



university of
 groningen

faculty of mathematics
 and natural sciences

Groen licht aan het Havenkanaal

Effecten van groene led straatverlichting op het
gedrag van de watervleermuis

februari 2010

Tijs Glazenborg



Beta Wetenschapswinkel

Groen licht aan het Havenkanaal

Effecten van groene led straatverlichting op het gedrag van de watervleermuis

Auteur: Tijs Glazenberg, student Dierecologie RU Groningen

Begeleiders: prof. dr. Joost Tinbergen, Dierecologie RUG

drs. Reinier Meijer, BügelHajema Adviseurs, Assen

drs. Karin Ree, Bèta Wetenschapswinkel RUG

Opdrachtgever: Gemeente Assen; contactpersoon Aad Verheul, Dienst Stadsbeheer

Rapport Bèta 2010-3

Februari 2010

ISBN (druk) 978-90-367-4283-2

ISBN (digitaal) 978-90-367-4284-9

Bèta Wetenschapswinkel

Rijksuniversiteit Groningen

Nijenborgh 4

9747 AG Groningen

T: 050-363 41 32

E: c.m.ree@rug.nl

W: www.rug.nl/wewi

Inhoudsopgave

Hoofdstuk 1 : Inleiding	- 9 -
Hoofdstuk 2 : Methoden	- 11 -
Hoofdstuk 3 : Resultaten	- 15 -
Hoofdstuk 4 : Conclusie en discussie	- 19 -
Hoofdstuk 5 : Referenties	- 21 -
Hoofdstuk 6 : Dankwoord.....	- 22 -

Samenvatting

De gemeente Assen streeft naar energiezuinige straatverlichting en vermindering van lichtvervuiling. Experimenteel is op enkele locaties witte PLL-straatverlichting vervangen door groene ledverlichting. Dit onderzoek beoordeelt de effecten van het type verlichting op de aanwezigheid van de watervleermuis (*Myotis daubentonii*) in het foerageergebied en de vliegroue langs het Afwateringskanaal in Assen. Bij drie verschillende typen verlichting (led, PLL en donker) zijn tellingen uitgevoerd van het aantal passages van watervleermuizen, in relatie tot de aanwezigheid van prooi-insecten, de weersomstandigheden en de lichtintensiteit van de typen verlichting. De metingen zijn gepaard uitgevoerd op twee locaties langs het kanaal, waarvan één verlicht en de ander onverlicht. Dit onderzoek heeft geen significante effecten van het type verlichting op de aanwezigheid van de watervleermuis aangetoond. Wel is er een aanwijzing voor een positief effect van de lichtintensiteit op het gebruik van het verlichte gebied als foerageergebied. Toenemende lichtintensiteit tot (ten minste) 1 lux gaat gepaard met een hogere aanwezigheid van de watervleermuis. Deze trend hangt niet samen met de gemeten aanwezigheid van insecten. Het is niet duidelijk of de kleur van het licht invloed heeft.

Groen ledlicht heeft een lagere intensiteit dan wit PLL-licht; de aanwezigheid van de watervleermuis bij groen ledlicht is lager. Wanneer de gemeente Assen streeft naar een situatie die de ongestoorde (onverlichte) situatie het best benadert, is groene ledverlichting een goede keuze.

Hoofdstuk 1 : Inleiding

Kunstmatige verlichting beïnvloedt het gedrag van mensen en dieren. Aan mensen geeft een verlichte omgeving een gevoel van veiligheid. Nachtdieren ondervinden mogelijk negatieve effecten van kunstlicht, aangezien deze dieren in donkere omstandigheden leven (Longcore 2004). Gemeentes die energiegebruik en lichtvervuiling door straatverlichting willen verminderen vervangen witte PLL-lampen in straatlantaarns door groene ledlampen. De staafjes in de retina van het menselijk oog zijn optimaal gevoelig voor groen licht (Van de Laar 2007). Staafjes werken bij weinig licht en registreren basisvormen en bewegingen. Mensen kunnen bij groen licht dus beter zien bij lage lichtintensiteit. Effecten van verschillende kleuren licht in een ecologische context zijn echter weinig onderzocht. De vraag is of een effect, positief dan wel negatief, van het type verlichting op het gedrag van fauna aantoonbaar is. Deze vraag is in dit onderzoek toegespitst op de mogelijk versturende effecten op het foeragegedrag van watervleermuizen door groene (Innolumis Green 14W) ledlampen ten opzichte van witte (PLL 24W) lampen en een onverlichte situatie.

Onderzoek naar effecten van de kleur van kunstlicht voor mens en dier vindt voornamelijk plaats in de chronobiologie en is gericht op de circadiane¹ klok (de Molenaar 2003a, 2003b). Groen licht veroorzaakt bij kleine knaagdieren een relatief grote faseverschuiving van het circadiane ritme (Geethe 1995). Deze bevindingen zijn echter weinig relevant voor ecologische effecten van straatverlichting. In ecologische context gebruiken dieren altijd de zon (en andere tijdgerelateerde verschijnselen) als Zeitgeber², terwijl voor de proefdieren in chronobiologisch onderzoek een kunstmatige lichtpuls vaak de enige Zeitgeber voor het ritme is (Geethe 1995, de Molenaar 2003a).

Kunstlicht kan voor sommige diersoorten een positief effect hebben, bijvoorbeeld voor (insectivore) predatoren, doordat het licht prooidieren aantrekt. Daar staat een negatief effect tegenover voor prooidieren, die in het licht gemakkelijker bejaagd kunnen worden (Molenaar 2003a). Effecten zijn afhankelijk van het spectrum van de lichtbron; onderzoek hiernaar biedt een mogelijkheid om (negatieve) effecten zoveel mogelijk te reduceren. De Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM) heeft bijvoorbeeld ecologisch onderzoek uitgevoerd naar de invloed van de kleur van kunstlicht op het migratiegedrag van vogels. Booreilanden in de Noordzee hebben een sterk aantrekkende werking op nachtelijk migrerende vogels. Veel vogels raken gedesoriënteerd wanneer ze het licht invliegen, waardoor ze met elkaar in botsing komen of gaan landen (Longcore 2004); vervolgens kan een deel van de vogels de trektocht niet afmaken doordat ze hun energie bij het platform hebben verspild (van de Laar 2007, Poot, 2008). De NAM concludeerde dat verschillende kleuren licht uiteenlopende effecten hebben op verschillende diersoorten. Bij de vogels in de buurt van booreilanden is gebleken dat blauw-groen licht het minst versturend werkt op de

¹ **Circadiaan:** Latijn; *circa* = rondom, *dies* = dag. Een circadiaan ritme is het biologische ritme waarvan de cyclus ongeveer 1 dag duurt.

