

Led onderweg

Meer zicht met minder licht

Energiebesparing in de openbare verlichting door toepassing van dimbare mesopische ledverlichting op provinciale wegen



eindrapport

Provincie Gelderland
Afdeling Beheer en Onderhoud Wegen
Arnhem, mei 2013

Inhoud

1	Inleiding.....	2
1.1	Aanleiding	2
1.2	Achtergrond	2
2	De pilot.....	2
2.1	Innovatief lichtconcept	2
2.2	Doelstelling	3
2.3	Wat is mesopisch zien?	3
3	Resultaten.....	3
3.1	Belevingsonderzoek	3
3.2	Energie- en milieuwinst.....	4
3.3	Praktijkervaringen provincie Gelderland.....	5
3.4	Kennisverspreiding en verankering	6
4	Conclusies en aanbevelingen.....	7

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Openbare verlichting staat sinds het begin van deze eeuw volop in de belangstelling. Vanuit de politiek is er veel aandacht voor openbare verlichting in relatie tot de (inter)nationale klimaatdoelstellingen ten aanzien van energiebesparing, CO₂-emissie en lichthinder. Anderzijds gaan de technische ontwikkelingen op het gebied van openbare verlichting zeer snel. Sinds 2007 heeft Ledverlichting gaandeweg zijn intrede gedaan als energiezuinig alternatief in de openbare verlichting. In eerste instantie voor verblijfsgebieden (woonwijken en fietspaden) maar sinds enkele jaren is ook de toepassing langs verkeerswegen een feit.

Provincie Gelderland wil innovaties stimuleren op het gebied van openbare verlichting. Vanuit dat perspectief heeft de provincie Gelderland zich in september 2009 aangemeld bij Senternovem (tegenwoordig AgentschapNL) van het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie om een gesubsidieerde pilot uit te kunnen voeren met Ledverlichting van Innolumis Public Lighting, omdat Ledverlichting wordt gezien als één van de veelbelovende besparingsmaatregelen. Innolumis heeft een zogenaamd mesopisch dimbaar ledarmatuur ontwikkeld met een hoog vermogen dat toepasbaar is voor grotere lichtpunthoogtes en daardoor geschikt is voor provinciale wegen.

1.2 Achtergrond

In Nederland gaat ongeveer 1,5% van de geproduceerde elektrische energie naar openbare verlichting. Openbare verlichting heeft tot doel het wegverkeer bij duisternis veilig te laten functioneren en bij te dragen aan een sociaal veilige wegomgeving en leefbaarheid. Overheden worden in toenemende mate geconfronteerd met stijgende energiekosten en met het maatschappelijk belang om op een verantwoorde wijze om te gaan met onze energievoorraden en CO₂-emissies te reduceren. Hiervoor zoeken gemeenten, provincies en de rijksoverheid naar energiezuinige alternatieven voor de huidige generatie verlichtingsbronnen.

Het alternatief voor de traditioneel toegepaste verlichting is Ledverlichting. Het voordeel van een Led drukt zich vooral uit in het sterk verminderd elektrisch energieverbruik en de daaraan gekoppelde verminderde emissie van CO₂ ten opzichte van de gebruikelijke lampen in de openbare verlichting. Door gericht licht te leveren kan daarnaast de hoeveelheid strooilicht worden beperkt, wat op sommige locaties wenselijk is om lichtvervuiling te verminderen.

2 De pilot

2.1 Innovatief lichtconcept

Innolumis heeft een speciale groene Led-lichtbron ontwikkeld als alternatief voor de gangbare lichtbronnen. Deze is afgestemd op het waarnemingsvermogen van het oog tijdens duisternis. De energiebesparing ten opzichte van de bestaande verlichting kan oplopen tot maar liefst 70%. Verder brengt deze lichtbron de lichtvervuiling terug en is met een verwachte levensduur van 20 jaar onderhoudsvrij. Ook is het licht krachtiger dan dat van bestaande lichtbronnen. Dit is nodig om het licht geschikt te maken voor grotere lichtpunthoogtes langs doorgaande wegen. De armaturen zijn gemaakt van volledig recyclebare materialen.

