

# BELEIDSPLAN OPENBARE VERLICHTING 2013 – 2017

## BIJLAGE 2 VERLICHTINGSTECHNIEK

## INHOUDSOPGAVE

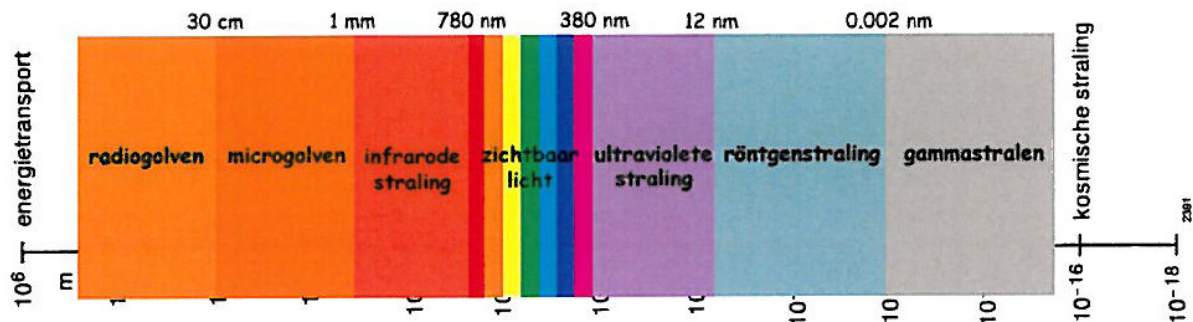
1	TECHNIEK VERLICHTING .....	3
2	DAGLICHT EN KUNSTLICHT .....	3
3	ENKELE TECHNISCHE BEGRIPPEN .....	4
3.1	Lichtstroom .....	4
3.2	Lichtsterkte .....	4
3.3	Verlichtingssterkte .....	5
3.4	Luminantie .....	5
3.5	Lichtbronnen .....	5
3.6	Kleurtemperatuur of Lichtkleur .....	6
3.7	Kleurweergave .....	6
4	GLOEILAMPEN .....	8
4.1	Normale Gloeilamp .....	8
4.2	Halogeengloeilamp .....	8
5	GASONTLADINGSLAMPEN .....	9
5.1	Voorschakelapparaat .....	9
5.2	Lage druk kwik fluorescentielampen .....	10
5.3	Hoge druk kwik fluorescentielampen .....	10
5.4	Metaalhalogeenvlampen .....	10
5.5	Lage druk natriumlampen .....	11
5.6	Hoge druk natriumlampen .....	11
6	LED LAMPEN .....	12

# 1 TECHNIEK VERLICHTING

Openbare verlichting is kunstlicht en dient als vervanger van daglicht.

## 2 Daglicht en kunstlicht

Daglicht, of natuurlijk licht, komt van de zon en is de meest duurzame vorm van verlichting. De zon is een gasvormige bol die onder een enorme druk staat. Door deze enorme druk fuseert het gas constant waardoor energie vrijkomt in de vorm van warmte en licht. Slechts 0,7 % van deze vrijgekomen energie is licht. Licht is elektromagnetische straling, net als radio- en televisiesignalen of magnetrongolven. Licht gedraagt zich aan de ene kant als een golf en aan de andere kant als een energiedeeltje (foton). Voor mensen is licht het zichtbare deel van elektromagnetische straling oftewel het spectrum.



$$f = c / \lambda \text{ (Hz)}$$

$$c = 300.000 \text{ km/s}$$

$$\text{Aarde-Zon} = 144 \text{ miljoen km}$$

$$\text{Lichtjaar} = 10.000.000.000.000 \text{ km}$$

Ultraviolet en infrarood is dus geen licht maar straling. Het spectrum bestaat uit alle kleuren (van de regenboog) en elke kleur heeft zijn eigen golflengte.

De snelheid van het licht is voor alle golflengten gelijk, namelijk ongeveer 300.000 kilometer per seconde. De afstand van de aarde tot de zon is 144 miljoen kilometer. Het licht doet er 8 minuten en 20 seconden over om van de zon naar de aarde te reizen.

Kunstlicht als vervanger van daglicht beweegt zich in het gebied van het zichtbare, of het voor mensen via het oog waarneembare, licht.

De werking van het oog gaan we in deze nota niet uitleggen, maar het is belangrijk om te weten dat mensen naarmate ze ouder worden meer licht nodig hebben om dingen te kunnen zien. Een persoon van 60 jaar heeft gemiddeld tien keer meer licht nodig dan een persoon van 20 jaar.

