Lichtproef meervleermuizen Kuindervaart

Vergelijking van de effecten van verschillende kleuren straatverlichting op de vliegroute van meervleermuizen op de Kuindervaart.

H.G.J.A. Limpens, J.J.A Dekker, E.A. Jansen & H. Huitema

Rapport 2011.18 van de Zoogdiervereniging in opdracht van de LEDexpert en Rijkswaterstaat

Titel:	Lichtproef meervleermuizen Kuindervaart - Vergelijking van de effecten van verschillende kleuren straatverlichting op de vliegroute van meervleermuizen op de Kuindervaart.
Notitie	2011.18
Datum:	Juni 2011
Auteur(s)	Herman Limpens, Eric Jansen & Hans Huitema. Tel. kantoor 024 – 7410500 Mobiel 06 – 20736614 E-mail: herman.limpens@zoogdiervereniging.nl
Naam en adres opdrachtgever	Drs. Martinus Jan Veltman LEDexpert Willemstraat 17 B 5611 HB Eindhoven The Netherlands T: 00 31 40 2377 528 M: 00 31 6 546 00 346 www.LEDexpert.nl marinusjan.veltman@ledexpert.nl
Opdrachtnemer	***Zoogdiervereniging / Stichting VZZ*** ***Toernooiveld 1*** ***6525 ED Nijmegen*** ***Tel. 024 - 7410500*** E-mail: secretariaat@zoogdiervereniging.nl Web: www.zoogdiervereniging.nl
	De Stichting VZZ is het uitvoerend orgaan van de Zoogdiervereniging
Veldwerk	Jan Nagel en Jeroen Reinhold Landschapsbeheer Flevoland, Eric Jansen en Herman Limpens, Zoogdiervereniging.
Verlichting	Marinus Jan Veltman: Ontwikkeling, plaatsen en richten verlichting
geluidsanalyse	Hans Huitema, Zoogdiervereniging.

Dit rapport kan geciteerd worden als:
Limpens, H.G.J.A., J.J.A. Dekker, E.A. Jansen, & H. Huitema. 2011. Lichtproef meervleermuizen Kuindervaart
- Vergelijking van de effecten van verschillende kleuren straatverlichting op de vliegroute van meervleermuizen op de Kuindervaart. Rapport 2011.18 Zoogdiervereniging, Nijmegen. 16 pp.

De Stichting VZZ, onderdeel van de Zoogdiervereniging, is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van de Zoogdiervereniging; opdrachtgever vrijwaart de Stichting VZZ voor aanspraken van derden in verband met deze toepassing.
Niets uit dit rapport mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden d.m.v. druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever hierboven aangegeven en de Zoogdiervereniging, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

© Zoogdiervereniging

Aanleiding

Rijkswaterstaat heeft de firma LEDexpert opdracht gegeven, in samenwerking met de zoogdiervereniging, te komen een normering voor vleermuisvriendelijke verlichting, en daarbij in het bijzonder een verlichtingskleur welke voor mensen voldoende resolutie en contrast levert en voor vleermuizen veel minder zichtbaar is. Daarbij is door LEDexpert de zogenaamde 'AMBER' LED verlichting ontworpen.

Vervolgens heeft LEDexpert de Zoogdiervereniging gevraagd een concept te ontwikkelen voor een veldtest voor deze AMBER verlichting. In juni en juli 2010 in een eenvoudig veldexperiment aan de Kuindervaart de effecten van Amber LED verlichting op een vliegroute van meervleermuizen vergeleken met de effecten van 'normaal' wit LED licht en groene LED licht.

Proefopzet en Materiaal

Voor het veldexperiment is gekozen voor de Kuindervaart in het Kuinderbos in de Noord-Oostpolder in Flevoland, omdat daar twee wezenlijke parameters te vinden zijn. Het gedeelte van de Kuindervaart in het Kuinderbos is onverlicht en er is ook nauwelijks lichtverstoring vanuit de omgeving. De Kuindervaart is een bekende vliegroute van meervleermuizen die vanuit Kuinre in Overijssel Flevoland binnenvliegen. In de periode eind mei tot half juli gaat het dagelijks om zo'n 80 – 100 passerende individuen tussen ongeveer een half uur na zonsondergang en 1,5 uur na zonsondergang.

Fig 1. Locatie van het veldexperiment: de Kuindervaart vanaf de Schansweg

Fig. 2. De meetopstelling aan de Kuindervaart

Het veldexperiment is vervolgens opgezet als een relatief eenvoudig keuze-experiment. Door in het midden van de vaart drijvende automatische stereodetectors te plaatsen (fig. 3), kan worden waargenomen of de meervleermuizen op vliegroute links dan wel rechts langs de detector vliegen. In de normale onverlichte situatie geldt de aanname dat de meervleermuizen random vliegen ten opzichte van het midden van de vaart. Wanneer een helft van de vaart verlicht wordt, en deze verlichting stoort de meervleermuizen, dan wordt verwacht dat ze het verlichte deel ontwijken en dus meer langs de onverlichte kant te vliegen dan langs de verlichte kant. Door donkerbehandelingen af te wisselen met een lichtbehandeling van verschillende kleuren kan getoetst worden of de verlichting verstoort en of de ene kleur meer of minder verstoort dan de andere.

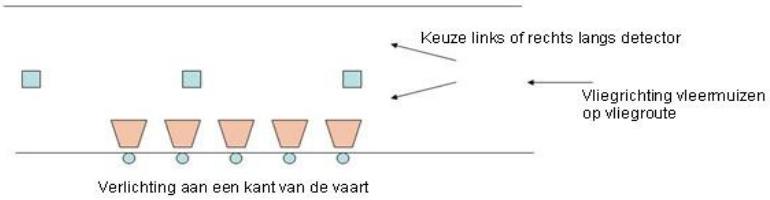


Fig 3. De vliegrichting van de vleermuizen ten opzichte van de detectors en de kant van de verlichting

De meetopstelling is opgebouwd op de vaart in zuidwestelijke richting vanaf de Schansweg. In het midden van de vaart werd met behulp van een roeiboot een raai van 5 drijvende platforms voor automatische vleermuisdetector units uitgelegd, op ongeveer gelijke afstand van elkaar en van de oevers.

