

Een methode voor actief onderzoek naar massawinterverblijfplaatsen van de dwergvleermuis (*Pipistrellus pipistrellus*) in stedelijke omgeving

Eric A. Jansen^{1,*}, Erik Korsten², Marcel J. Schillemans², Martijn Boonman³ & Herman G.J.A. Limpens^{2,*}

¹ Vliegend goed, Dorpsstraat 4, 6587 AX Middelaaar, Nederland, e-mail: eajansen@vliegend-goed.nl

² Zoogdierverseniging, Toernooiveld 1, 6525 ED Nijmegen, Nederland,
e-mail: herman.limpens@zoogdierverseniging.nl

³ Waardenburg, Varkensmarkt 9, 4101 CK Culemborg, Nederland

Samenvatting: Gewone dwergvleermuizen (*Pipistrellus pipistrellus*) komen in de winter soms samen in zeer grote groepen van enkele honderden tot duizenden dieren in zogenoemde massawinterverblijfplaatsen. In de stedelijke omgeving bevinden deze winterverblijfplaatsen zich vaak in spleten en andere ruimtes in slecht geïsoleerde gebouwen. De wettelijke verplichting om de CO₂-uitstoot te verminderen vormt een bedreiging voor deze overwinteringsplaatsen vooral wanneer de ingangen van de verblijfplaatsen worden afgesloten om warmteverlies te verminderen. Dit kan zelfs leiden tot het totale verlies van verblijfplaatsen in gebouwen. We beschrijven een onderzoeksmethode, gebaseerd op onze ervaringen in steden in Nederland, voor het lokaliseren van deze massawinterverblijfplaatsen van dwergvleermuizen door het lokaliseren van nazomer zwermgedrag. Als voorselectie van mogelijke winterverblijfplaatsen hebben we vrij toegankelijke gegevens over gebouwen gebruikt en overdag een visuele controle uitgevoerd. Deze methode combineert informatie over het gedrag van vleermuizen in specifieke delen van het stedelijk landschap, inclusief de kenmerken van gebouwen waarin deze massale overwinteringsplaatsen voorkomen en hun plek in het landschap. Wij beschrijven ook de timing en uitvoering van veldwerk gericht op het nazomer zwermgedrag. We beoordelen de status van deze gebouwen als massawinterverblijfplaats voor dwergvleermuizen met een onderzoeksplan in drie stappen: A. visuele inspecties overdag van vooraf geselecteerde gebouwen. B. Nachtelijke controles op nazomerzwermen bij de geselecteerde gebouwen. C. Controles tijdens koude winterperiodes bij gebouwen met nazomer zwermen, visueel, of door gecombineerde visuele en akoestische waarnemingen, of door langdurige akoestische opnamen. We nodigen vleermuisonderzoekers en natuurbeschermers uit om voort te bouwen op onze aanpak en deze aan te passen aan hun lokale omstandigheden. We dagen vleermuisonderzoekers ook uit om deze methode uit te proberen voor andere *Pipistrellus*-soorten.

Trefwoorden: massawinterverblijfplaats, zwermgedrag in de nazomer, gewone dwergvleermuis, actieve zoekmethode, langdurige akoestische opnamen.

Introductie

Van Europese vleermuissoorten is bekend dat ze een netwerk van verblijfplaatsen met ver-

schillende functies gebruiken, zoals kraam-, zomer-, parings- en overwinteringsplaatsen binnen een ondersteunend netwerk van voedselgebieden en verbindende landschapsele-

menten (bijv. Helmer & Limpens 1988, Limpens et al. 1989, 1997, Limpens & Kapteyn 1991, Simon et al. 2004). Voor effectieve analyses van de effecten van werkzaamheden op vleermuispopulatie zijn lokale gegevens over de aan- of afwezigheid van deze functies in het landschap voor vleermuizen noodzakelijk.

Beschikbare onderzoeksmethoden om de aanwezigheid van deze functies en soorten te onderzoeken, beperken zich vaak tot bepaalde soorten of bepaalde functies (bijv. Helmer et al. 1987, Limpens 1993a, 2001, Hundt 2012). De effectiviteit van verschillende onderzoeksmethoden voor het onderzoeken van de aanwezigheid van bijvoorbeeld een verblijfplaats van een bepaalde soort is afhankelijk van veel factoren. De meest beschreven factoren zijn het type, de waarneembaarheid en de intensiteit van het gebruik van de verblijfplaats, die het gedrag, de duur en voorspelbaarheid in de tijd en het aantal betrokken individuen bepalen (bijv. Helmer et al. 1987, Brinkmann & Limpens 1999, Hundt 2012).

De aanwezigheid van vliegroutes, jachtgebieden en zomerverblijfplaatsen van de dwergvleermuis (*Pipistrellus pipistrellus*) kan relatief eenvoudig worden onderzocht met behulp van vleermuisdetector-technieken (bijv. Helmer et al. 1987, Ahlén 1993, Limpens 1993a). Deze technieken kunnen voor bijna alle soorten in bijna alle landschappen worden toegepast. Tot 2008 ontbrak echter een systematische methode om massale overwinteringsplaatsen van gewone dwergvleermuizen te zoeken.

Het is bekend dat de gewone dwergvleermuis in het buitenland overwintert en zwermt in de buurt van ingangen van ondergrondse locaties, zoals grotten (bijv. Kretzchmar & Heinz 1995, Nagy & Szántó 2002, Kaňuch et al. 2010) en bij spleten in rotswanden (bijv. Hurst et al. 2016). In Nederland is bekend dat ze overwinteren in de bovengrondse delen van forten (Limpens & Jansen 2007) en schaarser in andere 'rotsachtige gebouwen' zoals poortgebouwen, kastelen en kerken (Jansen 2008a, 2012, 2017, Koelman 2010, Jansen et al. 2015). Hoewel de gewone dwergvleermuis in Neder-

land een veel voorkomende soort is, wordt hij zelden in grote aantallen aangetroffen in ondergrondse overwinteringsplaatsen (bijvoorbeeld grotten, tunnels) die meer typerend zijn voor de overwintering van bijvoorbeeld *Myotis*-soorten.

Er is vaak gesuggereerd, en recentelijk ook goed gedocumenteerd, dat de dwergvleermuis massawinterverblijfplaatsen kan vormen in bovengrondse stedelijke habitats (bijv. Bruijn 1986, Glas 1986, Degn 1989). In deze massale overwinteringsplaatsen verzamelen dwergvleermuizen zich met honderden tot duizenden individuen (bijv. Koch 1865, Roer 1979, Simon et al. 2004).

In de stedelijke omgeving zijn dit vaak slecht geïsoleerde gebouwen. De toevoeging van isolatiemateriaal maakt het niet alleen moeilijker voor vleermuizen om toegang te krijgen tot deze gebouwen, kan potentieel ook het specifieke microklimaat dat nodig is voor de winterslaap vernietigen. Verder is er een zeer groot risico dat vleermuizen worden ingesloten en sterven. Europese inspanningen om de CO₂-uitstoot te verminderen kunnen een bedreiging vormen voor zowel de dieren als de overwinteringsfunctie van locaties, vooral wanneer de functie van een gebouw voor vleermuizen nog onbekend is. Daarom is er dringend behoefte aan een effectieve onderzoeksmethode om locaties met massawinterverblijfplaatsen te vinden. Een actieve aanpak om dergelijke massawinterverblijfplaatsen in de stedelijke omgeving te lokaliseren, werd voor het eerst ingezet in 2008 (zie Korsten et al. 2016a).

Het is financieel niet haalbaar om alle gebouwen in een stad te controleren, daarom is een filtermethode nodig om de onderzoeksinspanning te concentreren waar deze het meest nodig is. We hebben richtlijnen ontwikkeld om de mogelijke aanwezigheid van massawinterverblijven van de gewone dwergvleermuis in stedelijke omgevingen te 'filteren' en te voorspellen met behulp van observatiegegevens van bekende en recent ontdekte massawinterverblijfplaatsen (bijv. van Noort & Jansen 1994, Sendor 2002, Jansen & Vreugdenhil

2009, Jansen et al. 2015b). Voor deze filtering hebben we publiek toegankelijke GIS-gegevens over gebouwkenmerken gebruikt (opgehaald uit Basisregistraties Adressen en Gebouwen) (Schillemans & Jansen 2014, Boekhout et al. 2016).

We hebben deze filtermethode gedurende een aantal jaren verder ontwikkeld en getest in verschillende projecten in verschillende steden in heel Nederland (Brekelmans & Korsten 2014). Er zijn tests uitgevoerd in de steden Amersfoort (Boonman 2014), Ede (Hommersen et al. 2017), Utrecht (Jansen 2008b, 2010, Schillemans & Jansen 2014, Bouman 2015, Boekhout et al. 2016), Tilburg (Korsten et al. 2014, 2016b, Jansen & Hollander 2015) en Zwolle (Brekelmans et al. 2015, Limpens et al. 2017).

In dit artikel presenteren we onze aanpak als een methode voor het actief zoeken naar massawinterverblijfplaatsen van de gewone dwergvleermuis in een stedelijke omgeving. Deze aanpak identificeert de functie van deze plaatsen, rekening houdend met de verschillen tussen nazomer- en winterzwermen. Na drie jaar als experimentele benadering te zijn beschouwd, is onze methode nu geaccepteerd en opgenomen in de Nederlandse Overheidsrichtlijnen voor Vleermuisonderzoeken (Netwerk Groene Bureaus 2021).

Een benadering in drie stappen voor het onderzoeken van locaties voor massawinterverblijfplaatsen

Er zijn drie stappen in onze aanpak voor het lokaliseren van (massa) winterverblijfplaatsen van de gewone dwergvleermuis in een stedelijke omgeving. In deel A beschrijven we de aanpak voor het filteren van potentiële massawinterverblijfplaatsen. In deel B beschrijven we hoe het onderzoekswerk in het veld voor nazomer zwermen kan worden uitgevoerd. In deel C presenteren we drie methoden om verder te verifiëren of een plek met in de nazomer zwermende vleermuizen ook werkelijk een massawinterverblijfplaats is.

