

# Helderheid in wegdekreflectie

Robbert Naus  
Dura Vermeer Infrastructuur

Piet Zijlstra  
PolyCiviel

Dirk Hetebrij  
Light Surface Control

Robbert Dijkema  
Montad

## **Samenvatting**

Uit diverse onderzoeken is inmiddels gebleken dat lichtgekleurde wegdekken voor alle toepassingen, van openbare ruimte tot snelwegen, geschikt zijn en een zichtbaar effect op de omgeving hebben. De openbare verlichting kan worden gereduceerd en de veiligheid wordt verbeterd. Toch ontbreekt grootschalige toepassing, hoe komt dit? Er is geen uniformiteit in zowel de aanbiedingen van producenten van lichtgekleurde wegdekken als in de vraagstelling van opdrachtgevers. Na aanleg lijkt een controle op de geleverde lichtreflectie lastig. Er zijn diverse in situ beproevingen beschikbaar maar als opleveringscontrole is het gehele pallet aan metingen veel te kostbaar. Bovendien vertroebelt de bitumenhuid (cement in mindere mate) het beeld. En last but not least, de aanlegkosten zijn in het algemeen hoger terwijl de opbrengsten elders liggen (energiebesparing, verkeersveiligheid). De in 2015 gestarte CROW werkgroep Wegdekreflectie probeert helderheid in het onderwerp te brengen. De in 2016 te verschijnen digitale publicatie is bedoeld om handvatten te geven en koudwatervrees weg te nemen. De achtergronden en de mogelijkheden worden toegelicht. Een uniforme karakterisering van lichtreflectie eigenschappen wordt voorgesteld. De meest 'witte' verharding is niet altijd de meest kosten-efficiënte oplossing. Een klasse-indeling kan helpen bij de keuze van een opdrachtgever. Er wordt onderzocht of een relatief eenvoudige meting kan aantonen dat het geleverde lichtgekleurde wegdek aan de gestelde lichtreflectie eisen voldoet. Deze paper gaat in op de handvatten en procedures om toepassing van lichtgekleurde wegdekken te vereenvoudigen. Met de digitale publicatie wordt bijgedragen om helderheid in het voor een wegbeheerder misschien wazige onderwerp van openbare verlichting en wegdekreflectie te brengen.

## **Steekwoorden**

Openbare verlichting, energiebesparing, CO<sub>2</sub>-reductie, verkeersveiligheid

## 1. Inleiding

Zowel asfalt-, beton- en elementenverhardingen als oppervlakbehandelingen kunnen in een lichtgekleurde variant worden uitgevoerd. Lichtgekleurde wegdekken hebben een effect op:

- De openbare verlichting  
Vanwege de lichtere kleur en geoptimaliseerde oppervlakttextuur wordt een betere zichtbaarheid van het wegdek verkregen. Als gevolg kan de openbare verlichting worden gedimd. Een reductie in verlichting betekent een vermindering van het energieverbruik en daarmee een emissiebesparing (zoals CO<sub>2</sub>). Bovendien wordt de ‘lichtvervuiling’ voor mens en dier verminderd. Vooral de toepassing van LED verlichting biedt vele (nieuwe) mogelijkheden.
- De verkeersveiligheid  
Een betere zichtbaarheid van het wegdek onder alle omstandigheden kan leiden tot een vermindering van het aantal verkeersongevallen. Bovendien kan de reflectie van licht ook een prettigere leefomgeving (sociale veiligheid) betekenen. Ook kan bij het in- en uitrijden van een tunnel de verkeersveiligheid worden verbeterd door een minder abrupte overgang van daglicht naar kunstlicht. In de tunnel zijn (stilstaande) voertuigen en andere obstakels op een lichtgekleurd wegdek beter zichtbaar.
- De thermische eigenschappen  
Vanwege de reflectie van zonlicht zal de temperatuur van een lichtgekleurd wegdek lager zijn dan bij een donkergekleurde verharding. Dit kan leiden tot een langere levensduur (minder spoorvorming in het geval van asfaltverhardingen) en mogelijk vermindering van het Urban Heat Island effect (opwarming van steden ten gevolge van de bebouwde omgeving).