Uit bovenstaande blijkt dat de ene mens bij gelijke activiteiten in de openbare ruimte meer licht nodig heeft dan de andere mens. De richtlijnen in de openbare verlichting zijn gebaseerd op de gemiddeld benodigde hoeveelheid licht van mensen.

### 3 Enkele technische begrippen

In de wereld van de kunstverlichting worden vele technische begrippen gebruikt. Enkele van deze begrippen worden hieronder even uitgelicht omdat ze van belang zijn bij de mogelijkheden tot energiebesparingen.

#### 3.1 Lichtstroom

Lichtstroom is de hoeveelheid licht die een lamp per seconde uitstraalt in alle richtingen. Lichtstroom wordt aangeduid met de eenheid lumen (lm) en het symbool  $\phi$  (phi).

Iedere lampsoort heeft een specifiek aantal lumen. Bijvoorbeeld:

Soort lamp	Vermogen	Aantal lumen	Lumen per vermogen
Fietslamp	3 Watt	30 lm	10 lm per Watt
Gloeilamp	75 Watt	900 lm	12 lm per Watt
PL lamp	18 Watt	900 lm	45 lm per Watt
TL lamp	58 Watt	5.400 lm	79 lm per Watt
SOX-E lamp	131 Watt	26.000 lm	185 lm per Watt

#### 3.2 Lichtsterkte

Lichtsterkte is de sterkte van het licht (ook wel intensiteit genoemd) als vanuit een bepaalde richting naar een lamp kijken. Deze kan per richting verschillend zijn. Lichtsterkte wordt aangeduid met de eenheid candela (cd) en het symbool  $I$ .

De lichtsterkte is afgeleid van de huiskaars. Voorbeelden van lichtsterktes zijn:

Omschrijving lichtbron	Lichtsterkte
Kaars	1 cd
Fietslamp zonder reflector	2,5 cd
Fietslamp met reflector	250 cd
Halogeenlamp voor auto	7500 cd
Vuurtoren	2.000.000 cd
Zon	2.250.000.000.000.000.000.000.000.000.000 cd

De lichtsterkte is een belangrijk aspect bij openbare verlichting. Het is niet de bedoeling dat een weggebruiker verblindt wordt als hij in de lamp kijkt. In de ROVL 2011 zijn daarom eisen gesteld aan de lichtsterkte van verlichtingsarmaturen. Led lampen zijn zogenoemde puntlichtbronnen die verblindend kunnen werken.

### 3.3 Verlichtingssterkte

Verlichtingssterkte is de hoeveelheid licht dat per seconde op 1 m<sup>2</sup> terechtkomt. Of: de hoeveelheid licht op een oppervlak. De verlichtingssterkte wordt aangeduid met de eenheid lux (lumen per m<sup>2</sup>) en het symbool E.

Voorbeelden van verlichtingssterktes zijn:

<b>Verlichtingssterkte</b>	<b>Omschrijving voorbeeld</b>
100.000 lux	midden in de zomer op de middag
10.000 lux	midden in de zomer in de schaduw
500 lux	bij zonsopgang en bij zonsondergang
0,25 lux	bij volle maan en heldere hemel
0,0003 lux	bij heldere sterrenhemel
2 à 3 lux	Woonstraatverlichting

In de ROVL 2011 wordt voor de verschillende klassen een gemiddelde (horizontale) verlichtingssterkte genoemd. Hoe hoger de snelheid of hoe ingewikkelder de verkeerssituatie is, hoe groter de gemiddelde verlichtingssterkte moet zijn.

### 3.4 Luminantie

Luminantie is de hoeveelheid licht(sterkte) dat per oppervlakte-eenheid wordt uitgestraald of weerkaatst. Of: de hoeveelheid licht dat na reflectie op het oog terechtkomt. De hoeveelheid hiervan is afhankelijk van de reflectie eigenschappen het materiaal en de positie van de waarnemer. Luminantie wordt aangeduid met cd/m<sup>2</sup> (candela per m<sup>2</sup>) en het symbool is L.

Dezelfde verlichtingssterkte op verschillende materialen zullen leiden tot andere waarden voor luminantie. Voorbeelden hiervan zijn bij een verlichtingssterkte van 15 lux:

<b>Omschrijving materiaal</b>	<b>Luminantie bij verlichtingssterkte 15 lux</b>
Asfalt	1 cd / m <sup>2</sup>
Beton	1,5 cd / m <sup>2</sup>
ZOAB	1,25 cd / m <sup>2</sup>

Om de luminantie te kunnen bepalen is het belangrijk om de reflectie eigenschappen van de diverse materialen te weten. Over de wijze waarop deze reflectie eigenschappen worden gemeten zijn algemene afspraken gemaakt.