A. De voorselectie van gebieden en locaties

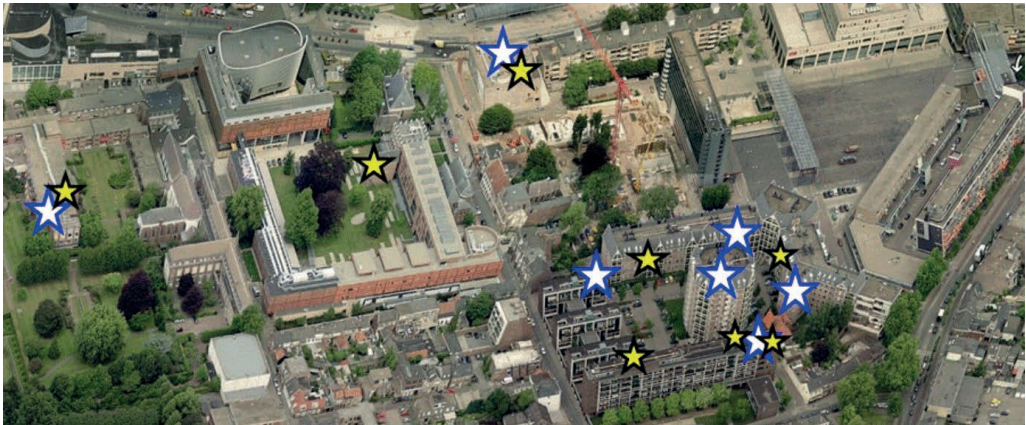
Informatie- en landschapsanalyses

Deze paragraaf onderzoekt de beschikbare informatie over het voorkomen en gedrag van vleermuizen in de context van het stedelijk landschap, waarbij de nadruk ligt op de soorten gebouwen en hun positie in het landschap om de selectie van dit type vleermuisverblijfplaatsen te begrijpen.

Vleermuisgedrag rond gebouwen

Buitenlandse studies leggen een verband tussen hinderlijk gedrag en massawinterverblijfplaatsen van deze soort (Smit-Viergutz & Simon 2000, Nusová et al. 2021). Dergelijke informatie wordt vaak gemeld aan plaatselijke vleermuiswerkers of aan dierenopvangorganisaties. Ook kan het zinvol zijn om deze informatie actief te verzamelen bij huurders van gebouwen, beveiligingsbedrijven en dierenopvangorganisaties. Figuur 1 geeft een voorbeeld van de informatie die beschikbaar kan komen, en de typen gedrag / aanwijzingen (tabel 1). Buitenlandse onderzoekers suggereren ook een relatie tussen concentraties van roepende mannetjes en massawinterverblijfplaatsen (Sachteleben & von Helversen 2006).

Onze studies konden de aanwezigheid van hogere concentraties van baltsende mannetjes en van paringsgebieden rond zwermplaatsen of langs landschapsstructuren die massawinterverblijfplaatsen verbinden met de omliggende gebieden, maar niet bevestigen. Rond de massawinterverblijfplaatsen in de steden Utrecht (Jansen 2008b, Boekhout et al. 2016) en Tilburg (Korsten et al. 2014, 2016b) zijn geen concentratie van roepende mannetjes gevonden. Hogere concentraties baltsende mannetjes en/of paringsgebieden werden niet waargenomen direct rond meer geïsoleerd liggende overwinteringsplaatsen zoals Fort Honswijk (Jansen & Vreugdenhil 2009), Fort Rijnauwen (Jansen et al. 2005), Fort 't Hemeltje (Jansen & Limpens 2011), Kasteel de Haar



Figuur 1. Overzicht van locaties met herhaalde meldingen van vleermuizen (gele sterren: overlast, invasies) en waargenomen zwermlocaties (blauwe sterren), een flatgebouw aan de Kloosterstraat (links), het voormalige gerechtsgebouw (boven-midden), een appartementencomplex aan het Kloosterhof (Links) en de Anna Paulownahof hoogbouw (rechtsonder) in Tilburg. Foto: Creative Commons Google Earth.

(Jansen 2008a) of de ruïne van kasteel Brederode (Koelman 2010). De ruimere omgeving rond deze sites werd niet onderzocht op baltzende mannetjes.

Uit onze onderzoeken hebben we geleerd dat ‘overlast’-gedrag kan wijzen op mogelijke massawinterverblijfplaatsen (figuur 1). De eerste substantiële aanwijzingen voor mogelijke winterverblijfplaatsen zijn te vinden in overlastgedrag in de nazomer, herfst of winter (tabel 1, figuur 1).

We concluderen dat vooral de informatie over locaties met vleermuisinvasies en andere vormen van vleermuisoverlast nuttig kan zijn bij het lokaliseren van massawinterverblijfplaatsen. Er is meer onderzoek nodig om de waarde van concentraties van baltzende mannetjes als indicator voor de aanwezigheid van massawinterverblijfplaatsen te evalueren.

Kenmerken van het gebouw

Ons onderzoek heeft geresulteerd in het identificeren van een breed scala aan gebouwtypes waar middernachtzwermen en winterslaap van gewone dwergvleermuizen worden waargenomen. Deze gebouwen variëren van oude kloosters en kastelen tot recent gebouwde hoogbouw en snelwegbruggen en -tunnels (tabel 2). Vaak, maar niet altijd, zijn deze

gebouwen relatief hoog in vergelijking met de omliggende gebouwen of het landschap (bijv. Jansen 2007, Brekelmans et al. 2015, Boekhout et al. 2016). Hoewel dit vaak niet genoemd wordt in de literatuur, behoren deze gebouwen vaak tot de meest dominante gebouwen in de stad (bijv. van Noort & Jansen 1994, Kaňuch et al. 2010, Sendor et al. 2012).

In onze studies hebben we vastgesteld dat de gebouwen die worden gebruikt voor nachtelijk zwermen en overwinteren over het algemeen zijn gebouwd met stenen (figuur 2) en/of beton, die beide een hoog temperatuurbufferend vermogen en/of een vorm van latente verwarming hebben.

Het hoge temperatuurbufferende vermogen wordt bereikt door dikke massieve muren, zoals die in kastelen en kerktorens uit de middeleeuwen voorkomen. In deze, vaak onverwarmde, gebouwen bevinden de overwinteringsplaatsen zich vaak binnen in het gebouw. Latente verwarming wordt veroorzaakt door warmtelekken of vorstbeveiliging van aangrenzende kamers in gebouwen zoals kantoorgebouwen, bejaardentehuizen, grote industriële gebouwen, ziekenhuizen, woonflats en statige huizen, of een uitgaande, warmere luchtstroom op koude dagen afkomstig vanuit de ondergrond of het binnenste deel

Tabel 1. Verschillende soorten overlastgedrag als indicatoren voor massawinterverblijfplaatsen.

Soort overlast	Opmerkingen
Jaarlijkse invasies van grote groepen jonge dwergvleermuizen die gebouwen binnengaan in augustus.	Als dit gebeurt, is de kans groter dat de betreffende plaats een winterverblijfplaats is.
Terugkerende problemen met vleermuizen die het alarm laat afgaan in gebouwen.	Als dit buiten het kraamseizoen gebeurt, is de kans groter dat de betreffende plaats een winterverblijfplaats is.
Terugkerende vondsten van enkele of kleine groepen vleermuizen, het hele jaar door, in kamers binnen de gebouwen.	Als dit buiten het kraamseizoen gebeurt, is de kans groter dat de betreffende plaats een winterverblijfplaats is.
Terugkerende vondsten van dood aangetroffen vleermuizen in gebouwen of op nabijgelegen terrassen in september of eind februari tot april.	Als dit gebeurt, is de kans groter dat de betreffende plaats een winterverblijfplaats is.
Gerapporteerde overlast van vleermuisuitwerpselen op balkons in de late herfst en winter.	Als dit gebeurt, is de kans groter dat de betreffende plaats een winterverblijfplaats is.

Tabel 2. Typen gebouwen gebruikt door gewone dwergvleermuizen als overwinteringsplaats en nazomer zwermlocatie.

Type gebouw	Referenties in Nederland	Referenties buiten Nederland
Oude kastelen	Glas 1986, Jansen 2008a, Koelman 2010	Sender et al. 2000, Nusová et al. 2021
Kloosters	Bruijn 1986	
Follies (groot)		v. Noort & Jansen 1994
Kerken (vóór 1800)	Koelman 2002, Jansen 2017	
Militaire barakken (grondgedekt)	Jansen et al. 2005, Jansen 2011, Jansen & Limpens 2011	
Poternes (korte militaire tunnels, grondgedekt)	Jansen 2011, Jansen & Limpens 2016	
Poortgebouwen	Glas 1986, Jansen persoonlijke observaties	
Appartementgebouwen	Boekhout et al. 2016, Korsten et al. 2016, Hommersen et al. 2017	
Ziekenhuizen	Jansen 2010, Boonman 2014, Brekelmans et al. 2015	Vierhaus et al. 2013
Bejaardentehuizen	Jansen 2007	
Parkeergarages	Jansen ongepubliceerde resultaten	A. Wiermann pers meded.
Kantoorgebouwen & flats	Glas 1986, Jansen 2008b, Bouman 2015, Boekhout et al. 2016	
Fabrieksgebouwen	Glas 1986, Boekhout et al. 2016	Simon et al. 2004
Moderne betonnen bruggen (>5m boven maaiveld)		J. Koetnitz pers. meded. / persoonlijke observaties
Verkeerstunnels	Limpens pers. meded.	J. Koetnitz pers. meded. / persoonlijke observaties

van het gebouw (zoals in sommige forten en hoge gebouwen). Deze gebouwen kunnen kelders en/of spouwmuren hebben die tot onder het maaiveld reiken. Verdere studies zouden het belang van dergelijke constructiekenmer-

ken voor een succesvolle winterslaap van de dwergvleermuis moeten onthullen. De combinatie van sommige van deze kenmerken indiceert dat vleermuizen de voorkeur geven aan locaties met stabielere temperaturomstandig-



Figuur 2: Gewone dwergvleermuizen zwermen bij een massawinterverblijfplaats bij het voormalige gerechtsgebouw in Tilburg.

heden, ongeacht de winterse omstandigheden.

We veronderstellen dat het warmere klimaat van binnensteden ook van belang kan zijn voor zwermende en/of overwinterende vleermuissoorten zoals de gewone dwergvleermuis, die in de winter regelmatig actief is en dan ook buiten vliegt (Avery 1985, Zahn & Kriner 2016). Dit warmere binnenstedelijke klimaat resultert ook in meer beschikbare/geschikte winterverblijfplaatsen.

