gemeente Leek

rijksuniversiteit groningen

Inrichting van de openbare verlichting in het buitengebied van de gemeente Leek

Thomas Leenheers
S1971956
Juli 2017

In opdracht van: Gemeente Leek
Stagiair: Thomas Leenheers BSc
Studentnummer: s1971956

Begeleiders:
Drs. Ing. Ton Stomp, stagebegeleider
Drs. Karin Ree, SBP-begeleider
Prof. dr. Menno Gerkema, Bèta begeleider

Afstudeeronderzoek Science, Business & Policy
Master Biology, met de specialisatie Behaviour and Neuroscience
Faculty of Science and Engineering, Rijksuniversiteit Groningen

Datum: 07-07-2017
Locatie: Leek

Disclaimer

This report has been produced in the framework of an educational program at the University of Groningen, Netherlands, Faculty of Science and Engineering, Science Business and Policy (SBP) Curriculum. No rights may be claimed based on this report, other than described in the formal internship contract. Citations are only possible with explicit reference to the status of the report as a student internship product.

Voorwoord

Voor u ligt het adviesrapport “Inrichting van de openbare verlichting in het buitengebied van de gemeente Leek”. Dit adviesrapport is geschreven in het kader van mijn afstudeerstage voor het Science, Business & Policy traject aan de rijksuniversiteit Groningen en in opdracht van de gemeente Leek.

In de periode van januari 2017 tot juli 2017 heb ik mij beziggehouden met het onderzoeken van de vele mogelijkheden die verlichting met zich mee brengt. Ik kwam er tijdens mijn stage achter dat het vooral lastig bleek om duidelijk te bepalen welke dieren er leven in het casusgebied. Het begin van de stage was ik af en toe een beetje zoekende, maar door de gezellige sfeer op het werk ging ik elke dag met plezier naar kantoor.

Allereerst wil ik mijn stagebegeleider Ton Stomp, SBP-begeleider Karin Ree en Bèta begeleider Menno Gerkema, bedanken voor hun ondersteuning en begeleiding. Dankzij hun kritieke houding en goede feedback heb ik dit rapport kunnen schrijven. Ook de bewoners die hebben deelgenomen aan de enquête en de Zijlen voor het verspreiden van de enquête zou ik graag willen bedanken, zonder jullie medewerking was het onderzoek niet geslaagd. Verder zou ik graag de overige collega’s bij de gemeente willen bedanken voor de gezellige tijd die ik hier gehad heb, de vele humor en leuke gesprekken hebben bijgedragen aan een fantastische tijd.

Als laatste zou ik graag nogmaals Ton Stomp en Sander Ploeg, mijn collega kamergenoten, willen bedanken voor de gezellige momenten, ontspannen sfeer en goede gesprekken die we hebben gehad.

Ik wens u veel leesplezier toe,

Thomas Leenheers, Leek, 28 juni 2017.

Managementsamenvatting

De openbare verlichting van de gemeente Leek is verouderd. Veel lichtmasten en armaturen hebben hun technische levensduur overschreden. Dit brengt extra energie- en onderhoudskosten met zich mee en bovendien veiligheidsrisico's. Om de SER-akkoord doelstellingen voor energiebesparing te halen, zal de gemeente in haar openbare verlichting moeten investeren. Sinds 2015 is de gemeente Leek dan ook begonnen met het gefaseerd vervangen van de verouderde openbare verlichting door nieuwe, energiezuinige ledverlichting. De focus lag in het begin op de openbare verlichting binnen de dorpsgrenzen van Leek, maar breidt zich nu ook uit naar het buitengebied. In het buitengebied spelen naast de belangen van de bewoners en weggebruikers, de belangen van de natuur een grote rol.

Juist over de effecten op de natuur ontbreekt bij de gemeente de kennis, daarnaast vinden innovaties op het gebied van verlichting razendsnel plaats waardoor de gemeente Leek heeft aangegeven meer behoefte te hebben aan kennis en inzicht. Dit adviesrapport heeft daarom als doel om meer inzicht te geven in de ontwikkelingen op het gebied van verlichting en de effecten van licht op mens en dier. Om uiteindelijk met een voorstel te komen over hoe de verlichting in het buitengebied kan worden ingericht. Dit rapport behandelt de volgende onderwerpen om tot een advies te komen:

- Literatuuronderzoek naar de effecten van licht op mens en dier,
- Onderzoek naar de ontwikkelingen op de verlichtingsmarkt en mogelijkheden voor het buitengebied,
- Enquête over de verlichtingsbehoefte onder de bewoners in het buitengebied.

Om tot een plan te komen is er gekozen om gebruik te maken van een casusgebied. Het gekozen casusgebied betreft de Hoofdstraat vanaf de rotonde aan de Midwolderweg tot aan het viaduct over de A7. In dit casusgebied vinden we een goede mix van dorpskernen en natuurgebieden. Vanwege deze mix is het belangrijk een verlichtingsplan op te stellen dat zowel voor de bewoners als voor de natuur gewenst is. De armaturen van de openbare verlichting langs de Hoofdstraat zijn grotendeels verouderd. Van de lichtmasten daarentegen kan meer dan de helft minimaal nog een nieuwe ronde van armaturen mee (te weten, 20 jaar).

De bewoners zijn huis-aan-huis geënquêteerd om zo de meningen te peilen omtrent de huidige openbare verlichting en hoe ze staan tegenover veranderingen. Uit de enquête bleek dat de huidige verlichting voldoende is en minder verlichten niet gewenst is. De bewoners zijn bang dat het dan 's avonds onveiliger wordt op straat en te donker. Het gebruik van bewegingssensoren voor de openbare verlichting komt tijdens de enquête naar voren als een mogelijk gewenst alternatief.

Gebaseerd op de bevindingen zijn drie verschillende opties opgesteld die de gemeente kan implementeren in het casusgebied:

- Sociaal dimregime (optie "Sociaal dimmen"),
- Sociaal dimregime in combinatie met sensoren (optie "Nacht sensor"),
- Openbare verlichting volledig sensor afhankelijk (optie "Voltijd Sensor")

Voor elke optie is berekend wat de energiebesparing, de investeringskosten en de jaarlijkse kosten bedragen. Daarnaast zijn de voor- en nadelen tegen elkaar gewogen. Op basis van de resultaten in het adviesrapport wordt de optie "Nacht sensor" aanbevolen als voorkeursoptie. Bij de optie "Nacht sensor" worden de sensoren pas na middernacht ingeschakeld, waarna ze de verlichting aanpassen aan het gebruik van de weg. Tot middernacht wordt het dimregime gehanteerd welke ook tijdens de pilot, die binnen de gemeente Leek is gehanteerd, goed werd ontvangen. Door dimmen en sensoren te

combineren kan de grootste reductie in lichthinder worden gerealiseerd, terwijl toch de veiligheid en zichtbaarheid voor de bewoners blijft gewaarborgd.

Gebaseerd op het rapport kunnen de volgende aanbevelingen gedaan worden aan de Gemeente Leek wanneer deze haar OVL in het buitengebied aanpast:

- Optie “Nacht sensor” is in het geval van de Hoofdstraat de beste optie om te implementeren,
- Goede communicatie met de bewoners is noodzakelijk, bewoners waardeerden het zeer dat ze mogelijkheid hadden tot inspraak,
- Met het gebruik van sensoren in de OVL in het buitengebied is het mogelijk goed rekening te houden met bewoners en de natuur,
- Om de verlichting beter af te stemmen op de natuur, is het raadzaam een observatieonderzoek te doen in het desbetreffende gebied om op deze manier foerageerroutes en leefgebieden in kaart te brengen. Vervolgens kunnen de bevindingen in dit rapport over de effecten van kleur op dieren in dit rapport gebruikt worden bij het bepalen van lampkleur in de OVL,
- Heroverweeg het gebruik van wegdekmarkering in buitengebieden waar veel huizen staan en er veel gezamenlijk gebruik is van het wegvak,
- Extra controle op snelheid langs de Hoofdstraat,
- Aanschaf van slimme meters, zodat de energiebesparing die gerealiseerd wordt met dynamisch dimmen ook daadwerkelijk terug te zien is op de jaarafrekening,
- Afhankelijk van de dichtheid van de huizen langs de weg, moet elke keer opnieuw beoordeeld worden of de weg een verkeersfunctie vervuld of een sociale functie.

Inhoudsopgave

Voorwoord **3**

Managementsamenvatting **4**

Begrippenlijst **8**

1 Achtergrond **10**
1.1 Probleemstelling **10**
1.2 Aanleiding **10**
1.3 Framework **11**
1.3.1 Doel SBP-stage 11
1.3.2 Tijdsbestek 11
1.3.3 Achtergrond stagiair 11
1.3.4 Supervisie 11
1.4 Onderzoeksvraag **11**
1.5 Leeswijzer **11**

2 Inleiding **12**
2.1 Openbare Verlichting **12**
2.2 Geschiedenis openbare verlichting **12**
2.3 Lichtvervuiling **12**
2.4 Huidige situatie gemeente Leek **13**
2.4.1 Verlichtingsareaal 13
2.4.2 Richtlijnen en normen 14
2.4.3 Armaturen 14
2.4.4 Pilot 14
2.4.5 Avond-nachtschakeling 14
2.4.6 Overige verlichting 15
2.4.7 Anno 2017 15

3 Recente ontwikkelingen binnen openbare verlichting **16**
3.1 Licht-Emitterende-Diode **16**
3.2 Dimmers **16**
3.3 Sensoren **17**
3.4 Lichtmasten **18**
3.5 Wegdekmarkering **18**
3.6 Smart city **18**
3.7 Retrofit **19**
3.8 Total cost of ownership (TCO) **19**
3.9 Projecten elders **19**
3.9.1 Bruikbare voorbeelden 19
3.9.2 Bijzondere voorbeelden 20
3.10 Conclusie **20**

4 Licht en haar effecten op mens & dier **21**
4.1 Licht **21**
4.2 Het oog & brein **23**
4.3 Licht en haar effecten op de mens **24**
4.4 Licht en haar effect op dieren **25**
4.5 Effecten op Flora **26**
4.6 Groene verlichting **27**
4.7 Lichtvervuiling **27**
4.8 Conclusie **28**

5 Casus gebied 29
5.1 Verlichtingsareaal casusgebied 30
5.1.1 Huidige status verlichtingsareaal casusgebied 31
5.2 Deelgebieden 32
5.3 Flora & Fauna casusgebied 32
5.4 Actor analyse 33
5.5 Conclusie 34
6 Enquêteresultaten 35
6.1 Verkeer 36
6.1.1 Weggebruik 36
6.1.2 Snelheid 36
6.2 Verlichting 37
6.2.1 Huidige openbare verlichting 37
6.2.2 Huidige verlichting per deelgebied 37
..... 37
6.2.3 Lichthinder 38
6.3 Alternatieven voor de verlichting 38
6.3.1 Minder verlichten 38
6.3.2 Alleen kruisingen en accentpunten blijven verlichten 39
6.3.3 Alternatieven voor de openbare verlichting 40
6.4 Veiligheid 41
6.5 Conclusie 42
7 Analyse 43
7.1 Weginrichting 43
7.2 Verlichtingsareaal 43
7.3 Opties 44
7.3.1 Optie 1 – Sociaal gedimd 44
7.3.2 Optie 2 – Nacht sensor 44
7.3.3 Optie 3 – Voltijd sensor 45
7.4 Kostenoverzicht 45
7.5 Energieverbruik 47
7.6 Cost Benefit Analyse (CBA) 47
7.7 Pro/contra analyse 48
7.8 Conclusie 48
8 Conclusie 49
8.1 Aanbevelingen 50
9 Referenties 51
10 Bijlage 57
Bijlage A Uitgebreide beschrijving per deelgebied 58
Bijlage B Enquête 61
Bijlage C Kosten materialen 63
Bijlage D Kostenoverzicht per optie 64
Bijlage E TCO armaturen + masten 65
Bijlage F CBA 67
Bijlage G Pro/contra analyse 68

Begrippenlijst

Begrip/afkorting	*Betekenis*
Armatuur	Draagconstructie voor één of meerdere lichtbronnen.
Circadiaan ritme	Ritme van 24-uur, gestuurd door de licht-donker cyclus.
COP 21	Klimaatconferentie van Parijs 2014.
Conventionele verlichting	De huidige verlichting, bestaande uit niet energiezuinige lampen of led.
Economische levensduur	De maximale levensduur waarin het verantwoord is het product te gebruiken alvorens het te vervangen.
EGD	Energiebedrijf Groningen en Drenthe.
Elektromagnetisch spectrum	De verzamelnaam voor alle mogelijke frequenties van elektromagnetische straling.
Grootverbruiker	Een bedrijf dat een grote hoeveelheid producten en/of goederen afneemt. Voor elektriciteit geldt een aansluiting groter dan 3x80 ampère.
ipRGC	Intrinsic photosensitive Retinal Ganglion Cell (Intrinsiek fotosensitieve retinale ganglioncellen)
Kleinverbruiker	Een elektrische aansluiting die kleiner is of gelijk aan 3x80 ampère (particulieren).
kWh	Kilowattuur, eenheid voor energieverbruik.
Lichtmast	Aluminium paal waar het armatuur op gemonteerd is.
Lichttemperatuur	De gevoelstemperatuur voor de mens van licht.
Lichtvervuiling	Het overvloedig verlichten van de nachtelijke omgeving door kunstlicht.
Monochromatisch licht	Licht bestaande uit één enkele golflengte en dat de daarbij behorende kleur uitstraalt.
Nm	Nanometer (golflengte)
NPR	Nederlandse Praktijk Richtlijn.
NSVV	Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde.
OVL	Openbare Verlichting.
PLL-lamp	Compacte gasontladingslamp
Polychromatisch licht	Licht wat meerdere golflengtes bevat. De kleur komt overeen met de optelsom van de verschillende kleuren behorende bij de golflengtes.
Remplace	Vervangen van een lichtbron in het armatuur.
Retrofit	Een bestaand armatuur met conventionele verlichting ombouwen naar een armatuur waar een ledlamp in kan.
ROVL-2011	Richtlijn Openbare verlichting die dient als uitgangspunt bij het inrichten van de openbare verlichting.

SBP	Science, Business & Policy.
SCN	Supra Chiasmatische Nuclei (Biologische klok)
SER-akkoord	Akkoord opgesteld door de Sociaal Economische Raad waarin klimaatdoelstellingen staan waar gemeentes en andere instellingen zich aan kunnen conformeren.
Sociale veiligheid	Het gevoel van veiligheid wat heerst in de openbare ruimte. Openbare verlichting draagt bij aan de zichtbaarheid van gevaar.
SON/SOX-lampen	Hoge- en lagedruk Natriumlampen
TCO	Total Cost of Ownership, rekenmodel
Technische levensduur	De maximale levensduur die een product heeft voordat deze geen waarde meer kan heeft voor het productieproces.
TL-Lamp	Fluorescentielamp
Verkeersveiligheid	De mate van veiligheid die heerst voor weggebruikers. Openbare verlichting zorgt ervoor dat weggebruikers elkaar goed kunnen zien en zo wordt de veiligheid verhoogt.
Verlichtingsareaal	Een verzamelnaam voor alle lichtpunten binnen de gemeente, die onder haar beheer vallen.
Verlichtingsobject	Verzamelnaam voor armatuur, lichtmast en lamp.
VNG	Vereniging Nederlandse Gemeente.
Voorschakelapparaat	Begrenst de elektrische stroom die richting de lamp gaat (TL- of gasontladingslamp).

1 Achtergrond

1.1 Probleemstelling

De huidige openbare verlichting (OVL) van de gemeente Leek is verouderd/versleten en voldoet niet meer aan deze tijd. Sinds een paar jaar heeft de gemeente Leek zelf het beheer en onderhoud van de OVL in handen. Hiervoor was het in handen van het voormalig energiebedrijf Groningen en Drenthe (EGD), waardoor de gemeente Leek zich heeft laten “ontzorgen”. Dit contract is inmiddels opgezegd. Hierdoor is er weinig ervaring en kennis binnen de gemeente op het gebied van OVL en de huidige technologische ontwikkelingen op dit gebied. De gemeente Leek heeft er daarom voor gekozen om een volledige inventarisatie te maken van de huidige situatie om een duidelijk en correct beeld te krijgen. De huidige OVL is niet energiezuinig en drukt op het onderhoudsbudget. In 2015 is in een aantal wijken een pilot uitgevoerd met ledverlichting die gedimd werd volgens een speciaal dimregime, waarvan de data ondertussen bekend zijn. De volgende stappen die nu gemaakt moeten worden zijn het vervangen van de OVL in de resterende gebieden binnen Leek waaronder ook het buitengebied.

1.2 Aanleiding

In de vorige eeuw was veelal het beleid om goed te verlichten in verband met de sociale veiligheid. Van energiezuinigheid en duurzaamheid was nauwelijks sprake. De verlichting op de armaturen was zo ontwikkeld dat het licht ver verspreid werd en een veilig gevoel moest geven. Dit leidde ertoe dat het licht ook naar boven werd uitgestraald en dat ook de nabij gelegen natuur verlicht werd.
Het huidige openbare verlichting beleid van de gemeente Leek is: “Niet verlichten, tenzij...”, en de huidige situatie voldoet hier niet aan [1]. De verouderde verlichting zorgt ook voor veiligheidsproblemen, zoals storingen en af en toe omvallen van lichtmasten. In één keer alles vervangen is om financiële redenen niet mogelijk, daarom is er gekozen voor gefaseerde vervanging.
Met ingang van 2019 gaat de gemeente Leek over in de gemeente Westerkwartier samen met Grootegast, Marum, Zuidhorn en een gedeelte van Winsum. Op dit moment hanteert iedere gemeente een ander beleid omtrent vervanging van de verlichting in binnen- en buitengebied en hanteren zij al langere tijd een ander vervangingsplan dan Leek. Hierdoor is het verlichtingsareaal in deze drie gemeentes minder verouderd en moet Leek een inhaalslag maken wil ze op gelijke voet komen te staan. Daarom is het van belang om nu in het huidige verlichtingsareaal te investeren en dit op een duurzame manier te vervangen en het beleid op elkaar af te stemmen.

In de zomer van 2015 tijdens de klimaatconferentie Parijs (COP 21) is een klimaatakkoord bereikt dat ervoor moet zorgen dat de huidige klimaatopwarming verminderd/vertraagd wordt. Op het moment dat het klimaatakkoord werd ondertekend was er in Nederland al het SER-akkoord. In dit akkoord hebben ruim veertig organisaties, waaronder de overheid, werkgevers, natuur- en milieuorganisaties en financiële instellingen zich verbonden aan duurzame groei. Centraal staat in het akkoord energiebesparing, schone technologie en klimaatbeleid. De gemeente Leek heeft zich via de VNG geconformeerd aan het SER-akkoord waarin verscheidene energiedoelstellingen staan. In deze doelstellingen is o.a. opgenomen dat in 2020 met de OVL een energiebesparing van 20% gerealiseerd moet worden t.o.v. 2013 en in 2030 50% t.o.v. 2013 [2].

De gemeente Leek is bezig om de verlichting te vervangen binnen de dorpskom, maar de focus breidt zich nu ook uit naar het buitengebied. In het buitengebied wordt er meer waarde gehecht aan donkerte en is er meer ruimte voor de natuur. Hier dient rekening mee gehouden te worden bij het ontwerpen en inrichten van de nieuwe openbare verlichting.

1.3 Framework

1.3.1 Doel SBP-stage

Het doel van de stage is het integreren van economische en/of beleidsmatige aspecten met een bèta-achtergrond om te komen tot een wetenschappelijk onderbouwd advies. Daarnaast dient de stage als leeromgeving waar de student ervaring kan opdoen over de gang van zaken in de beleidswereld.

1.3.2 Tijdsbestek

De stage duurt in totaal 24 weken in de periode van 09-01-2017 t/m 07-07-2017.

1.3.3 Achtergrond stagiair

Bachelor in de Gedrag- en Neurowetenschappen met de minor Biomedisch wetenschappen. Stage tijdens tweede jaar van de Master Biology met een specialisatie in Behavioral Neuroscience en Science, Business & Policy (SBP).

1.3.4 Supervisie

Naam	Instituut	Functie	Rol
Ton Stomp	Gemeente Leek (OW)	Beleidsmedewerker OW	Stagebegeleider
Sjoerd Bosma	Gemeente Leek (OW)	Beheerder Civ. Werken	Aanspreekpunt
Ietse-Willem Ploeg	Gemeente Leek (OW)	Afdelingsmanager OW	Aanspreekpunt
Menno Gerkema	Rijksuniversiteit Groningen	Professor	Bèta begeleider
Karin Ree	Rijksuniversiteit Groningen	Docent	SBP docent
Hans Notkamp	Tauw BV	Projectleider Tauw	Aanspreekpunt

Tabel 1. Overzicht begeleiders SBP-Stage

1.4 Onderzoeksvraag

De onderzoeksvraag luidt als volgt:
Hoe kan de gemeente Leek de openbare verlichting in het buitengebied zo inrichten, dat er zo veel mogelijk sociale veiligheid ontstaat met zo min mogelijk negatieve effecten op klimaat en natuur?

Deze onderzoekvraag kan beantwoord worden door een aantal kleinere deelvragen;

- *Wat is de functie van licht en wat kunnen haar gevolgen zijn voor mens en dier?*
- *Wat zijn de verlichtingsbehoeftes in het buitengebied van de bewoners?*
- *Hoe kan de gemeente Leek inspelen op zowel de verkeers- als sociale functie van openbare verlichting in het buitengebied?*

1.5 Leeswijzer

Dit adviesrapport leest zichzelf als volgt: hoofdstuk 1 schetst de aanleiding en achtergrond van dit adviesrapport. Het tweede hoofdstuk dient als algemene inleiding en uiteenzetting van de huidige situatie in Leek. In het derde hoofdstuk worden de ontwikkelingen op het gebied van openbare verlichting besproken met een aantal concrete voorbeelden. Hoofdstuk 4, 5 en 6 behandelen respectievelijk de effecten van licht, het casusgebied en de enquête die is afgenomen onder bewoners in het casusgebied. Hoofdstuk 7 begint met een kosten analyse, om vervolgens de bevindingen uit het rapport te analyseren en samen te voegen tot een aantal mogelijke keuzes voor de gemeente. Dit leidt uiteindelijk tot hoofdstuk 8 waar de conclusies en bevindingen van dit adviesrapport worden gepresenteerd.

2 Inleiding

2.1 Openbare Verlichting

OVL zorgt voor verhoogde zichtbaarheid en veiligheid op straat en is daarom onmisbaar. De gemeente heeft als taak ervoor te zorgen dat deze voorzieningen kwalitatief goed zijn en voldoen aan de maatschappelijke doelstellingen voor verkeers- en sociale veiligheid. Om ervoor te zorgen dat iedereen dezelfde normen hanteert, is de Nederlandse Praktijkrichtlijn (NPR) voor de kwaliteitscriteria van verlichting ontwikkeld [3]. De NPR maakt het mogelijk voor gemeentes om hun openbare verlichting te toetsen aan de norm om te kijken of de verlichting voldoende is. Onder de openbare verlichting wordt verstaan; de lichtmasten langs de weg, de verkeersregelinstallaties (VRI) en verlichting in abri's en informatieborden. In Nederland is OVL goed voor ongeveer 1.5% van het nationale energieverbruik [4]. De focus in dit rapport zal liggen op de straatverlichting, omdat dit de grootste stroomverbruiker is binnen de openbare verlichting.

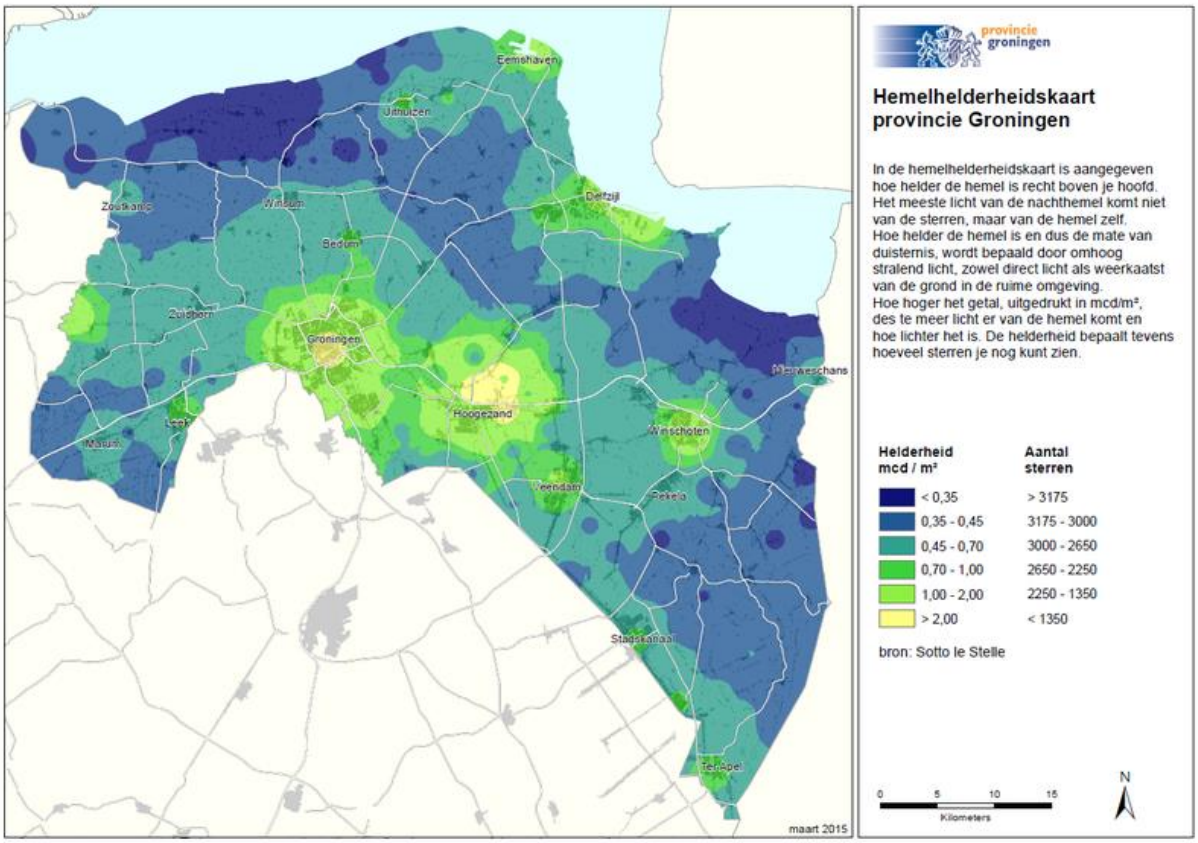
2.2 Geschiedenis openbare verlichting

Tot aan de middeleeuwen was er geen tot nauwelijks verlichting in de nacht. In de tijd van de Romeinen waren er enkel kleine lichtpuntjes in de vorm van kaarsjes of kleine olielampjes op de hoek van de straat of bij een beeld van de goden welke licht verstrooide naar de straat.
Rond de 16^{e} eeuw steeg de welvaart wat ertoe leidde dat meer mensen s' avonds de straat op gingen voor theaterbezoeken, visites etc. Aldus steeg de behoefte van de mensen om meer verlichting op straat te hebben. In Amsterdam werd daarom in 1544 de eerste kaarslantaarn ontstoken en al snel volgde er meer. Een bekend beeld in deze tijd is de brugverlichting, de leuningen van de bruggen leende zich namelijk uitstekend om kaarslampen op te plaatsen. Eind 16de eeuw werd er een belasting ingesteld in veel gemeentes die de kosten moest dekken voor het plaatsen van de kaarsen; de openbare verlichting is geboren [5].
De vraag naar meer openbare verlichting bleef groeien en het aantal brandpunten en branduren moest omhoog. In de 17de eeuw ontwikkelde Jan van der Heyden de olielamp die langer kon brandden dan de kaarsverlichting. Hij verfijnde dit uiteindelijk tot een lantaarnpaal met olielamp die zich ontwikkelde tot een internationaal succes.
Aan het begin van de 19de eeuw leidde een nieuwe innovatie tot de gasverlichting. Gas werd verspreid door leidingen en maakte serieverlichting mogelijk. Gasverlichting won snel terrein omdat het veel goedkoper was dan de traditionele verlichting.
In de tweede helft van de 19^{e} eeuw kwam de eerste vorm van elektrische straatverlichting. Dit resulteerde uiteindelijk in de gasontladingslamp(natriumlamp). Op dit moment is deze nog vaak te zien langs snelwegen en in het huidige straatbeeld met zijn oranje gloed [5].
In de 21ste eeuw zien we ook dit straatbeeld weer veranderen. Het beleid omtrent verlichting verandert. Openbare verlichting moet energiezuinig en hoeft niet meer noodzakelijk overal en altijd aan te staan om energie te besparen. De led (licht-emitterende diode) doet zijn intrede in de openbare straatverlichting.

