend accessoire waarbij de armatuur onder een hoek van circa 45° wordt geplaatst in de overgang tussen wand en plafond, bedoeld voor optimale verlichting van wand- en vloeroppervlak in tunnels.

1.1.5 Lichtkap
Prismatisch of opaal (diffuus) deel van de armatuur, bedoeld om het licht te verdelen en de lichtbron te beschermen tegen stof, vocht, vandalisme en direct contact.

1.1.6 Componentenplaat (indien van toepassing)
Een demontabel en/of vervangbaar dragend deel waarop de lichttechnische en elektronische componenten gemonteerd zijn.

1.1.7 Zhaga Book
Het Zhaga Consortium is een internationale organisatie die standaarden ontwikkelt voor interfaces van LED-modules, sensoren, drivers en stekerverbindingen. De specificaties zijn gebundeld in zogenaamde "Books", waaronder Book 18 (draadloze communicatie) en Book 26 (stekeraansluitingen).

1.1.8 Lichtlijn (flexibele LED-lichtlijn)
Een lineaire, flexibele LED-verlichtingsoplossing, geschikt voor toepassing in tunnels of onderdoorgangen, bestaande uit een volledig ingegoten LED-strip in een robuuste, slagvaste en waterdichte mantel, geschikt voor continue doorlopende lijnverlichting.

1.1.9 Retrofit lichtbron
LED-lichtbron die is ontworpen ter vervanging van een conventionele lichtbron (zoals fluorescentie- of gasontladingslampen) in een bestaand armatuur, zonder aanpassing van de armatuurbehuizing, en waarbij deels de bestaande mechanische voorzieningen (lampvoeten en andere voorzieningen) behouden blijven. Aanwezige (e)VSA's dienen te worden verwijderd, waarbij de lichtbronnen direct op de netspanning worden aangesloten (Mains).

1.2 Normen, voorschriften, wetgeving en richtlijnen

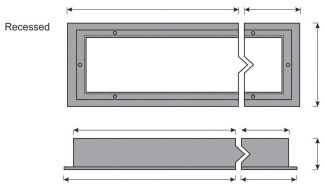
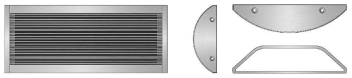
1.2.1 De armaturen moeten voldoen aan **EN 60598-1** – Algemene eisen en beproevingen voor verlichtingsarmaturen.
1.2.2 De armaturen moeten voldoen aan **EN 62262** – Beschermingsgraden tegen uitwendige mechanische stoten (IK-codering).
1.2.3 De armaturen moeten voldoen aan **EN 60529** – IP-beschermingsgraad tegen stof en vocht.
1.2.4 De armaturen moeten voldoen aan de **NPR-EN 13201 (deel 1 t/m 5)**
1.2.5 De verlichting in tunnels dient te voldoen aan de uitgangspunten van de gemeente Amsterdam en ontwerpcriteria zoals opgenomen in de **NSVV Richtlijn Tunnelverlichting 2023-02**.
1.2.6 Lichttechnische prestaties moeten zijn gebaseerd op meetgegevens conform **EN 13032-4,** en worden aangetoond met IES/LDT-bestanden.
1.2.7 De armaturen moeten voorzien zijn van een **CE-markering** conform geldende EU-richtlijnen.
1.2.8 Waar mogelijk dienen de armaturen en componenten te voldoen aan relevante **Zhaga Books**, met name Book 18 (draadloze connectiviteit) en Book 26 (stekeraansluiting).
1.2.9 De armaturen dienen, voor zover van toepassing, te voldoen aan de principes zoals vastgelegd in de norm **NEN-EN 45554** - "Methoden voor de beoordeling van de mogelijkheid tot hergebruik, refurbishing, remanufacturing en recycling van elektrische en elektronische producten."

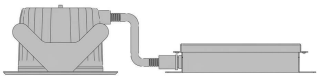
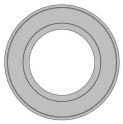
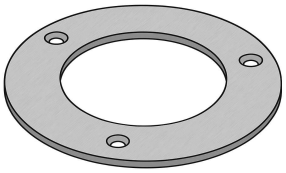
1.2.10 De armaturen moeten voldoen aan **EN 62471** en **EN 62778** voor fotobiologische veiligheid van LED bronnen.
1.2.11 De lichtdoorlatendheid van de kunststof afscherming dient te voldoen aan de norm **ASTM D1003** - Light Transmission & Haze.
1.2.12 De levensduur en het lumenbehoud van de toegepaste LED-modules dienen te zijn bepaald op basis van de onderstaande methodieken;
- IES LM-80: *Approved Method for Measuring Lumen Maintenance of LED Light Sources*, en
- IES TM-21: *Projecting Long Term Lumen Maintenance of LED Light Sources*.
1.2.13 De tijdmodulatie van het uitgestraalde licht (flicker en stroboscopisch effect) dient te worden beoordeeld conform de richtlijnen van IEEE 1789 en CIE TN 006.De meting en beoordeling van flicker dient te geschieden volgens de parameters PstLM (short-term flicker severity) en SVM (stroboscopic visibility measure), zoals gedefinieerd in de geldende Europese Ecodesign-richtlijnen voor lichtbronnen.
1.2.14 Van alle genoemde normen en richtlijnen is de laatst gepubliceerde versie van toepassing.