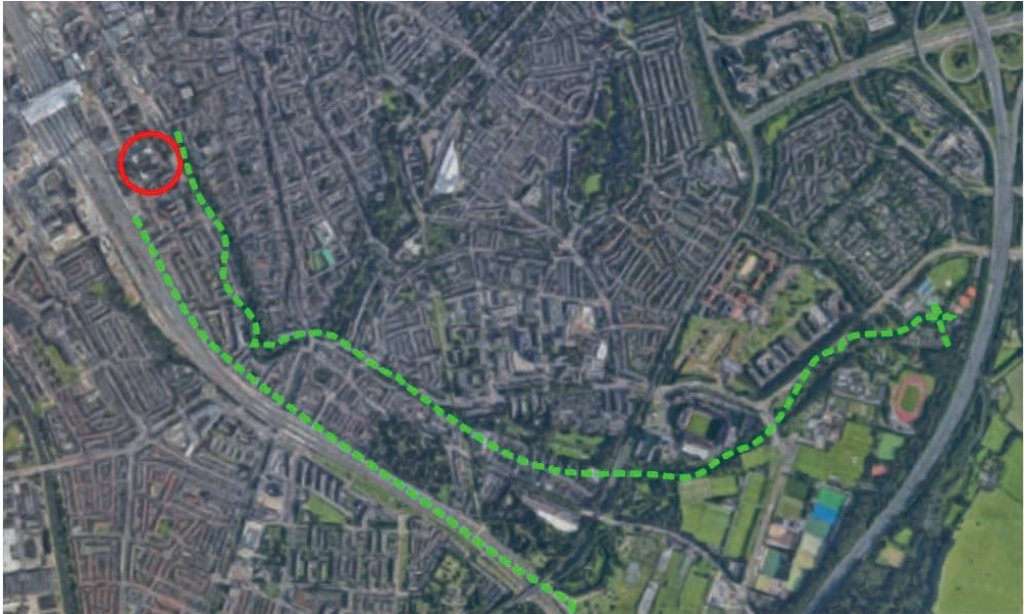
We concluderen dat een voorlopige selectie van potentiële massawinterverblijfplaatsen kan worden gemaakt met behulp van luchtfoto's, GIS, analyse van bouwconstructies (leeftijd, omvang, aanwezigheid verdiepingen, warmtekenmerken (energielabel) en gegevensverzameling op de grond van deze potentiële gebouwtypen.

Landschapkenmerken

Onze resultaten duiden erop dat vleermuis nazomerzwermlocaties vaker worden gevonden in de buurt van bepaalde landschapselementen zoals met bomen omzoomde rivieren, kanalen of spoorlijnen, onderling verbonden

delen van begraafplaatsen en parken (Jansen 2008c), wegen en snelwegen omzoomd met bomen - die allen stedelijke gebied met de omgeving verbinden. (figuren 3 en 4). Er zijn massawinterverblijfplaatsen gevonden in centra van stedelijke gebieden (bijv. Brekelmans et al. 2015, Jansen et al. 2015, Boekhout et al. 2016), andere, minder centrale stadsgebieden (Korsten et al. 2016, Hommersen et al. 2017), suburbane gebieden (bijv. Jansen 2008a, 2011, 2017) en landelijke gebieden (bijv. Jansen & Vreugdenhil 2009).

In theorie zou het gunstig zijn voor gewone dwergvleermuizen om te overwinteren in het warmere klimaat van binnensteden, waar verblijfplaatsen warmer zijn en winterdagen vaker mild zijn, waardoor foerageren vaker mogelijk is (Avery 1985). Het is echter mogelijk dat er in sommige stadscentra geen geschikte gebouwen zijn om in te overwinteren en bovendien is het bekend dat de gewone dwergvleermuis de voorkeur geeft aan bekende (reeds eerder bezette) winterverblijfplaatsen (Sensor 2002).



Figuur 3. Mogelijke vliegroutes via kanalen, bosjes en een rivier, maar ook langs spoorlijnen naar HGB 3 ofwel de 'Inktpot', een massawinterverblijfplaats in de stad Utrecht. Foto: Creative Commons Google Maps.



Figuur 4. Mogelijke vliegroutes naar de massawinterverblijfplaats Weezenlanden in de stad Zwolle, langs kanalen en een rivier. Foto: Creative Commons Google Maps.

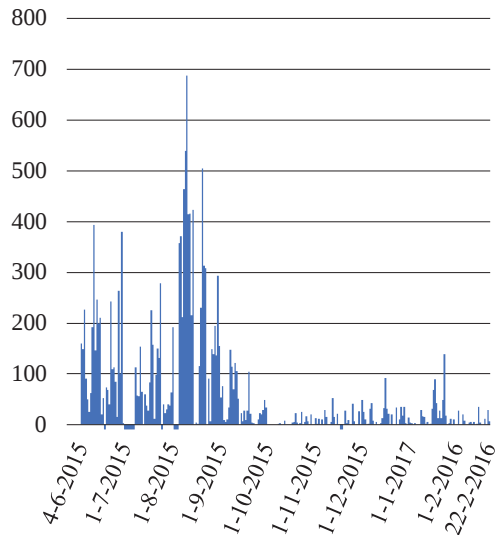
Vleermuisgedrag aan de rand van stedelijke gebieden

Tijdens nachten waarin zwermactiviteit plaatsvindt bij potentiële massawinterverblijfplaatsen kunnen vleermuizen worden waargenomen langs bepaalde vliegroutes naar de massawinterverblijfplaats. We ontdekten dat het gedrag op deze vliegroutes, wanneer ze uit de buitenwijken komen, afwijkt van dat op de dagelijkse vliegroutes omdat de dwergvleermuizen hoger in de lucht vliegen bij het passeren van open gebieden en woonblokken. De vliegroutes tijdens het nazomierzwermen zijn vaak ook langer dan de dagelijkse vliegroutes tussen zomerverblijfplaatsen en jachtgebieden.

Dit soort incidentele waarnemingen, die al beschikbaar zijn, of het gebruik van gericht veldwerk om te controleren op dergelijk gedrag op vliegroutes, kunnen helpen om aan te geven waar te beginnen met het zoeken naar de massawinterverblijfplaatsen. Het vaststellen van de richtingen van deze vliegroutes kan echter moeilijk zijn in een binnenstedelijke omgeving, waar het zicht op de lucht mogelijk wordt geblokkeerd door gebouwen. Het plaatsen van waarnemers in open gebieden aan de rand van stedelijke gebieden kan voor betere inzichten zorgen. Niet-foeragerende/passerende dwergvleermuizen zijn redelijk goed te horen, maar individuele dieren zullen moeilijk te observeren zijn doordat ze hoog vliegen en door verstoring van het zicht door kunstlicht of hogere gebouwen die zichtlijnen blokkeren. De grotere akoestische activiteit van gewone dwergvleermuizen in deze migratiezones kan ook worden opgepikt met akoestische autotransecten (Nusová et al. 2021) of stationaire detectoren (Hurst et al. 2016), maar het weer en de datum zijn belangrijke cofactoren bij de geregistreerde totale nachtelijke activiteit.

B. Het actieve onderzoekswerk

Met behulp van deze voorlopige locaties of gebiedsselectiecriteria kan actief onderzoek worden gestart om eventueel zwermgedrag



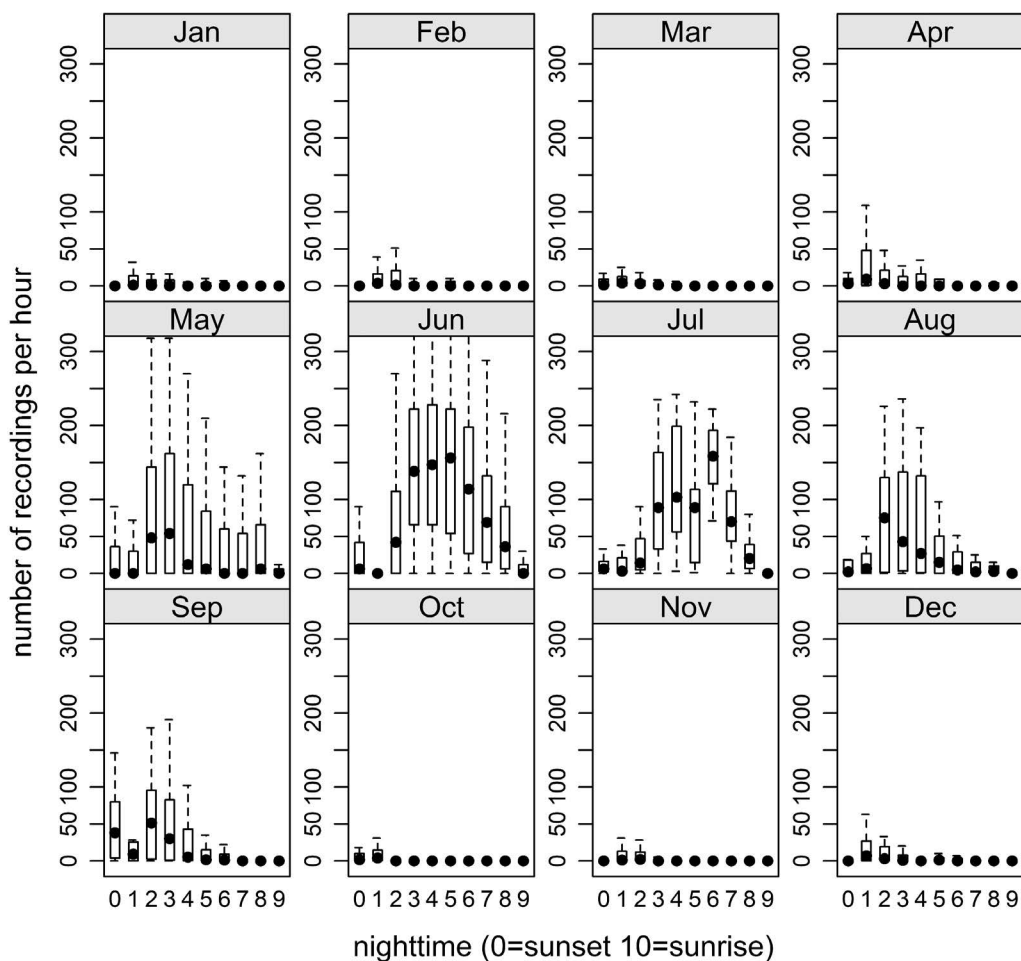
Figuur 5. Aantal geluidsopnames van gewone dwergvleermuizen bij een zwermlocatie, Gerechtsgebouw Tilburg tussen 4 juni 2015 en 22 februari 2016. Negatieve waarden geven aan dat de opname-apparatuur niet functioneerde.

vast te stellen vanaf een uur voor middernacht.