2.3 Lichtvervuiling

Een neveneffect van onze verlichting 's avonds is lichtvervuiling en verstoring van de natuur. Lichtvervuiling wordt veroorzaakt door kunstlicht en kan zorgen voor overlast. Veel verlichting is niet alleen naar beneden gericht, maar straalt ook opzij en omhoog. De vele verlichting in dorpen en steden zorgt 's avonds vaak voor een gloed die zich tot ver uitstrekt en waardoor de sterrenhemel niet meer te zien is. Een onderzoek in opdracht van de gemeente Groningen naar de donkerte in de provincie liet zien dat er maar weinig plekken zijn waar het nog echt donker is, en dat op veel plekken de lichtvervuiling een serieus probleem is (figuur 1) [6]. Verder heeft recent onderzoek aangetoond dat Nederland samen met België en Duitsland een van de grootste gebieden is waar de sterrenhemel niet of

nauwelijks meer te zien is. En dat voor 60% van de Europeanen de Melkweg niet meer zichtbaar is door lichtvervuiling [7].



Figuur 1. Hemelhelderheidskaart provincie Groningen. Duidelijk zichtbaar dat een groot gedeelte van de provincie kampt met enige vorm van lichtvervuiling [6].

2.4 Huidige situatie gemeente Leek

De kadernotitie die is vastgesteld door de gemeente Leek heeft de basis gevormd van het huidige beleid dat de gemeente voert omtrent openbare verlichting [1] [8]:

- ‘Niet verlichten, tenzij…’, Hiermee wil de gemeente zeggen dat ze indien mogelijk, verlichting zal verminderen of eventueel zelfs weghalen.
- Duurzame verlichting door aandacht voor gelijkmatigheid, verlichtingssterkte, energiebesparing, alleen verlichting waar nodig en keuze van materialen.
- Het dimmen van verlichtingsinstallaties, afhankelijk van de functie van het gebied.

2.4.1 Verlichtingsareaal

In 2014 beschikte de gemeente Leek over circa 4530 lichtmasten. De oudste lichtmasten zijn ouder dan 50 jaar, de nieuwste lichtmasten zijn geplaatst in 2014. Hieruit blijkt dat er enorme verschillen zijn in de kwaliteit en leeftijd van lichtmasten in Leek. Ongeveer 15% van de lichtmasten heeft de maximale afschrijvingstermijn van 40 jaar overschreden en dient vervangen te worden. Nog eens 10%[1] gaat de maximale afschrijvingstermijn van 40 jaar naar alle waarschijnlijkheid niet halen en dient dus ook in de nabije toekomst vervangen te worden. De armaturen hebben een kortere technische levensduur dan de masten, namelijk 20 jaar. In de gemeente Leek is bij 28% van de armaturen (1273 stuks) de technische

[1] Dit betreft een inschatting die gemaakt is door het adviesbureau (Tauw b.v.), gebaseerd op ervaring en het feit dat er periodes zijn geweest waarin slechte materialen werden geleverd [5].

levensduur[2] van 20 jaar verstreken. Deze armaturen dienen dus ook op korte termijn vervangen te worden [8].
De gemeente Leek hanteert in haar gemeentelijke boekhouding een gemiddelde afschrijvingstermijn van 30 jaar over de combinatie van lichtmast + armatuur. Bovendien is er vaak sprake van een technische afschrijving, terwijl tegenwoordig een economische afschrijvingstermijn logischer zou zijn. Doordat de technische ontwikkelingen elkaar tegenwoordig in rap tempo opvolgen is de economische afschrijvingstermijn over het algemeen lager, omdat de nieuwe armaturen veel energiezuiniger en onderhoudsvriendelijker zijn.

2.4.2 Richtlijnen en normen

In 2011 is er door de Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde (NSVV) een nieuwe richtlijn uitgebracht voor de openbare verlichting. De Richtlijn Openbare Verlichting 2011 (ROVL-2011) [3] kan worden gebruikt als uitgangspunt voor het ontwerpen van de openbare verlichting. Voor verschillende locaties en type wegdek gelden andere verlichtingsklassen, die in de richtlijn worden beschreven. De raad van de gemeente Leek heeft besloten zich niet volledig te conformeren aan de ROVL-2011. De gemeente wil met haar verlichtingsniveau tot maximaal 70% van de voorgestelde verlichtingswaardes in de ROVL-2011 gaan [1]. Het verlichtingsniveau voorgesteld in de ROVL-2011 is vooral gericht op steden en is te hoog/fel voor een (kleine) gemeente als Leek. Wel wil de gemeente voldoen aan de gelijkmatigheid die is vastgesteld in de ROVL-2011. De gelijkmatigheid zorgt ervoor dat ’s avonds objecten herkenbaar blijven en men nog steeds adequaat kan zien [8].

2.4.3 Armaturen

De gemeente Leek heeft grote verschillen in de samenstelling van de armaturen. Een groot gedeelte van de verlichting bestaat uit PLL-verlichting (circa 51%), die herkenbaar wit licht uitstraalt. Verder bestaat een relatief groot gedeelte (circa 27%) uit de energie-onzuinige TL-verlichting. De overige verlichting bestaat voor een gedeelte uit SON/SOX-verlichting (circa 9%), PL-verlichting (circa 7%) en ledverlichting (circa 1%). Er valt met vervanging van de armaturen dus winst te behalen op het gebied van energiezuinigheid en duurzaamheid [8]. In de periode 2007 t/m 2014 varieerde het verbruik van de OVL in de gemeente Leek tussen 626.000 kWh en 771.000 kWh. De OVL is verantwoordelijk voor circa 47% van het totale energieverbruik[3] van de gemeente Leek [9]

2.4.4 Pilot

In 2015 is er een pilot uitgevoerd in een aantal woonwijken binnen de gemeente Leek. De keuze voor het pilotgebied is gebaseerd op het aantal lampen met de kwaliteits-status “matig tot zeer slecht” wat op basis van een visuele inspectie is bepaald. In totaal ging het tijdens de pilot om 322 lichtmasten en armaturen van een conventionele (niet led) lichtbron. Tijdens de pilot zijn alle 322 lichtmasten vervangen en alle 322 armaturen vervangen door dim-bare, energiezuinige ledlampen. De pilot is ondertussen afgerond en mede door de pilot is de prognose dat de gemeente Leek in 2016 al 7,3% op haar totale OVL-energieverbruik gaat besparen t.o.v. 2013 [10].

2.4.5 Avond-nachtschakeling

De gemeente Leek kiest ervoor om in de bestaande lichtmasten een avond/nacht schakeling toe te passen. Dit was al eerder van toepassing maar dan alleen op dubbel-lamp armaturen. Nu wordt, als overgangsmaatregel tot dimmen, gekozen voor een structurelere en bredere toepassing van avond-nachtschakeling. Lichtmasten die op de korte termijn vervangen

[2] Met technische levensduur wordt in deze context bedoeld de leeftijd die materialen of apparatuur zou moeten halen voordat deze vervangen moet worden. Dit is gebaseerd op de kwaliteit en samenstelling van het materiaal of apparatuur [78].
[3] Totale energieverbruik gemeente Leek is circa 1.500.000 kWh [6]

worden, worden niet meegenomen in de avond-nachtschakeling. Avond-nachtschakeling houdt in dat een lamp op een vooraf ingesteld tijdstip aan- en uitgaat. Dit dient echter per mast ingesteld te worden en eenmaal ingesteld kan dit niet eenvoudig aangepast worden. Deze manier van schakelen heeft energiebesparing als gevolg, maar men kan niet inspringen op veranderende situaties (weer, evenementen etc.) en het is onnauwkeuriger: de keuze is aan of uit, niet anders. Er wordt echter wel rekening gehouden met de locatie van de masten in het kader van verkeersveiligheid en dus worden conflictpunten (kruisingen en oversteekplaatsen) wel verlicht. Op andere locaties gaan de lampen ‘s nachts dus uit.

2.4.6 Overige verlichting

Niet alleen de openbare verlichting verdient aandacht. Naast openbare verlichting zijn er vaak nog andere bronnen van verlichting die kunnen zorgen voor lichtvervuiling en overlast. Dit manifesteert zich vaker in het buitengebied dan in de bebouwde kom. In het buitengebied zijn er verschillende bronnen welke lichtvervuiling teweegbrengen. Een bekende bron van lichtvervuiling in het buitengebied zijn kassen, sportvelden en stallen [11] [12]. Wanneer de verlichting van sportvelden niet goed gericht wordt, kan deze voor overlast zorgen voor de omliggende omgeving. Een ander voorbeeld van verlichting in het buitengebied is de melkveestal. Uit onderzoek van de universiteit van Wageningen is gebleken dat de vruchtbaarheid, melkproductie en groei van koeien verbeterd kan worden door de daglichtperiode te verlengen naar 16 uur buiten de zomermaanden [12]. De keerzijde hiervan is dat de stallen vaak s’ avonds nog verlicht zijn en hiermee een bron van licht zijn in de heersende duisternis van het buitengebied. Dit kan nadelige gevolgen hebben voor omliggende flora en fauna.

2.4.7 Anno 2017

De plannen zijn op dit moment vergevorderd om het pilot gebied verder uit te breiden. In het pilot gebied is gekozen om alleen de straten waarvan de verlichting erg verouderd was mee te nemen in de vernieuwing, met als resultaat dat er nu een mix is ontstaan van ledverlichting in de ene straat, terwijl er in de aangrenzende straat nog sprake is van conventionele verlichting. Eind 2017 moeten ook deze straten vervangen zijn door energiezuinige ledverlichting. Naast uitbreiding van het pilotgebied is de gemeente bezig om avond/nacht schakeling in te voeren op verscheidene locaties, waaronder de bedrijventerreinen en enkele wegen in het buitengebied.

3 Recente ontwikkelingen binnen openbare verlichting

De verlichtingswereld staat niet stil. Integendeel, de ontwikkelingen volgen elkaar in een rap tempo op. Dit maakt het voor instellingen en particulieren, waar kennis soms niet aanwezig is, erg lastig om de beste oplossing te vinden. Dit hoofdstuk laat zien wat de veranderingen en mogelijkheden zijn op het gebied van verlichting.

3.1 Licht-Emitterende-Diode

De led is ontwikkeld in 1962, maar zond toen alleen nog maar infrarood-licht uit op lage intensiteit en was extreem duur [13]. Doordat de ontwikkelingen elkaar snel op volgden zijn ledlampen tegenwoordig bijzonder kosten-efficiënt. Ledlampen zijn duurder in de aanschaf in vergelijking met conventionele lampen, maar zijn zeer goedkoop in energieverbruik, onderhoud en hun levensduur is aanzienlijk langer. Ledlampen genereren licht door de beweging van elektronen die fotonen creëren, in tegenstelling tot de gloeilamp, welke een gloeidraad gebruikt die uiteindelijk opbrandt. Dit maakt ze energiezuiniger, duurzamer in gebruik en minder belastend voor het milieu dan conventionele verlichting [14]. Doordat de ledlampen tegenwoordig minstens zo krachtig zijn als de traditionele lampen, is het mogelijk ze te gebruiken in verlichting. We zien led terug in de auto-industrie, de architectuur en sinds kort ook in de straatverlichting. In 2007 was het Italiaanse dorpje Torraca het eerste dorpje ter wereld dat haar volledige verlichtingsareaal had vervangen door ledverlichting [15]. Sindsdien gaan steeds meer steden over op ledverlichting. Het gebruik van led in de openbare verlichting kan steden en gemeenten een energiebesparing opleveren tot wel 80% [16]. Het grote voordeel van led is dat men niet gelimiteerd is aan bepaalde kleur of intensiteit. Met led is het mogelijk elke kleur te creëren, van wit (zon)licht tot groen licht. Monochromatische ledverlichting is daarnaast zuiniger dan witte ledverlichting. Dit komt doordat voor witte ledverlichting er gebruik wordt gemaakt van blauwe led waarvan een gedeelte van het licht door een fosfor wordt omgezet in geel licht en warmte, met als resultaat dat deze iets minder efficiënt wordt. Nog een groot voordeel van ledlampen is dat ze een zeer gerichte bundel licht uitstralen die veel beter dan oude verlichtingssystemen te richten is, gevolg: minder strooilicht, lichtvervuiling en energieverspilling.
Een ander neveneffect van ledverlichting is dat ledlampen in vergelijking met conventionele lampen als minder prettig worden ervaren wanneer er tegenin wordt gekeken. Een studie die hier onderzoek naar deed komt tot de conclusie dat wanneer er in directe nabijheid van de ledlamp een kleuren veld geplaatst wordt, dit het discomfort reduceert. Met kleurenveld wordt in deze zin bedoeld een rij lampen rondom het witte licht van de lamp. Een blauw licht veld om de ledlamp is het meest effectief in dit geval [17]. Op deze manier is het dus mogelijk om de verblinding die optreedt door de ledlamp te reduceren.

3.2 Dimmers

In een tijd waarin energiezuinigheid en milieu hoog op de agenda staan past het niet om straten volledig te verlichten terwijl er niemand is. Dimmen zorgt ervoor dat op bepaalde tijdstippen de lampen niet op volle intensiteit aanstaan en op deze manier wordt de rendabiliteit verhoogd, energiekosten gereduceerd en de uitstoot van CO^2 verminderd. Vaak gaat het hierbij om het uitschakelen van de openbare verlichting in de nacht (±24:00 - ±06:00), afhankelijk van de periode in het jaar. Nu de gemeente bezig is haar verlichtingsareaal te vervangen, kan tegelijkertijd ook een dimmer geïnstalleerd worden.
In de basis zijn er twee manieren om de verlichting te dimmen, te weten: statisch en dynamisch [18] (tabel 2). Het statisch dimsysteem moet per lichtmast apart geprogrammeerd en ingesteld worden. Dit dimprotocol zorgt er vervolgens voor dat de lamp op bepaalde tijden gedimd wordt. Het nadeel van dit systeem is dat wanneer het dimprotocol gewijzigd moet worden, dit handmatig per mast, vaak zelfs in het armatuur en dus op hoogte, dient te gebeuren.

Dynamisch dimmen heeft twee varianten. Bij de eerste variant is het mogelijk om de lichtmast op afstand te besturen (actief). Hierdoor is het mogelijk om de masten op elk moment te dimmen of in te schakelen, bijvoorbeeld bij evenementen of koopavonden.
De tweede variant van dynamisch dimmen biedt de mogelijkheid om de lichtsterkte automatisch aan te passen aan de actuele situatie door middel van sensoren die op de mast aangesloten zijn (zie kopje sensoren). De sensoren kunnen ook storingen aangeven en het aantal branduren van een lamp [19]. Hierdoor wordt optimaal gebruik gemaakt van de lichtmast en wordt alleen verlicht indien dit wenselijk is. Een recente studie in Chicago, waarin een gedeelte van het verlichtingsareaal vervangen is door led heeft aangetoond dat dit kan leiden tot een grote energiebesparing. De ledlampen zijn aan elkaar gekoppeld door middel van een netwerk, dat werkt op sensoren. Ze gaan alleen aan op de momenten dat het daadwerkelijk nodig is. Op deze manier kan een energiebesparing gerealiseerd worden van 40-70% t.o.v. conventionele verlichting zonder dimmer. [20].

	beïnvloeding	programma	aansturing
statisch dimmen	géén directe beïnvloeding door de situatie ter plaatse	dimmen op basis van een van te voren in te geven vast scenario	handmatige instelling
actief dimmen	géén directe beïnvloeding door de situatie ter plaatse	dimmen op basis van een op afstand op elk moment in te geven vast scenario	via internet (PowerLine communicatie)
dynamisch dimmen	mede afhankelijk van de omstandigheden ter plaatse	scenario wordt op afstand ingegeven en real-time beïnvloed door de gewenste reacties op externe invloeden (weer/verkeer)	via internet, PLC en ter plaatse aanwezige sensoren

Tabel 2. Verschillende type dimschema's en mogelijkheden (tabel aangepast van **[18]**)

Op dit moment is er nog een nadeel verbonden aan dynamisch dimmen. Door dynamisch te dimmen fluctueert het energieverbruik dagelijks en de netbeheerders geven aan dat dit niet te berekenen is met behulp van theorieën en modellen. Als een gemeente dynamisch wil dimmen zal deze samen met de netbeheerder moeten investeren in slimme meters. Met behulp van deze slimme meters is het vervolgens mogelijk om de gerealiseerde energiebesparing verrekend te krijgen op de jaarrekening. Dit is van belang, omdat ook de SER-akkoord doelstellingen hierover getoetst worden.

3.3 Sensoren

Dimmen biedt de mogelijkheid om de lichtintensiteit aan te passen en dit op vooraf geprogrammeerde tijden in te laten gaan. Dit betekent echter nog steeds dat veel lichtmasten aan zullen staan op locaties, waar het op dat moment niet nodig is. Dit maakt deze lichtmasten op dat moment overbodige en nutteloze energieverbruikers. Om hierop in te spelen kunnen lichtmasten worden uitgerust met sensoren. Deze sensoren kunnen ingesteld worden op het meten van beweging of weersomstandigheden en hier de verlichting op aanpassen. Dit houdt in dat er altijd een veilige cirkel van licht om de weggebruiker is. Als vervolgens de weggebruiker gepasseerd is dooft de lichtmast weer naar het minimale niveau of gaat deze zelfs uit. Op deze manier is er geen onnodige lichtvervuiling en wordt er energie bespaard doordat er alleen verlicht wordt op de momenten dat dit nodig is [21] [22]. Het grote nadeel van sensoren is dat er extra in moet worden geïnvesteerd en de kosten hiervan zijn vaak hoog. Vaak is er de mogelijkheid om op elke lichtmast een sensor te plaatsen of om 1 á 2 lichtmasten een sensor te plaatsen. Deze laatste optie is goedkoper, maar geeft een mindere dekking van sensoren.

3.4 Lichtmasten

Ook op het gebied van de lichtmasten zijn er nieuwe ontwikkelingen. Zoals Ecopoles, dit zijn smart-ledlichtmasten met de mogelijkheid voor het opladen van elektrische auto's en/of elektrische fietsen [23]. Op deze manier is het mogelijk om energiezuinig te verlichten en tegelijkertijd het gebruik van elektrische auto's en fietsen te stimuleren. Het gebruik van Ecopoles kan vooral op P+R-locaties of op bedrijventerreinen een toegevoegde waarde zijn.
Een andere ontwikkeling op het gebied van lichtmasten betreft zelf oplaadbare lichtmasten. Rondom de bovenste helft van de lichtmast worden zonnepanelen gemonteerd, als apart paneel ofwel ingebouwd. Hierdoor is de lichtmast 100% zelfvoorzienend en CO^2 neutraal. Het grote voordeel van deze lichtmasten is dat ze niet per se op het lichtnet hoeven worden aangesloten. Dit maakt deze masten geschikt om op een afgelegen locatie geplaatst te worden waar geen lichtnet aanwezig is. Doordat ze volledig op zonne-energie opereren, zijn er alleen (eenmalige) installatiekosten en onderhoudskosten aan verbonden [24]. Echter deze eenmalige kosten zijn aanzienlijk hoger in vergelijking met een conventionele ledlamp aangesloten op het lichtnet.

3.5 Wegdekmarkering

Wegdekmarkering komt in twee varianten, passief en actief. Bij passieve wegdekmarkering wordt er gebruik gemaakt van reflecterende belijning en betonbanden langs de rand van de weg. Passieve wegmarkering maakt gebruik van de koplampen van weggebruikers. Tegenwoordig is het mogelijk om te werken met luminiserende wegdekmarkering. Deze eveneens passieve wegdekmarkering werkt volgens het 'glow in the dark' principe. De markering blijft langer licht afgeven, waardoor de oriëntatie verbeterd wordt. Vooral in buitengebieden waar weinig verlichting aanwezig is, kan dit een goed alternatief zijn [25].
Actieve wegdekmarkering werkt door middel van verlichting in de markering, waardoor deze tot op grote afstand goed zichtbaar is. Door het gebruik van led kan er uit een breed scala van kleuren gekozen worden om extra zichtbaarheid te creëren. Actieve wegdekmarkering zorgt voor een verhoogde attentie en gelijkmatig rijgedrag door betere geleiding [26]. Een groot voordeel van deze vorm van verlichting is het lage energieverbruik en zijn lange levensduur. Daarnaast treedt er weinig tot geen lichtvervuiling op voor de nabijgelegen natuur. Hoewel dit sterke punten zijn zitten er ook nadelen aan. De bestaande lichtmasten moeten verwijderd worden en de aansluitingen afgesloten, wat kosten met zich mee brengt. Daarnaast moeten de lampen worden aangebracht in het wegdek, en van stroom voorzien worden. Dit zijn kosten die meegenomen moeten worden wanneer gekeken wordt of deze optie rendabel is.

3.6 Smart city

Het is mogelijk om nog een stapje verder te gaan. Doordat er al een netwerk wordt aangebracht tussen de lichtmasten wanneer deze dynamisch gedimd worden, is de functie hiervan eenvoudig uit te breiden. In essentie ben je dan bezig om de openbare ruimte slimmer te maken. De masten kunnen met elkaar communiceren op het gebied van openbare verlichting maar ook op verscheidene andere beleidsvelden binnen een gemeente of stad. Op dit moment heeft binnen een gemeente elke afdeling vaak zijn eigen infrastructuur en systemen, wat inefficiënt is. Door het koppelen van systemen kunnen er kosten bespaard worden. Het blijft echter wel lastig om op dit moment te bepalen welke behoefte van automatisering in de toekomst ontstaat. Het vraagt namelijk wel om een investering die een gemeente moet maken in haar communicatienetwerk, voor het inbouwen van radiografische zenders/dimmers in lichtmasten. Wanneer een gemeente hier wel voor kiest dan is een smart city geboren [27]. Op het moment van schrijven zijn verscheidene steden al bezig met het smart city concept. Zo heeft Rotterdam het project "Hart van Zuid", waarin ze verscheidene smart city initiatieven zoals de mobiliteit, ICT en energietransitie als een totaalopgave combineren en hoe dit zo efficiënt mogelijk geregeld kan worden [28]. In Nijmegen benaderen ze het vanuit een andere hoek. In Nijmegen staan de lichtmasten centraal. De lichtmasten gaan dienen als drager voor een groot sensor netwerk, die tal van

gegevens gaat registeren op het gebied van o.a. verkeer, licht, riool en fijnstof. Deze data wordt vervolgens aan elkaar gekoppeld en gevisualiseerd. Op deze manier krijgt de gemeente Nijmegen een snel en overzichtelijk beeld van de situatie, met een efficiënt en kostenbesparend systeem [27]. Recentelijk is er een proef geweest waarin lichtmasten worden uitgerust met een speciale sensor om zo te worden gebruikt om vrije parkeerplaatsen in een stad te herkennen en hier mensen, door middel van een applicatie, naar toe te navigeren [29].

3.7 Retrofit

Situaties kunnen voorkomen waar zowel lichtmast als armatuur nog niet toe zijn aan vervanging. Wanneer er dan wel gekozen wordt om over te gaan op led zou dit kapitaalvernietiging als gevolg hebben. Als oplossing voor dit probleem is de led retrofit ontwikkeld. Bij retrofit wordt het bestaande armatuur omgebouwd om hier vervolgens een ledlamp in te plaatsen. De kosten voor het ombouwen zijn aanzienlijk lager dan de aanschaf van een volledig nieuw armatuur. Op deze manier is het mogelijk om besparing te realiseren op bestaande lampen door deze om te bouwen naar retrofit. De gemeente Leek heeft op dit moment een retrofitpilot lopen in de wijk Oostindie en hoopt hier een energiebesparing te realiseren die kan oplopen tot 60%. Bovendien wordt door de bewoners aangegeven dat de retrofit lamp een goed alternatief is voor de conventionele lamp die in het armatuur zat [30].

3.8 Total cost of ownership (TCO)

Wanneer men kijkt naar de TCO van ledverlichting en deze vergelijkt met de TCO van de huidige verlichting, dan is ledverlichting veel voordeliger. Dit is ook een van de sterke punten om de transitie van conventionele verlichting naar ledverlichting te bewerkstelligen. Zo zijn de energiekosten bij ledverlichting lager dan bij conventionele verlichting en hoeft een ledlamp veel minder vaak geremplaceerd te worden. Echter het verschil dat de gemeente kan besparen op de energiekosten door middel van energiezuinige verlichting is minimaal. Dit komt omdat de gemeente een grootverbruiker is. Dit houdt in dat de gemeente minder gaat betalen per kWh naarmate ze meer afneemt. Een besparing in het aantal kWh resulteert dan ook in een veel kleiner rendement dan wanneer kleinverbruikers besparen op hun energieverbruik. Hierdoor zal een investering in het energiezuinig en duurzaam maken van de verlichting, niet snel rendabel zijn.
Led heeft als bijkomend voordeel dat het goed te dimmen is en dat het wordt gezien als een duurzame investering. Doordat de led-verlichtingsmarkt aantrekt heeft dit ook positieve effecten op de productiekosten, wat uiteindelijk ertoe zal leiden dat de TCO nog goedkoper kan worden.

3.9 Projecten elders

Niet alleen de gemeente Leek is bezig met het vernieuwen en energiezuiniger maken van haar openbare verlichting. Ook andere gemeenten zijn hier mee bezig. Daarnaast is er regelmatig een kennisbijeenkomst voor gemeenten waarin ze ervaringen en gegevens met elkaar kunnen delen. Deze bijeenkomsten worden meestal georganiseerd door de provincie en gemeentes, Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde (NSVV) en adviesbureaus zoals Tauw, Montad of Licht & Donker. Vaak zijn dit regionale bijeenkomsten, maar de adviesbureaus zijn veelal landelijk actief.

3.9.1 Bruikbare voorbeelden

- Op dit moment zijn er in Stadskanaal lichtmasten geplaatst welke met elkaar in verbinding staan d.m.v. draadloze communicatie en zijn voorzien van led. De verlichting gebruikt sensoren om zichzelf aan te passen aan de huidige verkeersintensiteit en weersomstandigheden. Op deze manier is er altijd voldoende verlichting, maar blijft deze energiezuinig omdat hij alleen brandt op het moment dat het nodig is [18].

- Ook in Tilburg zien we dit systeem terug, hier gaan de lampen in woonwijken standaard terug naar 20% van de maximale intensiteit. Wanneer vervolgens iemand deze lampen passeert schakelen ze direct naar 100%, dit tot grote tevredenheid van de burgers [18].
- Er zijn verscheidene proeven gedaan met wegdekreflectie. In Stadskanaal zijn in de woonwijk Maarsstee de kruisingen verhoogd en uitgerust met reflecterende tegels. De bewoners zijn vol lof over de zichtbaarheid van het kruispunt. Ook zeggen ze dat de kruisingen van afstand al opvallen, waardoor je vroegtijdig weet dat er een gevaarlijk punt aankomt. Ook op de A35 bij Hengelo is een wegvak uitgerust met asfalt dat sterker licht reflecteert.

3.9.2 Bijzondere voorbeelden

Er bestaan ook mogelijkheden die voor de gemeente Leek niet direct relevant lijken te zijn. Desalniettemin zijn het wel goede voorbeelden van de mogelijkheden met de huidige technieken binnen de verlichtingswereld en zijn het ideeën voor de toekomst.