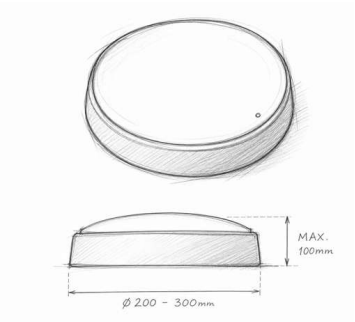
2. Functionele en technische eisen

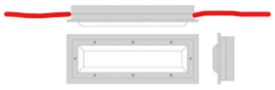
2.1 Behuizing & constructie Armaturen

Nr.	Eisenomschrijving	Toelichting
2.1.1	Vandaalbestendigheid (IK10)	Alle zichtbare delen van de armatuur moeten minimaal voldoen aan IK10, conform EN 62262. Bij inschrijving dient een testrapport te worden bijgevoegd.
2.1.2	IP-beschermingsklasse	De armatuur moet minimaal voldoen aan IP65, conform EN 60529. Bij inschrijving dient een testrapport te worden bijgevoegd.
2.1.3	Product (varianten)	De verschillende armaturen hoeven geen onderdeel te zijn van een productfamilie. Wel dienen deze leverbaar te zijn in uniforme lengtes: - **600–700 mm,** **- 1200–1300 mm** **- 1500–1600 mm.** De inbouwbreedte van het inbouwarmatuur dient min. **100mm** en max. **215mm** te bedragen. De opbouwbreedte van het opbouw- en hoekarmatuur dient min. **200mm** en max. **300mm** te bedragen.
2.1.4	Armatuurvariant voor inbouwmontage	Er dient een inbouwvariant te zijn opgenomen die geschikt is voor montage in bestaande of nieuwe bouwkundige sparingen in tunnelwanden of -plafonds.

		Het lichtdoorlatende deel (kap of lens) van de armatuur dient visueel geïntegreerd te zijn met de armatuurframe, en dient daarbij: • Vlak te liggen (flush) met het frame, • te voorzien in een symmetrische lichtbundel met brede lichtoptiek, • te voorzien in een asymmetrische lichtbundel. NOTE: Uitstekende kappen met scherpe overgangen of storende randen zijn niet toegestaan. Deze inbouwvariant moet tevens geschikt zijn voor toepassing in combinatie met een **inbouwframe of montageplaat**, bedoeld om bestaande sparingen correct en solide af te dichten.
2.1.5	Armatuurvariant voor opbouw- en hoekmontage 	De opbouwvariant van de armatuur dient te zijn voorzien van een afgerond lichtgevend oppervlak en afgeronde voorzijde van de behuizing De afgeronde vorm moet bijdragen aan een visueel zachte uitstraling, minimaliseren van randreflecties en een gelijkmatige lichtverdeling. Rechte, scherpe of vlakke eindvlakken van het lichtgevende deel zijn in de opbouwvariant niet toegestaan.
2.1.6	Armatuurvariant voor hoekmontage 	Voor montage in de hoeken dient een variant beschikbaar zijn waarbij het lichtdoorlatende deel onder een hoek van 45 graden gericht is, geschikt voor montage in hoeksituaties van tunnels. Dit mag een specifiek armatuur zijn of een extern accessoire waarin het standaard armatuur wordt geplaatst. Indien gebruik wordt gemaakt van een extern accessoire, dan moeten de zijkanten van het accessoire constructief gesloten zijn, zodat er geen direct zicht ontstaat op de achterzijde van de armatuur of het montagevlak.
2.1.7	Ronde inbouwvariant ter vervanging van bestaande ronde inbouwarmaturen	Naast de beschreven langwerpige armaturen dient er ook een ronde inbouwvariant beschikbaar te zijn, geschikt voor toepassing in bestaande sparingen.

