

Pilotstudie 2022 - Effecten van energetische verbetering van woningen op beschermde gebouwbewonende soorten

A&W-rapport 21-266



in opdracht van

provinsje fryslân
provincie fryslân 

Pilotstudie 2022 - Effecten van energetische verbetering van woningen op beschermde gebouwbewonende soorten

A&W-rapport 21-266

M. van der Zwan-Krijn
E.F. Kappers

Foto Voorplaat

Meetsensoren op de kopgevel van een woning, Foto: Margriet van der Zwan-Krijn (A&W)

M. van der Zwan-Krijn, E.F. Kappers 2023.

Pilotstudie 2022 -effecten van energetische verbetering van woningen op beschermde gebouwbewonende soorten.

A&W-rapport 21-266 Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden

Opdrachtgever**Provinsje Fryslân**

Tweebaksmarkt 52
9811 KZ Leeuwarden
Telefoon 058-292 5925

Uitvoerders**Altenburg & Wymenga
ecologisch onderzoek bv**

Suderwei 2
9269 TZ Feanwâlden
Science Park 400m Matrix II,
k1.08/1.09
1098 XH Amsterdam
Telefoon 0511 47 47 64
info@altwym.nl
www.altwym.nl

Zoogdiervereniging

Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen
Telefoon 024-741 0500
www.zoogdiervereniging.nl

Vogelbescherming

Boulevard 12
3707 BM Zeist
Telefoon 030-693 7700
www.vogelbescherming.nl

© Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek bv. Overname van gegevens uit dit rapport is toegestaan met bronvermelding.

Projectnummer

21-266

Projectleider

M. van der Zwan-Krijn

Status

Definitief

Autorisatie

E. van der Heijden

Paraaf**Datum**

28 februari 2023

Kwaliteitscontrole

E. Wymenga

Paraaf

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding en doel	1
1.2	Stand van zaken onderzoek	2
1.3	Leeswijzer pilotstudie 2022	3
2	Onderzoeksopzet pilotmeting	4
2.1	Keuze parameters	4
2.2	Type gebouw	4
2.3	Type sensor en data-inzameling	5
2.4	Aantal metingen per onderzoekslocatie	6
2.5	Uitdagingen in de praktijk	6
2.6	Geselecteerde woningen	6
2.7	Aanwezige nest- en verblijfplaatsen	9
2.8	Planning	9
2.9	Analyse	9
3	Resultaten	12
3.1	Aanwezige nest- en verblijfplaatsen	12
3.2	Temperatuurverloop	13
3.3	Verschillen in expositie	14
3.4	Verschillen in temperatuur bij geïsoleerde en ongeïsoleerde woningen	18
3.5	Temperatuur in vleermuiskast	20
3.6	Tolerantiegrenzen	24
4	Discussie en vergelijking pilotstudie 2021 en 2022	36
4.1	Temperatuurverloop	36
4.2	Oriëntatie	36
4.3	Verschil (deels) geïsoleerde en ongeïsoleerde woningen	36
4.4	Temperatuur in vleermuiskast	37
4.5	Tolerantiegrenzen	38
4.6	Effect externe factoren	39
5	Inzichten en conclusie	41
5.1	Inzichten	41
5.2	Conclusie	42
6	Literatuur	43
	<i>Bijlage 1 Grafieken: temperatuur in verschillende vleermuiskasten</i>	<i>44</i>

Dankwoord

Wij danken Hidde Visser van Best4Best en Menno Bekkema van Bekkema installatietechniek voor hun bijdrage aan het onderzoek. Speciale dank aan Martin Epe van de Zoogdierverseniging en Timo Roeke van de Vogelbescherming voor hun inhoudelijke bijdrage en het meedenken in het onderzoek. Ook hartelijk dank aan de bewoners van de vier woningen van deze pilotmeting voor hun medewerking en het beschikbaar stellen van hun woningen. Tot slot danken wij Thijs de Haan van JM ecologie voor het delen van de gegevens van de batlogger die bij de woning in Witmarsum heeft gehangen.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

Energietransitie hoort samen met klimaat en versterking van biodiversiteit tot de grote opgaven van deze tijd. De energietransitie is in volle gang. De maatschappelijke druk om daarmee vaart te maken wordt alleen maar groter, zeker met de recent sterk gestegen gasprijzen. In dat kader neemt de aandacht voor woningisolatie e.d. sterk toe. Maatregelen in het kader van energetische verduurzaming worden recent en in de nabije toekomst op grote schaal genomen. Grootschalige woningverbetering raakt evenwel aan biodiversiteit omdat woningisolatie negatieve effecten kan hebben op gebouwbewonende vogelsoorten als Huismus (*Passer domesticus*) en Gierzwaluw (*Apus apus*) en verschillende vleermuissoorten, als de Meervleermuis (*Myotis dasycneme*), Laatzvlieger (*Eptesicus serotinus*) en de Gewone dwergvleermuis (*Pipistrellus pipistrellus*). Ook het plaatsen van zonnepanelen kan dergelijke effecten hebben.

Vanwege de schaal van de toekomstige woningverbetering is het van groot belang om een idee te krijgen van omvang en aard van eventuele effecten. De mogelijke effecten op beschermde soorten vallen ruwweg uiteen in de volgende categorieën:

- Directe sterfte als gevolg van na-isolatie. Dit is met name voor vleermuizen aan de orde.
- Een verlies aan toegankelijkheid van gebouwen: door energetische verduurzaming worden holtes gevuld of op een andere wijze ontoegankelijk gemaakt;
- Een verlies aan geschiktheid van de verblijfplaatsen: door verduurzaming en mitigatie worden beschikbare holtes (hetzij oud of nieuw) minder geschikt voor beschermde soorten.

Een van de factoren die verblijfplaatsen minder geschikt maken is de verandering in het microklimaat (temperatuur en andere factoren) in deze verblijfplaatsen. Dit heeft te maken met de isolatie die wordt toegepast in spouwmuren en daken. Ook zonnepanelen kunnen naar verwachting het microklimaat op daken beïnvloeden.

Nader onderzoek nodig

Het belang van deze aspecten wordt al enige tijd onderkend, onder meer door de organisaties die staan voor de bescherming van deze soortgroepen (Vogelbescherming, Zoogdierverseniging). De aard van de problematiek is redelijk te duiden op basis van *expert judgement*, de omvang echter niet. Er is tot nu vrijwel geen onderzoek gedaan naar wat isolatie met het microklimaat van holtes en verblijven doet en in welke mate dit microklimaat verandert als gevolg van woningverbeterende maatregelen. Er is ook weinig bekend over de eisen die de beschermde soorten stellen aan het microklimaat. Er is vastgesteld dat compenserende kasten gebruikt worden door de soorten waarvoor ze zijn bedoeld (Klasberg *et al.* 2018; Onnes *et al.* 2019; Schillemans *et al.* 2021) maar er is weinig bekend over de effecten van het binnenklimaat op de geschiktheid ervan voor beschermde soorten. Bovendien blijken soorten zoals Meervleermuizen ook door de spouw te bewegen voor de juiste omstandigheden (Haarsma 2011).

Dit betekent dat de toepasbare kennis over de effecten die isolatie heeft op verblijfplaatsen van beschermde soorten eigenlijk nauwelijks is onderbouwd. Het is voor de bescherming en het voortbestaan van de eerdergenoemde soorten echter wel nodig om deze kennis te hebben. Er is op dit moment een breed scala aan mitigerende en compenserende maatregelen in omloop, waarvan weliswaar bekend is dat deze in meer of mindere mate door de doelsoorten worden aanvaard, maar waarvan de eigenschappen van het binnenklimaat onvoldoende bekend zijn.

Ook bij de beoordeling van (het nut van) dergelijke maatregelen is het van belang meer daar over te weten.

Box I. Effecten op microklimaat bij energetische woningverbetering

Isolatie - primair bedoeld om 's winters warmte binnen gebouwen te houden en 's zomers oververhitting tegen te gaan - kan de warmtehuishouding van de holtes binnen en buiten deze isolatie eveneens beïnvloeden. Dit komt doordat de warmte niet meer van binnen naar buiten lekt, wat in de winter een verlaging van de temperatuur aan de buitenzijde kan veroorzaken, maar ook doordat warmte 's zomers niet meer naar binnen kan worden afgevoerd, met mogelijk een verhoging van de temperatuur aan de buitenzijde tot gevolg. In het algemeen zullen de veranderingen waarschijnlijk leiden tot hogere dynamiek van temperatuur met hogere en lagere extremen onder invloed van de buitentemperatuur.

Ook zonnepanelen kunnen invloed hebben op de temperatuur van holtes onder dakpannen. Tocht en luchtvochtigheid zijn andere factoren die na isolatie de dynamiek of extremen kunnen veranderen. Isolatie van muren – ook na inbouw van kasten - kan mogelijk ook een afname van geschiktheid van gebouwen veroorzaken. Het binnenklimaat van een spouw is namelijk niet uniform. Vleermuissoorten kunnen in een spouw de meest geschikte plekken uitzoeken qua temperatuur (Haarsma 2011). Daarmee kunnen ze dus reageren op verandering in binnenklimaat als gevolg van seizoensale en dagelijkse schommelingen in temperatuur. In een kast is dit niet meer mogelijk.