- De gemeente Halderberge heeft sinds 2014 een systeem waarmee de openbare verlichting aangaat op het moment van zonsondergang, dit gebeurt via een schakeling die gekoppeld is aan de tijd. Daarnaast is het voor fietsers en wandelaars ook mogelijk om de openbare verlichting in te schakelen via een drukknop. Zo kan op sommige plekken de verlichting uit en gaat deze alleen aan wanneer er ook daadwerkelijk behoefte is aan verlichting [31].
- In de binnenstad van Zwolle is er gekozen voor een flexibel systeem met omgekeerd dimmen. Dit houdt in dat de verlichting standaard op 50% aanstaat in de binnenstad en dat de verlichting tijdens bijvoorbeeld feesten, koopavonden of calamiteiten naar maximaal bijgesteld kan worden. Dit gebeurt door middel van één sms die verstuurd kan worden door de politie of beheerder. Er werd positief gereageerd op dit systeem door de burgers en bijkomend voordeel is dat het onderhoudsvriendelijk is [18] [27].
- In Schinnen is vanaf januari 2017 elke lichtmast uitgerust met een Telecontroller. Deze controllers bieden de gemeente de mogelijkheid elke lichtmast afzonderlijk aan te sturen en op deze manier alleen te verlichten wanneer dit noodzakelijk is. Daarnaast zijn de masten ook in staat samen te werken met andere applicaties, zoals het meten van verkeersdrukte of het registreren van afvalbakken die geleegd moeten worden [27].

3.10 Conclusie

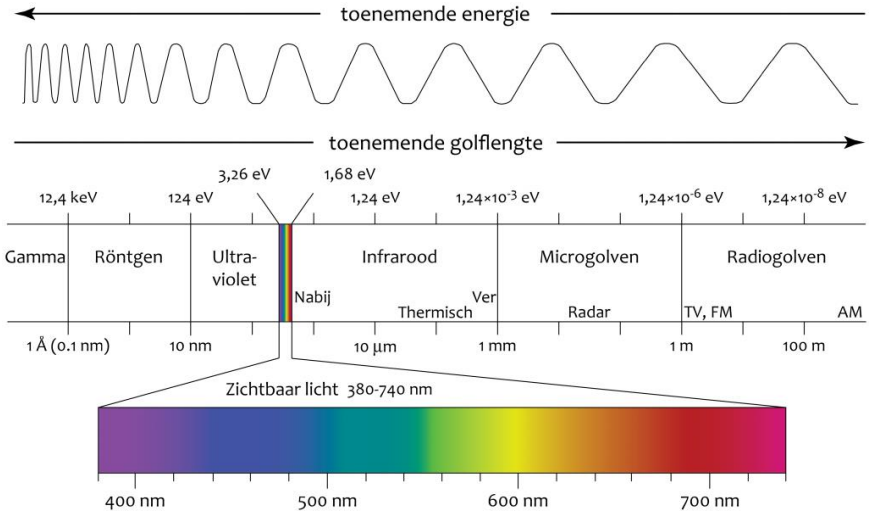
Op het gebied van openbare verlichting zijn bepaalde ontwikkelingen van groter belang dan andere. Denk hierbij bijvoorbeeld aan ledverlichting, dimmers en dynamische verlichting d.m.v. sensoren. Maar ook minder grote, doch innovatieve veranderingen als “eco-poles”, zelf oplaadbare lichtmasten en luminiserende wegdekmarkering zijn van belang. Dit zijn vooral op zichzelf staande ontwikkelingen, maar tegenwoordig krijgt het concept “smart city” ook steeds meer bekendheid. De zelf oplaadbare lichtmasten en Eco-poles zijn specifieke ontwikkelingen die niet geschikt zijn voor het plaatsen langs wegen waar al veel lichtmasten staan. Deze lichtmasten zijn juist wel geschikt bij een P+R of op afgelegen gebieden waar toch een verlichtingsbehoefte is. Echter de gemeente Leek zal er naar alle waarschijnlijkheid niet snel voor kiezen om in het buitengebied extra lichtmasten te plaatsen. Actieve wegdekmarkering, dimmers en dynamische verlichting zijn mogelijkheden die op dit moment goed geschikt zijn voor de gemeente Leek.

4 Licht en haar effecten op mens & dier

Het is bekend dat licht zowel positieve als negatieve effecten kan hebben op mens en dier. Maar wat is licht en hoe wordt het gemeten? En wanneer licht wordt waargenomen, via welke weg zorgt het dan voor effecten in ons lichaam? In dit hoofdstuk zal dit behandeld worden en daarnaast zal er ook gekeken worden naar de effecten, zowel positief als negatief, van licht op mens en dier.

4.1 Licht

Het zichtbare licht voor mensen heeft een golflengte variërend tussen 380-780 nm, en wordt ook wel het elektromagnetisch spectrum genoemd. Licht met een lage golflengte wordt waargenomen als blauw licht (436-495 nm) en licht met een hoge golflengte als rood licht (627-780 nm) (figuur 2). Onder de voor het menselijk oog zichtbare grens van 380 nm zet de dalende golflengte zich achtereenvolgens voort in ultraviolet, röntgenstraling en gammastraling. Boven de zichtbare grens zet het lichtspectrum in de lange golflengtes zich achtereenvolgens voort in infrarood, microgolven en uiteindelijk in radiogolven.



Figuur 2. Het elektromagnetisch spectrum

Bron: [85]

Wanneer alle golflengtes van het elektromagnetisch spectrum in ongeveer dezelfde mate aanwezig zijn, is er sprake van wit licht (polychromatisch). Wanneer alle lichtgolven dezelfde golflengte/frequentie hebben, dan spreken we van monochromatisch licht en is alleen die specifieke kleur met die golflengte zichtbaar[4]. In de natuur komt monochromatisch licht nauwelijks voor en is er meestal sprake van polychromatisch licht.

Om licht te meten maken we gebruik van verschillende foto-metrische grootheden. Binnen de openbare verlichting zijn er vier foto-metrische grootheden van belang, te weten lichtsterkte, lichtstroom, verlichtingssterkte en luminantie (figuur 3).

Lichtsterkte (ook wel lichtintensiteit) is de hoeveelheid licht die door een lichtbron in een bepaalde richting wordt uitgezonden, gecorrigeerd voor de spectrale gevoeligheid van het oog. Dit wordt gemeten in candela[5] (cd). Infrarood licht heeft bijvoorbeeld een lichtsterkte van nul, omdat infrarood licht niet zichtbaar is voor het menselijk oog. Het is echter mogelijk dat de fysische lichtsterkte van de lichtbron niet overeenkomt met de door het oog waargenomen lichtsterkte. De omgeving kan door middel van contrast ervoor zorgen dat de waarneming beïnvloed wordt.

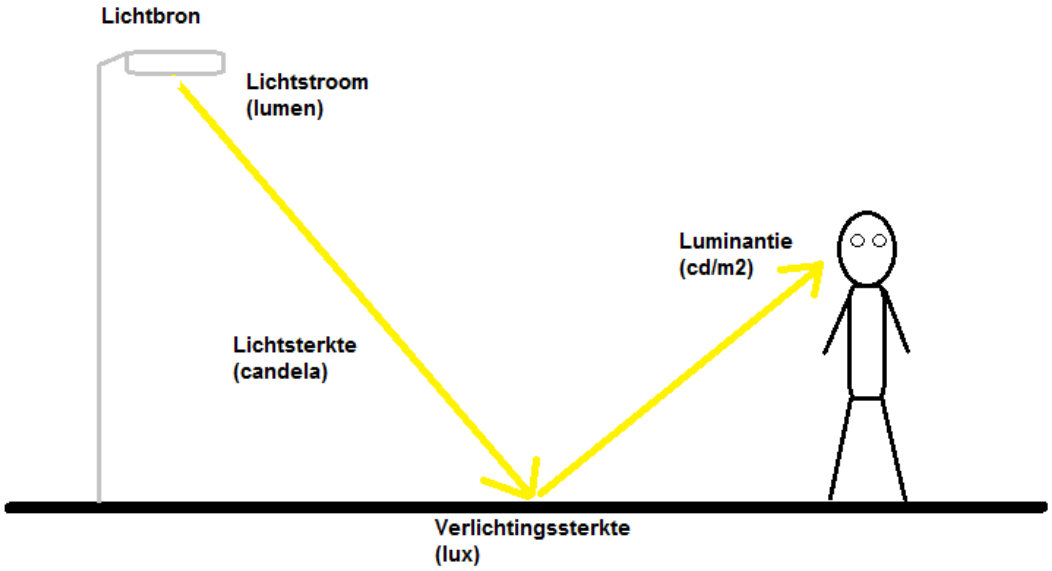
Lichtstroom is de totale hoeveelheid licht die een lichtbron per tijdseenheid uitstraalt, gecorrigeerd voor de spectrale gevoeligheid van het menselijk oog. Dit wordt gemeten in

[4] Wanneer alle lichtgolven een frequentie hebben van bijvoorbeeld 700 nm, is er sprake van monochromatisch rood licht.
[5] Latijn: Candela = Kaars

lumen (lm). Dit kan vervolgens gebruikt worden om, in combinatie met het benodigde vermogen, het lichtrendement te berekenen. Dit wordt uitgedrukt in lumen per watt. Zo heeft een lamp van 500 lumen en een vermogen van 10 watt een lichtrendement van 500 lm/10 W = 50 lm/W

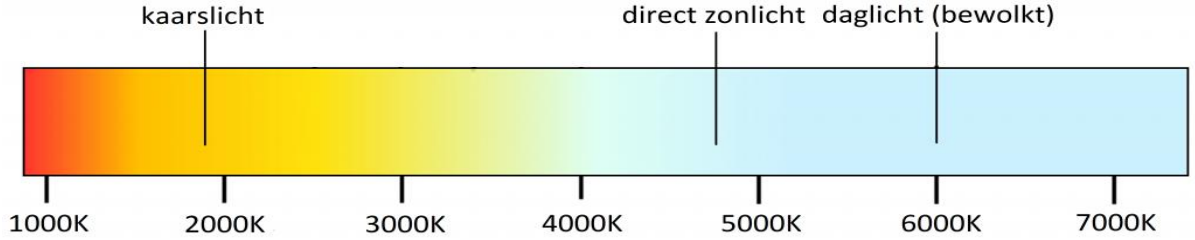
Verlichtingssterkte is de hoeveelheid lichtstroom per oppervlakte-eenheid, ongeacht van het aantal lichtbronnen en kleur/structuur van het oppervlak. Dit wordt uitgedrukt in lux. Wanneer er één lumen op een vierkante meter valt, spreken we van 1 lux ofwel 1 lumen/m^2. Lux wordt gebruikt in de ROVL-2011 om aan te geven wat de minimale verlichtingswaarde is op wegen met een verblijfsfunctie.

Luminantie is de hoeveelheid licht die door een oppervlakte wordt uitgestraald of gereflecteerd per oppervlakte-eenheid loodrecht op de kijkrichting. Dit wordt gemeten in candela per vierkante meter (cd/m^2). De luminantie wordt ook wel de foto-metrische maat voor helderheid genoemd en heeft een groot aandeel bij zichtbaarheid op straat 's avonds. Type en samenstelling van wegdek zijn dan ook cruciaal voor de mate van luminantie.



Figuur 3. Schematische tekening van de verlichtingsgrootheden in het kader van openbare verlichting.

Naast lichtsterkte spreekt men ook van lichttemperatuur. Om de lichttemperatuur van wit licht te bepalen wordt er gebruik gemaakt van een "Correlated Color Temperature (CCT)", deze bepaald of het licht "warm" of "koud" is aan de hand van het geassocieerde gevoel en drukt dit vervolgens uit in Kelvin [32]. Warm-wit licht, wat een geel/oranje licht uitstraalt, heeft een CCT van 3500 K of minder. Terwijl kouder licht, die vaak dichter tegen de koude kleuren als blauw aanzit, een CCT van 5500 K of meer heeft. De standaard voor normaal daglicht ligt rond de 6000-6500 K (figuur 4). Belangrijk om te beseffen is dat, volgens de



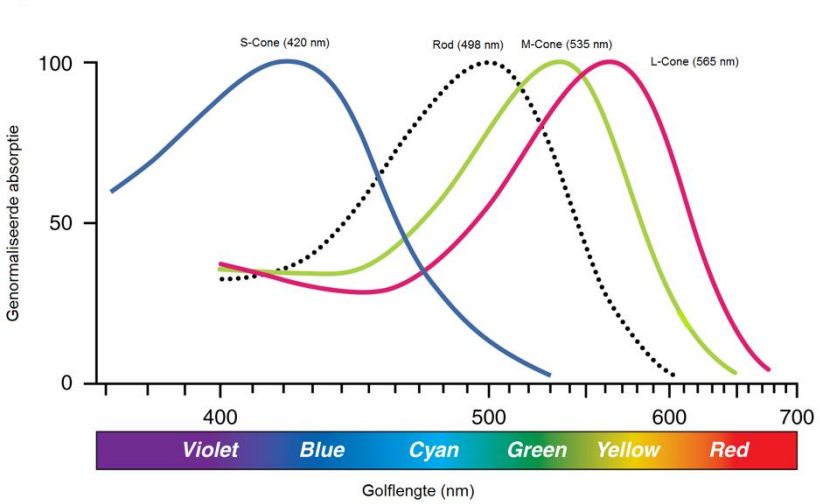
Figuur 4. Kleurtemperatuur in Kelvin

Bron: [85]

verschuivingswet van Wien, de lichttemperatuur lager wordt naarmate de golflengte hoger wordt. Hiermee wordt bedoeld dat blauw licht dus een hogere lichttemperatuur heeft. Dit is tegengesteld aan wat wij als mens ervaren als de lichttemperatuur. Wij als mens ervaren licht met een lage lichttemperatuur (rood licht) juist als 'warm' [33].

4.2 Het oog & brein

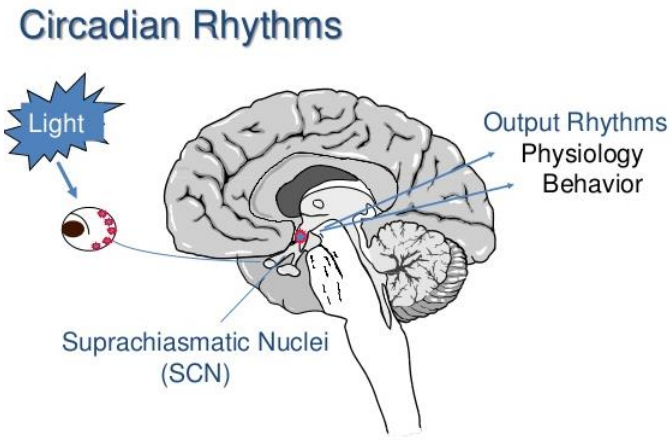
Licht maakt het mogelijk om kleuren te onderscheiden en de wereld waar te nemen. Binnen het oog valt het licht op de retina. De retina bestaat uit een groot netwerk van kegeltjes, staafjes en intrinsieke fotosensitieve ganglioncellen (ipRGCs). De kegeltjes regelen voornamelijk de perceptie van kleuren en kunnen onderverdeeld worden in drie verschillende types, te weten korte-, middel- en lange golflengte kegeltjes.



Figuur 5. Genormaliseerde absorptie van de kegeltjes en staafjes in het menselijk oog. S-, M-, en L-cone staan respectievelijk voor korte-, middel-, en lange golflengte kegeltjes. (Aangepast van **[96]**

De piek van sensitiviteit[6] voor deze drie kegeltjes is respectievelijk 420 nm (blauw licht), 535 nm (groen licht) en 565 nm (rood licht) (figuur 5). De staafjes zijn hoofdzakelijk verantwoordelijk voor ons zicht onder condities waar sprake is van weinig tot geen licht. De ipRGC's brengen het blauw licht gevoelige fotopigment melanopsine tot expressie. Melanopsine heeft een piek sensitiviteit voor licht met een golflengte van 480 nm.

Zicht is op de te delen in drie categorieën, namelijk photopisch-, scotopisch- en mesopisch zicht. Tijdens hoge licht niveaus, welke kenbaar zijn voor daglicht, wordt er gebruik gemaakt van het photopisch zicht, waarbij het licht verwerkt wordt door de kegeltjes. Wanneer het licht niveau erg laag is, bijvoorbeeld gedurende een maanloze nacht of in donkere ruimtes, wordt er gebruik gemaakt van het scotopisch zicht die gebruik maakt van de staafjes. Het is echter ook mogelijk om deze twee systemen met elkaar te combineren, dan is er sprake van mesopisch zicht. Wanneer de lichtcondities laag zijn, maar niet extreem donker, worden zowel de kegeltjes als staafjes gebruikt voor het zicht. In de meeste gebieden is er tegenwoordig genoeg lichtvervuiling wat het gebruik van puur scotopisch zicht verhinderd. De gevoeligheid van het photopische- en scotopische zicht is respectievelijk het hoogst voor groenachtig-geel licht en groenachtig-blauw licht [34] [35].



Figuur 6. Simpele weergave van de effecten van licht op het menselijk brein.

Naast dit primaire effect van licht, zijn er ook tal van andere effecten waarin licht centraal staat (figuur 6). Dit kunnen zowel

[6] Piek van sensitiviteit: De golflengte waar een kegeltje het meest gevoelig voor is.

effecten op gedrag als fysiologische effecten zijn. Het bekendste effect van daglicht is dat het mens en dier in staat stelt om hun ritme af te stemmen op de zon, om op deze manier een circadiaan[7] ritme te reguleren. Dit 24-uursritme wordt gehandhaafd door de suprachiasmatische nuclei (SCN). Wanneer licht op de ipRGC's valt stuurt deze via haar ganglioncellen een signaal naar de hypothalamus waar de SCN zich bevindt. De SCN reguleert het slaap/waak ritme, hormoon niveaus en andere fysiologische processen en wordt mede hierdoor vaak de biologische klok genoemd.

De SCN stimuleert de epifyse welke de afgifte van het hormoon melatonine reguleert, wat slaperigheid veroorzaakt en reguleert dus op deze manier het slaap-waakritme. Naast dat licht haar effecten heeft op de SCN, kunnen ook andere limbische systemen[8] in het brein worden gestimuleerd door licht.

Buiten het feit dat daglicht het mogelijk maakt om activiteiten overdag uit te voeren en kunstlicht dit doet voor het werken 's avonds en op plekken waar weinig licht is, mag niet over het hoofd worden gezien dat licht ook fysiologische/psychologische effecten heeft op mens en dier. Dit kunnen zowel positieve als negatieve effecten zijn.
In de volgende paragrafen zal hier verder op in worden gegaan. Er zal een onderscheid gemaakt worden tussen de effecten op mens en dier. De effecten op (nacht)dieren kunnen anders zijn dan op (dag)dieren zoals de mens. Daarnaast zal er vooral gekeken worden naar de effecten van kunstlicht, aangezien dit rapport gericht is op de openbare verlichting.

4.3 Licht en haar effecten op de mens

Blootstelling aan kunstmatig licht is tegenwoordig onontkoombaar. Vanaf de kinderjaren tot de dood wordt de mens voortdurend blootgesteld aan kunstmatig licht. Deze chronische dosis van kunstlicht is ongekend in de historie van de mens. Het is bekend dat blootstelling aan licht ervoor zorgt dat men actiever wordt en dat het psychologische processen kan beïnvloeden [36]. Wanneer licht wordt toegediend gedurende de nacht, heeft het een melatonine onderdrukkende werking wat ervoor zorgt dat de slaperigheid afneemt. Daarnaast is bekend dat monochromatisch blauw licht (~460 nm) een nog groter effect heeft op de alertheid en circadiane ritmiek[9] wanneer het wordt toegediend op bepaalde momenten van de dag. De cognitieve functies van de proefpersonen tijdens de testen waren verhoogd na blootstelling van dit type licht en er werd beter gescoord op gedragstesten en de lichaamstemperatuur, die normaal afneemt voordat men in slaap valt, nam niet af [37] [38]. Zowel licht van korte- en lange golflengte zorgt ervoor dat de slaperigheid van mensen afneemt en dat de alertheid toeneemt [39]. Het is tevens goed voor te stellen dat de afname van slaperigheid gedurende de avond er ook voor kan zorgen dat mensen minder goed slapen s` nachts of dat het langer duurt voordat ze in slaap vallen.
Doordat we steeds meer kennis krijgen van de effecten van licht, weten we dat blauw licht een nieuw gevaar met zich mee brengt, namelijk "The blue-light hazard" (Het risico van blauw licht). Fotochemische schade van blauw licht wordt al geïmpliceerd als oorzaak van gezichtsverlies in mensen ouder dan 65 jaar, door middel van "Age-related macular degeneration" (AMD). Biomedische onderzoekers denken dat een langdurige blootstelling aan korte-golflengte blauw licht kan leiden tot oxidatieve stress in cellen in de retina, wat uiteindelijk tot een afvalproduct lijdt dat bewezen bijdraagt aan AMD [40] [41].

Naast de effecten op ons slaap/waak ritme, suggereren meerdere studies dat de blootstelling aan het vele kunstmatige licht dat 's nachts aanwezig is, kan leiden tot een verhoogd risico op borstkanker, metabole stoornissen en psychiatrische- en gedragsstoornissen. Hieruit blijkt

[7] Latijn : *circa* = rond, *dies* = dag
[8] Evolutionair gezien de oudste delen van de hersenen. De systemen zijn betrokken bij emotie, motivatie, genot en emotioneel geheugen. O.a. de hippocampus, amygdala en hypothalamus vallen onder de limbische systemen.
[9] Het moment waarop bepaalde processen in het lichaam of activiteiten plaats vinden. Blootstelling aan blauw licht kan deze momenten beïnvloedden waardoor het tijdstip waarop ze plaats vinden verschoven wordt.

dat de circadiane verstoring, veroorzaakt door kunstmatig licht gedurende de avond en nacht, een effect heeft op humeur en emotie regulerende gebieden in de hersenen [42] [43] [44]. Bij een chronische circadiane verstoring is er een verhoogd risico op het krijgen van obesitas [45].

Zoals eerder genoemd is het menselijk zicht bij weinig licht sterk afhankelijk van het visuele systeem van staafjes. Echter dit systeem bevat nog steeds erg weinig staafjes in vergelijking met het visuele systeem van dieren die actief zijn bij weinig licht (nacht- en schemerdieren). Dit heeft als gevolg dat wanneer we de openbare verlichting dimmen tot een voor ons minimum waarbij we nog steeds kleuren en objecten duidelijk kunnen onderscheiden, het voor de nacht- en schemerdieren het naar alle waarschijnlijkheid nog steeds erg licht is [46].

4.4 Licht en haar effect op dieren

Ook de dierpopulaties die leven in het buitengebied hebben te maken met de openbare verlichting. De verlichting bereikt de dieren in hun natuurlijke omgeving, wat zijn invloed kan hebben op de oriëntatie, ook kunnen dieren aangetrokken of juist geweerd worden door de verlichting. Dit kan uiteindelijk een effect hebben op reproductie, foerageergedrag, migratie en/of communicatie [47] [48].

In een onderzoek naar muizen is aangetoond dat lage niveaus van kunstmatig licht gedurende de nacht een negatieve invloed hebben op de metabole signalen[10] en momenten van voedselopname, wat kan leiden tot gewichtstoename bij muizen. Dit effect wordt ook gezien bij mensen, waar het gebruik van kunstmatig licht gedurende de nacht kan leiden tot obesitas [49]. Wanneer muizen na de geboorte voor een lange periode blootgesteld worden aan zwak kunstmatig licht, heeft dit als gevolg dat, wanneer ze volwassen zijn, ze angstiger gedrag vertonen en ze een hoger risico hebben op het krijgen van depressie en depressie-achtige symptomen [50] [51]. Verder is het bekend dat muizen afhankelijk zijn van de veranderingen in het lichtspectrum tijdens de schemering om hun circadiane ritme te reguleren [52]. Kunstlicht tijdens de schemering kan dit proces mogelijk beïnvloeden. Bovendien is aangetoond dat de bosmuis, een nachtdier, kunstmatig licht zoveel mogelijk probeert te vermijden. Bij rood licht is dit effect minder sterk dan bij wit of groen licht, wat suggereert dat de bosmuis het rode licht het minst storend vindt [53].

Ook vleermuizen worden beïnvloed door het kunstlicht afkomstig van de openbare verlichting. Uit onderzoek is gebleken dat vleermuizen zeer gevoelig zijn voor ultraviolet en blauw licht. Een gedeelte van dit licht is voor mensen onzichtbaar, maar kan bij vleermuizen zorgen voor pijnlijke verblinding [54]. Daarnaast is ook gebleken dat vleermuizen stukken vermijden waar licht aanwezig is. In een studie naar de hoefijzer vleermuis is gebleken dat op donkere stukken het aantal passerende vleermuizen aanzienlijk hoger is dan op verlichte stukken en dat er duidelijk twee pieken te zien zijn waarop de activiteit het hoogst is gedurende de nacht [55]. Hier dient dus rekening mee gehouden te worden als de verlichting op deze soort vleermuizen wordt aangepast. Uit onderzoek is gebleken dat bij oranje/rood licht de vleermuizen het minste hinder ondervonden en dat mensenogen nog steeds contrasten kunnen onderscheiden bij deze kleur licht [54].
In een studie naar de dwergvleermuis is gebleken dat deze het meest te vinden is rondom straatverlichting welke een groen en/ of wit licht uitstraalt [53]. Dit is tegenstrijdig met eerder vermeld onderzoek dat de vleermuis juist oranje/rood licht het minst hinderlijk vindt. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat bij wit/groen licht zich meer insecten verzamelen rondom de lichtmast, waardoor de voordelen van hier jagen het winnen van de nadelen van deze kleur verlichting.

Meerdere studies tonen aan dat er een effect is van kunstmatig licht op vogels. In een studie naar de Amerikaanse roodborstlijster is aangetoond dat kunstmatig licht gedurende de nacht

[10] Signalen die effect hebben op de stofwisseling

ervoor zorgt dat de vogels eerder beginnen met zingen in vergelijking met vogels die niet blootgesteld worden aan kunstmatig licht gedurende de nacht. De vogels die ‘s nachts niet worden blootgesteld aan kunstmatig licht beginnen pas met zingen bij dageraad. Dit suggereert dat onder verhoogde kunstmatig licht condities gedurende de nacht, de roodborstlijster moeite heeft om de dageraad te onderscheiden [56].
Bij koolmezen is aangetoond dat mannetjes gedurende het broedseizoen kunstmatig licht afkomstig van lichtmasten proberen te vermijden. Dit doen ze door waarschijnlijk ‘s nachts een slaapplaats te zoeken die niet tot nauwelijks verlicht wordt [57]. Door dezelfde onderzoekers is ook aangetoond dat koolmezen die worden blootgesteld aan verhoogde licht intensiteiten gedurende de nacht, pas later op de dag actief worden en ook later pas weer inactief. Wat betekent dat de periode waarin ze normaliter actief zijn verschoven is. Wanneer de licht intensiteit toeneemt, wordt dit effect nog groter [58]. Bovendien is in een studie aangetoond dat koolmezen die ‘s nachts worden blootgesteld aan wit of groen licht, gemiddeld eerder hun eieren leggen vergeleken met koolmezen die niet zijn blootgesteld aan dit type licht [59]. Spoelstra en collega’s tonen ook aan dat straatverlichting een effect heeft op vogels op het gemeenschap-niveau. Zij stellen zelfs, op basis van de huidige trends in hun data, dat de dichtheid van vogels rondom een lichtmast toeneemt over de jaren, maar dat het niet bekend is of dit effect heeft op hun reproductief gedrag, waardoor dit misschien een ecologische val kan zijn voor vogels [53].
Een ander bekend fenomeen is dat vogels die ‘s nachts migreren, meer hinder ondervinden van rood/wit licht (bestaande uit hoge golflengte licht) dan van blauw/groen licht (waar zich minder tot geen hoge golflengte licht bevindt). Deze vogels gebruiken hun magnetische kompas, dat gevoelig is voor kunstmatig licht [60] [61].