	  	De armatuur en bijbehorende componenten (zoals driver en aansluitvoorzieningen) dienen volledig binnen deze beschikbare ruimte te passen, zonder aanvullende bouwkundige aanpassingen. De lichtbundel dient een breedstralende optiek te hebben met een uitstralingshoek van minimaal 66° (2 × 33°). De armatuur dient geschikt te zijn voor montage in een koofconstructie met de volgende maximale inbouwruimte: • maximale inbouwdiepte: 150 mm, • beschikbare breedte: circa 210 mm. Indien de armatuur wordt geleverd met een separate driverbox, dient deze zodanig te zijn uitgevoerd dat montage op of direct boven het armatuur mogelijk is. De combinatie van armatuur en driverbox dient binnen de hierboven genoemde beschikbare inbouwruimte te passen. ~~geschikt te zijn om de bestaande sparing (320 mm x 290 mm) volledig af te dekken, zonder dat aanvullende bouwkundige voorzieningen noodzakelijk zijn~~ De armatuur dient bij vervangingsprojecten, in combinatie met een additionele maatwerk pasring, te worden gemonteerd in of over de bestaande sparing (inbouw). De RVS316 pasring dient de (uit)sparing volledig en solide af te dekken, uitgaande van een sparingsdiameter van circa 320 mm en een beschikbare inbouwdiepte van circa 290 mm. ~~afgestemd op de volgende maatvoering van de sparing: (gat)diameter x hoogte = 320 mm x 290 mm.~~ De leverancier dient een passende , installatievriendelijke en vandaalbestendige montagemethode (minimaal IK10), beschrijving en bevestigingsmateriaal ~~montagemethode, beschrijving en bevestigingsmateriaal~~ (zie ook 2.1.9) mee te leveren.

2.1.8	Maatwerk inbouwoplossing voor bestaande sparingen	Het inbouwarmatuur dient toepasbaar te zijn in tunnels waarin reeds bouwkundige sparingen of koofoverstekken aanwezig zijn. De inschrijver dient daarom een passende inbouwoplossing aan te bieden in de vorm van een op maat te leveren of flexibel instelbare inbouwbehuizing of montageframe. De oplossing dient te voldoen aan de volgende minimale eisen: - Gemaakt van corrosiebestendig materiaal (zoals RVS of gecoat aluminium) en mechanisch robuust (IK10 of hoger); - Geschikt voor afwijkende sparingsmaten met een tolerantiebereik van minimaal ±3 mm; - Montage dient mogelijk te zijn zonder aanvullende bouwkundige aanpassingen (zoals boren of frezen in beton); - De armatuur moet goed passen en correct functioneren in combinatie met deze oplossing, zonder negatieve invloed op IP-klasse, warmtehuishouding of lichtoutput. Bij elk armatuur dient bevestigingsmateriaal te worden meegeleverd dat geschikt is voor de betreffende montagemethode of toepassing in combinatie met een montageframe).
2.1.9	Ronde opbouwvariant ter vervanging van bestaande ronde opbouwarmaturen 	De ronde opbouwvariant is bedoeld ter vervanging van bestaande ronde opbouwarmaturen in tunnels en onderdoorgangen. De armatuur en bijbehorende componenten (zoals driver, aansluitvoorzieningen en eventuele draadloze communicatiemodule) dienen volledig binnen de behuizing van het armatuur te zijn geïntegreerd. Er mogen geen externe componenten of aanvullende behuizingen noodzakelijk zijn voor een correcte werking. De ronde opbouwvariant dient te voldoen aan de volgende maximale afmetingen: • **diameter:** minimaal Ø 200 mm en maximaal Ø 300 mm; • **opbouwhoogte:** maximaal 100 mm.