1.2 Stand van zaken onderzoek

In 2020 is gestart met een pilotstudie om meer grip op de problematiek te krijgen. Dat betrof een literatuurstudie naar klimaateffecten op gebouwbewonende soorten (Krijn *et al.* 2021) en een eerste praktijkonderzoek naar vijf woningen in Drachten (van der Zwan-Krijn *et al.* 2022).

Literatuuronderzoek

Maatregelen om woningen energetisch te verbeteren kunnen een effect hebben op wettelijk beschermde, gebouwbewonende vogelsoorten zoals Huismus, Gierzwaluw en verschillende vleermuissoorten als de Meervleermuis, Laativlieger en de Gewone dwergvleermuis. Ook klimaatverandering is in dat licht belangrijk. De literatuurstudie was specifiek gericht op de effecten op het microklimaat van een nest- of verblijfplaats van gebouwbewonende soorten. Maatregelen in het kader van energetische woningverbetering bestaan doorgaans uit isolatie van de spouwmuur, isolatie van het dak of het plaatsen van zonnepanelen. De meest gebruikte methode om de spouwmuur te isoleren is het vullen van de spouwmuur met neopixels. Voor het dak worden het vaakst dakplaten gebruikt die van buitenaf worden aangebracht.

Van de klimaatparameters die een invloed hebben op de geschiktheid van een nestplaats van vogels is temperatuur de belangrijkste (naast vocht, maar vocht is vaak een resultante van temperatuur). Er zijn maar enkele studies die ingaan op de eisen die soorten stellen aan temperatuur en de effecten op uitkomstsucces en kuikenoverleving. De tolerantiegrenzen die vogels stellen aan hun omgeving zijn afhankelijk van het ontwikkelingsstadium en verschillen tussen soorten. Het binnenklimaat van nest- en verblijfplaatsen in gebouwen moet bij voorkeur niet te warm en te droog zijn. Temperaturen in de range van 35-39°C lijken blijkens de gevonden studies (zoals gereviewd in Krijn *et al.* 2021) te hoog.

Vleermuizen gebruiken door het jaar heen verschillende soorten verblijfplaatsen waaraan ze verschillende, meer of minder strikte, eisen stellen. De eisen die door de dieren gesteld worden aan kraam- en winterverblijfplaatsen zijn hoger dan aan paar- of zomerverblijfplaatsen. De gekozen omstandigheden en de tolerantie zijn soortafhankelijk, en hangen bovendien af van externe factoren zoals omgeving (aanwezigheid groenvoorzieningen, schaduw etc), verstoringbronnen en voedselaanbod. Precieze grenzen zijn niet gevonden in de literatuur. De range van temperaturen voor winterverblijfplaatsen lag in de gevonden studies (Krijn *et al.* 2021) tussen 1-8 °Celsius en voor kraamverblijfplaatsen 15-40 °C.

Pilotstudie 2021

In 2021 zijn vijf woningen in Drachten voorzien van meetsensoren die de temperatuur in de spouwmuur of onder de dakpannen meten. Dit zijn de potentiële locaties voor nest- of verblijfplaatsen van beschermde gebouwbewonende soorten. Het betrof twee geïsoleerde woningen, twee ongeïsoleerde woningen en één woning met zonnepanelen. De belangrijkste inzichten uit deze pilotmeting (van der Zwan-Krijn *et al.* 2022) zijn:

- De selectie van geschikte woningen is de belangrijkste stap in het onderzoek, maar ook de meest complexe en zeer tijdrovende.
- De temperatuurverschillen binnen één dakvlak of in één spouwmuur zijn klein.
- De temperatuur in potentiële nest- en verblijfplaatsen wordt mede bepaald door de windrichting. Zuidelijk en westelijk geëxposeerde daken of muren lijken over het algemeen iets warmer dan noordelijk en oostelijk geëxposeerde daken of muren.
- De verschillen in temperatuur in een potentiële nest- of verblijfplaats tussen geïsoleerde en ongeïsoleerde woningen zijn niet groot, maar bij een geïsoleerde woning lijken meer temperatuurflictuaties te zijn dan in een ongeïsoleerde woning.
- De temperatuur in een potentiële nest- of verblijfplaats in het dakvlak is over het algemeen lager onder zonnepanelen.
- In een opbouwvlleermuiskast zijn meer temperatuurflictuaties te zien dan in een spouwmuur. Dit geldt zowel voor geïsoleerde als ongeïsoleerde spouwmuren.
- De eerder gevonden tolerantiegrenzen wat betreft temperatuur van beschermde gebouwbewonende soorten worden zeer frequent overschreden wanneer we alle meetpunten samen bekijken. De gemiddelde dagtemperatuur blijft binnen de tolerantiegrenzen. Het inzoomen op in gebruik zijnde nest- of verblijfplaatsen kan meer inzicht geven in de tolerantiegrenzen van gebouwbewonende soorten.

Pilotstudie 2022

Hoewel een statistische onderbouwing ontbreekt is uit de pilotmeting van 2021 duidelijk geworden dat woningverbetering zoals isolatie of zonnepanelen de temperatuur van een nest- of verblijfplaats in de spouwmuur of onder het dak beïnvloedt. Om meer inzicht te krijgen in effecten van woningverbetering op de tolerantiegrenzen van gebouwbewonende soorten is in 2022 ingezoomd op in gebruik zijnde verblijfplaatsen. Daarvoor zijn woningen geselecteerd waarvan bekend was dat deze in voorgaande jaren als nest- of verblijfplaats in gebruik waren. In onderhavige rapportage worden de resultaten van deze pilotstudie besproken.

1.3 Leeswijzer pilotstudie 2022

In onderhavig rapport worden de bevindingen van de pilotmetingen aan vier woningen in Friesland besproken. In hoofdstuk 2 is de onderzoeksopzet van de pilotmeting besproken. Hoofdstuk 3 gaat in op de resultaten die uit de pilotstudie naar voren zijn gekomen. Hierbij worden de resultaten ook vergeleken met relevante gegevens uit de pilotmeting van 2021. In hoofdstuk 4 ten slotte worden de inzichten en conclusies uit de pilotstudie verder besproken.

2 Onderzoeksopzet pilotmeting

2.1 Keuze parameters

Uit de literatuurstudie (Krijn *et al.* 2021) blijkt dat de volgende factoren van belang zijn voor de acceptatie van het binnenklimaat van een verblijfplaats, ervan uitgaande dat toegankelijkheid geen probleem zal zijn:

- Omgeving (groen, schaduw, omliggende bebouwing)
- Type gebouw (bijvoorbeeld eengezinswoning, twee-onder-een-kap, vrijstaand)
- Isolatie of ontbreken daarvan
- Expositie van de verblijfplaats (oriëntatie dak, spouw, kast)

De effecten van deze factoren zijn soortafhankelijk. Sturende parameters zijn:

- Luchtvochtigheid
- Temperatuur

Om al deze factoren en beide parameters bij alle relevante soorten met voldoende zeggingskracht te onderzoeken zou een uitgebreide proefopzet vergen op een groot aantal locaties. Aangezien ook het vervolgonderzoek in 2022 het karakter van een pilotonderzoek had is gekozen om vooral aandacht te schenken aan punten die binnen het budget waardevol kunnen zijn in de advisering en ontheffingsverlening. Ook is het aantal locaties beperkt.

Aangezien de temperatuur de belangrijkste sturende factor is bij de geschiktheid van het binnenklimaat van verblijfplaatsen is daarop ingezoomd. Daarbij is de expositie van de verblijfplaats (onder dak en in de spouw en in inbouwkasten) aan de zon belangrijk. Positie op het dak en in de spouw kan ook relevant zijn voor vleermuizen, omdat deze, als dit in de concrete situatie mogelijk is, in de verblijfplaats kunnen bewegen naar de meest geschikte plekken wat betreft temperatuur. Daarnaast is het verschil tussen geïsoleerde woningen en niet-geïsoleerde woningen relevant. De volgende elementen zijn betrokken in het pilotonderzoek:

- Temperatuur
- Positie op dak of in spouw
- Expositie van dak en spouw

2.2 Type gebouw

Er is uit praktische overweging uitgegaan van de vleermuissoort die in ontheffingen het vaakst vragen oproept, de Laatvlieger. De reden is dat het voor deze soort lastig is om geschikte en bewezen effectieve mitigerende maatregelen te treffen. Vanuit dezelfde gedachte is voor vogels uitgegaan van de Huismus en de Gierzwaluw. De keuze is verder gevallen op een woningtype dat veel voorkomt in Friesland en vaak verblijfplaatsen van deze soorten bevat, namelijk het type “woningwet-woning” of sterk daarop gelijkend. Hiervan zijn vele locaties voorhanden die mogelijk bruikbaar zijn voor het onderzoek. Om de metingen praktisch te concentreren is gekozen voor onderzoek aan vier gelijksoortige woningen in eenzelfde type omgeving: twee niet-geïsoleerde twee-onder-een-kap-woningen (1 woningblok) en twee (deels) geïsoleerde twee-onder-een-kap-woningen (1 woningblok). Anders dan in 2021 hebben alle geselecteerde woningen overwegend

een oost-west oriëntatie van het dak en een noord-zuid oriëntatie van de kopgevel. De sensoren zijn echter zowel aan de voor- als achterzijde van het dak en aan beide kopgevels geplaatst, zodat alle windrichtingen zijn gedekt (figuur 2.1).