Op de zuidoever werden door Marinus Jan Veltman van LEDexpert 6 armaturen aan de bomen bevestigd. Elektriciteit was beschikbaar van de boerderij aan de Schansweg vlak bij de Kuindervaart.

Op elk van de platforms werd op waarneemavonden met behulp van een roeiboot net voor zonsondergang een unit geïnstalleerd bestaande uit een stereodetector (CSE batdetector stereo, een heterodyning detector) en een stereo voice recorder (Olympus Digital Voice Recorder WS-550M) uitgelegd onderling verbonden door een stereo verbindingskabel.

De units werden geïnstalleerd door Eric Jansen, Jan Nagel, Jeroen Reinhold of Herman Limpens. Vanaf begin van de activiteit van meervleermuizen op vliegroute, deden zij visuele waarnemingen vanaf de oever bij de eerste detector unit en hielden zij het werken van de verlichting en detectors in de gaten. De meervleermuizen werden op vliegroute waargenomen vanaf ongeveer een half uur á drie kwartier na zonsondergang tot ongeveer een á anderhalf uur later. Als na een periode van ongeveer 1,5 uur de activiteit van meervleermuizen op vliegroute voorbij was werden de detectors en recorders weer verzameld en werd de opname gestopt.

De voice recorder op de platforms werd gebruikt in een modus voor continue opname, waardoor er vanaf het moment dat de opname werd gestart totdat de opname werd gestaakt continu werd opgenomen. Dit betekent dat er per waarneemavond per detector unit een stereo-opname van 1,5 a 2 uur werd gemaakt. Voice activated recording werd in deze onderzoeksopzet niet gebruikt.

De waarneemplatforms hebben de opbouw van een ‘dobber’, een 1,5 m lange pvc buis, verzwaard met grind, en gestoken door een vierkante plaat piepschuim. De detector kon, bij goed weer, los op het platform liggen, en bij slecht weer in de boven het water en spatwater uitstekende buis worden ingebouwd. Gedurende de hele waarneemperiode, van half juni tot eind juli, was het goed weer en werden de detectors en recorders steeds buiten op het platform gelegd.

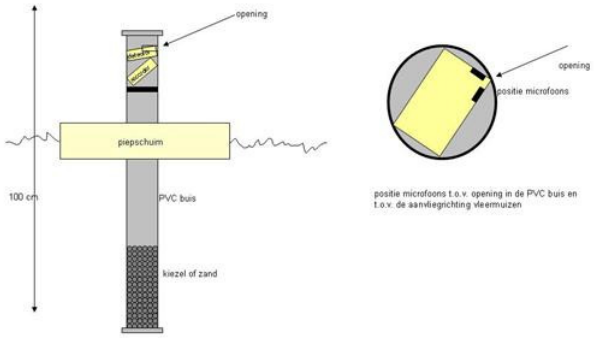


Fig 4. De opbouw van de waarneemplatforms

Elke detector werd ingesteld op 35 kHz, de piekfrequentie van meervleermuizen. De detectors werden zo op het platform gestationeerd dat de linker microfoon de noordelijke helft van de vaart bestreek,(rechts vanuit de vliegrichting van de meervleermuizen op vliegroute in de avond) en de rechter microfoon de zuidelijke helft (links vanuit de vleermuizen).

In die opstelling zouden, naar verwachting, vleermuizen die rechts langs het platvorm vliegen alleen of sterker op het linkerkanaal worden geregistreerd, en de dieren die links langs vliegen alleen of sterker op het rechterkanaal (zie figuur 3).

De lampen/armaturen op de zuidoever werden zo geplaatst en gericht dat met het witte, amber en groene licht steeds tot aan het midden van de vaart verlicht kon worden. Daarbij waren steeds de eerste, vanaf de Schansweg, en vijfde detectoropstelling niet verlicht. De geometrie van de meetopstelling is beschreven in figuur 5. In de loop van het experiment werden eerst de witte LED-lamp, daarna de amber LED -lamp en vervolgens de groene LED -lamp gemonteerd.

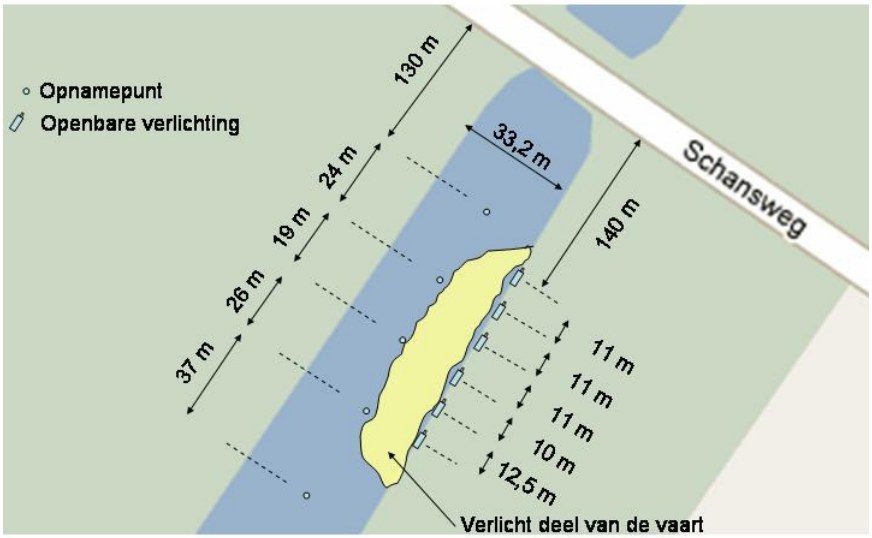


fig. 5. de geometrie van de meetopstelling.

De verlichtingssterkte op het water is gemeten vanaf het water en vanaf de oever, en was niet voor alle drie de vergeleken kleuren gelijk. De lichtverdeling van de witte (5500 k) LED verlichting wordt

weergegeven in figuur 6, die van de amber (592 Nm) LED verlichting in figuur 7, en die van de groene (535 Nm) LED verlichting in figuur 8.