		De ronde opbouwvariant dient daarnaast te voldoen aan alle overige functionele en technische eisen uit dit PvE, tenzij expliciet anders vermeld.
2.1.10	Vandaalbestendige en veilige opening	De armatuur mag uitsluitend te openen zijn met inbus- of torxschroeven met inwendige stift. Om galvanische corrosie tussen schroeven en behuizing te minimaliseren, dienen alle toegepaste bevestigingsschroeven bij montage voorzien te worden van een geschikt corrosiewerend vet.
2.1.11	Kwaliteit coating	De coating van de armatuur moet bestand zijn tegen zware buitenklimaatomstandigheden, inclusief vocht, reinigingsmiddelen en luchtvervuiling. De corrosieweerstand dient minimaal te voldoen aan corrosieklasse C4 conform ISO 12944-6. Na gunning en voorafgaand aan de eerste levering moet een specificatie of testrapport van het coatingsysteem worden aangeleverd. ~~Bij inschrijving moet een specificatie of testrapport van het coatingsysteem worden meegestuurd.~~
2.1.12	RAL kleur en glansgraad	Voor de coating zijn de toegepaste RAL kleuren RAL7038, 9005 en 9010. De coating moet een matte of zijdeglanzende uitstraling hebben, zonder storende glans of reflectie in tunnelsituaties. De afwerking mag geen grove of korrelige structuur bevatten die de reiniging bemoeilijkt. Het oppervlak moet glad genoeg zijn om eenvoudig te kunnen reinigen met gangbare onderhoudsmiddelen.
2.1.13	Anti-graffiti coating	De armatuur moet optioneel geschikt zijn voor het aanbrengen van een anti-graffiti coating, als extra aanvulling en af-fabriek aan te brengen.
2.1.14	Kabelinvoer en doorvoer-bedrading 	Kabelinvoer moet mogelijk zijn via kopse kanten (d.m.v. een wartel of waterdichte connector) en achterzijde (d.m.v. een tule). Doorvoerbedrading moet aanwezig zijn en correct functioneren, ook als deze niet gebruikt wordt.
2.1.15	Afscherming lichtbron en degradatie	De armatuur dient voorzien te zijn van een opaal of prismatische slagvaste kunststof afscherming waarbij de LEDs niet direct door de afscherming (als afzonderlijke lichtpunten) zichtbaar zijn. Het toegepaste materiaal van de kunststof afscherming dient bestand te zijn tegen optische degradatie (zoals vergeling of verlies

		van lichttransmissie) gedurende de gehele levensduur van het armatuur. Het materiaal dient aantoonbaar bestand te zijn tegen optische degradatie. De aanbestedende dienst kan hiervoor ASTM D1003 als referentiekader hanteren.
2.1.16	Uitvoeringen Retrofit lichtbronnen	De retrofit LED-lichtbronnen dienen geschikt te zijn voor vervanging van onder andere de volgende conventionele lichtbronnen: • PLL (TC-L) 24W, 36W en 55W (4p); • PLT (TC-T/E) 26W, 32W en 42W (4p) • TLD (T8) 18W, 36W en 58W. Het totale af te nemen aantal retrofit LED-lichtbronnen bedraagt naar verwachting maximaal **circa 2.500 stuks** gedurende de looptijd van de overeenkomst. Aan deze aantallen kunnen geen rechten worden ontleend.

2.2 Lichttechniek / LED

Nr.	Eisenomschrijving	Toelichting
2.2.1	Levensduur LED-systeem (LEDs + driver)	<u>Voor de tunnelarmaturen geldt:</u> Het LED-systeem van het armatuur dient te voldoen aan de volgende eisen: <u>LED-modules:</u> De toegepaste LEDs dienen een minimale levensduur te hebben van L90B10 ≥ 80.000 uur bij Ta = 25°C, onderbouwd met LM-80 en TM-21 data. <u>Driver:</u> De toegepaste driver dient een minimale levensduur te hebben van 50.000 uur onder nominale bedrijfsomstandigheden. *De levensduur dient te worden onderbouwd met productspecificaties of testrapporten van de fabrikant.* <u>Voor de retrofit lichtbronnen geldt;</u> De levensduur van de retrofit LED-lichtbronnen dient minimaal te voldoen aan L80B50 ≥ 50.000 uur, bepaald conform LM-80 en TM-21, rekening houdend met de thermische omstandigheden in het armatuur.