4.5 Effecten op Flora

Het effect van straatverlichting op flora is op dit moment nog niet goed onderzocht. In de studies die gedaan zijn naar de effecten van licht op planten wordt vooral gekeken naar de waarde van licht voor het stimuleren van groei. Hieruit kwam naar voren dat licht invloed heeft op de zaadkieming, stamgroei, bladvergroting en de overgang van een vegetatieve staat naar een bloemende staat [46]. In een recent onderzoek is gebleken dat de straatverlichting voldoende fel is om een fysiologische respons op te wekken, die zijn werking heeft op fenologie, groei en het verkrijgen van voedingstoffen [62]. In een andere studie kwam naar voren dat de schemering wordt gebruikt door verschillende plantensoorten voor hun knopvorming, bloeien en het verliezen van hun blad [63]. Openbare verlichting kan de natuurlijke schemering verstoren.
Een indirect effect van straatverlichting dat consequenties kan hebben voor de planten, is het effect van straatverlichting op motten en andere insecten. Straatverlichting kan leiden tot een daling van de motten populatie. Motten zijn belangrijk door hun bijdrage aan de bestuiving van planten gedurende de nacht [64]. Naast een daling van de populatie kan straatverlichting een effect hebben op het gedrag van motten, met minder tot geen interacties als gevolg. Meer onderzoek is echter nodig om te achterhalen of kunstmatige verlichting verstrekkende gevolgen kan hebben voor de flora op zowel fysiologisch gebied als op ecologisch gebied [46].

4.6 Groene verlichting

Tegenwoordig ziet men langs veel wegen groene verlichting geplaatst worden. Wij mensen zouden onder groen licht condities net zo goed zien als onder wit licht condities en ook het gevoel van veiligheid zou niet in geding komen [65]. Een voordeel van groen licht is dat bij mensen het perifere zicht beter is, doordat het scotopische systeem beter gestimuleerd wordt. Wel is de kleurherkenning bij puur monochromatisch groen licht slechter dan bij wit licht [66]. Bovendien hebben trekvogels, zoals eerdergenoemd in dit rapport, baat bij groene verlichting omdat dit het interne kompas niet verstoord. Toch wordt door sommige onderzoekers beweerd dat groene verlichting storend is voor de natuur. Zo is groene verlichting niet goed voor de muis, pad en vleermuis en verzamelen insecten zich vaker onder groene lampen, waardoor hun predatierisico verhoogd wordt [67].

4.7 Lichtvervuiling

Donkerte moet gezien worden als een onmisbaar goed voor het voortbestaan van ecosystemen en menselijk welbehagen. Lichtvervuiling, dat voornamelijk veroorzaakt wordt door kunstmatig licht, moet daarom gezien worden als een van de belangrijkste omgevingsveranderingen die schadelijk kan zijn voor mens en dier [68].
Wit licht afkomstig van ledlampen kan tot wel vijf keer zo sterk bijdragen aan lichtvervuiling dan de conventionele verlichting. Hier dient rekening mee gehouden te worden bij het installeren van deze nieuwe lampen in de natuur en tevens dient er strengere regelgeving voor gehanteerd te worden [7].
Het is daarom van belang dat de nieuwe ledlampen op de juiste manier afgesteld worden. Voordeel van de ledlamp is dat deze minder spreiding heeft van de lichtstraal. Hierdoor kan de lichtstraal beter worden gestuurd dan bij de conventionele lamp, waardoor de lichtverstrooiing geminimaliseerd kan worden. Een andere reden om de verstrooiing te minimaliseren is dat koud wit licht voor een aanzienlijk hogere bijdrage aan lichtvervuiling kan zorgen dan de conventionele lampen doen. In de winter is deze bijdrage het hoogst, vergeleken met de zomer. [69] Dit is simpel te verklaren doordat de daglicht periode in de zomer langer is dan de donker periode. Naast het goed richten van de openbare verlichting kan ook dimmen ervoor zorgen dat de verlichting minder ver reikt, wat ervoor zorgt dat de algemene lichtvervuiling minder wordt en daarmee dus ook de overlast.

Een manier om de lichthinder voor dieren tegen te gaan is door gebruik te maken van actieve wegdekmarkering. Doordat er geen lichtmasten aanwezig zijn is er geen tot nauwelijks lichthinder voor de nabije omgeving. Een studie heeft gekeken naar de effecten van openbare verlichting op de oriëntatie van baby zeeschildpadjes wanneer deze net uit het ei komen. Ze concludeerden dat openbare verlichting een negatief effect heeft op de oriëntatie, maar wanneer gebruik gemaakt wordt van actieve wegdekmarkering er geen effect is op de oriëntatie, wat vergelijkbaar is met helemaal geen verlichting [70]. Nu is het zo dat er in Leek geen zeeschildpadden voorkomen, maar deze studie laat wel zien dat actieve wegdekmarkering de lichthinder voor de omliggende omgeving kan verminderen. Hierdoor kan het een goed alternatief zijn voor verlichting in het buitengebied.

4.8 Conclusie

Kunstmatig licht kan veel negatieve effecten met zich mee brengen. Dit geldt zowel voor mensen als voor dieren. De negatieve effecten wegen voor mensen misschien minder zwaar, maar dit betekent niet dat wij haar effecten kunnen verwaarlozen. Bij openbare verlichting is het belangrijk om ervoor te zorgen dat de strooiing geminimaliseerd wordt en dat we alert zijn voor blauw monochromatisch licht.
De effecten op dieren liggen iets genuanceerder, omdat veel dieren anders reageren op verschillende soorten licht:

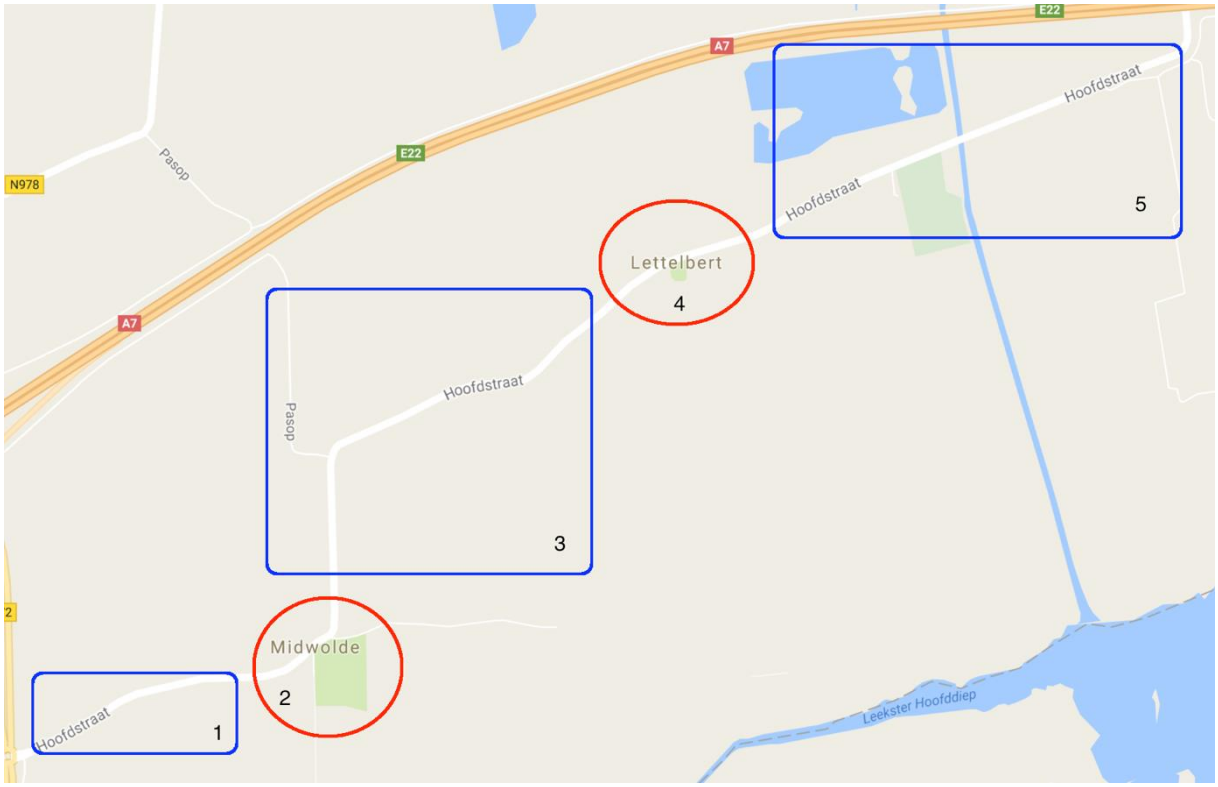
- Muizen en vleermuizen ondervinden minder overlast van meer rood georiënteerd licht,
- Migrerende vogels worden door rood licht juist meer gedesoriënteerd en hebben meer baat bij groen georiënteerd licht,
- Koolmezen leggen in de buurt van groen georiënteerde verlichting hun eieren eerder en in het broedseizoen proberen koolmeesmannetjes nachtelijke verlichting in het algeheel te vermijden,
- De bosmuis en de pad vermijden groene verlichting in vergelijking met rood licht,
- Verlichting tijdens de schemering kan hinderlijk zijn voor flora & fauna die in deze periode het meest actief zijn,
- Nachtelijke lichthinder kan ervoor zorgen dat zangvogels eerder beginnen met hun ochtendzang,
- Lichtvervuiling leidt tot een daling van de mottenpopulatie, wat een grote ecologische impact kan hebben,
- Lichtvervuiling heeft veel kleine, meestal schadelijke, effecten op dieren welke door de lichtstrooiing te reduceren naar alle waarschijnlijkheid verminderd kunnen worden.

Uit bovenstaande blijkt al dat het lastig is om de juiste verlichting te kiezen, wanneer rekening gehouden moet worden met flora & fauna. Dit is zeker het geval, wanneer niet 100% duidelijk is of er sprake is van een foerageerroute of direct aangrenzend woongebied van een specifieke soort. Indien hier onduidelijkheid over is, is witte verlichting de verstandigste keuze omdat hiermee niet een specifieke soort extra hinder ondervindt en mensen nog steeds goed zien bij wit licht. Als deze verlichting vervolgens ’s avonds en ’s nachts wordt gedimd heeft dit al grote positieve gevolgen voor de lichtstrooiing en de lichthinder. Dit wordt op deze manier aanzienlijk gereduceerd, waar de natuur uiteindelijk veel baat bij heeft. Gebaseerd op de bevindingen in dit rapport is, bij afwezigheid van duidelijkheid over dier- & plantensoorten, wit licht de beste keuze voor de openbare verlichting.

5 Casus gebied

Voor dit adviesrapport is er gekozen voor het toepassen van een casusgebied. Dit gebied dient als voorbeeld hoe de gemeente haar verlichting kan inrichten in het buitengebied. Er is gekozen voor het Noordoostelijke buitengebied van Leek. Binnen dit buitengebied wordt er specifiek gekeken naar de Hoofdstraat vanaf Leek tot aan het viaduct over de A7 (afbeelding 1). Deze straat doorkruist zowel een groot gedeelte van het buitengebied als een tweetal dorpskernen, te weten: Midwolde en Lettelbert. Dit maakt deze weg uitstekend geschikt als casus. De openbare verlichting langs deze weg bestaat nog uit conventionele verlichting en is relatief oud. Dit past niet in het huidige beleid van de gemeente Leek en is daarom aan vervanging toe.

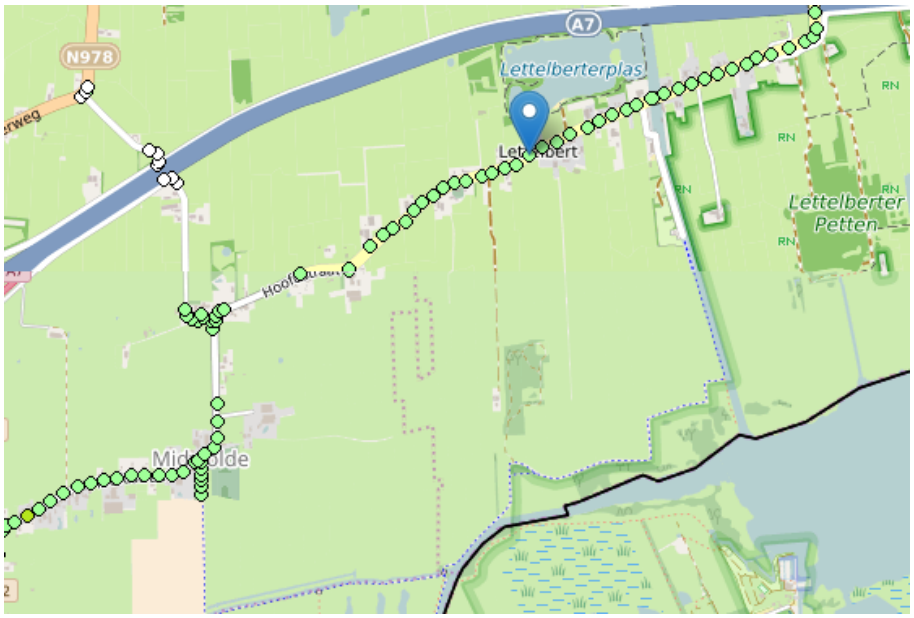
Om beter inzicht te krijgen in de verscheidenheid van het casusgebied is ervoor gekozen om dit op te delen in meerdere deelgebieden (aangegeven met een cijfer in afbeelding 1).
In de gebieden rond de dorpskernen Midwolde en Lettelbert (met blauw aangegeven) is er sprake van een sterke aanwezigheid van natuur. Dit vraagt om een andere aanpak qua verlichting dan in de dorpskernen. Wanneer specifieke diersoorten een bepaalde loop/foerageer route hebben, kan hier door middel van het aanpassen van de verlichting op worden ingespeeld.
Binnen de dorpskernen kan enigszins hetzelfde beleid gevoerd worden als binnen de dorpskom van Leek, maar toch zal er wel rekening moeten worden gehouden met de lichthinder die dit met zich mee brengt. Het is immers wel een dorpskern in het buitengebied, welke dus in directe verbinding staat met de natuur.



Afbeelding 1. Casusgebied openbare verlichting buitengebied. Cijfers geven de deelgebieden aan waarnaar gekeken wordt. Blauw = natuurgebied, Rood = Dorpskern

5.1 Verlichtingsareaal casusgebied

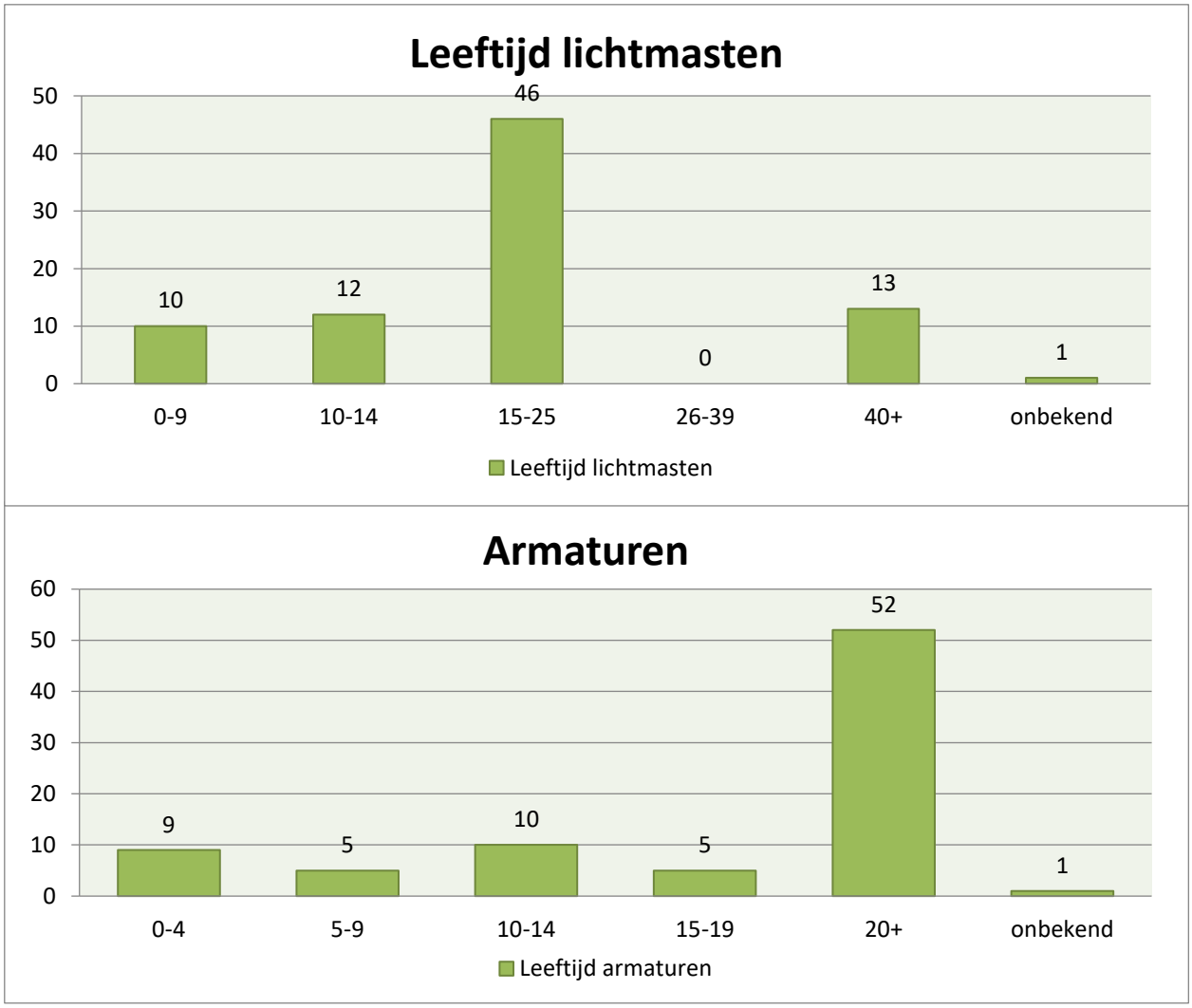
In het casus gebied staan in totaal 82 lichtmasten. Hiervan staan er 68 direct langs de Hoofdstraat en 14 lichtmasten langs zijwegen en een parkeerplaats. De grootste concentratie lichtmasten vinden we zowel op het eerste stuk tot aan Midwolde, als vanaf Lettelbert tot aan het viaduct over de A7. Het gebied tussen deze twee locaties bevat weinig lichtmasten, behalve op kruisingen. Er is geen apart fietspad aanwezig langs de gehele Hoofdstraat. Op een aantal plaatsen zijn er smalle stroken aan beide zijde van de weg ingericht voor fietsers. Doordat het fietspad direct op de rijbaan ligt, is er geen aparte verlichting voor het fietspad aanwezig. Over het gehele gebied is er geen apart voetpad aanwezig, waardoor de bewoners aan de rand van de weg moeten lopen. Hierdoor is deze weg door de gemeente gekenmerkt als een gedeelde weg, wat inhoudt dat al het verkeer extra rekening met elkaar moet houden. Qua openbaar vervoer is er één lijn die gebruik maakt van de Hoofdstraat. Lijn 88 heeft meerdere haltes welke, op de halte in Midwolde na, bestaan uit het herkenbare gele bord en geen aparte stopplaats voor de bus. De halte van Midwolde bestaat uit een verhoging met de zwart/witte stenen combinatie welke herkenbaar is voor een bushalte. Elke halte heeft ofwel een eigen lichtmast dan wel een lichtmast dichtbij welke de halte verlicht in het donker. De bus rijdt tot 18:00 uur, dus alleen in de winterperiode is de verlichting hier noodzakelijk.



Afbeelding 2. Casusgebied met verlichtingsobjecten. Groene cirkels zijn lichtmasten, witte cirkels zijn lichtmasten die niet bij het casusgebied horen.

5.1.1 Huidige status verlichtingsareaal casusgebied

Data afkomstig uit het beheersysteem *Moon*© [71] laat zien dat er van de 82 masten in totaal, 13 masten op dit moment 40 jaar of ouder zijn en dus hun technische levensduur bereikt hebben (figuur 2). Een groot gedeelte van de masten is tussen de 20-29 jaar oud en een aantal masten is jonger dan 20 jaar. Dit houdt in dat op de korte termijn de masten die ouder zijn dan 40 jaar vervangen dienen te worden, omdat ze nu een gevaar kunnen vormen voor de omgeving.
Van de 82 armaturen zijn op dit moment 52 armaturen 20 jaar of ouder. Dit houdt in dat ze het einde van de technische levensduur bereikt hebben. Daarnaast zijn een aantal armaturen al over 75% van hun technische levensduur waardoor ze op de korte termijn ook vervangen zullen moeten worden. De armaturen aan de zijstraat Pasop en de parkeerplaats in Midwolde zijn niet ouder dan 10 jaar, wat betekent dat deze nog niet vervangen hoeven te worden. Hierdoor is het nauwelijks kapitaalvernietiging als er gekozen wordt voor het volledig vervangen van de armaturen op de masten langs de Hoofdstraat.



Figuur 7. Samenstelling lichtmasten en armaturen, gerangschikt op leeftijd

5.2 Deelgebieden

Deelgebieden 1, 3 en 5 omvatten vooral buitengebieden. In deze gebieden staan relatief weinig huizen en is er meer ruimte voor de natuur. De huizen die in deze gebieden staan zijn over het algemeen vrijstaande huizen met een redelijk perceel. Veel van de straatverlichting verlicht hier naast de rijbaan ook een gedeelte van de oprijlaan.
Deelgebieden 2 en 4 omvatten de dorpskernen Midwolde en Lettelbert in het casusgebied. Hier staan de huizen dichter op elkaar en staan vaker direct aan de weg. In deelgebied 2 komen meer kruisingen van wegen voor. Verder zien we ook dat de lichtmasten hier dichter op elkaar staan om donkere plekken te voorkomen. Zie voor een uitgebreide beschrijving van elk deelgebied bijlage A.

5.3 Flora & Fauna casusgebied

In het casusgebied komen verscheidene plant- en diersoorten voor. Deze variëren in zeldzaamheid van veel voorkomend tot vrij zeldzaam. Doordat er hier sprake is van een weg door het buitengebied, zullen er regelmatig dieren oversteken of foerageren langs de weg. Hierdoor komen deze dieren direct in aanraking met de openbare verlichting. Dit is meestal negatief maar het kan ook positieve effecten hebben voor sommige soorten. In onderstaande tabel staan de diersoorten die zijn waargenomen in het casusgebied en indien mogelijk ook gespecificeerd per deelgebied. Waarnemingen zijn gedaan door adviesbureau *Buro Bakker* en door dier- en plantspotters die hun bevindingen online kunnen melden [72] [73]. Uit de waarnemingen blijkt dat er niet direct in de nabijheid van de weg dieren leven, maar dat het vaak dieren zijn die langs trekken en dat hun leefgebied verder van de weg en huizen af ligt.

Flora & Fauna	***Rotonde - Midwolde***	***Midwolde***	***Midwolde - Lettelbert***	***Lettelbert***	***Lettelbert - A7***
Bruinsnede Myc.			x	x	x
Daslook				x	
Dwergvleermuis				x	x
Egel	x	x	x	x	x
Gans					
Grauwe vliegenvanger				x	x
Green Sneeuwdrop	x	x			
Grote Bonte Specht				x	x
Grote Zilverreiger					
Heikikker				x	x
Otter				x	x
Pad					
Ree	x		x		x
Ruige Dwergvleermuis					x
Sijs	x	x	x	x	x
Spreeuw				x	x
Veldmuis	x	x	x	x	x
Vlinder	x	x	x	x	x
Waterspitsmuis				x	x
Waterviolier			x	x	x
Watervleermuis				x	

Tabel 3. Planten en dieren die zijn waargenomen in het casusgebied, opgedeeld per deelgebied.

5.4 Actor analyse

Om beter in beeld te krijgen welke belangen er precies spelen in het casusgebied, is een actor analyse uitgevoerd. Dit leidde tot vier actoren die belang hebben bij de openbare verlichting langs de Hoofdstraat; bewoners, gemeente Leek, overige weggebruikers en de natuur.

Het eerste belang is dat van de bewoners zelf. De bewoners hebben dagelijks te maken met de openbare verlichting. Door middel van een enquête zijn de behoeftes en belangen van de bewoners onderzocht. In het volgende hoofdstuk zal hier verder op in worden gegaan. Maar een kleine vooruitblik laat zien dat een meerderheid van de bewoners van het casusgebied liever niet wil dat er minder verlicht wordt. Dit uit angst voor een vermindering van de veiligheid op straat. Alternatieven zoals reflectoren of kattenogen, i.p.v. de huidige verlichting worden ook niet breed gedragen onder de bewoners, echter wel kwam naar voren dat sensoren wellicht een goed alternatief kunnen zijn, omdat er dan wel sprake is van verlichting op straat op het moment dat dit nodig is. Een belangrijk punt dat naar voren kwam in de enquête is dat veel mensen een lichtmast voor de deur hebben en dit erg prettig vinden en deze ook liever niet zien verdwijnen.

Het tweede belang is dat van de gemeente. De gemeente hanteert sinds 2013-14 het beleid “niet verlichten, tenzij…” waardoor ze proberen de verlichting te verminderen indien dit mogelijk is. Daarbij komt dat de gemeente heeft afgesproken in een kadernota, dat bij vervanging van armaturen, er altijd vervangen zal worden naar led, met de kennis dat dit altijd een investering met zich mee brengt. Deze investering zal bijna nooit terug te verdienen zijn met de winst die behaald wordt met de gereduceerde kosten aan energie en onderhoudskosten. De gemeente legt zich hierbij neer en is dan ook vooral geïnteresseerd in de mogelijke procentuele energiebesparing t.o.v. de oude installatie en het is belangrijk dat er een sociaal gedragen voorziening staat.
Dat een lichtmast ook tegelijkertijd de erfverlichting verzorgd voor bewoners vindt de gemeente niet ideaal. De gemeente is op dit punt van mening dat bewoners prima in staat zijn om hun eigen erf te verlichten en dat bij verwijdering/vermindering van lichtmasten hier geen rekening mee gehouden hoeft te worden, tenzij hier een goede redenering voor is.

Naast de bewoners die gebruik maken van de weg, wordt de weg ook gebruikt door mensen die vanuit Leek naar de Groningen reizen en andersom. Ook scholieren vallen onder deze categorie. Voor deze mensen is het minder van belang hoe de uitstraling naar buiten is en/of naar het privé erf van bewoners. Deze weggebruikers hebben er vooral baat bij dat de weg goed te zien is en dat ze zich goed kunnen oriënteren en veilig voelen.

De laatste belanghebbende is de natuur. Hoewel de natuur niet in staat is haar mening te geven, is het wel van belang dat in de besluitvorming hier wel rekening mee wordt gehouden. Zoals uit eerdere hoofdstukken is gebleken, ondervind de natuur wel degelijk hinder van de openbare verlichting. De hinder van strooilicht is een belangrijk punt en ook de effecten van verschillende kleuren licht zijn van belang voor de natuur. Bovendien heeft de natuur baat bij donkerte, wat past bij het beleid van de gemeente om “niet te verlichten tenzij...”.

Uiteindelijk is het de taak van de gemeente om de rol als overkoepelende organisatie op zich te nemen en de belangen van de verschillende actoren te wegen. Om vervolgens met een beleid of plan te komen wat op een brede consensus kan rekeningen.