Timing van onderzoeksperioden

De massawinterverblijfplaatsen in onze studies in Nederland vertonen de hele zomer nachtelijk zwermgedrag, van juni tot oktober, met de hoofdactiviteit tussen eind juli en begin oktober. Uit onze opnames blijkt dat het zwermgedrag van vleermuizen het meest intensief is in de eerste helft van augustus (figuur 5). Figuur 6 toont hoge activiteit in dezelfde periode maar met extra hoge akoestische activiteit in mei en juni. Deze latere piek in activiteit was te verklaren door de aanwezigheid van een zomerslaapplaats op dezelfde locatie. Alleen in dit eerdere onderzoek was deze zomerverblijfplaats aanwezig.

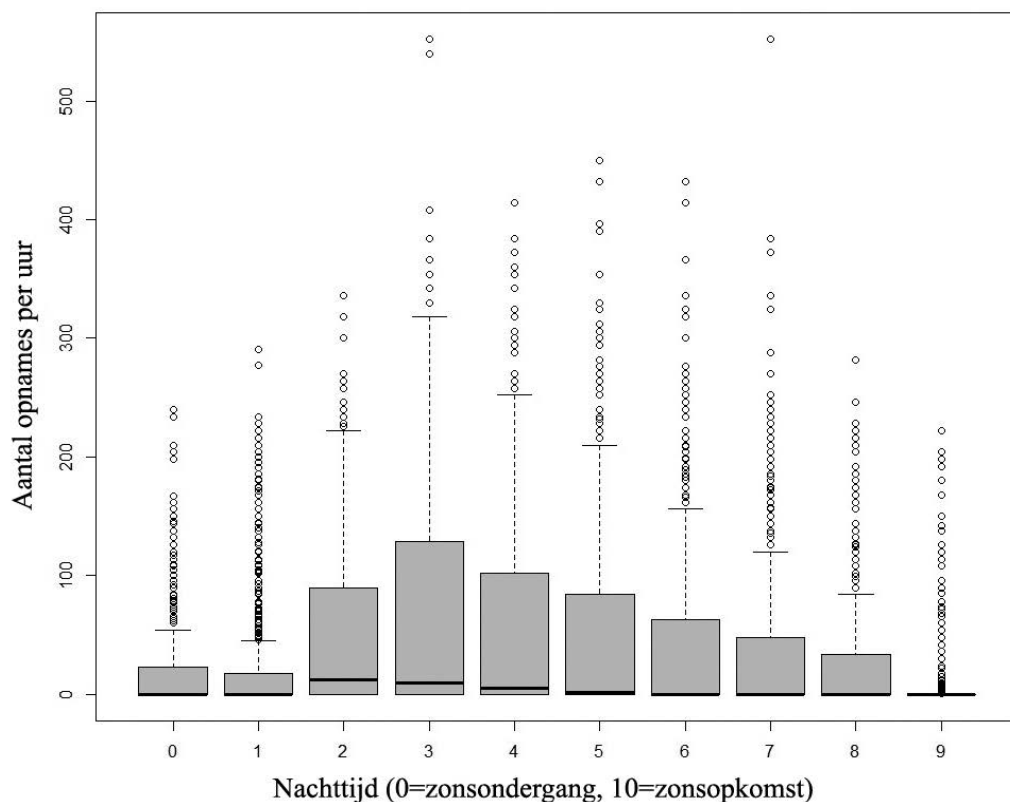
De pieken in aantallen nazomer zwermdende vleermuizen doen zich voor op rustige, warme nachten tussen ongeveer twee uur na zonsondergang en twee uur voor zonsopgang (figuur 7). Bij minder gunstige weersomstandigheden kan nog altijd zwermactiviteit van enkele individuen worden waargenomen. Alleen bij



Figuur 6. Seizoensverschillen in de akoestische activiteitspatronen van dwergvleermuizen bij Gerechtsgebouw Tilburg. Het aantal opnamen per uur wordt gegeven voor gestandaardiseerde nachtcategorieën. De hoge aantallen in mei en juni zijn het gevolg van een zomerverblijfplaats van ca. 25 dwergvleermuizen. De akoestische monitoring stopte bij zonsopgang.

slecht weer, zoals harde wind of regen, stopt de activiteit (van Noort & Jansen 1994). We gebruikten waarnemingen van zwermactiviteit in de nazomer bij reeds bekende grotere winterverblijfplaatsen als referentie om op de juiste nachten met een hoge nazomer zwermactiviteit op pad te gaan. Hiervoor hebben we ons gebaseerd op de nazomer zwermactiviteit bij gebouwen zoals het hoofdkantoor van de NS (HGB3), het Gerechtsgebouw te Tilburg en het voormalig Ziekenhuis Weezenlanden (figuur 8).

We ontdekten dat individuen 's nachts komen en gaan, soms in golven, soms gelijkmatiger verspreid over de tijd. Vanaf oktober vestigt zich een winterpopulatie met een toename van het aantal vleermuizen dat naar het gebouw toekomt en het gebruikt voor de overwintering. Vanaf oktober is er een afname van het aantal aankomende zwermende vleermuizen, wat resulteert in minder waarneembare activiteit bij het gebouw (figuur 5). De toename van het aantal overwinterende vleermuizen is geleidelijk vanaf het begin van de winter en met



Figuur 7. Akoestische activiteit van dwergvleermuizen, gemeten als het aantal opnames per uur, in de loop van de nacht. De boxplot met mediaan geeft de gegevens, opgeteld van augustus 2010, voor Gerechtsgebouw Tilburg. 0 geeft zonsondergang aan. De akoestische monitoring stopte bij zonsopgang.

name sterker tijdens koude perioden (Simon et al. 2004). De temperaturen in Nederland in de late herfst en winter schommelen van -10 °C tot +25 °C, met een winterdaggemiddelde van 3,8 °C (KNMI, Klimaatnormalen 2010-2020). We verwachtten daarom dat er vleermuizen zouden arriveren na een daling van de nachttemperaturen, om zich voor te bereiden op de winterslaap. Tijdens koude periodes in de late herfst en winter (oktober/november – maart) vonden we nieuwe aankomsten van vleermuizen bij winterverblijfplaatsen en zwerm pieken als reactie op de koudere weersomstandigheden (figuren 6 en 7).

Andere studies tonen aan dat het nazomer zwermgedrag van de gewone dwergvleermuis kan worden waargenomen van begin juli tot begin oktober, en dat er ook wat zwermgedrag

is in mei (Sendor & Simon 2000, Sendor 2002).

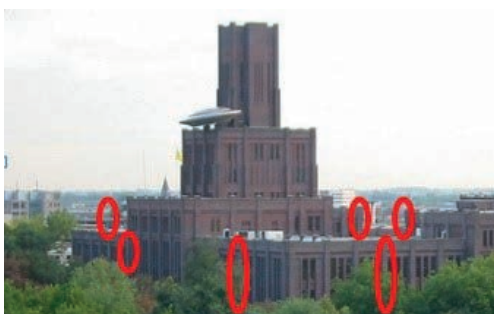
We concluderen dat de beste periode om de aan- of afwezigheid van dit type zwermgedrag aan te tonen van begin augustus tot half september is, wanneer volwassen vrouwtjes en juvenielen van beide geslachten tegelijkertijd deelnemen (Simon et al. 2004). Zwermactiviteit wordt dan waargenomen vanaf ongeveer een uur na zonsondergang en de activiteit stopt kort daarna snel. De piek in zwermactiviteit in deze periode is aannemelijk een combinatie van zwermactiviteit van (enige) reeds aanwezige vleermuizen en pas aangekomen vleermuizen.

Nachtelijk veldwerk in de nazomer en herfst

Onze onderzoeken werden uitgevoerd met behulp van dezelfde methode als gebruikt



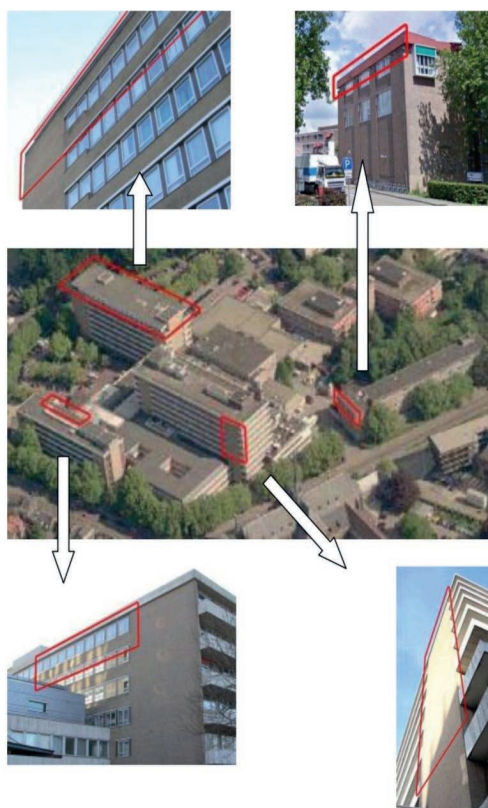
Figuur 8. Voormalig ziekenhuisgebouw dat onderdak bood aan een massawinterverblijfplaats van gewone dwergvleermuizen. Foto: Creative Commons Wikipedia.



Figuur 9. Nazomerzwermlocaties bij een massawinterverblijf in een kantoorgebouw (HGB3 "Inktpot") in de stad Utrecht. Foto: Creative commons Google earth.

wordt voor het onderzoeken van het ochtendzwermen bij zomer- en kraamkolonies, met behulp van vleermuisdetectoren (bijv. Limpens 1993). Het zwermgedrag tijdens middernacht in de nazomer is vergelijkbaar met, maar niet identiek aan, het zwermgedrag dat wordt waargenomen in de ochtenduren bij kraamverblijfplaatsen van gewone dwergvleermuizen (zie tekstvak).