In de pilot zijn de groene 'mesopische' Ledarmaturen in de praktijk getest op exploitatieaspecten en gebruikersacceptatie. Provincie Gelderland heeft de verlichting geplaatst in het kader van het reguliere vervangingsprogramma en in het kader van het recessieproject openbare verlichting. Sinds 2009 zijn in totaal 617 Ledarmaturen op bestaande of nieuwe lichtmasten langs provinciale wegen geplaatst. De looptijd van de pilot is van 1 januari 2010 tot en met 31 december 2012. Binnen het project neemt de mening van gebruikersgroepen een belangrijke plaats in. Hiertoe is in december 2012 een belevingsonderzoek onder weggebruikers/aanwonenden en een expertgroep (Politie en specialisten openbare verlichting bij andere overheden) uitgevoerd.

2.2 Doelstelling

De centrale onderzoeksvraag bij de pilot is: “biedt de nieuwe Ledlichtbron een goede oplossing in de praktijk?”

Doelen die bij de pilot worden nagestreefd zijn:

- demonstratie van het ontwikkelde 56W mesopisch ledarmatuur waarbij de provincie optreedt als launching customer en daarmee eigenaar wordt van de verlichting;
- integratie van de lamp met de beschikbare dimtechnologie opdat er een maximale energiebesparing kan worden bereikt in het gebruik van de huidige lamp;
- aan het einde van de pilot een werkbare, economisch haalbare en dimbare ledarmatuur te hebben.

2.3 Wat is mesopisch zien?

Wat is mesopisch licht en wat doet het met het menselijke oog? In ons oog zijn twee verschillende gezichtszintuigen verenigd, zijnde kegeltjes en staafjes. Dankzij staafjes en kegeltjes hebben wij een gezichtsscherpte die ons in staat stelt om te lezen, om TV te kijken, aan het verkeer deel te nemen, om mensen op enige afstand te herkennen. De kegeltjes zijn gevoelig voor licht, maar deze gevoeligheid is beperkt. Ze stellen ons in staat tot scherpe detailwaarneming en zijn bovendien kleurgevoelig. Deze combinatie maakt dat ze optimaal functioneren bij een helder (fotopisch / daglicht) verlichtingsniveau. De staafjes zijn veel lichtgevoeliger en zijn vooral bedoeld voor het kunnen waarnemen van contrasten en het kunnen zien in donkere situaties. De lichtgevoeligheid van een enkel staafje ligt een factor van enkele tientallen malen hoger dan die van een kegeltje. Het gevolg hiervan is dat staafjes gemakkelijk verblind worden. Ze zijn niet geschikt voor het waarnemen van fijne details en bovendien leveren zij geen kleurgewaarwording. Deze combinatie maakt dat zij dus optimaal functioneren bij lage (scotopische) verlichtingsniveaus.

Dit betekent dat er eigenlijk twee manieren van zien bestaan: één waarbij de kegeltjesfunctie domineert (bij heldere verlichting, dit noemt men het fotopisch zien) en één waarbij de staafjesfunctie domineert (bij een laag verlichtingsniveau, het scotopisch zien). De gevoeligheid van staafjes is het grootst voor groen-blauw licht. Door de staafjes is het mogelijk dat we bij heldere maan goed kunnen zien en ook over grote afstanden kunnen waarnemen. Kleurherkenning is onder deze omstandigheden echter lastig, aangezien de kegeltjes pas functioneren bij sterkere lichtintensiteiten.