5.5 Conclusie

De verlichting aan de Hoofdstraat is aan vervanging toe. De technische afschrijvingstermijn van het overgrote deel van de armaturen is verstreken en hetzelfde geld voor een klein aantal masten. Bovendien is een groot aantal masten op dit moment rond de 20 jaar oud, waardoor ze uitermate geschikt zijn voor een nieuw armatuur met een levensduur van 20 jaar. De Flora & Fauna van het casusgebied is nog niet goed in kaart gebracht. De data uit dit hoofdstuk komen voort uit burgerwaarnemingen en zijn gedaan door Buro Bakker. Uit de beschikbare data is naar voren gekomen dat veel dieren hun leefgebied niet direct naast de weg hebben, maar hier af en toe wel langs trekken of foerageren. Het belang van de actoren dient mee genomen te worden in de afweging om wel of niet te verlichten.

6 Enquêteresultaten

Om een duidelijk beeld te krijgen van de huidige verlichting en hoe de bewoners van de Hoofdstraat hierover denken, is er een korte enquête gehouden. Centraal in de enquête stond de vraagstelling wat de bewoners van de huidige verlichting vinden en hoe ze staan tegenover aanpassingen op deze verlichting. Daarnaast was de enquête een goed moment om ook het gevoel van veiligheid te toetsen onder de bewoners. Over een periode van drie dagen is er langs de huizen gegaan om de mensen te vragen de enquête in te vullen. Voorafgaand aan deze drie dagen hebben de bewoners een brief ontvangen van de gemeente waarin werd aangekondigd dat er iemand langs de deuren zal komen. Indien bewoners niet thuis waren kregen ze de mogelijkheid om de enquête ofwel online in te vullen of retour te sturen via een bijgeleverde retourenvelop. Voor de online enquête is gebruik gemaakt van Thesistools. De enquête is bijgevoegd als bijlage B.

In totaal zijn er ± 110 adressen bezocht waarna er door 79 mensen gereageerd werd op de enquête. Dit komt neer op ongeveer 70% van de bezochte adressen. Het merendeel is ingevuld gedurende de huis-aan-huis ronde en een klein gedeelte is naderhand door de bewoners ingevuld en retour gezonden via een bijgeleverde envelop. Wanneer men thuis was en de vraag kreeg om mee te doen aan de enquête was iedereen, op één bewoner na, bereid om mee te doen. Er wordt door het merendeel aangegeven dat ze het waarderen dat er om hun mening wordt gevraagd betreffende de openbare verlichting.

Onderstaande tabellen laten de algemene gegevens zien van de enquête.

Deelnemers					
Totaal	Deelgebied 1	Deelgebied 2	Deelgebied 3	Deelgebied 4	Deelgebied 5
79	*15,2% (12)*	*16,5% (13)*	*24,1% (19)*	*20,3% (16)*	*24,1% (19)*

Leeftijd				
Gemiddeld	<35	35-50	>50	Onbekend
58,8 ± 15,3	*7,6% (6)*	*17,7% (14)*	*72,2% (57)*	*2,5% (2)*

Geslacht		
Man	Vrouw	Onbekend
49,4% (39)	*49,4% (39)*	1,3% (1)

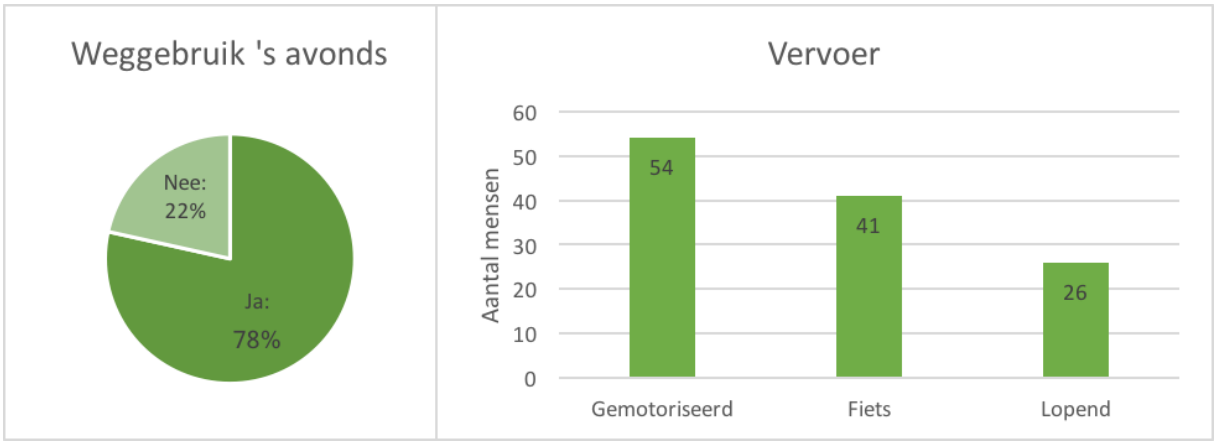
Tabel 4. Algemene gegevens deelnemers enquête. Bovenste tabel geeft het aantal deelnemers weer en het aantal deelnemers per deelgebied. De middelste tabel toont de gemiddelde leeftijd en aantal deelnemers per leeftijdscategorie. Twee deelnemers hebben helaas hun leeftijd niet ingevuld. Laatste tabel laat de verhouding man/vrouw zien onder de deelnemers. Eén deelnemer was vergeten dit in te vullen.

Te zien is dat er in elk van de vijf deelgebieden een redelijke hoeveelheid mensen gereageerd heeft. Deelgebied 3 en 5 zijn het meest vertegenwoordigd. Afgaande op het aantal adressen in deze gebieden waren deze cijfers te verwachten. De gemiddelde leeftijd in het casusgebied ligt vrij hoog, namelijk 2/3 van de bewoners is ouder dan 50 jaar. Dit is mede te verklaren door het feit dat het in het buitengebied vrijwel altijd vrijstaande huizen betreft met een redelijke hoeveelheid grond. Dit betekent dat de huizenprijzen buiten het bereik van de starters liggen en dat veel mensen er voor lange tijd wonen.

6.1 Verkeer

6.1.1 Weggebruik

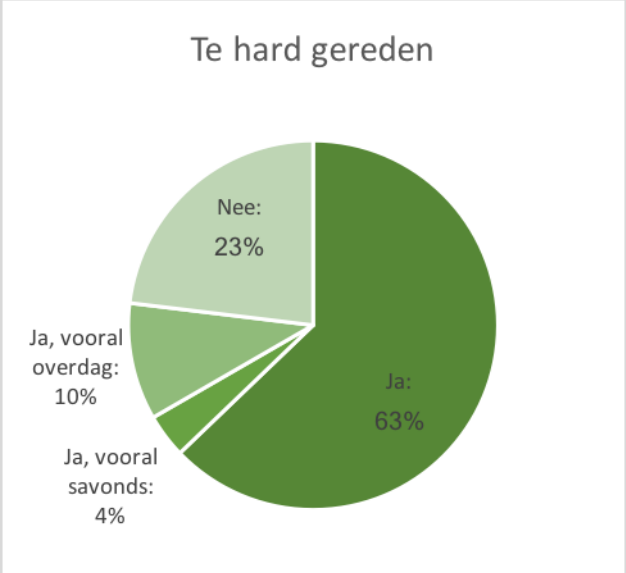
Van de bewoners die de enquête hebben ingevuld geeft 78% aan ’s avonds regelmatig gebruik te maken van de weg. Dit gebeurt voornamelijk met gemotoriseerd vervoer, maar ook de fiets is populair onder deze weggebruikers (figuur 8). Wanneer men loopt is dit vaak naar de kerk of ’s avonds om de hond uit te laten.



Figuur 8. Visuele weergave van de antwoorden op de vragen: "Maakt u 's avonds regelmatig gebruik van de weg?" en "Indien u 's avonds gebruik maakt van de weg, via welk vervoersmiddel is dit dan?"

6.1.2 Snelheid

Van de ondervraagden vindt een overgrote meerderheid dat er te hard wordt gereden op de Hoofdstraat (figuur 9). Een klein aantal van deze mensen vindt dat er vooral ’s avonds te hard wordt gereden (4%) en er is ook een kleine groep welke vindt dat er juist vooral overdag te hard wordt gereden (10%). Opvallend is dat in deelgebied 2, bijna iedereen vindt dat er te hard wordt gereden, terwijl dit een 30-km zone is. Ook kwam naar voren tijdens het afnemen van de enquête, dat men vindt dat vooral in bochten mensen nauwelijks afremmen en dat er op de rechte stukken soms met gevaarlijke manoeuvres wordt ingehaald.

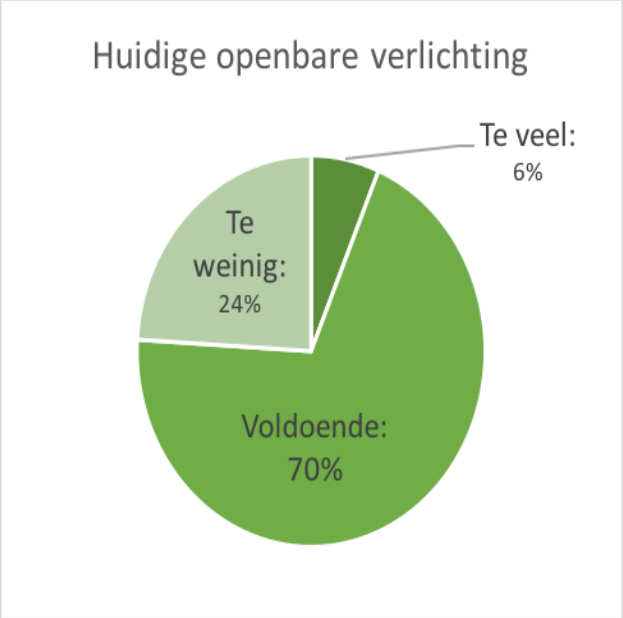


Figuur 9. Vraag: "Vind u dat er hier vaak te hard wordt gereden?"

6.2 Verlichting

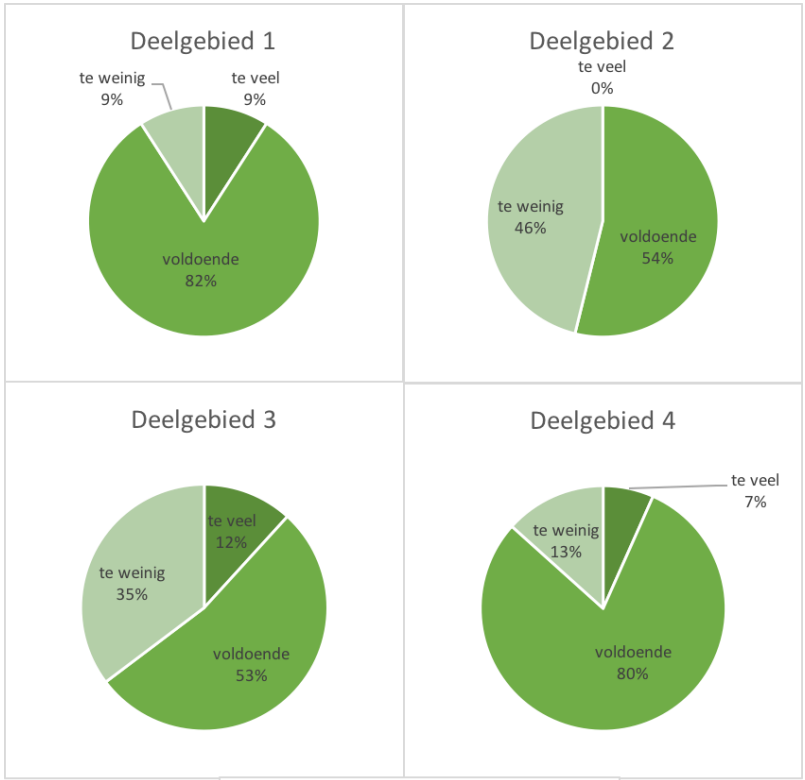
6.2.1 Huidige openbare verlichting

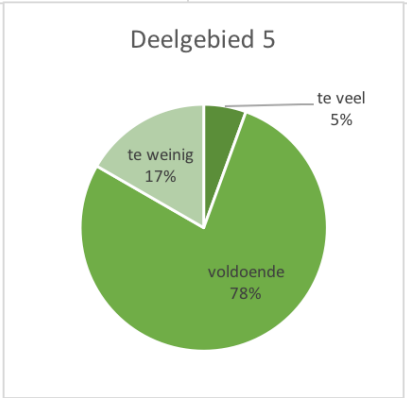
Het merendeel van de bewoners (70%) vindt dat de huidige openbare verlichting goed is (figuur 10). Toch zijn er ook een aantal bewoners (24%) die de huidige verlichting te weinig vinden. Vooral het stuk tussen Midwolde en Lettelbert heeft te weinig verlichting, vonden deze bewoners. Omdat het daar zo donker is, kun je vaak niet goed de weg van de berm onderscheiden. Het aantal bewoners dat vindt dat er te veel verlichting is, is gering (6%). Wel kwam naar voren dat de zijstraat Pasop te veel verlicht is. Dit werd ook bevestigd door een aantal bewoners die de verlichting langs de Hoofdstraat voldoende vonden. Verder wordt door bewoners aangegeven dat de zijstraat de Ree erg donker is.



Figuur 10. Vraag: "Wat vindt u van de huidige openbare verlichting langs uw weg?"

6.2.2 Huidige verlichting per deelgebied



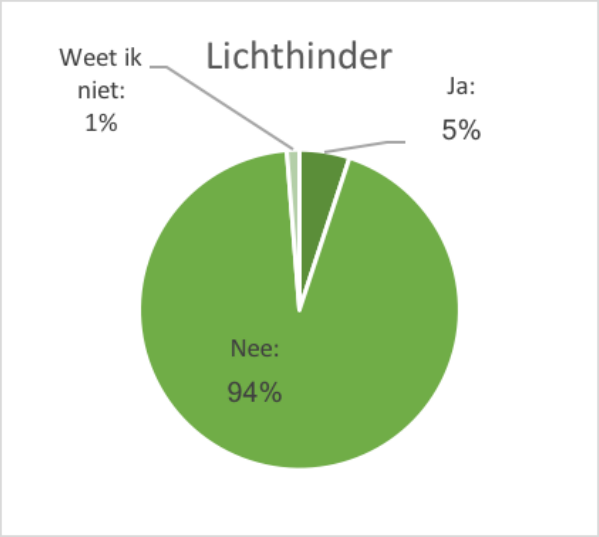


In nevenstaande figuur is te zien hoe de bewoners per deelgebied denken over de openbare verlichting langs de Hoofdstraat. Duidelijk is te zien dat er in elk gebied een meerderheid de verlichting voldoende vindt. Wat wel opvalt is dat in zowel deelgebied 2 en 3 het aantal bewoners dat de verlichting te weinig vindt relatief groot is, respectievelijk 46% en 35%. Dit is voor deelgebied 2 te verklaren doordat de zijstraat de Ree in dit gebied ligt. Hier is door veel bewoners aangegeven dat ze de huidige verlichting te weinig vinden. Voor deelgebied 3 is verder opvallend dat zich hier de meeste bewoners vinden die de verlichting te veel vindt. Dit kan verklaard worden door de zijstraat Pasop, waar zoals eerdergenoemd veel verlichting staat. Hier mogen we uit concluderen dat de bewoners niet graag zien dat er minder verlicht gaat worden op de Hoofdstraat.

Figuur 11. Weergave per deelgebied wat de deelnemers vinden van de huidige openbare verlichting.

6.2.3 Lichthinder

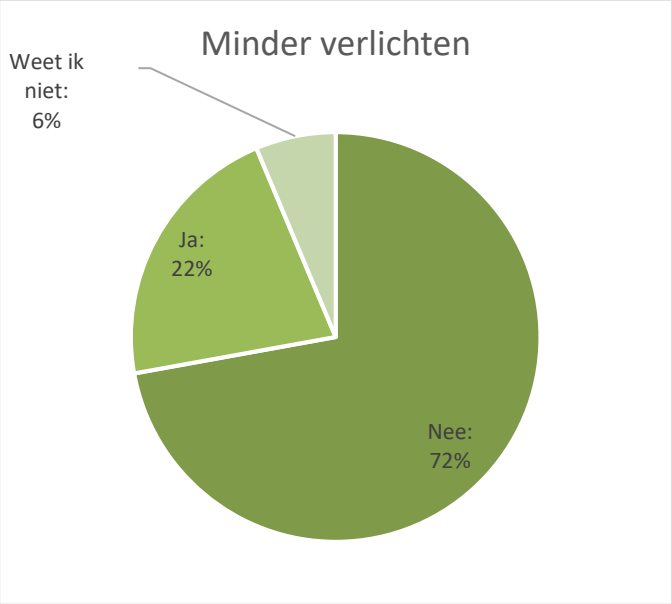
Lichthinder ontstaat wanneer mensen overlast hebben van een lichtmast. Dit kan bijvoorbeeld komen doordat deze naar binnen schijnt of dat deze, wanneer men op straat loopt, erg fel is voor de ogen. Uit de enquête is naar voren gekomen dat de overgrote meerderheid van de bewoners (95%) aan de Hoofdstraat geen hinder ondervindt van de huidige verlichting (figuur 12). Ze vinden de verlichting niet storend. Door een aantal bewoners is wel als opmerking aangegeven dat ze de verlichting soms wel wat “zacht” vinden en dat er daardoor soms onveilige situaties ontstaan. Eén bewoner gaf aan dat hij de verlichting te fel vind en dat deze bij hem naar binnen schijnt.



Figuur 12. Vraag: "Ervaart u ook lichthinder van de openbare verlichting?"

6.3 Alternatieven voor de verlichting

6.3.1 Minder verlichten

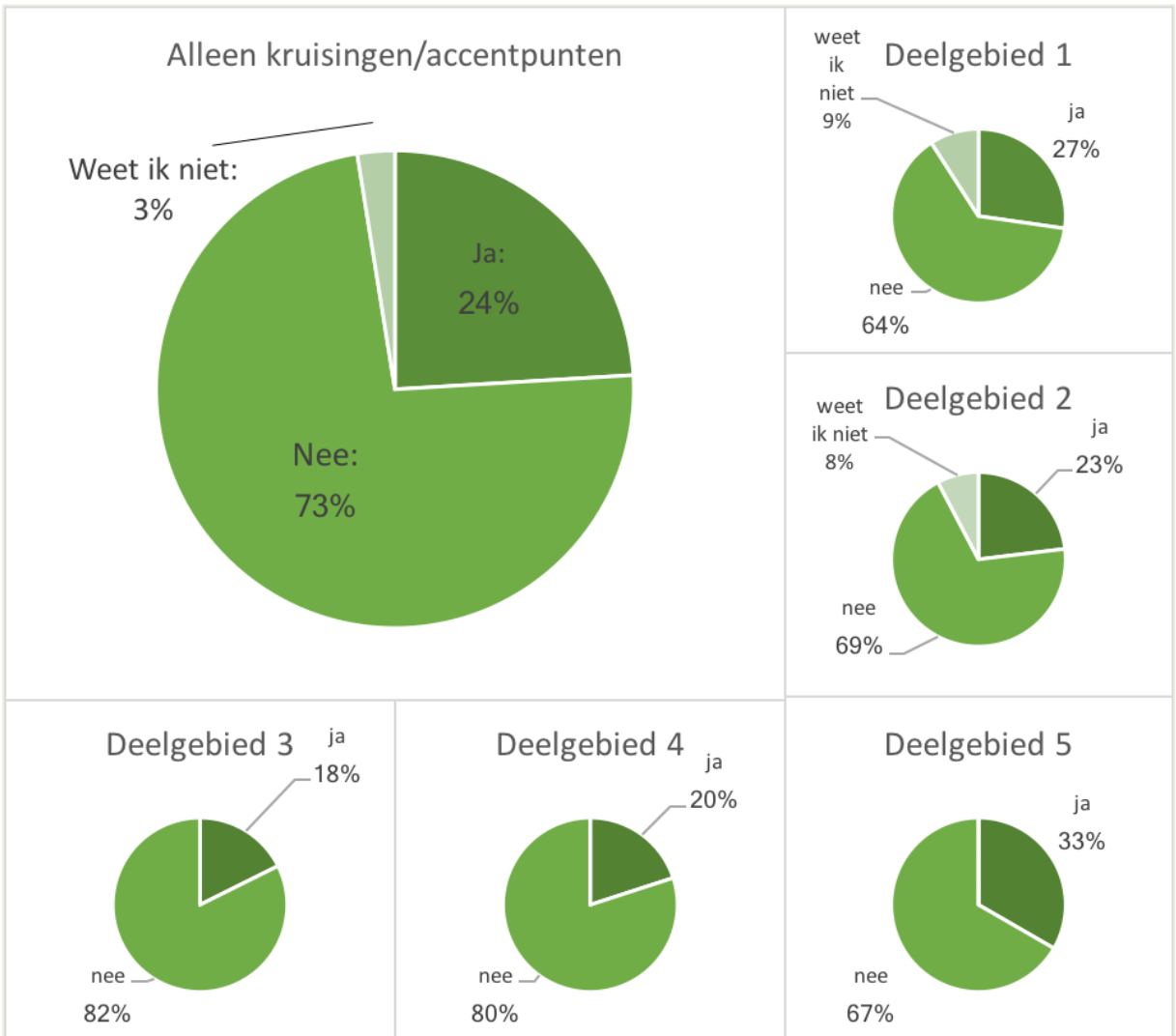


Figuur 13. Vraag: "Zou u het goed vinden als er minder wordt verlicht?"

De bewoners is de keus voorgelegd of ze het erg zouden vinden wanneer er minder verlicht zou gaan worden. Een grote meerderheid (72%) wil niet dat er minder verlicht gaat worden en wil graag het huidige verlichtingsniveau behouden (figuur 13). Veel bewoners geven aan dat ze bang zijn dat dit ten koste zal gaan van de veiligheid omdat mensen nog minder goed zichtbaar zijn. Het deel van de ondervraagden (22%) dat wel van mening is dat er minder verlicht moet worden geven hoofdzakelijk het argument dat het een buitengebied is en dat het hier donker behoord te zijn.

6.3.2 Alleen kruisingen en accentpunten blijven verlichten

De gemeente heeft de mogelijkheid om ervoor te kiezen dat er alleen verlicht wordt bij de kruispunten en accentpunten. Met accentpunten wordt hier bedoeld gevaarlijke locaties zoals onoverzichtelijke bochten en verhogingen in het wegdek. Dit betekent wel dat op de tussenliggende stukken de verlichting uit gaat. 73% van de ondervraagden vind dit geen goed alternatief (figuur 14). Veel bewoners denken dat het dan te donker wordt. 24% van de ondervraagden denkt dat dit wel een goed alternatief is. Veel zijn van mening dat het vooral de gevaarlijke punten zijn die extra in het licht gezet moeten worden, ook om het duidelijk te maken dat men hier snelheid moet verminderen.
Wanneer we dit vervolgens bekijken per deelgebied zien we dat dit beeld ook terugkomt in elk deelgebied. In deelgebied 5 is er meer draagvlak voor het alleen verlichten van kruisingen en accentpunten, maar dit is nog steeds een minderheid van de bewoners in dit gebied. Uit de gesprekken met de bewoners kwam naar voren dat ze het wel belangrijk vinden dat de kruispunten en accentpunten goed zichtbaar zijn, maar dat ze dit niet ten koste willen zien gaan van de verlichting op de tussenliggende stukken. Een aantal bewoners opperen dan ook het idee om met sensoren te werken, zodat er altijd verlichting is en deze zich aanpast aan het gebruik van de weg.



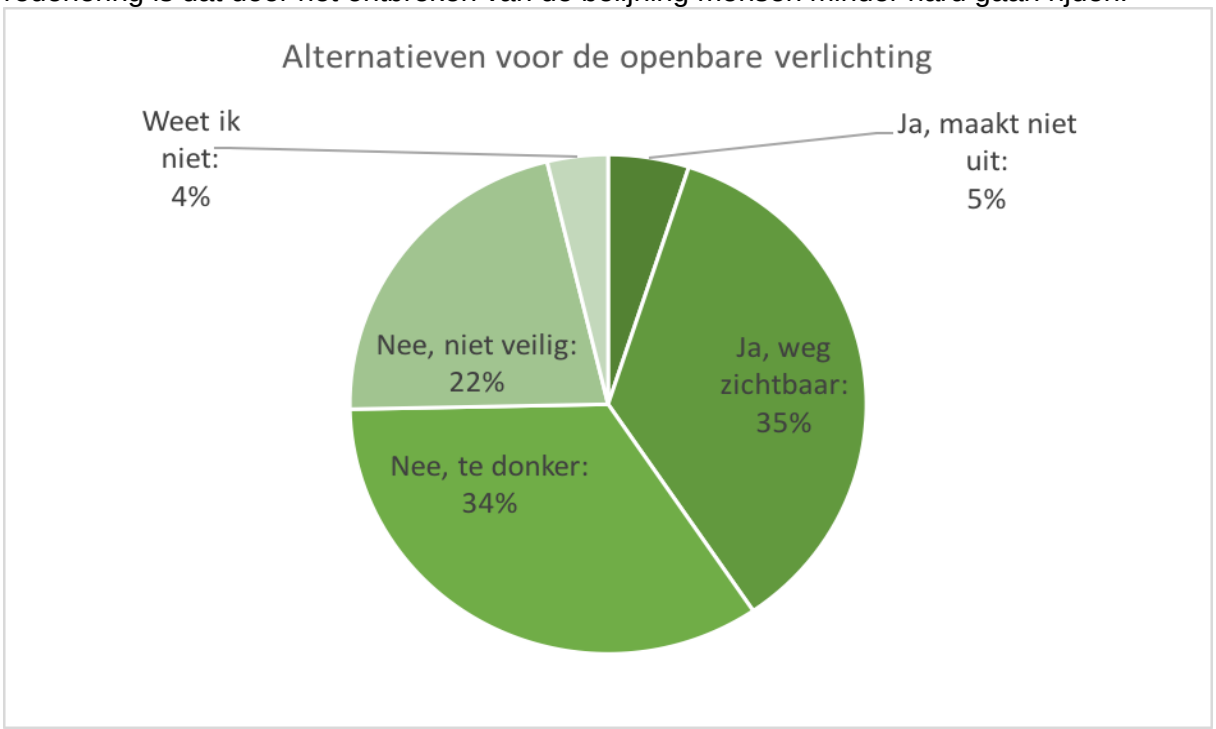
Figuur 14. Vraag: "De mogelijkheid is aanwezig om alleen te verlichten bij kruisingen van wegen en oversteekplaatsen. Zou u dit prima vinden? Hier is weergegeven de antwoorden voor het totale casusgebied en dit is vervolgens gesplitst per deelgebied.

6.3.3 Alternatieven voor de openbare verlichting

Het is mogelijk om in plaats van lichtmasten langs de weg te kiezen voor alternatieven in de openbare verlichting. Denk hierbij aan bijvoorbeeld lichtgevende reflectorpaaltjes langs de weg, actieve kattenoogjes in het wegdek of werken met sensoren in de lichtmasten zodat ze aangaan naar gelang het gebruik van de weg. De bewoners is deze keuze ook voorgelegd met de vraag of ze dit prima vinden in plaats van de huidige verlichting. Hierbij was er de mogelijkheid om specifieker te antwoorden dan gewoon ja of nee. Uit de enquête is naar voren gekomen dat iets meer dan de helft van de ondervraagden liever geen alternatieven ziet (figuur 15). Een meerderheid van deze groep (34%) geeft aan dat ze dan bang zijn dat het te donker gaat worden op straat. Een opmerking van een van de bewoners is dat de verlichting er ook voor zorgt dat mensen 's avonds juist naar buiten gaan, verminder je deze verlichting, dan zal dit ook ten koste gaan van het sociale leven van mensen. Uiteindelijk kan dit ook leiden tot minder veiligheid op straat. 22% van de ondervraagden vindt dat het direct minder veilig wordt op straat als de verlichting uit gaat en er gekozen wordt voor alternatieven zoals lichtgevende paaltjes of kattenoogjes in het wegdek.

Daar staat tegenover dat er ook een grote groep bewoners is die alternatieven wel ziet zitten. 35% van de ondervraagden vind deze alternatieven prima, zolang de weg maar goed zichtbaar blijft. Een klein percentage vindt het prima om alternatieven te gebruiken, waarbij het ze niet veel uitmaakt wat voor alternatieven dit dan zijn.