² **Zeitgeber:** vanuit Duits letterlijk tijd-gever. Dit is een exogeen signaal dat de interne biologische klok van organismen aanpast aan het circadiane ritme van de aarde.

oriëntatie van vogels op het aardmagnetisch veld, in tegenstelling tot rood en wit licht (van de Laar 2007, Poot 2008).

Er is niet veel bekend over de effecten van verlichting op het gedrag van vleermuizen. Veelal wordt gesuggereerd dat er een tweedeling is tussen snel vliegende soorten (bijvoorbeeld de gewone dwergvleermuis *Pipistrellus pipistrellus*) en langzaam vliegende soorten (bijvoorbeeld de watervleermuis) (Kuiper 2008, Welbergen 2008, Rydell 1999). Onderzoekers veronderstellen dat langzaam vliegende soorten vooral negatieve effecten ondervinden van licht, omdat ze zichzelf op verlichte locaties blootstellen aan predatie. Voor snel vliegende soorten geldt mogelijk het tegenovergestelde. Deze soorten ondervinden geen verhoogd predatierisico wanneer ze een verlicht gebied betreden en profiteren alleen van het positieve effect van de grote verzameling prooidieren in het licht. Er is echter weinig bekend over het risico voor vleermuizen om bejaagd te worden geruime tijd na het uitvliegen. De uitvliegtijden van alle vleermuissoorten zijn afhankelijk van het predatierisico (Welbergen 2008). Verondersteld wordt dat langzamere soorten later uitvliegen waardoor ze slechter gezien kunnen worden door mogelijke predatoren. Snellere soorten vliegen eerder uit vanwege een initieel lager predatierisico (Welbergen 2008). Hoewel er veel onderzoek is gedaan naar effecten van licht op het moment van uitvliegen van vleermuizen is er weinig bekend over de effecten van straatverlichting op de dagelijkse vliegroute en het foerageergedrag van vleermuizen (Stone 2008, Kuiper 2008, Welbergen 2009).

Een ander effect van licht op het gedrag van vleermuizen betreft het zicht, vanwege de gevoeligheid van de retina. Het idee dat vleermuizen blind zijn, is geheel onjuist. Sommige vleermuissoorten maken gebruik van zicht bij het uitvliegen en wanneer mogelijk bij het jagen. Tijdens maanverlichte nachten zijn veel vleermuizen bijvoorbeeld beter in staat om vangnetten te ontwijken dan tijdens bewolkte nachten (Fure 2006). Dit wordt als indicatie gezien dat visuele prikkels soms voordeliger zijn dan auditieve prikkels. Onderzoek heeft aangetoond dat sommige vleermuissoorten het jagen op visuele prikkels prefereren boven het jagen op auditieve prikkels (Fure 2006). Er is veel onderzoek gedaan naar de morfologie van het vleermuisoog. De retina van een vleermuis bestaat, in tegenstelling tot die van de mens, voornamelijk uit staafjes. Daardoor is een vleermuis in staat om in het donker vier tot vijf keer beter te zien dan een mens. De retina van een vleermuis is gevoelig bij zeer lage lichtintensiteit. Bij hoge lichtintensiteit (daglicht) neemt het zicht waarschijnlijk af door overstimulatie van de staafjes in de retina. De samenstelling van de retina verschilt echter per soort vleermuis, zodat ook de invloed van licht per soort kan verschillen. Vleermuizen zijn mogelijk ook in staat uv-licht te zien met behulp van rhodopsine in de staafjes. Dit licht is echter direct schadelijk voor de retina en kan er voor zorgen dat beeldvorming optreedt. Onderzoek naar *Vespertilionidae* suggereert dat deze meer worden verstoord door licht met korte golflengtes dan door licht met langere golflengtes (Fure 2006).