De deels geïsoleerde woningen zijn tot de zolder geïsoleerd volgens de meest gangbare methode met neopixels (Krijn *et al.* 2021a). De spouwmuur op de bovenste verdieping is i.v.m. de aanwezigheid van een eerder vastgestelde kraamverblijfplaats van Laatvlieger niet gevuld. In plaats daarvan is de bovenste verdieping bij de twee deels geïsoleerde woningen van binnenuit geïsoleerd. Verder is bij de deels geïsoleerde woningen het dak van buitenaf geïsoleerd. Bij een geïsoleerde spouwmuur worden vaak inbouwkasten geplaatst. Bij een van deze woningen was een dergelijke inbouwkast aanwezig (eenlaags, afmetingen circa 49 x 22 x 5,5 cm, binnendiepte 2,5 cm). Bij de andere (deels) geïsoleerde woning waren twee opbouw kraamkasten aanwezig (drielaags, afmetingen circa 70 x 80 x 13,5 cm en binnenmaat 68 x 79 x (3 x 1,9cm). In beide typen kasten zijn ook metingen verricht.



Figuur 2.1. Meetopstelling (plaatsing van de sensoren) op het dak en in de muur.

2.3 Type sensor en data-inzameling

Er is gekozen voor sensoren van het type HTF50 PT1000. Die meten door middel van weerstandsmeting continu de temperatuur. Die gemeten temperatuur wordt in een PLC opgeslagen, en die maakt in dit geval van die continue meting, gemiddelde waarden van 15 minuten. Die berekende gemiddelde waarden worden in de PLC bewaard. Eén keer per drie uren worden die door een server, die op het kantoor van Bekkema installatietechniek staat voor de Gebouwbeheersystemen, opgehaald en opgeslagen in een database.

De PLC's maken via een 4G telefoonzender verbinding met de server via internet, zodat de GBS-server die data op kan halen. Wanneer die verbinding tijdelijk weg valt worden de metingen nog enkele dagen in de PLC bewaart, zodat ze op een later tijdstip alsnog opgehaald kunnen worden.

2.4 Aantal metingen per onderzoekslocatie

Boven in de beide kopgevels van elk woningblok zijn in de spouwmuur drie sensoren geplaatst. Daarnaast zijn in elk woningblok zowel aan de voorzijde als aan de achterzijde in het dak drie sensoren geplaatst. Per woningblok (bestaande uit twee woningen) waren in totaal dus 6 sensoren in de spouw en zes sensoren in het dak aanwezig. In figuur 2.1 is de opstelling van de meetsensoren weergegeven.

2.5 Uitdagingen in de praktijk

Het selecteren van geschikte woningen die aan alle eisen voldoen bleek in de praktijk een grote uitdaging. Geschikte 'woningwet-woningen' zijn doorgaans in bezit van grote woningcorporaties. Daarbij wordt een wijk vaak in één keer gerenoveerd. Gepaarde woningen waarvan er één geïsoleerd is en één ongeïsoleerd zijn daarom lastig te vinden. Om die reden zijn de geïsoleerde en ongeïsoleerde woningen ook niet in dezelfde woonplaats gevonden. Ook is niet bij elke gerenoveerde woning een vleermuisvoorziening aanwezig.

De grootste uitdaging was om bewoners te vinden die bereid waren mee te werken aan het onderzoek. Dit vergde een grote inspanning en veel gesprekken (met zowel huurders van grote woningcorporaties als particuliere woningeigenaren). Vergeleken met de eerdere pilotstudie is deze stap efficiënter verlopen, mede doordat een beperkte vergoeding beschikbaar is gesteld aan bewoners die aan het onderzoek wilden meewerken en doordat er op basis van ervaringen van vorig jaar vooraf duidelijker was wat er van de bewoners werd verwacht.

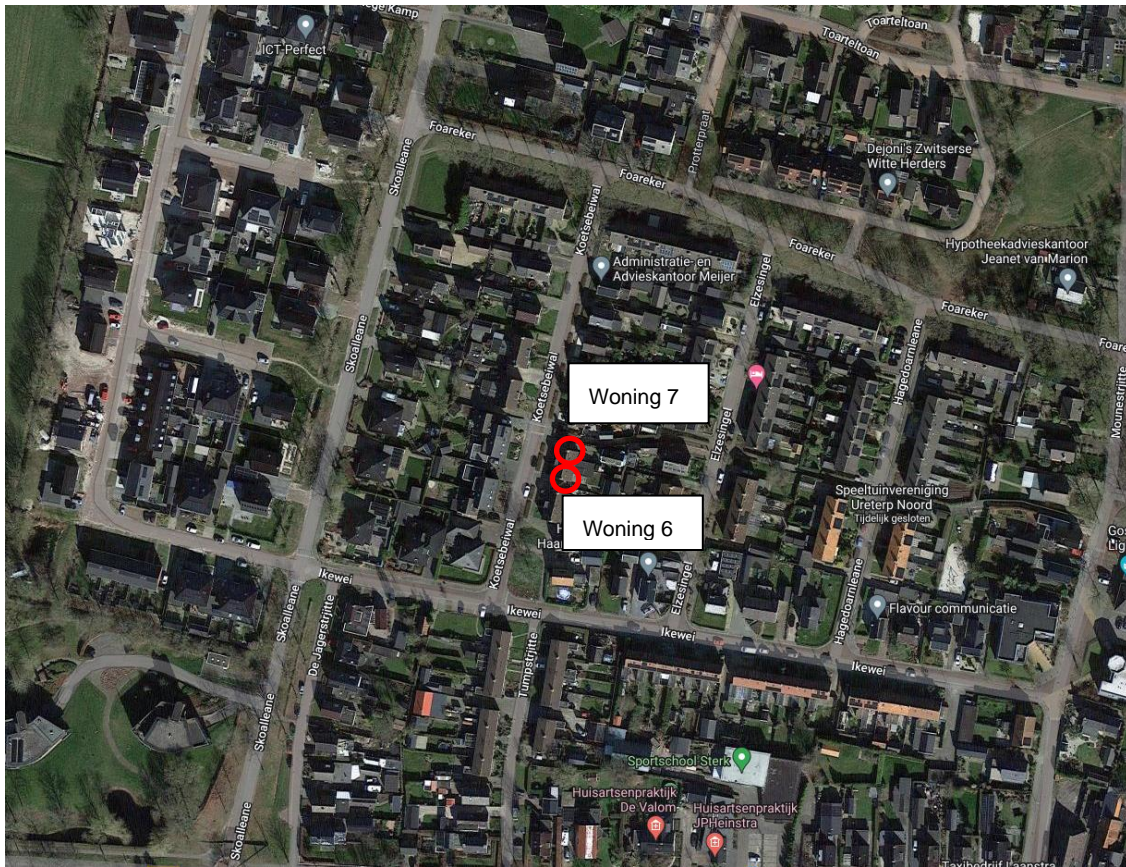
Tot slot zijn ook zaken als leveringsproblemen van materiaal, uitval van personeel en storingen (geen stroom) aan de orde geweest. Uiteindelijk is vanaf mei 2022 (i.p.v. april) gestart met de metingen.

2.6 Geselecteerde woningen

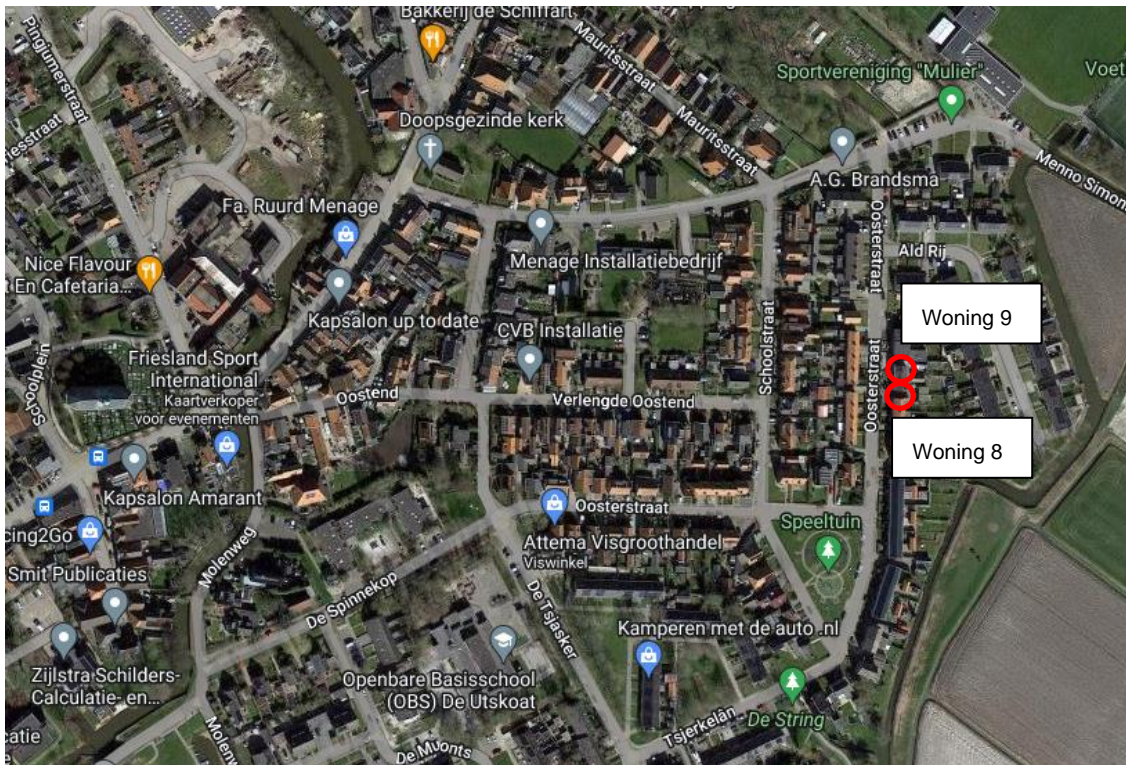
In tabel 2.1, figuur 2.2 en figuur 2.3 is weergegeven welke woningen uiteindelijk zijn geselecteerd en welke kenmerken bij deze woningen horen. Bij de deels geïsoleerde woningen is ervoor gekozen om ook een sensor in de inbouwkast en een sensor in de opbouwkast te plaatsen zodat er ook nog enige data van de temperatuur in een vleermuisvoorziening konden worden ingewonnen.