Gebouwen die potentieel geschikt waren als massa winterverblijfplaatsen of deelgebieden met dergelijke gebouwen werden gedurende de juiste periode van de nacht en het seizoen bezocht. Om alle kanten van het gebouw te verkennen, werden gebouwen en gebieden te voet of op de fiets onderzocht. Voor een effectieve beoordeling van grotere, complexere gebouwen (figuren 1, 8, 9, 10) was een team van waarnemers nodig. In verschil-



Figuur 10. Microsites waar middernachtelijk zwermgedrag in de herfst werd waargenomen bij een voormalig ziekenhuisgebouw in Weezenlanden.

lende onderzoeken leidde het patrouilleren in grotere stedelijke gebieden met de nadruk op gebouwen die mogelijk overwinteringsplaatsen zijn tot de ontdekking van enkele andere zwermlocaties die niet vooraf uit de selectie kwamen (bijv. Bouman 2015, Boekhout et al. 2016). We hebben ten minste twee keer tijdens het seizoen drie tot vijf keer per nacht onderzoek gedaan bij gebouwen met een hoog potentieel om winterverblijfplaatsen te zijn. Reeds bekende winterverblijfplaatsen werden gevolgd om te bepalen of zwermen regelmatig op een bepaalde tijd en datum plaatsvond.

We concluderen uit ons onderzoek dat het nazomer zwermgedrag van dwergvleermuizen bij winterverblijfplaatsen een opvallend fenomeen is dat gedurende een lange periode van het jaar en een lange periode van de

Verschillende soorten zwermgedrag

Zwermgedrag bij een kraamverblijfplaats

Zwermen bij kraamverblijfplaatsen is het best beschreven door Helmer et al. (1987) en Limpens (1993). Er is een patroon dat elk individu lijkt te volgen, hoewel individuele vleermuizen zich op een bepaald moment in verschillende stadia van dat patroon kunnen bevinden, en meerdere van de hier beschreven gedragselementen zich gelijktijdig kunnen voordoen. Bij kraamverblijfplaatsen komen vier of vijf stadia van individueel zwermgedrag voor. Eerst vliegt de vleermuis meerdere keren rond of over het gebouw terwijl zij zich geleidelijk concentreert op de voorkant van de gevel waar de ingang zou kunnen zijn. In het tweede stadium concentreert de vleermuis zich meer op deze kant van het gebouw en de ingang, en maakt zij kleinere cirkels voor en net iets onder of naast de ingang. In het derde stadium nadert de vleermuis de ingang en de muur, vliegt omhoog naar onder de ingang en draait zich weer weg. In het vierde stadium landt de vleermuis op de muur net onder de ingang, maar vliegt dan na korte tijd weer weg en herhaalt dit gedrag een of twee keer. Ten slotte nadert de vleermuis van onder of net naast de ingang, landt op het oppervlak en kruipt snel door de ingang. Steeds meer individuen die het laatste stadium van zwermen bereiken, beginnen te landen en gaan meteen de verblijfplaats in. Zwermen komt ook voor op paarplaatsen. Andere mannetjes worden verjaagd, maar vrouwtjes worden achtervolgd. Op het laatst zwermen kleine aantallen vleermuizen rond een verblijfplaats.

Nazomer-zwermgedrag (bij een verblijfplaats)

Tijdens het nazomer zwermen worden gewoonlijk dwergvleermuizen waargenomen die 's avonds laat de verblijfplaats bezoeken, maar dan weer vertrekken. Zwermen is meestal hoog, en vleermuizen vliegen langs en over het gebouw, schijnbaar om grote delen van het gebouw te inspecteren. Tijdens deze veronderstelde inspecties beginnen vleermuizen te cirkelen en te zwermen op een van de locaties nabij en voor spleten die als ingang kunnen dienen, en maken tevens vluchten die zijn gericht op de daadwerkelijke ingang, maar zelden wordt gezien dat vleermuizen het gebouw binnengaan. Soms verschuiven ze hun interesse naar een andere ingang. Een paar uur na middernacht, als de ochtend nadert, neemt het aantal vleermuizen af. De vleermuizen lijken te zijn verdwenen zonder het gebouw binnen te gaan. Maar voor een waarnemer, vooral iemand die niet bekend is met de plek, kan het moeilijk zijn om te onderscheiden wat er boven zijn of haar hoofd gebeurt. De plek(ken) die de vleermuizen uitkiezen zijn van onderaf niet goed zichtbaar. Herhaling van het onderzoek is dan nodig zijn om onderscheid te maken tussen zwermen bij potentiële winterverblijfplaatsen en zwermen bij andere soorten verblijfplaatsen, zoals paarplaatsen. Men dient erop te letten dat dit gedrag grotendeels binnen een gebouw plaatsvindt wanneer de microsite voor de winterslaap zich in het gebouw bevindt en er een grote binnenruimte beschikbaar is.

Vleermuizen die in het midden van de meteorologische herfst, tegen het einde van september, zwermen bij een massawinterverblijfplaats, zullen zwermen zoals hierboven beschreven. Maar er zullen ook meer individuen worden waargenomen die potentiële toegangen naderen, erop landen en binnengaan. In dit stadium beginnen de vleermuizen - maar waarschijnlijk niet de volledige groep die deze site mogelijk kan gebruiken - de bouwstructuur en de verschillende microsites te bezetten.

Waarnemingen van vleermuizen die later in de winter na een koude periode zwermen bij een massa winterverblijfplaats kunnen worden gebruikt om de overwinteringsstatus en het relatieve belang van de verblijfplaats vast te stellen (zie sectie C), opnieuw door zwermen opgeteld met daadwerkelijke landing en binnengaan.

Gedrag op een paarverblijfplaats

Op een paarverblijfplaats blijft het zwermgedrag vaak beperkt tot een paar gewone dwergvleermuizen en gaat het gepaard met duidelijk achtervolgingsgedrag en baltsgedrag (een herhaalde reeks van sociale roepjes). In bijzondere gevallen is een paarverblijf aanwezig op de zwermlocatie.

nacht kan worden waargenomen. Dit nazomer zwermgedrag kan verward worden met ander vleermuisgedrag in de nazomer. Voor wie niet bekend is met dit fenomeen kan het nuttig zijn om te beginnen met het observeren van zwermen bij een bekende massawinterverblijfplaats, om kennis te maken met dit soort vleermuisgedrag. Dit gedrag is moeilijker waar te nemen op grotere hoogte (>8 m). Het gebruik van aanvullende hulpmiddelen zoals infrarood- of warmtebeeldcamera's of het matig gebruik van sterke zaklampen wordt in dergelijke situaties geadviseerd. Sterke zaklampen moeten voorzichtig worden gebruikt omdat felle verlichting op de zwermplekken vleermuizen afschrikt en de zwermactiviteit gedurende een lange periode sterk kan verminderen. Wanneer waarnemingen wijzen op een groep nachtzwermmende vleermuizen is het nuttig om de locatie dezelfde nacht en de volgende nachten een paar keer opnieuw te bezoeken om dit gedrag te bevestigen.

C. Het vaststellen van een massawinterverblijfplaats

De resultaten van onze onderzoeken overdag en 's nachts tijdens de late zomer onthulden een lijst van verschillende gebouwen met vastgestelde nazomer zwermactiviteit. Deze lijst bestond uit een mix van gebouwen met grote (15-80 individuen), middelgrote (5-15 individuen) of kleine groepen (1-5 individuen)

nazomer zwermmende dwergvleermuizen. Het observeren van nazomer zwermen op een bepaalde locatie betekent niet noodzakelijkerwijs dat het een belangrijke locatie is of zelfs dat het gebouw geschikt is voor (massale) overwintering of voldoet aan de ecologische eisen van gewone dwergvleermuizen tijdens de strengste winterperiodes. In Nederlandse winters ligt de temperatuur meestal boven het vriespunt, met enkele koudere periodes. Daarom hebben wij geëxperimenteerd met drie methoden om de status van een gebouw als (massa)winterverblijfplaats te onderzoeken: een visuele inspectie van de verblijfplaats, bewijs van zwermen en het binnengaan van de slaapplekken tijdens koude periodes, bewijs van gebruik door uitvliegende dieren tijdens een warme periode na een koude periode in de winter en langdurige akoestische monitoring.

Visuele winterinspectie van microsites

Een methode die we gebruikten om de status van een gebouw als winterverblijfplaats voor dwergvleermuizen te onderzoeken, is door een grondige, visuele winterinspectie met behulp van sterke lichten, inspectiespiegels, endoscopen, ladders en platforms. We hebben onze visuele inspecties uitgevoerd tijdens of kort na een periode van koud weer. Deze inspecties bevestigden ook (een deel van) de micro-sites (figuur 11), dat wil zeggen de feitelijke sites in of aan een gebouw waar de vleermuizen overwinteren. Onze inspecties

leidden vaak tot observaties van individuele vleermuizen of compacte clusters van vleermuizen in de spleten (figuur 12). Een andere inspectiemethode die we gebruikten was om de muren te openen, of gebruik te maken van shade (bijvoorbeeld door slecht beheer) aan het gebouw om vleermuizen of hun uitwerpselen te zoeken. Wanneer spouwmuren te groot, complex van structuur, grotendeels intern en/of moeilijk bereikbaar zijn voor een close-up inspectie, is visuele inspectie van een gebouw voor overwinterende vleermuizen vaak niet haalbaar. We hebben drie andere methoden getest die de status van een (massa) winterverblijfplaats van dwergvleermuizen kunnen aantonen.

Door dicht bij of verder weg te kruipen van een buitenmuur of door omhoog of omlaag te bewegen in een spouwmuur van een gebouw kunnen vleermuizen in de optimale temperatuurzone voor overwintering blijven. Dit kan zelfs door vleermuizen in een staat van semi-lethargie worden gedaan (Bachorec et al. 2021). In de winter kunnen de vleermuizen meer naar de oppervlakte gaan (figuur 12), afhankelijk van het weer, de warmte die het gebouw uitstraalt en de stabiliteit van de temperatuur (warmtebuffer) in het gebouw. Als er relatief veel warmteverlies is van de gebouwen kunnen de vleermuizen zelfs bij kouder weer op vrij blootgestelde locaties worden aangetroffen. Verrassend genoeg vonden we in sommige gevallen vleermuizen in blootgestelde situaties bijna aan de buitenkant van gebouwen (zie Jansen 2008a, Brekelmans 2015).

Belangrijke locaties voor massale overwintering zijn die waar tot enkele honderden vleermuizen gedurende langere perioden worden aangetroffen tijdens onderzoeken in de late zomer en vroege herfst. De volgende uitdaging is om de daadwerkelijke winterrust te bevestigen, evenals de status van de massale winterverblijfplaats.