Hoofdstuk 2 : Methoden

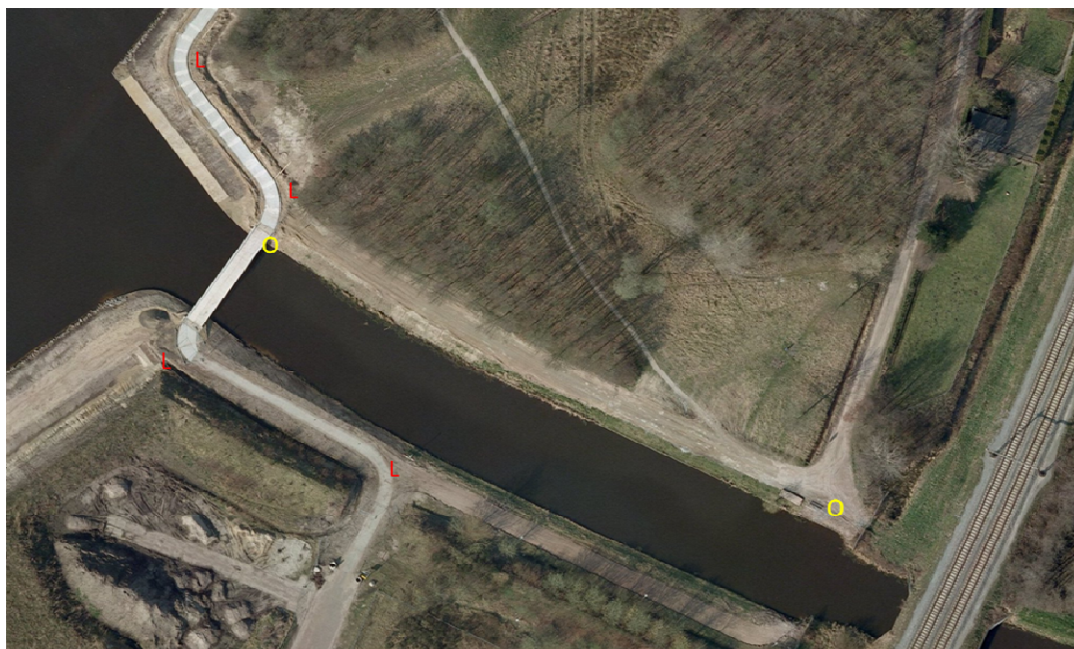
Experiment

De effecten van straatverlichting op het foerageergedrag en de vliegroute van de watervleermuis zijn onderzocht in een veldexperiment langs het Afwateringskanaal in Assen. In de periode augustus-medio september 2009 zijn in het proefgebied achtereenvolgens drie typen verlichting toegepast: 1) wit PLL 24W, 2) geen verlichting (controle), 3) groen Innolumis Green led 14W.

Bij elk van de typen verlichting is gedurende circa vijf dagen de passage van watervleermuizen geteld. Op elk van deze dagen zijn tevens metingen uitgevoerd van de lichtintensiteit, de aanwezigheid van insecten en de weersomstandigheden.

Locatie

De proeflocatie is gelegen aan het Afwateringskanaal in Assen, tussen de spoorbrug en de kruising van het Havenkanaal. Het gebied rond de kruising van het Havenkanaal en het Afwateringskanaal (of Deurzerdiep) is in 2009 als recreatieve, ecologische zone ingericht. Op de kruising is de kade geherstructureerd en is een nieuwe fietsbrug aangelegd (figuur 1.a). De onderzoekslocatie ligt tussen de begroeide 'Bult van Loon' en de gedeeltelijk begroeide grondwal rond de gemeentewerf. De fietsbrug werd 's avonds beperkt gebruikt door fietsers en bromfietzers. Op de spoorbrug passeerden 's avonds maximaal zes treinen per uur. Er waren geen aanwijzingen dat vleermuizen door het verkeer werden beïnvloed. In het kader van veiligheid zijn nabij de fietsbrug in 2009 straatlantaarns geplaatst (PLL 24W Iris armatuur). In de omgeving zijn verder geen vaste lichtbronnen van betekenis aanwezig.



Figuur 1.a Onderzoekslocatie op de kruising van het Havenkanaal (links niet op foto) en het Afwateringskanaal (midden foto), links fietsbrug, rechts spoorbrug. O: waarnemers; L: lantaarnpalen. Afstand tussen waarnemers 120 meter.

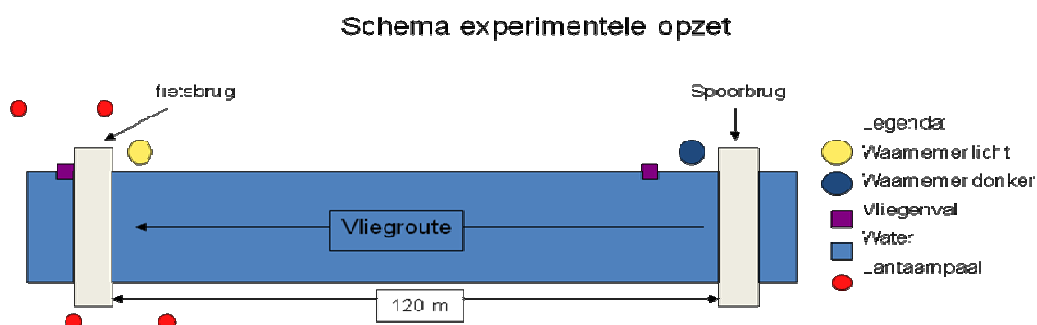
In dit gebied zijn tijdens een pilotobservatie diverse soorten vleermuizen waargenomen: gewone dwergvleermuis (*Pipistrellus pipistrellus*), ruige dwergvleermuis (*Pipistrellus nathusii*), watervleermuis (*Myotis daubentonii*), rosse

vleermuis (*Nyctalus noctula*) en laatvlieger (*Eptesicus serotinus*). Deze soorten hebben verschillende habitatvoorkeuren (Gaisler 1998). In dit onderzoek is de watervleermuis als modelorganisme gekozen, omdat deze vrijwel uitsluitend boven het wateroppervlak foerageert en als meest lichtgevoelige van de waargenomen soorten wordt beschouwd (Vleermuisprotocol 2009). Het Afwateringskanaal is een dagelijks gebruikte vliegroute voor de kolonie en foerageergebied van een aantal individuen van de watervleermuis (Vleermuiswerkgroep Drenthe 2007).

Proefopzet

Figuur 1.b geeft een schema van de experimentele opzet. De passages van de watervleermuis zijn steeds tegelijkertijd geteld in het niet-verlichte gebied bij de spoorbrug en in het verlichte gebied bij de fietsbrug (met wit, zonder of met groen licht). De tellingen duurden minimaal één uur en begonnen elke avond één uur na zonsondergang. Rond deze tijd gebruikt de watervleermuis het kanaal als foerageergebied. Op beide meetpunten zijn tevens de lichtintensiteit en de aanwezigheid van insecten gemeten.

De gelijktijdige waarneming op beide meetpunten had tot doel om variatie tussen dagen uit te sluiten. De waarnemingen betroffen dus de relatieve aanwezigheid van de watervleermuis in het verlichte gebied in plaats van de totale aanwezigheid op de gehele locatie. In de verwerking van de gegevens is per dag de aanwezigheid in het verlichte gebied gedeeld door de aanwezigheid in het donkere gebied ($\text{aantal}_{\text{verlicht}}/\text{aantal}_{\text{onverlicht}}$). Tevens is de aanwezigheid van de watervleermuis per minuut van de telling gescoord, in plaats van het totaal aantal passages. Deze score heeft tot doel om verstoring door de ‘dode tijd’ in de opnames te vermijden (zie ‘detectie’).