Mesopisch licht gaat uit van lichtkleur in combinatie met een lage lichtintensiteit. Zo heeft een oog 's-nachts geen fel, wit licht nodig om de directe omgeving goed te kunnen waarnemen. Met de traditionele straatverlichting wordt het daglicht nagebootst (fotopisch licht), zodat we in het bereik van dit licht goed kunnen zien. Groot nadeel is echter dat het buiten de lichtbron erg donker is en de ogen telkens weer moeten wennen aan het donker en dan weer aan het licht. Een veel lager lichtniveau dan nu gebruikelijk is, gecombineerd met het gebruik van een groene basiskleur, geeft evenveel zicht. Wanneer daaraan een hoeveelheid rood licht aan wordt toegevoegd ontstaat er een waarheidsgetrouwe weergave van kleuren. Met andere woorden: het is mogelijk om met zeer geringe lichtintensiteiten licht te creëren.

3 Resultaten

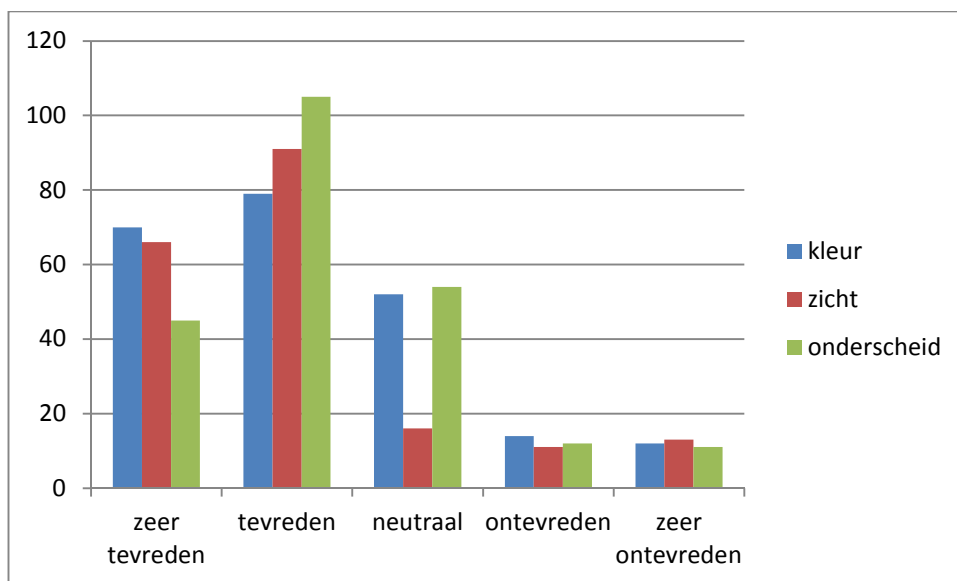
3.1 Belevingsonderzoek

weggebruikers/aanwonenden

In totaal hebben 227 aanwonenden en weggebruikers meegewerkt aan het belevingsonderzoek. Over het algemeen is deze groep tevreden over de nieuwe mesopische (groene) ledverlichting op doorgaande provinciale wegen, zowel ten aanzien van de lichtkleur als ten aanzien van de lichtsterkte.

In totaal 65% van de weggebruikers ziet deze nieuwe verlichting als een verbetering en 72% beveelt deze mesopische ledverlichting ook aan op andere N-wegen. Een kleine groep (6%) vindt de groene ledverlichting geen verbetering: de verlichting wordt als “anders” ervaren, er worden verschillen tussen lichte en donkere plekken ervaren (minder gelijkmatigheid) en er komt minder licht van lichtmasten langs de hoofdrijbaan op fiets- of voetpad (geen strooilicht).

Beoordeling kleur, zicht en onderscheid verkeersdeelnemers/obstakels door weggebruikers / aanwonenden (227 respondenten)



expertgroep

De expertgroep (andere provincies en politie) is kritischer ten aanzien van de toepassing van groene ledverlichting dan de gebruikersgroep. Provinciale wegbeheerders en Politie hebben wisselende ervaringen / meningen en blijken een voorkeur te hebben voor witte ledverlichting in plaats van groene ledverlichting. Een deel van deze groep ziet geen of een beperkte toepassing van groene ledverlichting, bijvoorbeeld alleen in landelijk gebied, op parallelwegen, fietspaden of carpoolplaatsen.