Tevens kwam er tijdens de ronde langs de huizen vaak naar voren dat mensen de wegdekmarkering missen. Op dit moment is er alleen wegdekmarkering in het stuk tussen de dorpskern van Midwolde en de bocht met de zijstraat Pasop. Vanuit de gemeente is ervoor gekozen om de wegdekmarkering weg te halen in de dorpskernen en bewoonde gedeeltes, omdat de weg hier een gezamenlijke ruimte betreft. Er zijn geen aparte fietspaden en de redenering is dat door het ontbreken van de belijning mensen minder hard gaan rijden.

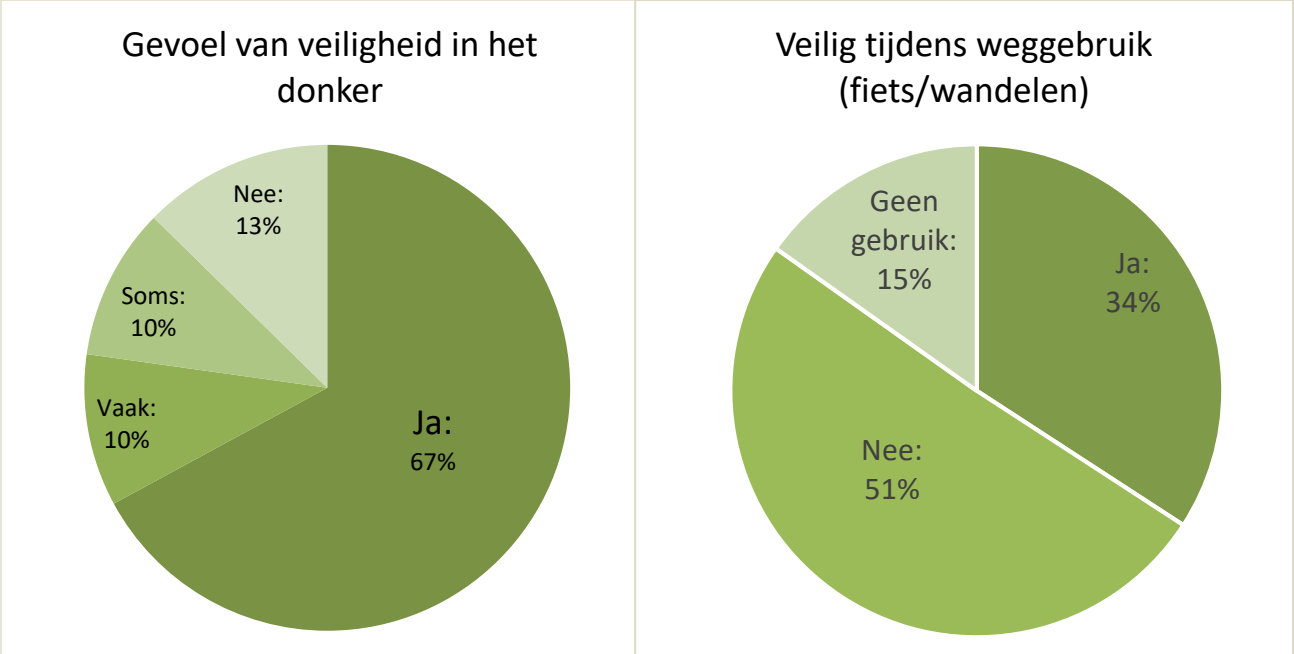


Figuur 15. Vraag: "De mogelijkheid bestaat, uitgezonderd bij kruisingen en oversteekplaatsen, om te kiezen voor alternatieven in de verlichting (lichtgevende paaltjes, reflectoren, kattenoogjes in het wegdek). Zou u dit goede alternatieven vinden?"

6.4 Veiligheid

Verlichting gaat vaak samen met een gevoel van sociale veiligheid. Verlichting zorgt ervoor dat men zichtbaar is en dat de omgeving zichtbaar is. De gemeente was nieuwsgierig naar de beleving van veiligheid van bewoners aan de Hoofdstraat op zowel het eigen erf als wanneer ze gebruik maken van de weg als voetganger of fietser. Onderstaand figuur laat het gevoel van veiligheid op het eigen erf zien. Hier zien we dat de overgrote meerderheid (67%) van de ondervraagden zich veilig voelt op het eigen erf wanneer het buiten donker is. Veel ondervraagden gaven aan dat ze beseffen dat het buiten 's avonds donker is omdat het om een buitengebied gaat, en dit een effect kan hebben op de veiligheid, maar dat ze hier bewust voor hebben gekozen omdat een buitengebied ook rust biedt. Een klein percentage van de ondervraagden (13%) geeft aan zich 's avonds niet veilig te voelen op het eigen erf. Een belangrijk punt wat uit de opmerkingen naar voren kwam bij deze ondervraagden, is dat dit vaak te maken heeft met ervaringen uit het verleden. Een aantal ondervraagden gaf aan dat er weleens bij ze is ingebroken en dat ze zich hierdoor nu niet meer veilig voelen op het eigen erf.

Wanneer werd gevraagd of de bewoners zich ook veilig voelen wanneer ze 's avonds gebruik maken van de weg op de fiets of te voet, geeft 51% van de ondervraagden aan zich niet veilig te voelen wanneer ze op deze manier gebruik maken van de weg. Redenen die hier veelvoudig voor worden gegeven zijn dat er erg hard wordt gereden en dat je over het algemeen slecht te zien bent als fietser en/of voetganger. Ook het ontbreken van een fietspad en trottoir wordt als reden gegeven voor het gevoel van onveiligheid. Van de ondervraagden (34%) die aangaven zich wel veilig te voelen bij gebruik van de weg 's avonds, gaven veel aan dat ze zelf zorgen voor verlichting. Ze dragen een reflecterend jack, zorgen voor een zaklamp en voor goede fietsverlichting. Wel wordt aangegeven dat ze nog steeds uit voorzorg opzij stappen wanneer er een auto aan komt.



Figuur 16. Weergave van de antwoorden op de vragen: "Voelt u zich hier veilig in het donker? (links)" en " Voelt u zich als fietser/voetganger 's avonds veilig? (rechts)"

6.5 Conclusie

Doordat de enquête is ingevuld door ongeveer 70% van de adressen langs de Hoofdstraat in het casusgebied betekent dit dat het een representatief beeld geeft over hoe de bewoners denken over veranderingen in de openbare verlichting. Uit de enquête zijn de volgende belangrijke punten naar voren gekomen:

Verlichting

- De huidige openbare verlichting is voldoende en veel mensen vinden het niet nodig hier iets aan te veranderen,
- Wanneer ervoor gekozen wordt om minder te gaan verlichten, wordt dit niet gedragen door een meerderheid van de bewoners,
- Een meerderheid van de bewoners ziet er niets in om alleen bij kruisingen en accentpunten te gaan verlichten en de tussen liggende stukken in het donker te zetten,
- Iets meer dan 50% van de bewoners wil geen alternatieven voor de openbare verlichting, zoals reflecterende paaltjes en kattenoogjes in het wegdek,
- Circa 35% van de bewoners staat wel open voor alternatieven in de verlichting,
- Uit de rondgang langs de huizen kwam naar voren dat veel mensen wel heil zien in sensoren, waardoor er altijd verlichting is op het moment dat het nodig is,
- Het merendeel van de bewoners vindt de lichtmast voor de deur prettig om persoonlijke redenen.

Algemeen

- Een overgrote meerderheid is van mening dat er hier te hard wordt gereden en zou dit graag zien veranderen,
- Veel bewoners voelen zich in het donker rondom het eigen huis veilig,
- ’s Avonds op de fiets of te voet langs de weg voelt de helft van de mensen zich niet veilig voornamelijk door het hard rijdende verkeer,
- Het ontbreken van wegdekmarkering op grote delen van de Hoofdstraat wordt door veel bewoners als hinderlijk ervaren.

7 Analyse

In dit hoofdstuk worden de bevindingen uit voorgaande hoofdstukken geanalyseerd en samengevoegd tot een aantal opties die de gemeente kan toepassen op het buitengebied. Elke optie wordt tegen elkaar gewogen om uiteindelijk tot de meest geschikte oplossing te komen voor het buitengebied.

7.1 Weginrichting

Om met een plan te komen over hoe de verlichting in het casusgebied moet worden ingericht, zal er eerst bepaald moeten worden welke verlichting er bij de weg past. De gemeente deelt de verlichting van wegen in op functie, gericht op verkeersveiligheid en sociale veiligheid. De eerste staat voornamelijk bij verbindingswegen en gebieds-ontsluitingswegen waar over het algemeen 50 km per uur gereden wordt. De sociale verlichting staat bij woonerfwegen of bij wegen waar huizen vlak langs de weg staan. Over het algemeen geldt er vaak een snelheidslimiet van 30 km per uur op deze wegen.
Dit gezegd hebbende, valt nu al te concluderen dat de Hoofdstraat een bijzondere weg is. Het is hoofdzakelijk een gebieds-ontsluitingsweg en verbindingsweg met een maximale snelheid van 50 km per uur. Dit zou betekenen dat de verlichting ingericht moet worden naar verkeersveiligheid. Echter er zijn een aantal argumenten aan te voeren waarom dit juist niet het geval is. Ten eerste bevinden bijna alle huizen langs de Hoofdstraat zich direct aan de weg, iets wat kenmerkend is voor een woonwijk; bijkomend is dat de opritten van deze huizen direct op de Hoofdstraat uitkomen, wat voor mogelijk gevaarlijk situaties kan zorgen. Ten tweede is de Hoofdstraat ingericht voor gezamenlijk gebruik van de weg. Dit wil zeggen dat naast gemotoriseerd vervoer, ook fietsers en voetgangers gebruik maken van hetzelfde wegvak. Er is geen apart trottoir of fietspad. Ten slotte is er vanuit de bewoners aangegeven dat ze niet willen dat er minder verlicht wordt. Bij een weg waar de verlichting ingericht wordt naar verkeersveiligheid, gaat de verlichting ‘s nachts uit, waardoor het donker wordt tussen de accentpunten. Dit is niet gewenst door de bewoners, voornamelijk uit veiligheidsoogpunt. Gebaseerd op deze argumenten is aan te bevelen de verlichting op de Hoofdstraat hoofdzakelijk in te richten naar een sociale functie.

7.2 Verlichtingsareaal

Het huidige verlichtingsareaal aan de Hoofdstraat is gevarieerd. Zoals eerder aangegeven is een aantal lichtmasten (N=13) ouder dan 40 jaar en dient vervangen te worden. De overige lichtmasten zijn 22 jaar of jonger, waardoor alleen armatuurvervanging volstaat, omdat ze nog een volle armatuurcyclus van 20 jaar mee kunnen. De investeringskosten voor het vervangen van de 13 lichtmasten bedragen € 4.862,-. Zie bijlage C voor een uitgebreid overzicht van de kosten.

In totaal kunnen er 68 van de 82 armaturen vervangen worden en kunnen 14 armaturen uitgerust worden met een retrofit lamp. De 14 armaturen die uitgerust worden met een retrofit lamp bevinden zich op een 4-meter paaltop mast. Deze masten hoeven nog niet vervangen te worden en de armaturen kunnen nog minimaal 10 jaar mee. Door middel van retrofit is een energiebesparing van 50% mogelijk t.o.v. de oude lampen. Deze lichtmasten bevinden zich zowel aan de zijstraat Pasop en de zijstraat in Midwolde richting Nienoord.

Van de 68 armaturen zijn er 8 armaturen die jonger zijn dan 20 jaar en die nog niet het einde van de technische levensduur bereikt hebben. Echter om een uniform straatbeeld te behouden is er, in overleg met de gemeente, toch gekozen deze armaturen te vervangen. Dit met het oog op de toekomst. Wanneer er nu gekozen zou worden voor retrofit led betekent dit dat er over een niet al te lange periode alsnog vervangen moet worden met nieuwe armaturen. Dit betekent extra kosten door het geringe aantal armaturen dat vervangen moet worden en de remplace van deze armaturen zal altijd uit lijn lopen met de overige armaturen. De vervangen armaturen die nog niet afgeschreven zijn kunnen eventueel elders in de gemeente hergebruikt worden (herplaatsingskosten bedragen €112,- excl. Planvorming).

Er is gekozen om in dit adviesrapport te rekenen met Lightronics Brisa LED 14W. Dit is het standaard armatuur dat door de gemeente gebruikt wordt bij 6m lichtmasten met enkele en/of dubbele uithouders wanneer vervangen wordt door led.

De totale investering die nodig is voor het vervangen van de 68 armaturen en 14 retrofit lampen bedraagt € 20.212,-. Deze kosten zijn excl. Planvorming en voorbereidingskosten. Zie bijlage C voor een overzicht van de kosten.

7.3 Opties

Naar aanleiding van dit rapport worden drie mogelijke opties voorgesteld met betrekking tot de openbare verlichting van de Hoofdstraat, welke bij alle partijen draagvlak genieten. Allereerst is het belangrijk te vermeldden dat in alle opties het sociale dimregime centraal staat:

- Aan – 22.00 uur, 100% (0% dimmen)
- 22.00 – 23.00 uur, 70% (30 % dimmen)
- 23.00 – 0.00 uur, 50% (50% dimmen)
- 0.00 – 6.00 uur, 20% (80% dimmen)
- 6.00 – uit, 100% (0% dimmen)

Dit dimregime staat echter niet vast, en het is mogelijk om hiervan af te wijken. Zoals eerder genoemd is uit de enquête naar voren gekomen dat de bewoners liever niet willen dat alleen de kruisingen en/of accentpunten verlicht worden en dat alternatieven zoals reflecterende paaltjes, ook geen breed draagvlak hebben. Wel werd aangegeven dat er heil wordt gezien in het gebruik van sensoren, om zo altijd voldoende licht te hebben op plekken waar dit nodig is. De gemeente heeft zich uitgesproken in het beperken van de lichthinder en om energie te besparen op de OVL. Desalniettemin is het voor de gemeente wel belangrijk dat er een kwalitatief goede openbare dienst geleverd wordt. Om de opties dan ook goed te vergelijken is er een pro/contra analyse gemaakt van iedere optie. Eerst zal er een korte uitleg worden gegeven bij elke optie.

7.3.1 Optie 1 – Sociaal gedimd

Hier zal, na vervanging van de conventionele verlichting, het bovenstaande sociale dimschema geïmplementeerd worden zoals ook elders al in de gemeente gebeurt. Bij deze manier van verlichten is er altijd licht op straat en ontstaan er geen donkere plekken. De armaturen zijn uitgerust met een statische dimmer. Dit is de makkelijkste en minst ingrijpende verandering.

7.3.2 Optie 2 – Nacht sensor

Voor de tweede optie wordt er een mix voorgesteld van het sociale dimregime en het gebruik van sensoren. De sensoren zullen ’s nachts aan staan en op deze manier de verlichting aanpassen aan het weggebruik. Het dimregime zal er dan als volgt uit zien:

- Aan – 22.00 uur, 100% (0% dimmen)
- 22.00- 23.00 uur, 70% (30% dimmen)
- 23.00 – 0.00 uur, 50% (50% dimmen)
- 0.00 – 6.00 uur, 0-50% (100-50% dimmen)

Tot 0.00 uur wordt het normale sociale dimregime gehanteerd. Na middernacht worden de sensoren ingeschakeld en gaat de verlichting alleen nog aan (tot 50% van de maximale intensiteit) op de momenten dat er gebruik wordt gemaakt van de weg. Dit kan zowel een automobilist als een voetganger of fietser zijn. De sensoren zijn zo afgesteld, dat deze niet reageren op langs lopende dieren of bewegende takken [21].

7.3.3 Optie 3 – Voltijd sensor

Voor de derde optie wordt voorgesteld volledig gebruik te maken van sensoren. Het dimregime is zoals eerder genoemd gebaseerd op het sociale dimregime, maar is nu altijd afhankelijk van het weggebruik. Het dimregime zal er dan als volgt uit zien:

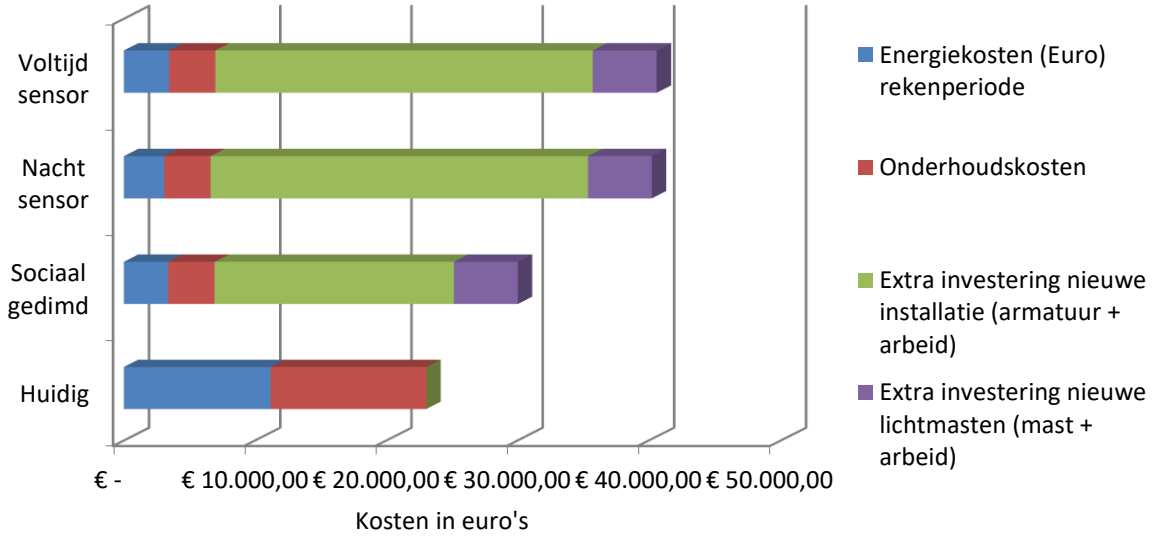
- Aan – 0.00 uur, 50-100% (50-0% dimmen)
- 0.00 – 6.00 uur, 20-50% (80-50% dimmen)

De lampen blijven altijd op 50% branden vanaf het moment van activeren tot 0.00 uur. Wanneer een weggebruiker wordt geregistreerd door de sensor, zal deze de lamp en de daaropvolgende lampen opschalen naar 100% verlichting om na een paar minuten weer terug te gaan naar het oorspronkelijke dimniveau. Na 0.00 uur worden de lampen standaard gedimd tot 20% en schakelen naar 50% wanneer een weggebruiker geregistreerd wordt door de sensoren.

7.4 Kostenoverzicht

Voor elke optie is doorgerekend wat de kosten bedragen over een periode van 20 jaar. De periode van 20 jaar is gekozen omdat dit de afschrijvingstermijn is van de armaturen. Dit is gedaan door het maken van een TCO voor elke optie. Voor de TCO is gebruik gemaakt van de rekenhulp die beschikbaar is gesteld door het VROM [74].

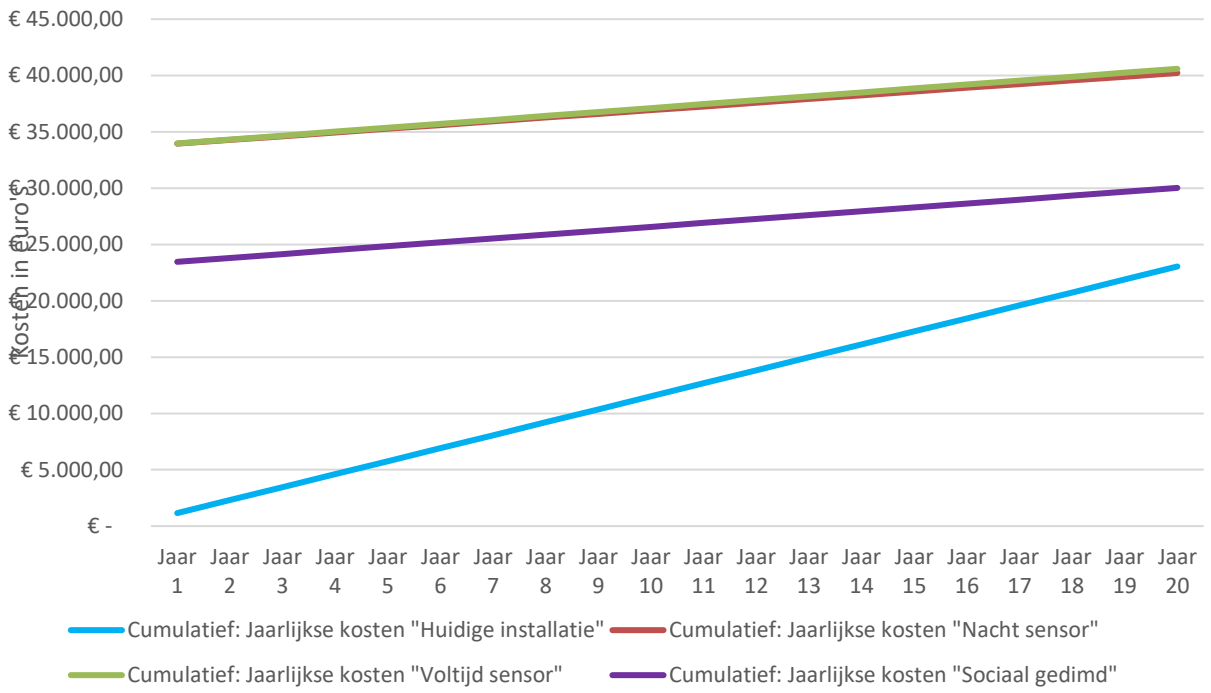
In onderstaand figuur is goed te zien dat alle drie de opties significant duurder zijn over een periode van 20 jaar dan de huidige installatie. Dit was echter te verwachten aangezien de ombouw naar led om een investering vraagt en ledverlichting nu eenmaal niet goedkoop is.



Figuur 17. TCO van de huidige verlichting en van elke optie. Dit laat duidelijk zien dat elke optie om een investering vraagt, maar dat de energie- en onderhoudskosten aanzienlijk lager liggen in elke optie in vergelijking met de huidige openbare verlichting.

Het belangrijkste in deze grafiek zijn de energiekosten en onderhoudskosten, respectievelijk blauwe en rode balken. Zoals te zien in de grafiek levert elke optie een enorme besparing op ten opzichte van de huidige installatie. Het verschil tussen de drie opties is echter niet zo groot. De optie “Nacht sensor” heeft een verwachtte energiebesparing van 67% t.o.v. de huidige installatie, de optie “Voltijd sensor” een energiebesparing van 63% en de optie “Sociaal gedimd” een energiebesparing van 64% (zie bijlage D). Het verschil in totale kosten tussen de “Sociaal gedimd” en de overige twee opties is te verklaren door de meer investering die het kost om de sensortechnologie aan te schaffen en installeren.

De kosten voor het realiseren van de opties met sensor zijn geraamd op ongeveer € 48.000.- euro. Voor de optie “Sociaal gedimd” zijn de kosten geraamd op € 38.000.- euro. Bij deze laatste optie zijn de armaturen uitgerust met een statische dimmer. Deze bevindt zich al in het led-armatuur, waardoor er geen extra investering gedaan hoeft te worden. Wanneer de gemeente echter dynamisch wil dimmen, brengt dit een meer investering van € 100 euro per armatuur met zich mee, waarna de initiële kosten van optie “Sociaal gedimd” nagenoeg gelijk komen te liggen met de andere opties. Zie voor een volledig overzicht van alle kosten nogmaals bijlage C.

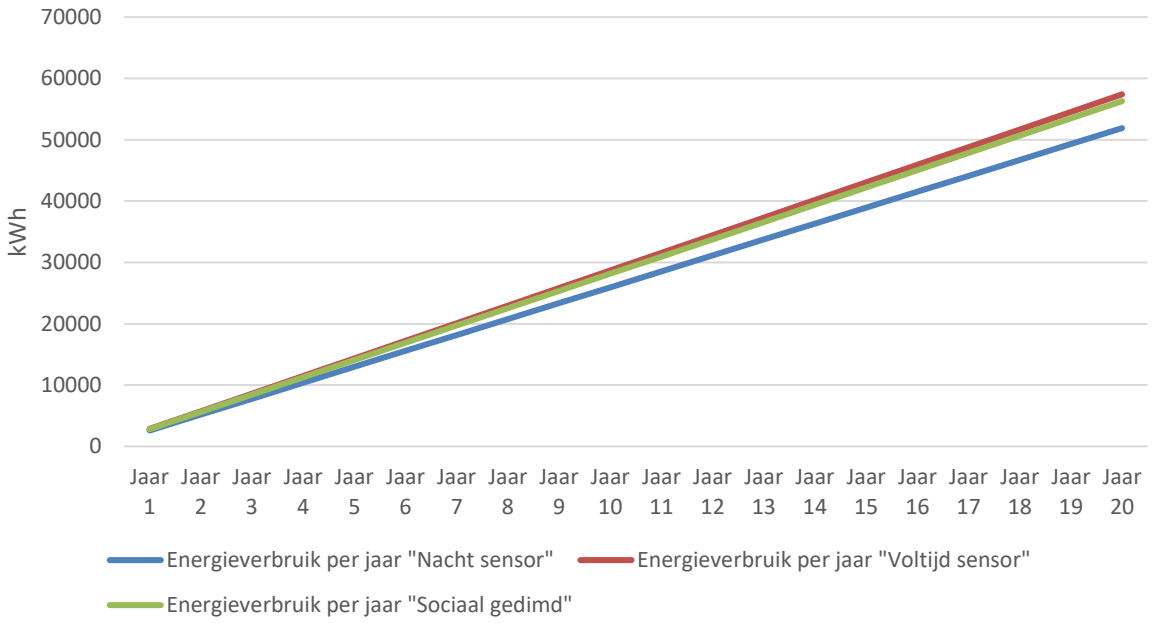


Figuur 18. Cumulatieve weergave van de kosten voor elke optie en de huidige installatie, voor een periode van 20 jaar. Voor elke optie is een investering nodig, waardoor de initiële kosten in jaar 1 hoger liggen dan voor de huidige installatie. Aan de hellingshoek van de lijnen is te zien dat de huidige installatie meer jaarlijkse kosten met zich mee brengt in vergelijking tot de drie opties.

Bovenstaand figuur laat de jaarlijkse kosten zien per optie. De hoge investeringskosten gemoeid met de transitie naar led zijn direct duidelijk te zien. Wat verder opvalt in de figuur is het verschil in hellingshoek van de jaarlijkse kosten van de huidige installatie t.o.v. de verschillende opties. Dit laat zien dat na de initiële investering, de jaarlijkse kosten (onderhoud + energie) aanzienlijk lager zijn in alle drie de opties in vergelijking met de huidige installatie.

7.5 Energieverbruik

De huidige installatie verbruikt jaarlijks ongeveer 9300 kWh. Over een periode van 20 jaar komt dit neer op ongeveer 186.000 kWh. Alle drie de opties laten een aanzienlijke verbetering in energieverbruik zien (figuur 19).



Figuur 19. Energieverbruik over een periode van 20 jaar voor elke optie. Huidige verbruik is niet getoond in deze grafiek, maar komt neer op een jaarlijks verbruik van 9800 kWh. Duidelijk te zien is, dat de optie "Nacht sensor" het voordeligst is qua kWh per jaar.

Zoals eerder benoemd in dit rapport dient de gemeente te investeren in slimme meters, wil ze de berekende energiebesparing ook daadwerkelijk terugzien op de jaarrekening. De slimme meters meten nauwkeurig wat de gemeente verbruikt en hierdoor zal er geen schatting gemaakt hoeven worden over het verbruik. Dit betekent niet dat zonder de slimme meters de energiebesparing niet gerealiseerd kan worden. In tegendeel, de energiebesparing berekent bij elke optie is correct, alleen zal deze niet meegenomen kunnen worden in de berekening van de totale energiebesparing voor de gemeente omdat deze berekend wordt over de in rekening gebrachte kWh.