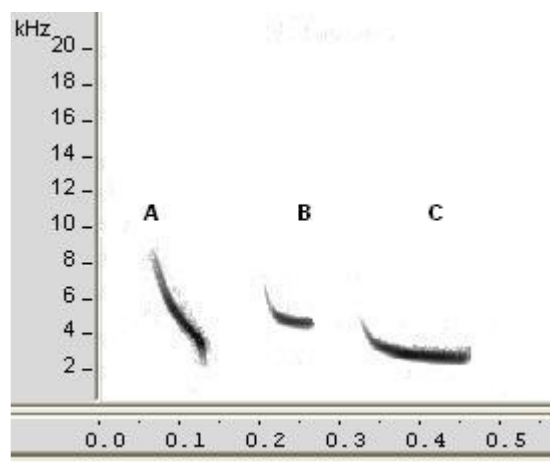
Figuur 1.b Schematische weergave van de experimentele opzet aan het Afwateringskanaal.

Meetmethoden

Detectie

Tellingen werden uitgevoerd met een Pettersson D240x Time Expansion detector. Deze detector is een heterodyne scanner, die permanent ultrasoon geluid omzet in hoorbaar geluid. De detector heeft een mogelijkheid tot vertraging van het heterodyne signaal met een factor 10. Op deze manier worden de geluiden beter herkenbaar. Een eerste determinatie (op gehoor) aan de hand van het vertraagde signaal is betrouwbaarder dan determinatie aan de hand van het onvertraagde heterodyne signaal. Telkens wanneer een vleermuis werd waargenomen op het heterodyne geluid, werd 1.7 of 3.4 seconden van het ultrasone geluid opgenomen en 10 keer vertraagd. Deze vertraagde geluiden werden direct afgespeeld; deze opnames duren 17 respectievelijk 34 seconden. Wanneer op grond van dit vertraagde geluid de gewenste vleermuissoort werd herkend, dan werd het geluid opgenomen op een secundair opnameapparaat (Edirol R-09HR of Creative ZEN V) en opgeslagen voor determinatie aan de hand van spectrogrammen (zie figuur 2 voor voorbeelden van

spectrogrammen). De secundaire opnameapparaten registreerden de tijd van opname (dag en tijd tot op seconden). Nadeel van deze methode van waarneming is dat er een 'dode tijd' optreedt wanneer de vertraagde geluiden worden afgeluisterd en opgenomen. In deze korte periode kunnen geen nieuwe passerende vleermuizen worden waargenomen, anders dan via het heterodyne signaal. Ondanks dit nadeel is determinatie via vertraagde opnames betrouwbaarder dan determinatie aan de hand van heterodyne signalen (mondelinge mededeling BügelHajema, 2009).



Figuur 2 Spectrogram van A: *Myotis Daubentonii*, B: *Pipistrellus pipistrellus* en C: *Eptesicus serotinus*. Spectrogrammen gemaakt met behulp van WaveSurfer.

Lichtintensiteit

De lichtintensiteit (lux) werd gemeten met een luxmeter (Lutron LX-1108). In het verlichte gebied is deze meting uitgevoerd onder een lantaarn en aan de waterkant. De meting aan de waterkant is een benadering van lichtintensiteit die de watervleermuis boven het water ervaart. In het onverlichte gebied werd de lichtintensiteit alleen gemeten aan de waterkant. De metingen van de lichtintensiteit werden steeds aan het begin en het eind van de tellingen uitgevoerd.

Aanwezigheid van insecten

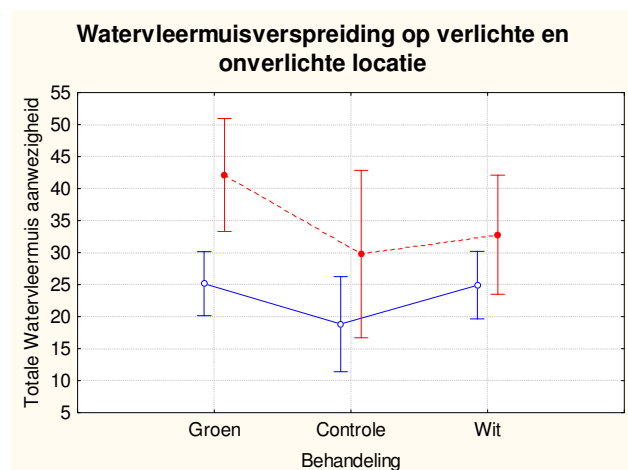
Insecten zijn gevangen met vellen vliegenpapier van ongeveer 15 bij 30 centimeter, zowel in het verlichte als in het onverlichte gebied. De vellen werden aan bamboestokken ongeveer 1 meter van de waterkant boven het water opgehangen op plaatsen met vergelijkbare begroeiing. De insecten werden per dag gedurende de hele meetperiode verzameld. Vervolgens is het aantal geschikte prooien voor de watervleermuis geteld (appendix 1).

Weersomstandigheden

De meetdagen in de onderzoeksperiode zijn geselecteerd met behulp van de weersvoorspellingen op www.buienradar.nl, weerstation Groningen-Eelde. Verondersteld werd dat de watervleermuis uitvliegt bij volgende weersomstandigheden: temperatuur minimaal 10 °C, windsnelheid maximaal 28 km/u, geen regen (appendix 1). Op dagen waarop de voorspelling niet aan deze voorwaarden voldeed, is niet gemeten. Na iedere meetdag zijn de temperatuur (°C) en de windsnelheid (km/u) genoteerd die tijdens de telling op dit weerstation zijn gemeten. Aangenomen is dat de weersomstandigheden op de fietsbrug gelijk zijn aan die op de spoorbrug.