Maar toch spelen de optische eigenschappen van wegdekken over het algemeen een bijrol in het wegontwerp en de keuze van de deklaag. Dit is op zijn minst opmerkelijk te noemen gezien de importantie van wegbeeld, wegverloop en het grote deel van de informatievoorziening van visuele aard in het gezichtsveld van een weggebruiker. De in 2015 gestarte CROW werkgroep Wegdekreflectie heeft tot doel om wegbeheerders en wegontwerpers bewust te maken van het feit dat deze eigenschappen belangrijk zijn naast de functionele civiele aspecten. Er wordt een brug geslagen tussen de disciplines openbare verlichting enerzijds en wegbouwkunde anderzijds. Als beide disciplines in het voortraject al samenwerken kan het positieve effect van lichtreflectie in de besteksfase worden meegenomen. Daarvoor is een heldere onderlinge communicatie nodig.



*Figuur 1 Lichtgekleurd fietspad.*

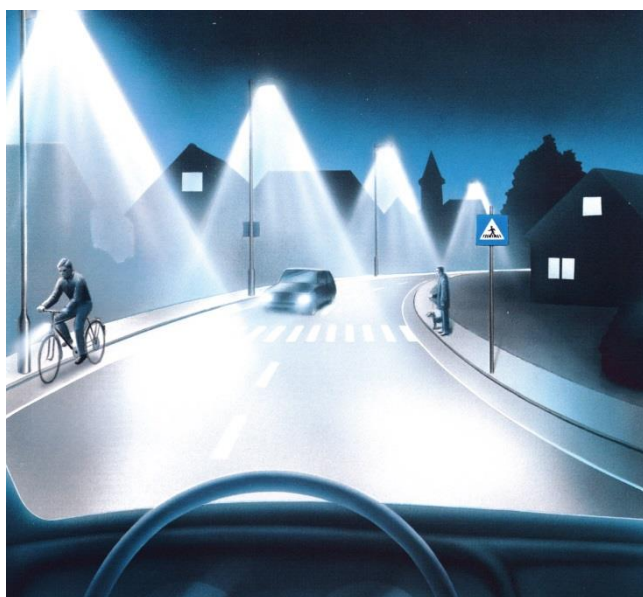
Op [www.wegdekreflectie.nl](http://www.wegdekreflectie.nl) wordt al algemene informatie gegeven over de achtergronden van lichtreflectie en mogelijkheden met lichtgekleurde wegdekken. Het later te verschijnen (digitale) eindrapport van de CROW werkgroep behandelt alle aspecten van openbare verlichting en wegdekreflectie ter ondersteuning van juiste keuze en toepassing van lichtgekleurde wegdekken. Deze paper beschrijft het deel van de werkzaamheden van de werkgroep ten behoeve van procedures om toepassing van lichtgekleurde wegdekken te vereenvoudigen.

## 2. Lichtreflectie eigenschappen

### 2.1 Inleiding

De optische eigenschappen hebben invloed op het zicht van de verkeersdeelnemers en zijn belangrijk voor het visueel comfort en veiligheid zowel bij dag, schemering en duisternis als bij droge en natte weercondities. De visuele waarneming verzorgt voor een groot deel de benodigde informatie om veilig en met voldoende comfort in de openbare ruimte te bewegen. De verschillende soorten belichtingen die hierbij een rol spelen zijn:

- Openbare verlichting
- Koplampverlichting
- Natuurlijk daglicht (zon- en hemellicht)
- Natuurlijk nachlicht (maan- en hemellicht)



*Figuur 2 Verschillende soorten belichting in verkeersomgeving.*

Bij daglicht kan de mens optimaal kleur- en helderheidscontrasten waarnemen. Alignement, markeringen en wegmeubilair zijn duidelijk en met voldoende zichtafstand zichtbaar. Maar tijdens donkerte neemt het zicht af omdat contrasten afnemen, bovendien zal er sneller verblinding optreden. Alignement, markeringen en wegmeubilair zijn minder goed zichtbaar of worden met betrekkelijk korte zichtafstanden al onzichtbaar. Met name de combinatie van donkere en natte weersomstandigheden kunnen leiden tot situaties met slecht zicht. Comfort en contrastgevoeligheid zijn dan laag. Het effect van de verschillende soorten belichting op de

visuele waarneming is met metingen van reflectiecoëfficiënten te objectiveren en te kwantificeren.