Controles op uitzwermen en binnenkomen tijdens koude periodes

In onze studies in Utrecht en Tilburg hebben



Figuur 11. Voorbeeld van microsites waar in de winter van 2014-2015 overwinterende individuen werden waargenomen bij het voormalige ziekenhuis Weezenlanden in Zwolle.

we gecontroleerd of een deel van de gebouwen (massa) winterverblijfplaatsen waren door te controleren op winterzwermen en op het binnengaan van vleermuizen in de eerste paar nachten tijdens een koude periode (zie Korsten et al. 2014, Brekelmans et al. 2015). We wachtten tot de eerste nacht met een sterke temperatuurdaling en onderzochten de locatie gedurende de volgende twee nachten met behulp van vleermuisdetectoren, zaklampen en warmtebeeldcamera's, te beginnen een uur na zonsondergang. Na een sterke temperatuurdaling (tot onder 0 °C) hebben we gedurende de eerstvolgende nachten een sterke zwermactiviteit waargenomen. Winterzwermen en vleermuizen die gebouwen binnengaan werden waargenomen bij temperaturen tot -7 °C. We merkten ook een snelle daling van de activiteit tijdens deze koude nachten; de zwermactiviteit stopte bijna geheel 2-2,5 uur na zonsondergang, gedurende twee of drie opeenvolgende dagen en nachten. Toen vleermuizen na een temperatuurdaling 's nachts arriveerden en zwermde, zagen we ze ook op het gebouw landen en spleten binnengaan. Dit vereiste een goed zicht op de microsites.

Het opnieuw observeren van vleermuizen die de winterverblijfplaats verlaten als de temperatuur stijgt na een koude periode is een andere optie (Jansen 2008b), maar alleen als de micro-winterverblijfplaats bekend is. Dit werkt bij korte, zeer warme periodes midden



Figure 12. De spleten op de balkons van een voormalig ziekenhuisgebouw met gewone dwergvleermuizen die deze plek gebruiken voor hun winterslaap, februari 2015. Foto: Erik Korsten.

in koudere winters (Jansen 2008b). Het optreden van een dergelijke weersverandering is zeldzaam en zeer moeilijk te voorspellen.

Zwermgedrag tijdens warme periodes in de winter en het vroege voorjaar kan worden verward met dwergvleermuizen die foerageren op insecten die bij warm winterweer ook rond gebouwen kunnen zwermen (bijv. *Operophtera brumata*) of insecten die op warme gebouwoppervlakken rusten.

Akoestische bevestiging van een (massa) winterverblijfplaats

Sommige gebouwen of plaatsen met nazomer/herfstzwermen zijn 's nachts moeilijk te bereiken. In die situaties zetten we gedurende lange tijd stand-alone apparatuur in, zoals geautomatiseerde ultrasone recorders (zie Kañuch et al. 2010, Brekelmans et al. 2015, Jansen & Hollander 2015) of videocamera's. We analyseerden de gegevens en zochten naar patronen van hoge akoestische vleermuisactiviteit in relatie tot koude periodes die het gebruik en de functie van een bepaalde locatie in de winter bevestigen (figuren 13 en 14). Wanneer waarnemingen in de late zomer wezen op een (massa) winterverblijfplaats van gewone dwergvleermuis, bleek bij nadere inspectie soms dat dit niet het geval was. We raden veldwerkers sterk aan om een tweede controle uit te voeren. Deze tweede controle kan tijdens de winter een visuele controle zijn op overwinterende dwergvleermuizen in het gebouw (in binnen- of buitenmuurspleten of gaten) tijdens langdurige vorstperiodes. Bij zeer koud weer kunnen de dieren echter die-

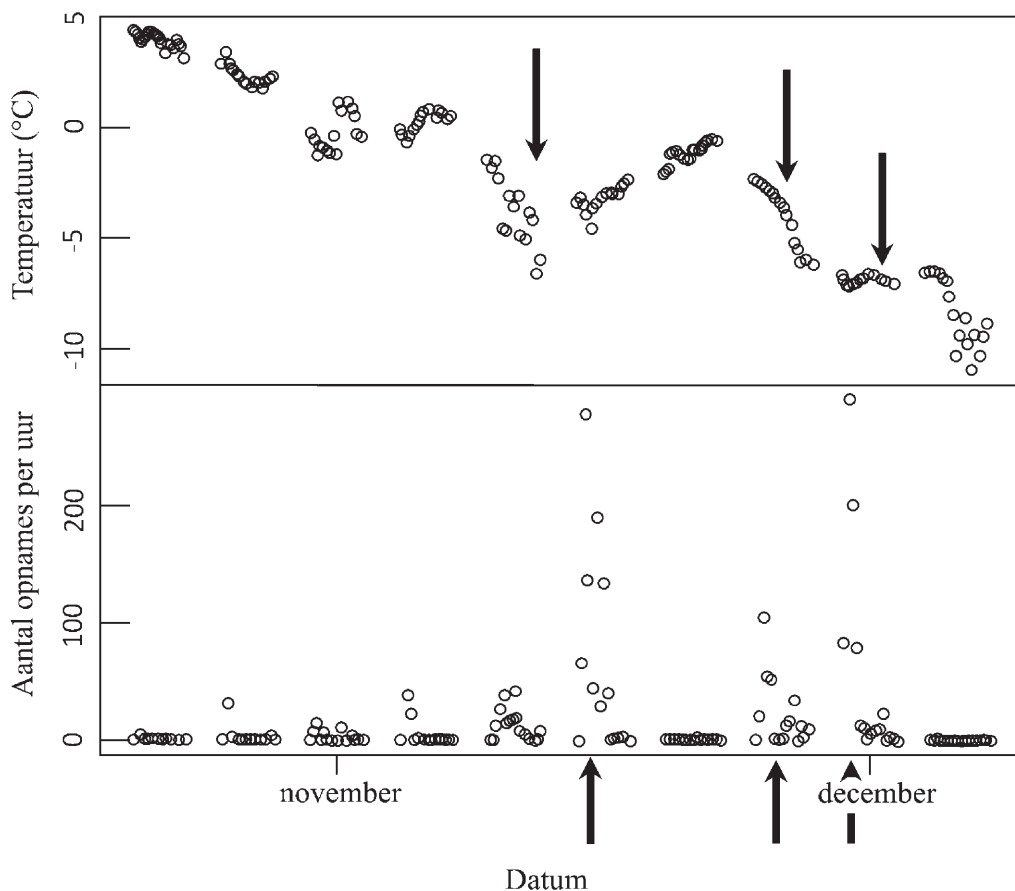
per in de spleten rusten en minder opvallen. In de late winter en het vroege voorjaar kunnen individuen dicht bij de ingangen van de spleten worden gevonden.

Wanneer een dergelijke controle niet haalbaar is, kunnen twee alternatieve methoden worden gebruikt: controle op zwermen en binnengaande vleermuizen tijdens koude periodes in de winter of het langdurig inzetten van stand-alone apparatuur zoals geautomatiseerde ultrasone recorders of videocamera's tijdens de winterperiode.

Discussie

In dit artikel presenteren we een onderzoeksmethodiek om in drie stappen massawinterverblijfplaatsen van de gewone dwergvleermuis, *Pipistrellus pipistrellus*, in stedelijke situaties systematisch te onderzoeken.

De eerste stap is het selecteren van potentiële gebieden en gebouwen op basis van specifieke gegevens over vleermuisoverlast en de kenmerken van gebouwen. De tweede stap is het onderzoeken van deze gebouwen of gebieden op in de nazomer zwermende gewone dwergvleermuizen. We beschrijven de beste timing in het jaar, de nacht en de invloed van het weer op dit gedrag. De derde stap is de bevestiging van de functie van een gebouw als (massa) winterverblijfplaats met behulp van een aanvullende methode. We beschrijven vier methoden die kunnen worden gebruikt, afhankelijk van de fysieke mogelijkheden en beperkingen. In aanvullende tabellen en



Figuur 13. Aantal opnames van dwergvleermuizen bij de massa winterverblijfplaats in het Gerechtsgebouw in Tilburg (onder), ten opzichte van de buitentemperatuur (gegevens van het KNMI-weerstation te Gilze-Rijen) in de winter van 2010-2011. Pijlen geven het begin van koude periodes en pieken in activiteit aan.

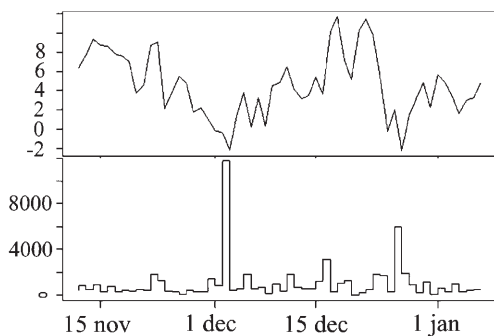
tekstvakken geven we de soorten gebouwen aan die het meest worden aangetroffen, de typen overlast die kunnen worden gekoppeld aan massale winterslaap en een beschrijving van nazomer zwermgedrag bij een massawinterverblijfplaats.

We hebben filters geconstrueerd met behulp van ecologische interpretaties van onze waarnemingen. De focus van dit artikel ligt op het beschrijven van deze filtermethodologie als een manier om onze inspanningen op het gebied van natuurbehoud te concentreren. Verder onderzoek is nodig om de gebruikte aanwijzingen en filters te valideren en om de ecologische veronderstellingen die we gebruik-

ken te testen. Veel van de aanwijzingen die we gebruikten, zijn een praktische interpretatie van waargenomen patronen en gedrag van vleermuizen, met de bedoeling om massawinterverblijfplaatsen te vinden.

We stellen voor dat het werken met filters het vinden van massawinterverblijfplaatsen in de stedelijke omgeving kan versnellen. Het is mogelijk dat sommige criteria alleen specifiek zijn voor het Nederlandse stedelijke landschap en klimaat en niet algemeen toepasbaar zijn in andere landen.

We raden aan om potentiële gebouwen 's nachts, gedurende meerdere nachten, meerdere malen per nacht te controleren en bij



Figuur 14. Temperatuur (KNMI-weerstation Heino / bovenste grafiek) en het aantal opnames van dwergvleermuizen (onderste grafiek) bij het voormalig Ziekenhuis Weezenlanden in Zwolle in de winter van 2014-2015.

voorkeur een bekende massawinterverblijfplaats te gebruiken als referentie voor timing van de onderzoeken aan het einde van de zomer. Houd er echter rekening mee dat grotere groepen vleermuizen langer en opvallender zwermen en dat een locatie met schijnbaar kleinere aantallen vleermuizen nog steeds een zwerm-/winterverblijfplaats kan zijn. Deze methode is gevoelig genoeg voor het vinden van kleine groepen van 3-15 overwinterende dwergvleermuizen (zie Jansen et al. 2005, Jansen & Limpens 2011).