### 3.5 Lichtbronnen

Een lichtbron is een object dat licht uitzendt waarvoor het oog gevoelig is. Voorbeelden van lichtbronnen zijn de zon en de lamp. De meest bekende lamp is nog steeds de gloeilamp. Naast de gloeilamp staan de gasontladingslampen. Gasontladingslampen worden veel toegepast in de openbare verlichting. Bij zowel de gloeilampen als de gasontladingslampen is sprake van kleuren en kleurweergave.

### 3.6 Kleurtemperatuur of Lichtkleur

Het concept van de kleurtemperatuur is bedacht om de diverse soorten wit licht te kunnen aanduiden. Niet alle kleuren wit zijn hetzelfde. Wit licht bestaat in feite uit een mengsel van kleuren. Wit met een hoger aandeel rood lijkt warmer en wit met een hoger aandeel blauw voelt kouder aan. De kleurtemperatuur wordt uitgedrukt in Kelvin (K).

Vreemd genoeg wordt licht met een lage kleurtemperatuur als "warmer" ervaren dan licht met een hoge kleurtemperatuur.

Kleurtemperatuur wordt ook wel aangegeven als Lichtkleur

Enkele voorbeelden van kleurtemperaturen:

Temperatuur (K)	Omschrijving
1200	kaarslicht
2000	zonsopkomst en zonsondergang
2800	gloeilamp (gewone lamp), zonsopkomst en zonsondergang
3000	TL lamp ("830" is kleurweergave 80 en kleurtemperatuur 3000 K)
3200	halogeenlamp
3500	een uur na zonsopkomst
4000	TL lamp ("840" is kleurweergave 80 en kleurtemperatuur 4000 K)
5600	standaard daglicht
6000	middagzon
6500	Wit/Neutraal. Standaard waarde voor televisie of monitor.
7000 - 10000	Zware bewolking of schaduw aan de noordzijde. Zonder direct zonlicht.



### 3.7 Kleurweergave

Licht bestaat uit een mengsel van kleuren (spectrum) iedere lampsoort heeft zijn eigen spectrum. Hierdoor worden door de mens kleuren onder verschillende soorten lampen op verschillende manieren waargenomen. De kleurweergave index geeft aan hoe de kleurindruk van een voorwerp is ten opzichte van dezelfde kleur onder zonlicht. De kleurweergave wordt weergegeven in een getal tussen 0 en 100. De kleurweergave index wordt aangeduid met Ra.

Voorbeelden van de kleurweergave van enkele lichtbronnen:

Kleurweergave index	Omschrijving lichtbron
100	Zon
100	Gloeilamp
57 – 97	TL lampen
26 – 60	SON lampen
0	SOX lampen

Vanuit de herkenningseis in het Politie Keurmerk Veilig Wonen is de kleurweergave index een belangrijk item geworden in de openbare verlichting. De veel toegepaste "oranje" SOX lampen hebben een kleurweergave index van 0. Kleur- en gezichtsherkenning is hierdoor bij deze lamp niet mogelijk.

## 4 Gloeilampen

### 4.1 Normale Gloeilamp

De normale gloeilamp wordt niet toegepast in de openbare verlichting, maar is wel (nog steeds) de meest bekende soort lamp. Binnenkort komt er een verbod op de verkoop van deze lamp in Nederland. De lamp werkt doordat er stroom door een gewikkeld wolframdraadje wordt gestuurd. Dit draadje geeft vervolgens licht. De warmteontwikkeling van het wolframdraadje is zo groot dat er geen zuurstof bij mag komen. Daarom wordt de glazen bol gevuld met een niet actief gas zoals stikstof of argon. Een gloeilamp is inefficiënt (weinig lumen per Watt), maar heeft wel een hoge kleurweergave (RA = 100).

De gloeilamp is eenvoudig te dimmen.

#### Gloeilamp

- Glazenbol gevuld met stikstof, argon of krypton
- Gloeidraad is van Wolfram
- Spanningsafwijkingen hebben grote invloed op de levensduur

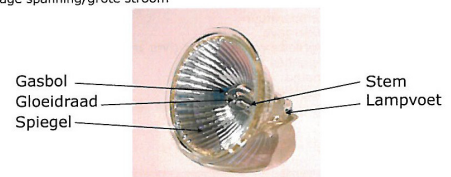


### 4.2 Halogeengloeilamp

Ook bij de halogeengloeilamp wordt stroom door een wolframdraadje gestuurd. Het grote verschil is dat de (veel kleinere) glazen bol gevuld is met halogeën. Ook de halogeënlamp wordt praktisch niet toegepast in de openbare verlichting.