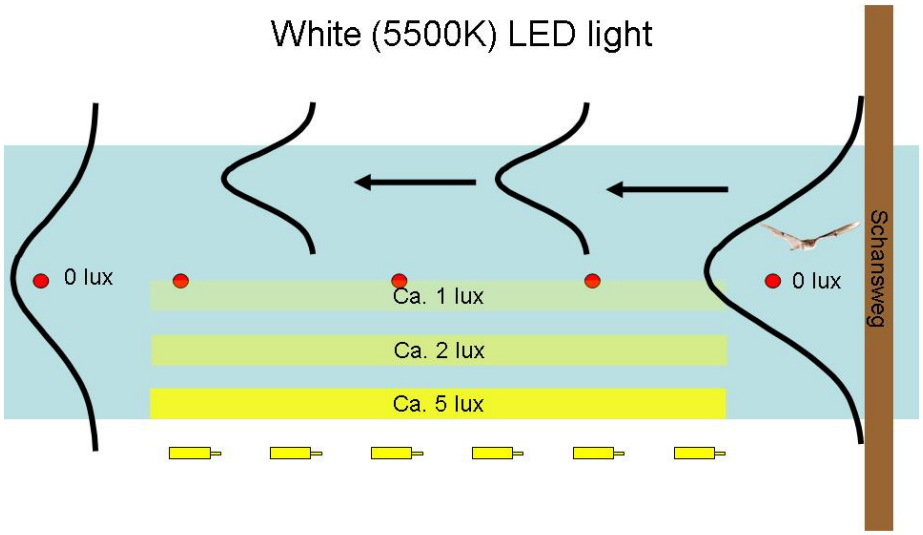


fig. 6. De lichtverdeling van de witte (5500 k) LED verlichting

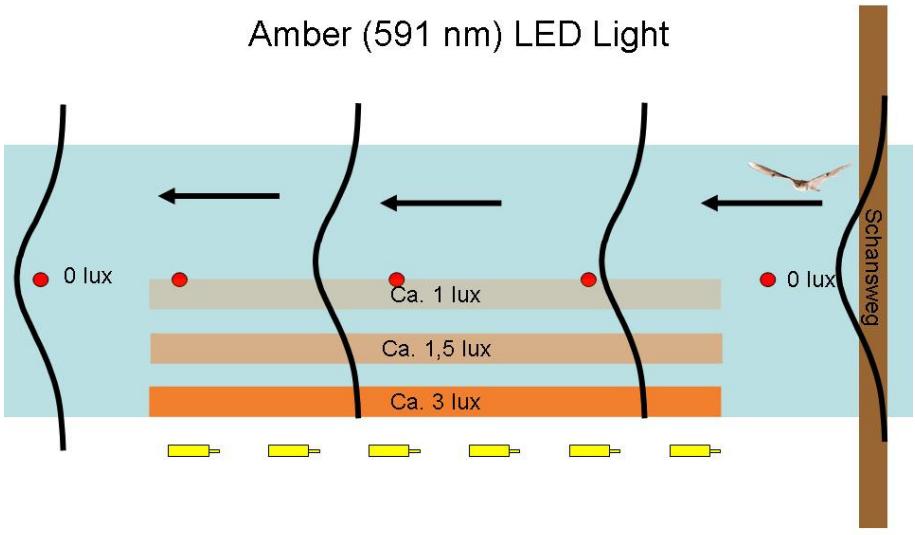


Fig. 7. De lichtverdeling van de amber (591 Nm) LED verlichting

Drijvende automische detector met amber licht.

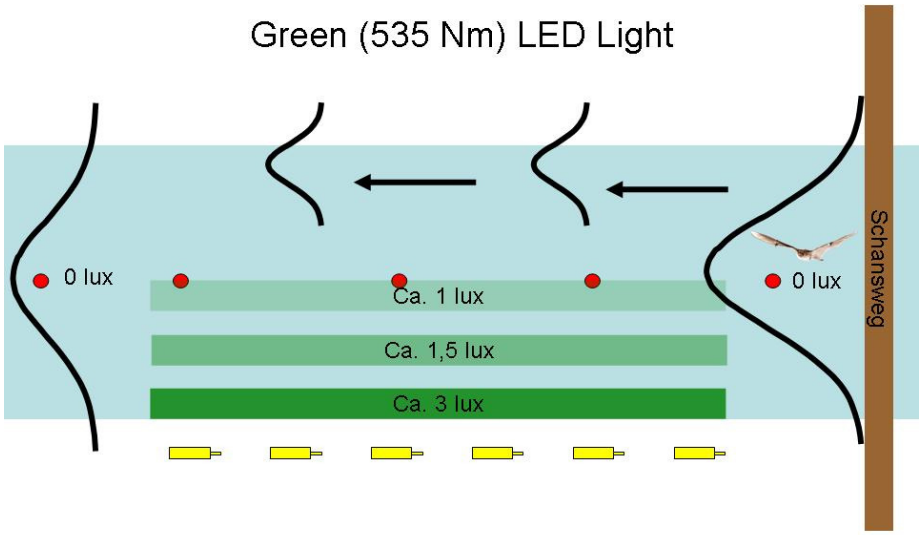


Fig. 8. De lichtverdeling van de groene (535 Nm) LED verlichting

IN

Positie verlichting ten opzichte van de drijvende detectors op de Kuindervaart.

Het waarneemschema is zo opgesteld dat er eerst twee avonden is gemeten in een donkere onverlichte situatie. Daarna de eerste en derde avond in een periode met wit licht. Dan weer op de laatste avond van een donkere 'ontwenningsperiode'. Waarna weer gemeten werd op de eerste en laatste dag van een verlichte periode (zie fig. 9). Op die wijze werd voornamelijk op maandag, dinsdag en vrijdag waargenomen.

