Rapport **Natuurpunt Studie**

Zwermgedrag van vleermuizen

in de Antwerpse fortengordels

Deel 1: Algemeen onderzoek

nr 3 | 2016

Ontwikkeling van een onderzoeksmethode naar het zwermgedrag van vleermuizen

in
de Antwerpse fortengordels
met het oog op het behalen van een goede staat van instandhouding

Deel 1: Algemeen onderzoek

Natuurpunt Studie
contact: studie@natuurpunt.be
Coxiestraat 11 • 2800 Mechelen
studie@natuurpunt.be • www.natuurpunt.be

natuurpunt Studie | Vleermuizenwerkgroep natuurpunt | AGENTSCHAP NATUUR & BOS

STUURGROEP **Hans De Schryver, Mieke Hoogewijs, Ralf Gyselings**
TEKST **Wout Willems, Daan Dekeukeleire, Thierry Onkelinx, Kristijn Swinnen**
TERREINWERK **Alex Lefevre, Ann Lenaerts, Bee Lenaerts, Ben Van der Wijden, Bernd-Jan Bulsink, Bram Conings, Chiel Simons, Daan Dekeukeleire, David Galens, Dirk Costrop, Dirk Swaenen, Dries van de Loock, Eef Hellemans, Filip Van den Wyngaert, Jan Ranson, Johannes Jansen, John Leclaire, Jonas Pottier, Julius Smeyers, Kamila Willems, Kevin Rousseeuw, Manon Warringa, Margaux Boeraeve, Mathias D'haen, Nina Dehnhard, Pieterjan Dhont, René Janssen, Sandra Bisschop, Sharon Boekhout, Simon Feys, Stefanie Lahaye, Stijn Van Der Veken, Sven Verkem, Tjeerd Kooij, Ward Tamsyn, Wout Willems**
DATAVERWERKING DETECTORS **Kristijn Swinnen, Thierry Onkelinx, Alex Lefevre, Marc Van De Sijpe**
NALEZERS **Kris Boers, Daan Dekeukeleire, René Janssen, Sven Verkem, Jaap Van Schaik**
EINDREDACTIE **Wout Willems, Jorg Lambrechts, Kris Boers**

Wijze van citeren:
Willems W., Dekeukeleire D., Janssen, R., Lefevre, A., Onkelinx T., Swinnen K., Verkem, S., Boers, K. & Lambrechts J., 2016. Ontwikkeling van een onderzoeksmethode naar het zwermgedrag van vleermuizen in de Antwerpse fortengordels met het oog op het behalen van een goede staat van instandhouding. Natuurpunt Studie in opdracht van het Agentschap voor Natuur en Bos. Rapport Natuurpunt Studie 2016/3, Mechelen

Inhoudsopgave

Samenvatting 6
DEEL 1: Algemeen onderzoek 7
1 Achtergrond en voorbereiding 8
1.1 Achtergrond 8
1.2 Doel van het onderzoek 8
1.3 Voorbereiding 9
1.3.1 Selectie van de forten 9
1.3.2 Onderzoeksperiode 11
1.3.3 Op elkaar afstemmen van onderzoeksmethoden 11
1.3.4 Timing 11
2 Onderzoek met automatische detectoren 13
2.1 Materiaal en methode 13
2.2 Verzamelde opnames 13
2.3 Analyse door herkenningssoftware 14
2.3.1 Definities 14
2.3.2 Verschillen tussen forten en detectoren 14
Gevoeligheid 14
Specificiteit 15
Precisie 16
Negatieve voorspellende waarde 16
Accuraatheid 17
2.3.3 Verschillen in functie van automatische determinatie 18
Automatische determinatie tot op soortniveau 18
Precisie 21
Accuraatheid 22
2.3.4 Verschillen tussen forten en detectoren zonder Rosse vleermuis en Bosvleermuis 23
Gevoeligheid 23
Specificiteit 24
Precisie 25
Negatieve voorspellende waarde 25
Accuraatheid 26
2.3.5 Totaalbestand 27
2.4 Statistische analyse 27

2.4.1 Gebruikte data 27
2.4.2 Evolutie van het aantal opnames over het seizoen 28
2.4.3 Evolutie van het activiteitspatroon over een nacht 32
2.4.4 Effect van vangstnacht op de gedetecteerde aantallen 36
2.4.5 Effect van vangstnacht op het activiteitspatroon 36
2.4.6 Soortgebonden activiteitspatronen: Franjestaart tegenover Gewone dwergvleermuis 37
2.4.7 Soortgebonden ruimtelijk gebruik: case study Fort Duffel 38
2.4.8 Correlatie met netvangsten 39
2.4.9 Vereiste aantal opnamenachten voor representatief beeld activiteit 40
3 Zwermvangsten 43
3.1 Materiaal en methode 43
3.1.1 Plaatsing en openstelling netten 43
3.1.2 Manipulatie van de dieren 43
3.1.3 Notatie en invoer data 44
3.2 Vangstresultaten 44
3.2.1 Aantallen en soorten per fort 44
3.2.2 Geslachtsverhouding 46
3.3 Temporele verschillen binnen één nacht 46
3.4 Zwermperiodes en seksuele activiteit 48
4 Opmerkingen en vaststellingen tijdens het onderzoek 50
4.1 Organisatie 50
4.2 Detectoronderzoek 50
4.2.1 Plaatsing van de detectoren 50
4.2.2 Batterijen 50
4.2.3 Dataverwerking 51
4.3 Netvangsten 51
4.4 Afstemming van methoden 51
4.5 Bijkomende onderzoekstechnieken 51
4.6 Dagrustplaatsen en zomerverblijfplaatsen 52
6 Referenties 54
7 Bijlagen 56
7.1 Grafieken effect van vangstnacht op activiteit 56
7.2 Vangstgrafieken per soort 60
7.3 Grafieken zwermperiodes en seksuele activiteit 65

Samenvatting

Het opzet van dit onderzoek is het nagaan van zwermgedrag van vleermuizen in de fortengordels rond Antwerpen, met het oog op het ontwikkelen van een standaard methode voor onderzoek naar en monitoring van zwermgedrag in forten.

Deel 1 van dit rapport beschrijft de onderzoeksmethode, het uitgevoerde onderzoek en de algemene resultaten van het onderzoek dat liep over de periode 2013-2015 in 7 forten.

Onderzoek met automatische detectoren werd uitgevoerd om de activiteit van vleermuizen na te gaan, wat een totaal van 589 875 opnames opleverde. Deze werden verwerkt met de automatische herkenningssoftware 'Kaleidoscope'. De betrouwbaarheid van het programma bleek na steekproefonderzoek goed te zijn voor het niet-soortgebonden herkennen van vleermuizen, indien de als '*Nyctalus*' herkende opnames achterwege worden gelaten. Op soortniveau zijn enkel de determinaties van Gewone dwergvleermuis en Franjestaart betrouwbaar.
De relatieve zwermactiviteit is locatie- en seizoensafhankelijk. Het gebruik van één detector geeft dus geen volledig beeld van het fort. De lengte van het zwermseizoen varieert van jaar tot jaar. Voor men zwermlocaties vinden volstaat onderzoek vanaf week 28, voor een volledige dekking van het zwermseizoen is start vanaf week 26 aanbevolen.
Onderzoek naar de evolutie van het activiteitspatroon over een nacht toonde aan dat de duur van het zwermgedrag gerelateerd is aan de lengte van de nacht. Het zwermgedrag begint kort na zonsondergang, en eindigt rond zonsopgang. Fortafhankelijk kunnen er tijdens de zwermnacht evenwel meerdere pieken in activiteit voorkomen, bijvoorbeeld een soortgebonden piek of omwille van de aanwezigheid van een kolonie.
Er kon statistisch geen effect aangetoond worden van de vangstnacht op de gedetecteerde aantallen, of op het activiteitspatroon. Effecten konden echter ook niet uitgesloten worden.
Op basis van detectoropnames konden activiteitspatronen over de onderzoeksperiode vergeleken worden van Franjestaart en Gewone dwergvleermuis. Op basis van opnames van deze twee soorten werd ook een verschillend ruimtelijk gebruik binnen eenzelfde fort vastgesteld.
Er blijkt geen significant verband te zijn tussen het aantal opnames van een automatische detector, en het aantal vleermuizen dat gevangen wordt nabij deze detector.
Er worden minimum drie opeenvolgende opnamenachten per week vooropgesteld als vereiste voor een representatief beeld van de vleermuizenactiviteit.

Zwermvangsten lieten toe om onderzoek te doen naar de verschillende soorten, hun zwermperiodes en het ruimtelijk gebruik van de forten.
In de zeven geselecteerde forten werden verspreid over 35 vangstnachten 1778 vleermuizen gevangen. Vijf vangstnachten in een achtste fort leverde nog 390 bijkomende vangstdata op. Er werden 8 verschillende soorten gevangen.
De geslachtsverhouding man-vrouw geeft een hoger percentage mannelijke dieren voor alle soorten, uitgezonderd voor de Gewone dwergvleermuis.
Binnen één nacht leveren vangsten pas na een uur hogere resultaten op. Vanaf twee uur na zonsondergang bereikt de zwermpiek haar hoogtepunt, een piek die minstens twee uur aanhoudt. Op soortniveau zijn er verschillen merkbaar in de vangsturen.
Op basis van de seksuele status werd per soort het tijdsverloop van het voortplantingsseizoen bepaald.

Bijkomende methoden als sporenonderzoek en visuele observaties werden in de loop van het onderzoek toegevoegd en uitgetest, zodat de methodologie van zwermonderzoek verfijnd en uitgebouwd kon worden.

Deel 2 van dit rapport bevat de detailresultaten van de zeven onderzochte forten als uitgewerkte voorbeelden, met name het fort van Kapellen, het fort van Oelegem, het fort van Koningshooikt, het fort van Kessel, het fort van Lier, het fort van Duffel en fort 5 (Edegem). Van ieder onderzocht fort wordt een overzicht gegeven van de zwermplaatsen, de soortensamenstelling en een inschatting van de mate van activiteit van de vleermuizen die er komen zwermen, samen met een interpretatie van deze gegevens, en voorstellen voor inrichting en beheer.

Deel 3 van dit rapport is een handleiding, waarin de methodiek voor zwermonderzoek in forten uitgebreid beschreven wordt.

DEEL 1: Algemeen onderzoek

1 Achtergrond en voorbereiding

1.1 Achtergrond

Zwermen is het nachtelijk bezoek van een groot aantal vleermuizen aan winterverblijven voor de winterslaap (Parsons et al. 2003, Rivers et al. 2005). De dieren vliegen er rond en er is veel sociale interactie. Zwermgedrag speelt voornamelijk een rol bij de paring van vleermuizen. Als vleermuizen worden gevangen tijdens het najaarszwermen, valt op dat het voornamelijk seksueel actieve mannelijke dieren betreft (Parsons et al. 2003, Rivers et al. 2005, Janssen et al. 2008). Daarnaast zijn er tijdens deze periode fragmentarische waarnemingen van paring op de zwermplaatsen (Rivers et al. 2005, Piksa 2008). Vrouwelijke vleermuizen leggen grote afstanden af om op de zwermplaatsen te paren. Vervolgens keren ze terug naar de zomergebieden, waarna ze later in het jaar terugkeren om in winterslaap te gaan. De mannelijke dieren verblijven langere tijd op de zwermplaatsen (Parsons & Jones 2003, Kerth et al. 2003, Trappmann 2005, Rivers et al. 2006).
Verschillende studies hebben aangetoond dat deze zwermlocaties erg belangrijk zijn voor de genetische uitwisseling tussen geïsoleerde kolonies, onder meer bij de Bechsteins vleermuis (Kerth et al. 2003), Gewone grootoorvleermuis (Veith et al. 2004) en Franjestaart (Rivers et al. 2005). Daarnaast zou het zwermgedrag ook een rol kunnen spelen bij het inspecteren en leren kennen van winterverblijfplaatsen (Trappmann 2005). Veel overwinteringsplaatsen dienen als zwermlocatie, al blijkt er een groot verschil te zijn in aantallen en soortsamenstelling tussen de vangsten tijdens de zwermfase en tellingen van overwinterende vleermuizen op diezelfde locatie (Janssen et al. 2008).
Onderzoek naar het zwermgedrag bij de Nederlands-Limburgse kalksteengroeven bracht aan het licht dat verschillende soorten tijdens verschillende periodes in het seizoen een piek van zwermactiviteit vertonen (Janssen et al. 2008). Uit andere studies blijkt dan weer dat sommige overwinteringsplaatsen waar in de winterperiode slechts weinig vleermuizen geteld worden in het najaar juist erg belangrijk zijn als 'ontmoetingsplaats' (Glover & Altringham 2008).
Het aantal bekende zwermplaatsen in Vlaanderen is beperkt. In Limburg wordt zwermgedrag in de mergelgroeven Koegat en Lacroix jaarlijks opgevolgd (Palmans 2001). Er vonden inventarisaties plaats in de kazematten van Ieper, de ijskelder van Meise, de bunkers van het Leen in Eeklo, de Gang van Groenendaal te Hoeilaart en de steenoven 'La Bonne Espérance te Turnhout (Vandendriessche & Verhaeghe 2010; Willems et al. 2013; mondelinge mededelingen A. Lefevre, B. Van Der Wijden en F. Van Gorp). Uitgebreider zwermonderzoek werd uitgevoerd in de fortificaties rond Diest (Willems & Lenaerts 2013; Willems et al. 2013; Willems 2014(a); Willems 2015).
Zwerminventarisaties in forten rond Antwerpen werden uitgevoerd in Fort 4 te Mortsel, het Fort van 's Gravenwezel en het Fort van Duffel, (De Vlaeminck 2010, Arcadis 2010). In 2010 werd een simultaan verkennend onderzoek met zwermvangsten gehouden in de forten van Steendorp, Borsbeek (fort 3), Brasschaat, Oelegem, Hoboken (fort 8), Haasdonk, Walem, Kapellen, Duffel en Bornem (Dekeukeleire et al. 2011(a) en 2011(b); Willems et al. 2011). Bijkomend onderzoek werd later uitgevoerd in de forten van Walem (Willems 2011) en Oelegem (Boers et al. 2012).

Gezien zwermen een cruciale rol speelt in de voortplanting van vleermuizen, is voor het voortbestaan van de verschillende soorten vleermuizen een adequate bescherming van de zwermplaatsen noodzakelijk voor het bereiken van een goede staat van instandhouding. Het verzamelen van kennis over waar de zwermplaatsen precies te vinden zijn, is een cruciale stap om te komen tot een gefundeerde zonering van de forten.

1.2 Doel van het onderzoek

Het voorwerp van dit onderzoek is het nagaan van zwermgedrag van vleermuizen in de forten van de fortengordels rond Antwerpen, en op basis hiervan een standaard methode te ontwikkelen voor onderzoek naar en monitoring van zwermgedrag in forten. Op die manier werkt voorliggend rapport een belangrijke leemte in de kennis weg welke geformuleerd is in het S-IHD rapport van de Antwerpse fortengordels.

Het onderzoek liep over drie jaren, met name over de periode 2013-2015.
Het eerste jaar van deze studie omvatte het uitwerken van een efficiënte methodiek om het zwermgedrag in kaart te brengen. Deze methodologie werd dan de 2 daaropvolgende jaren verfijnd en verder uitgebouwd.

Een belangrijk criterium voor de methodologie is een minimum aan veldwerkers. Zodoende kan deze methodiek ook in de toekomst ingezet worden voor Passende Beoordelingen en dergelijke.

Voorliggend rapport bevat de verslaglegging van de opbouw van onderzoeksmethodiek en de algemene resultaten (deel 1), met de onderzochte forten als uitgewerkte voorbeelden (deel 2). Van ieder onderzocht fort geven we een overzicht van de zwermplaatsen, de soortensamenstelling en een inschatting van de mate van activiteit van de vleermuizen die er komen zwermen, samen met een interpretatie van deze gegevens, en voorstellen voor inrichting en beheer.
De onderzochte methodiek werd uitgewerkt in een handleiding voor onderzoek en monitoring van zwermgedrag (deel 3), die de standaardmethode beschrijft voor zwermonderzoek in forten.

1.3 Voorbereiding

1.3.1 Selectie van de forten

Er werden zeven forten geselecteerd waar zwermonderzoek werd verricht.
Factoren die meespeelden voor de selectie van de forten zijn

- de ligging binnen Habitatrichtlijngebied
- een verschillende mate van zwermactiviteit: veel, middelmatig en minder activiteit, ingeschat op basis van aantallen overwinteraars en eerder verkennend zwermonderzoek (Boers *et al.*, 2012; Dekeukeleire *et al.*, 2011(a); Dekeukeleire *et al.*, 2011(b); Willems, 2011; Willems *et al.*, 2011).
- toegankelijkheid voor onderzoek (toestemming van de eigenaar)
- het (deels) afgesloten zijn voor het publiek (omwille van vandalisme/diefstal materiaal).
- de ligging (verspreid over de fortengordels)
- de bouw van het fort. Zowel bakstenen forten (met fysiek gescheiden fortdelen) als betonnen forten (aaneengesloten gebouw) dienden aan bod te komen.

Op basis hiervan werden volgende forten geselecteerd (Kaart 1):

- Fort van Oelegem

Een groot betonnen fort met veel zwermactiviteit. Veel overwinteraars (1234 dieren in 2014) en vrij veel vangsten bij eerder zwermonderzoek (vangstmaximum 80 dieren op 1 avond in 2011, terwijl het aantal open netten erg beperkt in aantal en tijd was), waardoor veel zwermactiviteit werd verwacht.

- Fort van Koningshooikt

Een groot betonnen fort met een middelmatig aantal overwinteraars (186 dieren in 2014), nog geen zwermonderzoek gebeurd. Er werd een gemiddelde zwermactiviteit vermoed.

- Fort van Kapellen

Een klein betonnen fort met beperkt aantal overwinteraars (88 dieren in 2013), middelmatig aantal zwermers (58 dieren tijdens 1 verkennende vangstnacht in 2010). Er werd minder tot matige zwermactiviteit vermoed.

- Fort van Kessel

Een middelgroot tot groot betonnen fort met veel overwinteraars (386 in 2014), nog geen zwermonderzoek gebeurd. Er werd een hoge zwermactiviteit vermoed.

- Fort van Lier

Een groot bakstenen fort met betonnen afwerking, en fysiek gescheiden gebouwen. Veel overwinteraars (377 in 2014), nog geen zwermonderzoek gebeurd. Er werd een hoge zwermactiviteit vermoed.

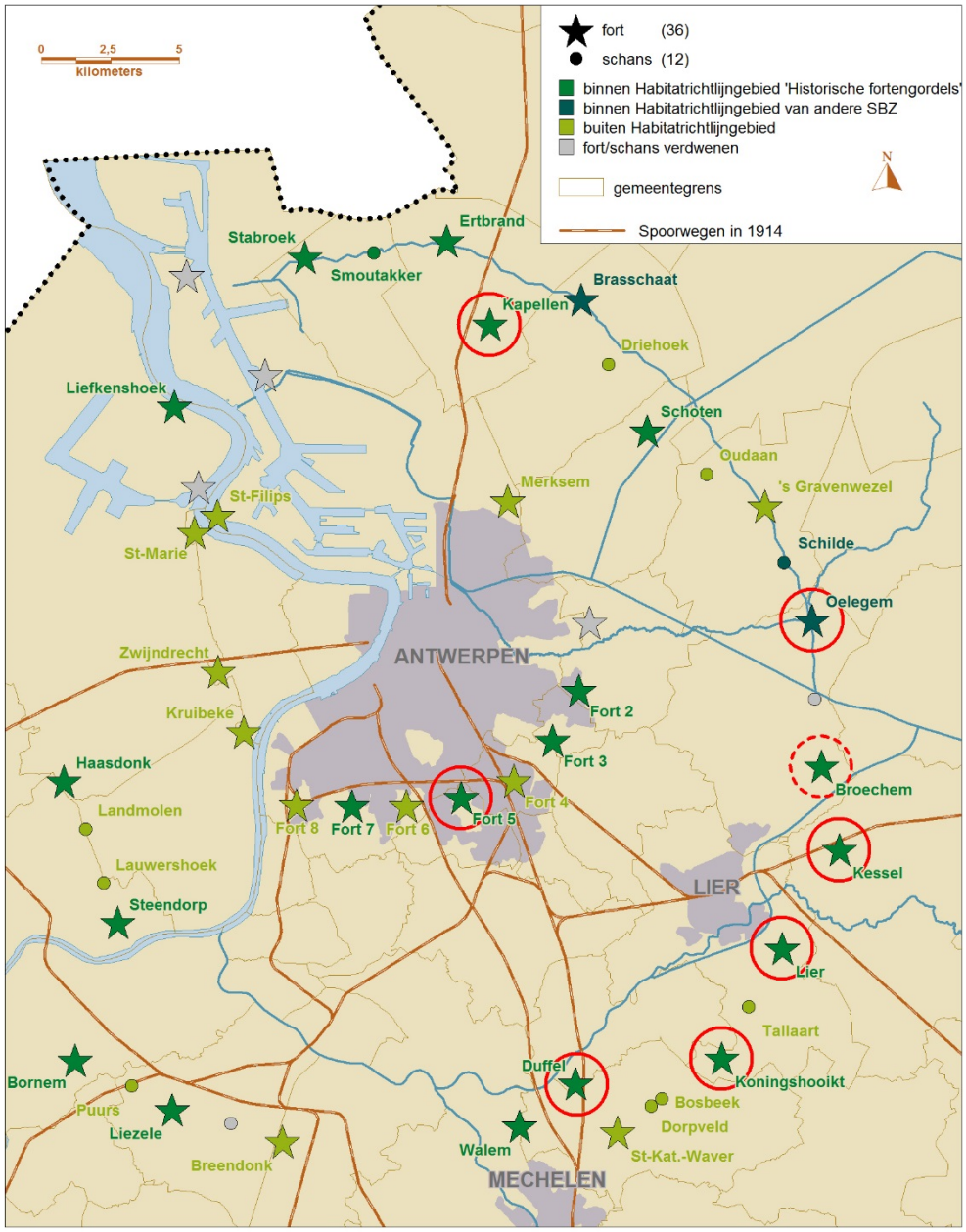
- Fort van Duffel

Een bakstenen fortje met betonnen afwerking, alle fortdelen zijn via een rondgaande tunnel verbonden. Een laag aantal overwinteraars (36 in 2014), met een lage tot gemiddelde zwermactiviteit (25 dieren tijdens 1 verkennende vangstnacht in 2010). Er werd een lage zwermactiviteit vermoed.

- Fort 5 (Edegem)

Een groot bakstenen fort met fysiek gescheiden gebouwen met beperkt tot aantal overwinteraars (92 dieren in 2014), nog geen zwermonderzoek gebeurd. Er werd een lage zwermactiviteit vermoed.

In de loop van het onderzoek werd toelating bekomen om ook vangstgegevens vanuit het Fort van Broechem (uit een ander onderzoek) mee op te nemen. Dit fort is een middelgroot tot groot betonnen fort met veel overwinteraars (519 dieren in 2014).



Kaart 1: Overzicht van de Antwerpse fortengordels, met aanduiding (in rood) van de onderzochte forten.

In de loop van dit rapport wordt in grafieken en tabellen vaak een afkorting (code) van de verschillende forten gebruikt. Tabel 1 geeft de code voor de verschillende forten weer.

Tabel 1: Forten en hun gebruikte codes in dit rapport

Fort	code
Fort van Oelegem	FOE
Fort van Koningshooikt	FKO
Fort van Kapellen	FKA
Fort van Kessel	FKE
Fort van Lier	FLI
Fort van Duffel	FDU
Fort 5 (Edegem)	FED

1.3.2 Onderzoeksperiode

Uit zwermonderzoek in de Nederlands-Limburgse kalksteengroeven blijkt dat verschillende soorten op verschillende periodes in het seizoen een piek van zwermactiviteit vertonen (Janssen *et al.*, 2008). Zo zwermt de Gewone dwergvleermuis vooral begin augustus, terwijl de piek van de Franjestaart begin oktober ligt. Een dergelijk beeld komt ook naar voren in andere buitenlandse literatuur (Parsons *et al.* 2003, Piksa 2008). Daarnaast kan per avond per fort of per deel van het fort de intensiteit van het zwermen verschillen (Janssen *et al.* 2008). Ook lijkt het dat sommige overwinteringsplaatsen, waar in de winterperiode weinig vleermuizen geteld worden, in het najaar juist erg belangrijk zijn als "ontmoetingsplaats" (Glover & Altringham 2008).
Bij dit onderzoek werd gekeken naar welke vleermuissoorten tijdens de zwermperiode zwermen op welke locatie in de zeven bemonsterde forten. De uitvoerperiode voor het veldwerk liep in de jaren 2013, 2014 en 2015 telkens van half juli tot half oktober.

1.3.3 Op elkaar afstemmen van onderzoeksmethoden

Om de vleermuizenactiviteit te bepalen, werden automatische detectoren type Pettersson D500X in de verschillende forten geplaatst. Deze maken opnames wanneer er ultrasone geluiden worden geregistreerd, en als het aantal niet-vleermuizengeluiden daar uit gefilterd worden is het aantal overblijvende opnames dus een maatstaf voor de mate van vleermuizenactiviteit op die locatie. Het analyseren van duizenden opnames op soortniveau is echter praktisch onhaalbaar. Bovendien is het bij vleermuizen van de *Myotis*-groep – die het merendeel van de zwermers uitmaken in forten – voor veel soorten uiterst moeilijk (en vaak onmogelijk) om de soort met volledige zekerheid te kunnen bepalen, zeker in een gesloten omgeving.

Om het soortenspectrum te bepalen, werd daarom geopteerd voor netvangsten. Vangsten geven niet enkel zekere informatie over de soort, maar ook bijkomende informatie over geslacht, fysieke conditie, leeftijd en seksuele activiteit.

Door beide onderzoeksmethoden te combineren, wilden we een representatief beeld verkrijgen van het zwermgedrag. Om de onderzoeksmethoden op elkaar af te stemmen, werd geopteerd om bij de locatiekeuze de mistnetten en batdetectoren op dezelfde locatie te plaatsen, zodat kan nagegaan worden of de vangsten representatief zijn voor wat de batdetectoren registreren. Er werd vooropgesteld om telkens één detector op de binnenplaats van de forten te zetten (opgehangen aan muur waar mogelijk) en de drie andere op andere locaties in het fort zelf.

1.3.4 Timing

Voorbereidend terreinwerk was vereist in functie van een selectie van geschikte detectorlocaties – en bij uitbreiding ook voor de plaatsing van mistnetten. De forten werden waar mogelijk (en indien nog geen zwermdata bekend) aan het begin van het zwermseizoen met detector bewandeld om een ruw idee te hebben van de locaties met veel zwermactiviteit. Voor het nagaan van de mate en periodes van zwermactiviteit, en om

daar bij langdurige monitoring de meest duidelijke conclusies uit te kunnen afleiden, hangt een detector immers meest ideaal op een locatie met veel vleermuizenactiviteit. Daarbij werd ook nagegaan of de locaties waar de detectoren kwamen te staan, ook geschikt waren om later vangsten met mist- of haarnetten uit te voeren.

De automatische batdetectoren werden van half juli tot half oktober geplaatst, om gedurende die periode wekelijks 3 opeenvolgende nachten te samplen.
Vangstsessies werden driewekelijks gepland tijdens 3 dagen voor en 3 dagen na het samplen met automatische batdetectoren.

2 Onderzoek met automatische detectoren

2.1 Materiaal en methode

Na voorbereidend terreinwerk i.f.v. een selectie van geschikte zwermlocaties per fort werden automatische batdetectoren (type Pettersson D500X) geplaatst om wekelijks (van half juli tot half oktober) drie opeenvolgende nachten met automatische batdetectoren te samplen. De detectoren werden gekoppeld aan externe batterijen. De batterijen en compact flash-geheugenkaarten werden minimaal één maal per week verwisseld. Per fort werden 4 detectoren ingezet. De duur van één opname werd ingesteld op 10s.
De exacte plaatsing van de detectoren wordt aangegeven in de bespreking per fort (zie DEEL 2: resultaten per fort).

Het doel van de automatische detectoren is de dag-na-dag variatie na te gaan, alsook de variatie tussen de verschillende detectorlocaties, en de sampling-frequentie te bepalen als een lange termijn variatie. Op basis van de geluidsopnames kunnen activiteitspieken vastgesteld worden. Ook wordt de invloed van vangsten onderzocht, en de correlatie tussen vangsten en detectoren nagegaan.
Belangrijk bij de interpretatie van de gegevens van automatische batdetectoren is dat dit relatieve gegevens zijn. Het aantal opnames geeft de mate van activiteit weer, maar er kan geen rechtstreekse link gelegd worden tussen de hoeveelheid opnames en het aantal vleermuizen.

Om opnames van vleermuisgeluiden te scheiden van 'valse' opnames (vogels, sprinkhanen, waterdruppels etc.) werden de opnames geanalyseerd met de automatische herkenningssoftware versie Kaleidoscope 3.1.1 van Wildlife Acoustics. Manuele controle van een random steekproef uit de opnames diende toe te laten om de effectiviteit van Kaleidoscope te controleren. Bij deze manuele controle werd een determinatie tot het niveau 'vleermuis' of 'geen vleermuis' vooropgesteld.

Eens de effectiviteit van Kaleidoscope bekend was, liet dit toe de bruikbaarheid van de data voor verdere analyse te bepalen.

2.2 Verzamelde opnames

In de periode 2013-2015 leverden automatische detectoren er in de zeven onderzochte forten samen een totaalaantal van 589 875 opnames op (Tabel 2).

Tabel 2: Overzicht detectoropnames per fort

2013	Fort Kapellen				Fort Oelegem				Fort Koningshooikt			
# opn per fort	102 172				101 305				70 055			
opnamepunt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
# opn per punt	4 245	41 168	14 971	41 788	19 752	27 806	29 736	24 011	21 811	17 082	9 641	21 521

2014	Fort Kessel				Fort Lier			
# opn per fort	69 793				140 775			
opnamepunt	1	2	3	4	5	6	7	8
# opn per punt	27 689	4 729	32 955	4 420	32 776	2 288	35 699	70 012

2015	Fort Duffel				Fort 5			
# opn per fort	58 312				47 463			
opnamepunt	1	2	3	4	5	6	7	8
# opn per punt	32 585	3 958	4 784	16 985	5 437	4 072	10 024	27 930

2.3 Analyse door herkenningssoftware

Zoals gesteld in 2.1, werden de detectoropnames via het programma Kaleidoscope automatisch geanalyseerd. Voor het trekken van steekproeven uit de detectoropnames werd door Thierry Onkelinx van de Vleermuizenwerkgroep een tool ontworpen voor de software R (R Core Team 2014). Deze tool plaatst de opnames in een random volgorde. Deze volgorde wordt op een intelligente manier gekozen zodat ze a) willekeurig (random) is, b) mooi gespreid over de periode waarvan er opnames zijn, en c) die spreiding en willekeurigheid gegarandeerd blijven ongeacht het aantal opnames dat men effectief bekijkt (zolang je maar steeds de eerste X bekijkt).

Er werd per fort een steekproef genomen, die gespreid werd over 4 verschillende criteria:

1) AutoID, dit is de determinatie (specifieke vleermuizensoort, ondetermineerbare vleermuizensoort ('NoID'), of geen vleermuis('Noise')) die de software aan de opname geeft,
2) of er al dan niet alternates zijn (= of er andere of bijkomende soorten in aanmerking komen),
3) de waarde van margin (maat voor onzekerheid determinatie),
4) de verhouding tussen Matching en Pulses (hoeveel pulsen konden gedetermineerd worden).

De AutoID "Noise" kreeg twee keer zoveel samples als een andere soort, vanwege de noodzaak om deze categorie beter te onderzoeken op eventuele gemiste vleermuizen. Het steekproefbestand bevat 1% van het aantal opnames.

Er werden 5908 opnames geselecteerd voor de steekproef, die manueel gecontroleerd werden. Bij die controle werd onderscheid gemaakt tussen opnames met vleermuizen ('Bat', zonder verdere soortbepaling), en zonder vleermuizen ('Noise').