Tabel 2.1. Eigenschappen van de geselecteerde woningen voor het pilotonderzoek. De nummering volgt de pilotmeting van 2021 op (vandaar dat het hier gaat om woning 6 tot en met 9).

Woning	Type woning	Geïsoleerd/ Ongeïsoleerd	Oriëntatie dak voorzijde (3 sensoren)	Oriëntatie dak achterzijde (3 sensoren)	Oriëntatie spouw (3 sensoren)	Overig	Verblijfplaats
Woning 6 (Ureterp)	Twee- onder- een- kap	ongeïsoleerd		OZO	ZZW		Eerder vastgestelde nestplaats Huismus
Woning 7 (Ureterp)	Twee- onder- een- kap	ongeïsoleerd	WNW		NNO		Eerder vastgestelde zomerverblijfplaats Laatvlieger en nestplaats Gierzwaluw
Woning 8 (Witmarsum)	Twee- onder- een- kap	(deels) geïsoleerd	W		Z	2 sensoren in spouw, 1 in inbouw- vleermuiskast Bovenverdieping spouw niet gevuld, hier is vanaf de binnenzijde geïsoleerd. Dak is vanaf buitenzijde geïsoleerd.	Waarschijnlijk eerder vastgestelde kraamverblijfplaats Laatvlieger.
Woning 9 (Witmarsum)	Twee- onder- een- kap	(deels) geïsoleerd		O	N	Bovenverdieping spouw niet gevuld, hier is vanaf de binnenzijde geïsoleerd. Dak is vanaf buitenzijde geïsoleerd. Op kopgevel opbouwkasten aanwezig (2 kraamkasten en 1 huismuskast).	Eerder vastgestelde kraamverblijfplaats Laatvlieger en 7 nestplaatsen Huismus.



Figuur 2.2. Ligging van de geselecteerde woningen in Ureterp, beide ongeïsoleerd.



Figuur 2.3. Ligging van de geselecteerde woningen in Witmarsum, beide (deels) geïsoleerd.

2.7 Aanwezige nest- en verblijfplaatsen

In 2022 zijn woningen geselecteerd waarvan bekend is dat deze recent in gebruik zijn geweest door beschermde gebouwbewonende soorten. Deze informatie is afkomstig uit de database van de ecologische begeleiding voor de woningbouwvereniging. In tabel 2.1 is aangegeven om welke soorten het gaat en waar de nest- en verblijfplaatsen zijn aangetroffen. De aangetroffen nest- en verblijfplaatsen in de woningen in Ureterp zijn in 2021 aangetroffen en die in Witmarsum in 2019. Voor de vleermuisverblijfplaatsen die in 2019 en 2021 zijn vastgesteld moet worden opgemerkt dat deze zijn vastgesteld in de woningen zelf (en dus niet in de aangeboden kasten).

Het gegeven dat er in voorgaande jaren nest- of verblijfplaatsen in een woning aanwezig zijn is geen garantie dat deze er in 2022 ook waren. Van vleermuizen is bijvoorbeeld bekend dat deze gebruik maken van een netwerk aan verblijfplaatsen en dus ook van andere geschikte locaties gebruik kunnen maken. Ook kunnen externe factoren een invloed hebben gehad op de geschiktheid van de woningen en dus het gebruik van een nest- of verblijfplaats. Of de nest- en verblijfplaatsen ook in 2022 nog in gebruik zullen zijn is dus op voorhand onbekend. Wel zijn in 2022 enkele aanvullende bezoeken gebracht om vast te stellen of de woningen in 2022 nog in gebruik waren als nest- of verblijfplaats. Zo is op 18 mei 2022 een aanvullend veldbezoek voor de Huismus uitgevoerd. In het kader van een ander onderzoek door JM ecologie is een batlogger geplaatst bij woning 9 in Witmarsum. Die heeft van het begin van de kraamperiode (half mei) tot het einde van de paarperiode (eind oktober) aan de woning gehangen (med. T. de Haan). Gezien de aantallen opnames is door JM ecologie vervolgens steekproefsgewijs bekeken welke soorten er in de verschillende frequentiegroepen (15, 25, 35, 45, 65, 75 +/-5 kHz) zijn aangetroffen.

2.8 Planning

Het oorspronkelijke voorstel was om te meten in de maanden april tot november van 2022. De meetapparatuur is uiteindelijk in de maand mei van 2022 aangebracht, waarna gemeten is tot het einde van het actieve vleermuisseizoen (1 november). De gegevens tot en met oktober 2022 zijn verwerkt in deze rapportage.

2.9 Analyse

De verzamelde gegevens werden opgeschoond, beheerd en geplott in het programma R (R Development Core Team, 2016). Anders dan in 2021 waren er in 2022 geen noemenswaardige uitschieters in de data aanwezig, waardoor de dataset niet verder opgeschoond hoefde te worden.



Figuur 2.4. Plaatsing van de meetsensoren in de spouwmuur aan de kopgevel van woning 8. De middelste sensor is in de inbouw-vleermuiskast geplaatst.

Voor de periode mei tot en met oktober waren er voor de vier woningen samen uiteindelijk circa 450.000 waarnemingen (i.e. individuele metingen). Wel was er bij een drietal woningen een onderbreking in de datareeks in de maand oktober. Dit had te maken met serverproblemen waardoor deze data verloren zijn gegaan.

Vanwege het pilotachtige karakter van deze studie en omdat uit de grafieken (niet opgenomen in deze rapportage) duidelijk werd dat er geen significante verschillen optraden, is een uitgebreide statistische analyse achterwege gelaten. Wel wordt in onderhavige rapportage ingegaan op de trends en verschillen tussen de verschillende woningen en de inzichten die dit oplevert.

Analyse vleermuiskasten

Bij woning 8 is één van de drie sensoren in de spouw in de inbouwkast geplaatst (figuur 2.4). Deze sensor is om die reden niet meegenomen in de analyse van het temperatuurverloop in de spouwmuur van de woningen. Voor de sensor in de inbouwkast is een separate analyse gedaan. Op 20 mei 2022 zijn in de grote opbouwkast (kraamkast) bij woning 9 twee extra sensoren bijgeplaatst. Voor deze sensoren in de vleermuiskasten is ook een separate analyse gedaan.

Om de gegevens van de verschillende typen vleermuiskasten van 2021 en 2022 te kunnen vergelijken, is in beide jaren een dag geselecteerd die een soortgelijk temperatuurverloop over de dag liet zien zodat het temperatuurverloop in de kasten ook enigszins vergelijkbaar was. Er is gekozen voor dagen waarop de gemiddelde dagtemperatuur op beide dagen hetzelfde was en zowel de minimum- als maximumtemperatuur niet meer dan 1°C afweken (bron KNMI gegevens van station Leeuwarden). Daarnaast zijn alleen dagen geselecteerd die binnen de kwetsbare periode (kraamperiode) van Laatvlieger vielen. Omdat de sensoren in de opbouwkasten zowel in 2021 als in 2022 later zijn bijgeplaatst moest de gekozen dag ook na deze datum vallen.

Analyse tolerantiegrenzen

Zoals al eerder betoogd is er maar heel weinig bekend over tolerantiegrenzen (Krijn *et al.* 2021). We gebruiken hier de gevonden waarden, met de kanttekening dat de kennis daarover beperkt is. De tolerantiegrenzen zijn vooral van belang in de meest kwetsbare periode van de onderzochte soorten. Dat zijn de perioden waarin de jongen nog zeer klein zijn en daardoor niet goed in staat om te thermoreguleren.

Voor Huismus was in eerste instantie uitgegaan van de periode van ca. 10 april tot en met eind april (eerste leg). De metingen zijn echter pas in mei 2022 begonnen. Daardoor is voor Huismus de gehele broedperiode (begin metingen tot en met augustus) als uitgangspunt genomen waarin de aanname is gemaakt dat er ook tweede en mogelijk derde legsels aanwezig zijn.