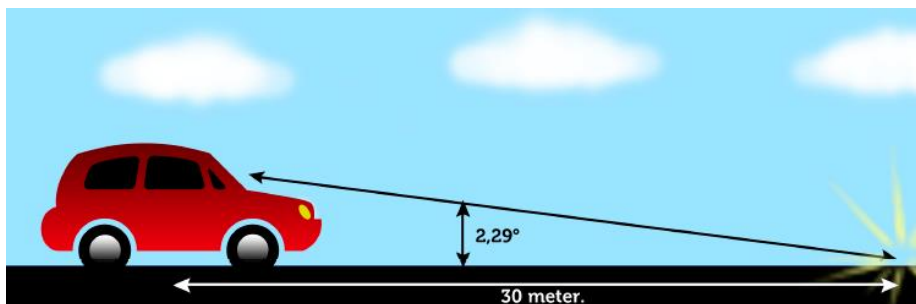


*Figuur 3 Toepassing lichtgekleurd wegdek op kruisvlak.*

## **2.2 Reflectiecoëfficiënten**

Met een verlichtingsonderzoek kunnen diverse optisch fotometrische reflectie-eigenschappen worden bepaald:

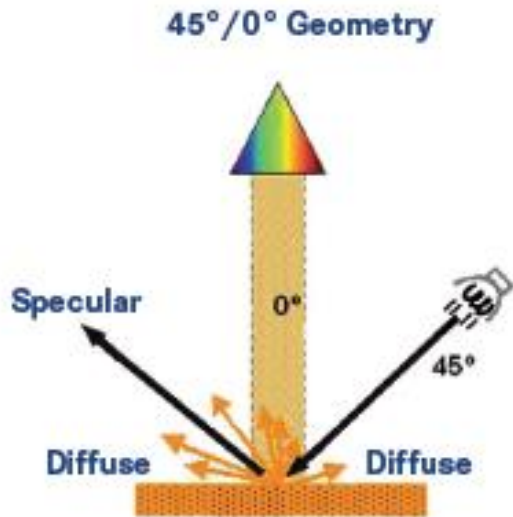
- **Dag-nachtzichtbaarheid bij hemellicht (Qd)**  
Dit betreft de mate van helderheid van de verharding voor de automobilist bij hemellicht. Dit is de luminantiecoëfficiënt onder diffuse verlichting en is een maat voor de lichtreflectie van een verharding voor een automobilist op een zichtafstand van 30 meter.



*Figuur 4 Dag-nachtzichtbaarheid bij hemellicht (Qd).*

- **Luminantiefactor ( $\beta$ )**

De luminantiefactor  $\beta$  (Beta) wordt ook wel witheid genoemd. Voor overwegend diffuus reflecterende oppervlakken is de luminantiefactor gelijkwaardig aan de reflectiegraad  $\rho$  (rho).

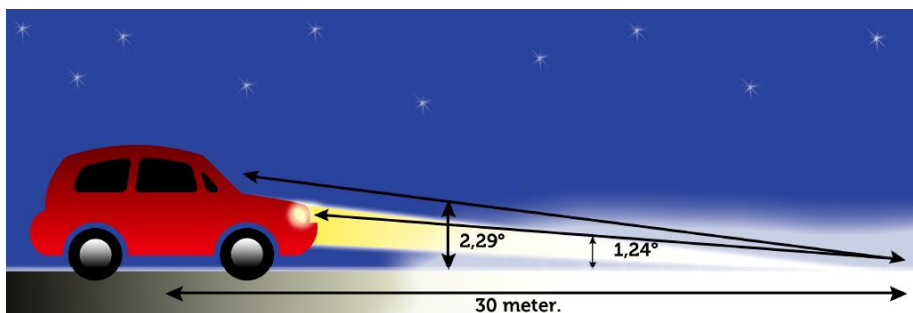


*Figuur 5 Luminantiefactor  $\beta$  (Beta).*

- **Nachtzichtbaarheid bij koplampverlichting (RI)**

Dit betreft de mate van helderheid van de verharding voor de automobilist van zijn eigen koplampverlichting. Dit is de luminantiecoëfficiënt onder koplampverlichting en is een maat voor de lichtreflectie van een verharding voor een automobilist van zijn eigen koplampverlichting op een zichtafstand van 30 meter.