2.3.1 Definities

Voor de bespreking van de kwaliteit van de automatische determinaties wordt van volgende terminologie gebruik gemaakt:

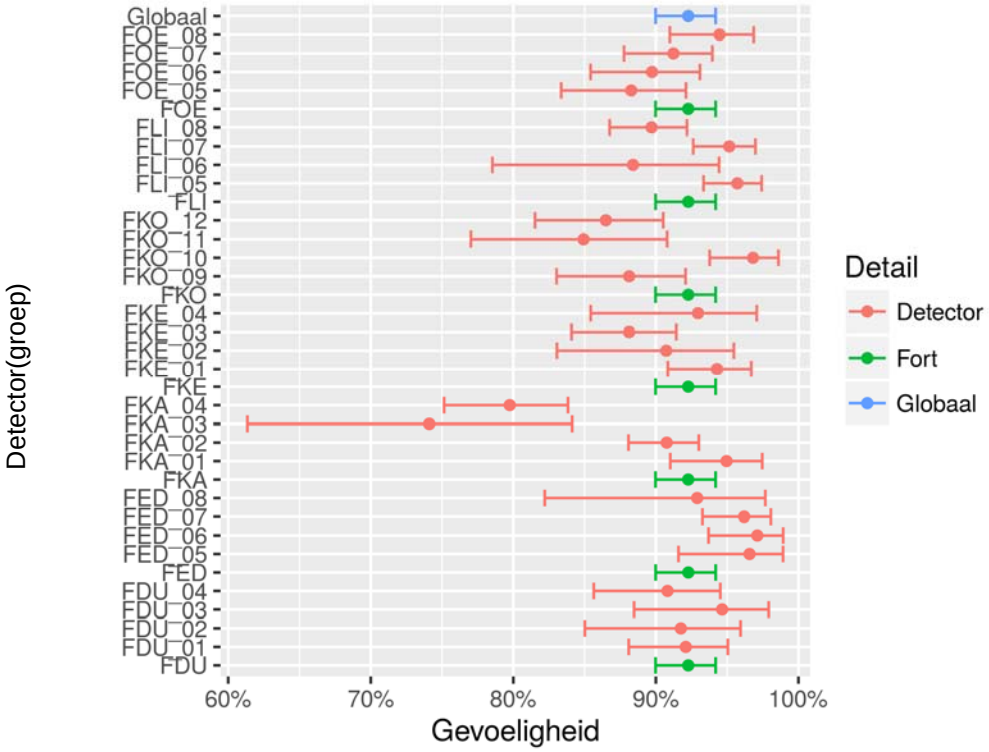
	controle = ruis (Noise)	controle = vleermuis
determinatie = ruis (Noise)	werkelijk negatief (TN)	vals negatief (FN)
determinatie = vleermuis	vals positief (FP)	werkelijk positief (TP)

positief = werkelijk positief + vals negatief ($P = TP + FN$)
negatief = werkelijk negatief + vals positief ($N = TN + FP$)
gevoeligheid (sensitivity, true positive rate) = werkelijk positief / positief $\left(TPR = \frac{TP}{TP+FN}\right)$
specificiteit (specificity, true negative rate) = werkelijk negatief / negatief $\left(SPC = \frac{TN}{TN+FP}\right)$
precisie (precision, positive predictive value) = werkelijk positief / (werkelijk positief + vals positief) $\left(PPV = \frac{TP}{TP+FP}\right)$
negatieve voorspellende waarde (negative predictive value) = werkelijk negatief / (werkelijk negatief + vals negatief) $\left(NPV = \frac{TN}{TN+FN}\right)$
accuraatheid (accuracy) = (werkelijk positief + werkelijk negatief) / (positief + negatief) $\left(ACC = \frac{TP+TN}{TP+FP+TN+FN}\right)$

2.3.2 Verschillen tussen forten en detectoren

Gevoeligheid

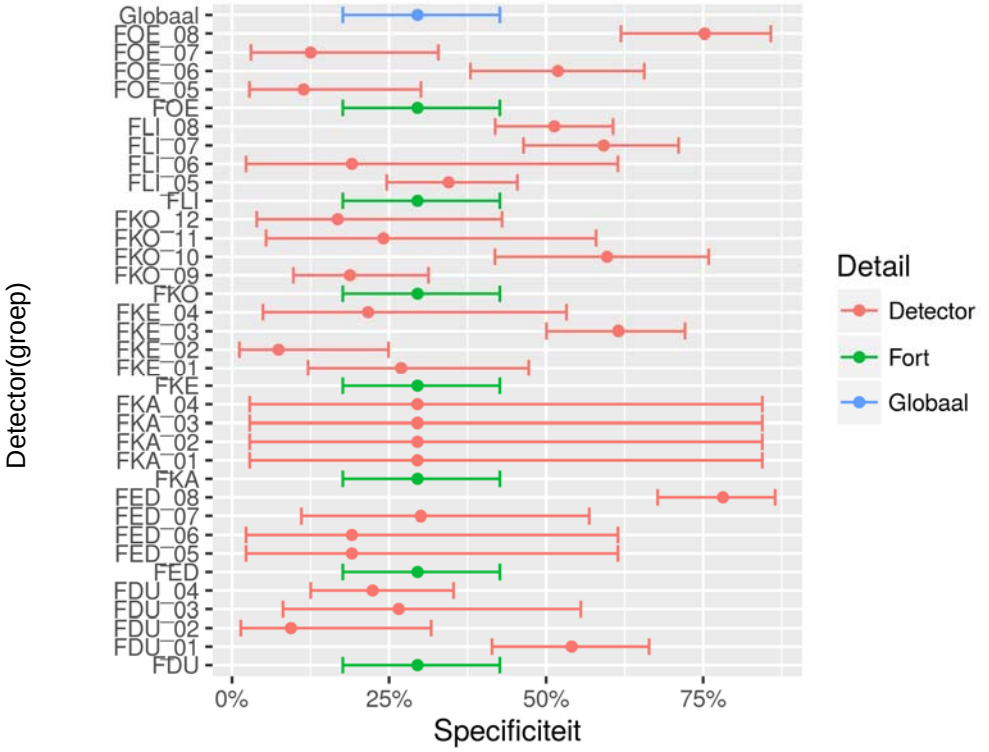
Worden opnames **met** vleermuisgeluiden effectief als "vleermuis" gedetermineerd door de automatische herkenning?



De gevoeligheid is zeer hoog (ca 92%). Indien een opname vleermuizen bevat, zal de software die er meestal uithalen. De gevoeligheid verschilt tussen de individuele detectorlocaties en niet tussen de forten.

Specificiteit

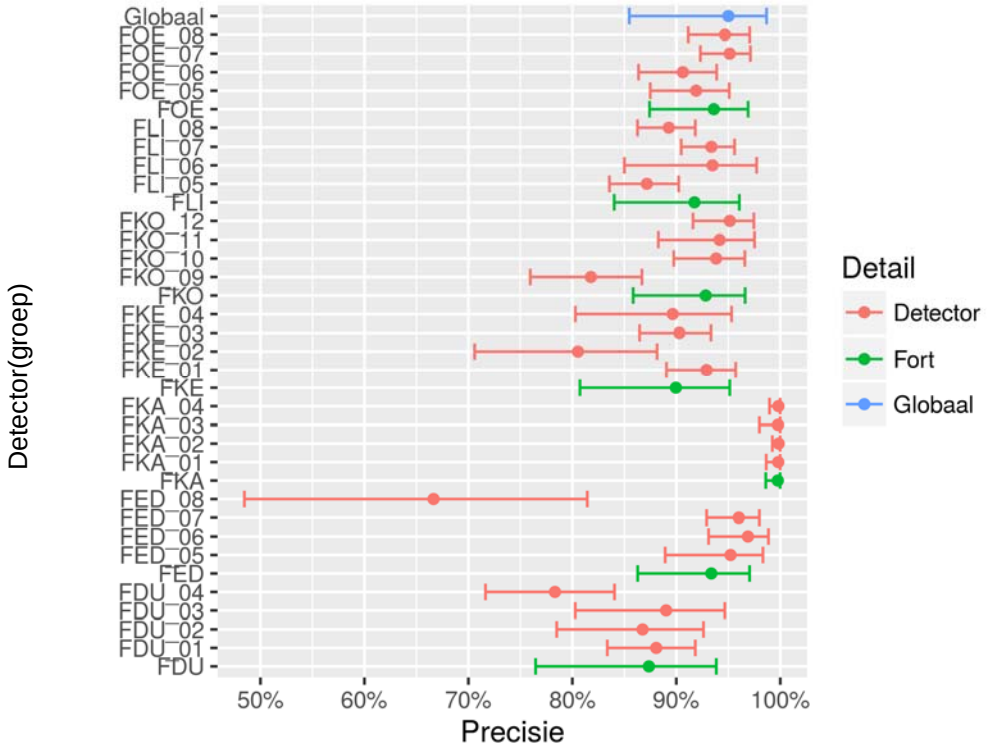
Worden opnames **zonder** vleermuisgeluiden effectief als "ruis" gedetermineerd door de automatische herkenning?



De specificiteit is eerder laag. Slechts een derde van de opnames zonder vleermuizen wordt als "ruis" herkend. De specificiteit verschilt sterk tussen de individuele detectorlocaties. De verschillen hangen echter niet af van het fort. Een belangrijke kanttekening is dat het aantal gecontroleerde opnames met "ruis" voor sommige detectoren zeer laag is. Dit weerspiegelt zich in de soms zeer brede betrouwbaarheidsintervallen. Om meer betrouwbare uitspraken te kunnen doen over dit deel van de analyse zijn meer gecontroleerde opnames nodig.

Precisie

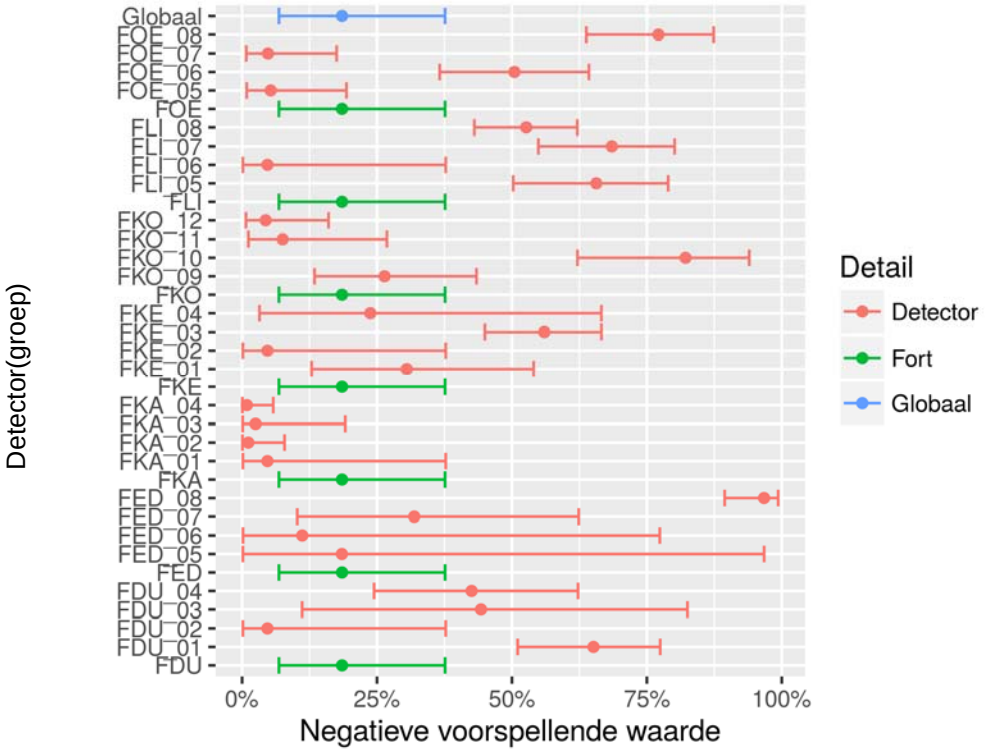
Bevatten opnames die als "**vleermuis**" werden herkend effectief vleermuizen?



De precisie is zeer hoog (95%). Wanneer de software een opname als "Vleermuis" herkent, kunnen we daar behoorlijk goed op vertrouwen. Er kunnen evenwel behoorlijke verschillen zijn tussen de individuele detectorlocaties en tussen de forten. Hierbij is het effect van het fort groter dan het effect van de detectorlocatie.

Negatieve voorspellende waarde

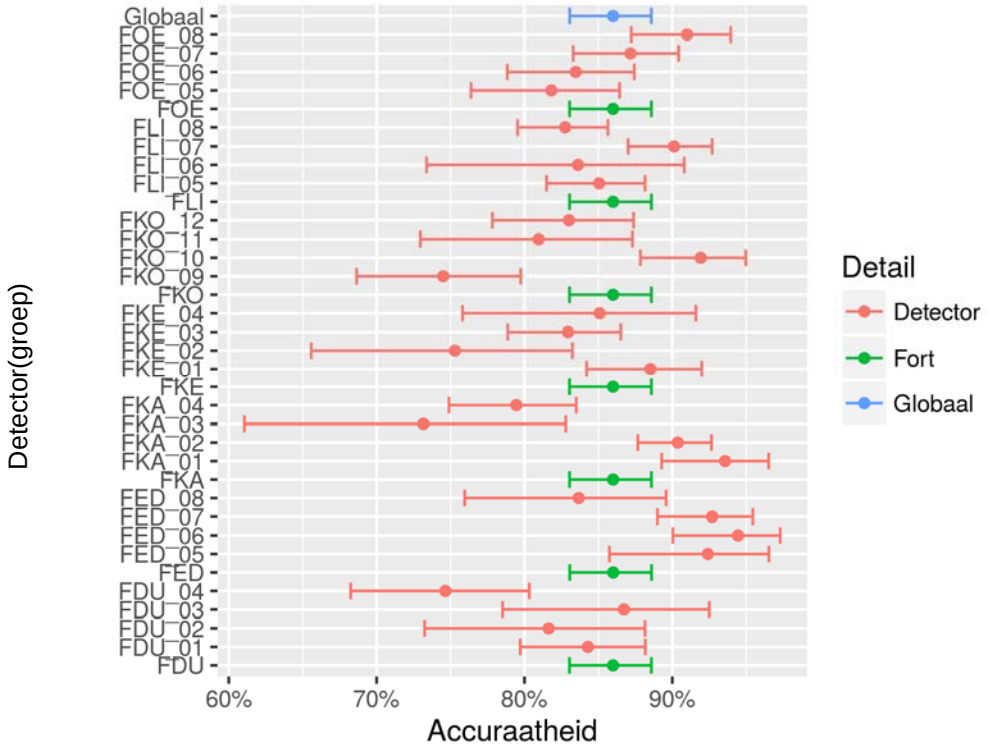
Bevatten opnames die als "**ruis**" werden herkend effectief geen vleermuizen?



De negatieve voorspellende waarde is laag (ca 20%). Wanneer de software een opname als "Ruis" herkent, is de kans redelijk dat daar als nog vleermuizen in aanwezig zijn. Ook hier moeten we deze analyse met de nodige voorzichtigheid interpreteren aangezien we voor verschillende detectoren slechts een beperkt aantal opnames gecontroleerd hebben. De verschillen tussen de detectoren hangen enkel af van de individuele detectorlocatie en niet van het fort.

Accuraatheid

Worden de opnames correct herkend? D.w.z. opnames zonder vleermuizen als "Ruis" en opnames met vleermuizen als "Vleermuis".



De accuraatheid is redelijk hoog (ca 85%). We dienen hierbij op te merken dat we verhoudingsgewijs veel meer opnames die als "Vleermuis" herkend werden gecontroleerd hebben dan opnames die als "Ruis" herkend werden. In combinatie met de hoge gevoeligheid en lage specificiteit kunnen we stellen dat de accuraatheid mogelijk overschat is. De verschillen in accuraatheid tussen de detectoren wordt enkel veroorzaakt door effecten van de individuele detectorlocaties en niet door effecten van de forten.

2.3.3 Verschillen in functie van automatische determinatie

Automatische determinatie tot op soortniveau

Omdat de negatieve voorspellende waarde zo laag is (bijna de helft van de Noise-opnames bleken toch vleermuizen te bevatten), rees de vraag of hier steeds dezelfde soorten gemist werden. Doordat ook enkele soorten blijkbaar erg goed als ‘vleermuis’ herkend worden door Kaleidoscope, was het eveneens nuttig om na te gaan welke soorten in welke mate correct gedetermineerd worden – dit met het oog op een potentiële verwerking van een gedeelte van de opnames op soortbasis. Het gaat hier dan uiteraard enkel om soorten die manueel vlot te herkennen zijn. De samples werden daarom allemaal een tweede keer manueel gedetermineerd - ditmaal tot op soortniveau waar mogelijk.
Manuele determinatie diende omwille van de grote hoeveelheid opnames vlot te gaan. Voor sommige soorten gaat dat vlot (bv Franjestaart, Gewone dwergvleermuis), voor andere soorten is soms meer inzoomen nodig. Eenvoudig meten van pulskenmerken (piekfrequentie, begin/eindfrequentie) werd toegepast indien die snel uitsluitsel over de soort kon geven.

Wat manuele soortdeterminatie moeilijk maakt, is dat binnen één opname zeer vaak pulsen van meerdere soorten vleermuizen zijn opgenomen. Daarom werden bij determinatie deze regels gevolgd:

- Als de soort van AUTO ID effectief in de opname zit (ongeacht eventuele bijkomende soorten) krijgt deze uiteraard dezelfde soort onder MANUAL ID
- Is de soort een andere dan AUTO ID aangeeft en die andere soort is herkenbaar, dan krijgt MANUAL ID uiteraard de correcte soort
- Is de soort een andere dan AUTO ID aangeeft, maar is die andere soort is niet herkenbaar (of er zijn meerdere andere soorten), dan krijgt MANUAL ID 'NoID'

- Is de soort die AUTO ID aangeeft mogelijk correct, maar zonder dat dat manueel bevestigd kan worden dan krijgt MANUAL ID eveneens 'NoID' (ongeacht eventuele bijkomende soorten die wél tot soortniveau determineerbaar kunnen zijn)
- Indien AUTO ID als soort 'NoID' aangeeft, en zitten meerdere soorten in de opname (al of niet determineerbaar op soortniveau) dan krijgt MANUAL ID eveneens 'NoID'.

Een overzicht van de automatische en manuele soortdeterminaties is te vinden in Tabel 3. Bij de interpretatie van deze tabel zijn volgende zaken van belang:

1) *Niet-herkenbare soorten bij automatische determinatie*. De soortenlijst die het programma Kaleidoscope gebruikt is beperkt. Enkele soorten die in de Antwerpse forten voorkomen, ontbreken helaas in die lijst. Het gaat dan concreet om Meervleermuis, Ingekorven vleermuis, Baardvleermuis en Grijze grootoorvleermuis[1].
2) *Niet-onderscheiden soorten bij manuele determinatie*. Erg gelijkende Myotis-soorten (Bechsteins vleermuis, Brandts vleermuis, Meervleermuis, Watervleermuis, Baardvleermuis) werden in het geheel niet onderscheiden. De opnames die aan die kenmerken van die soorten voldoen werden onder 'NoID' geclassificeerd. Grootoorvleermuizen werden manueel onderscheiden tot op geslachtsniveau.

Tabel 3: Overzicht van automatische en manuele soortdeterminaties. Voor de soortafkortingen zie Tabel 4. Een gele achtergrond geeft aan dat de soort door automatische determinatie niet onderscheiden wordt, een blauwe niet door manuele determinatie. Een grijze achtergrond duidt aan waar auto- en manuele determinatie overeenkomen. Voor een correcte interpretatie van onderstaande tabel wordt verwezen naar de begeleidende tekst.

AUTO ID	**MANUAL ID**																		**Totaal**
	BABA	EPSE	MYBE	MYBR	MDAS	MYDAU	MEMA	MMYS	MYNA	NoID	Noise	NYLE	NYNO	PINA	PIPI	PIPIPY	PLECS	RHFE	RHHI	
BABA									3	296	1			2	34		3			339
EPSE		82							4	295	28									409
MYBE		3							57	309	33			2			2			406
MYBR		1					2		19	383					8					413
MDAS																				
MYDAU									3	392					2					397
MEMA																				
MMYS																				
MYNA							4		336	60										400
NoID							2		78	231	6			1	86		5			409
Noise							5		90	268	433				18		1			815
NYLE		2							15	85	281	3	6		13		4			409
NYNO									7	65	106		105	1	81		1			366
PINA									1	73	5			223	66					368
PIPI									1	9					392					402
PIPY							7		2	67					267	55				398
PLAUR										70							238			308
RHFE										1										1
RHHI							1		6	8	1									16
Totaal	**0**	**88**					**21**		**622**	**2604**	**894**	**11**	**111**	**229**	**967**	**55**	**254**	**0**	**0**	**5856**

Voor de verschillende soorten worden volgende afkortingen gehanteerd:

[1] Ook Vale vleermuis kan door Kaleidoscope niet herkend worden. Deze soort is in de Antwerpse forten enkel bekend van één schedelvondst in het fort van Brasschaat (2010), en wordt hier daarom verder buiten beschouwing gelaten.

Tabel 4: overzicht afkortingen vleermuizensoorten (gebruikt door software Kaleidoscope)

Afkorting	Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam
BABA	*Barbastella barbastellus*	Mopsvleermuis
EPSE	*Eptesicus serotinus*	Laatvlieger
MEMA	*Myotis emarginatus*	Ingekorven vleermuis
MYBE	*Myotis bechsteinii*	Bechsteins vleermuis
MYBR	*Myotis brandtii*	Brandts vleermuis
MYDAU	*Myotis daubentonii*	Watervleermuis
MMYS	*Myotis mystacinus*	Baardvleermuis
MYNA	*Myotis nattereri*	Franjestaart
NoID	*Chiroptera species*	Vleermuis onbekend
NYLE	*Nyctalus leisleri*	Bosvleermuis
NYNO	*Nyctalus noctula*	Rosse vleermuis
PINA	*Pipistrellus nathusii*	Ruige dwergvleermuis
PIPI	*Pipistrellus pipistrellus*	Gewone dwergvleermuis
PIPY	*Pipistrellus pygmaeus*	Kleine dwergvleermuis
PIPIPY	*Pipistrellus pipistrellus/pygmaeus*	Gewone of Kleine dwergvleermuis
PLAUR	*Plecotus auritus*	Gewone grootoorvleermuis
PLECS	*Plecotus species*	Grootoorvleermuis onbekend
RHFE	*Rhinolophus ferrumequinum*	Grote hoefijzerneus
RHHI	*Rhinolophus hipposideros*	Kleine hoefijzerneus

Opmerkingen bij manuele controle van automatische soortdeterminatie:

- *De kwaliteit van de opnames* is vaak laag, omwille van de echo's op de fortmuren. Daarom is via software degelijke pulsmetingen uitvoeren moeilijk en soms onmogelijk. Ook vliegen de vleermuizen in een gesloten omgeving, waardoor zij aangepaste pulsen gebruiken die afwijken van de 'gewone' pulsen in de buitenlucht. Verder werden er vaak sociale geluiden van vleermuizen opgenomen, waarvan manuele soortbepaling – met uitzondering van de Dwergvleermuizen – niet uitvoerbaar was.
- *Mopsvleermuis, Kleine hoefijzerneus en Grote hoefijzerneus* werden in de manueel gecontroleerde opnames niet teruggevonden. Ook al konden de vleermuizen manueel niet op naam gebracht worden, het ging met zekerheid niet om voornoemde soorten.
- *Franjestaarten* en *Gewone dwergvleermuizen* die door Kaleidoscope als dusdanig herkend werden, blijken nagenoeg steeds correct gedetermineerd te zijn. De 60 Franjestaart-opnames waar manueel geen soort op kon gekleefd worden, zijn vermoedelijk effectief vrijwel allemaal Franjestaarten (want moeilijk toewijsbaar aan andere soorten). Mogelijk is automatische herkenning voor die soort daar beter dan manuele.
- *Bosvleermuis* werd manueel herkend in 11 opnames. Deze zijn ter bevestiging doorgestuurd naar vleermuisgeluidsdeskundige Marc Van De Sijpe. Acht werden door hem beschouwd als ofwel Laatvlieger, ofwel een *Nyctalus*-soort (in Tabel 3 ondergebracht onder 'NoID'). Drie waarnemingen betreffen zeker *Nyctalus*-soorten, waarvan de waarschijnlijkheid op Bosvleermuis wordt ingeschat op respectievelijk 60, 70 en 75%. De 11 opnames werden alle gemaakt op het fort van Lier, op locaties die ook buitengeluiden kunnen opvangen. Waar Bosvleermuis manueel niet bevestigd kon worden (het merendeel van de opnames), betrof het vaak in hoofdzaak bijgeluiden en (in mindere mate) sociale geluiden van Gewone dwergvleermuis.
- Waar *Rosse vleermuis* manueel niet kon bevestigd worden (eveneens het merendeel van de opnames), betrof het vaak in hoofdzaak bijgeluiden en sociale geluiden van Gewone dwergvleermuis.
- *Grootoorvleermuizen* die door Kaleidoscoop herkend werden, waren doorgaans correct gedetermineerd. Over de 70 opnames (23%) waar manueel geen Grootoorvleermuizen werden bevestigd is het moeilijk in te schatten wat de soort exact is. Vermoedelijk zitten er een heel aantal Grootoorvleermuizen tussen, maar het aandeel aan andere, moeilijk tot soortniveau te bepalen vleermuizen is onbekend. Ook veel sociale geluiden bleken (al dan niet terecht) door Kaleidoscope als Grootoorgeluiden herkend.
- *Kleine dwergvleermuizen* in de automatische opnames bleken na manuele controle voor het overgrote deel – en waar het effectief Dwergvleermuizen (*Pipistrellus spp*.) betrof – Gewone dwergvleermuis te zijn. Bij een

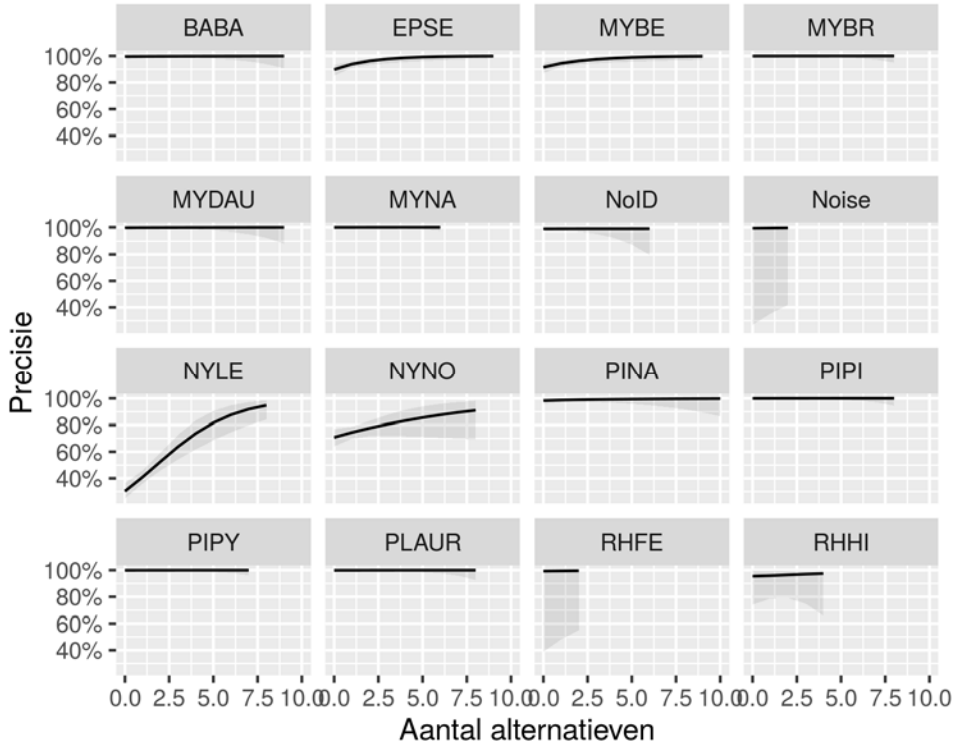
beperkt deel valt de piekfrequentie (52-55 kHz) in de overlapzone tussen beide soorten, en is Kleine dwergvleermuis dus niet uitgesloten. Vleermuizen gebruiken echter in een gesloten omgeving een hogere frequentie. Aangezien hier nergens de écht hoge piekwaarden bereikt werden (>60 kHz) die voor Kleine dwergvleermuis – zeker in gesloten omgeving – kunnen verwacht worden, kan aangenomen worden dat vrijwel alle tot zelfs alle opnames die automatisch als Kleine dwergvleermuis werden gedetermineerd in werkelijkheid andere soorten betreft.

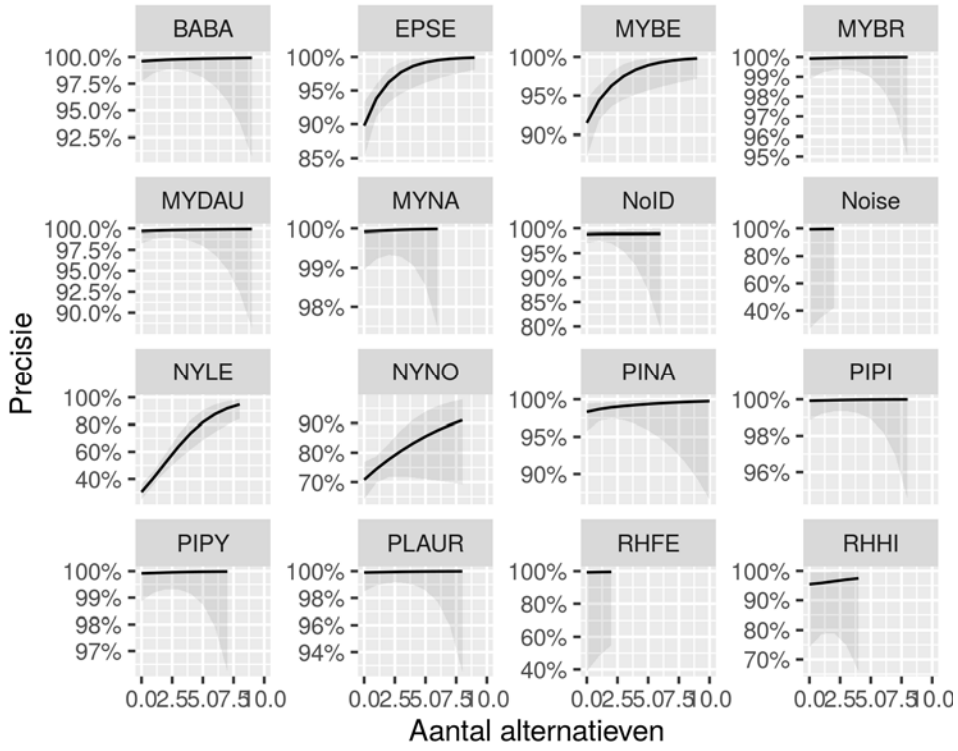
Besluiten voor automatische soortdeterminatie:

- Het bepalen van de betrouwbaarheid van automatische determinatie tot soortniveau is voor vele soorten onmogelijk, doordat enerzijds bij Kaleidoscope soorten van de Antwerpse forten in de soortenlijst ontbreken, en doordat anderzijds ook manueel een aantal soorten moeilijk of niet kunnen onderscheiden worden.
- Waar de betrouwbaarheid wel kan nagegaan worden, blijkt de automatische soortdeterminatie voor de meeste soorten nog te onbetrouwbaar om deze als basis voor verdere analyses te gebruiken.
- Enkel Gewone dwergvleermuis en Franjestaart zijn soorten waar Kaleidoscope goed scoort in determinatie, waar manuele herkenning snel mogelijk is én waar verwarring met andere soorten quasi uitgesloten is. Voor deze soorten is verdere analyse wel mogelijk. De resultaten daarvan zijn dan uiteraard soortgebonden, en kunnen niet naar andere soorten geëxtrapoleerd worden.

Precisie

Bevatten opnames die als een bepaalde soort "**vleermuis**" werden herkend effectief vleermuizen?

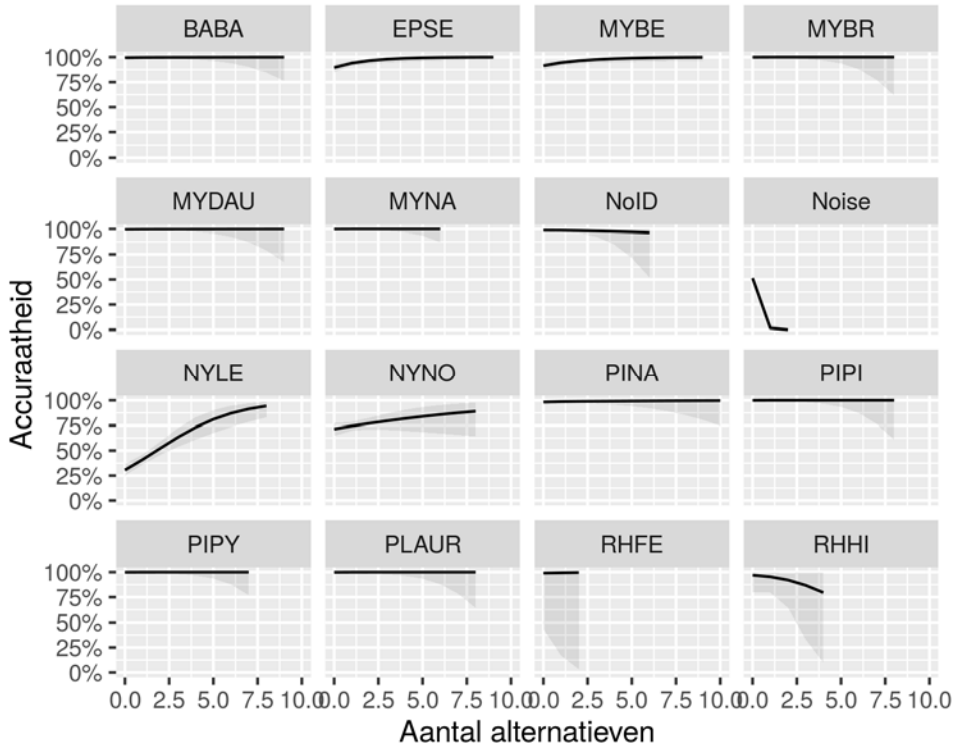


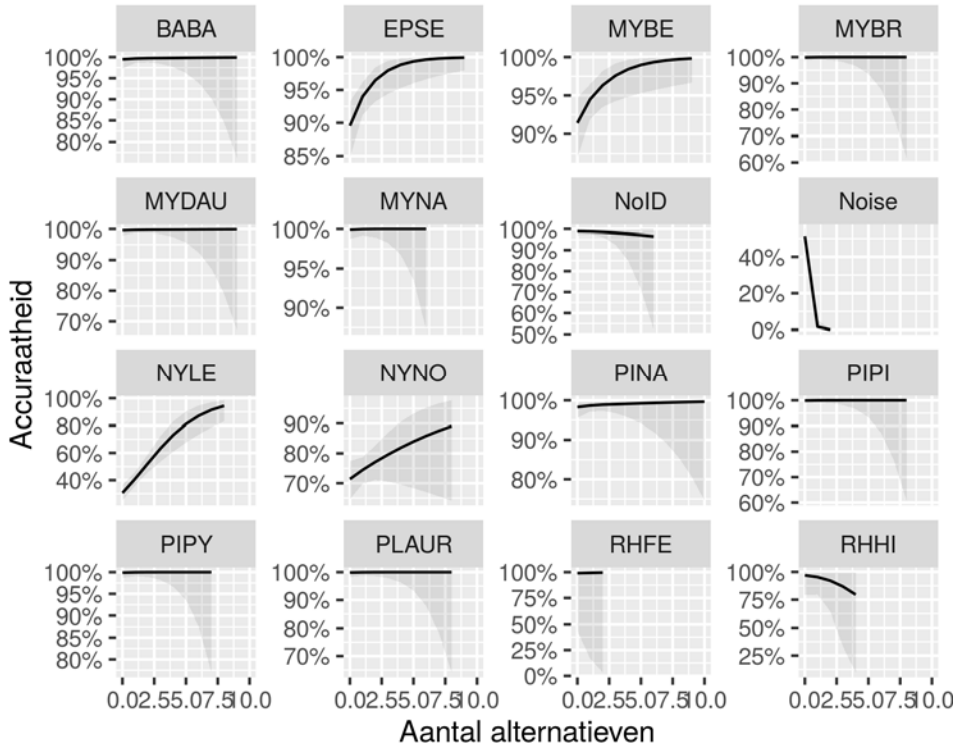


De meeste soorten hebben hiervoor een precisie van meer dan 99%. Enkel opnames die in eerste instantie als Rosse vleermuis of Bosvleermuis gedetermineerd worden bevatten na controle vaak geen vleermuizen. We stellen vast dat de precisie toeneemt naarmate de software meer alternatieve soorten voorstelt.