Hoofdstuk 3 : Resultaten

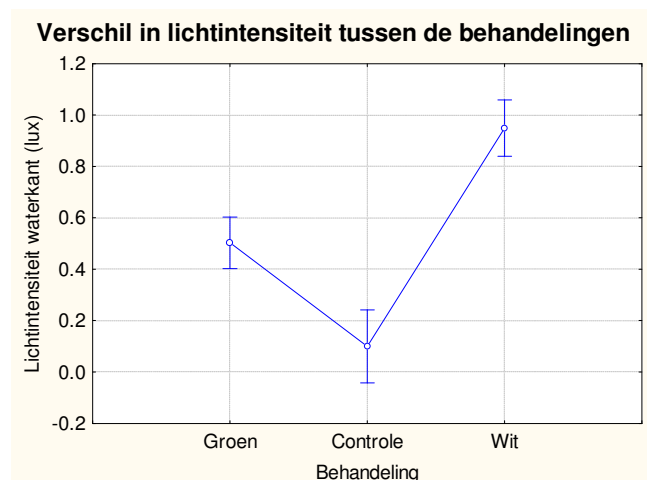
De gemiddelde aanwezigheid van de watervleermuis was bij alle behandelingen (type verlichting) in het onverlichte gebied langs het Afwateringskanaal hoger dan die in het verlichte gebied (figuur 3). De verschillen in de aanwezigheid van de watervleermuis in relatie tot het type verlichting waren niet significant.



Figuur 1: Aanwezigheid van de watervleermuis per behandeling op de verlichte en de onverlichte locatie, in minuten per uur

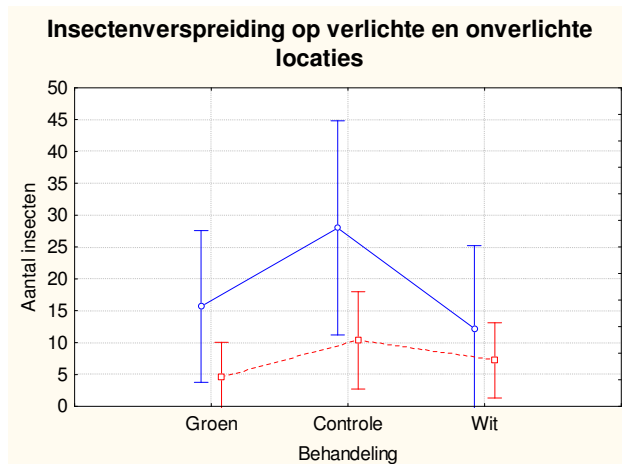
■ aanwezigheid verlichte locatie; ■ aanwezigheid onverlichte locatie. Verticale balken geven 0.95 betrouwbaarheidsinterval. $p_{\text{Verlicht}}=0.30$; $p_{\text{Onverlicht}}=0.20$

De lichtintensiteit aan de waterkant toonde een significant verschil tussen de behandelingen, waarbij de PLL-lampen ongeveer twee keer zo intens waren als de Innolumis Green lampen (figuur 4). Tijdens de controle was het donker en was de lichtintensiteit verwaarloosbaar. De lichtintensiteit onder de lantaarnpaal was zowel voor de PLL-lampen als de Innolumis Green lampen ongeveer een factor 10 hoger dan die aan de waterkant.



Figuur 2: Lichtintensiteit per behandeling. Verticale balken geven 0.95 betrouwbaarheidsinterval. $p=0.01$

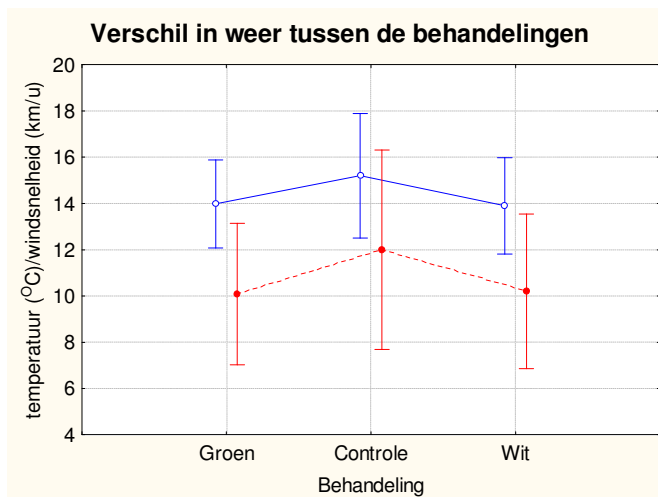
De aantallen insecten vertoonden een significant verschil tussen het verlichte en het onverlichte gebied (gepaarde t-toets, $p=0.01$). In het verlichte gebied zijn gemiddeld twee keer zoveel insecten gevangen als in het onverlichte gebied (figuur 5). Er zijn geen significante verschillen gevonden tussen de behandelingen in de aanwezigheid van insecten in het verlichte en onverlichte gebied aan het Afwateringskanaal. Er was geen significante correlatie tussen de aanwezigheid van de watervleermuis en de aanwezigheid van insecten.



Figuur 5: Aantal insecten per behandeling op de verlichte en de onverlichte locatie.

■ Aantal insecten verlichte locatie; ■ Aantal insecten onverlichte locatie. Verticale balken geven 0.95 betrouwbaarheidsinterval. $p_{\text{verlicht}}=0.288271$; $p_{\text{onverlicht}}=0.431288$

In de weersomstandigheden (temperatuur en windsnelheid) zijn geen significante verschillen gevonden tussen de behandelingen (figuur 6).

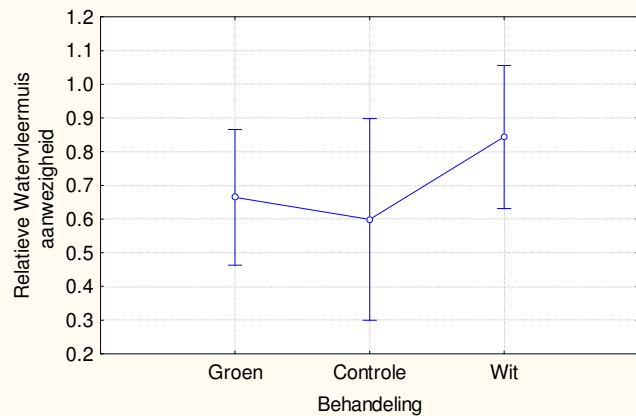


Figuur 6: Weersomstandigheden per behandeling.