Voor Gierzwaluw is de meest kwetsbare periode de periode van 20 juni tot en met 10 juli genomen. Doorgaans start de broedperiode al eerder, maar de gierzwaluwen waren in 2022 zo'n twee tot drie weken later dan normaal, waardoor voor deze periode is gekozen.

Voor Laatvlieger is de kraamperiode als uitgangspunt genomen. Deze loopt globaal van 15 mei tot en met 15 juli.

Voor Huismus is er alleen gekeken naar de temperatuur in de onderste drie rijen dakpannen (onderste sensor) omdat dit de locaties zijn waar huismussen doorgaans hun nest maken. Voor Gierzwaluw is een tolerantiegrens over het hele dakvlak aangehouden. Omdat bij Huismus en Gierzwaluw de kuikens door de ouderdieren worden warm gehouden is de onderste tolerantiegrens (minimumtemperatuur) niet van belang. Bij Laatvlieger is dit wel van belang. Daarbij is een onderste en bovenste tolerantiegrens aangehouden binnen de kraamperiode. Er is zowel naar de spouwmuur als onder het dak gekeken.

3 Resultaten

3.1 Aanwezige nest- en verblijfplaatsen

De waarnemingen van de nest- en verblijfplaatsen in de twee woningen in Witmarsum (woning 8 en 9) komen uit 2019. De waarnemingen van de nest- en verblijfplaatsen van de twee woningen in Ureterp (woning 6 en 7) komen uit 2021. Omdat er jaarlijks verschuivingen kunnen zijn in de nest- en verblijfplaatsen is daarmee niet met zekerheid te zeggen dat de eerder gevonden nest- en verblijfplaatsen ook daadwerkelijk in 2022 in gebruik zijn geweest.

Het uitvoeren van een volledig aanvullend onderzoek viel buiten de scope van dit onderzoek. Op 18 mei 2022 is overdag een bezoek gebracht aan de woningen in Ureterp en Witmarsum om na te gaan of er broedactiviteit van Huismus kon worden vastgesteld. Bij alle woningen werd activiteit van huismussen vastgesteld. Er zijn daarbij geen invliegende exemplaren met nestindicerend gedrag (zoals voer aanleveren, jongen voeren etc.) waargenomen. Op basis van de gedragingen (roepend, foeragerend) kan echter niet worden uitgesloten dat er een nestplaats aanwezig is geweest.

Uit de gegevens van de batlogger die bij woning 9 is geplaatst is gebleken dat er in de kraamperiode bij de frequentiegroepen 25 en 35kHz ongeveer 60% Laatvlieger en 10% Rosse vleermuis is aangetroffen. De overige 30% bestaat uit sociale roepen van Gewone dwergvleermuis. De groep 45 wordt onmiskenbaar gedomineerd door Gewone dwergvleermuizen. In de paarperiode wordt deze verdeling anders en is de groep 25 en 35kHz voor 70% gevuld door sociale geluiden van dwergvleermuizen.

Wanneer de gegevens van de batlogger in Witmarsum vergeleken werden met de andere loggers die JM ecologie in gebruik had kan gesteld worden dat er bij de woning in Witmarsum meer activiteit van Gewone dwergvleermuizen is waargenomen, zowel in de kraamperiode als in de paarperiode. Dit kan duiden op het in gebruik zijn van de opbouwkraamkast door deze soort.

Of de woning nog in gebruik is als kraamverblijfplaats van Laatvlieger is niet met zekerheid te stellen. Het feit dat de soort in aangetroffen binnen de kraamperiode en het gegeven dat er een relatief groot aantal opnames van de soort is kan hierop duiden, maar het zou ook kunnen gaan om passerende exemplaren die hun verblijfplaats in de directe omgeving hebben. Tevens moet worden opgemerkt dat de kraamkast (die mogelijk in gebruik is door Gewone dwergvleermuizen) ongunstig gepositioneerd is ten opzichte van de mogelijke uitvliegopeningen voor vleermuizen onder het dak (de locatie waar de eerder aangetroffen kraamverblijfplaats van Laatvlieger zich bevond).

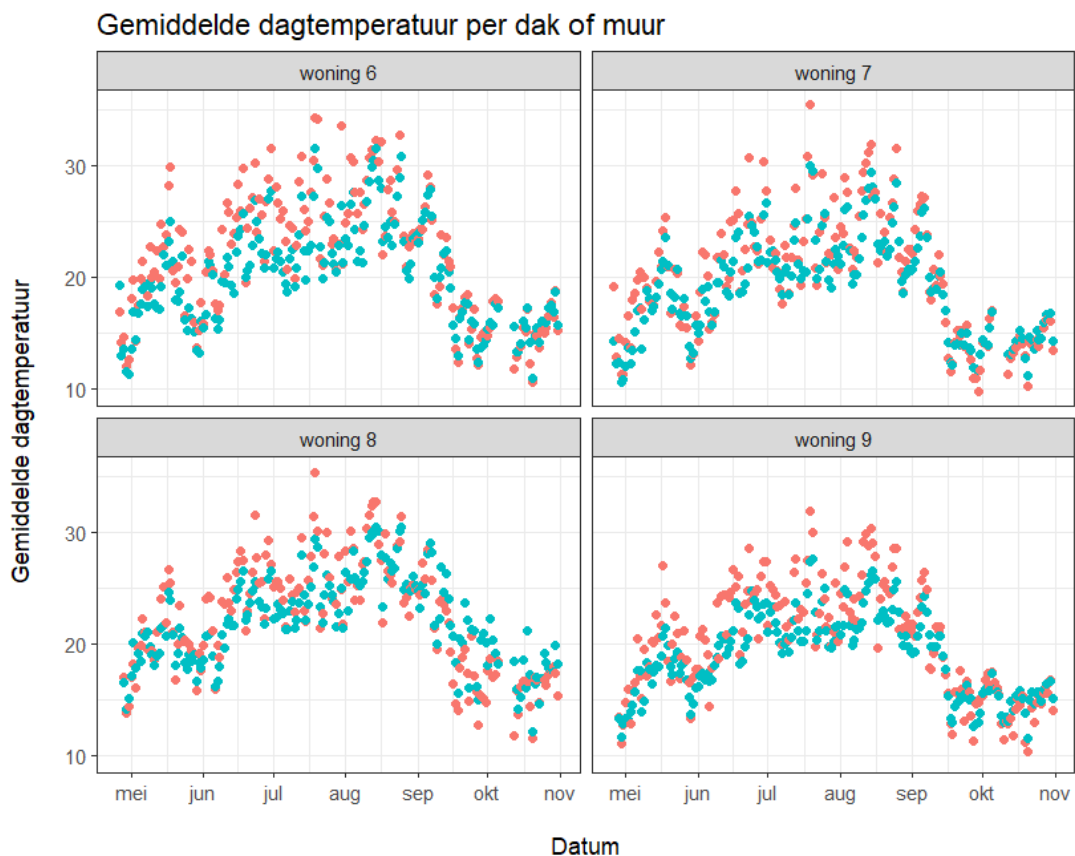
Samenvattend

In 2019 en 2021 zijn in de woningen nest- en verblijfplaatsen vastgesteld van Huismus, Gierzwaluw en Laatvlieger. Voor alle soorten geldt dat voor het jaar 2022 niet met zekerheid te zeggen is of de nest- en verblijfplaatsen aan de woningen in gebruik zijn, maar dat dit ook niet kan worden uitgesloten. Ook als de nest- en verblijfplaatsen in 2022 niet in gebruik zouden zijn, zijn de gegevens nog steeds relevant omdat ze hoe dan ook iets zeggen over (recent) in gebruik zijnde verblijfplaatsen.