Op grond van technische en financiële beperkingen bij deze eenvoudige proefopzet, moest gekozen worden voor het na elkaar meten met de verschillende kleuren, in plaatst van het afwisselen van de kleuren.

werkschema onderzoek gevoeligheid meervleermuizen op (LED)licht

2010		kleur		meten*	2010		kleur		meten*
					10-jul	za	donker		
21-jun	ma	donker		x	11-jul	zo	donker		
22-jun	di	donker		x	12-jul	ma	donker		x
23-jun	wo	wit		x	13-jul	di	amber		x
24-jun	do	wit			14-jul	wo	amber		
25-jun	vr	wit		x	15-jul	do	amber		
26-jun	za	donker			16-jul	vr	amber		x
27-jun	zo	donker			17-jul	za	donker		
28-jun	ma	donker		x	18-jul	zo	donker		
29-jun	di	wit		x	19-jul	ma	donker		x
30-jun	wo	wit			20-jul	di	cyaan		x
1-jul	do	wit			21-jul	wo	cyaan		
2-jul	vr	wit		x	22-jul	do	cyaan		
3-jul	za	donker			23-jul	vr	cyaan		x
4-jul	zo	donker			24-jul	za	donker		
5-jul	ma	donker		x	25-jul	zo	donker		
6-jul	di	amber		x	26-jul	ma	donker		x
7-jul	wo	amber			27-jul	di	cyaan		x
8-jul	do	amber			28-jul	wo	cyaan		
9-jul	vr	amber		x	29-jul	do	cyaan		
					30-jul	vr	cyaan		x

Fig. 9. het werkschema van de metingen en waarnemingen bij verschillende donker dan wel licht behandelingen.

Procedure geluidsanalyse

De analyse van de opnames van de stereodetectors is uitgevoerd met behulp van de AVS audio editor. Per waarneemdatum is per detector bepaald welke soort werd waargenomen (in de praktijk onderscheid tussen meervleermuis, gewone dwergvleermuis, laatvlieger en rosse vleermuis) en in welk aantal, waarbij het aantal passages werd geteld. Daarnaast is bepaald of dit op het linkerkanaal (de vleermuis passeert de detector in het rechtse veld van het kanaal), in het midden (onderscheid tussen linker of rechter kanaal niet goed mogelijk) of op het rechterkanaal (de vleermuis passeer de detector in het linkse veld van het kanaal). De geluidsanalyse is uitgevoerd door Hans Huitema, die op dat moment onwetend was van de precieze proefopzet, zodat vooringenomenheid t.o.v. links of rechts passeren werd voorkomen.

<u>Grove analyse</u>

1. geluidsfile inlezen
2. selectie ruisgebied (2 sec vanaf ca 15 sec, zone zonder vleermuispassages)
3. uitvoeren filtering met ruisprofiel
4. visuele analyse door scrollen van laatste 60 min (fig. 10)
    - passages die meer dan 5 sec uit elkaar liggen worden als afzonderlijke passages onderscheiden
    - alleen passages met amplitude > 10 % maximale uitslag) .....
    - passage aan één zijde als die duidelijk sterker is (amplitude) of als passage duur duidelijk groter is
    - passage midden als sterkte / duur aan beide zijden ongeveer gelijk is

5. Wanneer meer dan 15 passages van andere soorten dan meervleermuis in de file werden waargenomen, dan werden de andere soorten (laatvlieger en gewone dwergvleermuis) ook gedetermineerd. Dan analyse was dan veel tijdrovender omdat dan steeds een soortdeterminatie nodig was (fig 11).

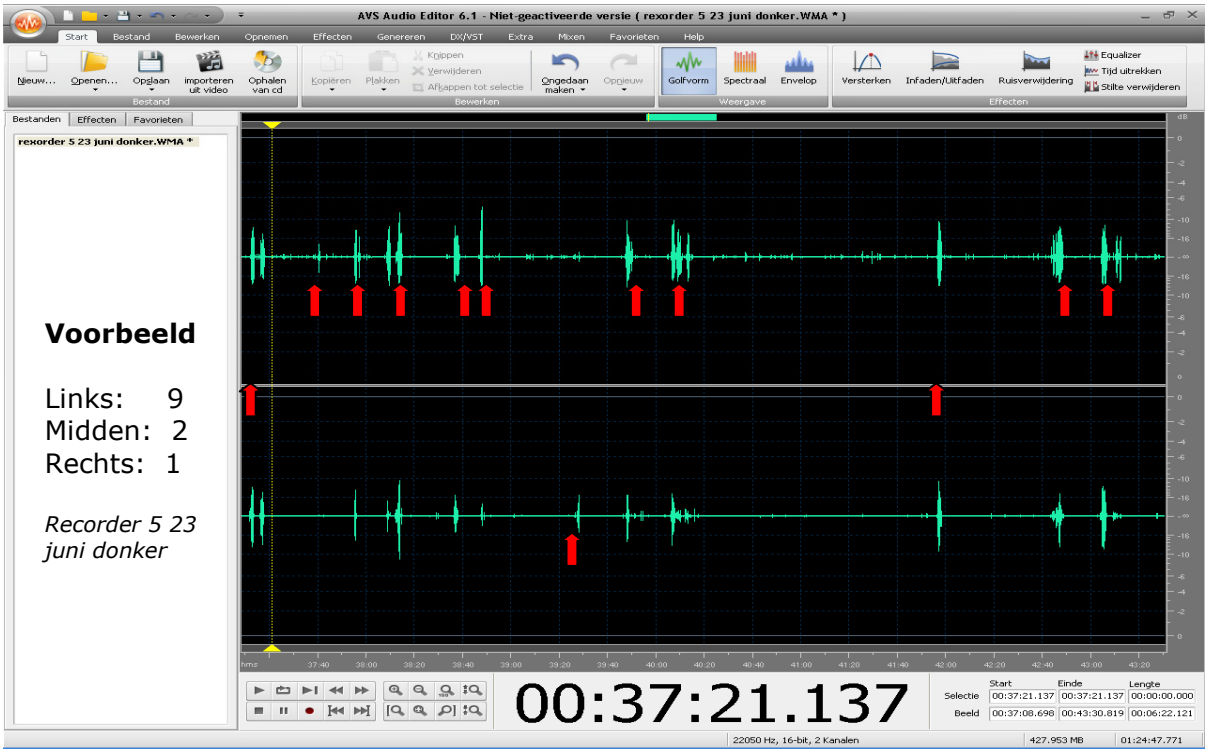


Fig. 10. Voorbeeld van een beeld waarop de passerende vleermuizen visueel worden vastgesteld.