Accuraatheid

Worden de opnames correct herkend? D.w.z. opnames zonder vleermuizen als "Ruis" en opnames met een bepaalde soort vleermuis als "Vleermuis"?





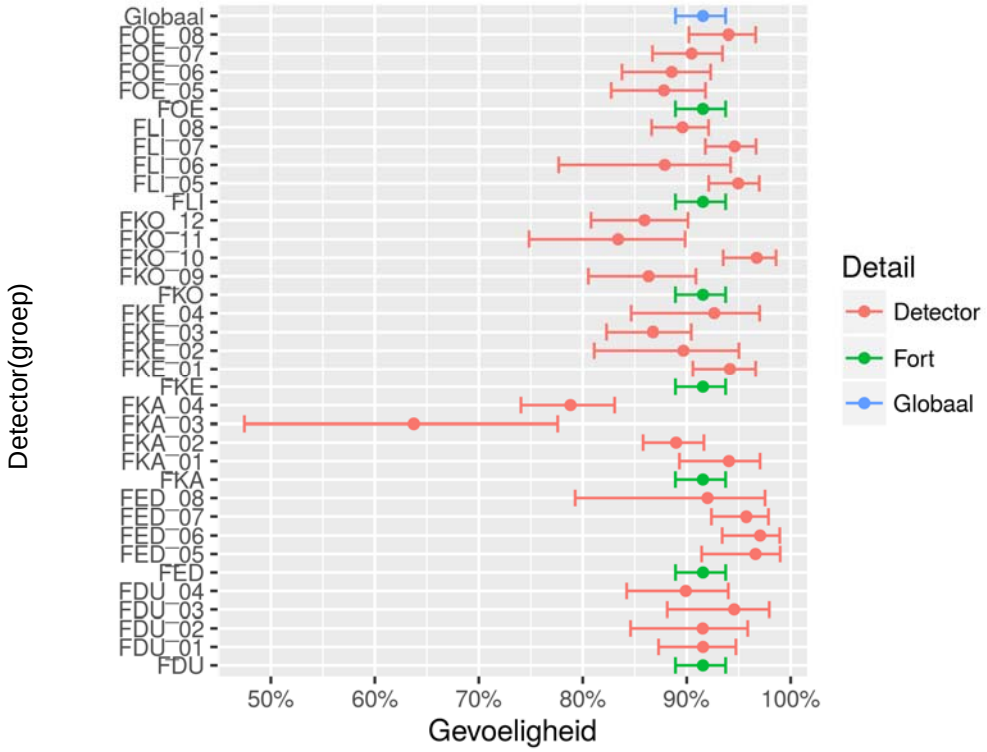
De accuraatheid is zeer hoog. We dienen hierbij op te merken dat we verhoudingsgewijs veel meer opnames die als "Vleermuis" herkend werden gecontroleerd hebben dan opnames die als "Ruis" herkend werden. We stellen dat de accuraatheid mogelijk overschat is.
De accuraatheid is het laagst bij Rosse vleermuis, Bosvleermuis en Ruis. Bij Rosse vleermuis en Bosvleermuis neemt de accuraatheid toe naarmate de software meer alternatieve determinaties suggereert. Bij Ruis zien we het omgekeerde. De accuraatheid is daar 50% indien geen alternatieven gesuggereerd worden en daalt pijlsnel naarmate meer alternatieven gesuggereerd worden.
De beide slechtscorende soorten hebben een erg lage sonar, op dezelfde frequentie als de meeste stoorgeluiden (oa auto's, stemgeluid, waterdruppels, ...). Beide *Nyctalus*-soorten (Rosse vleermuis en Bosvleermuis) zijn hardroepende niet-fortgebonden (boom)soorten, en bij de gecontroleerde gevallen waar het effectief een Nyctalus-soort betrof (zie Tabel 3), kon aan de pulsvorm gemerkt worden dan het om een in open terrein jagend dier ging, opgenomen op een detector die toeliet dat ook opnames van (hardroepende dieren van) buiten het fort konden opgenomen worden.

2.3.4 Verschillen tussen forten en detectoren zonder Rosse vleermuis en Bosvleermuis

Uit de vorige analyses bleek dat vooral opnames die als Rosse vleermuis (NYNO) of Bosvleermuis (NYLE) gedetermineerd werden nogal problematisch kunnen zijn. Daarom herhaalden we de analyse met de verschillen tussen forten en detectoren (zie 2.3.2) zonder de opnames die als deze soorten gedetermineerd werden.

Gevoeligheid

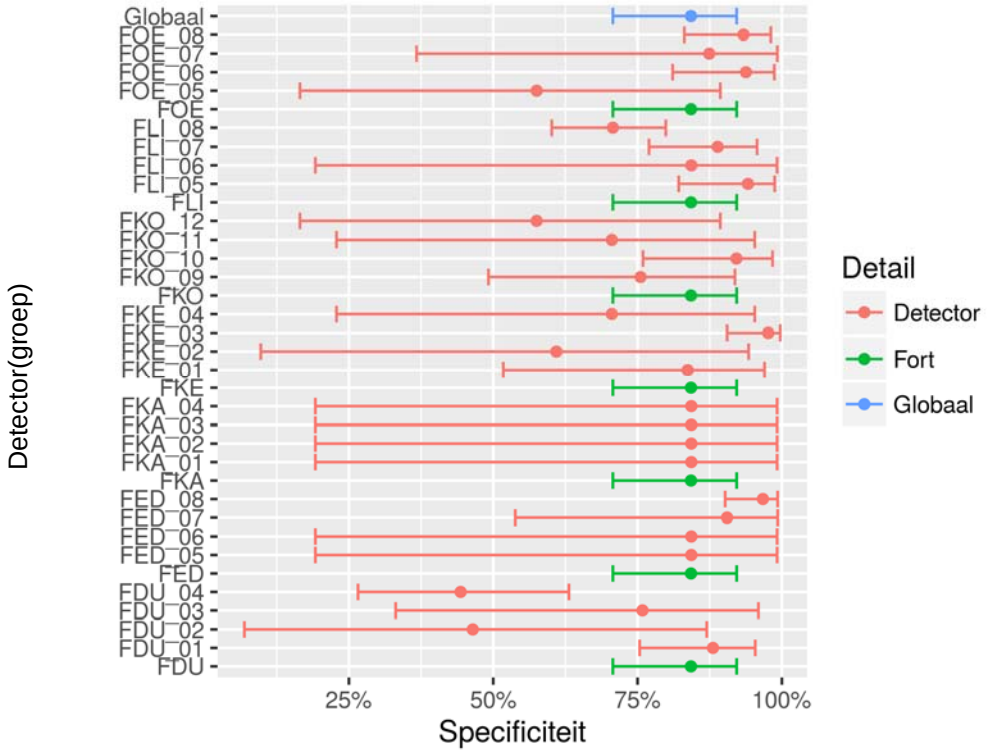
Worden opnames **met** vleermuisgeluiden effectief als "vleermuis" gedetermineerd door de automatische herkenning?



Het verwijderen van de *Nyctalus*-opnames blijkt nauwelijks invloed te hebben op de gevoeligheid van de automatische detectie.

Specificiteit

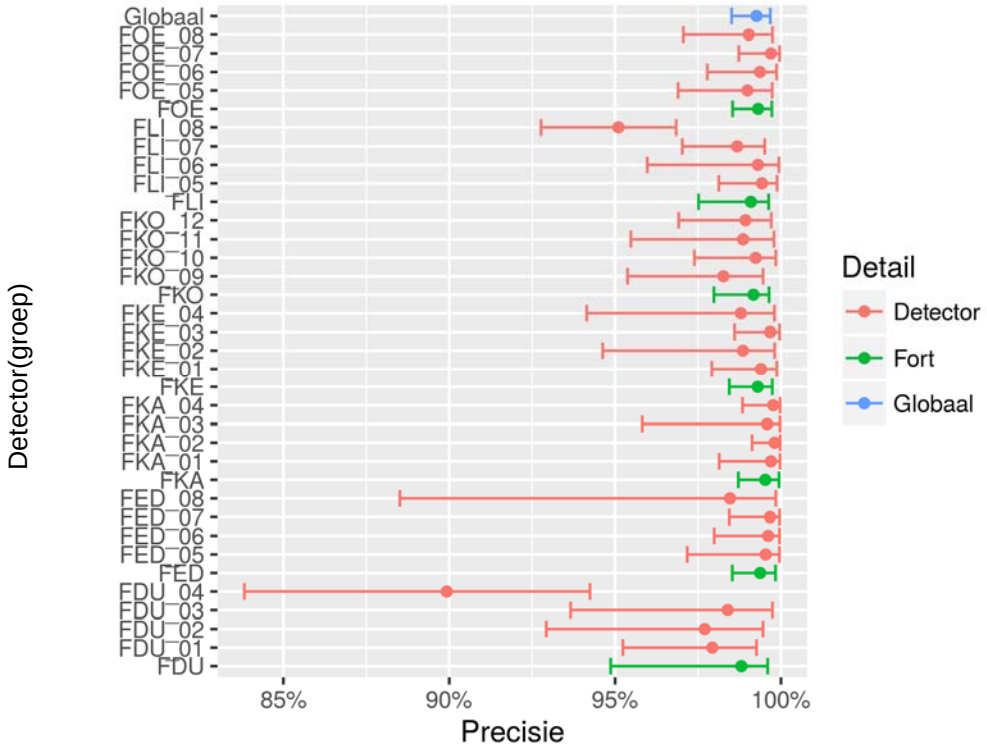
Worden opnames **zonder** vleermuisgeluiden effectief als "ruis" gedetermineerd door de automatische herkenning?



Het verwijderen van de *Nyctalus*-soorten heeft een enorme impact op de specificiteit. Door deze ingreep stijgt de specificiteit van amper een derde naar meer dan 80%.

Precisie

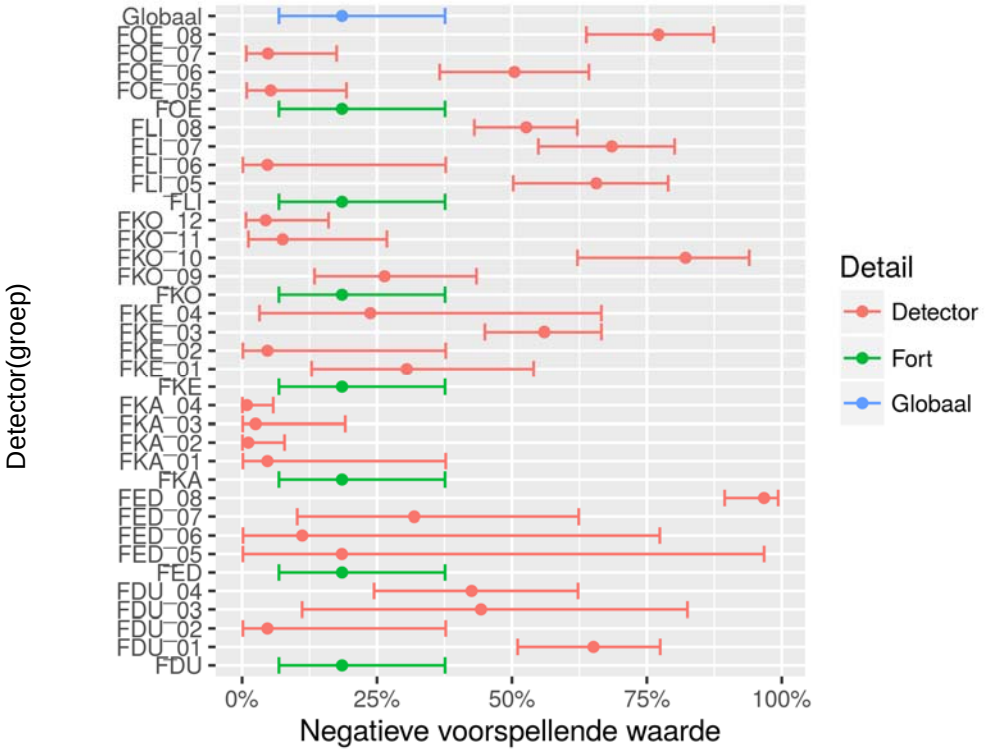
Bevatten opnames die als "**vleermuis**" werden herkend effectief vleermuizen?



Het verwijderen van de *Nyctalus*-soorten geeft een behoorlijke verbetering van de precisie die toeneemt van 95% naar 98%. Daarnaast zien we dat de verschillen tussen de forten en de detectoren kleiner worden.

Negatieve voorspellende waarde

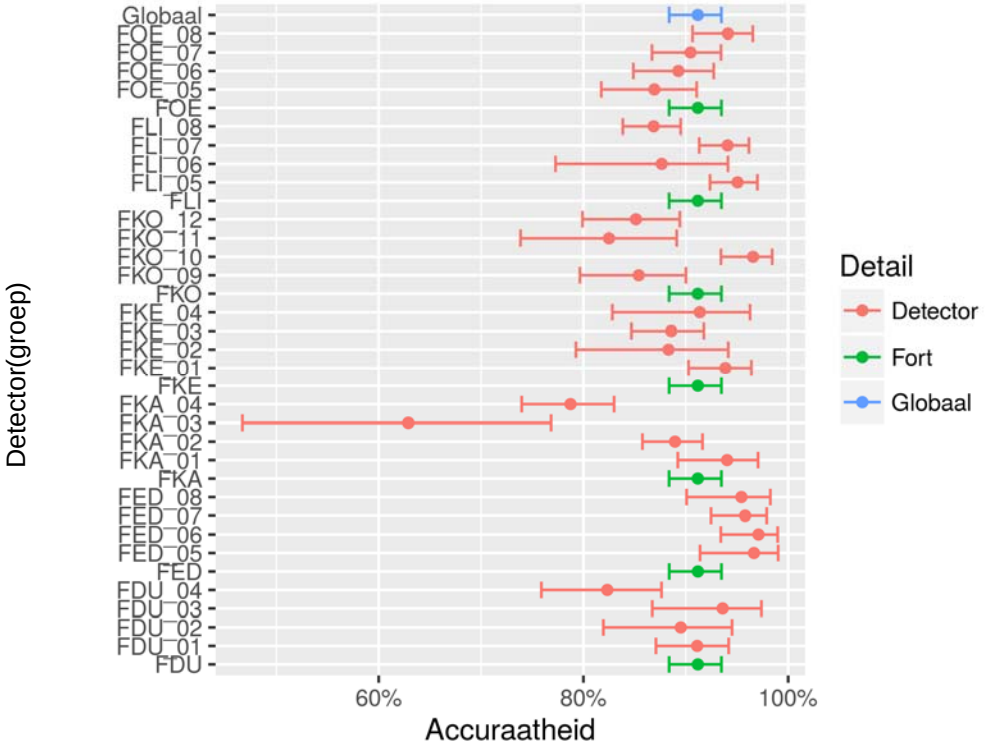
Bevatten opnames die als "**ruis**" werden herkend effectief geen vleermuizen?



Het verwijderen van de *Nyctalus*-soorten heeft geen impact op de negatieve voorspellende waarde.

Accuraatheid

Worden de opnames correct herkend? D.w.z. opnames zonder vleermuizen als "Ruis" en opnames met vleermuizen als "Vleermuis".

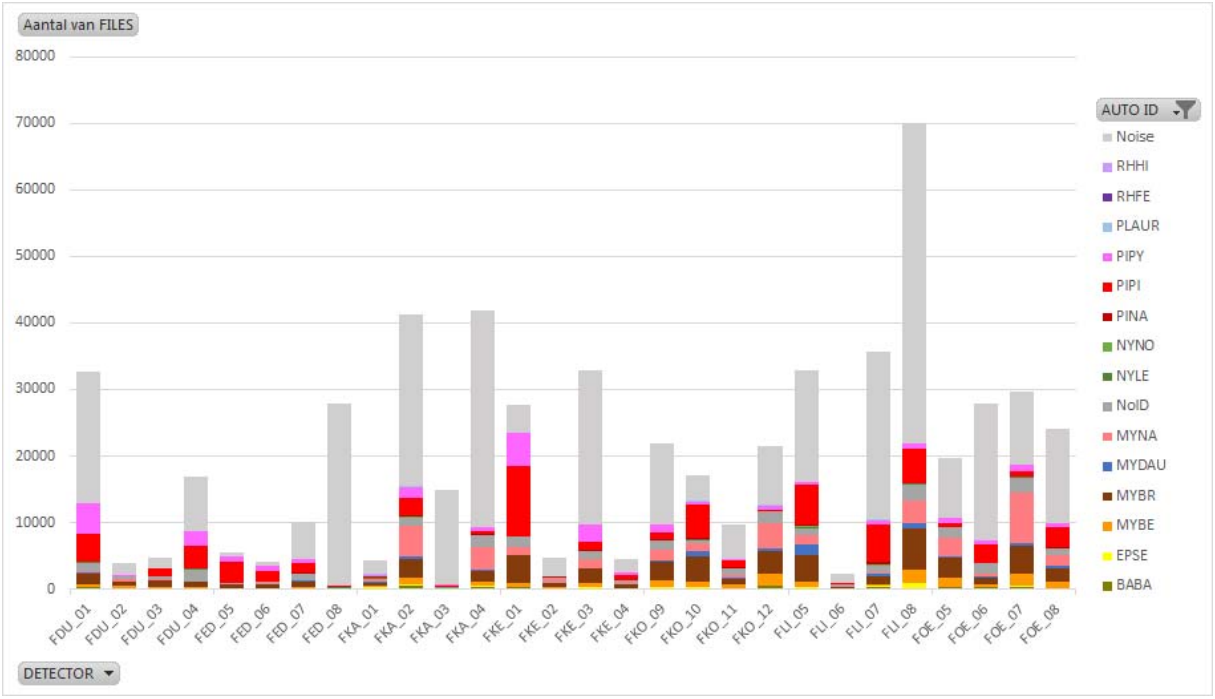


Het verwijderen van de *Nyctalus*-soorten heeft logischerwijze een toename van de accuraatheid tot gevolg.

2.3.5 Totaalbestand

Grafiek 1 geeft een overzicht van het aantal opnames per detector, met weergave van de voorgestelde soort door Kaleidoscope. Vaststellingen bij automatische determinaties van het totaalbestand:

- Er is enorm veel 'noise': 58,9% van de opnames.
- Het totaal aantal opnames varieert sterk per detector: van 2 288 tot 70 012 opnames. De noise-opnames buiten beschouwing gelaten, geeft dit nog steeds een sterke variatie van 488 tot 23 569 opnames.
- De hoeveelheid 'noise' varieert sterk per detector, en is het meest uitgesproken bij detectoren die op een locatie staan waar (niet-vleermuis)bijgeluiden veelvuldig voorkomen: aan fortuitgangen (buitengeluiden), in ruimten waar druppels vallen, op locaties met veel menselijke passage et cetera.



Grafiek 1: aantal opnames met automatische soortherkenning per detector. Overzicht op basis van de totaaldata, zonder correctie voor het aantal opnamenachten/uren dat de verschillende detectoren hebben gewerkt. Merk op dat de gesuggereerde soorten en aantallen per soort vaak erg onrealistisch zijn door gebreken in het herkenningsprogramma (zie 2.3.3)

2.4 Statistische analyse

2.4.1 Gebruikte data

De automatische batdetectoren zijn niet in elk fort even lang actief geweest. Dit houdt in dat er om de vleermuisgegevens te kunnen vergelijken gecorrigeerd moet worden voor de periode dat de detectoren actief waren. Op deze manier kunnen er vergelijkingen gemaakt worden binnen en tussen forten en ook tussen de verschillende jaren.

- Als eerste stap werden alle opnames van nachten waarbij de detector maar een gedeelte van de nacht gewerkt heeft verwijderd. Er werd gekozen om met gegevens per volledige nacht te werken en niet met gegevens per uur. Dit omdat het tijdstip binnen de nacht een groot effect kan hebben op de zwermactiviteit aangezien zwermen typisch met pieken gebeurt. Een nacht werd als onvolledig beschouwd als de opname pas startte na zonsondergang of stopte voor zonsopgang.
- Vervolgens werden ook alle detectordata van vangstnachten verwijderd. Dit zijn nachten waar de activiteit van vleermuizen verstoord is, en beïnvloed door de aanwezigheid van netten waardoor deze gegevens niet representatief zijn.

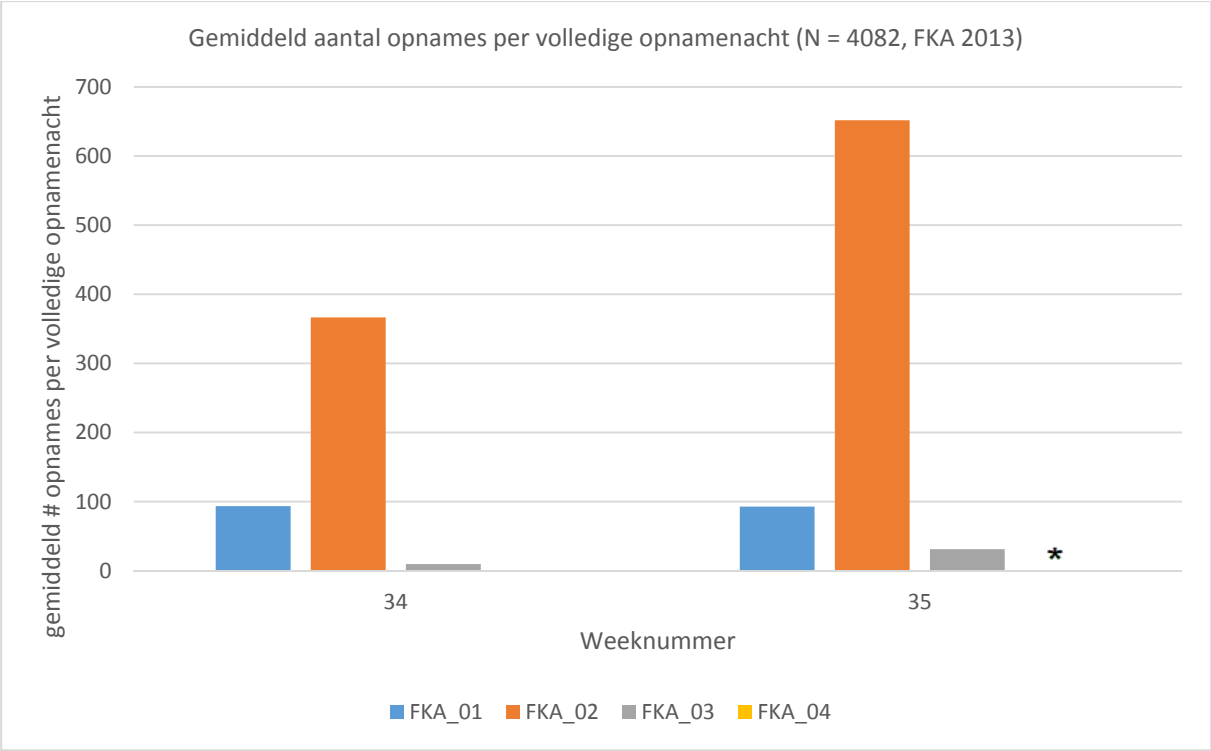
- Om na te gaan hoe belangrijk het uur voor zonsondergang en na zonsopgang is werden er van 2015 alleen nachten gebruikt waar de detector minstens een uur voor zonsondergang startte en doorging met opnemen tot een uur na zonsopgang. In 2015 werden er 36 766 vleermuisopnames gemaakt. Hiervan werden 1 143 (3,1%) voor zonsondergang gemaakt, 195 (0.5%) na zonsopgang. Vervolgens werd besloten om ook voor 2014 deze periode te handhaven.

Om per jaar een overzicht te geven werd er rekening gehouden met verschillende vormen van ruis in de data. De gegevens werden op volgende wijze 'gecleand':
- Geen opnames die automatisch als 'Noise' werden herkend.
- Geen opnames die automatisch als Bosvleermuis (NYLE) of Rosse vleermuis (NYNO) werden herkend.
- Enkel opnames van nachten waar de detector een volledige nacht opnames heeft gemaakt.
- Geen opnames van nachten waar de detector minder dan een uur voor zonsondergang startte en minder dan een uur na zonsopgang stopte (2014-2015)
- Geen gegevens van detectoren die niet werkte van zonsondergang tot zonsopgang (2013)
- Geen opnames van vangstnachten.
- Per week werd de hoeveelheid opnames gedeeld door de hoeveelheid volledige nachten waarop een detector werkte (incl uur voor zonsondergang en na zonsopgang in 2014 en 2015) om zo per week een cijfer te krijgen dat een idee geeft over de hoeveelheid opnames per detectornacht.
- De gegevens worden per fort en per detectorlocatie weergegeven

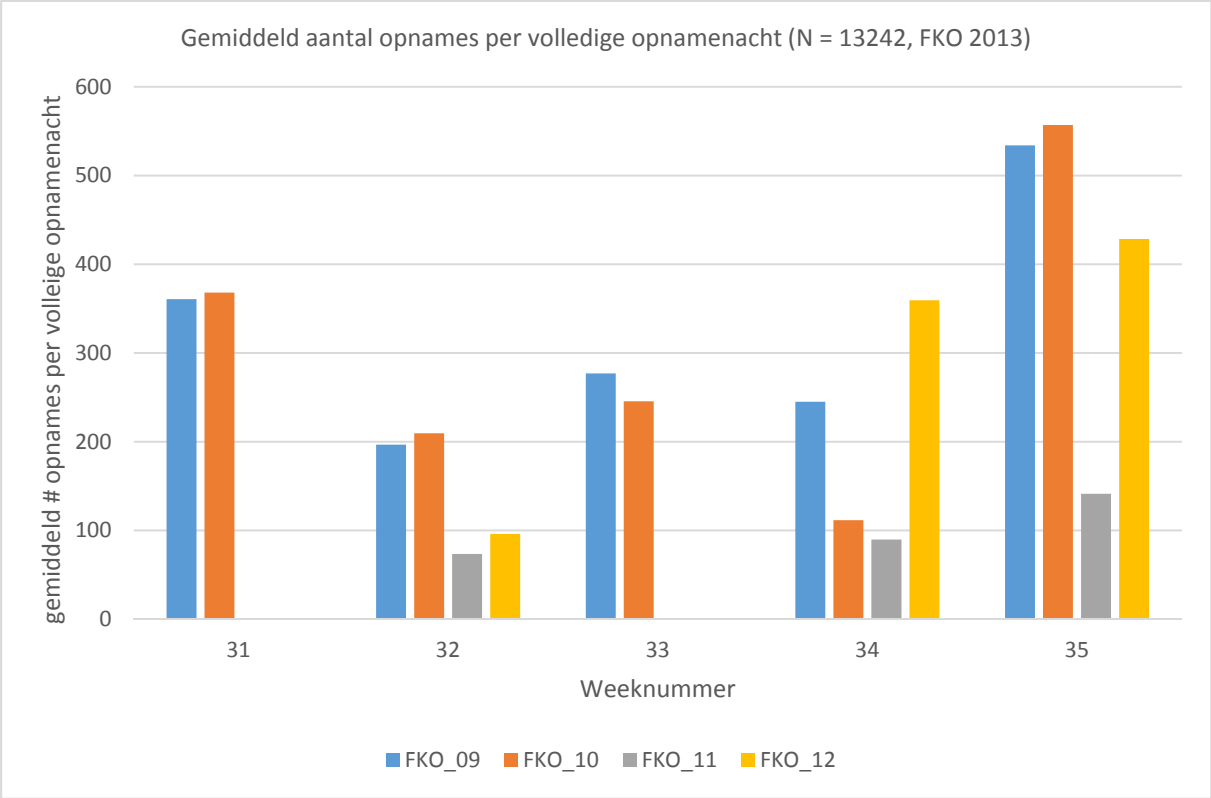
In 2013 werden de detectoren minder systematisch geplaatst dan in 2014 en 2015. Als gevolg bleven er bijna geen gegevens over indien de selectie van een uur voor zonsondergang tot een uur na zonsopgang gehanteerd werd. Daarom werd in 2013 een nacht als volledig beschouwd als de detector werkte van zonsondergang tot zonsopgang. Zelfs wanneer dit principe gehanteerd wordt zijn er heel wat minder gegevens beschikbaar dan tijdens 2014 en 2015.

2.4.2 Evolutie van het aantal opnames over het seizoen

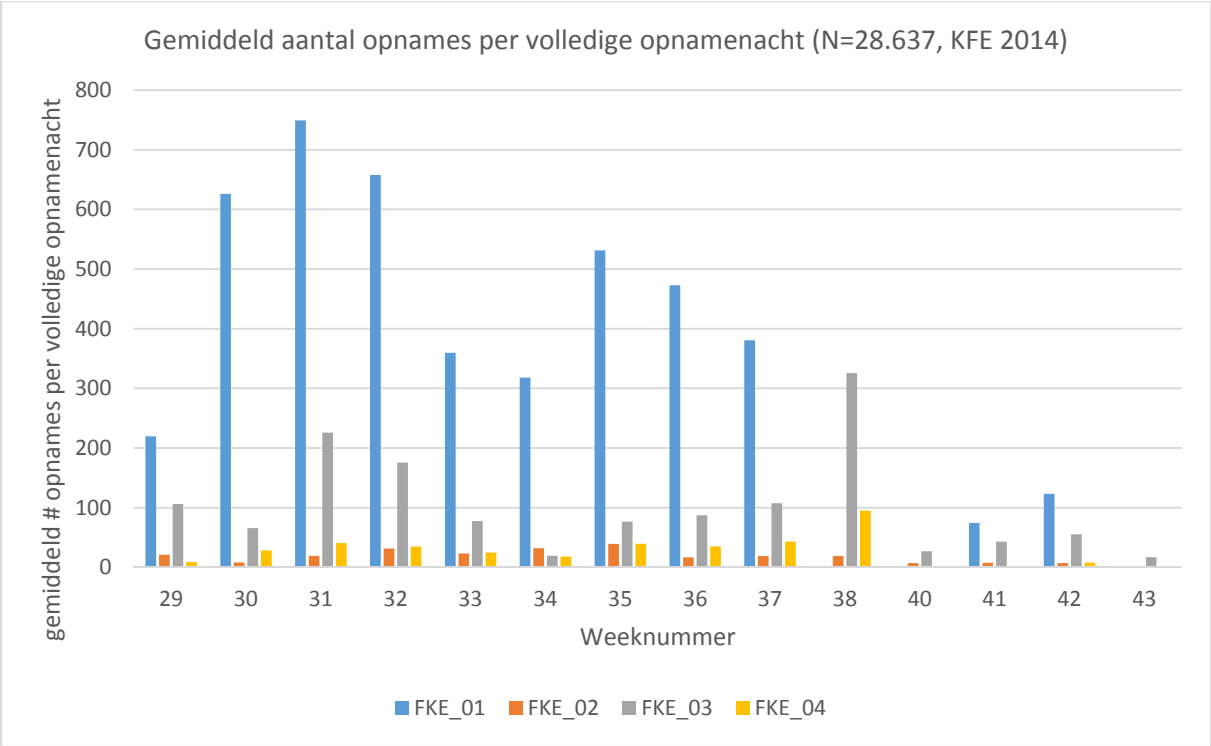
In de onderstaande grafieken (Grafiek 2 tot en met Grafiek 7) geven we het gemiddeld aantal opnames per detector per nacht weer. Die aantallen zijn gebaseerd op een gemiddelde van een week, en niet gecorrigeerd voor fouten of standaardafwijkingen.
De data die tot een bepaald weeknummer behoren verschuiven 1 dag per jaar. Voor onze analyse is dit geen probleem omdat de grafiek geïnterpreteerd moet worden als gemiddelde waardes tussen verschillende detectoren, binnen eenzelfde fort, binnen een jaar. Er werden namelijk geen detectoren over verschillende jaren binnen hetzelfde fort geplaatst.
In de onderstaande grafiektitels staat het aantal waarnemingen N waarop de berekening gebaseerd is (enkel gegevens gebruikt verzameld tijdens volledige nachten, en nog een uur voor zonsondergang en een uur na zonsopgang extra in 2014 en 2015). De aantallen in de staafdiagrammen kunnen niet opgeteld worden omdat het hier over gemiddelden gaat!