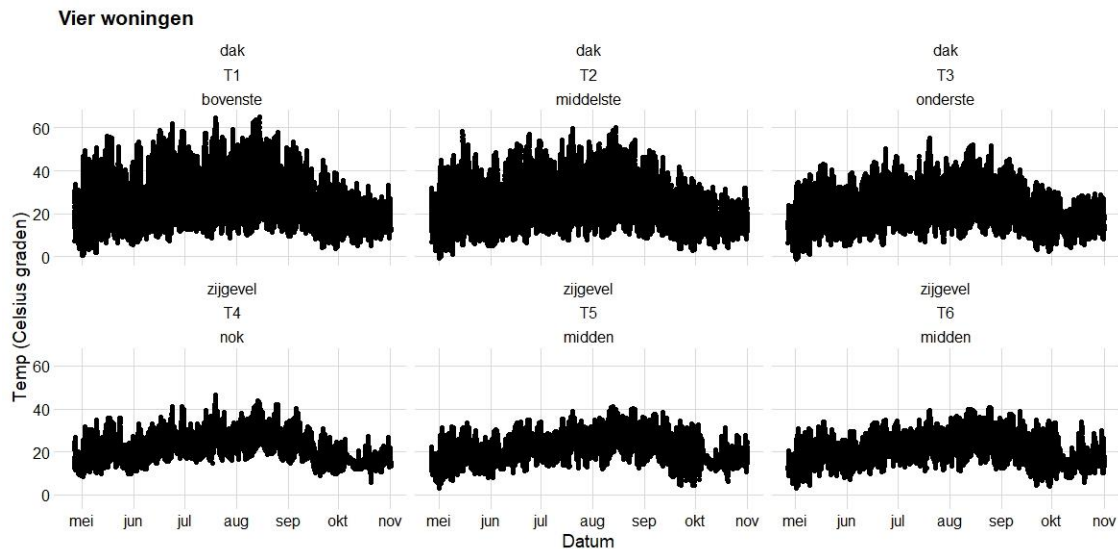
3.2 Temperatuurverloop

Als eerste stap in de analyse is gekeken naar het temperatuurverloop in de maanden mei tot en met oktober van 2022. Vanaf mei neemt de gemiddelde dagtemperatuur geleidelijk toe. De gemiddelde dagtemperatuur onder het dak en in de spouw lag in de zomermaanden (juni, juli, augustus) in de range van 13,5-38,8°C (figuur 3.1). De gemiddelde dagtemperatuur in de muur lag over het algemeen iets lager dan de gemiddelde dagtemperatuur onder het dak (figuur 3.1). Ook fluctueert de temperatuur meer onder het dak dan in de spouwmuur. Dit geldt zowel voor (deels) geïsoleerde als ongeïsoleerde woningen. Dit verschil kan waarschijnlijk verklaard worden doordat het dak meer directe instraling van zonlicht krijgt en een muur niet. In de loop van het seizoen nam de gemiddelde dagtemperatuur af. Bij woning 8 is de gemiddelde dagtemperatuur in het najaar juist hoger in de spouwmuur dan onder het dak. Mogelijk wordt dit verklaard doordat de gevel waarin de meetsensoren zaten hier een zuidelijke oriëntatie heeft (paragraaf 3.3).

Daarnaast schommelde de gemeten temperatuur over de dag sterk (figuur 3.2). In de zomermaanden werden uitschieters van net boven de 60°C gemeten. De minimaal gemeten temperatuur lag in het najaar net onder de 0°C.



Figuur 3.1. Gemiddelde dagtemperatuur van de meetsensoren in de spouwmuur (blauw) en onder het dak (rood) van de vier verschillende woningen (woning 6 ongeïsoleerd, oriëntatie dak OZO en oriëntatie spouw ZZW; woning 7 ongeïsoleerd, oriëntatie dak WNW en oriëntatie spouw NNO; woning 8 (deels) geïsoleerd, oriëntatie dak W en oriëntatie spouw Z; woning 9 (deels) geïsoleerd oriëntatie dak O en oriëntatie spouw N).



Figuur 3.2. Gemeten temperatuur (1 meetwaarde per 15 minuten) van de meetsensoren onder het dak (bovenste grafieken) en in de spouw (onderste grafieken). Bovenste rij links: temperatuur van de bovenste meetsensor (in nok), bovenste rij midden: temperatuur van de middelste meetsensor (midden op dak), bovenste rij rechts: temperatuur van de onderste meetsensor (onderste drie pannenrijen). Onderste rij links: temperatuur van de sensor in de nok van de zijgevel. Onderste rij midden en onderste rij rechts: temperatuur van de meetsensoren aan weerszijde van de nok van de zijgevel.

Binnen de spouwmuur waren geen opvallende onderlinge verschillen zichtbaar wanneer we kijken naar alle meetpunten over de hele meetperiode. Wanneer we inzoomen op een korte periode in de zomer (figuur 3.12 in paragraaf 3.6) is wel een klein verschil in temperatuur waarneembaar waarbij de sensor in de nok een iets hogere temperatuur laat zien dan de andere twee sensoren. De meetsensoren onder het dak laten over de hele meetperiode een verschil zien. In 2022 was de temperatuur onder het dak bij de onderste dakpannen lager (sensor T3 in figuur 3.2) dan midden op het dak (sensoren T2 in figuur 3.2). De temperatuur in de nok van het dak was het hoogst (sensor T1 in figuur 3.2). Hier fluctueerde de temperatuur ook meer.

Samenvattend

De temperatuur binnen het dak is over het algemeen iets hoger dan de temperatuur binnen een spouwmuur, maar kan ook beïnvloed worden door de windrichting van het dak of de spouw. Binnen een dakvlak of spouwmuur is de temperatuur bovenin doorgaans iets hoger dan onderin.

3.3 Verschillen in expositie

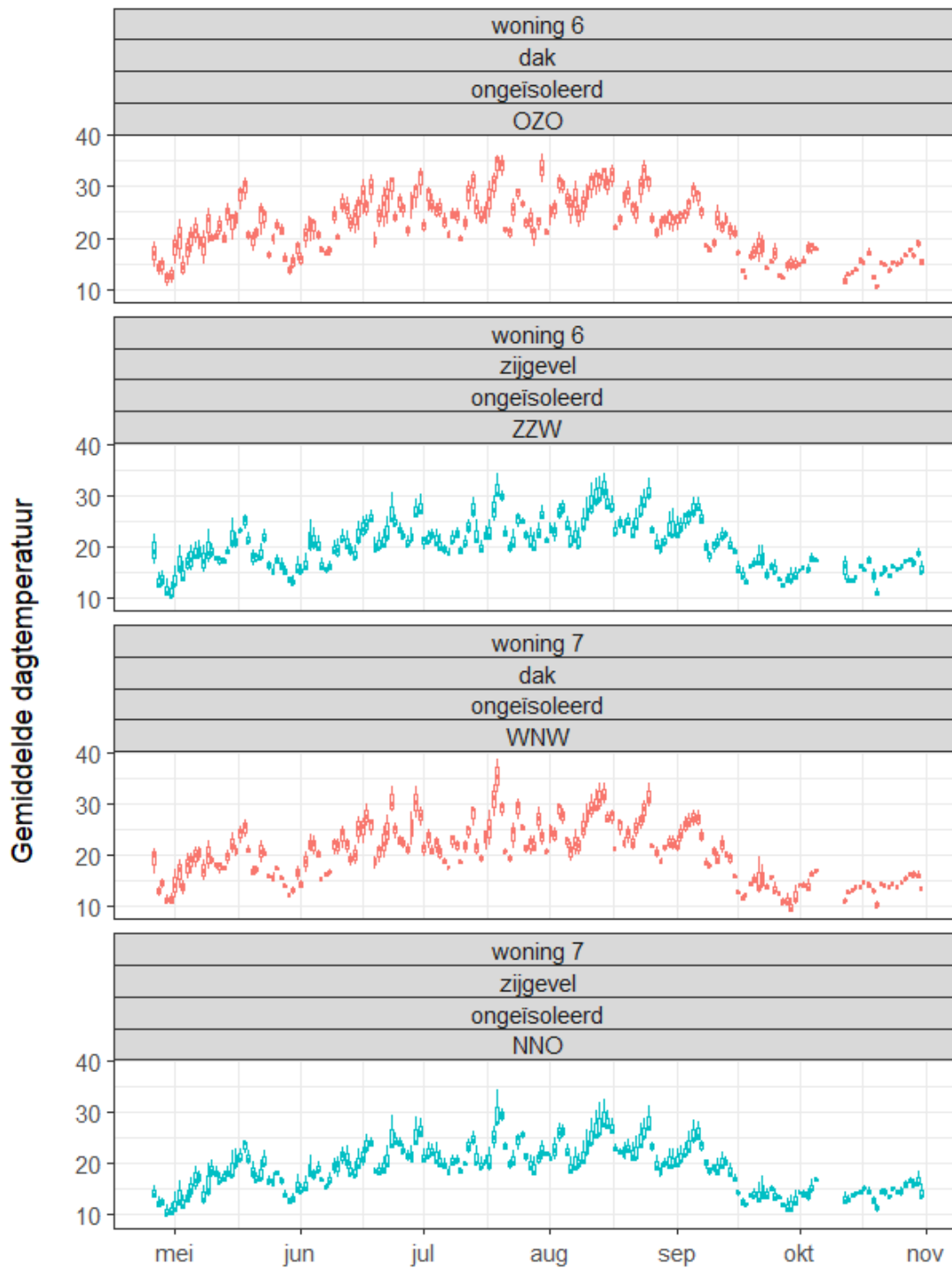
De expositie van de woning kan van invloed zijn op de temperatuur. Wanneer we kijken naar de onderlinge temperatuurverschillen in het ongeïsoleerde woningblok van woning 6 en 7 over de gehele meetperiode zijn er weinig verschillen zichtbaar in de gemiddelde dagtemperatuur van een overwegend zuidelijk en noordelijk georiënteerde kopgevel (figuur 3.3). Wanneer we inzoomen op een kortere periode (zomer) is wel een verschil waarneembaar en lijkt de temperatuur in de zuidelijk georiënteerde kopgevels iets hoger dan in de noordelijk georiënteerde kopgevels (zie paragraaf 3.5). Het dak van woning 6 en 7 heeft overwegend een oost-west oriëntatie. Ook hier zijn geen duidelijke verschillen waarneembaar. Wel is bij het westelijk georiënteerde dak één uitschieter in temperatuur te zien in de zomerperiode, maar op basis hiervan is niet te zeggen of er ook structureel hogere temperaturen voorkomen.