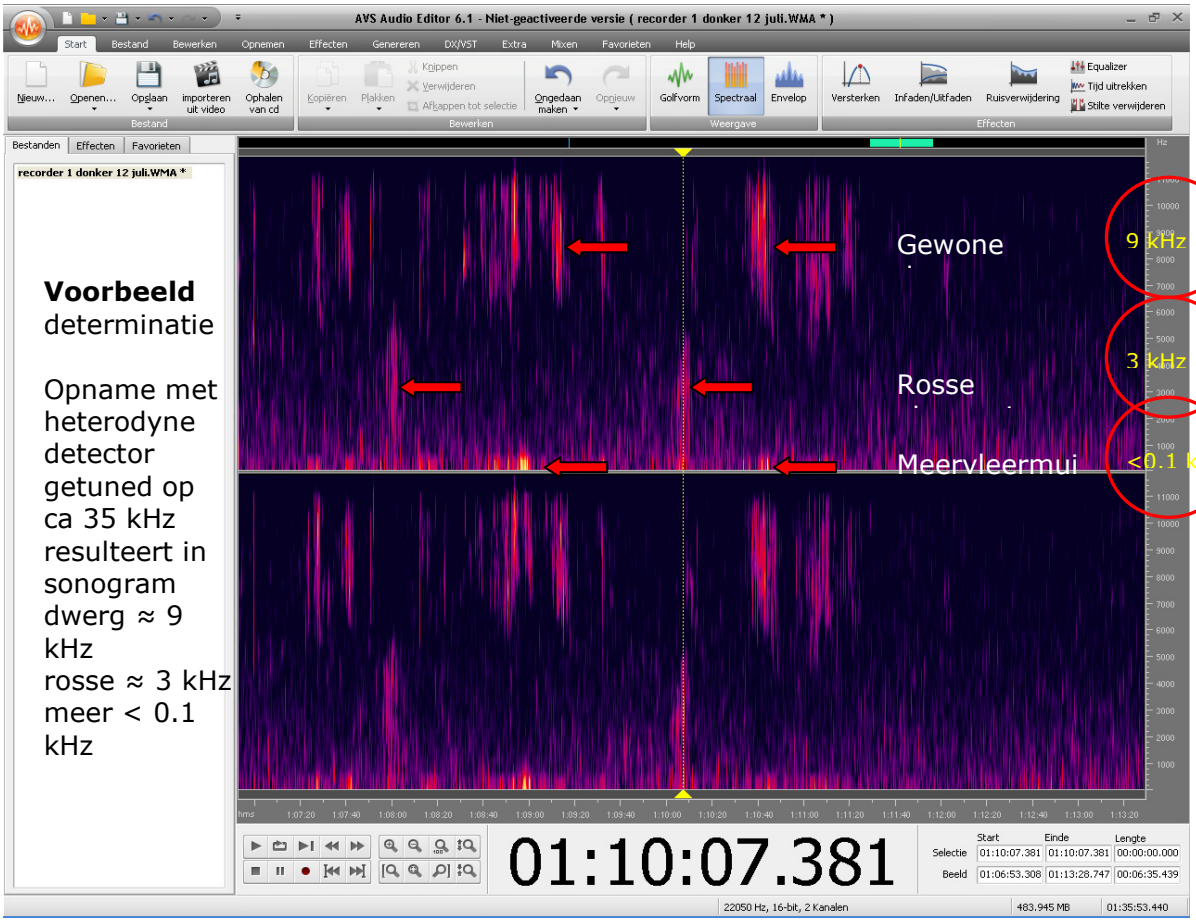


Fig. 11. Voorbeeld van een beeld waarop de passerende vleermuizen worden gedetermineerd..

Statistische analyse van de meervleermuis data

Proefopzet in relatie tot de dataset

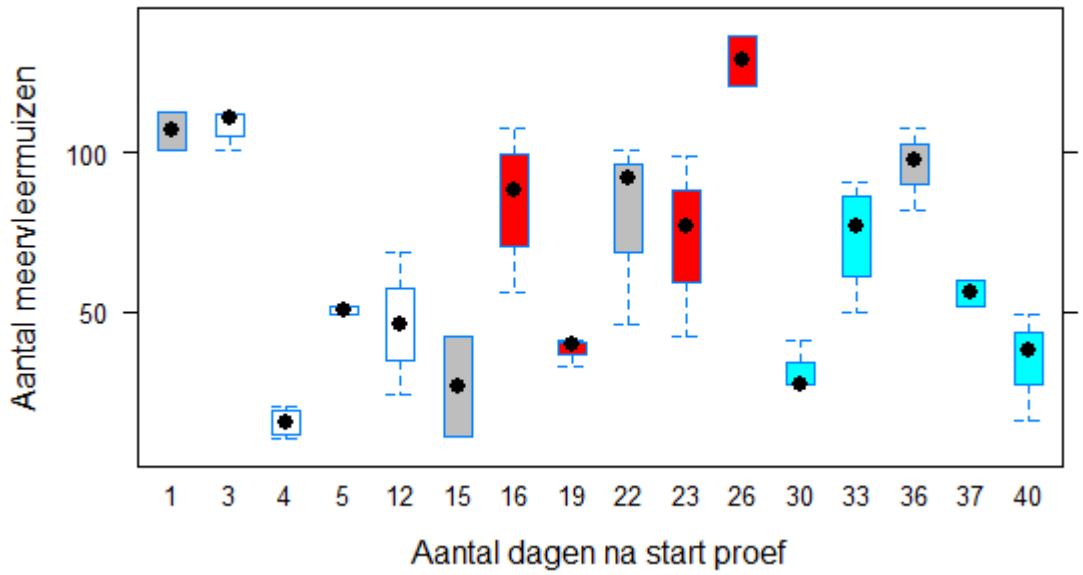
Er is gewerkt met een rij van 5 automatisch registrerende stereodetectoren op drijvers midden op een vaart die wordt gebruikt als vliegroute door een kolonie meervleermuizen. Het middengedeelte (detectors 2 – 3) werd aan 1 zijde verlicht. De lichtbehandeling bestond uit 'donker', 'wit', 'amber' of 'groen'.