■ temperatuur; ■ windkracht. Verticale balken geven 0.95 betrouwbaarheidsinterval. $p_{\text{Temp}}=0.67$; $p_{\text{Wind}}=0.70$

De relatieve aanwezigheid van de watervleermuis ($\text{aantal}_{\text{verlicht}}/\text{aantal}_{\text{onverlicht}}$) vertoonde geen significante verschillen tussen de behandelingen (figuur 7). Tijdens de controleperiode (geen verlichting) lijkt de aanwezigheid van de watervleermuis het laagst.

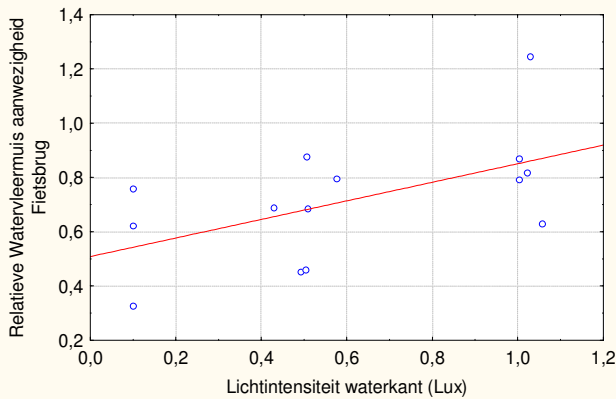
Vershil in relatieve verspreiding van Watervleermuis bij de fietsbrug tussen de behandelingen



Figuur 7: Relatieve aanwezigheid van de watervleermuis (aanwezigheid bij fietsbrug/aanwezigheid bij spoorbrug) per behandeling. Aanwezigheid in minuten per uur. Verticale balken geven 0.95 betrouwbaarheidsinterval. $p=0.26489$

Een regressieanalyse waarin de lichtintensiteit als verklarende factor voor de relatieve aanwezigheid van de watervleermuis wordt gehanteerd, toonde een significante correlatie tussen lichtintensiteit en de relatieve aanwezigheid van de watervleermuis bij de fietsbrug ($p=0.04$; figuur 8). Dit is een indicatie dat de aanwezigheid van de watervleermuis positief wordt beïnvloed door de lichtintensiteit tot 1.1 lux.

Relatieve Watervleermuis aanwezigheid ten opzichte van de lichtintensiteit



Figuur 8: Relatieve aanwezigheid van de watervleermuis bij de fietsbrug ten opzichte van de lichtintensiteit gemeten aan de waterkant. Aanwezigheid in minuten per uur.

Linkse cluster controle, midden cluster Innolumis Green, rechtse cluster PLL. $p=0.04$

Hoofdstuk 4 : Conclusie en discussie

Conclusie

De effecten van het type verlichting langs het Afwateringskanaal in Assen op de relatieve aanwezigheid van de watervleermuis in het verlichte gebied ten opzichte van het donkere gebied, zijn niet significant. Er is een indicatie dat de lichtintensiteit een positief effect heeft op de relatieve aanwezigheid van de watervleermuis. Het aantal passages van de watervleermuis was groter bij PLL 24W-lampen dan in de onverlichte situatie, terwijl het aantal passages bij Innolumis Green 14W-lampen daartussenin lag en slechts iets groter was dan in de onverlichte situatie. Het is niet duidelijk of dit door de kleur of de intensiteit van het licht is veroorzaakt. Er is geen verband met het aantal prooi-insecten.

Deze indicatie betekent dat de Innolumis Green 14W-lampen een verbetering lijken te zijn ten opzichte van de PLL 24W-lampen als we streven naar minimale beïnvloeding van de omgeving door licht.

Discussie

De grotere relatieve aanwezigheid van de watervleermuis bij hogere lichtintensiteit (tot 1 lux) is in tegenspraak met de verwachting dat nachtdieren verlichte situaties vermijden. Mogelijk foerageert de watervleermuis in verlichte omstandigheden bij voorkeur op visuele prikkels. Van een aantal vleermuissoorten is het bekend dat zij visuele prikkels boven auditieve verkiezen (Fure 2001). Verder is bekend dat de watervleermuis problemen ondervindt met het jagen op echolocatie boven oneffen oppervlaktes (Rydell 1999). Aan het Afwateringskanaal kunnen verschillen in het wateroppervlak van invloed zijn, doordat het verlichte gebied bij een kruising van twee waterwegen is gelegen, terwijl het onverlichte gebied aan een recht stuk kanaal ligt. Rydell (1999) heeft aangetoond dat insecten bij voorkeur boven een oneffen wateroppervlak vliegen. Het is niet bekend of dit het geval is aan het Afwateringskanaal. In het geval van verlichting bij een oneffen wateroppervlak kan het voordeliger zijn om te jagen op visuele prikkels. Deze effecten zijn in dit onderzoek niet nader onderzocht. Mocht er sprake zijn van foerageren op visuele prikkels dan is de detectie via het identificeren van geluid mogelijk geen goede maat voor de aanwezigheid. De conclusies van dit onderzoek gelden dus alleen als de gehanteerde detectiemethode van vleermuizen onafhankelijk was van de lichtomstandigheden. Vervolgonderzoek kan aantonen wat de bijdrage is van de intensiteit en/of de kleur van licht aan het foerageergedrag van vleermuizen.

Dit onderzoek sluit niet uit dat straatverlichting negatieve effecten kan hebben op andere vleermuissoorten of in een andere situatie, zoals verlichting naast een kraamkolonie, die van invloed kan zijn op de uitvliegtijden (Welbergen 2008, Shirley 2001). In de buurt van de kolonie is de kans op predatie voor de watervleermuis mogelijk groter dan tijdens het foerageren boven water. Voor deze veronderstelling is echter in de literatuur geen nader bewijs gevonden.