De retroreflectiecoëfficiënt RI wordt weergegeven door de term nachtzichtbaarheid. Hoe hoger de retroreflectiecoëfficiënt des te meer licht wordt gereflecteerd richting de automobilist.



*Figuur 6 Nachtzichtbaarheid bij koplampverlichting (RI).*

- **Nachtzichtbaarheid bij openbare verlichting (gemiddelde luminantiecoëfficiënt  $Q_0-S1$ )**

Dit betreft de mate van helderheid en gelijkmatigheid van een wegverharding voor de automobilist bij openbare verlichting op een zichtafstand van 86 meter voor de automobilist.

$Q_0$ : gemiddelde luminantiecoëfficiënt als maat voor de lichtheid van de wegverharding. Hoe hoger  $Q_0$  hoe meer opvallend licht wordt gereflecteerd naar de automobilist.

S1: spiegefactoren als maat voor de spiegeling van de wegverharding. Hoe hoger S1 des te meer spiegelen is het wegdek (des te minder wordt het licht alzijdig verstrooid en is het dus minder diffuus).

Voor een aantal oppervlakken zijn in onderstaande tabel typische meetwaarden gegeven voor de gemiddelde luminantiecoëfficiënt  $Q_0$  en de spiegefactor S1.

Type verharding Droge toestand	$Q_0$ (CIE 66) [cd·m <sup>-2</sup> ·lx <sup>-1</sup> ]	S1 (CIE 66)
Standaard donker getint asfalt SMA-AC-ZOAB	± 0,04 - 0,065	± 0,5 - 1,2
Licht getint asfalt SMA	± 0,09 - 0,11	± 0,3 - 0,6
Cementbetonverharding	± 0,11 - 0,20	± 0,4
Elementenverharding	± 0,04 (zwart) - 0,20 (wit)	± 0,15 (betonstraatsteen ruw) - 1,2 (gebakken klinker)
Wit papier (80 gr·m <sup>-2</sup> )	± 0,35 - 0,40	± 0,8

Tabel 1 Praktijkwaarden  $Q_0$  en S1 van enkele oppervlakken. Bron: Light Surface Control.



Figuur 7 Nachtzichtbaarheid bij openbare verlichting (gem. luminantiecoëfficiënt  $Q_0$ -S1).

### 3. Initiële karakterisering

Een producent kan de lichtreflectie eigenschappen uit het vorige hoofdstuk (bijvoorbeeld  $Q_d$ ,  $R_l$ ,  $Q_0$ , S1 en Beta) laten meten voor al zijn lichtgekleurde producten. Een volledige bepaling van deze eigenschappen is echter zeer kostbaar. De werkgroep komt met een voorstel:

- of een initiële karakterisering met alle (of enkele) lichtreflectie eigenschappen eenmalig daadwerkelijk moeten worden bepaald;
- of verplichte initiële karakterisering achterwege kan blijven omdat een opleveringscontrole op één of meerdere reflectie-eigenschappen het eindresultaat toetst.

Deze, al dan niet facultatieve, initiële karakterisering kan plaatsvinden op laboratoriumvervaardigde proefstukken maar ook op (proefstukken uit) een proefvak. Maar het mineraal aggregaat is na aanleg, zowel in de praktijk als bij laboratoriumvervaardigde proefstukken, nog volledig omhuld door het bindmiddel. Bij asfalt met penetratiebitumen resulteert een zwart uiterlijk maar ook in het geval van een blank bindmiddel is de kleur van het mineraal aggregaat nog niet volledig zichtbaar. Een blank bindmiddel geeft in het begin vaak een gelig beige uiterlijk. Dus moet er nog worden vastgesteld op welk oppervlak de eigenschappen worden bepaald om de potentie in de praktijk op langere termijn realistisch weer te geven. Er zal een behandeling van het proefstuk moeten plaatsvinden:

- Stralen van het oppervlak kan de bitumenhuid verwijderen maar dit proces is echter lastig eenduidig te omschrijven. Het type straalgrit, de druk en de tijdsduur zijn van invloed op het resultaat: is slechts de bitumen- of cementhuid verwijderd of is de gehele oppervlakttextuur volledig gewijzigd (van een dichte deklaag naar een SMA of zelfs ZOAB of van gebezemd beton naar een uitgewassen beton)?
- Zagen van een cilindervormig proefstuk (laboratoriumvervaardigd of boorkern) horizontaal door de lichtgekleurde deklaag is eenduidig. Maar dan wordt de oppervlakttextuur niet meegenomen en leidt dus niet tot waarden die in lichtberekeningen kunnen worden gebruikt.