De dataset bestaat uit het records met de parameters: meetdag, lichtbehandeling, detectornummer, opname op linkerspoor, rechterspoor of niet te onderscheiden c.q. passage links, rechts of midden van detector, en het aantal op betreffende detector opgenomen passerende vleermuizen per soort. Hier worden alleen de data met betrekking tot de meervleermuis geanalyseerd. Door technische problemen zijn er gaten gevallen in de data. Dit blijft beperkt tot een of meer detectoren per nacht, maar er zijn geen hele nachten uitgevallen. Wel zijn er enkele nachten waarbij alleen detectoren buiten het licht (1 en/of 5) of alleen detectoren in het licht (2, 3 en/of 4) hebben gefunctioneerd.

Analyse

Seizoenseffect
Omdat het per avond wisselen van de kleur van de lichtbehandeling te arbeidsintensief zou zijn, is er gewerkt in blokken van enkele avonden met dezelfde behandeling. Grootte en samenstelling van een groep vleermuizen in een verblijfplaats fluctueren echter sterk en ook het aantal dieren dat gebruik maakt van een vliegroute fluctueert sterk. Daarom is als eerste stap in de analyse bepaalt of er een seizoenseffect in de data te herkennen is, en of daarvoor gecorrigeerd moet worden.
Voor de onderstaande figuur is per onderzoeksdag het gemiddelde aantal door de detectors op die dag geregistreerde vleermuizen in een boxplot opgenomen. Er is een duidelijke dynamiek in aantallen opgenomen vleermuizen, maar deze is niet systematisch toenemend, afnemend of concaaf of convex.

Er lijkt geen seizoenseffect te zijn. Het is daardoor niet problematisch dat de kleuren in blokken na elkaar werden gepresenteerd, in plaats van in een afwisselend schema. Door in de uiteindelijk analyse "dag" als factor op te nemen, kan wel een hoop ruis worden weggefilterd.

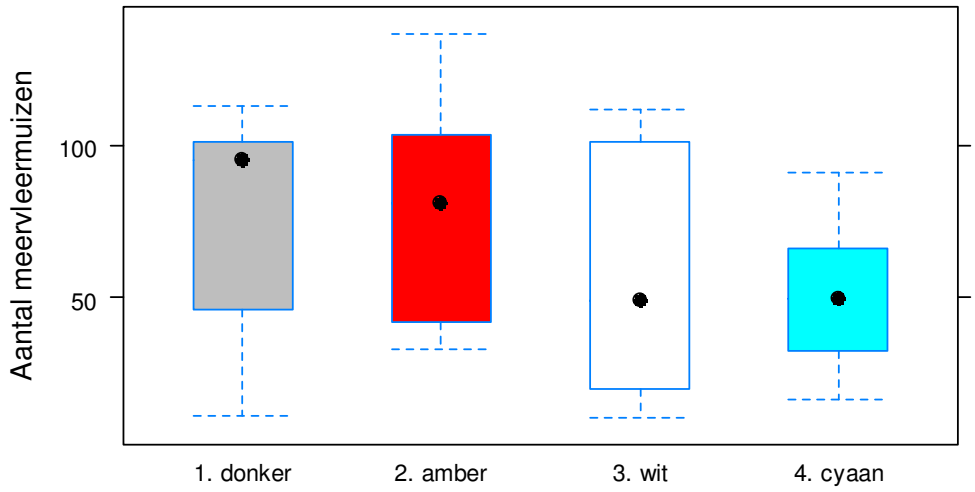


Figuur 12. Gemiddelde aantal opgenomen meervleermuizen op alle 5 de detectoren, per dag. Kleuren geven de behandeling van die avond, waarbij grijs staat voor "donker". Asterix = gemiddelde waarde, boxplot = 25–75%, stippellijn = minimum en maximum waardes.

Totaal aantal dieren per behandeling

Door het gemiddeld aantal dieren dat langs vliegt over de vaart, te vergelijken per behandeling, is ee grove vergelijking van het effect van de verschillende behandelingen mogelijk. Er lijkt, ondanks een flinke spreiding, een duidelijk verschil te zitten tussen de behandelingen. Bij de behandelingen wit en cyaan lijken minder dieren te passeren dan bij donker en amber. In het veld werd waargenomen dat er dieren door de lanen langs de vaart vlogen. Op deze alternatieve routes werd echter niet structureel door de waarnemers waargenomen.

Een ANOVA geeft geen verschil aan tussen de waarden ($F_{2,43}$= 2.164, p= 0,11). Bij waarnemingen in het veld met grote variatie in waargenomen aantallen is statistische zekerheid met een kritische waarde van < 0,05 moeilijk te bereiken, en wordt vaak een kritische waarde van < 0,1. Dat halen we hier net niet, maar de trend van de resultaten is duidelijk.