Aanbeveling

In de keuze van het type verlichting langs het fietspad bij het Afwateringskanaal spelen overwegingen van sociale veiligheid van passerende mensen, verstoring van de natuur, lichtvervuiling en energieverbruik een rol. Dit onderzoek geeft een indicatie dat de invloed van Innolumis Green ledlampen op het gedrag van de watervleermuis minder groot is dan die van PLL-lampen. Het energieverbruik, de lichtintensiteit en

de verstrooiing van licht door Innolumis Green lampen is lager. Innolumis Green 14W-lampen zijn dus een aanvaardbaar alternatief voor PLL 24W-lampen.

Aanbevelingen voor nader onderzoek

Dit onderzoek was beperkt wat betreft detectiemethode, periode van de tellingen, waargenomen vleermuissoorten en variabelen van de verlichting. In een vervolgonderzoek kunnen de gevonden indicaties nauwkeuriger en uitvoeriger worden beschouwd.

- Als aanvulling op de detectie van de passages van vleermuizen via een heterodyne scanner kunnen visuele observaties met behulp van infraroodcamera's of nachtkijkers worden uitgevoerd. Automatische registratiemethoden kunnen worden ingezet voor een langdurige waarneming van alle passerende of foeragerende individuen, afhankelijk of het onderzoek is gericht op jachtgebieden of trekroutes, zodat een betrouwbaardere index kan worden gerealiseerd.
- Het vertraagde signaal van de heterodyne scanner is mogelijk toepasbaar om de echo's van individuele vleermuizen te herkennen. Het verdient aanbeveling deze mogelijkheid nader te verkennen (appendix 3).
- De periode van de tellingen kan worden uitgebreid tot andere periodes waarin de watervleermuis actief is, zoals de kraamperiode en de foerageerperiode in het voorjaar (mondelinge mededeling BügelHajema 2009). Een grotere steekproef kan de statistische betrouwbaarheid vergroten.
- Het is ook raadzaam om andere soorten vleermuizen en nachtactieve dieren in het onderzoek op te nemen, zodat algemenere conclusies over effecten van kunstlicht mogelijk zijn.
- Wat betreft de variabelen van de verlichting kan onderscheid worden gemaakt naar de effecten van de lichtintensiteit en die van de lichtkleur, door beide onafhankelijk van elkaar gedurende meerdere avonden te variëren. Het minimaal aantal avonden voor iedere steekproef kan vooraf in een pilotstudie worden bepaald.
- Bij het werken met meerdere waarnemers en/of diverse apparatuur is een strikt onderzoeksprotocol noodzakelijk.

Hoofdstuk 5 : Referenties

- BügelHajema 2009 BügelHajema Adviseurs b.v. Adviesbureau voor ruimtelijke ordening en milieu, afdeling ecologie te Assen
- Fure 2006 Fure, A.; *Bats and Lighting*. The London Naturalist 85 (2006) 1-20
- Gaisler 1998 Gaisler, J., J. Zukal, Z. Rehak, Z. & M. Homolka; *Habitat preference and flight activity of bats in a city*. J. Zool, Lond. 244 (1998) 439-445
- Geetha 1995 Geetha, L. & R. Subbaraj; *Green light evokes maximum phase shifts in the locomotor activity rhythm of the field mouse Mus booduga*. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology 33 (1996) 79-82
- Kuiper 2008 Kuiper, D.P.J., J. Schut, D. van Dullemen, H. Toorman, N. Goossens, J. Ouwehand & J.G.A. Limpens; *Experimental Evidence of light disturbance along the commuting routes of pond bats (Myotis dasycneme)*. Lutra 51 (2008) 1, 37-49
- Laar 2007 Laar, F.G.J. van de; *Green light to birds*. Rapport NAM, NAM locatie L15-FA-1, 2007
- Longcore 2004 Longcore, T. & C. Rich; *Ecological light pollution*. Frontiers in Ecology and Environment 2 (2004) 4, 191-198
- Molenaar 2003a Molenaar, J.G. de; *Lichtbelasting, overzicht van de effecten op mens en dier*. Alterra-Rapport 778 (2003), Alterra Wageningen
- Molenaar 2003b Molenaar, J.G. de, R.J.H.G. Henkens, C. ter Braak, C. van Duyne, G. Hoefsloot & D.A. Jonkers; *Wegverlichting en natuur IV. Effecten van wegverlichting op het ruimtelijk gedrag van zoogdieren*. DWW Ontsnipperingsreeks 44 (2003), Rijks-waterstaat DWW (etc.), Delft
- Poot 2008 Poot, H., B. J. Ens, H. de Vries, M. A. H. Donners, M. R. Wernand, & J. M. Marquenie. *Green light for nocturnally migrating birds*. Ecology and Society 13, 2 (2008) 47-.
- Rydell 1999 Rydell, J., L.A. Miller & M.E. Jensen; *Echolocation constraints of Daubenton's Bat foraging over water*. Functional Ecology 13 (1999) 247-255
- Stone 2009 Stone, E.M., G. Jones and S. Harris; *Street light disturbs commuting bats*. Current Biology 19 (2009) 1123-1127
- Shirley 2001 Shirley, M.D.F., V.L. Armitage, T.L. Barden, M. Gough, P.W.W. Lurz, D.E. Oatway, A.B. South & S.P. Rushton; *Assessing the impact of a music festival on the emergence behaviour of a breeding colony of Daubenton's bats (Myotis daubentonii)*. J. Zool. Lond. 254 (2001), 367-373
- Vleermuisprotocol 2009 Vleermuisvakberaad Netwerk Groene Bureaus, Zoogdierverseniging. Gegevensautoriteit Natuur, 2 april 2009, www.gegevensautoriteitnatuur.nl
- Vleermuiswerkgroep Drenthe 2007 R.G. Meijer, provinciaal coördinator Vleermuiswerkgroep Drenthe, Herinrichting Havenkanaal en watervleermuis, E-mail aan de gemeente Assen, 23 november 2007
- Welbergen 2008 Welbergen, J. A.; *Variation in Twilight predicts the duration of the evening emergence of fruit bats from a mixed-species roost*. Animal Behaviour 75 (2008), 1543-1550