De werkgroep onderzoekt momenteel de mogelijkheden. Er moet dus een keuze worden gemaakt op welke wijze initieel de lichtreflectie eigenschappen worden gemeten (bijvoorbeeld tijdens de fase van productontwikkeling) die iets zeggen over de lichtreflectie op termijn in de praktijk. Er moet dus nog worden vastgesteld op welk oppervlak de eigenschappen worden bepaald (zagen en eventueel stralen).



*Figuur 8 Lichtgekleurd asfalt met blank bindmiddel (en pigment) zichtbaar aan oppervlak.*

Indien een set van lichtreflectie eigenschappen en de testprocedure zijn vastgelegd, kunnen producenten vervolgens hun eigen producten op deze wijze initieel laten onderzoeken. Dit kan worden vastgelegd in een rapport, productinformatieblad of certificaat (bijvoorbeeld analoog aan een Typeonderzoek bij CE-gemarkeerde mengsels of een C-Wegdek bepaling bij

geluidreducerende deklagen). Zo ontstaat een uniforme initiële karakterisering die duidelijk is voor opdrachtgevers en opdrachtnemers.

#### 4. Klasse-indeling

Lichtgekleurde wegdekken bestaan in vele gradaties. Indien een wegbeheerder besluit om een wegdek met verhoogde lichtreflectie toe te passen, is niet per se altijd de hoogst haalbare lichtreflectie nodig. Om de keuze en de eisenstelling te vereenvoudigen wordt door de werkgroep een klasse-indeling voorgesteld. Dit kan zijn op basis van bestaande indelingen (R-tabellen conform CIE) of met een eigen nieuwe klasse-indeling, zie onderstaande tabel als mogelijk voorbeeld. De vermelde lichtreflectie eigenschappen en de gegeven waarden voor standaard asfalt zijn slechts indicatief. Misschien hoeven niet alle vermelde lichtreflectie eigenschappen te worden bepaald (zie vorig hoofdstuk) en de waarden moeten nog worden vastgesteld.

	Retroreflectiecoëfficiënt	Luminantiecoëfficiënt	Gemiddelde Luminantiecoëfficiënt	Spiegelfactor	Luminantiefactor-witheid
<b>Deklaag</b>	<b>Rl</b>	<b>Qd</b>	<b>Qo</b>	<b>S1</b>	<b>β</b>
Zeer sterk verhoogde lichtreflectie					
Sterk verhoogde lichtreflectie					
Medium verhoogde lichtreflectie					
Beperkt verhoogde lichtreflectie					
Standaard asfalt (ACsurf/SMA/ZOAB)	2-10	40-70	0,04-0,07	0,50-1,20	

Tabel 2 Voorbeeld klasse-indeling grenswaarden lichtreflectie (gemeten droog in nieuwstaat).

In bovenstaand mogelijke klasse-indeling moeten de grenswaarden door de werkgroep dus nog worden vastgesteld en ingevuld. Ter ondersteuning van een juiste keuze van de wegbeheerder zou een aantal voorbeeld foto's van de verschillende klassen hieraan kunnen bijdragen.

Overigens moet in het geval van een asfaltverharding de opdrachtgever wel beslissen en vooraf duidelijk vastleggen of zwart bitumen is toegestaan of dat een blank bindmiddel moet worden toegepast. Bij keuze voor zwart bitumen als bindmiddel kan de bitumenhuid aan het oppervlak nadien worden verwijderd door een nabehandeling van het wegoppervlak (zoals bijvoorbeeld stralen of planeren). Ook kan worden afgestrooid met een lichtgekleurd split voor een aanvangslichtreflectie. Bij een betonverharding moet de opdrachtgever kiezen voor een gebezemd of uitgeborsteld beton.