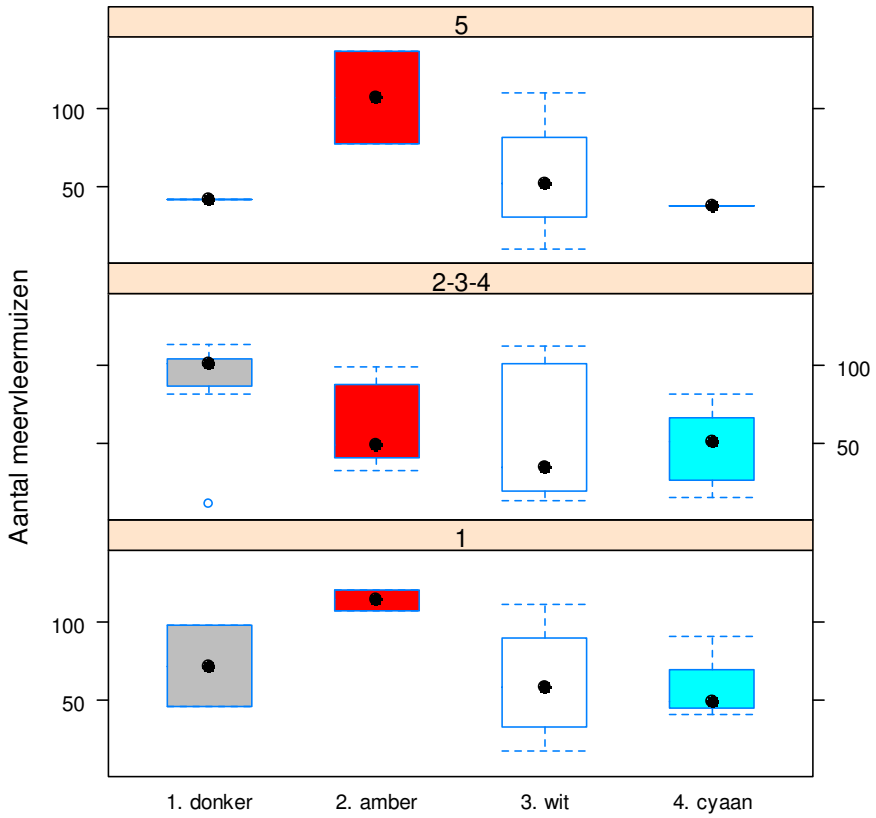


Figuur 13. Gemiddeld aantal passerende vleermuizen op alle 5 de detectoren, per behandeling. Kleuren geven de behandeling van die avond, waarbij grijs staat voor “donker”.
Asterix = gemiddelde waarde, boxplot = 25–75%, stippellijn = minimum en maximum waardes.

Totaal aantal dieren per behandeling onderscheiden naar voor, in en na het lichtveld

De proefopzet was zo dat de lichtbehandeling of het lichtveld was gelegen bij detectors 2-3-4. In theorie zouden de dieren bij detector 1 nog in het donker vliegen (en random kiezen), zouden ze bij detectors 2 tot 4 in het licht vliegen of uitwijken, en bij detector 5 weer in het donker vliegen (en random kiezen).
In de praktijk echter was het licht zelfs al vanaf posities voor detector 1 in de verte zichtbaar. Wellicht dat de dieren dus ook bij detector 1 al beginnen uit te wijken. En wellicht dat de dieren bij detector 5 nog aan de eventueel veranderde vliegbaan vasthouden.

In de onderstaande figuur wordt het (gemiddeld) aantal geregistreerde dieren per behandeling weergegeven in drie groepen: de detector vóór het licht (detector 1), de detectoren in het licht (detectoren 2, 3 en 4), en de detector na het licht (detector 5). Bij deze analyse is het een nadeel dat met name detector 5 per niet elke nacht goed heeft gemeten. Bij toetsing van de data van 2-3-4 is de P = 0,13. Net als bij alle data samen is de variatie groot en de verschillen niet significant. Hier suggereert de trend dat wit duidelijk meer ontweken wordt dan amber en groen.



Figuur 14. Gemiddeld aantal passerende meervleermuizen per behandeling onderscheiden naar voor, in en na het licht. 1 is detector 1, voor het licht, 2, 3 en 4 lagen in het licht, 5 is de detector na het licht. In theorie zijn 1 en 5 dus altijd donker.
Kleuren geven de behandeling van die avond, waarbij grijs staat voor “donker”.
Asterix = gemiddelde waarde, boxplot = 25–75%, stippellijn = minimum en maximum waardes

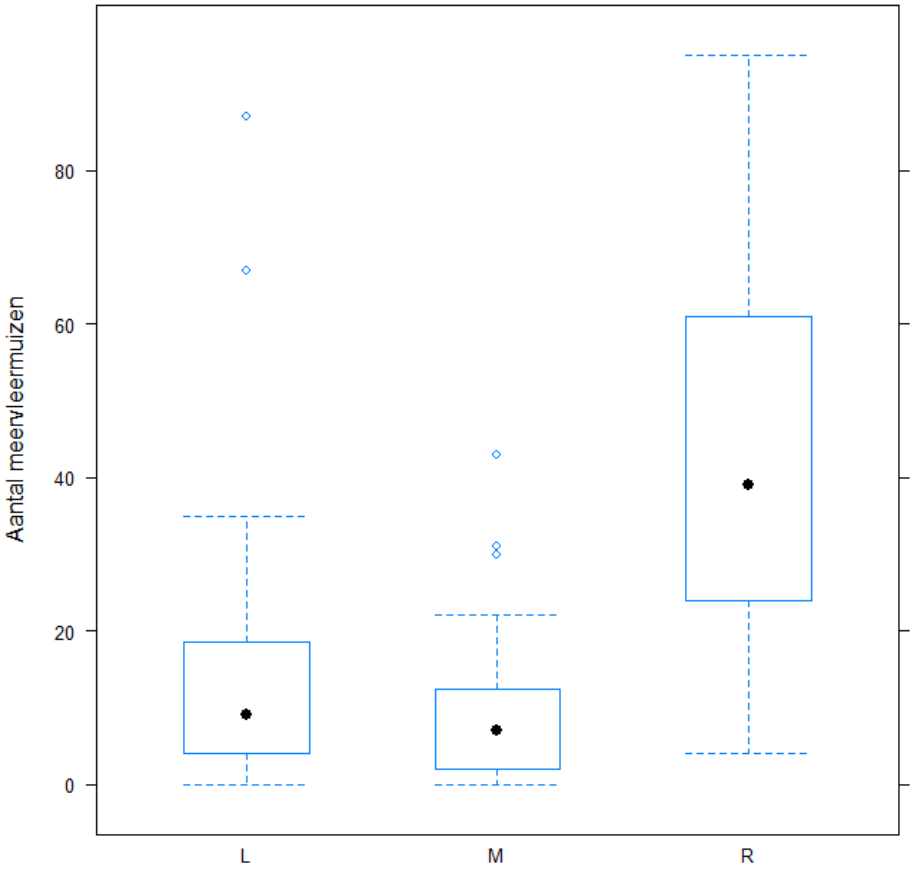
Verdeling van dieren over vaart

Een van de 'aannames' in de proefopzet is dat de vleermuizen zonder de lichtbehandeling willekeurig links, rechts of midden op de vaart vliegen en random kiezen of ze links of rechts langs de detector vliegen. In de praktijk kan het echter zo zijn dat de dieren door gewoonte of obstructie op het water (takken) afwijken van willekeurig vliegen.