3.2 Energie- en milieuwinst

De grootste energiewinst en milieuwinst van ledverlichting wordt gemaakt in de verbruiksfasen. In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de gerealiseerde energiebesparing op projectniveau, gebaseerd op een vergelijk met de oude situatie dan wel referentiesituatie voor nieuwbouwprojecten. Gemiddeld ligt de energiebesparing tussen de 60 en 70%.

Voor de Gelderse pilotprojecten (617 stuks) bedraagt de jaarlijkse energiebesparing in totaal circa 173.000 kWh en een CO₂ reductie van ruim 100 ton. Bij een gemiddeld energietarief van € 0,10 per kWh is de jaarlijkse besparing op energiekosten circa € 17.000,--.

Een ander aspect in de verbruiksfasen van de lampen is dat armaturen onderhouden moeten worden, hetgeen milieubelastend is. Traditioneel lampen moeten gemiddeld elke vier jaar worden vervangen. Daarnaast raken ledarmaturen zelden defect waardoor er minder storingen optreden en dus minder onderhoud nodig is. Hiermee worden kosten en negatieve effecten op het milieu vermeden, zoals kosten voor brandstof, transport, hoogwerker, schoonmaakinstallatie en noodzakelijke verkeersmaatregelen.

Verbruik en energiebesparing (per jaar) pilotlocaties

wegnr.	Traject	Oud (in kWh)	Nieuw (in kWh)	Besparing (in kWh)	Besparing (in %)
N302	Ermelo – Harderwijk*	2112	797	1315	62
N322	Giessen – Brakel (Wilhelminasluis)	5412	2161	3251	60
N310	Nunspeet – Elspeet	9020	3636	5384	60
N312	Ruurlo – Ziewent*	7782	2922	4860	62
N319	Winterswijk – Oeding (Bataafseweg)*	4317	1727	2590	60
N322	rondweg Beneden-Leeuwen*	30128	16738	13390	44
N344	Nieuw Milligen – Apeldoorn (incl. rotonde Wilslaan)*	23903	6642	17261	72
N782	Bennekom – Heelsum	39282	9045	30237	77
N811	Babberich – Herwen	32566	6593	25973	80
N304	Hoenderloo - Apeldoorn	8569	3559	5010	58
N332	Lochem - Laren	13202	6609	6593	50
N346	Zutphen-Lochem	9627	2923	6704	70
N786	Beekbergen - Eerbeek	30217	8516	21701	72
N788	A50 - Beekbergen	29315	8262	21053	72
N790	Voorst - Wilp	3642	1271	2371	65
N792	Twello - A50	8188	2796	5392	66

* = vergelijking o.b.v. fictieve installatie in voorsituatie

economische terugverdiertijden

Met de introductie van ledlampen waar hogere investeringskosten maar lagere onderhoudskosten mee gemoeid zijn dan bij traditionele lampen, loont het om terugverdiertijden of Total Cost of Ownership (TCO) te berekenen vanwege de lange levensduur van ledlampen en –armaturen. In principe worden alle aspecten en kosten meegerekend: aanschaf, levensduur van onderdelen, energieverbruik en het onderhoud. Op basis van de ervaringen met de toepassing van (gedimde) ledarmaturen ter vervanging van conventionele verlichting gaat provincie Gelderland uit van een terugverdiertijd van circa 8 – 10 jaar.

3.3 Praktijkervaringen provincie Gelderland

Provincie Gelderland heeft ruime ervaring opgedaan met de toepassing van groene ledverlichting, zowel met hoge als lagere lampvermogens (van 56W tot 16W).