7.6 Cost Benefit Analyse (CBA)

Om meer duidelijkheid te krijgen, wordt er gebruik gemaakt van een CBA. De CBA plaatst monetaire waardes op de kosten en baten van elke optie zodat het eenvoudiger wordt om deze met elkaar te vergelijken. In nevenstaande tabel staat de uitkomst van de CBA, voor een volledige CBA zie bijlage E.

CBA Openbare verlichting		
Alternatieven (x 1000 euro)		
Nacht sensor	Voltijd sensor	Sociaal gedimd
-13.86 + PM	-14.37	4.73

Tabel 5. CBA-overzicht voor alle opties. Optie "Sociaal gedimd" is de voordeligste optie. Bij de optie "Nacht sensor" is er sprake van een PM gebaseerd op lichthinder, die zwaar mee moet wegen.

Uit de CBA komt naar voren dat de optie “Sociaal gedimd” op dit moment het meest voordelig is, gevolgd door de optie “Nacht sensor”. Tijdens het invullen van de CBA bleek dat het lastig is om een materiele waarde te verbinden aan lichthinder, hierom is er gekozen voor een “Pro Memory” (PM)[11] bij lichthinder. Bij de optie “Nacht sensor” wordt de verlichting ’s

[11] Pro Memory = Niet vergeten. Bij een impact waarvan het lastig is de waarde te bepalen, wordt PM genoteerd. Het is belangrijk dit mee te nemen in de analyse, omdat de impact groot kan zijn, vandaar “pro memory”.

nachts uitgeschakeld met als gevolg dat de reductie in lichthinder hier groter is dan bij de andere twee opties. Hierdoor mag er bij deze PM een groter positief effect verwacht worden.

7.7 Pro/contra analyse

Voor elke optie is er gekeken naar de voor- en nadelen om zo tot een overzichtelijker beeld te komen. Kort samenvattend komt het erop neer dat de optie “Nacht sensor” de voorkeur geniet boven de optie “Voltijd sensor” wat betreft het gebruik van sensoren. Dit door zowel de sterkere reductie in lichthinder en de hogere besparing op energie. Tussen de opties “Nacht sensor” en “Sociaal gedimd” is het belangrijkste verschil dat bij de optie “Nacht sensor” de reductie in lichthinder en besparing op energie de sterkste punten zijn, terwijl bij de optie “Sociaal gedimd” juist de goedkopere investering en de hantering van een bekend beleid de sterkste punten zijn. Zie voor een volledig overzicht van de pro-/contra-analyse bijlage F.

7.8 Conclusie

Om te voldoen aan alle belangen is er gekozen voor drie verschillende opties. Uit voorgaande paragrafen is gebleken dat het lastig is om een consensus te bereiken die door alle doelgroepen gedragen wordt. Een aantal punten zijn duidelijk naar voren gekomen:

- Elke optie heeft zo zijn voordelen en nadelen, welke zorgvuldig tegen elkaar gewogen moeten worden,
- Indien de gemeente wil kiezen voor de hoogste energiebesparing, gaat dit gepaard met extra kosten en wellicht minder draagvlak onder de bevolking (“Nacht sensor”),
- De goedkoopste investering heeft naar alle waarschijnlijkheid het grootste draagvlak, maar brengt minder energiebesparing te weeg (“Sociaal gedimd”),
- Bij zowel de optie “Voltijd sensor” als bij “Sociaal gedimd” blijft de gemeente feitelijk gezien betalen voor de verlichting op het erf van mensen,
- De optie “Nacht sensor” is voor de omliggende natuur de beste optie, omdat hierbij de lichthinder het meest gereduceerd wordt,
- De optie “Voltijd sensor” is, in vergelijking met de andere opties, de minste optie. Zowel op energiebesparing als op lichthinder verliest deze optie het van de andere opties,
- De optie “Sociaal gedimd” is het eenvoudigst te implementeren,
- Met de optie “Nacht sensor” kan de gemeente rekenen op de grootste consensus.
- In overleg met de netbeheerders investeren in slimme meters, om zo de beoogde energiebesparing ook daadwerkelijk te realiseren.

8 Conclusie

In de eerste hoofdstukken van dit rapport kwam naar voren dat gemeente Leek haar verlichtingsareaal moet gaan vervangen en dat dit op korte termijn moet gaan gebeuren als ze haar doelstellingen van het SER-akkoord wil halen. Mede door ontbrekende kennis en de op dit moment snel opeenvolgende ontwikkelingen in de verlichtingswereld, is het voor de gemeente lastig om te bepalen wat de juiste mogelijkheden zijn op het gebied van verlichting. Na kort onderzoek is naar voren gekomen dat voor het buitengebied er het beste gebruik kan worden gemaakt van actieve wegdekmarkering en/of dynamische verlichting met of zonder sensoren.

Het casusgebied gekozen voor dit rapport is een uitstekende mix van natuur en woonkernen. Dit betekent wel dat er vaak tegenstrijdige belangen zijn. Zo wil de gemeente het liefst minder verlichten en alleen daar verlichten waar het ook daadwerkelijk nodig is. Bovendien is de gemeente van mening dat ze niet hoeft te betalen voor de erfverlichting van bewoners. De bewoners daarentegen zien hun straatverlichting liever niet verdwijnen uit angst dat er wellicht meer ongelukken gebeuren en uit angst voor de veiligheid rondom hun eigen huis en op straat. Naast de belangen van de gemeente en haar bewoners, speelt in het buitengebied ook het belang van de natuur een belangrijke rol. Lichthinder afkomstig van openbare verlichting kan nadelige gevolgen hebben op de flora & fauna. Zo kunnen vogels problemen krijgen met de oriëntatie en kunnen circadiane ritmes verstoord worden van dieren die in de buurt van de straatverlichting hun leefgebied hebben.
Doordat er op dit moment niet genoeg duidelijkheid is over het exacte voorkomen van dieren rondom de Hoofdstraat, is het niet mogelijk locaties aan te wijzen waar een andere kleur van verlichting op zijn plaats is.

Zoals eerder benoemd in het rapport is uit de enquête naar voren gekomen dat veel bewoners de huidige verlichting goed vinden en dat ze niet graag zien dat er minder verlicht gaat worden. Ook het gebruik van alternatieven zoals reflecterende paaltjes en actieve wegdekmarkering in plaats van lichtmasten wordt door een meerderheid niet wenselijk geacht. Alternatieven zoals sensoren werden door veel mensen apart aangegeven als een wijze van verlichting die wel wenselijk/mogelijk/aceptabel is. Door het gebruik van sensoren bewegen weggebruikers zich als het ware in een ‘cirkel van licht’[12], waardoor zowel de weg, als gebruiker altijd zichtbaar is. Een ander belangrijk punt dat naar voren kwam tijdens de enquête is dat een groot aantal van de bewoners aangeeft dat er te hard gereden wordt op deze weg. Doordat de weg is ingericht als gezamenlijk wegvak, zorgt dit vaak voor een hoog gevoel van onveiligheid bij fietsers en wandelaars.

De transitie naar ledverlichting langs de Hoofdstraat vraagt om een investering. De gemeente heeft de keuze om te kiezen voor sensoren of het huidige sociale dimregime ook uit te voeren langs de Hoofdstraat.

Naar aanleiding van dit rapport is de beste keuze voor de gemeente de optie “Nacht sensor”. De belangen van nagenoeg elke actor worden behartigd met deze optie. De gemeente kan een forse energiebesparing realiseren terwijl er tegelijkertijd ook een grote reductie van lichthinder zal plaatsvinden, waar de natuur baat bij heeft. Doordat de lampen ’s nachts uit gaan, betekent dit dat de nachtdieren geen overlast ondervinden van de straatverlichting en wanneer deze wel aangaan, is dit maar van korte duur.
Voor de bewoners is deze optie een middenweg die bewandeld wordt. Door te kiezen voor een sociaal dimregime tot middernacht, blijft er voldoende verlichting op straat tijdens de uren dat het weggebruik hoger ligt en de meerderheid nog wakker is. Doordat de verlichting na middernacht alleen nog aangaat bij weggebruik, betekent dit dat het donker is op straat.

[12] Cirkel van licht: In veel rapporten en studies wordt de term “moving in a bubble of light” vaak gebruikt wanneer er wordt gesproken over het gebruik van sensoren in de OVL.

Er mag worden aangenomen dat na middernacht de meeste mensen op bed liggen en hier dus geen hinder van ondervinden. Mocht iemand wel gebruik maken van de weg gedurende de nacht, dan zal deze zich in een ‘cirkel van licht’ bevinden.

De optie “Sociaal gedimd” is qua investering een goedkopere optie, echter de uiteindelijke energiebesparing is hier lager, de natuur ondervindt hier meer overlast van dan bij de optie “Nacht sensor” en zorgt het gebruik van een statische dimmer voor mogelijk extra kosten in de toekomst wanneer het noodzakelijk is om het dimschema aan te passen.

8.1 Aanbevelingen

Gebaseerd op het rapport kunnen de volgende aanbevelingen gedaan worden aan de Gemeente Leek wanneer deze haar OVL in het buitengebied aanpast:

- Optie “Nacht sensor” is in het geval van de Hoofdstraat de beste optie om te implementeren,
- Goede communicatie met de bewoners is noodzakelijk, bewoners waardeerden het zeer dat ze mogelijkheid hadden tot inspraak,
- Met het gebruik van sensoren in de OVL in het buitengebied is het mogelijk goed rekening te houden met bewoners en de natuur,
- Om de verlichting beter af te stemmen op de natuur, is het raadzaam om een observatieonderzoek te doen in het desbetreffende gebied om op deze manier foerageerroutes en leefgebieden in kaart te brengen. Vervolgens kunnen de bevindingen van de effecten van kleur op dieren in dit rapport gebruikt worden bij het bepalen van lampkleur in de OVL,
- Heroverweeg het gebruik van wegdekmarkering in buitengebieden waar veel huizen staan en er veel gezamenlijk gebruik is van het wegvak,
- Extra controle op snelheid langs de Hoofdstraat,
- Aanschaf van slimme meters, zodat de energiebesparing die gerealiseerd wordt met dynamisch dimmen ook daadwerkelijk terug te zien is op de jaarafrekening,
- Afhankelijk van de dichtheid van de huizen langs de weg, is het aan te raden elke keer opnieuw te beoordelen of de weg een verkeersfunctie of een sociale functie vervuld.

9 Referenties

[1] Gemeente Leek, „Kadernotitie Openbare Verlichting: licht en donker advies," Gemeente Leek, Leek, 2010.

[2] SER, „Energieakkord voor duurzame groei," Sociaal Economische Raad, Den Haag, 2013.

[3] NEN, „NPR 13201-1:2002 nl," NEN, Delft, 2002.

[4] Energieoverheid, „Dossier: Openbare verlichting," EnergieMedia, 2014. [Online]. Available: http://www.energieoverheid.nl/dossiers/openbareverlichting/. [Geopend 26 Juni 2017].

[5] Varenna, „Straatverlichting door de eeuwen heen," 2010-2017. [Online]. Available: http://kunst-en-cultuur.infonu.nl/geschiedenis/52252-straatverlichting-door-de-eeuwen-heen.html#1. [Geopend 12 Februari 2017].

[6] S. l. Stelle, „Duisternis onderzoek Groningen," Sotto le Stelle, Groningen, 2014.

[7] F. Falchi, P. Cinzano, D. Duriscoe, C. Kyba, C. Elvidge, K. Baugh, B. Portnov, N. Rybnikova en R. Furgoni, „The new world atlas of artificial night sky brightness," *Environmental Protection,* pp. 1-25, 2016.

[8] Tauw BV, „Uitwerking beleidsplan Openbare Verlichting gemeente Leek 2014-2019," Tauw bv, Assen, 2014.

[9] Gemeente Leek, „Energieverbruik OVL 2007 tm 2015 [Excel data bestand]," Leek, 2016.

[10] Rijkswaterstaat, „MonitoringOVLVRI2016," 2016.

[11] Platform lichthinder, „Glastuinbouw," 2013. [Online]. Available: http://www.platformlichthinder.nl/thema/glastuinbouw/.

[12] G. Biewenga en A. Winkel, „Licht nader belicht; effecten van licht op dierprestaties en gedrag van melkvee," Animal Science Group, Lelystad, 2003.

[13] T. M. Okon en J. R. Biard, „The first practical LED," 9 November 2015. [Online]. Available: www.edisontechcenter.org. [Geopend 14 Februari 2017].

[14] G. Shahzad, H. Yang, A. Ahmad en C. Lee, „Energy-Efficient Intelligent Street Lighting System," *IEEE Sensors Journal,* pp. 5397-5405, 2016.

[15] D. Biello, „LED There Be Light," 18 Maart 2009. [Online]. Available: https://www.scientificamerican.com/article/led-there-be-light/. [Geopend 14 Februari 2017].

[16] „Witte LED's in straatverlichting – functioneel, veilig en efficiënt," 2017. [Online]. Available: http://www.osram.nl/osram_bx/nl/nieuws-en-kennis/led/led-trends/stedelijke-veiligheid/index.jsp.

[17] K. Hickcox-Sweater, N. Narendran, J. Bullough en J. Freyssinier, „Effect of different coloured luminous surrounds on LED discomfort glare perception," *Lighting Res. Technol.,* pp. 464-475, 2013.

[18] NSVV, „Energie besparen met gedimde openbare verlichting," Agentschap NL, Utrecht, 2011.

[19] Tauw BV, „Adviesnotitie uitrol dimregime en dimsysteem gemeente Leek," Tauw, Assen, 2016.

[20] M. Shahidehpour, C. Bartucci, N. Patel, T. Hulsebosch, P. Burgess en N. Buch, „Streetlights are getting smarter: Integrating an Intelligent Communications and Control System to the Current Infrastructure," *IEEE power & energy magazine,* pp. 67-80, 17 April 2015.

[21] TVILIGHT, „TVILIGHt empowering intelligence," TVILIGHT B.V, 2012-2017. [Online]. Available: www.tvilight.com. [Geopend 22 April 2017].

[22] Philips, „LumiMotion - licht dat met u mee beweegt," Philips, Eindhoven, 2013.

[23] Ecopoles, 2016. [Online]. Available: http://ecopoles.nl/.

[24] Sapa; FlexSol Solutions BV, „Soluxio: De slimme solar lichtmast," Drunen, 2016.

[25] Nederlands Wegenmarkeer BV, „Bijzondere markeringen," 21 Februari 2017. [Online]. Available: http://www.nederlands-wegenmarkeer.nl/markeringen/bijzondere-markeringen.

[26] Sysconnect, „Weg verlichten met actieve markering," 2016. [Online]. Available: http://www.sysconnect.nl/wegdekverlichting-actieve-markering.html.

[27] Ziut & Elba-Rec, SmartCity Magazine, BDUprint, 2017.

[28] Gemeente Rotterdam, „Rotterdams consortium wint EU tender van € 17,7 miljoen voor Smart City toepassingen," 12 Juli 2016. [Online]. Available: http://www.persberichtenrotterdam.nl/bericht/1577/Rotterdams-consortium-wint-EU-tender-van-%E2%82%AC-17,7-miljoen-voor-Smart-City-toepassingen/.

[29] De Ingenieur, „Lantaarnpaal als supersensor," De ingenieur, 15 April 2015. [Online]. Available: https://www.deingenieur.nl/artikel/lantaarnpaal-als-supersensor. [Geopend 29 Mei 2017].

[30] T. Stomp, *Enquête toepassing retrofit Oostindie,* Leek: Ton Stomp, 2017.

[31] Ziut , „Opening veilige fietsroute Halderberge," 29 Maart 2017. [Online]. Available: http://www.ziut.nl/over-ziut/nieuwsberichten/opening-veilige-fietsroute-halderberge/108/.

[32] F. Behar-Cohen, C. Martinsons, F. Vienot, G. Zissis, A. Barlier-Salsi, J. Cesarini, O. Enouf, M. Garcia, S. Picaud en D. Attia, „Light Emmiting Diodes for domestich lighting: Any risks for the eye?," *Progress in Retinal and Eye research,* pp. 239-257, 2011.

[33] W. Wien, „Eine neue Beziehung der Strahlung schwarzer Körper zum zweiten Hauptsatz der Wärmetheorie," *Berliner Berichte,* pp. 662-669, 1893.

[34] A. Zele en D. Cao, „Vision under mesopic and scotopic illumination," *Frontiers in Psychology,* vol. 5, nr. 1594, 2014.

[35] J. Shin, H. Yaguchi en S. Shioiri, „Change of Color Appearance in Photopic, Mesopic and Scotopic Vision," *Optical Review,* vol. 11, nr. 4, pp. 265-271, 2004.

[36] I. Knez, „EFFECTS OF COLOUR OF LIGHT ON NONVISUAL PSYCHOLIGICAL PROCESSES," *Journal of Environmental Psychology,* pp. 201-208, 2001.

[37] P. Badia, B. Myers, M. Boecker, J. Culpepper en J. Harsh, „Bright light effects on body temperature, alerness, EEG and behavior," *Physiol Behav.,* pp. 583-588, 1991.

[38] M. An, J. Huang, Y. Shimomura en T. Katsuura, „Time-of-day-dependent Effects of Monochromatic Light Exposure on Human Cognitive Function," *Journal of Physiological Anthropology,* pp. 217-223, 2009.

[39] B. Plitnick, M. Figueiro, B. Wood en M. Rea, „The effects of red and blue light on alertness and mood at night," *Lighting Research and Technology,* pp. 449-458, 2010.

[40] A. Liao, „Blue-Light Hazard and LEDs: Fact or Fiction?," *Architectural Lighting,* 23 Augustus 2016.

[41] J. Bullough, „The Blue-Light Hazard: A review," *Journal of the Illuminating Engineering Society,* vol. 29, nr. 2, pp. 6-14, 2000.

[42] D. Blask, G. Brainard, R. Dauchy, J. Hanifin, L. Davidson, J. Krause, L. Sauer, M. Rivera-Bermudez, M. Dubocovich, S. Jasser, D. Lynch, M. Rollaq en F. Zalatan, „Melatonin-depleted blood from premenopausal women exposed to light at night stimulates growth of human breast cancer xenografts in nude rats.," *Cancer Research,* pp. 11174-11184, 2005.

[43] T. Bedrosian en R. Nelson, „Influence of the modern light environment on mood," *Molecular Psychology,* pp. 751-757, 2013.

[44] T. Bedrosian en R. Nelson, „Timing of light exposure affects mood and brain circuits," *Translational Psychology,* p. e1017, 2017.

[45] C. Wyse, C. Selman, M. Page, A. Coogan en D. Hazlerigg, „Circadian desynchrony and metabolic dysfunction; did light pollution make us fat?," *Medical Hypotheses,* pp. 1139-1144, 2011.

[46] T. Longcore en C. Rich, „Ecological consequences of artificial night lighting," in *Chapter 16: Physiology of Plant Responses to Artificial Lighting*, Washington, DC, Island Press, 2006, pp. 393-411.

[47] T. Longcore en C. Rich, „Ecological Light polution," *Frontiers in the Ecology and the Environment,* pp. 191-198, 2004.

[48] J. Bennie, T. Davies, D. Cruse, R. Inger en K. Gaston, „Cascading effects of artificial light at night: resource-mediated control of herbivores in a grassland ecosystem," *Philosophical transactions of the royal society B,* vol. 370, nr. 1667, pp. 1-9, 5 Mei 2015.

[49] L. Fonken, J. Workman, J. Walton, Z. Weil, J. Morris, A. Haim en R. Nelson, „Light at night increases body mass by shifting the time of food intake," *PNAS,* pp. 18664-18669, 2010.

[50] L. Fonken en R. Nelson, „Dim light at night increases depressive-like responses in male C3H/HeNHsd mice," *Behavioral Brain Research,* pp. 74-78, 2013.

[51] J. Borniger, Z. McHenry, B. Abi Salloum en R. Nelson, „Exposure to dim light at night during early development increases adult anxiety-like responses," *Physiology Behavior,* pp. 99-106, 2014.

[52] L. Walmsley, L. Hanna, J. Mouland, F. Martial, A. West, A. Smedley, D. Bechtold, A. Webb, R. Lucas en T. Brown, „Colour as a signal for entraining the Mammalian circadian clock," *PLoS Biology,* pp. 1-20, 2015.

[53] K. Spoelstra, R. van Grunsven, M. Donners, P. Gienapp, M. Huigens, R. Slaterus, F. Berendse, M. Visser en E. Veendendaal, „Experimental illumination of natural habitat - an experimental set-up to assess the direct and indirect ecological consequences of artificial light of different spectral composition," *Philosophical transactions of the royal society B,* vol. 370, nr. 1667, pp. -, 2015.

[54] Rijkswaterstaat, „Vleermuisvriendelijke verlichting (Batlamp)," 2012. [Online]. Available: http://www.rws.nl/wegen/wegbeheer/natuur-en-milieu/verbinden-natuurgebieden/vleermuisvriendelijke-verlichting/index.aspx#vp-article19171.

[55] J. Day, J. Baker, H. Schofield, F. Mathews en K. Gaston, „Part-night lighting: implications for bat conservation," *Animal Conservation,* pp. 512-516, 2015.

[56] M. Miller, „Apparent Effects of Light Pollution on Singing Behavior of American Robins," *The Condor,* pp. 130-139, 4 November 2005.

[57] M. de Jong, J. Ouyang, R. van Grunsven, M. Visser en K. Spoelstra, „Do wild great tits avoid exposure to light at night," *PLoS ONE,* vol. 11, nr. 6, p. e0157357, 2016.

[58] M. de Jong, L. Jeninga, J. Ouyang, K. van Oers, K. Spoelstra en M. Visser, „Dose-dependent responses of avian daily rhythms to artificial light at night," *Physiology & Behavior,* vol. 115, nr. -, pp. 172-179, 2016.

[59] M. de Jong, J. Ouyang, A. Da Silva, R. van Grunsven, B. Kempenaers, M. Visser en K. Spoelstra, „Effects of nocturnal illumination on life-history decisions and fitness in two wild songbird species," *Philosophical transactions of the royal society b,* vol. 370, nr. 1667, pp. -, 2015.

[60] W. Wiltschko, U. Munro, H. Ford en R. Wiltschko, „Red light disrupts magnetic orientation of migratory birds," *Nature,* vol. 364, pp. 525-527, 1993.

[61] H. Poot, B. Ens, H. de Vries, M. Donners, M. Wernand en J. Marquenie, „Green light for nocturnally migrating birds," *Ecology and Society,* vol. 13, nr. 2, p. 47(online), 2008.

[62] J. Bennie, T. Davies, D. Cruse en K. Gaston, „Ecological effects of artificial light at night on wild plants," *Journal of Ecology,* vol. 104, pp. 611-620, 2016.

[63] K. Gaston, T. Davies, J. Bennie en J. Hopkins, „REVIEW: Reducing the ecological consequences of night-time light pollution: options and developments," *Journal of Applied Ecology,* pp. 1256-1266, 2012.

[64] C. Macgregor, M. Pocock, R. Fox en D. Evans, „Pollination by nocturnal Lepidoptera, and the effects of light pollution: a review," *Ecological Entomology,* pp. 187-198, 2015.

[65] L. Steg, D. de Waard, S. Lindenberg en K. Brookhuis, „Acceptatie en gevolgen van groene straatverlichting," Rijksuniversiteit Groningen, Groningen, 2010.

[66] J. Ottens, „Groenlicht in Westerwolde," Infra-lux BV, Vlagtwedde, 2013.

[67] I. Cup en R. Boere, „Lantaarnpaal met groen licht slecht voor natuur," *AD,* 12 December 2016.

[68] Lyytimäki, „Nature's nocturnalservices:Lightpollutionasanon-recognisedchallenge for ecosystem services research management," *Ecosystem services,* pp. 44-48, 2013.

[69] P. Tabaka en I. Fryc, „Landscape Lighting as a Source of Light Pollution - the Effect of the Seasons on this Phenomenon," *IEEE Xplore,* pp. ISBN: 978-1-5090-3305-8, 2016.

[70] L. Bertolotti en M. Salmon, „Do Embedded Roadway Lights Protect Sea Turtles?," *Environmental management,* pp. 702-710, 2005.

[71] Moon Infra B.V., „beheer.moononline," Moon infra B.V., - - 2002-2017. [Online]. Available: beheer.moononline.nl. [Geopend 23 Mei 2017].

[72] Buro Bakker, „Werkprotocollen Bestendig beheer gemeente Leek," Buro Bakker, Leek, 2016.

[73] Stichting Natuurinformatie, „Leek - Buitengebied Noord," Nationale Databank Flora en Fauna, 1-31 Maart 2017. [Online]. Available: https://waarneming.nl/gebied/info/27870. [Geopend 10-21 April 2017].

[74] ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, „Rijkswaterstaat," 2010. [Online]. Available: www.rwsleefomgeving.nl/onderwerpen/ovl/publicaties/ovldownloads/rekenhulp-energie. [Geopend 1-31 Mei 2017].

[75] Agentschap NL, „Rekenhulp energie-efficiente armaturen Openbare verlichting," - - 2010. [Online]. Available: www.rwsleefomgeving.nl/onderwerpen/ovl/publicaties/ovldownloads/rekenhulp-energie. [Geopend 15 Mei 2017].

[76] Department for Business, Energy & Industrial Strategy, „Updatd short-term traded carbon values - used for modelling purposes," Crown, London, 2017.

[77] CBS, „CBS, meeste woninginbraken in Sittard-Geleen," CBS, 11 November 2016. [Online]. Available: https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2016/45/meeste-woninginbraken-in-sittard-geleen. [Geopend 3 June 2017].

[78] Volksgezondheid en zorg, „Volksgezondheidenzorg.info," 2015. [Online]. Available: https://www.volksgezondheidenzorg.info/onderwerp/letsels/regionaal-internationaal/regionaal#bronverantwoording. [Geopend 3 June 2017].

[79] C. Perkins, R. Steinbach en L. Tompson, „What is the effect of reduced street lighting on crime and road traffic injuries at night? A mixed-methods study," in *Chapter 4: Cost-benefit analysis: methodological challenges of evaluating large-scale public health interventions and a worked example of the costs and benefits of part-night lighting*, vol. 3, Southampton, Public Health Research, 2015, pp. -.

[80] B. v. Hal, „Lichtmast op parkeerplaats a15 mist zon en blijft donker," 10 Februari 2017. [Online]. Available: http://www.gelderlander.nl/overbetuwe/lichtmast-op-parkeerplaats-a15-mist-zon-en-blijft-donker~a0cc93a4/.

[81] A. Haans en Y. de Kort, „Light distribution in dynamic street lighting: Two experimental studies on its effects on perceived safety, prospect, concealment, and escape," *Journal of Environmental Psychology,* pp. 342-352, 2012.

[82] C. Knight, „Field surveys of the effect of lamp spectrum on the perception of safety and comfort at night," *Lighting Res. Technol,* pp. 313-329, 2010.

[83] S. Fotios, J. Unwin en S. Farral, „Road lighting and pedestrian reassurance after dark: A review," *Lighting Res. Technol,* pp. 449-469, 2015.

[84] L. Rijswijk, A. Haans en Y. de Kort, „Intelligent street lighting and perceptions of personal safety," *Proceedings of Experiencing Light 2012: International Conference on the Effects of Light on Wellbeing 12-13 November 2012, Eindhoven, The Netherlands,* pp. 1-4, 2012.

[85] Ecorein, „Ecorein-Licht," 13 Maart 2017. [Online]. Available: http://www.ecorein.solutions/licht/.

[86] M. Shahidehpour, C. Bartucci, N. Patel, T. Huslebosch, P. Burgess en N. Buch, „Streetlights are getting smarter," *IEEE power & energy magazine,* pp. 67-80, 2015.

[87] Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, „Energie besparen met gedimde openbare verlichting," Agentschap NL, Utrecht, 2011.

[88] R. van Grunsven, K. Joosten en R. Creemers, „Effect straatverlichting op paddentrek," *Ravon,* vol. 17, nr. 3, pp. 56-58, 2015.