In onze ervaring is het mogelijk om op een bepaalde locatie eenduidig zwermgedrag tegen te komen zonder verder bewijs te vinden van het gebruik ervan als (massa) winterverblijfplaats in vervolgonderzoeken (vergelijk Hommersen et al. 2019 met Hommersen et al. 2016, 2017, Verboom et al. 2018). Er zijn twee verklaringen voor dit fenomeen: mogelijk maken toch kleine aantallen vleermuizen tijdelijk gebruik van deze locaties, of er waren vleermuizen op zoek naar of probeerden nieuwe verblijfplaatsen uit. Eenmalig zwermgedrag kan te maken hebben met de functionaliteit van een specifieke locatie als verblijfplaats (in de winter) tijdens minder ongunstige weersomstandigheden. We zijn ons ervan bewust dat het identificeren van winterverblijfplaatsen niet hetzelfde is als het volledig begrijpen van

het gedrag en de dynamiek van dit nazomerzwerm fenomeen.

Het vinden van deze massawinterverblijfplaatsen is de eerste stap om deze plekken te begrijpen en te behouden. Aangezien deze gebouwen groepen van honderden tot duizenden individuen uit grote herkomstgebieden kunnen bevatten, kan het verlies van dergelijke plekken ernstige gevolgen hebben voor de regionale populatie van gewone dwergvleermuizen. Inzicht in hun zwermgedrag en voorkeuren voor winterverblijfplaatsen, het gebruik van microsites en de locatie van de winterverblijfplaatsen in het landschap is noodzakelijk voor effectieve bescherming en voor het handhaven van een gunstige staat van instandhouding van de soort. Meer onderzoek zal nodig zijn om het voorkomen en de concentratie van territoriale mannetjes en verbindingsstructuren te kunnen gebruiken als een aanwijzing voor de aanwezigheid van zwermplaatsen en potentiële winterverblijfplaatsen.

Van gewone dwergvleermuizen is, net als van de meeste andere Europese vleermuissoorten, bekend dat ze een netwerk van verschillende verblijfplaatsen gebruiken - verbonden met voedselgebieden door voorkeursvliegroutes - met verschillende functionaliteiten (Limpens & Roschen 1996, 2002, Simon et al. 2002). We nemen aan dat de activiteit van gewone dwergvleermuizen op verschillende locaties tijdens zwerm- en winterrustperiodes het bestaan van een gerelateerd netwerk van winterverblijfplaatsen aan toont. Dit netwerk bestaat uit een klein aantal meer centraal gelegen locaties. Deze centraal gelegen locaties bieden mogelijk een betere bescherming tijdens strengere weersomstandigheden (Sendor et al. 2000). Met andere woorden, vleermuizen verplaatsen zich binnen het netwerk, afhankelijk van het weer. Bevestiging van deze veronderstellingen is dringend nodig, gezien de huidige inzet op energiezuinige gebouwen.

Sinds de Europese Habitatrichtlijn is geïmplementeerd in de nationale wetgeving, is veel van het onderzoekswerk met betrekking tot

vleermuisecologie gericht op de verspreiding van vleermuizen en het habitatgebruik in het landschap, vaak in gebieden waar ontwikkelingen zijn gepland. In dergelijke situaties die betrekking hebben op planning en ontwikkeling, kan het missen of negeren van een soort of winterverblijfplaats ernstige gevolgen hebben. De relatie tussen beschikbare onderzoeksmethoden en hun effectiviteit voor het vaststellen van soorten of functionele habitats zou daarom een belangrijk onderwerp moeten zijn, waarbij methoden voortdurend moeten worden ontwikkeld en gestandaardiseerd (Limpens & Roschen 1996, 2002, Brinkmann & Limpens 1999, Haarsma & Tuitert 2009). Met dit artikel willen we een bijdrage leveren aan deze voortdurende uitdaging. Vleermuisonderzoekers en natuurbeschermers worden uitgenodigd om voort te bouwen op onze aanpak en deze aan te passen aan hun lokale omstandigheden. We dagen vleermuisonderzoekers uit om deze methode ook uit te proberen voor andere *Pipistrellus*-soorten.

Dankwoord: We willen Bernadette van Noort bedanken voor de Nederlandse vertaling van de oorspronkelijke, Engelse tekst. We danken ook de referenten voor hun nuttige opmerkingen en hulp bij het opstellen van dit artikel.

Referenties

- Ahlén, I. 1993. Species identification of bats in flight. In: K. Kapteyn (ed.). Proceedings of the first European bat detector workshop: 3-10. Netherlands' Bat Research Foundation, Amsterdam, Nederland.
- Avery, M.I. 1985. Winter activity of pipistrelle bat. *Journal of Zoology* 54: 721-738.
- Bachorec, E., T. Bartonička, T. Heger, J. Pikula, & J. Zukal 2021. Cold arousal - A mechanism used by hibernating bats to reduce the energetic costs of disturbance. *Journal of Thermal Biology* 101: 103107.
- Boekhout, S., G. Lubbers & R. Heins 2016. BAT030 Vleermuisonderzoek 2015 Utrecht. Rapportage P7190. Eelerwoude Culemborg / Stofberg en Jonker Vleermuisonderzoek, Nederland.
- Boonman, M. 2014. Onderzoek naar functie ziekenhuis Lichtenberg als overwinteringsplaats voor gewone dwergvleermuis. Notie met kenmerk 12-676/14.01453/MarBo. Bureau Waardenburg, Culemborg, Nederland.
- Bouman, H. 2015. Winterverblijfplaatsen van vleermuizen in vijf onderzoeksgebieden van Utrecht. Beschrijving van de resultaten van gericht onderzoek naar de aanwezigheid van winterverblijfplaatsen in gebouwen. Project no. 1225284. Tauw BV, Utrecht, Nederland.
- Brekelmans, F & E. Korsten 2014. Massaal in winterslaap. *Stadswerk magazine* 7: 40-42.
- Brekelmans, F.L.A., M. Bleijerveld & M.J. Schillemans (with contributions of M. Boonman, W. Franken, E. Korsten & H.J.G.A. Limpens 2015. Projectplan Flora- en faunawet. Herontwikkeling De Weezenlanden, Zwolle. Bureau Waardenburg / Bureau Bleijerveld / Zoogdivereniging, Nederland.
- Brinkmann, R. & H. J.G.A. Limpens 1999. The role of bats in landscape planning. In: C. Harbusch & J. Pir (eds). Proceedings of the 3rd European bat detector workshop 16-20 August 1996, Larochette (Luxembourg): 119 -136. Travaux Scientifiques du Musée National D'histoire naturelle de Luxembourg 31.
- Bruijn, Z. 1986. Enkele gegevens over 400 gevangen dwergvleermuizen (*P. pipistrelles*). Selfpublished Z. Bruijn.
- Degn, H. J. 1989. Summer activity of bats at a large hibernaculum. In: V. Hanák, I. Horáček & J. Gaisler (eds): European bat research 1987: 523-526. Charles University Press, Praha, Czech Republic.
- Glas, G.H. 1986. Atlas van de Nederlandse vleermuizen 1970-1984, alsmede een vergelijking met vroegere gegevens. *Zoölogische bijdragen* 34: 1-97.
- Haarsma, A.-J. & A. H. Tuitert 2009. Overview and evaluation of methodologies for locating summer roost of pond bats in the Netherlands. *Lutra* 52 (1): 47-64.
- Helmer, W., H.J.G.A. Limpens & W. Bongers 1987. Handleiding voor het inventariseren en determineren van Nederlandse vleermuissoorten met behulp van bat-detectors. Stichting Vleermuis-Onderzoek, Soest, Nederland.