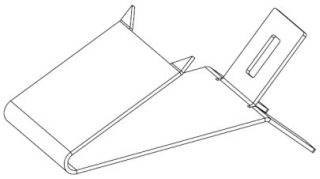
2.2.2	Kleurtemperatuur en kleurweergave	De LEDs dienen standaard te zijn uitgevoerd met een extra warm-witte lichtkleur met een gecorreleerde kleurtemperatuur (CCT) van **2700K**. Optioneel dient dezelfde armatuurvariant ook leverbaar te zijn met een CCT van 3000K Tussen de uitvoering met 2700K en 3000K mag geen prijsverschil bestaan; beide kleurtemperaturen worden beschouwd als gelijkwaardige varianten binnen dezelfde armatuurconfiguratie. De armaturen dienen te beschikken over een (CRI) van minimaal 80. De kleurconsistentie van de LED-modules mag niet groter zijn dan 3 SDCM (MacAdam-stappen), gemeten bij de opgegeven kleurtemperatuur.
2.2.3	Retrofit lichtbronnen CCT en CRI	De lichtkleur (CCT) van de retrofit LED-lichtbronnen dient **2700K** te bedragen, met een kleurweergave-index (CRI) van minimaal 80. Indien een betreffende retrofit LED-lichtbron niet in 2700 K beschikbaar is, is 3000K toegestaan.
2.2.4	Lumenstroom Retrofit lichtbronnen	De netto lichtopbrengst dient minimaal gelijkwaardig te zijn aan de te vervangen conventionele lichtbron. Hierbij dient **rekening te worden gehouden** met de uitstralingshoek van de retrofit lichtbron in relatie tot de te vervangen conventionele lamp.
2.2.5	Ecologische impact – spectrale eigenschappen van de witte LEDs (2700K)	Tijdens de looptijd van de overeenkomst kan door de International Commission on Illumination (CIE) een richtlijn of norm worden vastgesteld waarmee de ecologische impact van lichtbronnen meetbaar wordt gemaakt, bijvoorbeeld uitgedrukt in een *"Biological Irradiance Daylight Efficacy Ratio"* (of vergelijkbare indicator op basis van spectrale verdeling). Indien een dergelijke richtlijn of norm beschikbaar komt, wordt van de opdrachtnemer verwacht dat deze de benodigde product- en spectrale gegevens verstrekt die nodig zijn om deze indicator te kunnen bepalen. Indien metingen noodzakelijk zijn, dienen deze te worden uitgevoerd door een onafhankelijke en geaccrediteerde organisatie en bestaan zij minimaal uit een spectrale meting van de lichtbron. De opdrachtnemer zal gedurende de contractperiode **proactief en constructief** meewerken aan het beperken van de ecologische impact van de toegepaste

		verlichting. Dit omvat onder meer het verkennen en, waar technisch en economisch haalbaar, toepassen van maatregelen die leiden tot een reductie van biologisch actieve straling in het relevante spectrale gebied.
2.2.6	RGBW-varianten	Indien een RGBW-variant wordt aangeboden, dient het witte kanaal (W) te bestaan uit witte LEDs met een kleurtemperatuur van **3000K**. De RGBW-variant dient als volwaardige armatuurvariant binnen de aangeboden reeks te worden geleverd, met behoud van de relevante eisen uit dit PvE (o.a. vandalismebestendigheid, IP-klasse en constructieve eisen), voor zover van toepassing op deze variant.
2.2.7	Flicker en tijdmodulatie van licht	De armatuur mag geen hinderlijke tijdmodulatie van licht (flicker of stroboscopisch effect) vertonen. De tijdmodulatie van het uitgestraalde licht dient te voldoen aan de volgende maximale waarden: • PstLM ≤ 1,0 • SVM ≤ 0,4 ~~0,9~~ Deze waarden dienen te gelden bij: • 100% lichtniveau; • relevante dimstanden (minimaal 25%) • nominale netcondities (230 V / 50 Hz).

2.3 Flexibele LED-lichtlijnen

Nr.	Eisenomschrijving	Toelichting
2.3.1	Algemeen lichtlijn	De in dit hoofdstuk (2.3) opgenomen eisen zijn **uitsluitend van toepassing** op de in dit PvE beschreven LED-lichtlijnen. Deze eisen zijn niet van toepassing op de overige armaturen, tenzij dit expliciet wordt vermeld.
2.3.2	Constructieve eigenschappen	De LED-lichtlijn dient minimaal te voldoen aan de volgende constructieve eisen: ○ De lichtlijn moet verticaal ~~horizontaal~~ buigbaar zijn, ○ De minimale buigradius mag niet kleiner ~~groter~~ zijn dan 400 ~~150~~ mm, ○ De lichtlijn dient te zijn uitgevoerd in UV-bestendig siliconen materiaal of gelijkwaardig; PVC is niet toegestaan.