*Figuur 9 Lichtgekleurd wegdek bereikt met een oppervlakbehandeling.*

## **5. Opleveringscontrole**

Een producent heeft de door de werkgroep vastgestelde lichtreflectie eigenschappen (uit hoofdstuk 3) gemeten en daarmee zijn producten initieel gekarakteriseerd en eenduidig gerapporteerd. Een opdrachtgever heeft in zijn uitvraag eisen gesteld aan de lichtreflectie eigenschappen, bijvoorbeeld door middel van een keuze uit de klassen uit hoofdstuk 4. Een opdrachtnemer kan vervolgens beoordelen welk (eigen of ingekocht) product voldoet aan de gevraagde klasse en hiermee inschrijven. De opdrachtgever controleert of de door opdrachtnemer bijgevoegde lichtreflectie waarden voldoen aan de gestelde eisen. Na gunning en aanleg moet dan nog wel uit een ‘opleveringscontrole’ blijken of opdrachtnemer daadwerkelijk hetzelfde product heeft aangebracht waar de lichtreflectie eigenschappen initieel op zijn bepaald. Bij asfalt wordt namelijk de visuele waarneming van het wegoppervlak direct na aanleg gekleurd door het toegepaste bindmiddel. Het kan maanden en zelfs een paar jaar duren voordat de bitumenhuid volledig door weer en verkeer is afgesleten. Op welke wijze kan dan toch een opleveringscontrole plaatsvinden op lichtreflectie eigenschappen?

In de initiële karakterisering zijn van het toegepaste product meerdere relevante lichtreflectie eigenschappen (Rl, Qd, Qo, S1 en Beta of een selectie hiervan, zie hoofdstuk 3) bepaald en gerapporteerd. De opleveringscontrole zou dan bij voorkeur beperkt kunnen blijven tot één representatieve lichtreflectie eigenschap als fingerprint van dit product. De werkgroep

onderzoekt of de bepaling van de luminantiefactor  $\beta$  (Beta) rechtstreeks op het wegdek (elementenverharding, oppervlakbehandeling en eventueel betonverharding) of op het gezaagde oppervlak van een boorkern (asfaltverharding) hiervoor onderscheidend genoeg is. De luminantiefactor  $\beta$  is door middel van een eenvoudige meting te bepalen (Yxy kleurmeting – CIE chromaticity coordinates). Dit wordt ook toegepast in de optische metingen van wegmarkering (EN 1436). Hiervoor is al verschillende handzame meetapparatuur verkrijgbaar, zie onderstaande figuur.



*Figuur 10 Voorbeeld handzaam meetapparaat.*

Dit zou dan als een eenvoudige opleveringscontrole kunnen gelden. Indien deze (inclusief toleranties) voldoet aan de initieel vastgelegde waarde kan met bepaalde zekerheid worden vastgesteld dat het product ook voldoet aan de andere gedeclareerde lichtreflectie waarden. Dit is analoog aan de procedure van het Typeonderzoek bij asfalt waar na aanleg niet de functionele eigenschappen worden bepaald op boorkernen maar wordt getoetst of de samenstelling en dichtheid overeenkomen met het mengsel waar initieel de functionele eigenschappen op laboratoriumvervaardigde proefstukken zijn gemeten. Ook analoog aan de geluidsmetingen waar buiten kan worden getoetst op enkel CPX waarden en niet zoals initieel op CPX én SPB. Bij twijfel en/of niet voldoen is natuurlijk altijd aanvullend onderzoek op de overige lichtreflectie eigenschappen mogelijk.

## **6. Stellingen**

De optische eigenschappen van wegdekken moeten in een vroeg stadium worden meegenomen in het wegontwerp, openbare verlichting ontwerp en de keuze van de deklaag.

Wegdekreflectie moet een plaats krijgen in de nieuwe Richtlijn Openbare Verlichting (Van ROVL 2011 naar NPR 2016).

Een uniforme karakterisering voor de lichtreflectie eigenschappen van asfaltverhardingen is gewenst om eenduidigheid in de vraagstelling en de aanbiedingen te krijgen.

Een klasse-indeling draagt bij aan het vereenvoudigen van de keuze voor wegbeheerders voor toepassing van lichtgekleurde wegdekken.

Er is behoefte aan een eenvoudige opleveringscontrole om aan te tonen dat het geleverde product voldoet aan de in de vraagspecificatie gestelde eisen.