#### Halogeënlamp

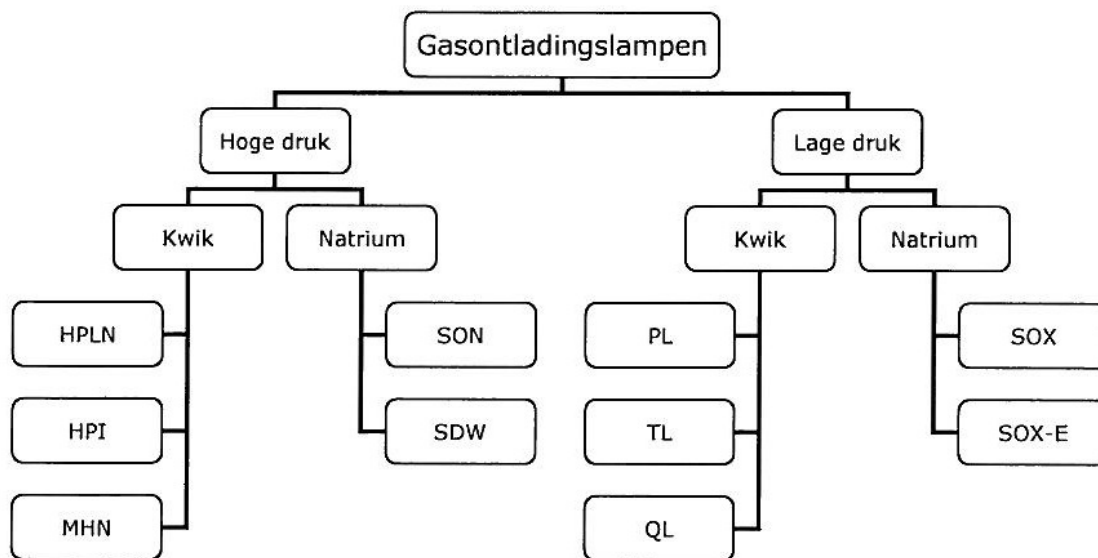
- Gasballon gevuld met halogeën
- Hoge ballon temperatuur vandaar het formaat
- Gloeidraad is van Wolfram
- Door halogeën slaat verdampte wolfram terug
- Lage spanning/grote stroom





## 5 Gasontladingslampen

De gasontladingslampen worden veelal toegepast in de openbare verlichting. Er worden twee groepen gasontladingslampen onderscheiden: hoge druk en lage druk.



Beide groepen zijn vervolgens weer onderverdeeld in een groep met kwik gevulde lampen en een groep met natrium gevulde lampen. De benamingen PL, SOX, SON, HPL etc. zijn productnamen van marktleider Philips, maar worden algemeen gebruikt als namen voor de diverse lamptypes.

### 5.1 Voorschakelapparaat

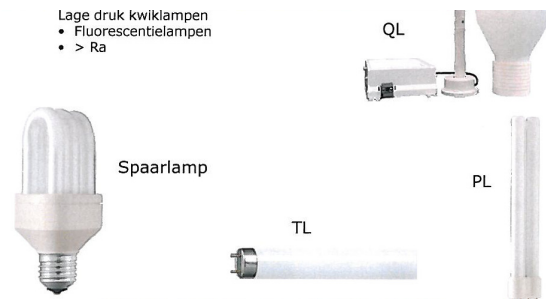
Bij alle types gasontladingslampen is een voorschakelapparaat (VSA) benodigd. Anders dan bij de gloeilampen waarbij elektrische stroom door de lamp gaat moet bij een gasontladingslamp een reactie van elektronen in de lamp op gang worden gebracht. Er zijn twee types voorschakelapparaten: conventioneel (VSA) en elektronisch (E-VSA).

Voorschakelapparaten maken onderdeel uit van het lampsysteem en gebruiken ook stroom gedurende de periode dat de lamp brandt.

Lampen met conventionele voorschakelapparaten (VSA) zijn niet dimbaar. Om gasontladingslampen te kunnen dimmen is een elektronisch voorschakelapparaat (E-VSA) benodigd.