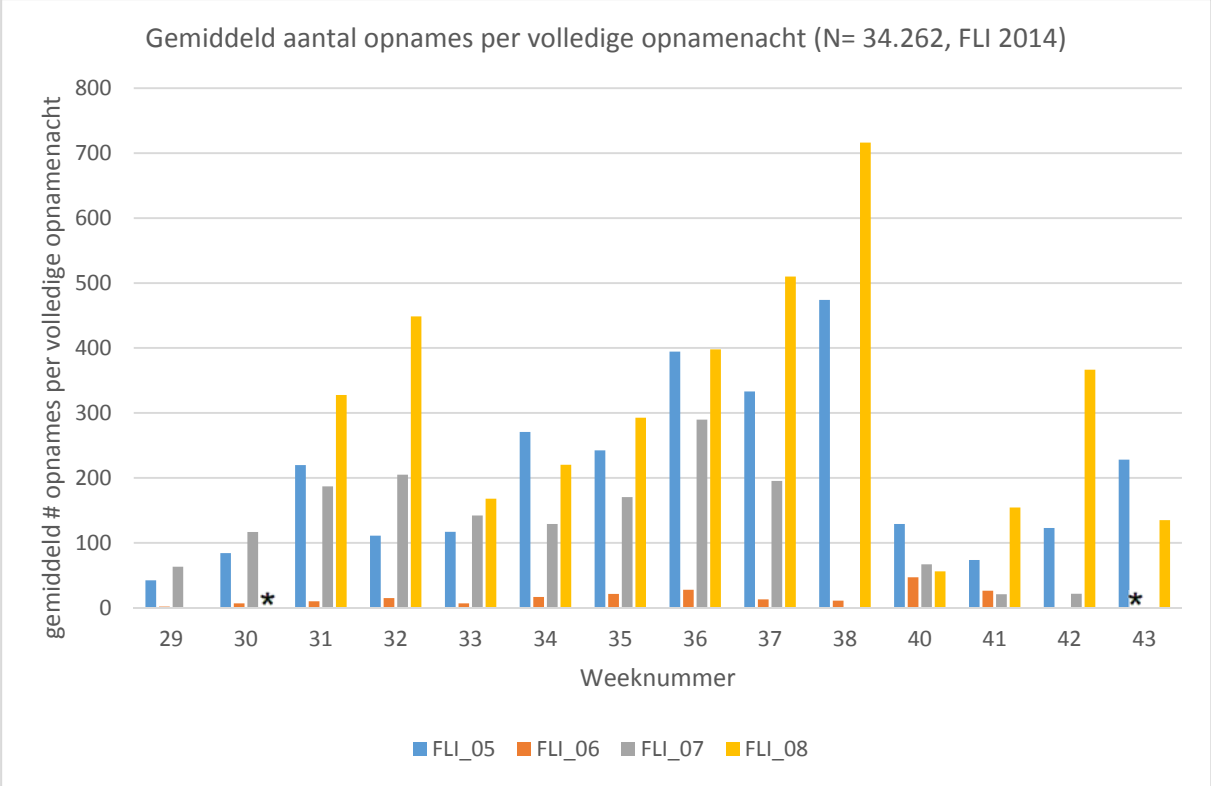
*Grafiek 2: Gemiddeld aantal opnames per volledige opnamenacht, Fort Kapellen, 2013. Van detectoren waar op een bepaalde week geen opnames zichtbaar zijn, was de detector die week niet (of geen volledige nacht) actief. Als een detector wel actief was maar er nul opnames waren, werd dit gemarkeerd met een *.*



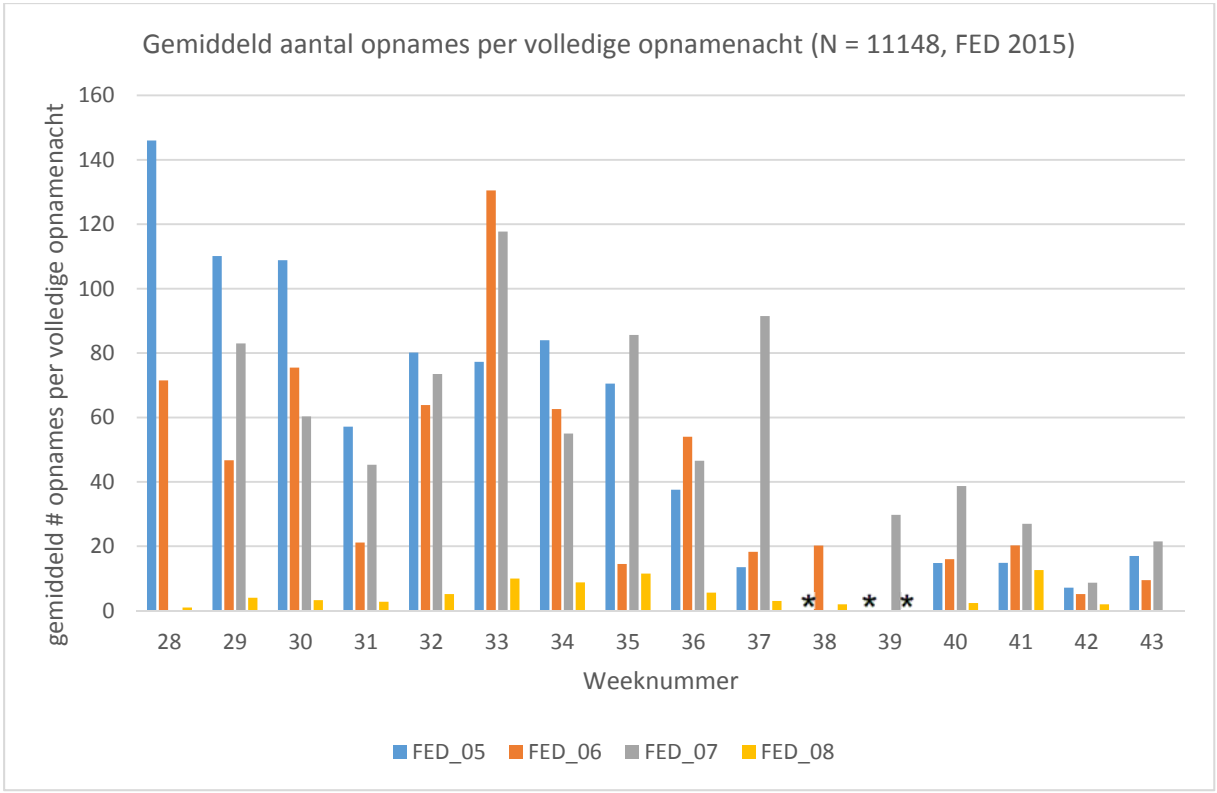
Grafiek 3: Gemiddeld aantal opnames per volledige opnamenacht, Fort Koningshooikt, 2013. Van detectoren waar op een bepaalde week geen opnames zichtbaar zijn, was de detector die week niet (of geen volledige nacht) actief.



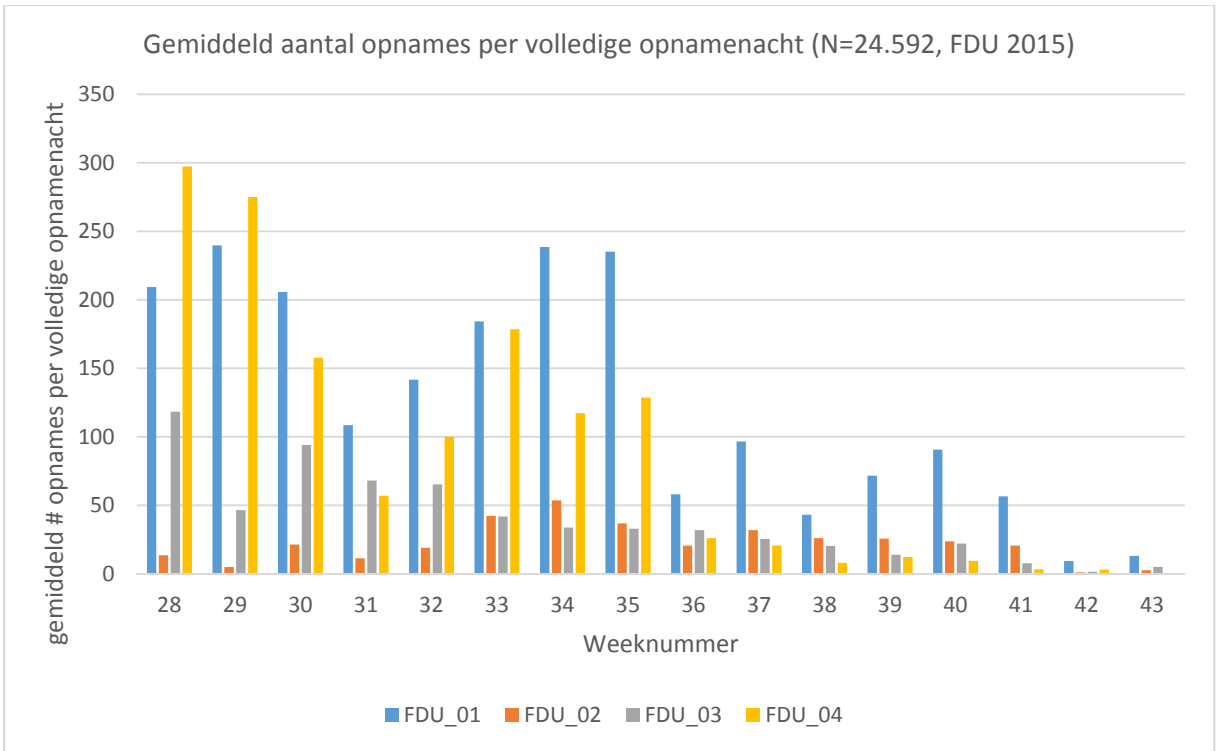
Grafiek 4: Gemiddeld aantal opnames per volledige opnamenacht, Fort Kessel, 2014. Van detectoren waar op een bepaalde week geen opnames zichtbaar zijn, was de detector die week niet (of geen volledige nacht) actief.



*Grafiek 5: Gemiddeld aantal opnames per volledige opnamenacht, Fort Lier, 2014. Van detectoren waar op een bepaalde week geen opnames zichtbaar zijn, was de detector die week niet (of geen volledige nacht) actief. Als een detector wel actief was maar er nul opnames waren, werd dit gemarkeerd met een *.*



*Grafiek 6: Gemiddeld aantal opnames per volledige opnamenacht, Fort 5 (Edegem), 2015. Van detectoren waar op een bepaalde week geen opnames zichtbaar zijn, was de detector die week niet (of geen volledige nacht) actief. Als een detector wel actief was maar er nul opnames waren, werd dit gemarkeerd met een *.*



Grafiek 7: Gemiddeld aantal opnames per volledige opnamenacht, Fort Duffel, 2015. Van detectoren waar op een bepaalde week geen opnames zichtbaar zijn, was de detector die week niet (of geen volledige nacht) actief.

Opvallend bij deze grafieken, zijn de grote verschillen in maximale aantallen tussen de forten (146 opnames in fort 5, tegenover 749 in fort Kessel) en de zeer grote verschillen tussen de detectoren van een fort onderling.
Enkele belangrijke zaken zijn uit deze grafieken af te leiden:

- In 2014 (fort Kessel en fort Lier) werd aan het begin van de zwermperiode (week 28) met detectoronderzoek begonnen. In 2015 werd er in dezelfde week gestart (fort 5 en fort Duffel), maar bleek de zwermperiode al volop bezig te zijn.
- In Fort 5 (FED) zijn er vanaf week 37 weinig opnames van de tot dan toe meest succesvolle detector (FED_05), maar neemt verhoudingsgewijs het aantal opnames van detector FED_07 wel toe. In het Fort van Kessel wordt hetzelfde patroon vastgesteld: vanaf week 31 neemt detector FKE_01 geleidelijk in belang af, en neemt dat van FKE_03 toe vanaf week 38. Deze verschuivingen kunnen verklaard worden door soortafhankelijke voorkeuren voor zwermlocaties (dit wordt uitgebreider besproken in 2.4.6 en 2.4.7). Bij determinaties op soortniveau blijkt dat de vermelde detectoren die langzaam aan belang verliezen zich bevinden op de favoriete zwermlocaties van de vroeg op het seizoen zwermende Gewone dwergvleermuizen. De detectoren die na week 37-38 in belang toenemen bevinden zich daarentegen op de favoriete zwermlocaties van de later zwermende Franjestaarten.

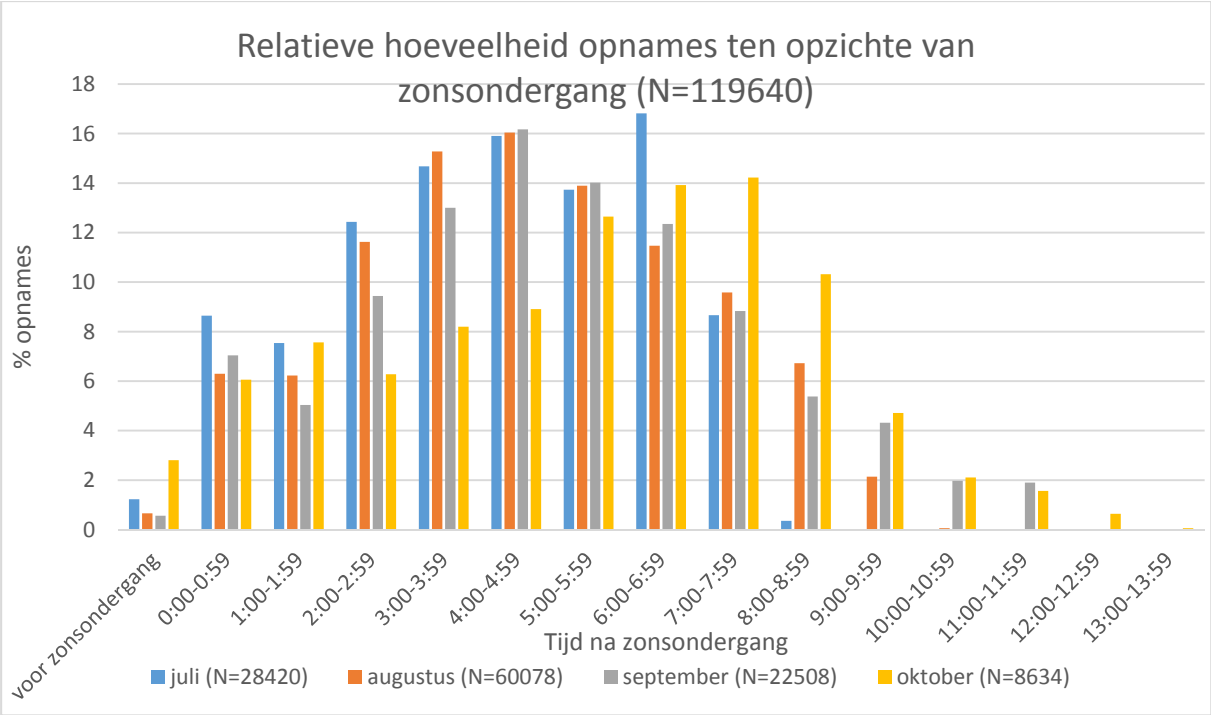
Conclusies:

- Bij gebruik van één detector per fort krijg je zeker niet het volledige beeld mee: de zwermactiviteit kan verschillen van locatie tot locatie.
- De relatieve zwermactiviteit op een locatie kan variëren in de loop van het zwermseizoen, afhankelijk van de zwermperiode van de verschillende vleermuizensoorten.
- De lengte van de zwermperiode kan van jaar tot jaar variëren. Wil men nauwkeurig nagaan vanaf welke datum er gezwermd wordt of als men een volledige zwermperiode wil monitoren, dan kan de detectorplaatsing twee weken vervroegd worden naar week 26. Wil men enkel weten waar gezwermd wordt, dan volstaat plaatsing vanaf week 28 omdat men in die week nog wel de piek behoudt van vroeg zwermende soorten.

2.4.3 Evolutie van het activiteitspatroon over een nacht

Omdat de lengte van de nacht sterk varieert doorheen het jaar werd er gekozen om de gegevens op te delen per maand. Het aantal opnames is telkens te zien in de titel van de grafiek. Dit aantal is om aan te duiden uit hoeveel gegevens de grafiek is opgebouwd. Dit zijn absolute cijfers, en dus niet gecorrigeerd voor lengte dat een detector aanwezig is geweest. Met andere woorden, deze aantallen kunnen niet gebruikt worden om de verschillen tussen de maanden te evalueren, en na te gaan in welke maand er het meest gezwermd wordt.

- Juli: opnames gemaakt vanaf 14/07. De nachtlengte varieert van 7u53 tot en met 8u37.
- Augustus: de nachtlengte varieert van 8u39 tot en met 10u23.
- September: de nachtlengte varieert van 10u26 tot en met 12u16.
- Oktober: opnames gemaakt tot 20/10. De nachtlengte varieert van 12u20 tot en met 13u30.



Grafiek 8: Relatieve hoeveelheid opnames ten opzichte van zonsondergang voor alle detectoren

Over het algemeen is er in het begin van de nacht dadelijk activiteit. Op het einde van de nacht zakt de activiteit nagenoeg naar nul. Bij kortere nachten is er een wat snellere toename van de zwermactiviteit na zonsondergang, en een snellere activiteitsafname (want zonsondergang komt er sneller aan). Opvallend is de late piek in oktober tussen de 6 en 8 uur na zonsondergang. In de andere maanden piekt de activiteit maximaal tussen de 4 en 5 uur na zonsondergang.

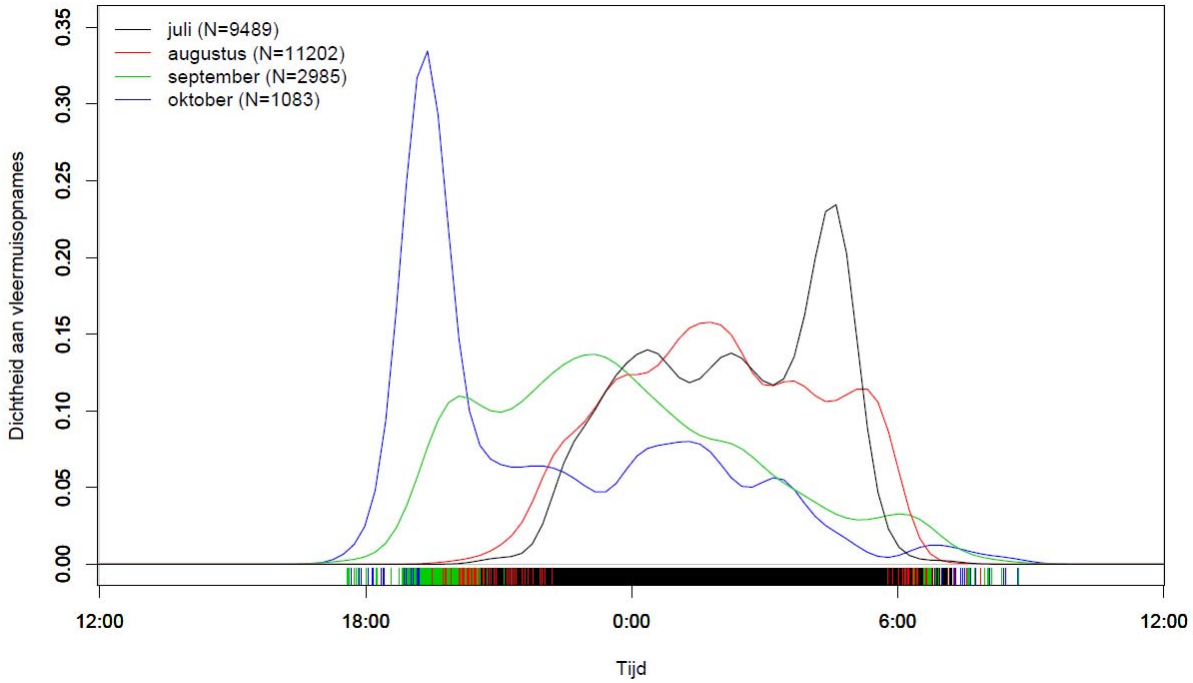
De activiteitspatronen van de individuele forten werden geschat door middel van kernel density functies. Dit is een niet parametrische methode waarbij de density functie van een variabele (in dit geval tijd) geschat wordt (Ridout and Linkie, 2009). Eenvoudig gezegd is dit een methode die rekening houdt met elke individuele observatie. Per observatie wordt er een functie getekend. De som van al deze functies geeft het algemene activiteitenpatroon. Een voorbeeld van een figuur ter illustratie van deze methode is te vinden op wikipedia: en.wikipedia.org/wiki/Kernel_density_estimation#/media/File:Comparison_of_1D_histogram_and_KDE.png.
Het voordeel ten opzichte van een histogram is dat de schaal veel fijner is doordat tijdstippen niet in klassen verdeeld moeten worden.
De statistische analyse werd uitgevoerd met behulp van het R pakket 'overlap'. Het 95% betrouwbaarheidsinterval werd berekend gebaseerd op 10 000 bootstrapsamples.

Voor de forten die in 2014 en 2015 onderzocht werden waren er voldoende gegevens gespreid over verschillende maanden om na te gaan hoe het gemiddelde nachtelijke activiteitspatroon verschilde tussen de verschillende maanden. Uiteraard varieert de nachtlengte en het moment van zonsopgang en ondergang tijdens deze periode (Tabel 5) en heeft dat een effect op de activiteit van de vleermuizen.

Tabel 5: Verschillen in nachtlengtes, weergegeven per halve maand tijdens de onderzoeksperiode (2014)

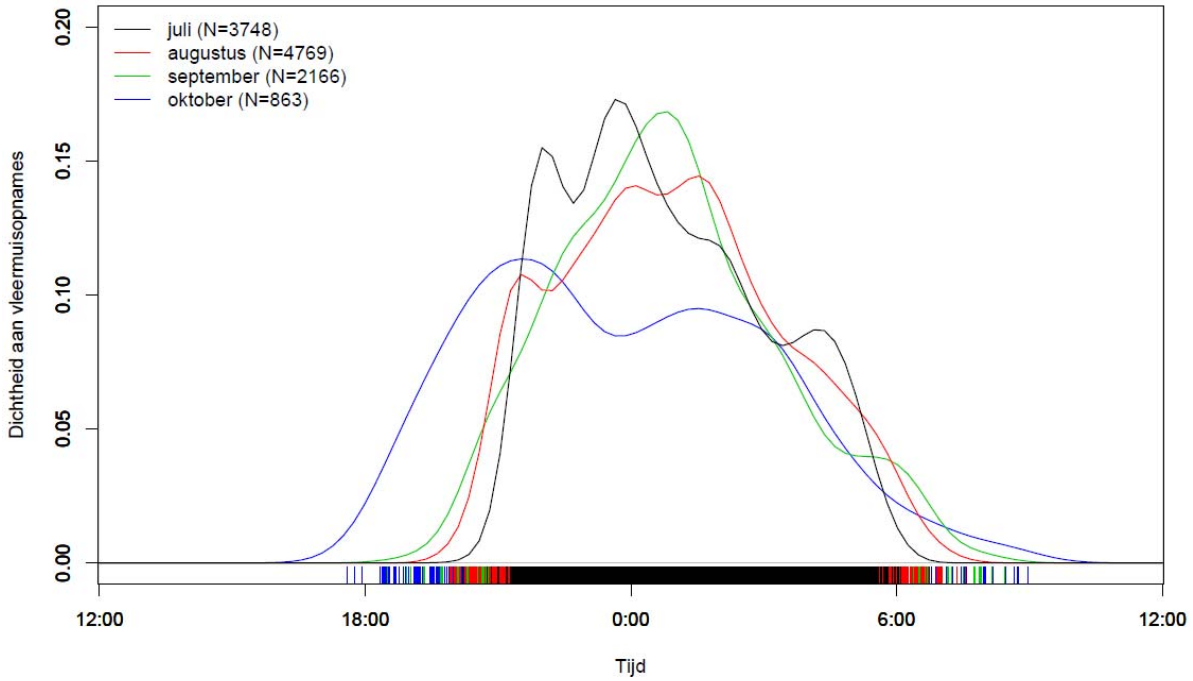
Datum	Zonsopgang	zonsondergang	nachtlengte
16/07/2014	5:46	21:49	7:57
1/08/2014	6:07	21:28	8:39
15/08/2014	6:28	21:03	9:25
1/09/2014	6:54	20:28	10:26
15/09/2014	7:16	19:57	11:19
1/10/2014	7:41	19:21	12:20
15/10/2014	8:04	18:51	13:13

In het Fort van Duffel werd er in juli een activiteitspiek tegen de ochtend aan geregistreerd, en in oktober een zeer sterke piek in de vroege avond (Grafiek 9).

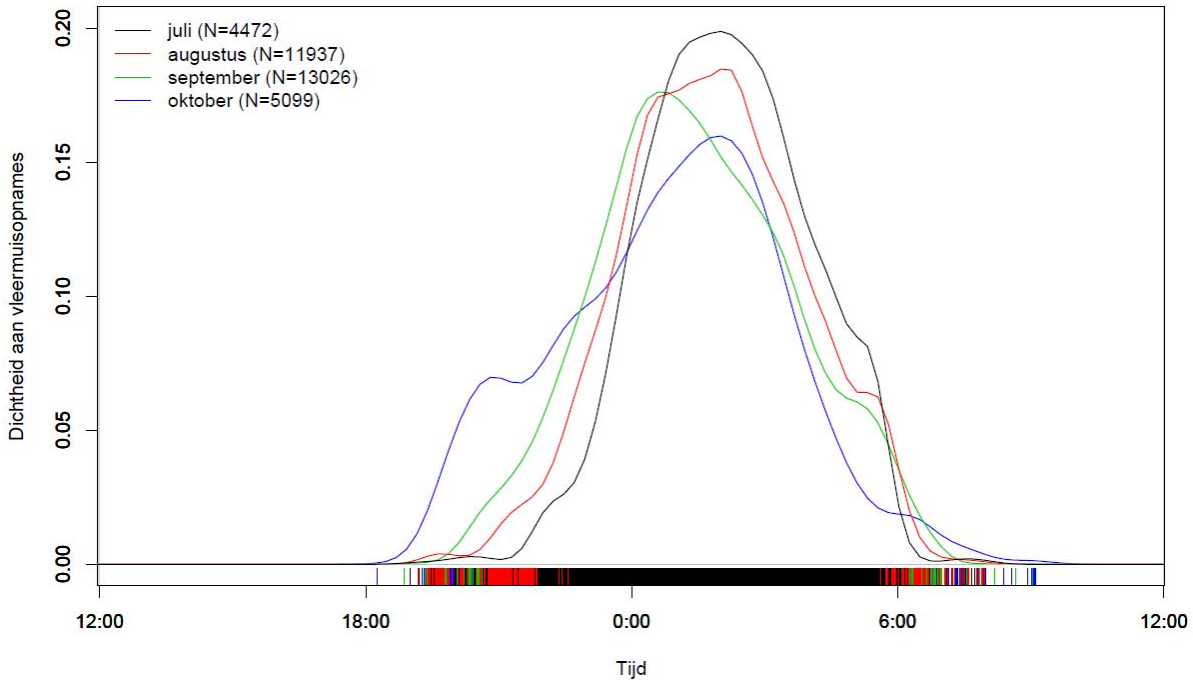


Grafiek 9: gemiddeld nachtelijk activiteitspatroon per maand in Fort Duffel

Voor Fort 5 en Fort Lier wordt hetzelfde patroon over de hele onderzoeksperiode waargenomen, maar hoe korter de nacht is, hoe meer het patroon op elkaar geduwd is (Grafiek 10 en Grafiek 11).

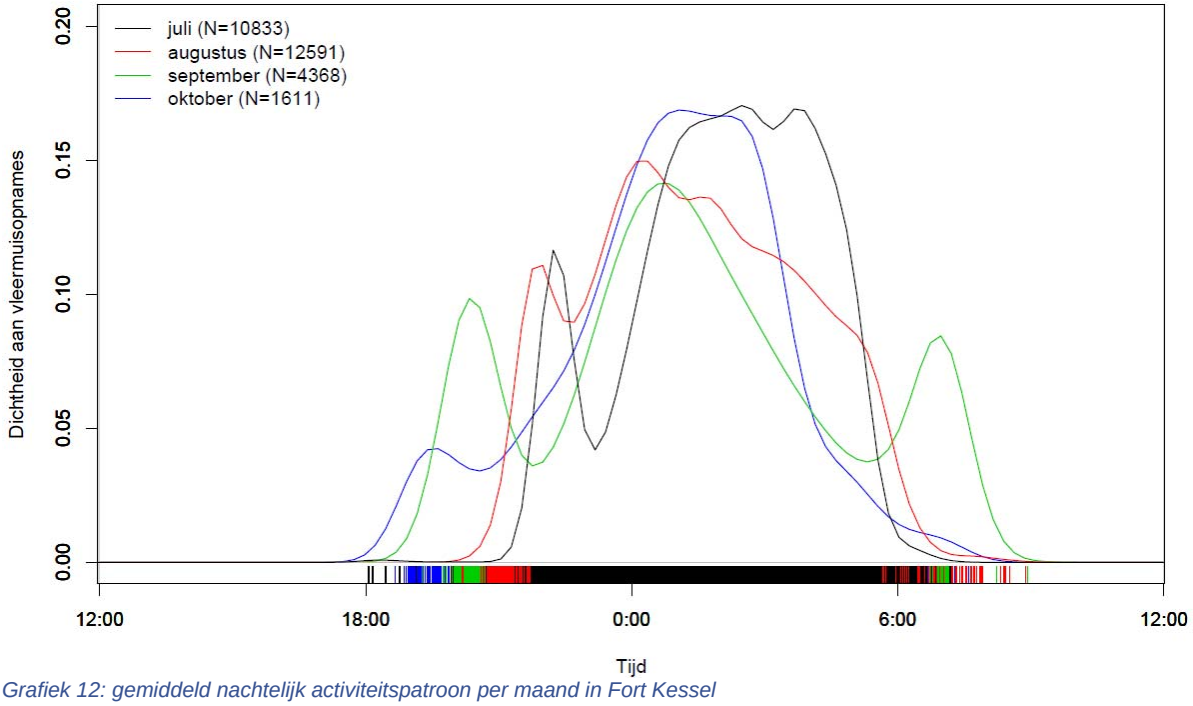


Grafiek 10: gemiddeld nachtelijk activiteitspatroon per maand in Fort 5



Grafiek 11: gemiddeld nachtelijk activiteitspatroon per maand in Fort Lier

In Fort Kessel is het opvallend dat er in september 3 pieken te zien zijn terwijl dat er in de andere maanden maar 2 echte pieken zijn (Grafiek 12). Een mogelijke verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat op dat ogenblik Ingekorven vleermuizen – waarvan Fort Kessel de hoogste overwinterende aantallen van Vlaanderen heeft – op dat moment verhoudingsgewijs veel zwermen, en dat die een patroon met 3 pieken per nacht vertonen.



Grafiek 12: gemiddeld nachtelijk activiteitspatroon per maand in Fort Kessel

De grafieken voor deze vier forten tonen aan dat het activiteitspatroon dat in de algemene grafiek bekomen werd, ook teruggevonden wordt op het niveau van een individueel fort: het zwermgedrag begint kort na zonsondergang, en eindigt rond zonsopgang. De duur van het zwermgedrag is dus gerelateerd aan de lengte van de nacht.

Van fort tot fort kunnen er tijdens de zwermnacht evenwel meerdere pieken of dalen in activiteit voorkomen. De redenen hiervoor kunnen divers zijn, zoals een soortgebonden piek, of de aanwezigheid van een kolonie op het fort die rond het uitvlieguur een extra piek veroorzaakt.

2.4.4 Effect van vangstnacht op de gedetecteerde aantallen

Om het algemeen effect van vangsten op de gedetecteerde aantallen na te gaan werd een selectie gemaakt rond de vangstmomenten waar er minstens 3 dagen voor en na de vangst gegevens van minstens 2 dezelfde detectoren beschikbaar waren. Voor 2013, 2014 en 2015 resulteerde dit in 9 vangsten waar er voldoende gegevens van beschikbaar waren om te analyseren. De grafieken hiervan zijn terug te vinden in de bijlage (§ 7.1). Per vangst werd het totaal aantal opnames 3 dagen voor de vangst vergeleken met het totaal aantal opnames 3 dagen na de vangst. Op deze manier werd er nagegaan of er een algemeen effect is. Gegevens werden statistisch geanalyseerd met een gepaarde "Wilcoxon Signed Rank" test. Hieruit bleek dat de vangst geen statistisch significant effect had op het aantal opnames ($p=0.57$).
Aangezien het mogelijk is dat het effect vervaagd werd doordat de gegevens van 3 dagen na de vangst samengevoegd werden, werd het gemiddelde aantal opnames van 3 dagen ervoor vergeleken met het aantal opnames 1 dag, 2 dagen en 3 dagen na de vangst. Ook hier bleek er telkens geen significant verschil te zijn tussen de waardes (respectievelijk $p=1$, $p=0.82$ en $p=0.36$).

Statistisch kan er dus geen invloed van vangsten op de gedetecteerde aantallen aangetoond worden. Als belangrijk opmerking moet hierbij wel aangegeven worden dat het wel degelijk mogelijk is dat vangsten hierop een invloed kunnen hebben. Er is immers een veelheid aan factoren die een impact op de gedetecteerde aantallen kunnen hebben.
Het aantal dieren dat komt zwermen kan sowieso van nacht tot nacht variëren, en is onder meer afhankeljik van de weersomstandigheden. Verder kunnen vangsten een (al dan niet tijdelijke) ruimtelijke verschuiving van het zwermgedrag veroorzaken. Hangt er bijvoorbeeld in de omgeving van een mistnet geen detector maar wel op de locatie waarheen de dieren uitwijken, dan kan na de vangstavond het aantal opnames toenemen. Het verhuizen van een kolonietje – spontaan of ten gevolge van vangsten – kan eveneens een wijziging in de gedetecteerde aantallen veroorzaken. Ook zijn er andere zaken, bijvoorbeeld menselijke activiteit, die een impact kunnen hebben op de gedetecteerde aantallen. Zo werden er in fort Kessel in september-oktober 2014 dagenlang activiteiten en werkzaamheden gehouden, waaronder een avondlijke gevelprojectie. In fort 5 werd tijdens de nacht van 10-11 oktober 2015 (toevallig een vangstnacht) een 24-uursloop gehouden op het fort, met felle verlichting van het gehele parcours rondom. In fort Duffel bevindt zich een restaurant, dat tijdens avondlijke opening (met variabel einduur) zowel licht- als geluidsverstoring veroorzaakte op de voornaamste zwermplaats. Ook gebeurtenissen in de omgeving van het fort (bijvoorbeeld op de vliegroute hiernaar) kunnen een afwijking op de gedetecteerde aantallen veroorzaken.

De verschillende factoren die een impact op de gedetecteerde aantallen kunnen hebben zijn uitgebreid, en het is daarom moeilijk om de specifieke invloed van een vangstnacht te bepalen. Wil men de invloed van een vangstnacht (of andere activiteit) nagaan, verdient het daarom strikte aanbeveling om de andere factoren die een invloed kunnen hebben ze veel mogelijk te vermijden of mee in rekening te brengen. Vindt de activiteit of vangst slecht in een bepaald gedeelte van het fort plaats, dan kan men bijvoorbeeld de detectorgegevens vergelijken van detectoren die nabij activiteit of net staan met detectoren die buiten de invloedszone daarvan staan, en nagaan of er een verschil zit voor en na de activiteit of vangst tussen deze detectoren onderling of in het algemeen.