Essentieel onderdeel bij groene ledverlichting is de zogenaamde S/P ratio. Dit is een eigenschap van een spectrum en stelt de verhouding voor tussen nachtzicht (scotopic) en dagzicht (photopic). Openbare verlichting met een hoge S/P factor heeft minder energie nodig om hetzelfde licht te krijgen. Bij toepassing van groene ledverlichting hanteert de provincie een lager lichtniveau dan de richtlijnen voorschrijven en gaat de provincie uit van een S/P factor van 1.8.

Correctiefactor of zogenaamde S/P ratio is een complex wetenschappelijk fenomeen, dat bij lage omgevingslichtniveaus ('s avond of 's nachts) uitdrukt hoeveel visueel nuttig licht gegenereerd wordt door een lichtbron bij identieke theoretische luminantie. Lichtberekeningen werken namelijk steeds op basis van de dag-oooggevoeligheidscurve (zogenaamd scotopische lichtomstandigheid), daar waar we bij duister te doen hebben met photopische lichtomstandigheden. Hoe hoger de S/P ratio, hoe beter ze inzetbaar zijn voor verlichting op lage omgevingsverlichtingsniveaus. De groene ledverlichting van Innolumis heeft een S/P ratio van 2,4, wat inhoudt dat de reële waargenomen lumen opbrengst van ledlampen 2,4 hoger ligt dan de theoretische waarde. Bron: escolit.com

Op de diverse (pilot)locaties waar groene ledverlichting is toegepast is het verlichtingsniveau overeenkomstig de opgegeven en gecorrigeerde lichtberekeningen voldoende. De beleving van het lichtniveau sluit daarbij aan: voldoende licht, voldoende zicht en goede kleurherkenning. Het blijkt dat bij lagere lichtniveaus meer zicht wordt ervaren dan op grond van de lichtmeting verwacht zou mogen worden.

De gelijkmatigheid van het licht (geen 'schaduw effect') ervaart de provincie als goed, zelfs in situaties bij fietspaden waar een groter lichtpuntafstand is toegepast dan de richtlijn voorschrijft, is de beleving gunstig.

Een grote meerwaarde van groene ledverlichting ten opzichte van traditionele verlichting is de adaptatie van het licht voor de weggebruiker. Met name bij de overgang van verlichte naar onverlichte weggedeelten (maar ook omgekeerd) past het menselijke oog zich sneller op de verlichtingssituatie aan. Bij verlichte fietspaden is de ervaring dat de overgang van fietspad naar berm zachter is; de contouren zijn goed zichtbaar.

De voordelen van groene ledverlichting komen met name tot uitdrukking op relatief rustige wegen en fietspaden waar geen of weinig verstoring optreedt als gevolg van omgevingslicht of de koplampen van tegenliggers.

Verder treedt geen lichtvervuiling op: de verlichting is omgevingsvriendelijk voor omwonenden, dieren en de natuur. De groene kleur versterkt als het ware de groene duurzame uitstraling bij met name wegen en fietspaden in natuurgebieden.

Technische aspecten

Tijdens het project hebben zich geen grote technische problemen voorgedaan. De ledarmaturen functioneren (nog steeds) uitstekend. Tot einde van de looptijd van de pilot is minder dan 1% (3 stuks) van de geleverde ledarmaturen defect geraakt. Bij enkele armaturen is een lichte afwijking in de kleur van het licht geconstateerd; vergeeld in plaats van groen licht. Deze afwijking heeft plaatsgevonden bij het "mengen" van de kleuren groen, rood en blauw tijdens de assemblage. Uit diverse lichtmetingen van de nieuw ontwikkelde armaturen blijkt dat gewenste lichtsterkten en lichtspreiding voldoen aan de richtlijnen.