- Hommersen, V.J.A., H.J.G.A. Limpens & M.J. Schillemans 2017. Zwermen in de Winter. Inventarisatie van winterverblijf-indicerend en bevestigend zwermgedrag van de gewone dwergvleermuis in gemeente Ede. Rapport 2017.03. De Zoogdierverseniging, Nijmegen, Nederland.
- Hundt, L. 2012. Bat Surveys: Good practice guidelines (2nd edition). Bat Conservation Trust, UK.
- Hurst, J., C. Dietz & R. Brinkmann 2016. Aktivität der Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) zur Schwärmzeit am Massenwinterquartier Batterfelsen (Baden-Württemberg). In: J. Hurst, M. Biedermann, C. Dietz, M. Dietz, I. Karst, E. Kranich, R. Petermann, W. Schorcht & R. Brinkmann. Fledermäuse und Windkraft im Wald: 258-277. Naturschutz & Biologische Vielfalt 153.
- Jansen, E.A. 2007. Voorkomen van vleermuizen in en rond het Zonnehuis te Doorn: een onderzoek naar aanwezigheid en functies. Rapport 2007.32. Zoogdierverseniging VZZ, Arnhem, Nederland.
- Jansen, E.A. 2008a. Gebouwgebruik van het kasteel de Haar en het chatelet door vleermuizen. Een onderzoek naar het seizoensgebruik en de aanbevelingen voor het inpassen van de restauratie. Rapport 2008.09. Zoogdierverseniging VZZ, Arnhem, Nederland.
- Jansen, E.A. 2008b. Voorkomen van vleermuizen op en rond de Uithof. Een onderzoek naar voorkomen en functies. Rapport 2008.031. Zoogdierverseniging VZZ, Arnhem, Nederland.
- Jansen, E.A. 2008c. Vleermuisleefgebieden in en langs het plangebied van de HOV om de Zuid. Conflictpunten, oplossingen en nadere uitwerking van de "eco" maatregelen bij een uitvoering als trambaan. Rapport 2008.54. Zoogdierverseniging VZZ, Arnhem, Nederland.
- Jansen, E.A. 2010. Vleermuizen in Overvecht; Voorkomen, functies en waarden. Rapport 2009.044 Zoogdierverseniging, Nijmegen, Nederland.
- Jansen, E.A. 2011. Een nieuwe toekomst voor vleermuizen op fort Abcoude. Adviezen voor de inrichting & restauratie. Rapport 2011.053. Zoogdierverseniging, Nijmegen, Nederland.
- Jansen E.A., H.J.G.A. Limpens & A.M. Spitzen-van der Sluijs 2005. Mogelijkheden, beperkingen en consequenties van een duurzame ontwikkeling van fort bij Vechten binnen het enveloppegebied van de forten bij Vechten, Rijnauwen en 't Hemeltje. Rapport 2005.20. VZZ, Arnhem, Nederland.
- Jansen, E.A. & H.G.J.A. Limpens 2011. Vleermuisfuncties van Fort 't Hemeltje en enkele adviezen t.a.v. de restauratie en de functie wijzigingen. Rapport 2011.43. Zoogdierverseniging, Nijmegen, Nederland.
- Jansen, E.A. 2012. De vleermuisfuncties van jachtslot St. Hubertus. Rapport 2012.031. Zoogdierverseniging, Nijmegen, Nederland.
- Jansen, E.A. 2017. Vleermuizen in de Grote kerk van Veere; Functies en uitwerking van een mitigatieplan. Rapport 2017.047. Bureau van de Zoogdierverseniging, Nijmegen, Nederland.
- Jansen, E. & H. Hollander 2015. Begeleiding herstelwerkzaamheden kantongerecht Tilburg. Mitigatie- en compensatieplan vleermuizen. Rapport 2015.033. Bureau van de Zoogdierverseniging, Nijmegen, Nederland.
- Jansen, E.A. & H.G.J.A Limpens 2016. Herontwikkeling Fort bij Abcoude. Input voor de beoordeling van verhuur en toekomstige exploitatie vanuit de vleermuizen. Rapport 2016.02. Bureau van de Zoogdierverseniging, Nijmegen, Nederland.
- Jansen, E.A & S.J. Vreugdenhil 2009. De vleermuisfuncties van Fort Honswijk. Jaarrond onderzoek naar seizoenen, soorten aantallen en locaties ten behoeve van een Flora- en faunawettoetsing. Rapport 2009.040. Zoogdierverseniging, Arnhem, Nederland.
- Jansen, E.A., D. Bekker & M.J. Schillemans 2015a. Ecologische begeleiding herstelwerkzaamheden Aa-toren ten bate van vleermuizen, Groningen. Rapport 2015.03. Bureau van de Zoogdierverseniging, Nijmegen, Nederland.
- Jansen, E., M. Schillemans & H. Hollander 2015b. Begeleiding herstelwerkzaamheden kantongerecht Tilburg. Mitigatie- en compensatieplan vleermuizen. Rapport 2015.033. Bureau van de Zoogdierverseniging, Nijmegen, Nederland.
- Hommersen, V.J.A., E.A. Jansen, H.J.G.A. Limpens & M.J. Schillemans 2016. Nader onderzoek Radboud Universiteit, deelgebied FSW. Rapport 2016.019. Bureau van de Zoogdierverseniging, Nijmegen, Nederland.
- Hommersen, V.J.A., E.A. Jansen & H.J.G. Limpens 2019. Monitoren vleermuizen FSW 2017. Rap-

- port 2019.13. De Zoogdiervereniging, Nijmegen, Nederland.
- Hommersen, V.J.A., E.A. Jansen, H.J.G.A. Limpens & G. Lelieveld 2017. Monitoren vleermuizen FSW. Rapport 2017.36. Bureau van de Zoogdiervereniging, Nijmegen, Nederland.
- Hommersen, V.J.A., H.J.G.A. Limpens & M. J Schillemans 2017. Zwermen in de Winter – Inventarisatie van winterverblijf-indicerend en bevestigend zwermgedrag van de gewone dwergvleermuis in gemeente Ede. Rapport 2017.03. De Zoogdiervereniging, Nijmegen, Nederland.
- Kaňuch, P., A. Fornůsková, T. Bartonička, J. Bryja & Z. Řehák 2010. Do two cryptic pipistrelle bat species differ in their autumn and winter roosting strategies within the range of sympatry? *Folia Zoologica* 59 (2): 102– 107.
- KNMI, Klimaatsnormalen 1991-2020. <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/klimaat-normalen-1991-2020>
- Koch, C. 1865. Das Wesentliche der Chiropteren mit besonderer Beschreibung der in dem Herzogthum Nassau und in den angrenzenden Landestheilen vorkommenden Fledermäuse. *Jahrbücher des Nassauischen Vereins für Naturkunde* 17/18: 261-593.
- Koelman, R. 2002. Overwinterende vleermuizen in Groninger kerken. *Vlen Nieuwsbrief* 2002 (2): 11.
- Koelman, R.M. 2010. Vleermuisonderzoek Ruïne van Brederode. Rapport 2009.53. Zoogdiervereniging, Nijmegen, Nederland.
- Korsten, E., G.J. Brandjes & F.L.A. Brekelmans 2014. Vleermuizen, gierzwaluw en huismus Oude Stad Tilburg. Inventarisatie 2013. Rapport 14-023. Bureau Waardenburg, Culemborg, Nederland.
- Korsten, E., G.J. Brandjes & F.L.A. Brekelmans 2016a. Vleermuizen, gierzwaluw en huismus in Tilburg Noord. Inventarisatie 2015. Rapport 16-104. Bureau Waardenburg, Culemborg, Nederland.
- Korsten, E., E.A. Jansen, M. Boonman, M.J. Schillemans & H.J.G.A. Limpens 2016b. Swarm and Switch – on the trail of the hibernating common pipistrelle. *Bat News* 110: 8-10.
- Kretzchmar, F. & B. Heinz 1995. Social behavior and hibernation of a large population of *Pipistrellus pipistrellus* (Schreber, 1774) (Chiroptera: Vespertilionidae) and some other bat species in the mining-system of a limestone quarry near Heidelberg (south west Germany). *Myotis* 32-33: 221-229.
- Limpens, H.J.G.A. 1993. Bat-detectors in a detailed bat survey: a method. In: K. Kapteyn (ed.). *Proceedings of the First European Bat detector Workshop*: 79-90. Netherlands Bat Research Foundation, Amsterdam, Nederland.
- Limpens, H.J.G.A. & K. Kapteyn 1991. Bats, their behaviour and linear landscape elements. *Myotis* 29: 39-48.
- Limpens, H.J.G.A. & A. Roschen 1996. Bausteine einer systematischen Fledermauserfassung, Teil 1: Grundlagen. *Nyctalus* (N.F.) 6 (1): 52-60.
- Limpens, H.J.G.A. & A. Roschen 2002. Bausteine einer systematischen Fledermauserfassung. Teil 2 - Effektivität, Selektivität, und Effizienz von Erfassungsmethoden. *Nyctalus* (N.F.) 8 (2): 155-178.
- Nagy, Z.L. & L. Szántó 2002. The occurrence of hibernating *Pipistrellus pipistrellus* (Schreber, 1774) in caves of the Carpathian Basin. *Acta Chiropterologica* 5 (1): 155-160.
- Netwerk Groene Bureaus 2021. Vleermuisprotocol 2021, januari 2021. www.netwerkgroenebureaus.nl / www.zoogdiervereniging.nl
- Noort, B.C.E van & E.A. Jansen 1994. Das Oktagon als Fledermausquartier. Rapport. Naturschutzbund Kassel, Germany.
- Nusová, G, M. Uhrin, C.C. Voigt & P. Kaňuch 2020. Tracing the geographic origin of common pipistrelles (*Pipistrellus pipistrellus*) swarming at a mass hibernaculum. *Mammalian Biology* 100: 601–610. <https://doi.org/10.1007/s42991-020-00057-3>
- Nusová, G., M. Uhrin & P. Kaňuch 2021. Linking activity of common pipistrelles, *Pipistrellus pipistrellus*, in an urbanised area with a nearby mass swarming site. *Research square*. Nov 2021. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-333356/v1>
- Roer, H. 1979. 1180 Zwergfledermäuse (*Pipistrellus pipistrellus* Schreber) in Entlüftungsrohren eines Gebäude verendet. *Myotis* 17: 31-40.
- Sachteleben, J. 1991. Zum “Invasions” verhalten der Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*). *Nyctalus* 4: 51–66.
- Sachteleben, J. & O. von Helversen 2006. Songflight behaviour and mating system of the pipistrelle bat (*Pipistrellus pipistrellus*) in an urban habitat. *Acta Chiropterologica* 8: 391-401.

- Schillemans, M.J. & E.A. Jansen, 2014. Begeleiding Onderzoek naar Winterverblijven Utrecht. Memo N2014015 Bureau van de Zoogdiervereniging i/o Gemeente Utrecht. 4 pp.
- Sendor, T. 2002. Population ecology of the pipistrelle bat (*Pipistrellus pipistrellus* Schreber, 1774): the significance of the year round use of hibernacula for life histories. PhD thesis. Philipps-Universität Marburg, Marburg, Germany.
- Sendor, T. & M. Simon 2000. Schätzung der Populationsgröße am Winterquartier schwärmer der Zwergfledermäuse (*Pipistrellus pipistrellus*): ein Methodenvergleich. Beiträge zur Ökologie 4: 43-52.
- Sendor, T., K. Kugelschafter & M. Simon 2000. Seasonal variation of activity patterns at a pipistrelle (*Pipistrellus pipistrellus*) hibernaculum. Myotis 38: 91-109.
- Simon, M., S. Hüttenbügel & S. Smit-Viergutz 2004. Ecology and conservation of bats in villages and towns. Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bades Godesberg, Germany.
- Smit-Viergutz, J. & M. Simon 2000. Eine vergleichende Analyse des sommerlichen Schwärmverhaltens der Zwergfledermaus (45 kHz Ruftyp, *Pipistrellus pipistrellus* Schreber, 1774) an den Invasionsorten und am Winterquartier. Myotis 38: 69-89.
- van Noort, B.C.E & E.A. Jansen 1994. Das Oktagon als Fledermausquartier. Rapport Naturschutzbund Kassel.
- Verboom, B., E.A. Jansen & V.J.A. Hommersen 2018. Monitoren vleermuizen FSW. Rapport 2018.02. Bureau van de Zoogdiervereniging, Nijmegen, Nederland.
- Vierhaus, H, M. Lindenschmidt, I. Stahr 2013. Eine große Winterschlafgemeinschaft der Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus* Schreber, 1774) in Westfalen – Abhandlungen aus dem Westfälischen Provinzial-Museum für Naturkunde 75: 73-80.
- Zahn, A. & E. Kriner 2016. Winter foraging activity of Central European Vespertilionid bats. Mammalian Biology 81 (1): 40-45.

Ontvangen: 27 januari 2022

Geaccepteerd: 13 juli 2022