[89] W. Wiltschko, U. Munro en H. Ford, „Red light disrupts magnetic orientation of migratory birds".

[90] M. de Jong, J. Ouyang, R. van Grunsven, M. Visser en K. Spoelstra, „Do wild great tits avoid exposure to light at night," *PLoS ONE,* vol. 11, nr. 6, p. e0157357, 2016.

[91] M. de Jong, L. Jeninga, J. Ouyang, K. van Oers, K. Spoelstra en M. Visser, „Dose-dependent responses of avian daily rhythms to artificial light at night," *Physiology & Behavior,* vol. 115, nr. -, pp. 172-179, 2016.

[92] M. de Jong, J. Ouyang, A. Da Silva, R. van Grunsven, B. Kempenaers, M. Visser en K. Spoelstra, „Effects of nocturnal illumination on life-history decisions and fitness in two wild songbird species," *Philosophical transactions of the royal society b,* vol. 370, nr. 1667, pp. -, 2015.

[93] K. Spoelstra, R. van Grunsven, M. Donners, P. Gienapp, M. Huigens, R. Slaterus, F. Berendse, M. Visser en E. Veendendaal, „Experimental illumination of natural habitat - an experimental set-up to assess the direct and indirect ecological consequences of artificial light of different spectral composition," *Philosophical transactions of the royal society B,* vol. 370, nr. 1667, pp. -, 2015.

[94] Nederlandse encyclopedie, „Encyclo.nl," Nederlandse encyclopedie, 01 01 2007. [Online]. Available: http://www.encyclo.nl/begrip/technische%20levensduur. [Geopend 17 06 2017].

[95] TVILIGHT B.V. Amsterdam, „TVILIGHT," TVILIGHT, empowering intelligence, 2012. [Online]. Available: http://www.tvilight.com/citysense/. [Geopend 21 Juni 2017].

[96] Quora, „Quora," Quora, 1 Oktober 2015. [Online]. Available: https://www.quora.com/Why-does-the-human-eye-see-more-shades-of-green-than-any-other-colour. [Geopend 26 Juni 2017].

10 Bijlage

Inhoudsopgave

Bijlage A Uitgebreide beschrijving per deelgebied 58

Bijlage B Enquête 61

Bijlage C Kosten materialen 63

Bijlage D Financiën 64

Bijlage E Lange termijn berekening 65

Bijlage F CBA 67

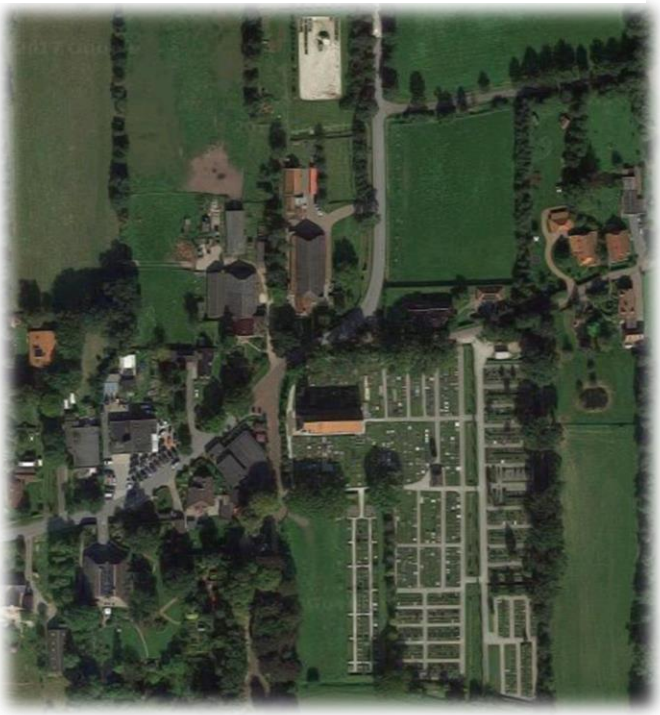
Bijlage G Pro- en Contra-analyse 68

Bijlage A Uitgebreide beschrijving per deelgebied

Deelgebied 1 bevindt zich tussen de rotonde van de Midwolderweg en de dorpskern van Midwolde (afbeelding 3). Er is sprake van een lichtmast elke 50 meter. Huizen bevinden zich voornamelijk aan de zuidzijde van de weg en sporadisch een huis aan de noordzijde. Het eerste stuk bevat de meeste huizen aaneengesloten, desalniettemin is er nog steeds sprake van een wijds gevoel.

Afbeelding 3. Rotonde Midwolderweg tot aan Midwolde.

Deelgebied 2 omvat de dorpskern van Midwolde (afbeelding 4). Omdat er hier sprake is van een dorpskern staan de huizen dichter op elkaar en is er meer verlichting aanwezig. In Midwolde is een 30-km zone van kracht. Vlak naast de kerk is een parkeerplaats welke grenst aan het buitengebied. Op deze parkeerplaats bevinden zich een vijftal lichtmasten welke de hele avond en nacht branden. De Ree, een zijstraat langs de kerk met een aantal huizen, is onverhard en niet verlicht. Het is aannemelijk dat er in de dorpskern Midwolde minder dieren langs de weg lopen of foerageren. Vanuit Midwolde loopt er weg richting landgoed Nienoord. Deze weg doorkruist de weilanden en is op dit moment niet verlicht.



Afbeelding 4. Deelgebied 2, dorpskern Midwolde.

Deelgebied 3 bevindt zich tussen Midwolde en Lettelbert in (afbeelding 5). Het stuk tussen Midwolde en de grote bocht in de weg is niet verlicht. In de bocht is sprake van een 30-km zone en dit gaat gepaard met een drempel/ kruispuntverhoging. Drie lichtmasten verlichten het kruispunt. Vanaf deze kruising begint de zijstraat *Pasop* en deze is verlicht door aantal lichtmasten van 4 meter. Er zijn relatief veel lampen aanwezig op deze straat. De huizen bevinden zich hier vrij ver uit elkaar en merendeel is niet direct aan de weg gelegen. Verderop aan de hoofdstraat verlicht een lichtmast een inrit/oprijlaan van een melkveehouderij.

Afbeelding 5. Deelgebied 3, buitengebied tussen Midwolde en Lettelbert.

Afbeelding 6. Deelgebied 4, dorpskern van Lettelbert.

Deelgebied 4 is de dorpskern van Lettelbert (afbeelding 6). Hier bevinden zich vrij veel huizen welke redelijk dicht op elkaar staan. De huizen staan hier voor het grootste deel direct tegen de weg aan. Aangezien het hier de kom van Lettelbert betreft staan de lichtmasten om de 50 meter zodat er nauwelijks donkere plekken ontstaan. Veel van deze lichtmasten staan pal voor huizen en verlichten zo een groot gedeelte van het erf. In Lettelbert staat een kerk met begraafplaats. Rondom Lettelbert ligt het natuurgebied de Lettelberter Petten. Dit is een groot natuurgebied ten noorden van het Leekstermeer. Dit betekent dat er rekening gehouden dient te worden met de verlichting indien mogelijk.

Deelgebied 5 (afbeelding 7) is het grootste gebied in deze casus. Dit gebied loopt van de dorpskern van Lettelbert tot aan het viaduct over de A7 en kan volledig als buitengebied geclassificeerd worden. Het ligt te midden van het natuurgebied de Lettelberter Petten. De huizen die hier staan, staan vaak dicht bij elkaar met daartussen grote open stukken. Ondanks dat het een buitengebied is, is het aantal lichtmasten nog steeds aanzienlijk, zoals te zien was op afbeelding 2. Het gaat hier om een recht stuk weg, met nauwelijks kruisingen. Vlak voor het viaduct over de A7 is er een zijweggetje die het natuurgebied ingaat.

Afbeelding 7. Deelgebied 5, buitengebied vanaf Lettelbert tot aan het viaduct over de A7.

gemeente Leek

rijksuniversiteit groningen

Enquête beleving openbare verlichting Hoofdstraat Midwolde/Lettelbert

Algemene informatie
Deelgebied:……. (In te vullen door de enquêteur)
Huisnummer:……..
Leeftijd:……..
Geslacht: Man/Vrouw

- *Maakt u s' avonds regelmatig gebruik van de weg?*
  - Ja
  - Nee

- *Indien u s' avonds gebruik maakt van de weg, via welk vervoersmiddel is dit dan?*
  - Auto of ander gemotoriseerd vervoer
  - Fiets
  - Lopend

- *Vind u dat er hier vaak te hard wordt gereden?*
  - Ja
  - Ja, vooral s' avonds
  - Ja, vooral overdag
  - Nee

- *Wat vindt u van de huidige openbare verlichting langs uw weg?*
  - Te veel
  - Voldoende
  - Te weinig

- Ervaart u ook lichthinder van de openbare verlichting?
  - Ja
  - Nee
  - Weet ik niet

- *Zou u het erg vinden als er minder wordt verlicht?*
  - Ja, dit zou ik vervelend vinden
  - Nee, dit zou ik niet erg vinden
  - Weet ik niet

- *De mogelijkheid is aanwezig om alleen te verlichten bij kruisingen van wegen en oversteekplaatsen. Zou u dit prima vinden?*
  - Ja
  - Nee
  - Weet ik niet

- *De mogelijkheid bestaat, uitgezonderd bij kruisingen en oversteekplaatsen, om te kiezen voor alternatieven in verlichting (lichtgevende paaltjes, reflectoren, kattenoogjes in het wegdek etc.). Zou u dit goede alternatieven vinden?*
    - Ja, het maakt mij niet zoveel uit
    - Ja, zolang ik de weg maar kan volgen
    - Nee, het wordt mij dan te donker
    - Nee, ik voel mij dan niet veilig
    - Weet ik niet

- *Voelt u zich hier veilig in het donker?*
    - Ja
    - Vaak
    - Soms
    - Nee

- *Voelt u zich als fietser/voetganger s' avonds veilig?*
    - Ja
    - Nee
    - Ik maak s' avonds geen gebruik van de fiets

- *Indien u een lichtmast voor de deur heeft: Zou u het vervelend vinden als deze lichtmast wordt weggehaald*?
    - Ja, omdat:
    - Nee, omdat:

Bedankt voor het invullen en voor uw tijd!

Bijlage C Kosten materialen

Soort	*Werkzaamheden*	*Eenheid*	*Prijs (incl. btw)*	*Aantal*	*Bedrag*
Lichtmast	Vervangen verlichtingsobject 5m < lph <= 8m.	p.st.	€ 80.00	13	€ 1,040.00
	Toeslag vervangen lichtmast met grondvleugel	p.st.	€ 5.00	13	€ 65.00
	Leveren lichtmast 6m enkele uithouder + vleugel	p.st.	€ 230.00	13	€ 2,990.00
Enexis kosten	Verwijdering masten	p.st.	€ 247.65	0	€ -
	Vervanging masten (N>4)	p.st.	€ 59.02	13	€ 767.26
	Nieuwe aansluiting	p.st.	€ 298.00	0	€ -
				Totaal	€ 4,862.26

Soort	*Werkzaamheden*	*Eenheid*	*Prijs (incl. btw)*	*Aantal*	*Bedrag*
Armatuur	Vervangen verlichtingsarmatuur 5m < lph <= 8m.	p.st.	€ 20.92	68	€ 1,422.56
	Leveren armatuur Brisa 3000k 14W	p.st.	€ 247.50	68	€ 16,830.00
Retrofit	Ombouwen armatuur	p.st.	€ 81.00	14	€ 1,134.00
	Leveren LED PS-L 13W	p.st.	€ 59.00	14	€ 826.00
				Totaal	€ 20,212.56

Soort	*Werkzaamheden (levering + arbeid)*	*Eenheid*	*Prijs (incl. Btw)*	*Aantal*	*Bedrag*
Sensoren/dimmers	Citysense (incl. Skylite)	p.st.	€ 220.00	17	€ 3,740.00
	Skylite	p.st.	€ 99.00	51	€ 5,049.00
	Netwerkdesign	p.st.	€ 800.00	1	€ 800.00
	OLC-dimmer (Dynamisch)	p.st.	€ 110.00		€ -
				Totaal	€ 9,589.00

Bijlage D Kostenoverzicht per optie

Kostenoverzicht per optie, gespecificeerd naar werkzaamheden				Optie 1		Optie 2			Optie 3	
Soort	Werkzaamheden	Eenheid	Prijs (incl btw)	Aantal	Bedrag	Aantal	Bedrag		Aantal	Bedrag
Lichtmast	Vervangen verlichtingsobject 5m < lph <= 8m.	st	€ 80.00	13	€ 1,040.00	13	€ 1,040.00		13	€ 1,040.00
	Toeslag vervangen lichtmast met grondvleugel	st	€ 5.00	13	€ 65.00	13	€ 65.00		13	€ 65.00
	Leveren lichtmast 6m enkele uithouder + vleugel	st	€ 230.00	13	€ 2,990.00	13	€ 2,990.00		13	€ 2,990.00
Armatuur	Vervangen verlichtingsarmatuur 5m < lph <= 8m.	st	€ 20.92	68	€ 1,422.56	68	€ 1,422.56		68	€ 1,422.56
	Leveren armatuur Brisa 3000k 14W	st	€ 247.50	68	€ 16,830.00	68	€ 16,830.00		68	€ 16,830.00
Retrofit	Ombouwen armatuur	st	€ 81.00	14	€ 1,134.00	14	€ 1,134.00		14	€ 1,134.00
	Leveren LED PS-L 13W	st	€ 59.00	14	€ 826.00	14	€ 826.00		14	€ 826.00
Enexis kosten	Verwijdering masten	st	€ 247.65	0	€ -	0	€ -		0	€ -
	Vervanging masten > 4 stuks	st	€ 59.02	13	€ 767.26	13	€ 767.26		13	€ 767.26
	Nieuwe aansluiting	st	€ 298.00	0	€ -	0	€ -		0	€ -
Sensoren/dimmers	Citysense (incl. Skylite)	st	€ 220.00	17	€ 3,740.00	17	€ 3,740.00		0	€ -
	Skylite	st	€ 99.00	51	€ 5,049.00	51	€ 5,049.00		0	€ -
	Netwerk design		800	1	€ 800.00	1	€ 800.00		0	€ -
	OLC dimmer (Dynamisch)	st	€ 110.00		€ -		€ -		68	€ 7,480.00
Overig	Communicatie (geschat bedrag)		€ 2,000.00	1	€ 2,000.00	1	€ 2,000.00		1	€ 2,000.00
	Voorbereidingskosten (planning, bestek, etc.)		€ 2,500.00	1	€ 2,500.00	1	€ 2,500.00		1	€ 2,500.00
	Verkeersmaatregelen (geschat bedrag)		€ 2,500.00	1	€ 2,500.00	1	€ 2,500.00		1	€ 2,500.00
	Onvoorziene kosten		€ 5,000.00	1	€ 5,000.00	1	€ 5,000.00		1	€ 5,000.00
	Herplaatsen vrijgekomen armaturen	st	€ 112.00	8	€ 896.00	8	€ 896.00		8	€ 896.00
Totale kosten					€ 47,559.82		€ 47,559.82	Excl. Dyn. Dim.		€ 37,970.82
								Incl. Dyn. Dim.		€ 45,450.82

Bijlage E TCO armaturen + masten

Uitkomsten voor het gehele project	Huidig	Optie 1	Optie 2	Optie 3
Projectgrootte	**82**	**82**	**82**	**82**
Energie				
Energieverbruik (kWh) rekenperiode	186396	51897	57411	56298
Energiekosten (Euro) rekenperiode	€ 11,183.76	€ 3,113.85	€ 3,444.68	€ 3,377.90
Energiebesparing t.o.v. huidige situatie in kWh	0	134347	128985	130098
Energiebesparing t.o.v. huidige situatie in %	0	67%	63%	64%
Financiën				
Onderhoudskosten	€ 11,860.85	€ 3,583.96	€ 3,526.36	€ 3,526.36
Extra investering nieuwe installatie (armatuur + arbeid)	€ -	€ 28,236.56	€ 28,758.56	€ 18,252.56
Extra investering nieuwe lichtmasten (mast + arbeid)		€ 4,862.00	€ 4,862.00	€ 4,862.00
Jaarlijkse besparing op onderhoud en energiekosten	€ -	€ 816.88	€ 803.68	€ 807.02
TVT ten opzichte van de huidige situatie in jaren	0.0	31.4	32.7	20.7
Totale kosten gedurende rekenperiode	23045	34934	35730	25157

Legenda	
Optie 1:	Sociaal dimregime + 's nachts sensor
Optie 2:	Dimregime afhankelijk van Sensor
Optie 3:	Sociaal dimregime

Hele project	Jaar 1	Jaar 2	Jaar 3	Jaar 4	Jaar 5	Jaar 6	Jaar 7	Jaar 8	Jaar 9	Jaar 10
Cumulatief: Jaarlijkse kosten huidige installatie	€ 1,152.23	€ 2,304.46	€ 3,456.69	€ 4,608.92	€ 5,761.15	€ 6,913.38	€ 8,065.61	€ 9,217.84	€ 10,370.07	€ 11,522.30
Cumulatief: Jaarlijkse kosten Optie 1	€ 33,951.01	€ 34,281.19	€ 34,611.38	€ 34,941.56	€ 35,271.75	€ 35,601.94	€ 35,932.12	€ 36,262.31	€ 36,592.49	€ 36,922.68
Cumulatief: Jaarlijkse kosten Optie 2	€ 33,969.37	€ 34,317.92	€ 34,666.48	€ 35,015.03	€ 35,363.58	€ 35,712.13	€ 36,060.68	€ 36,409.23	€ 36,757.79	€ 37,106.34
Cumulatief: Jaarlijkse kosten Optie 3	€ 23,460.03	€ 23,805.25	€ 24,150.46	€ 24,495.67	€ 24,840.88	€ 25,186.10	€ 25,531.31	€ 25,876.52	€ 26,221.73	€ 26,566.95

	Jaar 11	Jaar 12	Jaar 13	Jaar 14	Jaar 15	Jaar 16	Jaar 17	Jaar 18	Jaar 19	Jaar 20
	€ 12,674.54	€ 13,826.77	€ 14,979.00	€ 16,131.23	€ 17,283.46	€ 18,435.69	€ 19,587.92	€ 20,740.15	€ 21,892.38	€ 23,044.61
	€ 37,252.87	€ 37,583.05	€ 37,913.24	€ 38,243.42	€ 38,573.61	€ 38,903.80	€ 39,233.98	€ 39,564.17	€ 39,894.35	€ 40,224.54
	€ 37,454.89	€ 37,803.44	€ 38,151.99	€ 38,500.55	€ 38,849.10	€ 39,197.65	€ 39,546.20	€ 39,894.75	€ 40,243.31	€ 40,591.86
	€ 26,912.16	€ 27,257.37	€ 27,602.58	€ 27,947.80	€ 28,293.01	€ 28,638.22	€ 28,983.43	€ 29,328.65	€ 29,673.86	€ 30,019.07

Rekenhulp: Total Costs of Ownership en Energiebesparing per armatuur

Agentschap NL
Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer

Aantal uren volledig brandend op 100%	1,277	uur / jaar
Aantal uren gedimd	2,923	uur / jaar
Bedrijfsuren OV (totaal)	4,200	uur / jaar
Totaal aantal armaturen voor business case	47	uur / jaar
Rekenperiode in jaren :	20	

Invoer gegevens

	Huidige verlichting		Optie 1		Optie 2		Optie 3	
	Type		**LED + sensor + uit**		**LED + Sensor**		**LED + sociaal**	
Armatuur gegevens								
Armatuur type	INDAL 2500		Brisa		Brisa		Brisa	
Lichtbron	TL-D 18W		14W		14W		14W	
VSA type	EVSA		Citysense/skylite		Citysense/skylite		OLC Dimmer	
Aantal lichtbronnen / armatuur	2	st	1	st	1	st	1	st
Systeemvermogen	18	W	14	W	14	W	14	W
Inschatting systeemvermogen halverwege de rekenperiode	18	W	14	W	14	W	14	W
Dimniveau - Lichtstroom	100%	%	21%		32%	%	30%	%
Dimniveau - energetisch	100%	%	21%		32%	%	30%	%
Lichtbron gegevens								
Levensduur lichtbron	10,000	uur	100,000	uur	100,000	uur	100,000	uur
prijs lichtbron	8.00	€	150.00	€	150.00	€	150.00	€
Onderhouds gegevens								
Eenheidsprijs arbeid voor vervanging van de lichtbron in de groepsremplace	5.90	€	0.00	€	0.00	€	0.00	€
Prijs arbeid voor incidenteel herstel	0.00	€	0.00	€	0.00	€	0.00	€
Prijs voor het schoonmaken armatuur	0.00	€	0.00	€	0.00	€	0.00	€
Prijs voor het vervangen van van de VSA gedurende de rekenperiode	0.00	€	0.00	€	0.00	€	0.00	€
Kostprijs / meerinvestering armatuur	0.00	€	388.50	€	388.50	€	247.50	€
Kosten voor het plaatsen van de armatuur	0.00	€	34.42	€	34.42	€	20.92	€
Percentage uitval per jaar (storingen)	5.4%		0.8%		0.8%		0.8%	
Aantal keren lamp remplace gedurende rekenperiode	12	st	0	st	0	st	0	st
Aantal keren schoonmaken gedurende rekenperiode	2	st	2	st	2	st	2	st
Energie								
Gemiddelde energiekosten gedurende de rekenperiode	0.06	€ / kWh						
Kostprijs € / kWh	0.06	€ / kWh	0.06	€ / kWh	0.06	€ / kWh	0.06	€ / kWh

Uitkomsten

Kosten								
Kosten per armatuur voor het onderhoud in rekenperiode	**175.44**		**24.00**		**24.00**		**24.00**	
Kosten remplace / upgrade (lamp+arbeid)	166.80		0.00		0.00		0.00	
Kosten schoonmaken armatuur	0.00		0.00		0.00		0.00	
Kosten incidenteel herstel	8.64		24.00		24.00		24.00	
Vervangen VSA gedurende de rekenperiode	0.00		0.00		0.00		0.00	
Energie								
Energieverbruik / jaar	75.6	kWh	26.5	kWh	31.0	kWh	30.2	kWh
Kosten per armatuur voor energie in rekenperiode	**90.7**	**€**	**31.8**	**€**	**37.2**	**€**	**36.2**	**€**
Totale expl.lasten per armatuur in rekenperiode	**266.16**		**55.77**		**61.17**		**60.19**	
Exploitatiekosten per armatuur per jaar								
Expl.kosten per jaar	13.31		2.79		3.06		3.01	
Verschil in expl. Kosten t.o.v. huidige verlichting in Euro			10.52		10.25		10.30	
(meer) Investering in nieuwe armaturen	**0.00**		**422.92**		**422.92**		**268.42**	
TVT, terugverdientijd in jaren			**40.2**	**jr**	**41.3**	**jr**	**26.1**	**jr**
Besparing in expl.kosten t.o.v. huidig armatuur			**79%**		**77%**		**77%**	
Totaal energieverbruik periode	**1,512**	**kWh**	**529**	**kWh**	**619**	**kWh**	**603**	**kWh**
Energie besparing			**65%**		**59%**		**60%**	

Tabel 1. Rekenhulp TCO en energiebesparing per armatuur. Hier weergegeven de Tl-D18W en de 3 led-opties. *Bron:* [75]

Bijlage F CBA

CBA Ledverlichting (Rekenperiode van 20 jaar)			Alternatieven (x 1000 euro)		
Hoofd criteria	Sub-criteria	Sub-sub-criteria	Optie 1	Optie 2	Optie 3
Directe kosten	Investering		34.6	34.6	25
Directe kosten	Onderhoud		3.5	3.5	3.6
Directe kosten	Avoided investment		0	0	-9.6
Indirecte kosten	Planvorming/voorbereiding		12	12	12
Indirecte kosten	Geen erfverlichting bewoners		+PM	0	0
Totale kosten			50.1	50.1	31
Baten	Besparing	Energie	8.1	7.7	7.8
Baten		Onderhoud	8.3	8.3	8.3
Baten	Reductie van lichthinder*		+PM	+PM	+PM
Baten	Natuur	Flora & Fauna	+PM	-PM	-PM
Baten		CO2 reductie	0.24	0.23	0.23
Baten	Veiligheid	Verkeers	18	18	18
Baten		Sociaal	1.6	1.5	1.4
Totale baten			36.24	35.73	35.73
Netto resultaat			-13.86	-14.37	4.73
			+PM		
*	Optie 1 schakelt de verlichting 's nachts uit, waardoor de lichthinder				
	nog sterker beperkt wordt dan bij optie 2 en 3.				

Uitleg:

- De (in)directe kosten en de besparing bij baten komen voort uit bijlage C, D en E.
- Doordat bij optie 1 de erfverlichting verdwijnt gedurende de nacht voor veel bewoners, kan dit in de nabije toekomst wellicht kosten met zich mee brengen voor de gemeente. Vandaar de keuze voor *+PM*. Doordat bij de andere twee opties de verlichting altijd op een minimaal niveau brand, gaat dit punt niet op voor deze opties.
- De effecten van de reductie lichthinder zijn op dit moment nog niet uit te drukken in kosten. Doordat bij optie 1 de verlichting ’s nachts volledig uitgaat, is wel te verwachten dat dit een sterker positief effect met zich meebrengt dan bij optie 2 en 3.
- Door het ontbreken van exacte data naar de precieze Flora & Fauna aanwezig in het casusgebied, is het lastig hier een monetaire waarde aan te verbinden.
- CO^2 reductie is bepaald door de besparing op kWh uit te drukken in kg CO^2 bespaard. Dit wordt vervolgens vermenigvuldigt met de kosten van 1tCO^2e [76]. Dit geeft de jaarlijkse besparing.
- Voor het bepalen van de kosten gemoeid met veiligheid is gebruik gemaakt van data beschikbaar gesteld via het CBS en ministerie van VWS en een casus studie vanuit Engeland [77] [78] [79].

Bijlage G Pro/contra analyse

Optie 1

Pro

- Hoogste energiebesparing (67%),
- Voldoet aan beleid: “Niet verlichten, tenzij…”,
- ’s nachts aanzienlijke reductie in lichthinder,
- Minder overlast nachtdieren,
- ’s avonds normale dimregime gehanteerd zoals overal in Leek,
- Doordat de verlichting aangaat bij weggebruik is er altijd verlichting waar dit nodig is,
- Hoogste CO2-reductie,
- Lager onderhoud

Con

- Donkerte op erf van bewoners ’s nachts,
- Mogelijk lager gevoel van veiligheid s’ nachts,
- Hogere investeringskosten,
- Donker op straat bij geen gebruik van de weg,
- Wordt nog nergens toegepast binnen de gemeente (geen ervaringen),
- Gedeeltelijk in strijd met de enquête,

Optie 2

Pro

- Vermindering van huidige lichthinder tijdens donker periode,
- Energiebesparing (63%)
- Licht past zich altijd aan, aan het gebruikersniveau,
- Er is altijd licht op straat
- Voldoet aan bewonersbehoefte
- Co2 reductie
- Wordt binnen andere gemeentes succesvol toegepast

Con

- ’s Nachts nog sprake van enige lichthinder
- Gemeente blijft betalen voor particuliere erfverlichting,
- Geen donkerte in het buitengebied,
- Hoge investeringskosten
- Wordt nog nergens toegepast binnen de gemeente (geen ervaringen)

Optie 3

Pro

- Energiebesparing (64%)
- Wordt al toegepast binnen de gemeente en wordt gedragen door de bewoners,
- Lagere investering in vergelijking met optie 1 en 2,
- Lagere onderhoudskosten vergeleken met de huidige situatie,
- Eenvoudig te beheren en eenmalig instellen

Con

- Meer lichthinder dan optie 1 en 2,
- Gemeente blijft betalen voor particuliere erfverlichting,
- Geen donkerte in het buitengebied,
- Kan ’s nachts als te donker worden ervaren wanneer gebruik wordt gemaakt van de weg,
- Statisch gedimd, aanpassen van dimschema brengt extra kosten met zich mee