2.4.5 Effect van vangstnacht op het activiteitspatroon

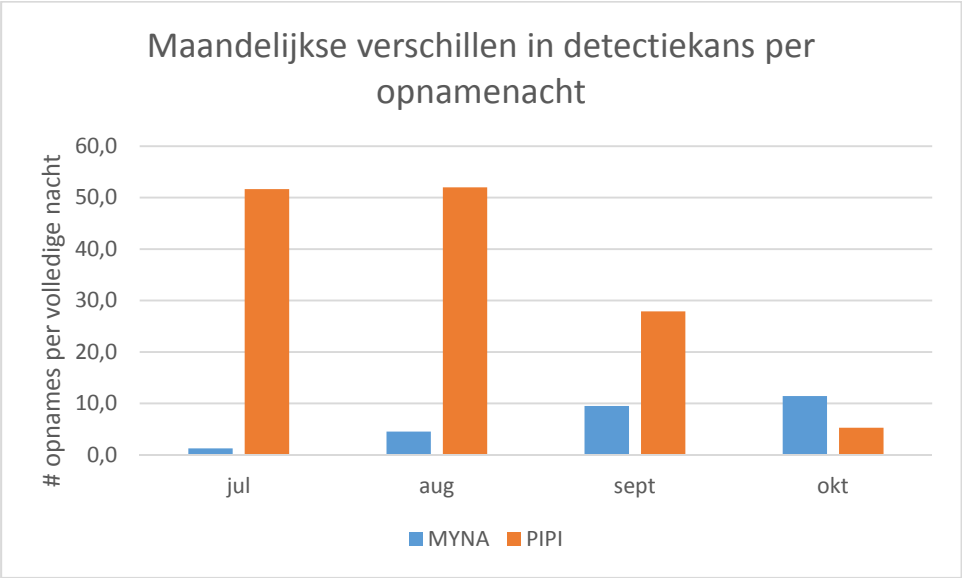
Is er een effect van de vangst op het activiteitspatroon? Om op deze vraag te antwoorden werden de gegevens gebruikt waarmee ook de activiteitspatronen voor en na de vangst bepaald werden.
Wanneer het gemiddelde activiteitspatroon 3 dagen voor en 3 dagen na de vangst vergeleken wordt dan zijn er regelmatig significante verschillen in het activiteitspatroon (wanneer de 95% betrouwbaarheidsintervallen niet overlappen). Wanneer alle patronen waar er voldoende data van aanwezig was bekeken werd is er echter geen eenduidige verandering in activiteitencurve door de vangst waargenomen (grafieken zie bijlage 7.1)

Het is bijvoorbeeld niet zo dat in de 3 nachten na de vangst de piek van activiteit systematisch later is dan in de 3 dagen voor de vangst. De verticale lijnen op de figuren zijn het moment van zonsondergang en zonsopgang op het moment van de vangstdag.

Dat er geen eenduidige verandering kan aangetoond worden, betekent niet dat er geen invloed van de vangsten is of kan zijn. Een verandering in het activiteitspatroon kan immers ook hier door een veelheid aan factoren (zie 2.4.4) veroorzaakt worden, wat het moeilijk maakt om de specifieke invloed van een vangstnacht na te gaan.

2.4.6 Soortgebonden activiteitspatronen: Franjestaart tegenover Gewone dwergvleermuis

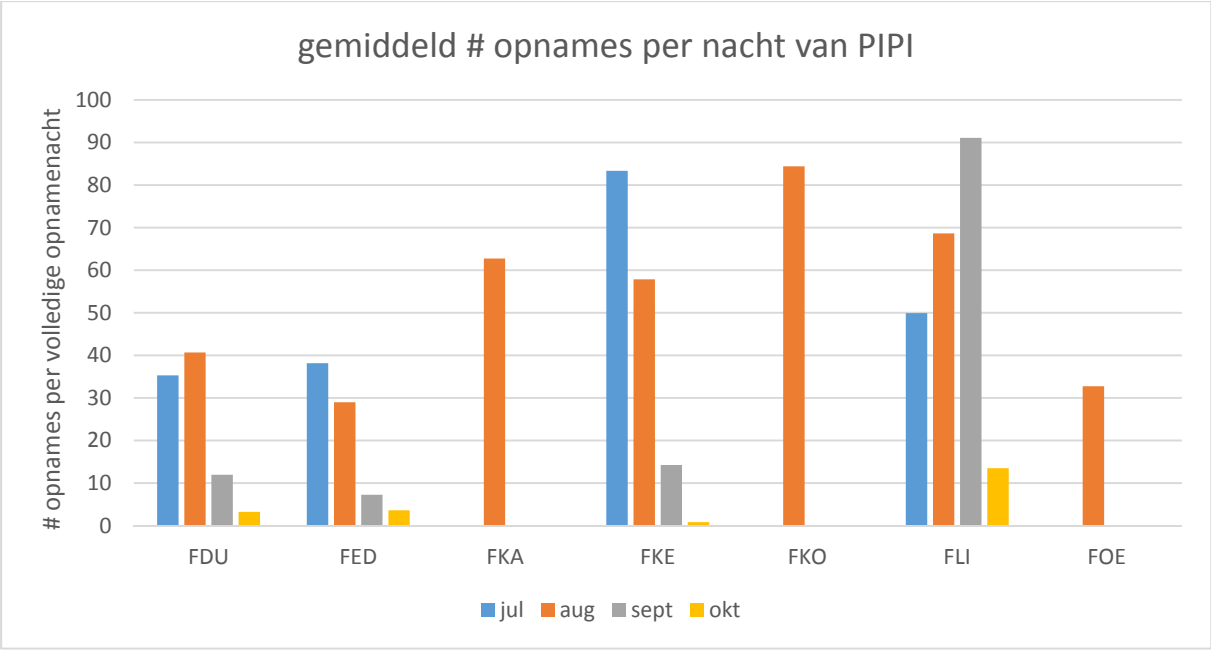
Wanneer in het seizoen worden soorten gedetecteerd? Voor onderstaande Grafiek 13 werd er rekening gehouden met de hoeveelheid opnames van de soort, en de hoeveelheid opnamenachten die er in een bepaalde maand gedaan werden. Als resultaat geeft dit de gemiddelde hoeveelheid opnames van de soort per nacht in een bepaalde maand. Voor deze analyse werden enkel de Gewone dwergvleermuis en Franjestaart geselecteerd, aangezien deze beide soorten de enige zijn die door de automatische herkenningssoftware in voldoende mate correct werden gedetermineerd (zie 2.3.3).



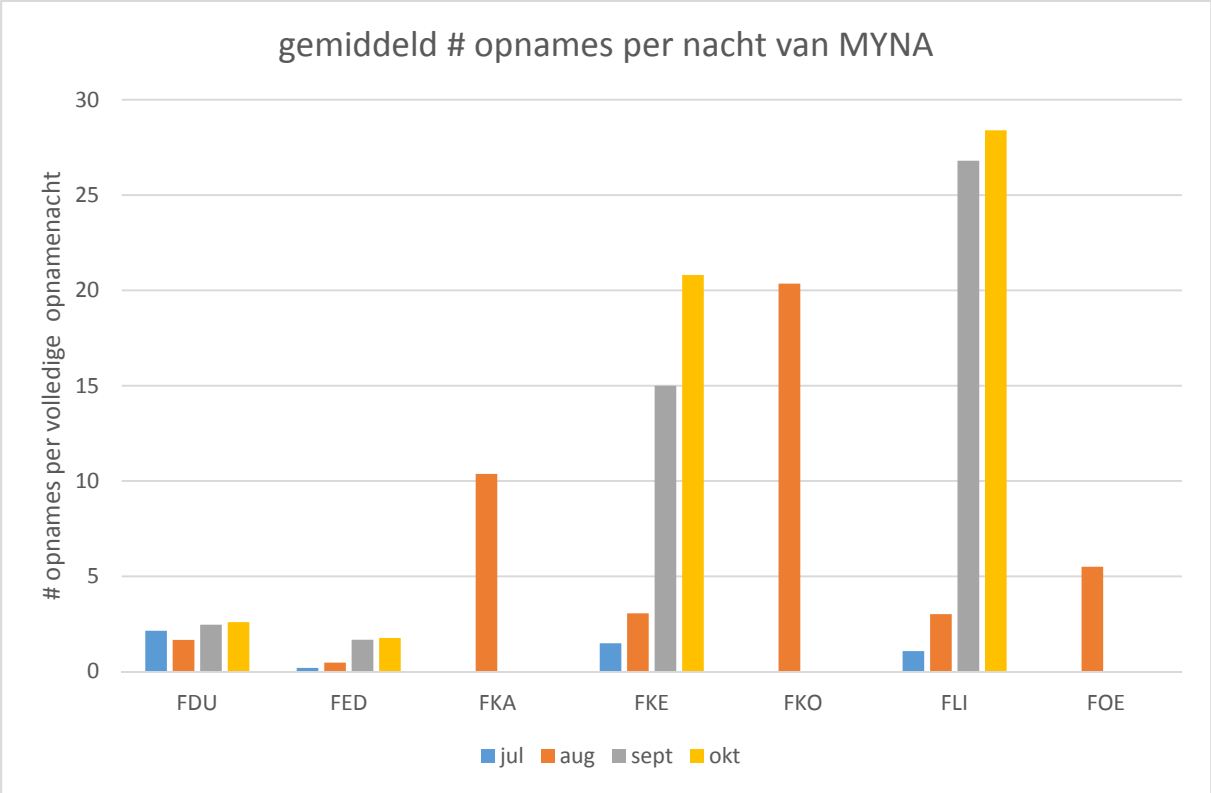
Grafiek 13: Detectiekans per maand voor Franjestaart (MYNA) en Gewone dwergvleermuis (PIPI)

De maandelijkse verschillen in detectiekans voor beide zijn opvallend. De detectiekans kan gelinkt worden aan de seksuele status van de dieren (zie 3.4): wanneer de seksuele activiteit start (SA1) of halverwege is (SA2) neemt de detectiekans toe. Wanneer de activiteit de eindfase bereikt (SA3) gaat na verloop van tijd de detectiekans terug afnemen. Doordat Gewone dwergvleermuizen vroeger dan Franjestaarten seksueel actief worden, betekent dit dat de detectiekans voor eerstgenoemde rond begin september daalt terwijl deze van Franjestaart stijgt tot minstens begin oktober.

Bovenstaande geeft aan dat het tot op soort herkennen van de geluiden belangrijk is om dit soort patronen te kunnen ontdekken.



Grafiek 14: gemiddeld aantal opnames van Gewone dwergvleermuis per nacht per fort. Voor de forten van Kapellen (FKA), Koningshooikt (FKO) en Oelegem (FOE) werden er alleen in augustus volledige nachten opgenomen.



Grafiek 15: gemiddeld aantal opnames van Franjestaart per nacht per fort. Voor de forten van Kapellen (FKA), Koningshooikt (FKO) en Oelegem (FOE) werden er alleen in augustus volledige nachten opgenomen.

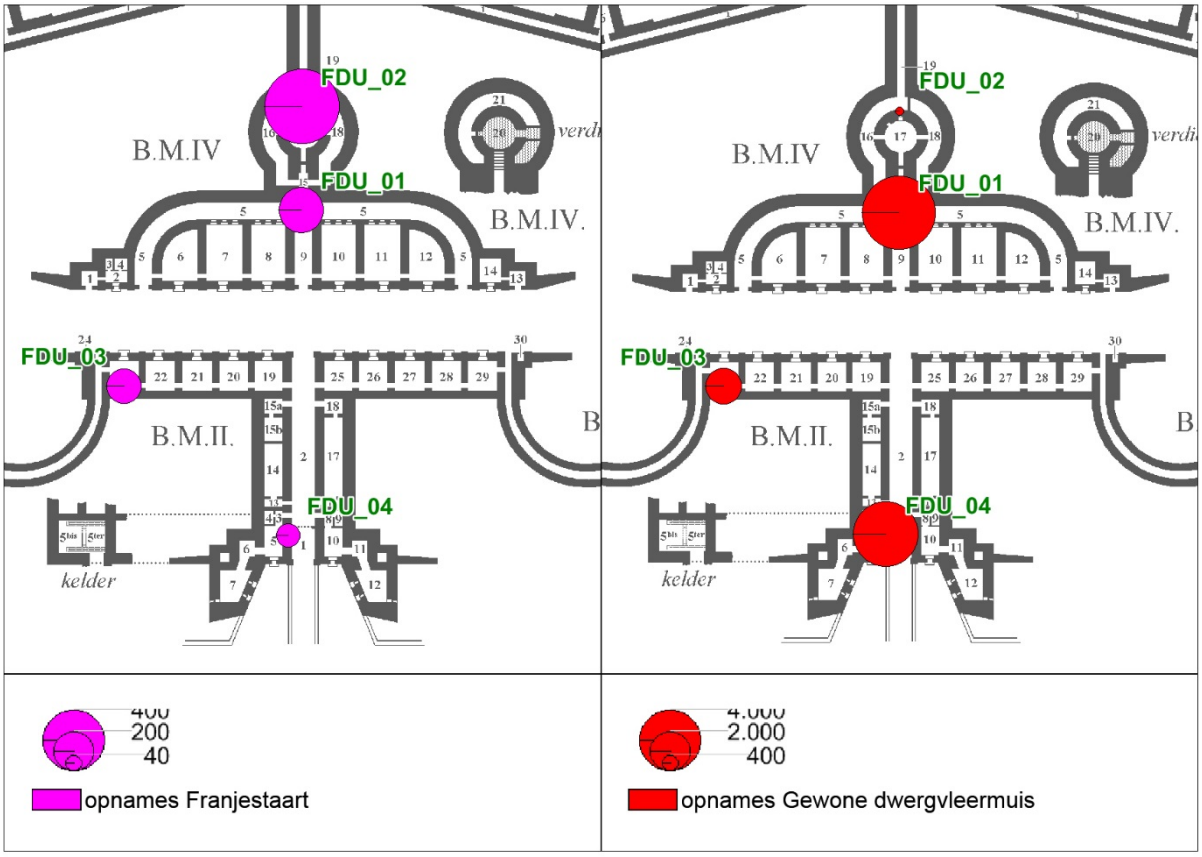
2.4.7 Soortgebonden ruimtelijk gebruik: case study Fort Duffel

In deze case study willen we nagaan of er een verschil in ruimtegebruik is tussen de twee soorten die correct gedetermineerd kunnen worden door Kaleidoscope, namelijk Gewone dwergvleermuis en Franjestaart. We

vergeleken daarom het aantal opnames van beide soorten per detectorlocatie in het Fort van Duffel (Tabel 6, Kaart 2).

Tabel 6: Aantal opnames door Kaleidoscope herkend als Franjestaart en Gewone dwergvleermuis in Fort Duffel, 2015.

Soort	Detector				
	FDU_01	FDU_02	FDU_03	FDU_04	Eindtotaal
Franjestaart	156	394	101	51	702
Gewone dwergvleermuis	3 864	100	1 130	3 136	8 230
Eindtotaal	4 020	494	1 231	3 187	8 932

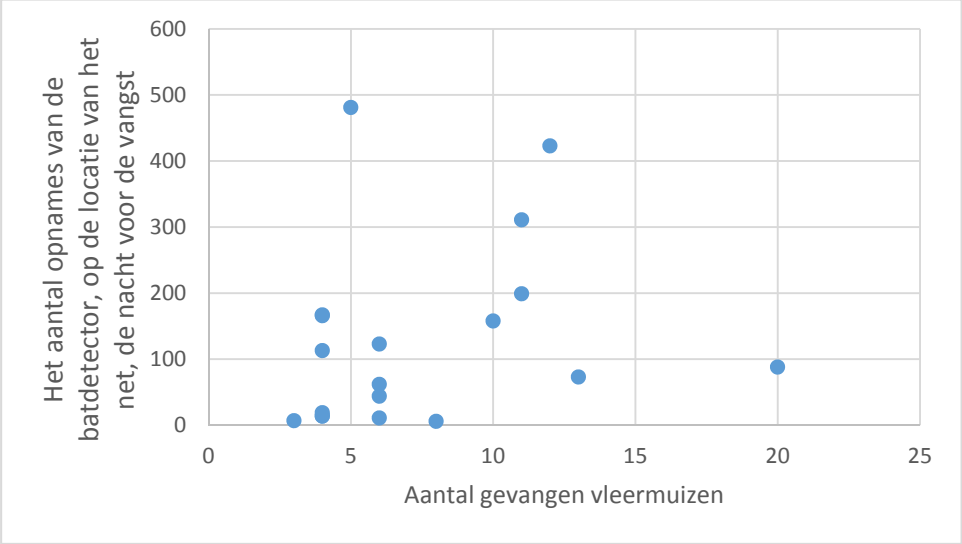


Kaart 2: Aantal opnames per detector van Franjestaart (links) en Gewone dwergvleermuis in Fort Duffel.

Hieruit blijkt een duidelijk verschil. De locatie waar erg weinig passages van Gewone dwergvleermuis opgenomen werden (detector FDU_02) blijkt de locatie met het hoogste aantal opnames van Franjestaart. Het Fort van Duffel is hier een willekeurig uitgepikt voorbeeld. Ook andere forten toonden een opmerkelijk verschil in ruimtelijk gebruik tussen beide soorten.
Dat verschillende soorten verschillende voorkeurslocaties hebben om te zwermen in een fort is een belangrijk gegeven. Dit impliceert onder meer dat een verkennend visueel onderzoek aan het begin van de zwermperiode niet volstaat om een degelijke inschatting te maken van de zwermlocaties, aangezien men dan enkel een inschatting kan maken voor de enkele soorten die op dat ogenblik zwermen. Verder wijst dit ook op het belang van het optimaliseren van de automatische detectiesoftware, zodat soortspecifieke patronen onderzocht kunnen worden.

2.4.8 Correlatie met netvangsten

Er werd nagegaan wat de correlatie is tussen het aantal opnames van een automatische detector, en het aantal vleermuizen dat gevangen wordt nabij deze detector. Hiervoor werden de detectorgegevens gebruikt waarmee ook de activiteitspatronen voor en na de vangst bepaald werden (zie 2.4.4), en de vangstgegevens van netten die nabij deze detectoren geplaatst werden. Om de minste invloed te hebben van externe (weers)omstandigheden, werden enkel de detectoropnames van de nacht vóór de vangstnacht weerhouden.



Grafiek 16: correlatie tussen aantal opnames op automatische detector en aantal vangsten in overeenkomstig mistnet in de daaropvolgende nacht.

Er blijkt geen significant verband te zijn tussen het aantal batdetectoropnames de nacht voor de vangst, en het aantal gevangen vleermuizen ($p= 0.35$, $r^2= 0.22$, $df=17$) (Grafiek 16). Dit betekent dat het aantal gevangen dieren niet gebruikt kan worden om de mate van zwermactiviteit na te gaan.

Deze conclusie is niet onverwacht. De plaatsingswijze van de detector heeft hier immers een invloed. Zo zal het aantal opnames van een enkele vleermuis laag zijn indien de detector gericht is op diens doorvliegopening, maar tientallen opnames meer opleveren indien gericht op de zwermplaats waar het dier langdurig kan rondvliegen.
Hoewel automatische detectoren veel opnames van hetzelfde individu kunnen registreren is dit effect bij het vangen van vleermuizen nauwelijks merkbaar: de 2077 individuele vleermuizen leverden 91 hervangsten op, dit is een hervangstkans van slechts 4,4%.
De bouwkundige verschillen tussen de verschillende locaties maken het bovendien niet mogelijk om netten identiek te plaatsen bij verschillende detectoren. Sommige netten kunnen een doorvliegopening afspannen, terwijl ruimten met een tongewelf meer ontwijkmogelijkheden voor vleermuizen bieden, waardoor verhoudingsgewijs mogelijk minder dieren worden gevangen.

2.4.9 Vereiste aantal opnamenachten voor representatief beeld activiteit

We gaan na hoeveel opeenvolgende nachten een automatische detector moet functioneren om een representatief beeld van de activiteit te verkrijgen.

Er is veel variatie in het aantal opnames, zowel tussen periodes van eenzelfde detectorlocatie en fort als tussen de verschillende forten (zie 2.4.2).
Doordat er nachten kunnen zijn met enerzijds weinig of anderzijds net heel veel opnames, met een sterk effect op het gemiddelde, geeft de **mediaan** van het aantal vleermuisopnames, per nacht, over een bepaalde periode het beste zicht op de algemene toestand van het zwermen op een bepaalde locatie.
Voor 6 verschillende detectorlocaties werd een periode geselecteerd waarin de detector 27 tot 29 nachten ononderbroken werkte in 2014 of 2015 (startperiode 10/07 tot 5/08; eind van de opnames 9/08 tot 4/09)[2]. Per periode werd de mediaan van het aantal opnames per nacht berekend. Deze mediaan varieert tussen 18 en 167 opnames per nacht.
Vervolgens werd er gesimuleerd wat de uitkomst van het aantal opnames zou zijn als er maar 1 nacht opgenomen werd.

> Bijvoorbeeld: voor de periode van 29 nachten werd het aantal opnames per nacht vergeleken met de mediaan. Stel dat de mediaan van de hele periode 20 opnames is, en er een nacht 30 opnames werden gemaakt, dan wijkt deze waarde 50% af van de mediaan voor deze periode ((|30-20|)/20)*100 = 50%.

[2] De vangstnachten zijn eruit gehaald, waarbij de resterende data werd beschouwd als een ononderbroken reeks.

Deze procentuele afwijking ten opzichte van de mediaan werd vervolgens voor alle nachten, per detectorlocatie berekend.

Tabel 7: Deze tabel toont hoe vaak (frequentie) het aantal opnames tijdens 1 opnamenacht minder dan een bepaald percentage afwijkt tov de mediaan van de hele periode. De kolom cumulatief % toont hoeveel % van de gegevens kleiner is dan de aangeduide procentuele afwijking tov de mediaan.

Procentuele afwijking tov de mediaan van de hele periode	Frequentie	Cumulatief %
< 25 %	54	32%
< 50 %	45	59%
< 75 %	29	76%
< 100 %	17	86%
< 125 %	8	91%
< 150 %	2	92%
< 175 %	4	94%
< 200 %	3	96%
+> 200 %	7	100%

Uit Tabel 7 blijkt dat slechts in 58% van de gevallen de procentuele afwijking tov de mediaan kleiner is dan 50% indien er maar gedurende 1 nacht gebruik gemaakt zou worden van de automatische batdetector.
Vervolgens werd de mediaan berekend zoals deze bekomen zou worden indien de automatische batdetector 2 opeenvolgende nachten zou functioneren. (In het geval van een reeks van 2 opeenvolgende nachten is de mediaan gelijk aan het gemiddelde. Dit geldt niet meer voor langere tijdsreeksen.)

Bijvoorbeeld: Uit een periode van 29 detectienachten kunnen 28 periodes van 2 opeenvolgende nachten gehaald worden (Nacht 1 en 2, nacht 2 en 3, nacht 3 en 4 enzovoort).

Dit werd niet alleen voor 2 opeenvolgende detectienachten, maar ook voor 3, 4, 5 en 6 uitgerekend (Tabel 8).

Tabel 8: berekende mediaan per aantal opeenvolgende nachten. Freq staat voor frequentie en duidt aan hoe vaak de overeenkomstige procentuele afwijking tov de mediaan van de gehele periode bekomen wordt. De kolom cum % (cumulatief %) toont hoeveel % van de gegevens kleiner is dan de aangeduide procentuele afwijking tov de mediaan.

	Mediaan van 2 op elkaar volgende nachten		Mediaan van 3 op elkaar volgende nachten		Mediaan van 4 op elkaar volgende nachten		Mediaan van 5 op elkaar volgende nachten		Mediaan van 6 op elkaar volgende nachten	
Procentuele afwijking tov de mediaan van de hele periode	Freq	Cum %	Freq	Cum %	Freq	Cum %	Freq	Cum %	Freq	Cum %
< 25 %	62	38%	75	47%	72	47%	75	50%	76	53%
< 50 %	45	65%	43	**74%**	43	75%	42	79%	39	**80%**
< 75 %	25	80%	21	87%	22	89%	19	91%	19	93%
< 100 %	16	90%	11	94%	6	93%	7	96%	3	95%
< 125 %	5	93%	2	96%	4	95%	1	97%	3	97%
< 150 %	4	96%	0	96%	6	99%	0	97%	2	99%
< 175 %	1	96%	0	96%	0	99%	0	97%	0	99%
< 200 %	1	97%	4	98%	1	100%	5	100%	2	100%
> 200 %	5	100%	3	100%	0	100%	0	100%	0	100%

Uit Tabel 8 blijkt dat als er 3 opeenvolgende nachten opgenomen wordt, de mediaan van het aantal opnames in 74% van de gevallen minder dan 50% afwijkt van de mediaan van de volledige periode. Wanneer de opnameperiode verdubbeld wordt (naar 6 nachten) dan neemt het percentage van het aantal opnames dat minder dan 50% afwijkt van de mediaan van de hele periode met slechts 6% toe naar 80%.
Het is duidelijk dat er een grote variatie is in het aantal opnames per nacht (en dus ook de mediaan). We suggereren dat om betekenisvolle conclusies te kunnen trekken uit het aantal opnames, er **minimum 3 opeenvolgende nachten** opgenomen moet worden. Op deze manier wijkt de mediaan van het aantal opnames in bijna de helft (47%) van de gevallen minder dan 25% af van de mediaan van de algemene periode van 27 tot

29 opeenvolgende opnamenachten, en in bijna driekwart (74%) van de gevallen minder dan 50% af van de mediaan van de volledige periode.
Indien er meer nachten (tot 6 nachten) na elkaar wordt gevangen verbeteren deze percentages nauwelijks. Het aantonen van een verandering in de zwermactiviteit is moeilijk gelet op de natuurlijke variatie binnen dezelfde periode. Enkel heel grote veranderingen zullen potentieel aangetoond kunnen worden, maar dat gebeurt ook beter op basis van meer dan drie opeenvolgende opnamenachten.
50% afwijking van de mediaan is veel, maar geeft nog steeds een grootte-orde weer voor het zwermgedrag.

Concreet wil dit zeggen dat als je 3 nachten na elkaar opnames maakt op een locatie met een mediaan van 18 je uitkomst in 75% van de gevallen tussen de 9 en 27 zal liggen. Voor de locatie met mediaan 167 zal dit in 75% van de gevallen liggen tussen 84 en 251.

<u>Beperkingen van deze aanpak en conclusies:</u>

- Momenteel wordt het **aantal** opnames als doel van het onderzoek gebruikt. Op die manier kan er over een bepaalde periode gedetecteerd worden of er meer of minder zwermactiviteit plaats heeft, of kunnen 2 identieke periodes tussen verschillende jaren vergeleken worden.
- De software om de opnames te analyseren is momenteel nog niet accuraat genoeg om soortspecifieke analyses mogelijk te maken. Moest verbeterde technologie op termijn soortspecifieke determinaties van opnames mogelijk maken, dan moet het aantal nachten dat de detector opgehangen moet worden herzien worden, op basis van het voorkomen, en de variatie van het aantal opnames per soort.
- Een groter aantal opnames wijst dan wel op meer activiteit, maar aangezien er geen correlatie is met het aantal dieren dat gevangen werd wijst dit niet noodzakelijk op meer dieren.
- Voor dit onderzoek waren drie opnamenachten per week voorzien, geen permanente activiteitsregistratie. Om de variatie te kwantificeren waren er daarom slechts 6 reeksen met voldoende data beschikbaar. Een specifieke opzet om nog meer duidelijkheid te krijgen over de variatie in het aantal opnames, en wat deze variatie betekent met betrekking tot het zwermgedrag van de vleermuizen is daarom aanbevolen.
- De variatie met betrekking tot het aantal opnames werd per kamer bepaald op basis van 27 tot 29 opeenvolgende dagen. Binnen het huidige onderzoek zijn er geen gegevens van verschillende jaren op dezelfde locatie beschikbaar. Dit wil zeggen dat er geen interjaarvariatie bepaald kon worden. Hoe stabiel de variatie in het aantal opnames blijft over de jaren heen is momenteel dus onbekend en blijft een onderwerp voor verder onderzoek. Ook is het onbekend of deze variatie over het gehele zwermseizoen stabiel blijft.

3 Zwermvangsten

3.1 Materiaal en methode

Aangezien bijna alle openingen in de forten vele malen groter zijn dan de bestaande harptraps, werd bij dit onderzoek louter gebruik gemaakt van haar- of mistnetten.

Bij de netvangsten werden per vleermuis de volgende gegevens genoteerd:

- bij alle vangsten:
  - de soort
  - geslacht
  - fort en exacte locatie (in welk net het dier gevangen is)
  - datum en vangstuur

- waar mogelijk werden bovendien ook extra parameters genoteerd:
  - onderarmlengte
  - gewicht
  - leeftijd
  - seksuele activiteitsstatus

Enkel bij het vangen van grote aantallen vleermuizen op korte tijd werden om redenen van dierenwelzijn deze extra parameters niet opgenomen. Dit vergt immers meer tijd en sommige dieren zouden dan te lang in een vangstzakje verblijven.

3.1.1 Plaatsing en openstelling netten

De netten werden zo mogelijk in de nabijheid van de detectoren geplaatst. Dit is echter geen standaard regel: netten werden ook elders geplaatst waar een groot aantal vangsten verwacht werd, of waar men bijkomend wou nagaan of een ingang voor zwermen gebruikt wordt.
Het zwermen, ongeacht de tijd van het jaar, begon tijdens zwermonderzoek in de Limburgse mergelgroeven (Janssen *et al*., 2008) rond 22:30u op gang te komen, waarna het tot 1:30u flink door ging en dan snel afnam.
Op basis van dit gegeven werd besloten elke vangnacht minstens te vangen van zonsondergang (ca 21:50 in juli, ca 19:30 in oktober) tot 1:30. Vanaf het tweede onderzoeksjaar (2014) werd die periode verlengd tot minstens 2:00, aangezien om 1:30 er vaak nog geen afname in de vangstaantallen/activiteitspiek te bespeuren viel.
Voor zonsondergang of na zonsopgang worden geen netten open gezet, om vangsten van vogels te vermijden.

3.1.2 Manipulatie van de dieren

De dieren werden enkel gehanteerd / aangeraakt door personen met afdoende vaccinatie tegen rabiës, die de nodige opleiding of voldoende ervaring met het hanteren van de dieren hebben opgedaan.

De gevangen dieren werden binnen een periode van 1 uur ter plaatse terug vrijgelaten. Indien omwille van te grote aantallen vleermuizen op korte tijd deze tijdsspanne dreigde overschreden te worden, werden enkel de basisgegevens genoteerd (zie 3.1.3). De extra parameters (die meer tijd vergen) werden dan achterwege gelaten. Enkel in fort Kessel was het desondanks niet altijd mogelijk de toevloed van dieren bij te houden, vanwege de loopafstand tot het verst geplaatste net (in aangehechte caponnière). In voorkomend geval werd dit net gesloten, zodat alle dieren binnen het uur terug vrijgelaten konden worden.

Om hervangsten te kunnen onderscheiden, werden de dieren gemerkt door met een alcoholstift (geen zwart) een duimnagel te kleuren. Aangezien bleek dat dit kleurmerk tegen het einde van de vangstnacht bij hervangsten soms nog maar amper zichtbaar was, werd na verloop van tijd overgeschakeld op het gebruik van langer zichtbaar blijvende nagellak. Voor verschillende forten binnen eenzelfde vangstweek werden verschillende merkkleuren gebruikt.

3.1.3 Notatie en invoer data

Voor iedere vangnacht werd een apart formulier opgemaakt met vermelding van het onderzochte fort, onderzoeksdatum en onderzoekers, evenals specifieke informatie als de locatie van de netten en de uren van het openen en sluiten hiervan.
Bij de gevangen vleermuizen noteerde men per dier de volgende basisgegevens:

- bij alle vangsten: de soort, geslacht, vangstlocatie (in welk net het dier gevangen is), vangstuur, eventuele hervangst.
  Het vangstuur werd genoteerd per schijf van 5 minuten, of exact per minuut – waaruit de schijf van 5 minuten dan uiteraard afleidbaar is.
- waar mogelijk extra parameters: vliegrichting (kant net), onderarmlengte, gewicht, leeftijd en seksuele activiteitsstatus, en aanwezigheid van parasieten.

3.2 Vangstresultaten

3.2.1 Aantallen en soorten per fort

In het totaal werden in de zeven geselecteerde forten verspreid over 35 vangstnachten 1778 vleermuizen gevangen (Tabel 10). Voor de dataverwerking kon ook gebruik gemaakt worden van vangstgegevens uit het fort van Broechem (5 vangstavonden, in 4 periodes) van 2015. Dit levert nog 390 bijkomende vangsten op, wat het totaal aantal vangsten voor statistische verwerking op 2168 brengt.

In elk fort kon zwermgedrag worden vastgesteld. Watervleermuis was gedurende de onderzochte periode in elk fort de meest gevangen soort. Opvallend zijn de relatief hoge aantallen van Baardvleermuizen in het fort van Koningshooikt, Franjestaarten in het fort van Oelegem en Gewone dwergvleermuizen in het fort van Kapellen.
De zeldzame Ingekorven vleermuis werd in elk fort waargenomen. Markant is het eerder lage aantal van deze soort in het fort van Oelegem, en het relatief hoge aantal in Koningshooikt, in vergelijking met de overwinterende aantallen in deze forten. De Meervleermuis werd enkel in het fort van Oelegem waargenomen.

Tabel 9: Gebruikte soortafkortingen voor vangsten in figuren en tabellen[3].

Afkorting	Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam
Ppip	*Pipistrellus pipistrellus*	Gewone dwergvleermuis
Paur	*Plecotus auritus*	Gewone grootoorvleermuis
Mspec	*Myotis species*	Myotis species
Mnat	*Myotis nattereri*	Franjestaart
Mmys	*Myotis mystacinus*	Baardvleermuis
Mema	*Myotis emarginatus*	Ingekorven vleermuis
Mdau	*Myotis daubentonii*	Watervleermuis
Mdas	*Myotis dasycneme*	Meervleermuis
Eser	*Eptesicus serotinus*	Laatvlieger
Cspec	*Chiroptera species*	Vleermuis onbekend

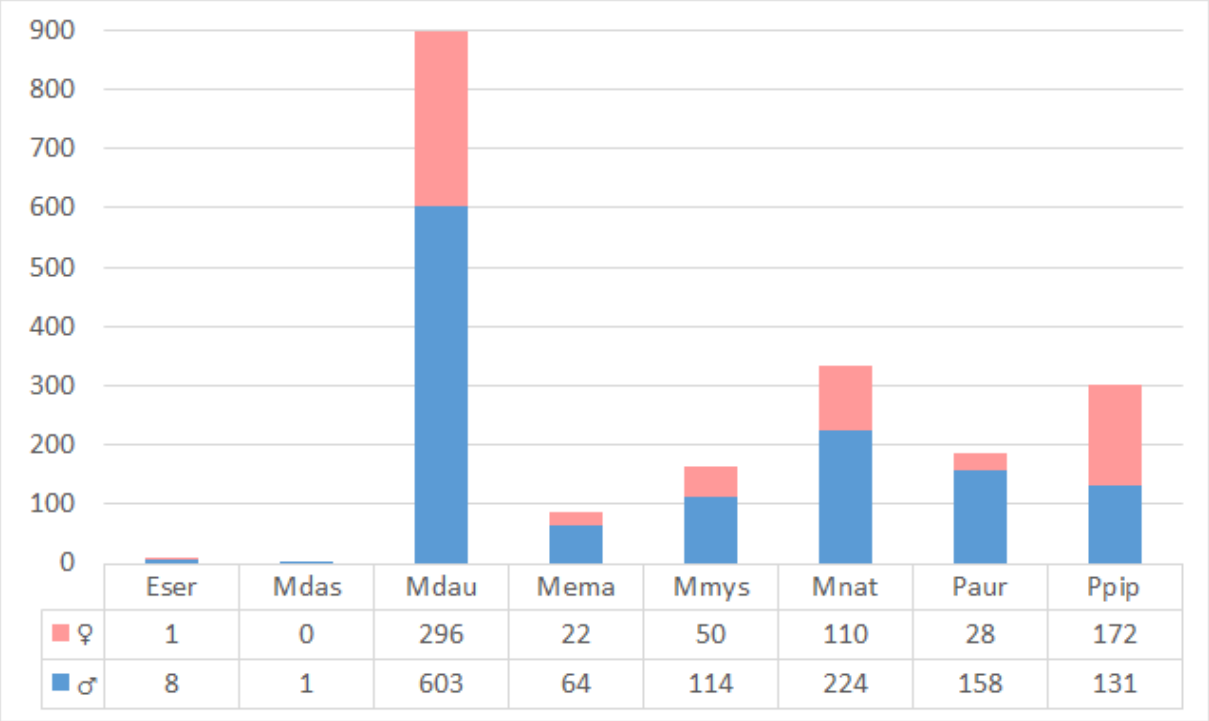
[3] Deze soortafkortingen worden standaard gebruikt voor vangsten in Nederland en Vlaanderen. Deze wijken af van de afkortingen gebruikt door het herkenningsprogramma Kaleidoscope. Voor het gebruiksgemak van zowel softwaregebruikers als vangers worden in dit rapport beide afkortingen gehanteerd: de ene standaard voor detectoranalyses, de andere standaard voor vangsten.