3.4 Kennisverspreiding en verankering

Zowel in de aanloopfase als tijdens de pilot zijn er verschillende communicatiemomenten geweest over het concept mesopisch zien en de toepassing van groene ledarmaturen. Het gaat om bijeenkomsten in Gelderland maar ook daar buiten. Ook Gelderse gemeenten zijn hierin actief geweest (o.a.. de gemeenten Ede, Ermelo, Groesbeek en Putten). Daarnaast zijn tal van landelijke evenementen door Innolumis en andere wegbeheerders georganiseerd over het concept mesopisch zien. Bij die bijeenkomsten waren ook vele Gelderse wegbeheerders aanwezig. Een substantieel deel van de Gelderse wegbeheerders past mesopische ledarmaturen inmiddels toe in haar vervangingsbestekken voor openbare verlichting.

4 Conclusies en aanbevelingen

De pilot Led Onderweg is succesvol gerealiseerd en heeft aan de verwachtingen van de provincie Gelderland voldaan. Bij toepassing van (gedimde) ledarmaturen ter vervanging van conventionele verlichting gaat de provincie uit van een terugverdientijd van circa 8 – 10 jaar.

Het mesopisch lichtconcept “meer zicht met minder licht” blijkt in de praktijk goed te werken. Ook gebruikers en aanwonenden zijn over het algemeen tevreden over de groene ledverlichting. Opvallend is dat de expertgroep (provincies en politie) kritischer is ten aanzien van de toepassing van groene ledverlichting. Andere provincies hebben wisselende ervaringen en meningen en blijken een voorkeur te hebben voor wit ledlicht in plaats van groene ledverlichting.

Tijdens de pilot hebben zich enkele kleine technische problemen voorgedaan, echter deze zijn voortvarend opgepakt en opgelost. Mede naar aanleiding daarvan is het product tijdens de pilot verder doorontwikkeld.

aanbevelingen

Gelet op de lichttechnische eigenschappen in relatie tot de weg en omgeving ziet provincie Gelderland voor groene ledarmaturen vooral een toepassing langs wegen en fietspaden in een Ecologische Hoofdstructuur (natuurgebieden), open weidegebieden en gebieden waar de kernkwaliteit donkerte bewaard moet blijven. In dergelijke gebieden liggen veelal de wat rustigere provinciale wegen waar als gevolg van de lage verkeersintensiteiten en weinig tot geen verstoring door omgevingslicht de voordelen van het mesopisch lichtconcept optimaal kunnen worden benut.

Een belangrijk aandachtspunt is dat op dit moment nog maar beperkte acceptatie van het mesopisch concept binnen de regelgevende instanties is.

Tot slot kan door toepassing van dimtechnologie (dynamische verlichting met sensors) op Ledlicht de energiebesparing worden vergroot en de lichthinder worden teruggebracht. In Gelderland zijn positieve ervaringen opgedaan met de toepassing van detectie (radar / drukknop) op enkele fietspaden.



Literatuur

- Gelderland uitgelicht, Provincie Gelderland, Arnhem, september 2009
- Richtlijn voor Openbare Verlichting 2011 (ROVL-2011), NSVV, Ede, april 2011
- Groen licht voor energiebesparing, Taskforce Verlichting, Ministerie van VROM, mei 2008
- Factsheets kwaliteitsprofielen Openbare Verlichting & Verkeersregelininstallaties, SenterNovem en Provincie Utrecht, medio 2007
- Wegverlichting en natuur IV. Invloed van wegverlichting op het ruimtelijk gedrag van zoogdieren, Alterra, 2003
- Subsidieaanvraag EOS DEMO Provincie Gelderland, DLV Plant, Wageningen, september 2009
- Voortgangsrapportage EOS DEMO Provincie Gelderland, DLV Plant, Wageningen, februari 2011
- Belevingsonderzoek Led Onderweg, Bureau Licht en Donker Advies, Arnhem, februari 2013

Foto's

- foto voorblad (Olga van de Veer): N782 Bennkom - Heelsum
- foto pagina 7 (Hans Willekes): N322 rondweg Beneden Leeuwen- Veesteeg