Het deels geïsoleerde woningblok van woning 8 en 9 laat wel enige onderlinge verschillen zien. De temperatuur in de zuidelijk gelegen spouwmuur lijkt hier iets hoger te zijn dan in de noordelijk gelegen spouwmuur, maar op basis van de achterliggende data lijken deze verschillen niet wezenlijk verschillend. Het oostelijk georiënteerde dak van woning 9 lijkt in het voorjaar iets meer temperatuurfluctuatie te hebben dan het westelijk georiënteerde dak. In het najaar is dit juist andersom en zijn er in het westelijk georiënteerde dak iets meer fluctuaties in temperatuur waarneembaar. Deze verschillen zijn echter niet overtuigend genoeg om harde conclusies aan te kunnen verbinden.

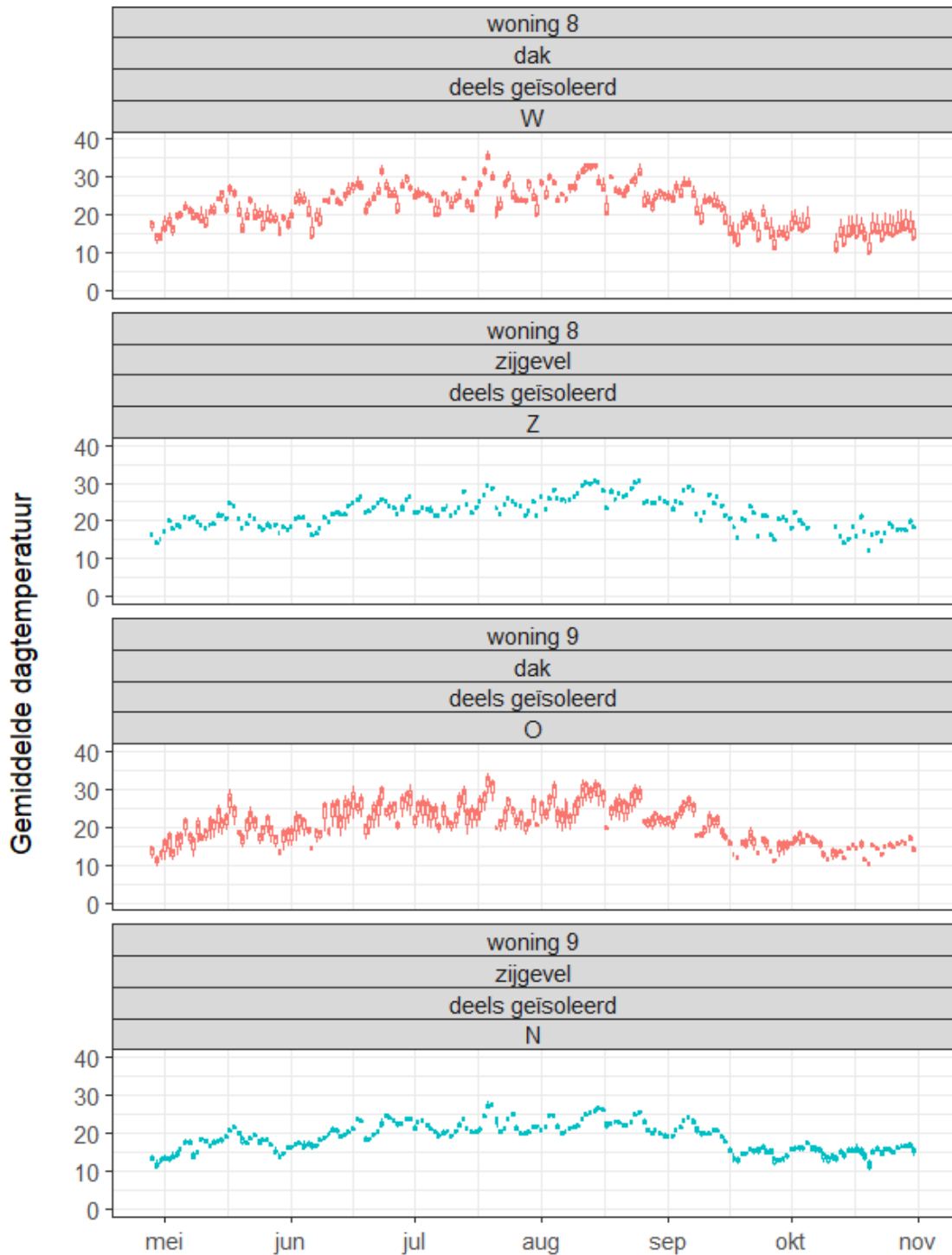
Tussen de twee woningblokken (woning 6/7 versus 8/9) zijn wel enige verschillen waarneembaar. De gemiddelde temperatuur was bij woning 8 en 9 iets hoger dan bij woning 6 en 7. Omdat dit zowel in de spouwmuur als bij het dak het geval was en beide woningblokken nagenoeg dezelfde oriëntatie hebben worden deze verschillen niet verklaard door de windrichting.

Samenvattend

Tijdens de pilotmeting in 2022 kon de invloed van windrichting op temperatuur over de hele periode niet duidelijk worden aangetoond. In een kleiner tijdsframe (zomerperiode) is wel duidelijk dat zuidelijk en westelijk geëxposeerde daken of muren over het algemeen iets warmer zijn dan noordelijk en oostelijk geëxposeerde daken of muren.



Figuur 3.3a. Verdeling van de gemiddelde dagtemperatuur (op basis van alle kwartierwaarden van de boxplots) van de sensoren onder het dak en in spouw in ongeïsoleerde woningen. Rood= dagtemperatuur in het dak. Blauw= dagtemperatuur in de spouw.

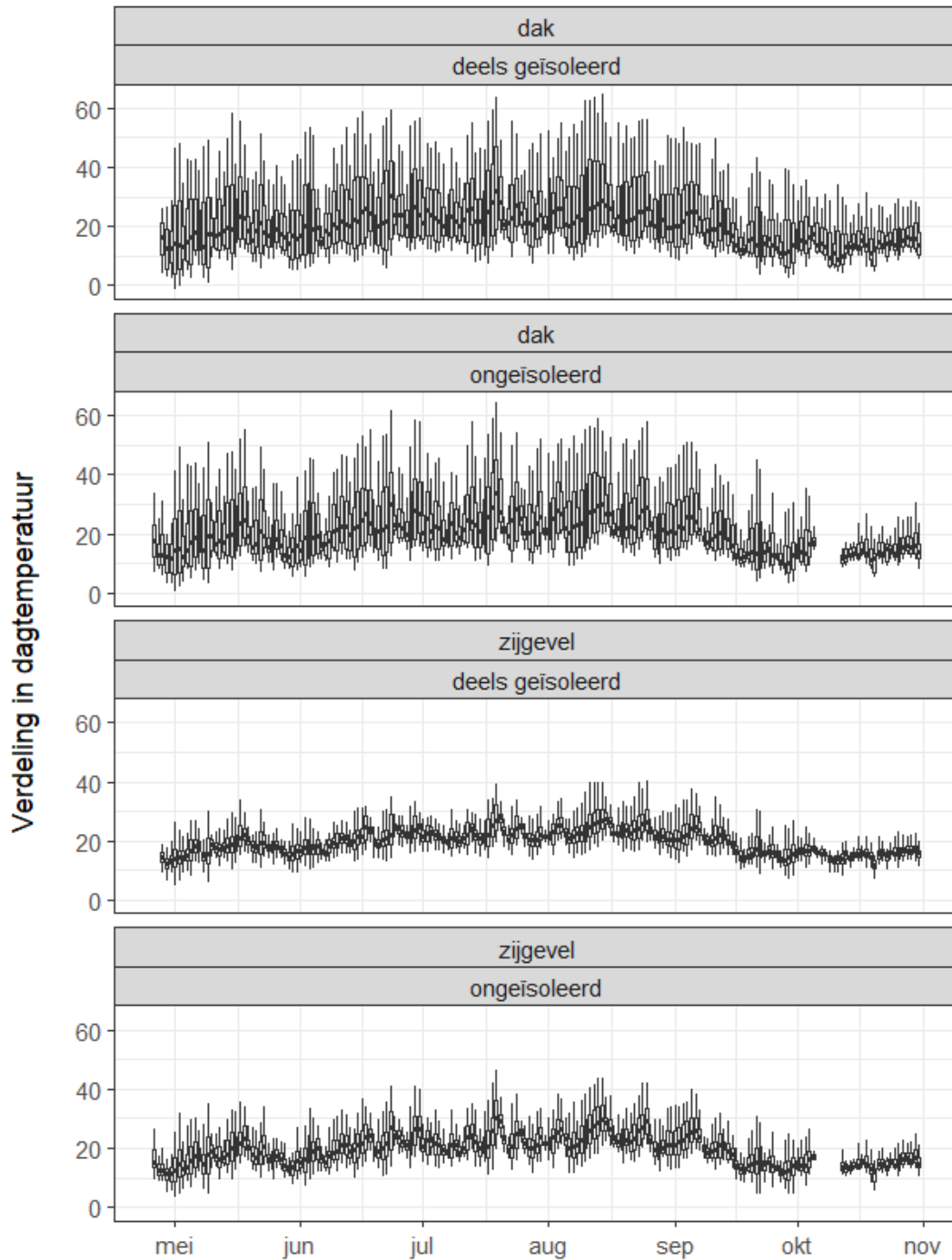


Figuur 3.3b. Gemiddelde dagtemperatuur van de sensoren onder het dak en in spouw in deels geïsoleerde woningen. Rood=gemiddelde dagtemperaturen onder het dak. Blauw= gemiddelde dagtemperaturen in de spouw.