Tabel 10: overzichtstabel van vangsten in de verschillende forten op de verschillende data

	Cspec	Eser	Mdas	Mdau	Mema	Mmys	Mnat	Mspec	Paur	Ppip	Totaal
Fort 5	0	4	0	53	1	0	5	0	20	24	107
23/07/2015	0	0	0	10	0	0	1	0	7	8	26
9/08/2015	0	2	0	15	1	0	0	0	5	11	34
30/08/2015	0	2	0	17	0	0	0	0	5	4	28
24/09/2015	0	0	0	9	0	0	3	0	0	0	12
11/10/2015	0	0	0	2	0	0	1	0	3	1	7
Fort Duffel	0	0	0	72	4	5	11	0	16	25	133
22/07/2015	0	0	0	23	1	0	1	0	2	7	34
8/08/2015	0	0	0	13	0	0	2	0	0	4	19
31/08/2015	0	0	0	15	0	1	0	0	1	9	26
25/09/2015	0	0	0	16	2	3	4	0	1	3	29
10/10/2015	0	0	0	5	1	1	4	0	12	2	25
Fort Kapellen	0	0	0	76	1	8	38	0	25	40	188
24/08/2013	0	0	0	20	1	2	0	0	7	15	45
7/09/2013	0	0	0	13	0	5	4	0	8	22	52
21/09/2013	0	0	0	30	0	0	24	0	6	3	63
5/10/2013	0	0	0	13	0	1	10	0	4	0	28
Fort Kessel	7	3	0	196	25	26	39	0	22	95	413
17/07/2014	2	2	0	63	7	1	1	0	2	16	94
7/08/2014	2	1	0	37	3	1	1	0	3	55	103
28/08/2014	1	0	0	42	4	4	2	0	5	15	73
18/09/2014	1	0	0	49	4	12	33	0	12	9	120
9/10/2014	1	0	0	5	7	8	2	0	0	0	23
Fort Koningshooikt	0	0	0	117	12	58	38	0	48	39	312
10/08/2013	0	0	0	23	0	0	0	0	4	8	35
24/08/2013	0	0	0	30	2	7	3	0	11	12	65
7/09/2013	0	0	0	32	4	26	2	0	16	15	95
21/09/2013	0	0	0	21	5	5	21	0	7	4	63
5/10/2013	0	0	0	11	1	20	12	0	10	0	54
Fort Lier	6	3	0	93	9	16	19	5	27	19	197
18/07/2014	0	2	0	20	1	0	0	3	6	5	37
8/08/2014	1	1	0	35	3	2	0	0	6	1	49
29/08/2014	0	0	0	25	0	2	0	2	4	5	38
19/09/2014	2	0	0	10	3	7	9	0	10	7	48
10/10/2014	3	0	0	3	2	5	10	0	1	1	25
Fort Oelegem	0	0	2	243	11	20	100	0	14	38	428
10/08/2013	0	0	0	47	2	2	1	0	0	8	60
24/08/2013	0	0	0	74	2	7	3	0	5	6	97
7/09/2013	0	0	2	51	2	8	10	0	6	23	102
21/09/2013	0	0	0	42	3	1	39	0	0	1	86
5/10/2013	0	0	0	29	2	2	47	0	3	0	83
Fort Broechem	7	0	0	151	27	34	96	0	29	46	390
10/10/2015	4	0	0	5	1	9	38	0	6	4	67
17/07/2015	3	0	0	14	3	1	2	0	2	12	37
22/08/2015	0	0	0	19	10	10	6	0	5	11	61
23/08/2015	0	0	0	53	7	9	7	0	8	14	98
12/09/2015	0	0	0	60	6	5	43	0	8	5	127
Eindtotaal	20	10	2	1001	90	167	346	5	201	326	2168

3.2.2 Geslachtsverhouding

De geslachtsverhouding man-vrouw geeft over het algemeen een hoger percentage mannelijke dieren (Grafiek 17). Deze verhouding verschilt van soort tot soort, en is meest uitgesproken bij de Gewone grootoorvleermuis met 85% mannelijke dieren (n=186). Enkel bij de Gewone dwergvleermuis werden meer vrouwelijke (57%) dan mannelijk dieren gevangen (n=303).



	Eser	Mdas	Mdau	Mema	Mmys	Mnat	Paur	Ppip
♀	1	0	296	22	50	110	28	172
♂	8	1	603	64	114	224	158	131

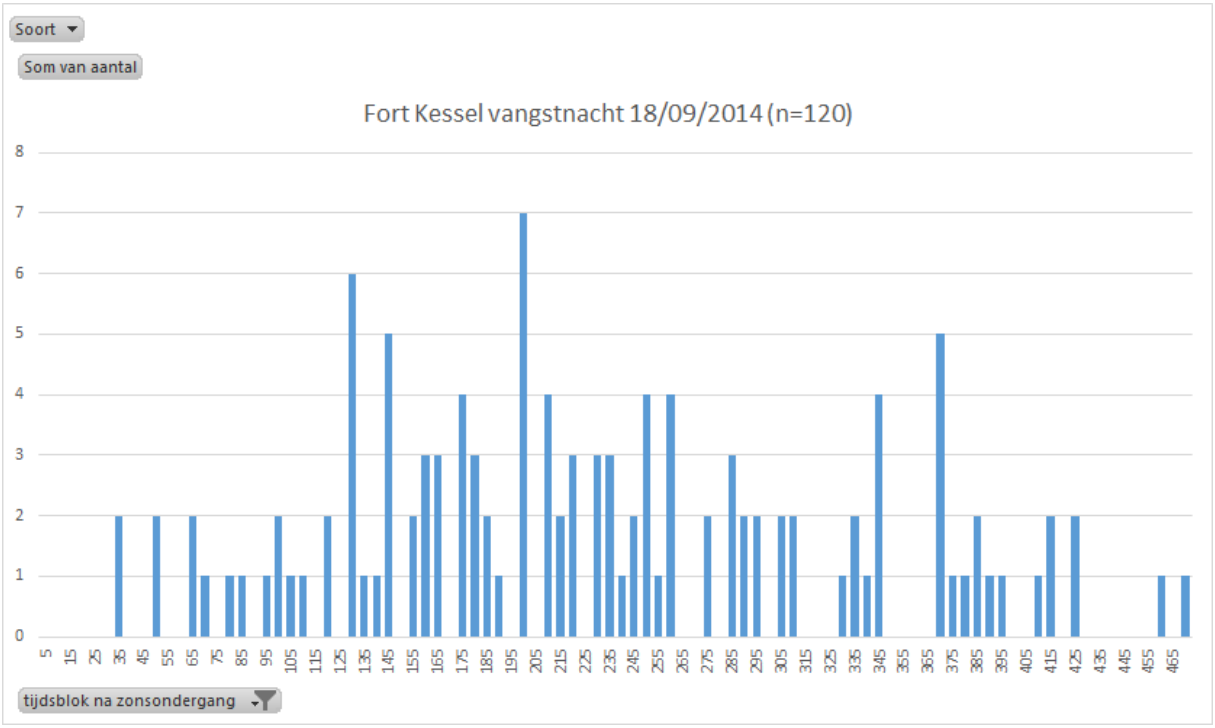
Grafiek 17: geslachtsverhouding man-vrouw voor de verschillende soorten.

Ook de variatie in geslachtsverhouding over de verschillende weken per soort werd nagegaan. De aantallen zijn echter te laag om hier gefundeerde conclusies uit te kunnen trekken.

3.3 Temporele verschillen binnen één nacht

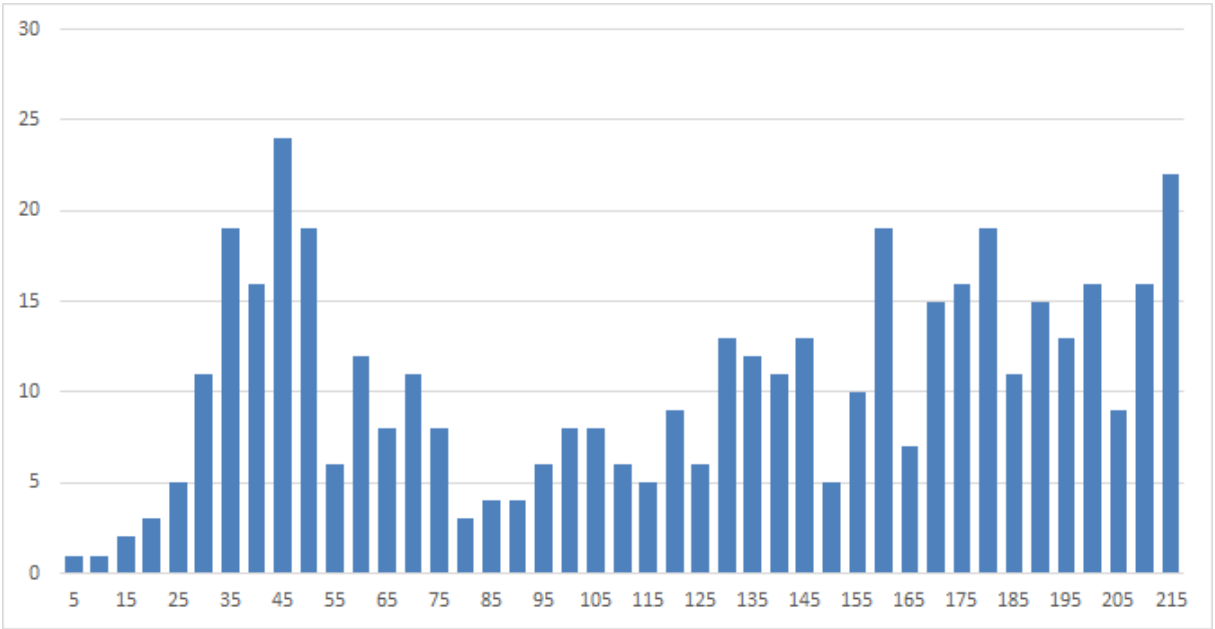
Hoewel er reeds kort na zonsondergang zwermende dieren werden gevangen, leveren vangsten pas na een uur hogere resultaten op. Vanaf twee uur na zonsondergang bereikt de zwermpiek haar hoogtepunt, een piek die minstens twee uur aanhoudt. Grafiek 18 geeft een overzicht van de vangsturen van de nacht met het hoogste aantal vangsten. De overige vangstnachten geven een vergelijkbaar resultaat.

Op soortniveau zijn er verschillen merkbaar in de vangsturen (grafieken zie bijlagen 7.1).
Watervleermuis wordt al redelijk kort na zonsondergang gevangen. Gewone dwergvleermuis en Ingekorven vleermuis starten pas ca 1u na zonsondergang, dan nemen de vangstaantallen toe gedurende 1u om dan (minstens) 2u op een piek te blijven. Baardvleermuis en Franjestaart vliegen pas echt in de netten 2u na zonsondergang, om dan ook (minstens) 2u te pieken. Voor Laatvlieger en Meervleermuis is de dataset te beperkt voor gegronde uitspraken, maar lijken de dieren eveneens meest gevangen te worden 2u na zonsondergang.

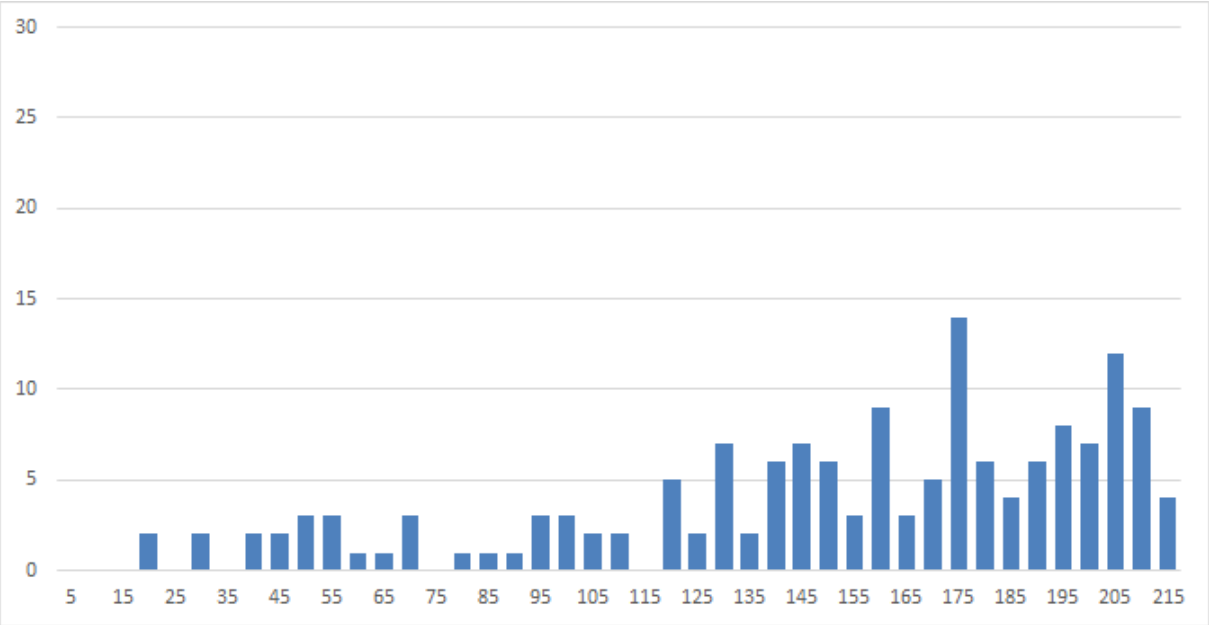


Grafiek 18: Overzicht van de vangsten per tijdsblok van 5 minuten na zonsondergang, Fort Kessel 18/09/2014. Vanaf 2:00 (tijdsblok 370) werden de netten één voor één gesloten, en zijn de aantallen niet meer vergelijkbaar.

De Watervleermuis vertoont een opmerkelijke grafiek: veel vangsten gedurende het eerste uur na zonsondergang, dan een terugval gedurende een uur en de twee daaropvolgende uren weer een vangstpiek.
In de forten waar een verblijfplaats van Watervleermuizen bekend is, met name de forten van Oelegem, Kessel, Koningshooikt, Kapellen en Duffel, blijkt de vangstpiek vlak na zonsondergang erg hoog te zijn (Grafiek 19). Bij de forten zonder verblijfplaats – de forten van Lier en Broechem en fort 5 – ontbreekt de vangstpiek vlak na zonsondergang volledig (Grafiek 20). De vangstpiek van Watervleermuizen vlak na zonsondergang is dus te wijten aan een verblijfplaats op het fort zelf.



Grafiek 19: Overzicht vangsten van Watervleermuis per tijdsblok van 5 minuten na zonsondergang, in forten met een gekende dagverblijfplaats van de soort.



Grafiek 20: Overzicht vangsten van Watervleermuis per tijdsblok van 5 minuten na zonsondergang, in forten zonder gekende dagverblijfplaats van de soort.

3.4 Zwermperiodes en seksuele activiteit

Aan de hand van de kenmerken van de geslachtsorganen kan van de gevangen vleermuizen de seksuele status bepaald worden (Haarsma 2008). Voor vrouwelijke dieren geeft deze status vooral een indicatie over het (al dan niet recent) gehad hebben van een jong, maar deze laat niet toe om een uitspraak te doen over de seksuele activiteit tijdens de zwermperiode.
Voor mannelijke dieren is dit wel mogelijk. Bij mannelijke dieren worden vijf categorieën onderscheiden (Tabel 11), die bij de volwassen dieren de opeenvolgende fasen van de seksuele status weergeven. Seksueel onvolwassen dieren (SO), dit zijn jongen van de voorbije zomer, nemen nog niet deel aan de voortplanting. Seksueel volwassen dieren (SV) kunnen aan de voortplanting deelnemen, maar vertonen nog geen kenmerken (of geen meer) van seksuele activiteit. Dieren die seksueel actief zijn, doorlopen achtereenvolgens de fases 'start' (SA1), 'half' (SA2) en 'eind' (SA3), waarbij de eindfase het hoogtepunt van de voortplanting is.

Tabel 11: Categorieën seksuele status van mannelijke vleermuizen

Seksuele status ♂	Code
Seksueel onvolwassen	SO
Seksueel volwassen	SV
Seksueel actief start	SA1
Seksueel actief half	SA2
Seksueel actief eind	SA3

Op basis van de seksuele status kan per soort het tijdsverloop van het voortplantingsseizoen bepaald worden. De gedetailleerde grafieken per soort, op basis van de vangstgegevens, worden weergegeven in de bijlagen (7.3) in Grafiek 29 tot en met Grafiek 34. Van Laatvlieger en Meervleermuis was een grafiek niet zinvol te maken wegens te weinig gevangen individuen.
Tabel 12 geeft, op basis van de vangstresultaten, schematisch weer in welke week welke seksuele status meest kan verwacht worden voor de betreffende vleermuizensoort. Seksueel onvolwassen dieren worden hier buiten beschouwing gelaten. De overgang van de seksuele status naar de andere verloopt niet abrupt, en niet voor alle individuen van een soort binnen dezelfde week. Er is dan ook een overlapperiode tussen de verschillende fasen.

Tabel 12: Overzicht seksuele status per soort tijdens de onderzoeksperiode. (Zie Tabel 11 voor de kleurcodes).

Watervleermuis													
Ingekorven vleermuis													
Baardvleermuis													
Franjestaart													
Gewone grootoorvleermuis													
Gewone dwergvleermuis													
Soort ↑ Week →	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
Maand →	Juli			Aug				Sept				Okt	

4 Opmerkingen en vaststellingen tijdens het onderzoek

4.1 Organisatie

In 2013 liep het project in de beginfase enige vertraging op. Dit leidde tot het missen van de eerste vangstronde van 2014 in de forten van Oelegem en Koningshooikt, en de eerste twee in fort Kapellen. Hierdoor is mogelijk de piek van vroeg zwermende soorten (Brandts vleermuis, Gewone dwergvleermuis) daar grotendeels gemist.

4.2 Detectoronderzoek

4.2.1 Plaatsing van de detectoren

Er werd oorspronkelijk voorzien om telkens één D500x op de binnenplaats van de forten te plaatsen (opgehangen aan een muur waar mogelijk), en de drie andere in een gang of kamer van het fort zelf, maar gericht op de deur/raam of opening. De detectoren (vooral deze op de binnenplaats) werden zo opgesteld dat zij het maximum aan passerende vleermuizen opnemen, en foeragerende dieren of niet-vleermuisgeluiden (sprinkhanen, windruis,…) zoveel mogelijk vermeden worden. Er werd echter vastgesteld dat de detectoren, afhankelijk van de locatie, toch veel valse opnames opleveren. Zo gaven vallende druppels in lokalen valse opname, maar vooral de binnenplaats-detectoren en de detectoren nabij (en/of gericht op) buitenlucht gaven veel ongewenste opnames. Ook locaties met veel menselijke activiteit veroorzaken soms veel valse opnames.
Buiten valse opnames doken ook andere problemen op rond de plaatsing van detectoren

- Detectoren geven geen onderling vergelijkbaar beeld als de locatie of manier van plaatsen niet vergelijkbaar is.
- Detectoren geplaatst nabij een doorgang naar zwermruimtes, geven enkel activiteit wanneer de vleermuizen in- of uitvliegen.
- Detectoren geplaatst nabij een doorgang naar zwermruimtes, geven een vals negatief resultaat voor dat fortdeel als de dieren een andere invliegopening gebruiken.
- De plaatsingsmogelijkheden van detectoren zijn vaak beperkt. Soms zijn er op de theoretisch ideale locaties geen plaatsings- of hangmogelijkheden, of vochtinsijpeling in de detectorkist. Om vandalisme te vermijden moeten de detectoren bovendien weinig bereikbaar en weinig zichtbaar geplaatst worden.

4.2.2 Batterijen

Het onderzoek met de D500X-detectoren vroeg meer (terrein)inspanningen dan verwacht. Door de hoge aantallen opnames zijn de geheugenkaarten snel vol, waardoor deze vaker dan voorzien vervangen moeten worden. Omwille van dit hoge aantal zouden de batterijen meer prestaties moeten leveren, maar omwille van de vochtige omstandigheden in de forten is de levensduur van de batterijen net veel korter dan in normale omstandigheden. Om toch de nodige registraties te doen tijdens de voorziene periodes, kocht Natuurpunt daarom autobatterijen aan.
Autobatterijen zijn in de praktijk echter moeilijk bruikbaar. Zij passen niet in een kleine behuizing (bv munitiekist). Ze zijn enorm zwaar, wat problemen oplevert voor transport en voor bevestiging (zowel praktisch als naar veiligheid toe) aan een plafond. De detector ophangen en verbinden met een langere kabel aan een lager geplaatste batterij is ook ver van ideaal: daardoor zijn zowel detector als batterij meer onderhevig aan vocht (met kortsluiting tot gevolg), en kan de batterij doorgaans niet buiten het bereik van (al dan niet gewenste) fortbezoekers geplaatst worden.
Om die reden werd gewerkt met blokbatterijen. Deze passen net naast een D500X-detector in een munitiekist, en kunnen in normale omstandigheden zelfs bij hoge zwermactiviteit minstens drie nachten opnames registreren.

4.2.3 Dataverwerking

Het verwerken van data vroeg veel energie en ruim meer tijd dan oorspronkelijk verwacht. Er doken op alle vlakken problemen op, zoals:

- Detectoren met foute datum- en tijdsinstellingen
- Detectoren waar log-files geen einduur van opname noteerde (te platte batterij)
- Detectoren die op verschillende uren starten en stoppen met opnames maken
- Detectormappen met verkeerde namen
- Niet-uniforme benoeming van vangst- en detectornachten
- Onduidelijke omschrijving van detectornummer of -locatie
- Opnames tijdens en na overgang van winteruur
- Inlezen van opnames op pc na overgang winteruur
- Onvoldoende schrijfruimte op harde schijf
- Lange kopieertijd naar harde schijf
- Lange verwerkingstijd door herkenningssoftware
- Herkenningssoftware met 'kinderziekten'

Wanneer deze problemen door elkaar voorkomen, zorgt dit voor verwarring en moet men bovendien vaak reeds gedaan werk herdoen. Het merendeel van deze problemen kan nochtans voorkomen worden door zeer gestandaardiseerd en systematisch te werken.
Om die reden werd aan de verwerking van data veel aandacht besteed in de handleiding. Door het nauwkeurig volgen van de daar omschreven verwerkingsmethode kan relatief snel een bruikbare en correcte dataset opgebouwd worden.

4.3 Netvangsten

Tijdens de netvangstavonden in 2013 bleek dat het tijdens het voorziene einduur van vangst (1:30) de zwermpiek nog niet gepasseerd was. Dit werd bevestigd door de detectorgegevens (zie 2.4.3). Daarom werd de vangstperiode verlengd tot 2:00 voor de onderzoeksjaren 2014 en 2015.
Resultaten van recent buitenlands onderzoek tonen aan dat zwermgedrag (en daarmee samengaand aantallen van netvangsten) van dag tot dag zeer sterk kunnen variëren (Willems 2014(b)). Om die variatie op te vangen, zou men een groot aantal vangstnachten moeten uitvoeren. Dit is echter niet verantwoord omwille van de veroorzaakte verstoring van de dieren (en het zou overigens ook een enorme tijdsbesteding van de onderzoekers vragen). Netvangsten zijn daarom niet bruikbaar om aan aantalsmonitoring te doen.

4.4 Afstemming van methoden

Het oorspronkelijke idee was het verkrijgen van een representatief beeld van het zwermgedrag door combinatie van beide onderzoeksmethoden. Echter, bij het nagaan van de correlatie tussen detectoropnames en netvangsten (zie 2.4.8) bleek dat de methoden niet op elkaar afstelbaar zijn, maar dat ze wel complementaire informatie verschaffen.
Het ontbreken van een duidelijk verband tussen vangsten en aantal opnames bleek reeds tijdens het onderzoek zelf. De netten werden daarom niet enkel in de nabijheid van de detectoren geplaatst, maar ook elders waar een groot aantal vangsten verwacht werd (want hoofddoel vangsten is nagaan soortensamenstelling), of waar we bijkomend wilden nagaan of een ingang of doorgang voor zwermen werd gebruikt.

4.5 Bijkomende onderzoekstechnieken

Automatische detectoren kunnen geen heel fort of alle invliegopeningen bestrijken. Deze dienen in de eerste plaats om de mate van activiteit na te gaan, maar geven slechts weinig informatie over het ruimtelijk gebruik van de dieren. Doorgaans beperkt zich dit tot een ruw beeld van de onmiddellijke omgeving van de detector.

Met mistnetten is het in de eerste plaats de bedoeling om de soortensamenstelling na te gaan. De informatie die hiermee verzameld wordt, geeft iets meer informatie over het ruimtelijk gebruik dan detectoren. Vooral bij een

erg klein fort of beperkt fortdeel kan men hiermee het gebruik van invliegopeningen nagaan. In grotere forten is alle invliegopeningen afspannen praktisch niet haalbaar. Informatie over het zwermen in de verschillende lokalen zelf beperkt zich echter tot de onmiddellijke omgeving van de netten. Bovendien geven vangsten geen correct beeld van het ruimtelijk gebruik. Omwille van de aanwezigheid van de netten, is er een gewijzigde situatie waardoor de dieren zich mogelijk anders gedragen of op andere locaties gaan zwermen.

Om een meer globaal beeld te krijgen van welke de belangrijkste zwermlocaties zijn over het gehele fort, werden daarom vanaf het 2de onderzoeksjaar sporadisch ook visueel waargenomen zwermers op kaart aangeduid, en werden vanaf het 3de onderzoeksjaar forten in hun geheel systematisch doorlopen om zwermende dieren visueel waar te nemen. Voor locaties buiten de gebouwen lijkt deze methode minder geschikt: dieren visueel vaststellen is moeilijk. Een detector kan ondersteuning bieden, maar dan nog kunnen de dieren zich, in tegenstelling tot in de binnenruimtes, ongemerkt de locatie verlaten - dit omwille van menselijke aanwezigheid of andere factoren. Voor grotere forten (zoals fort 5) geven zelfs visuele waarnemingen geen volledig beeld: de aantallen vleermuizen die komen zwermen zijn wat lager dan in de meeste betonnen forten, en de oppervlakte waar de dieren kunnen zwermen is veel groter en meer ruimtelijk verspreid. Daarom werd in het 3de onderzoeksjaar ook gezocht naar sporen die kunnen wijzen op activiteit van vleermuizen. De methodiek van visuele observaties en sporenonderzoek werd uitgewerkt in de handleiding voor zwermonderzoek.

4.6 Dagrustplaatsen en zomerverblijfplaatsen

In verscheidene forten werden dagrustplaatsen waargenomen van Watervleermuis, en soms ook van Ingekorven vleermuis. Dit wijst erop dat er in de nazomer niet enkel ’s nachts, maar ook overdag, vleermuizen kunnen verwacht worden in forten.

In het fort van Koningshooikt bevond er zich een grote groep watervleermuizen in lokaal 17. Tijdens een voorbereidend bezoek op 23 juli 2013 konden 45 Watervleermuizen geteld worden, waarbij het grote aantal juvenielen er op wijst dat het hier om een kraamkolonie gaat. Later op het seizoen kreeg deze groep vermoedelijk gezelschap van ‘mannetjes-groepjes’.

In Oelegem is eveneens een groep Watervleermuizen waargenomen net voor de vangsten op 9 augustus 2013. Een telling gebeurde niet, maar vangsten van uitvliegende dieren wezen er op dat het hier om mannetjes ging.

In Kapellen werd een klein groepje waargenomen in een koker in lokaal 51. Op 23 augustus 2013 werden hier geen vleermuizen waargenomen. Op 6 september konden 8 Watervleermuizen geteld worden. Vangsten van uitvliegende dieren tonen aan dat het hier om een mannetjes-groepje ging. Op 20 september waren nog 3 dieren aanwezig. Op 4 oktober werd geen telling meer uitgevoerd aangezien er al een aantal Watervleermuizen in torpor hingen verspreid over het hele fort, en onderscheid met dagrustplaatsen dus moeilijk te maken was.

In het fort van Kessel werden op 22 september 2014 vijftien Ingekorven vleermuizen opgemerkt, hangend in groepjes van 2 tot 6 individuen. Ook op latere data werden hier groepjes van deze soort aangetroffen. Er werd niet specifiek naar de dieren gezocht om (laat op het seizoen) geen verstoring te veroorzaken.

In het fort van Lier werden geen specifieke dagrustplaatsen waargenomen. Vanaf 29 september 2014 werden de eerste dieren (Watervleermuizen en Ingekorven vleermuizen) in torpor aangetroffen. Het betrof hier vrijhangende dieren op gemakkelijk zichtbare locaties, er werd niet specifiek naar gezocht.

In fort 5 werden geen specifieke dagrustplaatsen of nazomerverblijfplaatsen waargenomen. Wel moet aangegeven worden dat bij bezoeken (vervangen detectorbatterijen) slechts een zeer beperkt deel van het fort bezocht wordt.

In het fort van Duffel werd op 21 juli 2015 per toeval een groepje van 3 à 4 Watervleermuizen aangetroffen in de ingangspoterne. Er werd getracht de verblijfplaats wekelijks verder op te volgen. Dit resulteerde in de vondst van een groepje van 19 dieren (maximaal waargenomen aantal), dat zich regelmatig verplaatste. Op 24 augustus werd het laatste groepje (9 dieren) waargenomen. Ingekorven vleermuizen in dagverblijfplaats werden gevonden in de twee kruitmagazijnen van de ingangspoterne van het fort van Duffel, die (minstens) van 12 augustus 2015

aanwezig waren. De aantallen Ingekorven vleermuizen name daar geleidelijk toe van 2 (12 augustus) naar 6 dieren (begin oktober).

6 Referenties

- Arcadis Belgium. 2010. Parkbeheerplan FORT 4 Mortsel. Inventarisrapport.

- Boers K., Lefevre A. & Verkem S. 2012. Vleermuisinventarisatie in het kader van het provinciaal RUP voor de "Poort Vrieselhof – Fort van Oelegem" te Ranst. Rapport Natuurpunt Studie 2012/3, Natuurpunt Studie, Mechelen, België.
    - https://www.natuurpunt.be/publicatie/vleermuisinventarisatie-de-poort-vrieselhof-%E2%80%93-fort-van-oelegem-te-ranst

- De Vlaeminck R. 2010. Uitgebreid bosbeheerplan fort van Duffel.

- Dekeukeleire D., Janssen R., Boers K. & Willems, W., 2011(a). Verkennend onderzoek van zwermende vleermuizen bij de forten van Antwerpen in 2010. Rapport Natuurpunt Studie 2011/9, Natuurpunt Studie, Mechelen
    - https://www.natuurpunt.be/sites/default/files/documents/publication/rapport_zwermende_vleermuizen_antwerpen.pdf

- Dekeukeleire D., Janssen R., Boers K. & Willems W., 2011(b). Zwermende vleermuizen bij de Antwerpse forten: Resultaten van een verkennend onderzoek in de nazomer van 2010. Natuur.focus, 10: 104-109
    - https://www.natuurpunt.be/sites/default/files/documents/publication/natuur.focus_2011-3_zwermende_vleermuizen_bij_antwerpse_forten.pdf

- Glover A. & Altringham J. 2008. Cave selection and use by swarming bat species. Biological Conservation 141: 1493-1504.

- Haarsma, A-J. 2008. Manual for assessment of reproductive status, age and health in European Vespertilionid bats. Electronic publication, version 2. Zoogdiervereniging, Arnhem, the Nederlands.

- Janssen, R., van Schaik, J., Kranstauber, B. & Dekker, J.J.A. 2008. Zwermactiviteit van vleermuizen in het najaar voor kalksteengroeven in Limburg. VZZ rapport 2008.55. Zoogdiervereniging VZZ, Arnhem.

- Kerth G., Kiefer A., Trapmann C. & Weishaar M. 2003. High gene diversity at swarming sites suggest hot spots for gene flow in the endangered Bechstein's bat. Conservation Genetics 4: 491-499.

- Palmans G. 2001. Vleermuizenvangsten in de mergelgroeven van Limburg. Zoogdier 12: 21-24.

- Parsons, K.N., Jones, G. 2003. Dispersion and habitat use by *Myotis daubentonii* and *Myotis nattereri* during the swarming season: implications for conservation. Animal Conservation 6: 283–290.

- Parsons, K.N., Jones, G., Davidson-Watts, I., Greenaway, F. 2003. Swarming of bats at underground sites in Britain-implications for conservation. Biological Conservation 111:63-70.

- Parsons, K. N., Jones, G., & Greenaway, F. 2003. Swarming activity of temperate zone microchiropteran bats: effects of season, time of night and weather conditions. Journal of Zoology, 261(03), 257-264.