Hier lagen er aan de rechterkant t.o.v. de vliegrichting bomen in het water. Daardoor zou je verwachten dat er een voorkeur voor de linkerkant van de vaart zou zijn.

Over alle dagen was er echter een duidelijke voorkeur voor de rechterkant van de vaart ($F_{2,138}$= 56.35, p<0.001). Er is dus een neiging van de dieren om over de rechterkant van de vaart, c.q. rechts langs de detectoren te vliegen, ondanks de daar aanwezige bomen.

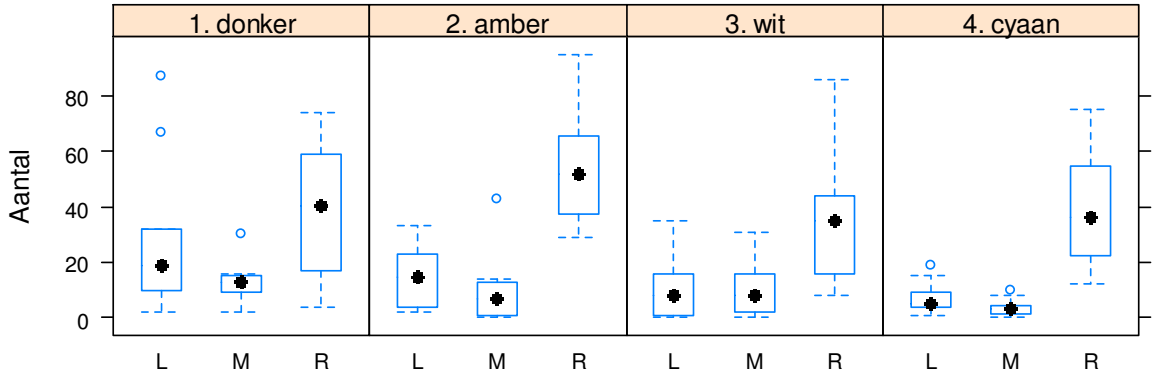
De drijvende automatische detectors / waarneemunits op de Kuindervaart



Figuur 15. Verdeling van dieren links, midden of rechts op de vaart.

Het is interessant te bekijken wat de voorkeur is van dieren bij de donker behandeling, dus met de drijvende detectors, maar zonder licht, en dit te vergelijken met de andere behandelingen.

Ook tijdens de behandeling donker, is er zoals verwacht een voorkeur voor rechts langs de detector vliegen. Maar t.o.v. rechts vliegt een nog relatief groot deel over links en het midden. Bij de behandeling amber verschuift het beeld nauwelijks. Er is t.o.v. donker geen significant kleiner deel dat voor Linkers en midden kiest. Bij de behandelingen wit en groen zie je dat er relatief minder dieren kiezen voor links of midden. Het t.o.v. donker significant kleinere aantal dieren op links en midden duidt op ontwijken van het verlichte deel (R^2 0,5612, p << 0,01).



Figuur 16. Verdeling van dieren links, midden of rechts op de vaart, onderscheiden per behandeling.

Conclusies

- Er is in de looptijd van de proef een vrij grote variatie in het dagelijks aantal op vliegroute voorbijvliegende meervleermuizen op de Kuindervaart.
- Deze variatie laat geen trend zien, bijvoorbeeld in de zin van meer of minder dieren in de loop van het seizoen.
- De variatie in de looptijd van de proef laat zien dat er geen tendens is om de locatie te gaan mijden in het verloop van de proef.

- Het gemiddeld aantal passerende vleermuizen op alle 5 de detectoren, per behandeling laat een tendens zien van minder passerende vleermuizen bij de behandelingen wit en groen. Kennelijk passeren de meervleermuizen niet meer over de vaart.
- De tendens is duidelijk, maar als gevolg van de grote variatie in aantallen passerende dieren bij de proef onder natuurlijke omstandigheden, net niet significant (er wordt een kritische waarde van < 0,1 gevraagd en we vinden p= 0,11 voor alle gemiddelde aantallen op alle detectors, en p = 0.13 voor gemiddelde aantallen op detectors 2-3-4 in het licht).

- Op de Kuindervaart is er, op het punt waar de lichtproef werd uitgevoerd, een ‘natuurlijke’ tendens van de meervleermuizen om relatief rechts op de vaart en i.i.g. rechts van de drijvende detectors te vliegen.
- De lichtbehandeling donker vertegenwoordigt dat beeld. De lichtbehandeling amber wijkt nauwelijks af van dit beeld.
- Bij de lichtbehandelingen wit en groen is er een duidelijke tendens meer rechts te gaan vliegen en dus het licht te vermijden.

- Algemene conclusie t.a.v. amberlicht als vleermuisvriendelijke kleur: Amber lijkt minder verstorend te zijn dan wit en ook dan groen licht.

Aanbevelingen

- Het is zeer aanbevelenswaardig om de resultaten van dit pilotonderzoek te toetsen en versterken door de proef te herhalen in een intensiever onderzoek.

- Het is aanbevelenswaardig op locaties waar we vleermuizen niet willen verstoren, maar waar toch verlichting nodig is, op dit moment met amber te gaan verlichten.

- Het is zeer zinvol om kleurgevoeligheidscurves van Nederlandse of Europese vleermuissoorten te maken, en het kleurenspectrum van een vleermuisvriendelijke lamp daar op af te stemmen.