		○ De uitvoering moet geschikt zijn voor langdurige toepassing in "vochtige" en vervuilde tunnelomgevingen, ○ De lichtlijn moet inkortbaar zijn op vaste knippunten zonder verlies van IP-classificatie en juiste werking. ○ De lichtlijn dient te worden geleverd inclusief passend aluminium montageprofiel en bijbehorend bevestigingsmateriaal, ○ Het montageprofiel dient corrosiebestendig te zijn (minimaal corrosieklasse C4 conform ISO 12944), ○ De lichtlijn moet voldoen aan minimaal **IP67** conform EN 60529, ○ De lichtlijn moet voldoen aan minimaal **IK08** conform EN 62262,
2.3.3	Elektrische eigenschappen	De LED-lichtlijn dient minimaal te voldoen aan de volgende elektrische eisen: ○ De lichtlijn dient te worden gevoed via een externe dimbare DALI-2 driver, ○ De driver mag niet geïntegreerd zijn in de lichtlijn, ○ De lichtlijn moet geschikt zijn voor aansturing via DALI-2 conform IEC 62386, ○ Bij uitval van één of meerdere LEDs mag de rest van de lichtlijn niet uitvallen (parallelle schakeling of gelijkwaardige oplossing), ○ Het systeem moet geschikt zijn voor een omgevingstemperatuur van minimaal –20 °C tot +50 °C, ○ De leverancier dient, op aanvraag, het systeemvermogen (W/m) op te geven.
2.3.4	Lichttechnische eigenschappen	De LED-lichtlijn dient minimaal te voldoen aan de volgende lichttechnische eisen: ○ De standaard kleurtemperatuur bedraagt 2700K. ○ Kleurconsistentie ≤ 3 SDCM. ○ De lichtlijn dient een homogeen en continu lichtbeeld te geven zonder zichtbare individuele LED-punten. ○ De leverancier dient een lichttechnisch bestand (.ldt / .ies / .uld) aan te leveren. ○ De lichtlijn dient een <u>minimale netto lichtstroom te hebben van 1000</u> ~~450~~

		lumen per meter bij een kleurtemperatuur van 2700K, gemeten bij nominale bedrijfstemperatuur (Ta = 25°C).De opgegeven lumenwaarde betreft de effectieve (netto) lichtstroom uit de lichtlijn ○ De minimale levensduur bedraagt L80B50 = 70.000 uur bij Ta = 25°C, onderbouwd met LM-80 en TM-21 data.
2.3.5	Speciale hoek/wandbeugel  *(voorbeeld beugel ontworpen voor de lichtlijnen bij de "pilots Bullewijkpad")*	De LED-lichtlijn dient geschikt te zijn voor montage in de hoeken van onderdoorgangen en tunnels, waarbij de lichtlijn onder een hoek van circa 45° ten opzichte van wand en plafond wordt geplaatst. De leverancier dient hiervoor een passend montageprofiel of hoekbeugel te leveren waarmee de lichtlijn onder deze hoek kan worden gemonteerd. De hoekbeugel dient te voldoen aan de volgende eisen: ○ De hoekbeugel moet de lichtlijn onder een vaste hoek van circa 45° positioneren. ○ De constructie moet voldoende stijf zijn om een rechte en stabiele montage van de lichtlijn over de volledige lengte te waarborgen. ○ De hoekbeugel moet zijn voorzien van sleufgaten of een vergelijkbare verstelvoorziening, zodat kleine correcties in de montage mogelijk zijn. (*Deze correcties zijn bedoeld om toleranties en oneffenheden in het beton- of metselwerk van de onderdoorgang te kunnen opvangen*) ○ De sleufgaten moeten voldoende verstelruimte bieden om de lichtlijn recht en visueel strak te kunnen uitlijnen. ○ De montagevoorziening dient vervaardigd te zijn uit corrosiebestendig materiaal, geschikt voor toepassing in vochtige en vervuilde tunnelomgevingen.
2.3.6	Flicker en tijdmodulatie van licht	De armatuur mag geen hinderlijke tijdmodulatie van licht (flicker of stroboscopisch effect) vertonen.

		De tijdmodulatie van het uitgestraalde licht dient te voldoen aan de volgende maximale waarden: ○ PstLM ≤ 1,0 ○ SVM ≤ 0,4 Deze waarden dienen te gelden bij: ○ 100% lichtniveau;
2.3.7	Onderhoud en vervangbaarheid	○ De lichtlijn dient modulair vervangbaar te zijn in secties, ○ Vervanging moet mogelijk zijn zonder destructieve handelingen aan het civiele werk, ○ Aansluitingen moeten herbruikbaar of vervangbaar zijn.