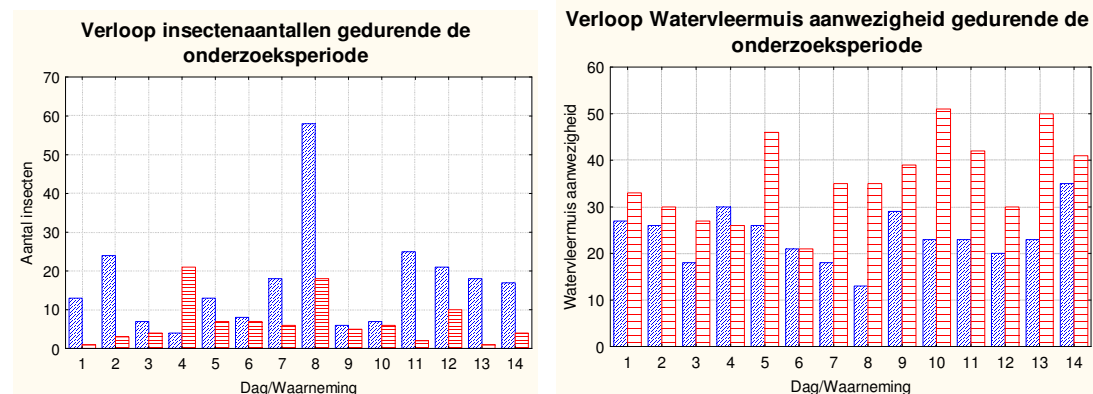
Hoofdstuk 6 : Dankwoord

Met dank aan: Joost Tinbergen (Dierecologie RU Groningen) en Reinier Meijer (BügelHajema Adviseurs Assen), voor theoretische begeleiding en advies bij de analyse. De gemeente Assen voor de opdracht tot het onderzoek, Aad Verheul (Dienst Stadsbeheer) voor zijn bemiddeling bij de organisatie ervan. Karin Ree (Bèta Wetenschapswinkel RUG) voor het helpen bij het onderzoek en de begeleiding richting gemeente Assen. Reinier Meijer, Karin Ree, Bart ten Hallers, Christien Boomsma, Marlies Mulder, Koen Kersch, Aldrik Hinrichs, Janien Kamps, Hans Colpa, Marcel Rekers, Roos Veeneklaas, Mandy Oudshoorn, Evert Jan Slot voor de vrijwillige hulp bij het waarnemen. Ten slotte dank aan BügelHajema Adviseurs voor het beschikbaar stellen van de apparatuur en de werkplek.

Appendix 1: Watervleermuis

De watervleermuis (*Myotis daubentonii*) is een Euraziatische vleermuissoort uit de Vespertilionidae-familie. Het is een in Nederland algemeen voorkomende soort van het Myotis-geslacht. De watervleermuis wordt 4-6 cm groot met een spanwijdte van 24-28 cm en een gewicht van 7 tot 17 gram (voor winterslaap). 's Zomers leeft de soort bij voorkeur in holle bomen en spleten in kolonieverband waarbij de vrouwtjes met jongen en de mannetjes gescheiden zijn. Uitvliegen om te foerageren, gebeurt na zonsondergang tot zonsopkomst. Na het uitvliegen, trekt de watervleermuis langs kanalen op zoek naar een grote vijver om te foerageren, vaak tot kilometers van de kolonie. Tijdens de trektocht naar de foerageerplaats zoekt en vangt de watervleermuis ook onderweg prooien (in tegenstelling tot de meervleermuis, *Myotis dasycneme*). Het dieet van de watervleermuis bestaat uit vliegjes, haften, kevers, kleine motjes, larven en af en toe vis, waarbij het niet bekend is of de vis wordt gevangen of als aas wordt aangetroffen. Tijdens het foerageren, vliegt de watervleermuis tot ongeveer anderhalve meter, maar meestal lager, boven het water. De watervleermuis is gebonden aan bepaalde omstandigheden voor het uitvliegen; bij windsnelheden boven 28 km/u, temperatuur onder 10 °C en regen foerageert de watervleermuis in de buurt van de kolonie en andere schuilplaatsen, doorgaans in een bos. Begin september trekt de watervleermuis richting de winterverblijven tot 250 km van de broedkolonies.

Appendix 2: Tellingen per dag



Verloop van de tellingen per dag. Links de aantallen gevangen insecten per avond (vliegenpapier); rechts de vleermuisaanwezigheid per avond. Aanwezigheid uitgedrukt in minuten per uur waarin de watervleermuis aanwezig was.

Dag 1 t/m 5 PLL wit 24W, dag 6 t/m 8 controle onverlicht, dag 9-14 Innolumnis led groen 14W

Appendix 3: Overige methoden

Als aanvullende detectiemethode is gekeken naar de mogelijkheid om de echo van de watervleermuis individueel te herkennen. Het idee is dat elk individu een ander stemgeluid heeft en er naar karakteristieken voor een individu kan worden gezocht in de geluidsspectrogrammen. Moeder en kind, die samen vlogen gedurende de onderzoeksperiode, zijn goed te onderscheiden. Deze methode is uitgeprobeerd om een indicatie te krijgen van het werkelijke aantal individuen dat rondvliegt door ze als individu in een opname te herkennen. Met behulp van het geluidsanalyseprogramma WaveSurfer is gezocht naar karakteristieken van de echolocatie-roep van de watervleermuis; de analyse vertoonde echter soms meer verschil binnen een opname dan tussen opnames.

Als tweede aanvullende detectiemethode is gekeken naar de mogelijkheid van visuele observatie met een nachtkijker. Deze methode is niet verder uitgewerkt doordat de apparatuur uitviel en gepaarde waarneming met de beschikbare apparatuur niet mogelijk was.