- Piksa K. 2008. Swarming of *Myotis mystacinus* and other bat species at high elevation in the Tatra Mountains, southern Poland. Acta Chiropterologica 10: 69–79.

- R Core Team 2014. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL http://www.R-project.org/.

- Ridout, M.S., Linkie, M., 2009. Estimating Overlap of Daily Activity Patterns from Camera Trap Data. J. Agric. Biol. Environ. Stat. 14, 322–337.

- Rivers N.M., Butlin R.K. & Altringham J.D. 2005. Genetic population structure of Natterer's bats explained by mating at swarming sites and philopatry. Molecular Ecology 14: 4299–4312.

- Rivers N.M., Butlin R.K. & Altringham J.D. 2006. Autumn swarming behaviour of Natterer's bats in the UK: Population size, catchment area and dispersal. Biological Conservation 127: 215-226.

- Trappmann C. 2005. Die Fransenfl edermaus der Westfälischen Bucht. Laurenti Verlag 2005.

- Veith M., Beer N., Kiefer A., Johannesen J. & Seitz A. 2004. The role of swarming sites for maintaining gene flow in the brown long-eared bat (*Plecotus auritus*). Heredity 93: 342-349.

- Van der Wijden B. 2009. Vleermuizenonderzoek Fortje Duffel. Rapport A.B.Consultancy g.c.v., Antwerpen.

- Vandendriessche B. & Verhaeghe F. 2010. Onderzoek naar het zwermgedrag van vleermuizen en het gebruik door overwinterende vleermuizen van de kazematten in het Hoornwerkpark te Ieper. Rapport van de Vleermuizenwerkgroep West-Vlaanderen.

- Willems W. 2011. Passende beoordeling voor inrichtingswerken voor vleermuizen in het natuurreservaat Fort van Walem (Stad Mechelen). Natuurpunt, Mechelen, België. 30p.

- Willems W. 2014(a). Vleermuizen in de Citadel van Diest. Zwermonderzoek 2014. Rapport Natuurpunt Studie 2014/25, Mechelen.
    - https://www.natuurpunt.be/sites/default/files/documents/publication/2014-25_zwermonderzoek_2014_vleermuizen_citadel_diest.pdf

- Willems W. 2014(b). Workshop 'Automatic Monitoring of Bat Roosts in Europe', 6-8 februari 2014. Notities door auteur. Bad Segeberg, Germany.

- Willems W. 2015. Zwermgedrag van vleermuizen in de bastions en tenailles van de Citadel van Diest. Rapport Natuurpunt Studie 2015/18, Mechelen
    - https://www.natuurpunt.be/sites/default/files/documents/publication/2015-18_zwermgedrag_van_vleermuizen_in_de_bastions_en_tenailles_van_de_citadel_van_diest.pdf

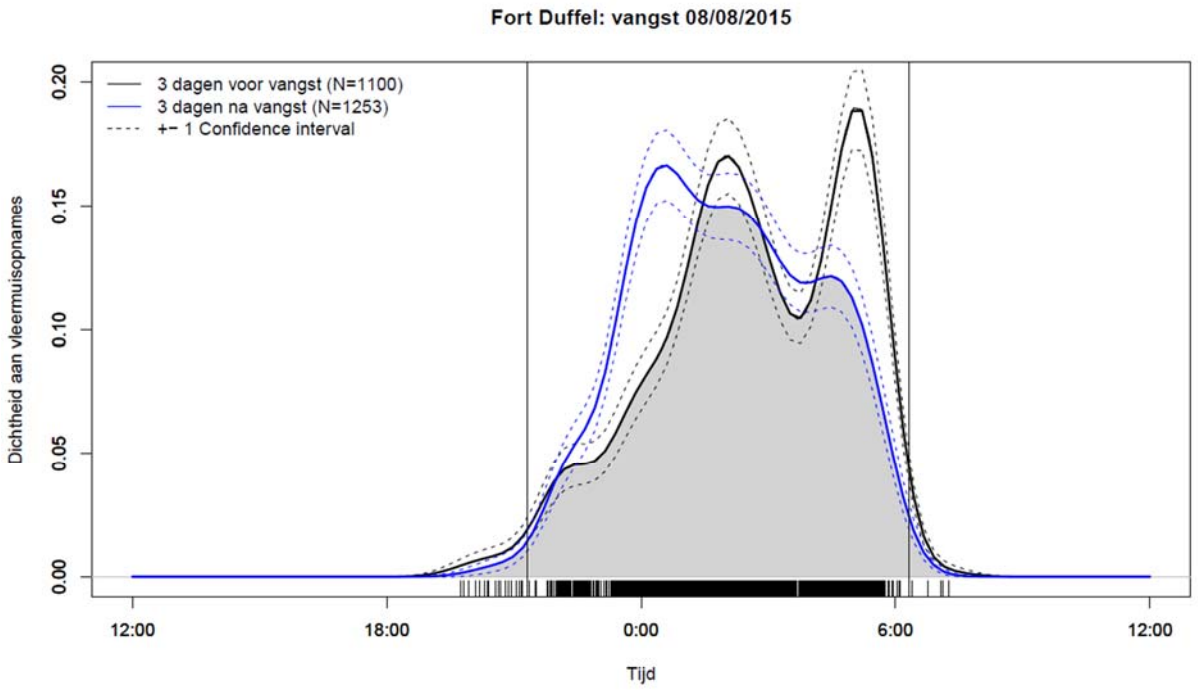
- Willems W., Lenaerts A. & Lambrechts J. 2013. Vale vleermuis en Bechsteins vleermuis in Vlaams-Brabant. Onderzoek naar voorkomen en potenties, met adviezen voor beheer van historische gebouwen, bossen en landschappen. Rapport Natuurpunt Studie 2013/12, Mechelen.
    - http://www.natuurpunt.be/sites/default/files/documents/publication/vale_en_bechsteins_vleermuis_vlaams-brabant.pdf

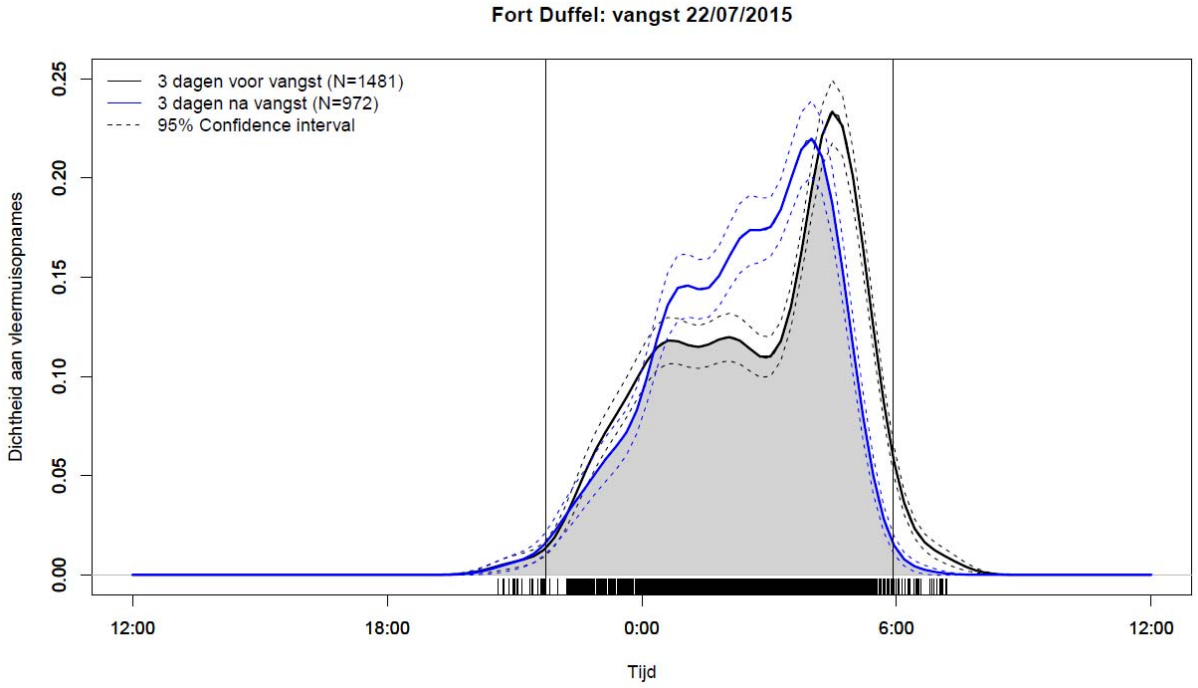
- Willems W. & Lenaerts A. 2013. Vleermuizen in de Citadel van Diest. Onderzoek naar zwermgedrag met aanbevelingen naar herbestemming en beheer. Rapport Natuurpunt Studie 2013/18, Mechelen.
    - http://www.natuurpunt.be/sites/default/files/documents/publication/rapport_zwermgedrag_vleermuizen_citadel_diest.pdf

- Willems W., Verbeylen G. & Lefevre A. 2011. Onderzoek naar overwintering en zwermgedrag van vleermuizen in Fort 8. Rapport Natuur.studie 2011/5, Natuurpunt Studie (Vleermuizenwerkgroep) i.o.v. Soresma i.k.v. Masterplan Stad Antwerpen, Mechelen, België. 58p.

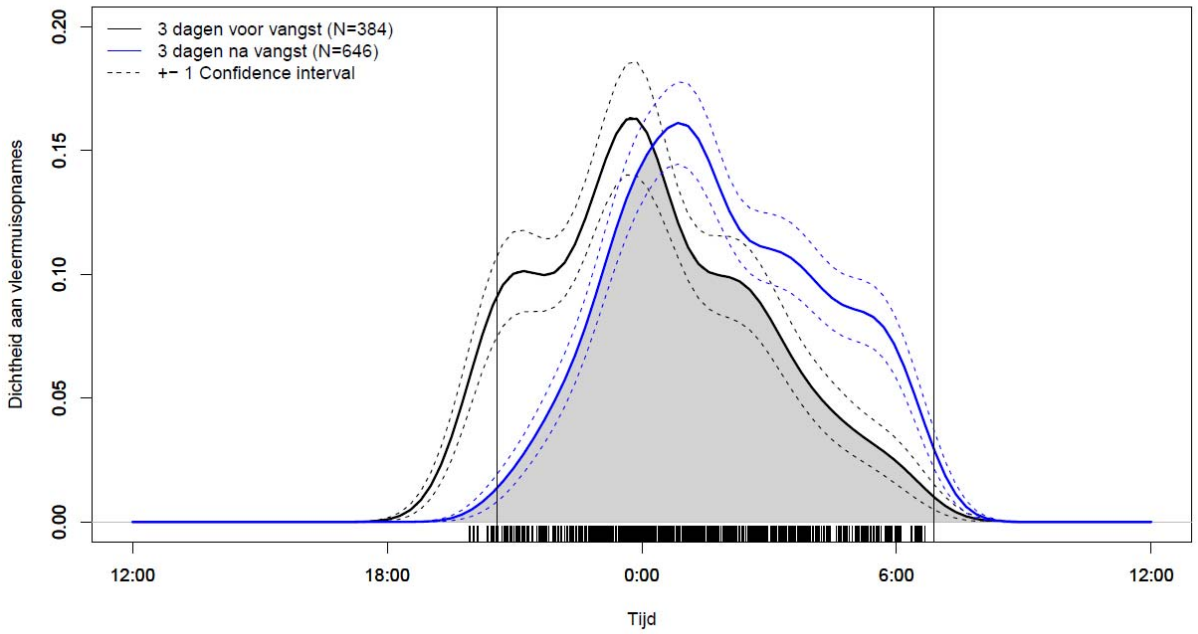
7 Bijlagen

7.1 Grafieken effect van vangstnacht op activiteit

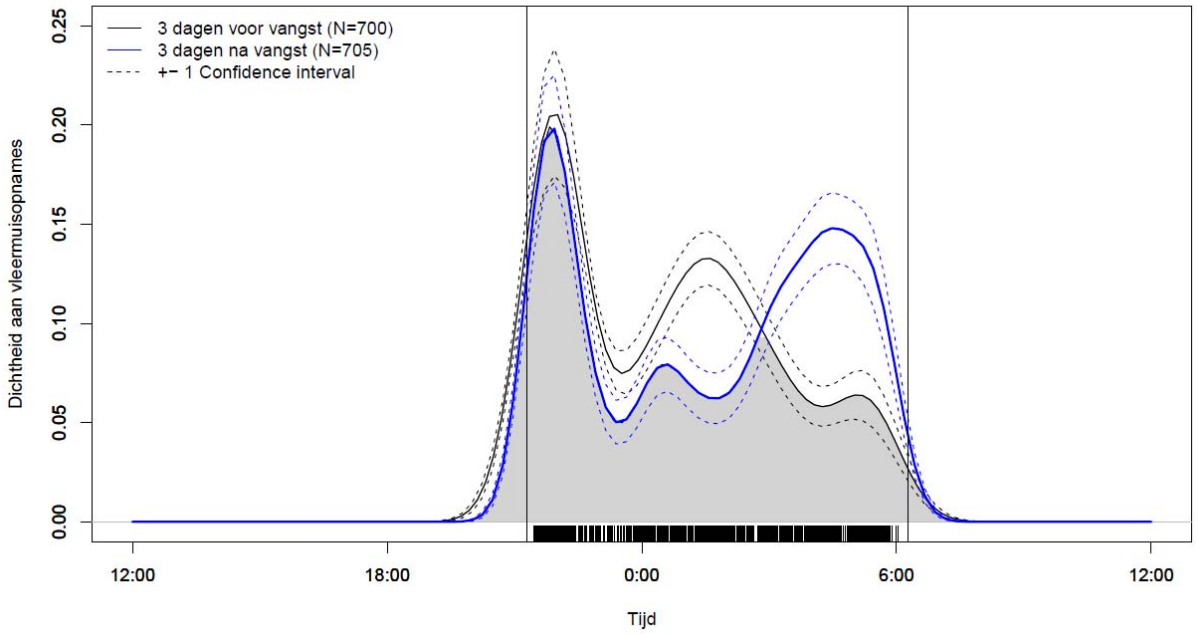




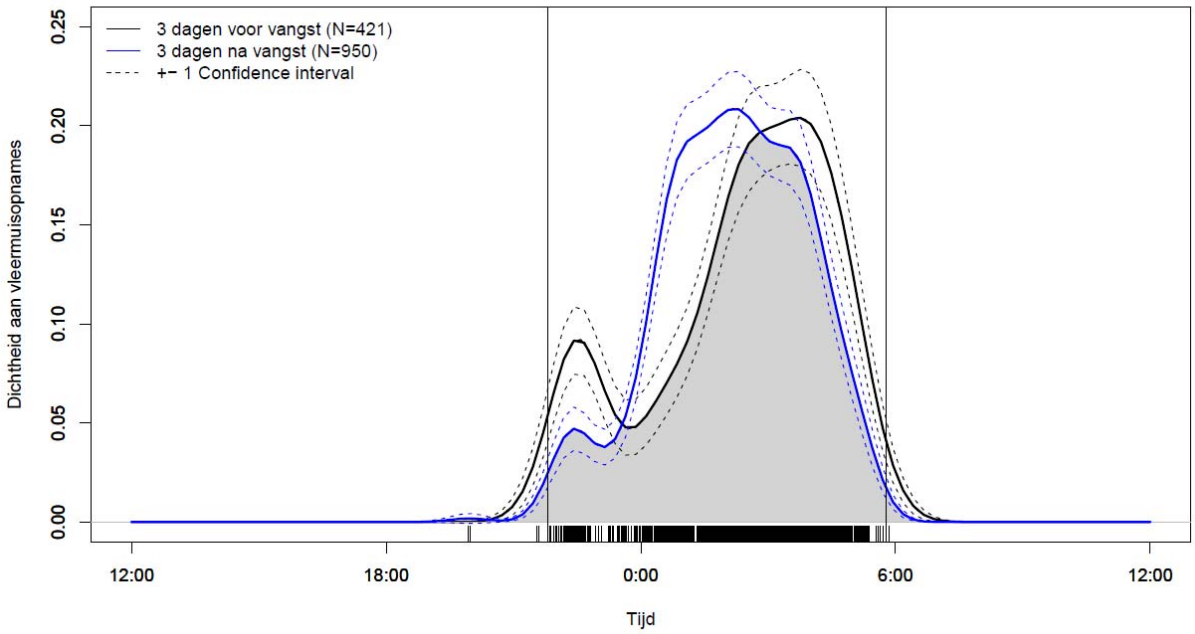
Fort 5: vangst 30/08/2015



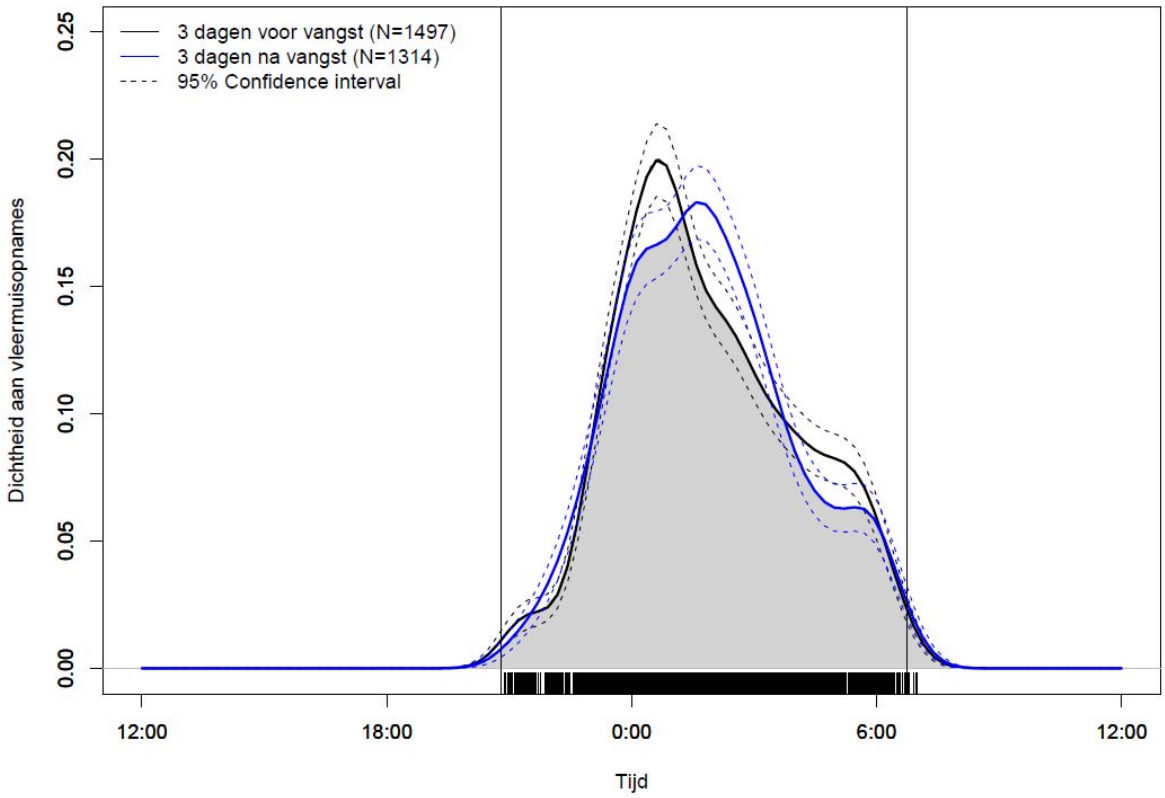
Fort Kessel: vangst 07/08/2014



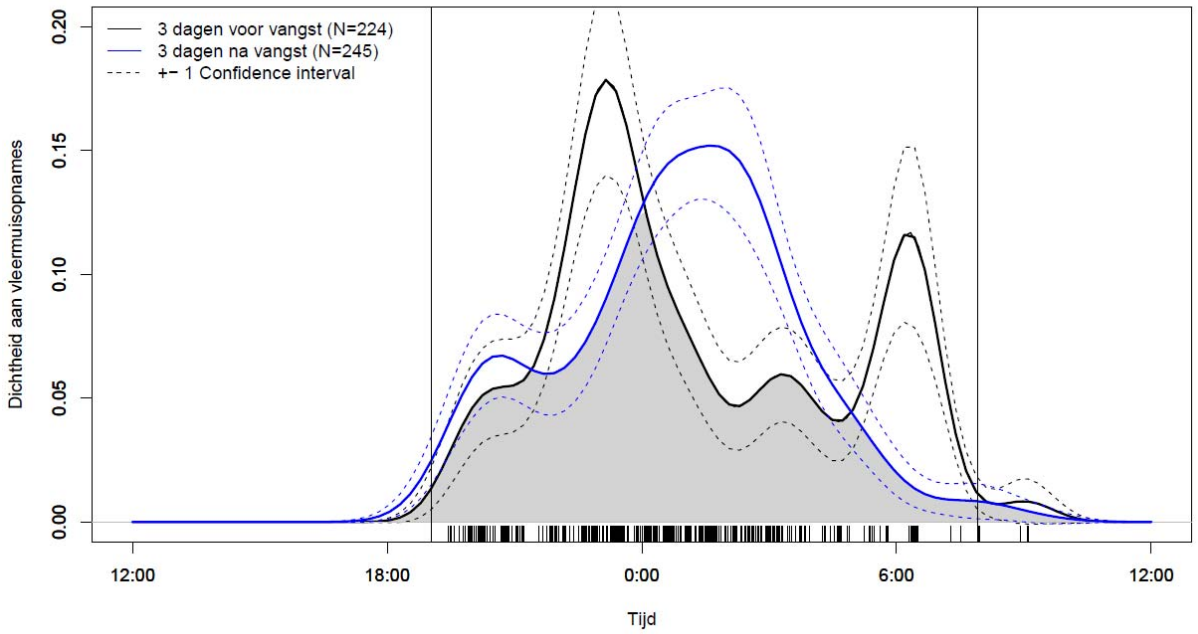
Fort Kessel: vangst 17/07/2014



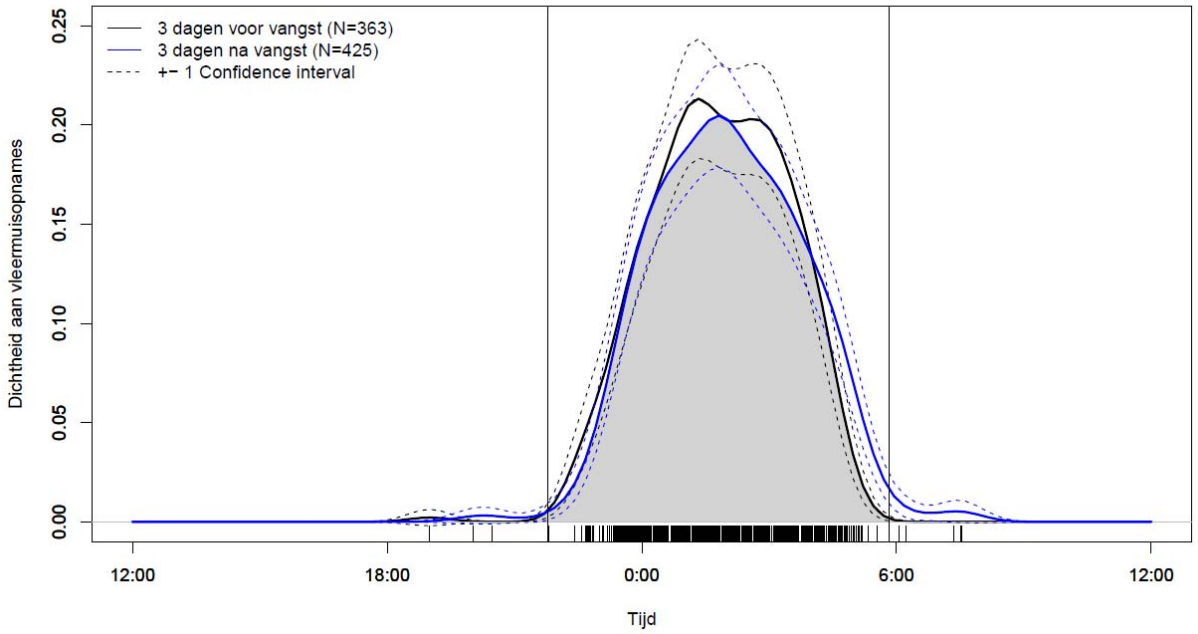
Fort Koningshooikt: vangst 24/08/2013

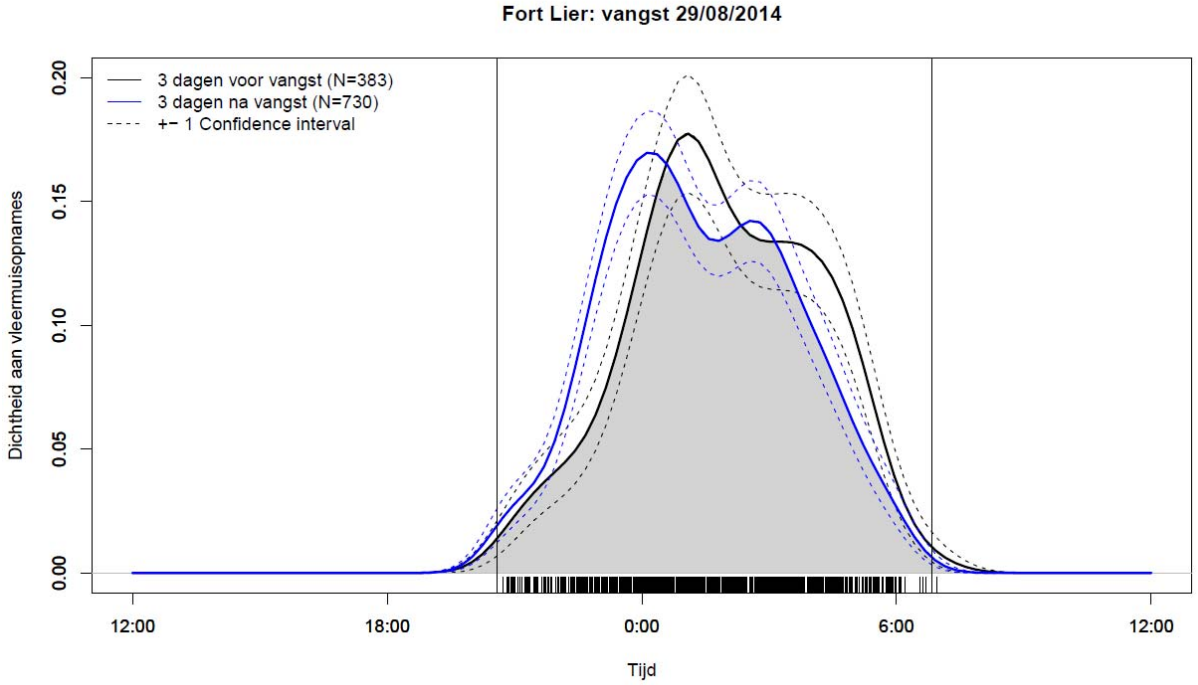


Fort Lier: vangst 10/10/2014

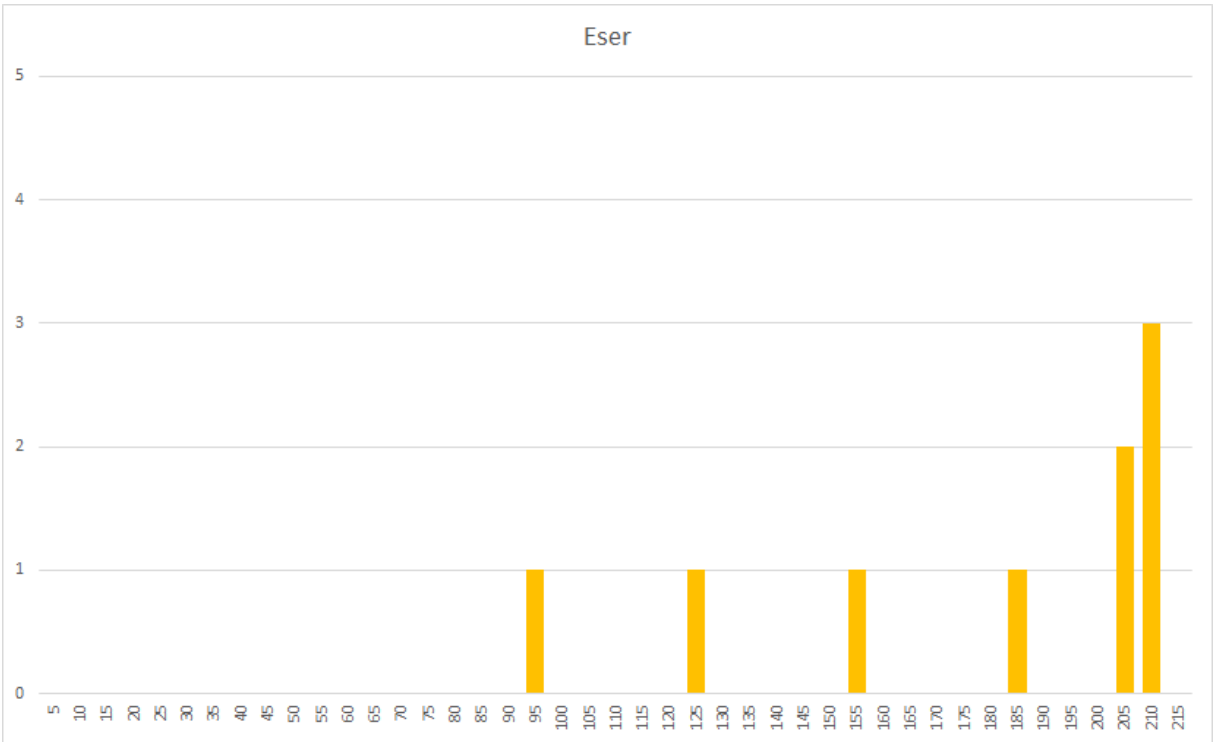


Fort Lier: vangst 18/07/2014

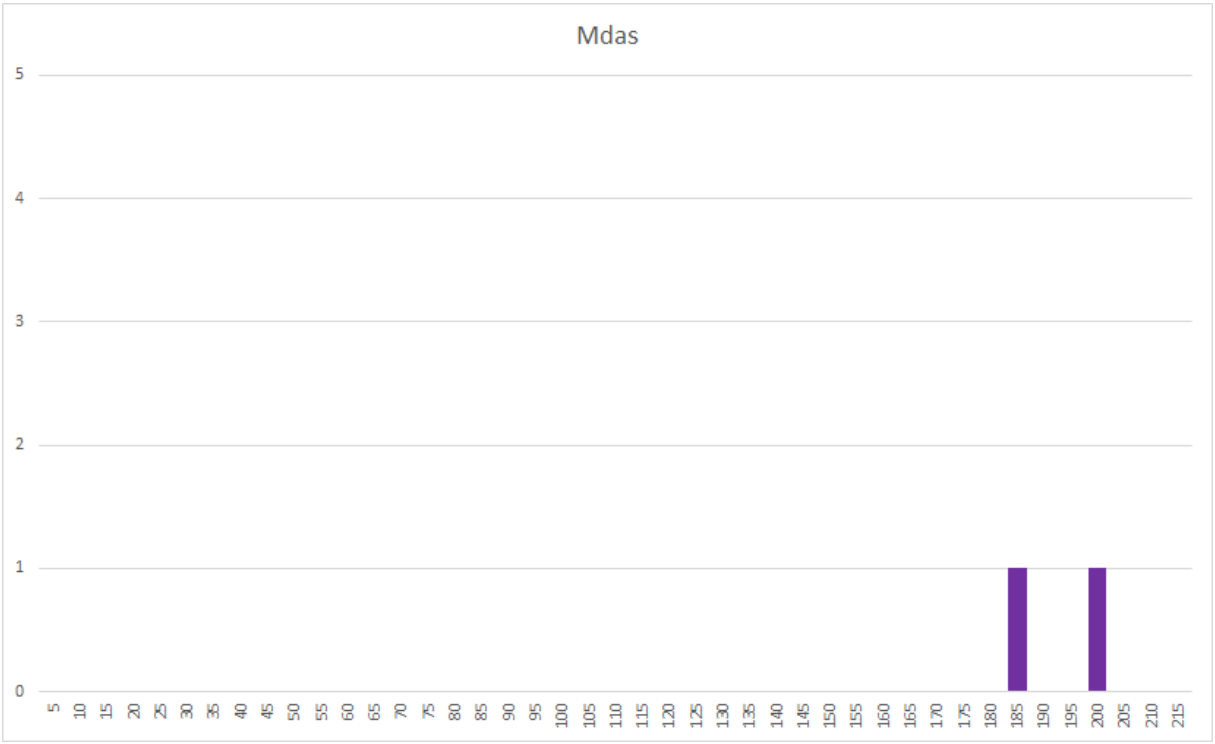




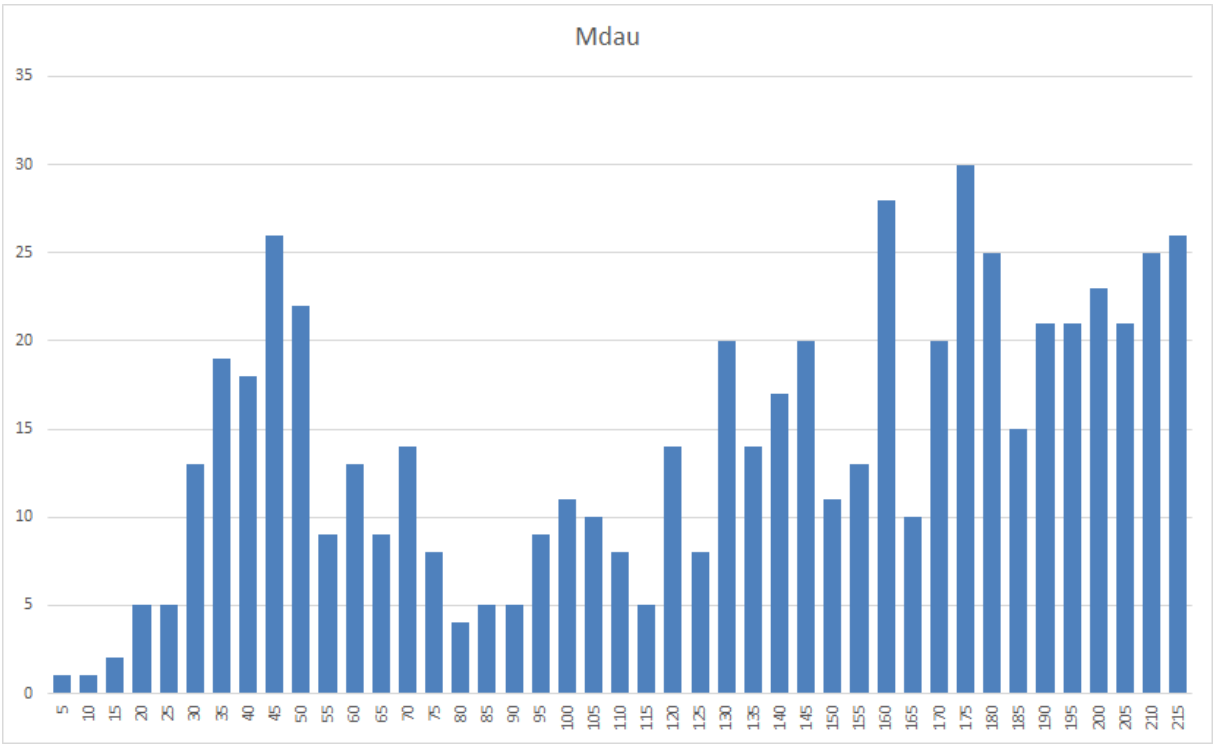
7.2 Vangstgrafieken per soort



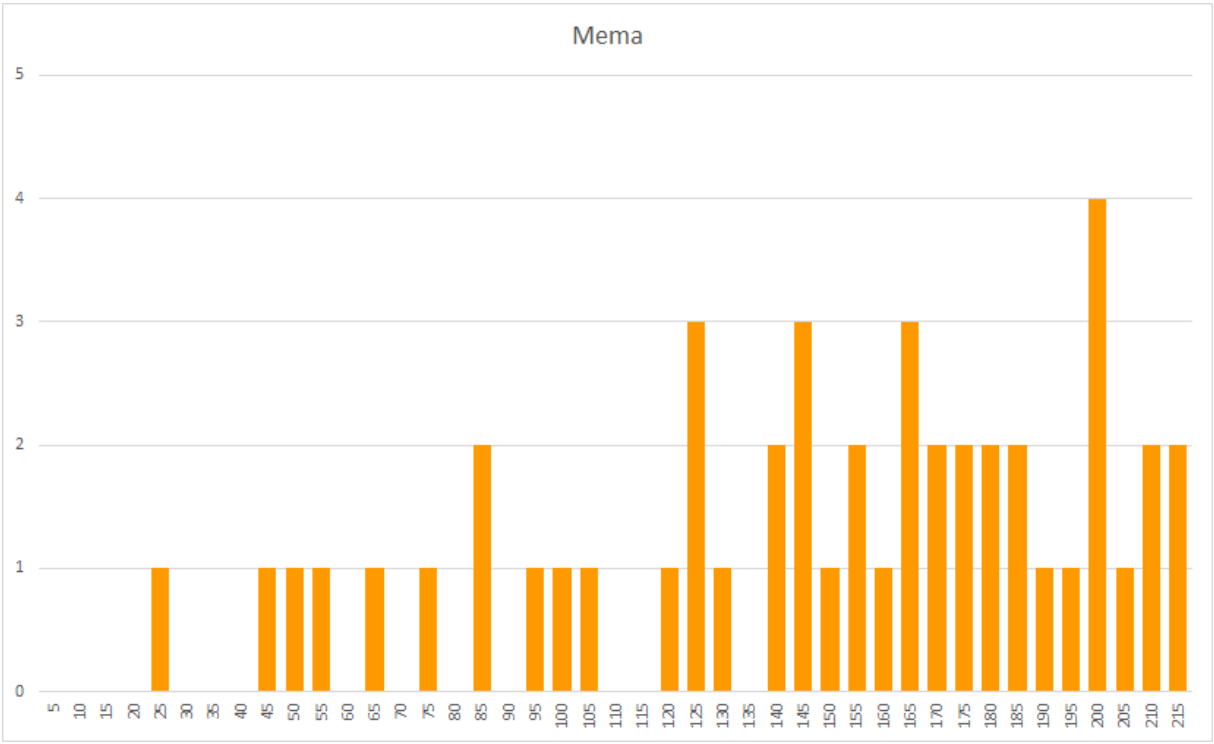
Grafiek 21: Overzicht vangsten van Laatvlieger per tijdsblok van 5 minuten na zonsondergang. De tijdsperiode werd hier beperkt tot 215 minuten, dit is de tijdsduur dat iedere vangstnacht minimum werd gevangen.