## 5.2 Lage druk kwik fluorescentielampen

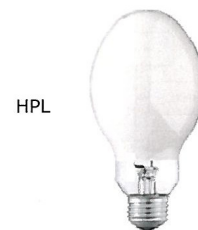
Het glas van deze lamp is gevuld met een lage druk kwikmengsel. In de lamp wordt een ultraviolette (en dus niet zichtbare) straling opgewekt. Deze ultraviolette straling wordt zichtbaar gemaakt door een fluorescentiepoeder op de binnenkant van het glas. De kleurweergave van dit type lamp is goed (RA > 80).



## 5.3 Hoge druk kwik fluorescentielampen

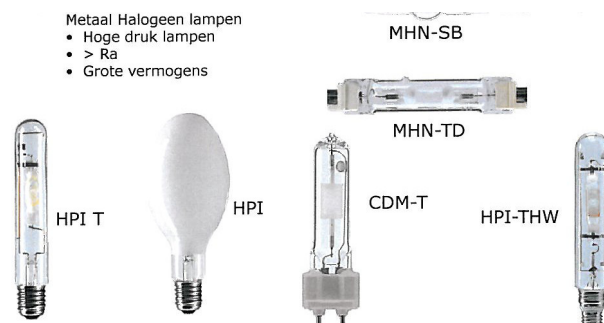
De werking van deze lamp is op dezelfde manier als de lage druk kwiklamp, echter is deze lamp gevuld met een hoge druk kwikmengsel. De hoge druk kwiklamp is bekend als de HPL lamp en is vanaf 1948 veel toegepast in de openbare verlichting. De lamp wordt momenteel echter weinig meer toegepast vanwege de hoge milieubelasting van het kwik.

- Hoge druk kwiklampen
- Fluorescentielampen
  - Ra < lage druk kwik lampen
  - Compact tov lage druk kwik lampen



## 5.4 Metaalhalogeenvlampen

De opgewekte straling in deze lampen is zichtbaar licht. Vroeger werden deze lampen vooral toegepast als sportveldverlichting. De laatste tijd kunnen deze lampen echter door toepassing van andere technieken ook worden toegepast in de openbare verlichting. Deze lampen zijn bekend onder de productnamen HPI, MHN, CDM, CDO en CPO.



## 5.5 Lage druk natriumlampen

De lage druk natrium lamp is al in 1902 ontwikkeld en is nog steeds de meest efficiënte lamp die er is. De lamp heeft een lichtstroom van bijna 200 lumen per Watt. Dat komt omdat het opgewekte licht slechts één golflengte heeft (555 nm). Het nadeel hiervan is dat kleurherkenning niet mogelijk is bij deze lamp (RA = 0). Deze lamp is bekend als de SOX lamp en is heel veel toegepast in de openbare verlichting. Bij de lage druk natrium lamp wordt natrium in de lamp verdampt door middel van een startgas. Het natrium doet vervolgens mee in het proces om licht op te wekken. Als de lamp uitgaat moet het natrium zich weer verzamelen op een vaste plek. Om te zorgen dat dit gebeurt mag de lamp slechts in een bepaalde stand worden gemonteerd.

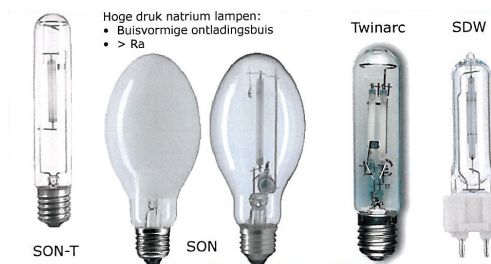
- Lage druk natrium lampen:
- U-vormige ontladingsbuis
  - Monochromatisch licht
  - Ra = nvt



SOX  
SOX-E

## 5.6 Hoge druk natriumlampen

Bij de hoge druk natrium lamp is de burner van de lamp gevuld met een hoge druk natrium mengsel. Deze lamp is bekend onder de benaming SON. De SON lamp produceert licht in twee kleurweergaves (RA 25 of RA 65).



## 6 Led lampen

LED is de afkorting voor Light Emitting Diode. Aan LED lampen worden grote toekomstmogelijkheden toegedacht vanwege de milieuvordelen. Een Led is een halfgeleider. Als een LED op een elektrische stroom wordt aangesloten bewegen elektronen zich door het halfgeleidermateriaal waarbij sommige elektronen overgaan in een lagere energiestatus. Bij dit proces wordt de resterende energie afgegeven in de vorm van licht. De golflengte en daarmee de kleur van het licht kan op nagenoeg elke manier worden ingesteld.