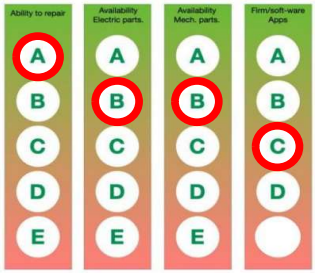
2.4 Dimmen / Besturing

Nr.	Eisenomschrijving	Toelichting
2.4.1	Instelbare lichtoutput	Lichtoutput dient, middels het DALI-2 protocol (driver), instelbaar te zijn via een beveiligde BLE- of Meshverbinding, zonder de armatuur te openen. De vermogensregeling mag geen negatieve invloed hebben op de power factor van de armatuur. De cosinus phi (cosϕ) moet ≥ 0,90 blijven bij dimstanden tot 25% ~~10%~~. Deze eis is niet van toepassing op de retrofit lampen. Zie ook eis 2.3.5.
2.4.2	Digitale aansturing – DALI draadloos / Mesh en beveiliging standaard armaturen en LED-platen	De armatuur moet af-fabriek zijn voorzien van een module voor draadloze aansturing welke intern wordt aangesloten op de 230V en de DALI ingang van de driver. De draadloze communicatie moet minimaal 128-bit AES-beveiligd zijn en mag uitsluitend geautoriseerde koppelingen toestaan. Hierbij wordt gebruikgemaakt van een beveiligde sleuteluitwisseling bij de eerste koppeling, gecombineerd met berichtverificatie en authenticatie via cryptografische technieken zoals MAC of CMAC. Alleen geautoriseerde apparaten mogen toegang krijgen tot het netwerk. De module moet bovendien bescherming bieden tegen herhaalde of nagemaakte signalen (replay-aanvallen), en mag uitsluitend firmware-updates accepteren die digitaal zijn ondertekend en via een beveiligd kanaal worden aangeboden. De module moet niet

		vatbaar zijn voor remote reset, overname of herconfiguratie door derden zonder expliciete autorisatie.
2.4.3	RGBW-variant DMX512 control	Indien een RGBW-variant wordt aangeboden, moet het armatuur geschikt zijn voor een (DMX) bekabelde aansturing via het **DMX512-protocol.** Het armatuur dient per kanaal (R, G, B en W) afzonderlijk regelbaar en instelbaar te zijn via een DMX512 regeling. De DMX-adressering dient instelbaar te zijn en na een eventuele spanningsonderbreking behouden te blijven. De driver en/of armatuur dient tevens RDM-compatibel te zijn (ANSI E1.20). Bij uitval van het DMX-signaal dient het armatuur een vooraf ingestelde fail-safe toestand te kunnen aannemen (bijvoorbeeld via een ingestelde "preset").
2.4.4	Programmering en beveiliging	Bij gunning ontvangt de leverancier een configuratieblad waarin de benodigde netwerk- en beveiligingsinstellingen worden opgegeven. Deze configuratie maakt onderdeel uit van de inkoopopdracht. De armaturen dienen af-fabriek volledig geconfigureerd te worden conform de opgegeven netwerkinstellingen. Lokale configuratie op locatie is niet toegestaan, tenzij anders overeengekomen. De leverancier is verplicht tot geheimhouding van alle ontvangen gegevens die verband houden met de draadloze configuratie, waaronder netwerknamen, wachtwoorden, locatiecodes en andere beveiligings-instellingen. Deze geheimhoudingsplicht geldt voor de volledige looptijd van de overeenkomst en blijft ook na beëindiging van kracht. Indien de leverancier derden inschakelt voor de productie, assemblage of programmering, dient deze geheimhoudings-verplichting contractueel te worden doorgelegd.
2.4.5	Bereik draadloos DIM-systeem	Het draadloze communicatiesysteem dient een minimaal betrouwbaar communicatiebereik van 50 meter tussen twee opeenvolgende armaturen (nodes) te hebben. Het systeem dient gebruik te maken van een zelfherstellend Mesh-netwerk, waarbij de nodes elkaar automatisch kunnen vinden en onderling kunnen communiceren.

2.4.6	Retrofit lichtbronnen en dimmen	De gestelde eisen m.b.t. dimmen zijn niet van toepassing op de retrofit lichtbronnen welke als AAN/UIT (geschakelde) installatie zullen worden toegepast.

2.5 Beheer / Circulariteit

Nr.	Eisenomschrijving	Toelichting
~~2.5.1~~	~~Energiezuinigheid~~	~~Het aangeboden armatuur moet zijn voorzien van LED-technologie en voldoen aan de minimale energie-eisen zoals opgenomen in hoofdstuk 4. Armaturen die niet voldoen aan de vastgestelde minimale SE-waarde of energielabel worden ongeldig verklaard. Energieprestatie boven het minimale niveau leidt niet tot aanvullende beoordeling of extra score.~~
2.5.2	Vervangbaarheid LED-module	De complete LED-insert (inclusief LED en driver) moet zonder speciaal gereedschap vervangbaar zijn. Deze vervangbaarheid dient te voldoen aan BRL-score A volgens NEN-EN 45554.
2.5.3	Herstelbaarheid (NEN 45554) 	Het aangeboden armatuur wordt beoordeeld op basis van de BRL-scorekaart conform NEN-EN 45554. Inschrijver levert een ingevulde en onderbouwde score aan op de volgende vier onderdelen: – reparatiemogelijkheid – beschikbaarheid elektronische onderdelen – beschikbaarheid mechanische onderdelen – beschikbaarheid software/firmware.
2.5.4	Garantievoorwaarden	Een garantie van **1 jaar** op het complete armatuur en **5 jaar** op het LED-systeem (LED + driver + dim-unit). De retrofitoplossingen dienen mechanisch en elektrisch toepasbaar te zijn in de bestaande armaturen waarvoor de conventionele lichtbronnen oorspronkelijk geschikt waren, ongeacht de montagepositie van de lamp.
2.5.5	Naleverbaarheid onderdelen	Functionele onderdelen, zoals o.a. benoemd in het prijzenblad, moeten minimaal 10 jaar na uitfasering beschikbaar blijven.
2.5.6	LED-platen voor vervanging en hergebruik bestaande armaturen	De inschrijver dient, naast complete armaturen, ook losse LED-platen (inclusief driver) aan te bieden ten behoeve van:

		• vervanging van defecte LED-modules van de aangeboden tunnelarmaturen, • het verduurzamen en hergebruiken van bestaande armaturen binnen de gemeente Amsterdam die constructief en bouwkundig nog in goede staat verkeren. De LED-platen dienen geschikt te zijn voor retrofittoepassing in bestaande armaturen, waarbij het uitgangspunt is dat armaturen niet onnodig worden vervangen, maar waar mogelijk kunnen en worden hergebruikt. De aangeboden LED-platen moeten voldoen aan dezelfde relevante eisen uit dit PvE als complete armaturen, waaronder: • levensduur-eisen van het LED-systeem; • energie-efficiëntie; • lichtkleur en kleurconsistentie; • vervangbaarheid en herstelbaarheid. De retrofit-oplossing wordt beschouwd als een **circulaire maatregel** en draagt bij aan het beperken van materiaalgebruik en afvalstromen.
2.5.7	CO_2-prestatieladder (gunningscriterium)	Inschrijver dient het ambitieniveau op de CO_2-prestatieladder aan te geven conform de aanbestedingsleidraad. De beoordeling hiervan maakt onderdeel uit van de gunningscriteria.
2.5.8	Plan van Aanpak Duurzaamheid (gunningscriterium)	Inschrijver dient een Plan van Aanpak Duurzaamheid aan te leveren conform de aanbestedingsleidraad. De inhoud en beoordeling van dit plan maken onderdeel uit van de gunningscriteria.

2.6 Lichtontwerp / Normering / Levertijden

Nr.	Eisenomschrijving	Toelichting
2.6.1	Lichttechnische prestaties	De opdrachtnemer dient, op verzoek van de aanbestedende dienst, verlichtings-berekeningen op te stellen ten behoeve van tunnels en onderdoorgangen binnen de openbare ruimte. Deze berekeningen maken onderdeel uit van de ondersteuning aan de

		opdrachtgever bij projecten binnen de scope van de overeenkomst. De opdrachtgever stelt hiervoor project specifieke informatie beschikbaar, waaronder tekeningen in CAD- en/of pdf-formaat (op schaal), alsmede relevante uitgangspunten voor het lichtontwerp. De opdrachtnemer is verantwoordelijk voor het opstellen van de verlichtingsberekeningen op basis van de aangeleverde gegevens en de door de opdrachtgever verstrekte ontwerpeisen. De verlichtingsberekeningen dienen te worden uitgevoerd in DIALux evo en te worden aangeleverd in het bijbehorende .evo bestandsformaat. Daarnaast dienen de gebruikte lichttechnische bestanden (.ldt, .ies of .uld) te worden meegeleverd. De berekeningen worden door de opdrachtgever beoordeeld op basis van de geldende richtlijnen en eisen voor tunnelverlichting zoals gehanteerd door de gemeente Amsterdam. Indien de berekeningen hier niet aan voldoen, dient de opdrachtnemer de berekeningen aan te passen totdat wordt voldaan aan de gestelde eisen. De opdrachtnemer dient gedurende de looptijd van de overeenkomst proactief mee te denken over optimalisatie van het lichtontwerp, met inachtneming van aspecten zoals lichtkwaliteit, sociale veiligheid, onderhoud en energiegebruik. De opdrachtnemer dient per aanvraag binnen maximaal 10 werkdagen een eerste berekening aan te leveren.
2.6.2	Levertijden	De levertijd van de bestelde armaturen, lichtlijnen en retrofit lichtbronnen mag maximaal 8 weken bedragen, gerekend vanaf het moment van het verstrekken van de schriftelijke inkoopopdracht door de Aanbestedende Dienst.