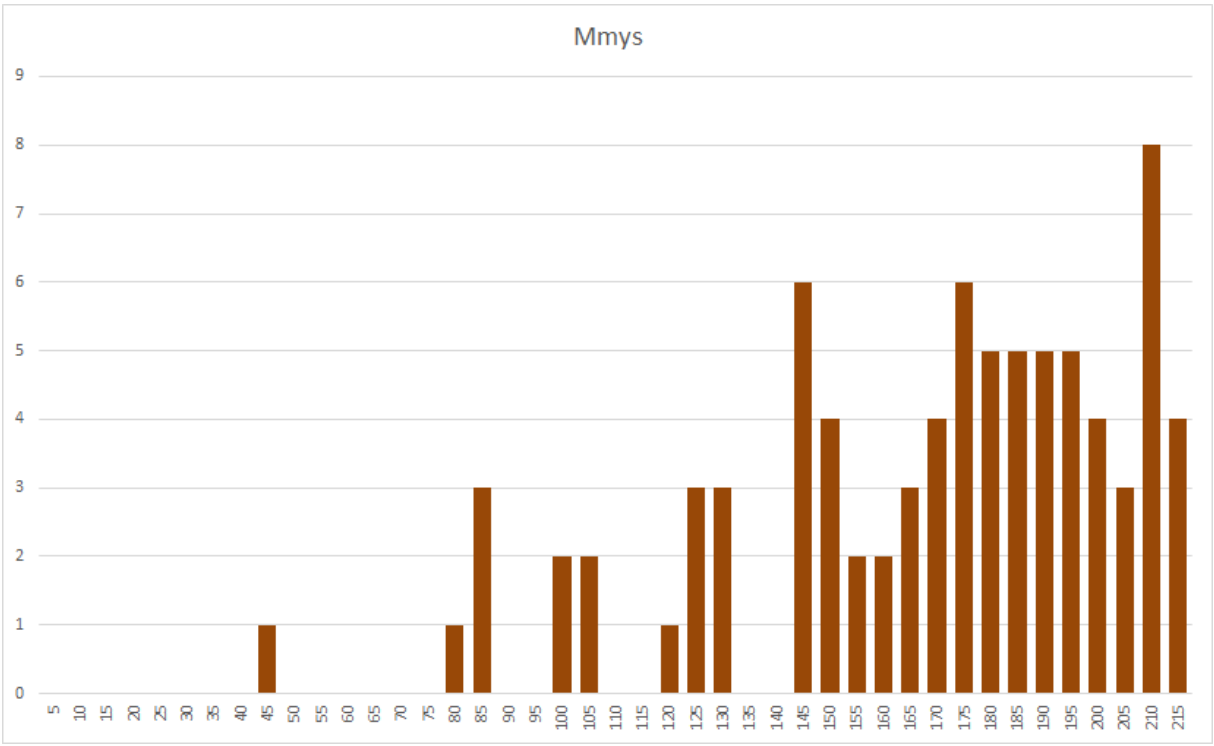
Grafiek 22: Overzicht vangsten van Meervleermuis per tijdsblok van 5 minuten na zonsondergang. De tijdsperiode werd hier beperkt tot 215 minuten, dit is de tijdsduur dat iedere vangstnacht minimum werd gevangen.



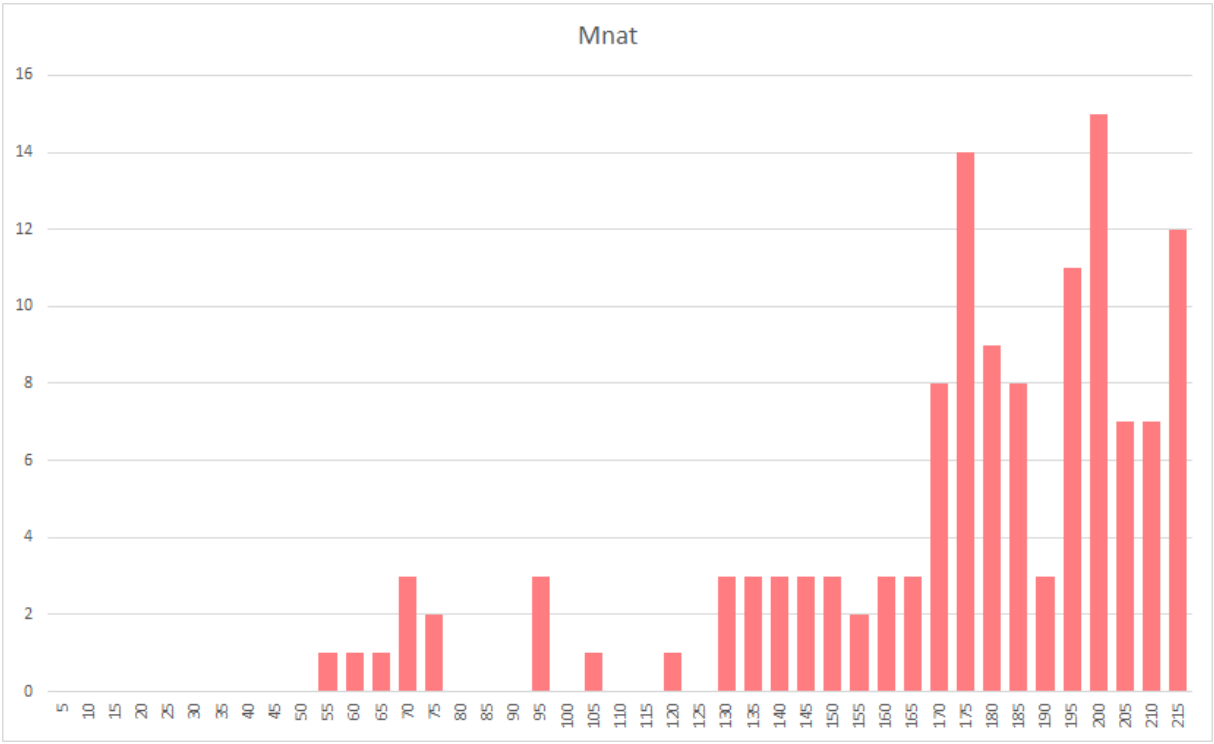
Grafiek 23: Overzicht vangsten van Watervleermuis per tijdsblok van 5 minuten na zonsondergang. De tijdsperiode werd hier beperkt tot 215 minuten, dit is de tijdsduur dat iedere vangstnacht minimum werd gevangen.



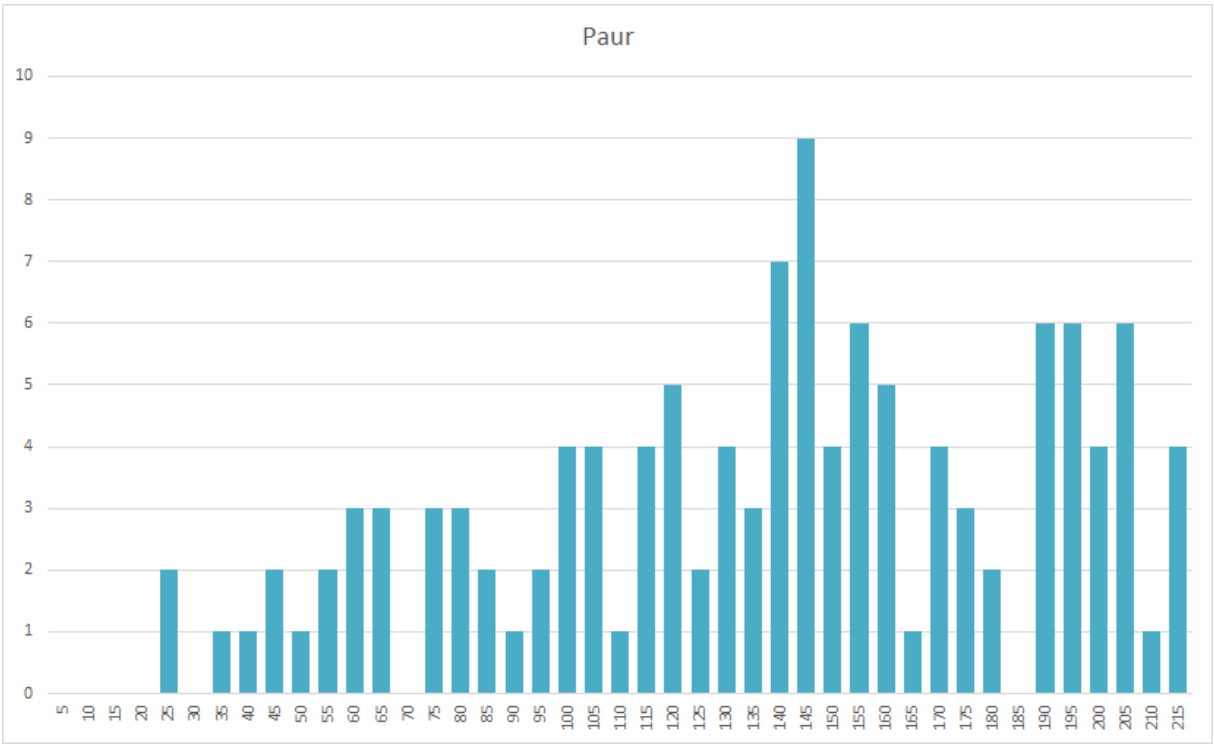
Grafiek 24: Overzicht vangsten van Ingekorven vleermuis per tijdsblok van 5 minuten na zonsondergang. De tijdsperiode werd hier beperkt tot 215 minuten, dit is de tijdsduur dat iedere vangstnacht minimum werd gevangen.



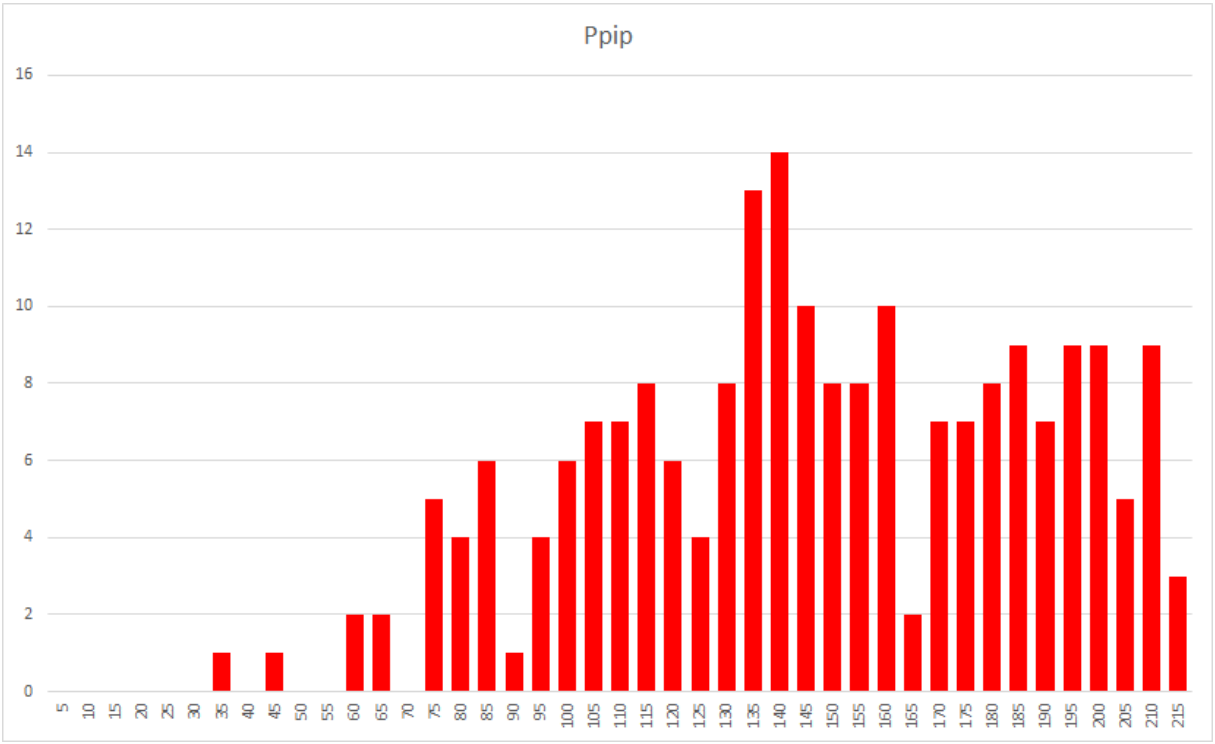
Grafiek 25: Overzicht vangsten van Baardvleermuis per tijdsblok van 5 minuten na zonsondergang. De tijdsperiode werd hier beperkt tot 215 minuten, dit is de tijdsduur dat iedere vangstnacht minimum werd gevangen.



Grafiek 26: Overzicht vangsten van Franjestaart per tijdsblok van 5 minuten na zonsondergang. De tijdsperiode werd hier beperkt tot 215 minuten, dit is de tijdsduur dat iedere vangstnacht minimum werd gevangen.



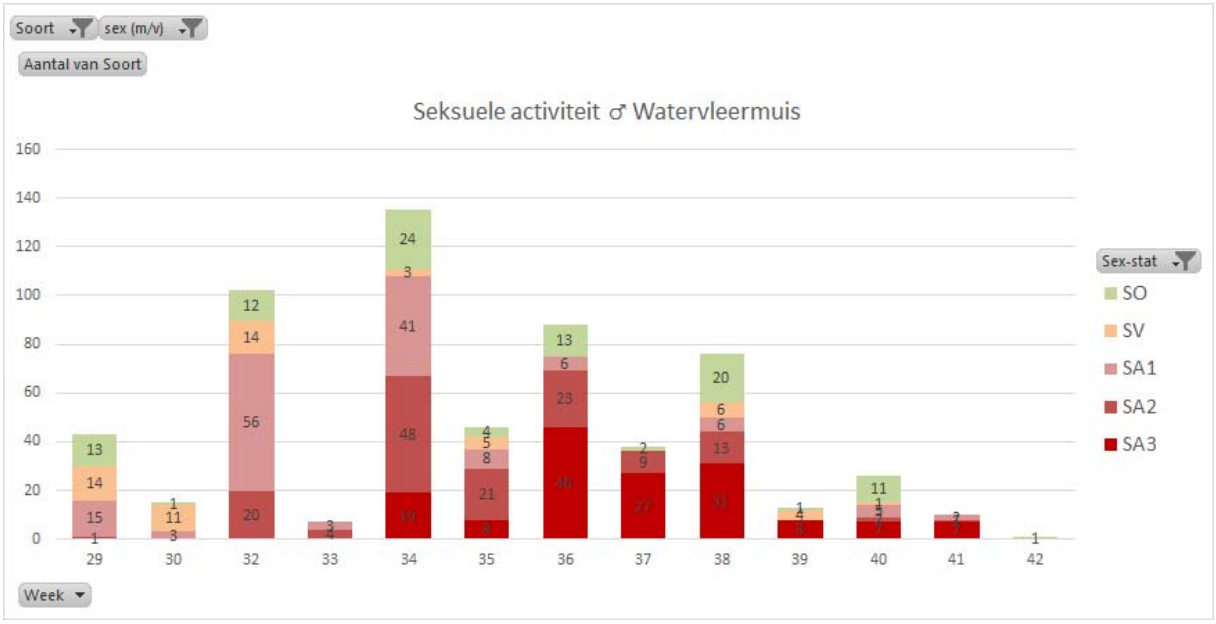
Grafiek 27: Overzicht vangsten van Gewone grootoorvleermuis per tijdsblok van 5 minuten na zonsondergang. De tijdsperiode werd hier beperkt tot 215 minuten, dit is de tijdsduur dat iedere vangstnacht minimum werd gevangen.



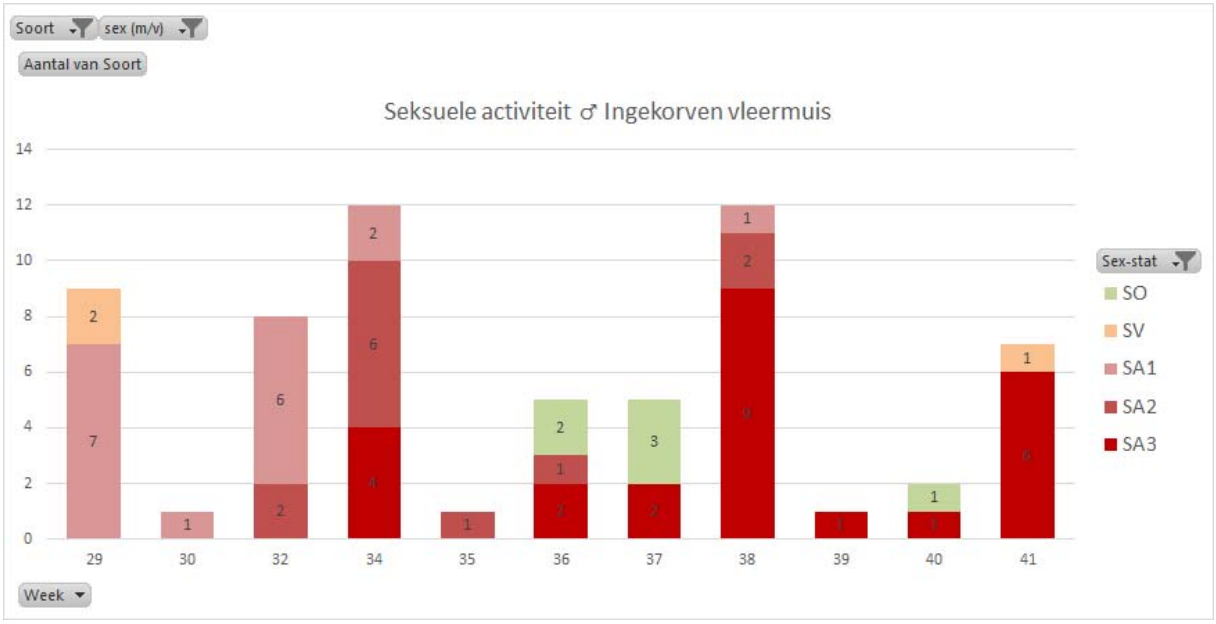
Grafiek 28: Overzicht vangsten van Gewone dwergvleermuis per tijdsblok van 5 minuten na zonsondergang. De tijdsperiode werd hier beperkt tot 215 minuten, dit is de tijdsduur dat iedere vangstnacht minimum werd gevangen.

7.3 Grafieken zwermperiodes en seksuele activiteit

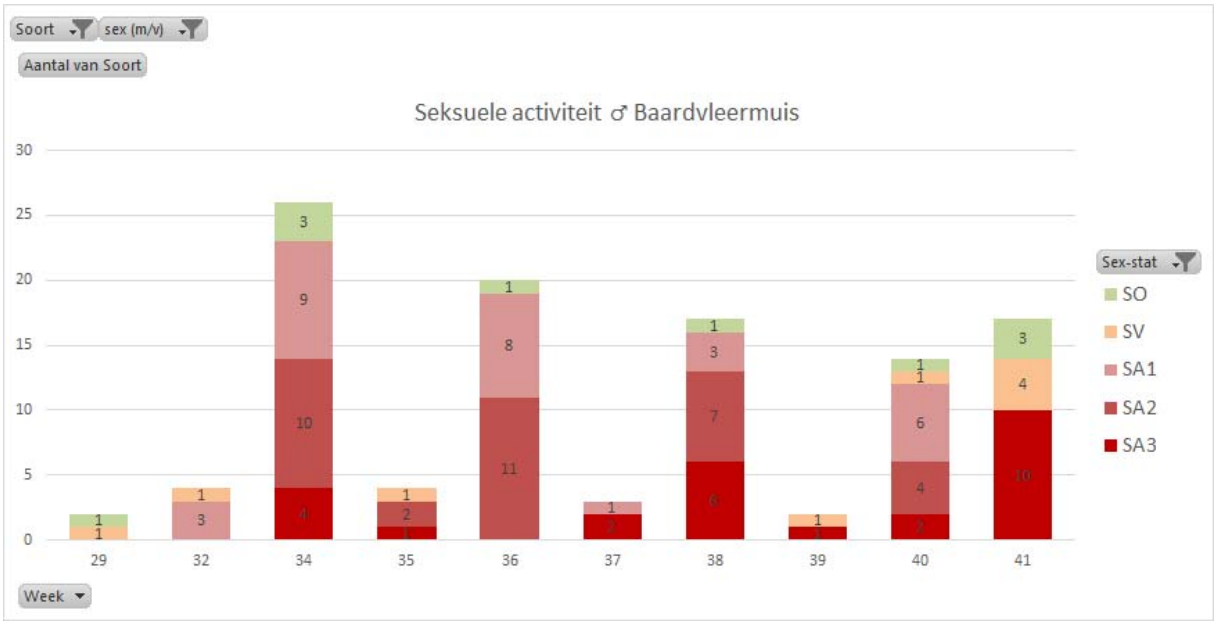
Merk op dat bij deze grafieken de verhouding tussen de verschillende seksuele statussen van belang is, en niet het aantal dieren. De aantallen gevangen vleermuizen zijn immers afhankelijk van de plaats en mate van onderzoek. Zo werden bijvoorbeeld in week 31 geen vangsten gehouden, werden in week 34 vier forten met een hoog aantal zwermende dieren onderzocht tegenover twee andere forten met een beperkt aantal dieren in week 39, en viel slechts een halve vangstnacht (van 0:00 tot 2:00) in week 42.



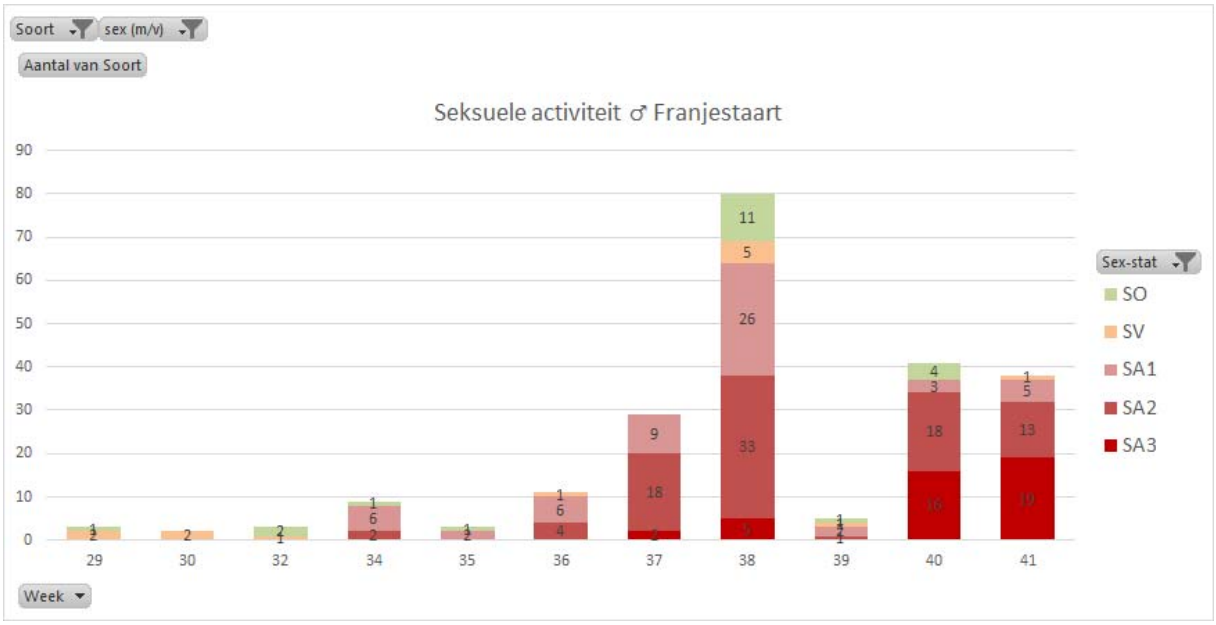
Grafiek 29:Seksuele activiteit van mannelijke Watervleermuizen over de loop van de onderzoeksperiode.



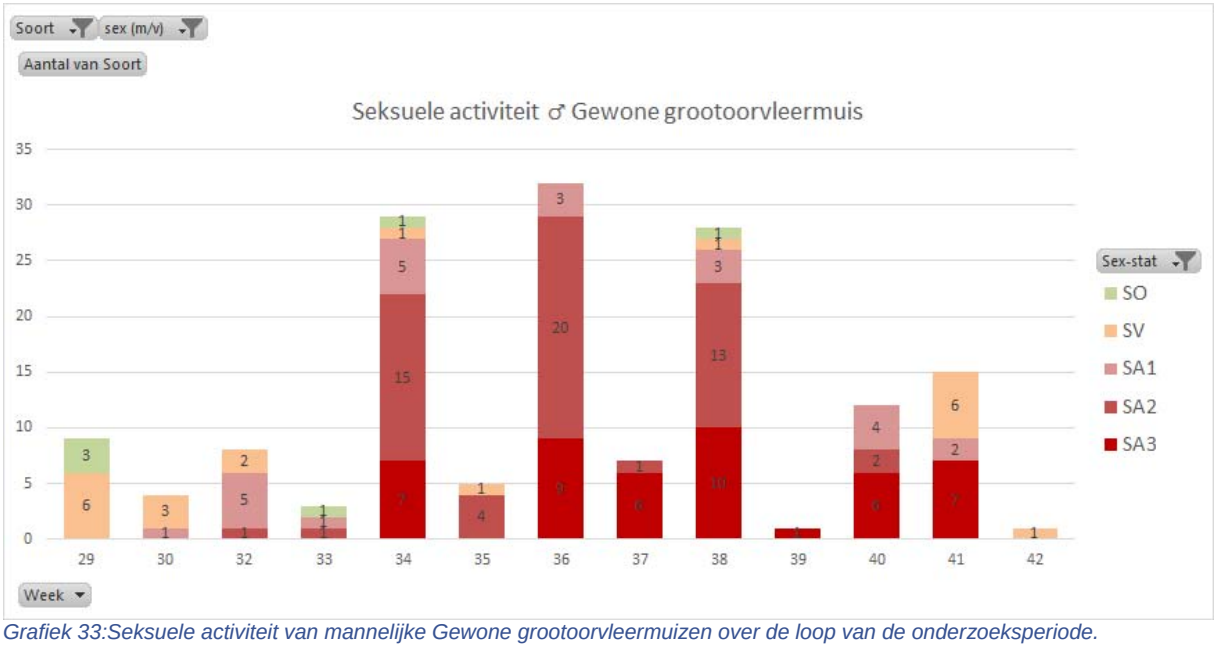
Grafiek 30:Seksuele activiteit van mannelijke Ingekorven vleermuizen over de loop van de onderzoeksperiode.



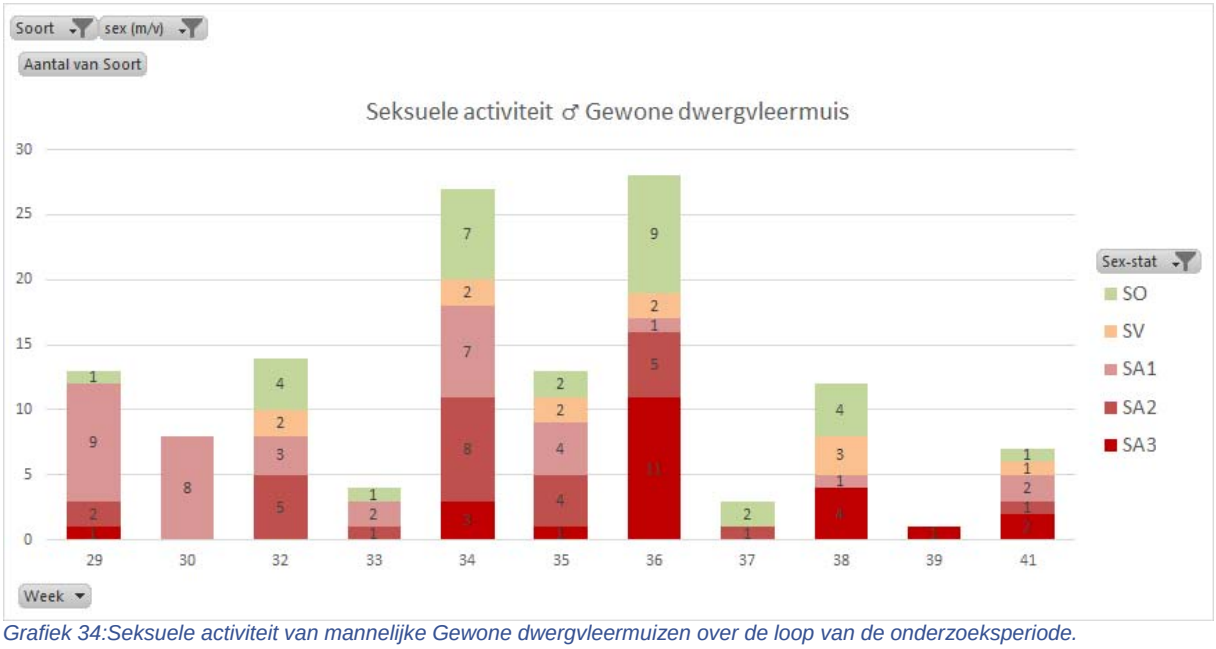
Grafiek 31:Seksuele activiteit van mannelijke Baardvleermuizen over de loop van de onderzoeksperiode.



Grafiek 32:Seksuele activiteit van mannelijke Franjestaarten over de loop van de onderzoeksperiode.



Grafiek 33:Seksuele activiteit van mannelijke Gewone grootoorvleermuizen over de loop van de onderzoeksperiode.



Grafiek 34:Seksuele activiteit van mannelijke Gewone dwergvleermuizen over de loop van de onderzoeksperiode.

Natuurpunt is de grootste natuurvereniging in Vlaanderen. Duizenden vrijwilligers en 400 professionele medewerkers werken voor de bescherming van belangrijke leefgebieden, soorten en landschappen. Om dit doel te bereiken beschermt de vereniging de resterende natuur in Vlaanderen door gebieden aan te kopen en beheren, door soorten en leefgebieden te bestuderen en monitoren, door mensen kennis te laten maken met de natuur en door beleidsbeïnvloeding op lokaal, regionaal en Europees niveau. Natuurpunt beheert meer dan 20.000 ha natuur verspreid over 500 natuurgebieden. 95.000 families zijn lid van Natuurpunt.