3.4 Verschillen in temperatuur bij geïsoleerde en ongeïsoleerde woningen

Het woningblok met woning 6 en 7 was ongeïsoleerd, het woningblok met woning 8 en 9 was deels geïsoleerd. Dit houdt in dat er een gevulde spouwmuur aanwezig is tot aan de zolder, maar de zolder zelf een ongevulde spouwmuur heeft. Op zolder is van binnenuit geïsoleerd. Daarnaast is bij deze woningen het dak van buitenaf geïsoleerd.

Op basis van de boxplots (figuur 3.4) is er geen duidelijk verschil in de gemiddelde dak- en spouwmuurtemperatuur waarneembaar tussen geïsoleerde en ongeïsoleerde woningen. Wel is zichtbaar dat er binnen het dak van een deels geïsoleerde woning wat meer fluctuaties over de dag in temperatuur zijn dan binnen het dak van een ongeïsoleerde woning. Binnen de spouwmuur zijn er geen duidelijk verschillen in temperatuurfrequentie waarneembaar, al lijken er in het voorjaar in de spouwmuur bij de ongeïsoleerde woning iets meer fluctuaties in temperatuur over de dag aanwezig te zijn dan in de spouwmuur van de deels geïsoleerde woning (figuur 3.3 a en 3.3 b). In het najaar is dit juist andersom en lijken er iets meer temperatuurfrequenties over de dag te zijn in de deel geïsoleerde spouwmuur. Deze verschillen zijn echter zo klein dat er geen harde conclusies aan verbonden kunnen worden.



Figuur 3.4. De verdeling in dagtemperatuur onder de dakpannen en in de schil in geïsoleerde woningen en ongeïsoleerde woningen (kwartierwaarden van woning 6 en 7 (ongeïsoleerd) samen en van woning 8 en 9 (deels geïsoleerd) samen). Het dak van woning 8 en 9 is wel volledig geïsoleerd.

Samenvattend

Er is geen duidelijk verschil in temperatuur waarneembaar tussen geïsoleerde en ongeïsoleerde woningen. Onder het van buitenaf geïsoleerde dak van woning 8 en 9 (deels geïsoleerd) lijken er iets meer fluctuaties in temperatuur over de dag te zijn dan onder het dak van een

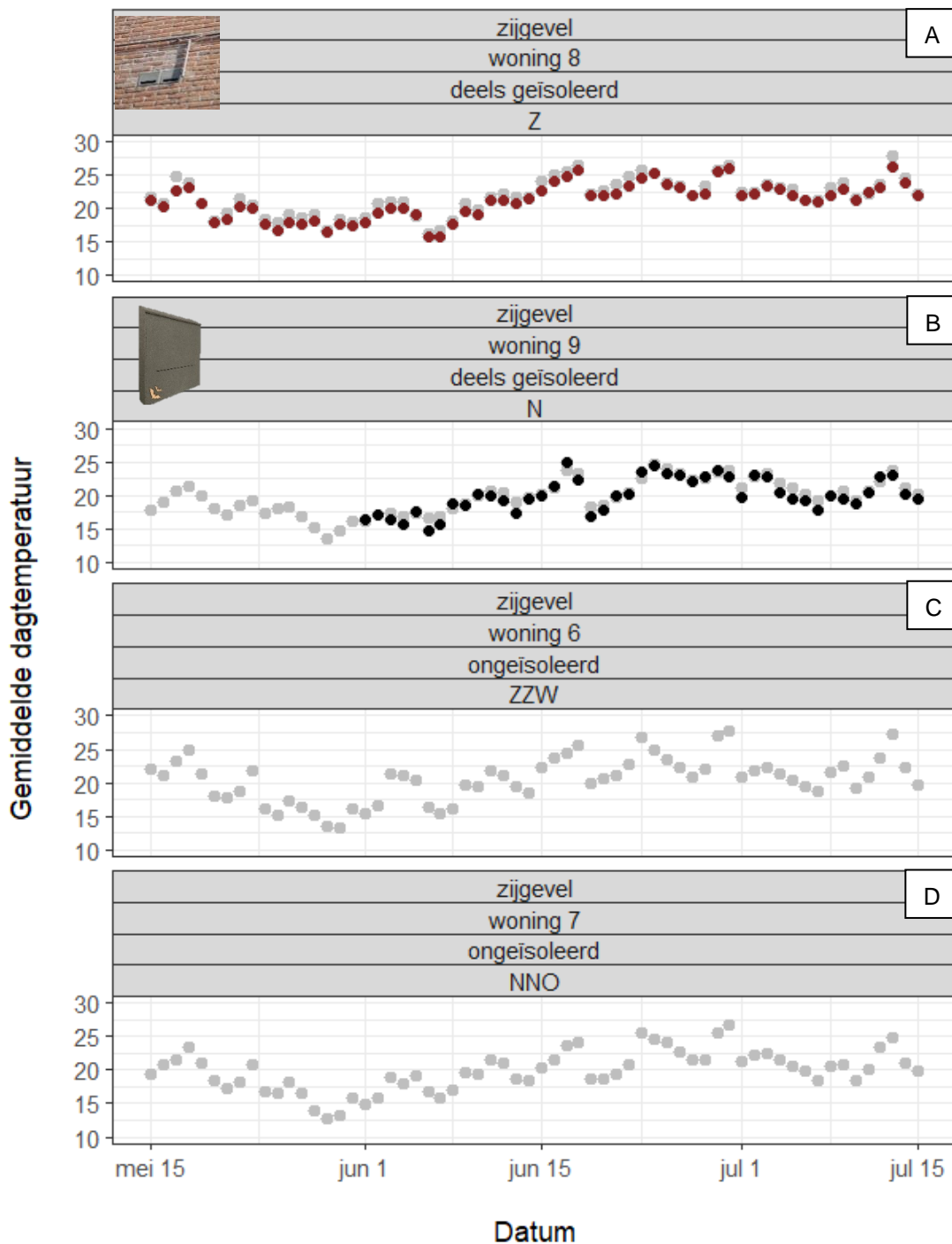
ongeïsoleerde woning. Binnen een spouwmuur zijn geen duidelijke verschillen in temperatuurfrequentie, zowel in de geïsoleerde als in de deels geïsoleerde situatie.

3.5 Temperatuur in vleermuiskast

Vergelijking vleermuiskasten 2022

In 2022 zijn twee typen vleermuiskasten (inbouwkast en opbouwkraamkast) vergeleken met de (deels) geïsoleerde situatie en met de ongeïsoleerde situatie (figuur 3.5). Er is geen vergelijk gemaakt met een volledig geïsoleerde situatie want die optie komt in de praktijk niet voor, omdat bij een volledig gevulde spouwmuur er geen mogelijkheid is voor vleermuizen. Uit de figuur is te zien dat woning 7 en woning 9 (beide noordelijk geëxposeerde gevel) in zijn geheel een iets lagere temperatuur hebben dan woning 6 en woning 8 (zuidelijk geëxposeerde gevel). Omdat de oriëntatie het beeld dus al iets lijkt te beïnvloeden kunnen de temperaturen van de vleermuiskasten het beste worden vergeleken met de temperaturen van een spouwmuur in dezelfde expositie. Wanneer we in figuur 3.5 dus de zuidelijk geëxposeerde inbouwkast in woning 8 (A zwarte punten) vergelijken met de sensoren in een zuidelijke gevel van een deels geïsoleerde woning (A grijze punten) en een zuidelijke gevel van een ongeïsoleerde woning (C), dan zijn er geen opvallende verschillen in temperatuur waarneembaar. De inbouwkast lijkt niet meer te fluctueren in temperatuur dan in een spouwmuur.

Voor de opbouwkast aan een noordelijk geëxposeerde gevel (B) is wel een iets ander beeld te zien. Wanneer we de temperatuur van de opbouwkast vergelijken met de temperatuur in een deels geïsoleerde spouw in noordelijke expositie (B) en een ongeïsoleerde spouw in noordelijke expositie (D), is wel duidelijk te zien dat er meer fluctuaties in temperatuur in de opbouwkast optreden.



Figuur 3.5. Gemiddelde dagtemperatuur van een zuidelijk georiënteerde, deels geïsoleerde spouwmuur (A, grijze punten, n=2 sensoren), een noordelijk georiënteerde, deels geïsoleerde spouwmuur (B, grijze punten, n=3 sensoren), een inbouwkast in een zuidelijk georiënteerde spouwmuur (A, bruine punten, n=1 sensor), een opbouwkraamkast op een noordelijk georiënteerde gevel (B, zwarte punten, n=2 sensoren), een zuidelijk georiënteerde, ongeïsoleerde spouwmuur (C, n=3 sensoren), een noordelijk georiënteerde, ongeïsoleerde spouwmuur (D, n=3 sensoren).

Vergelijking vleermuiskasten 2021 en 2022

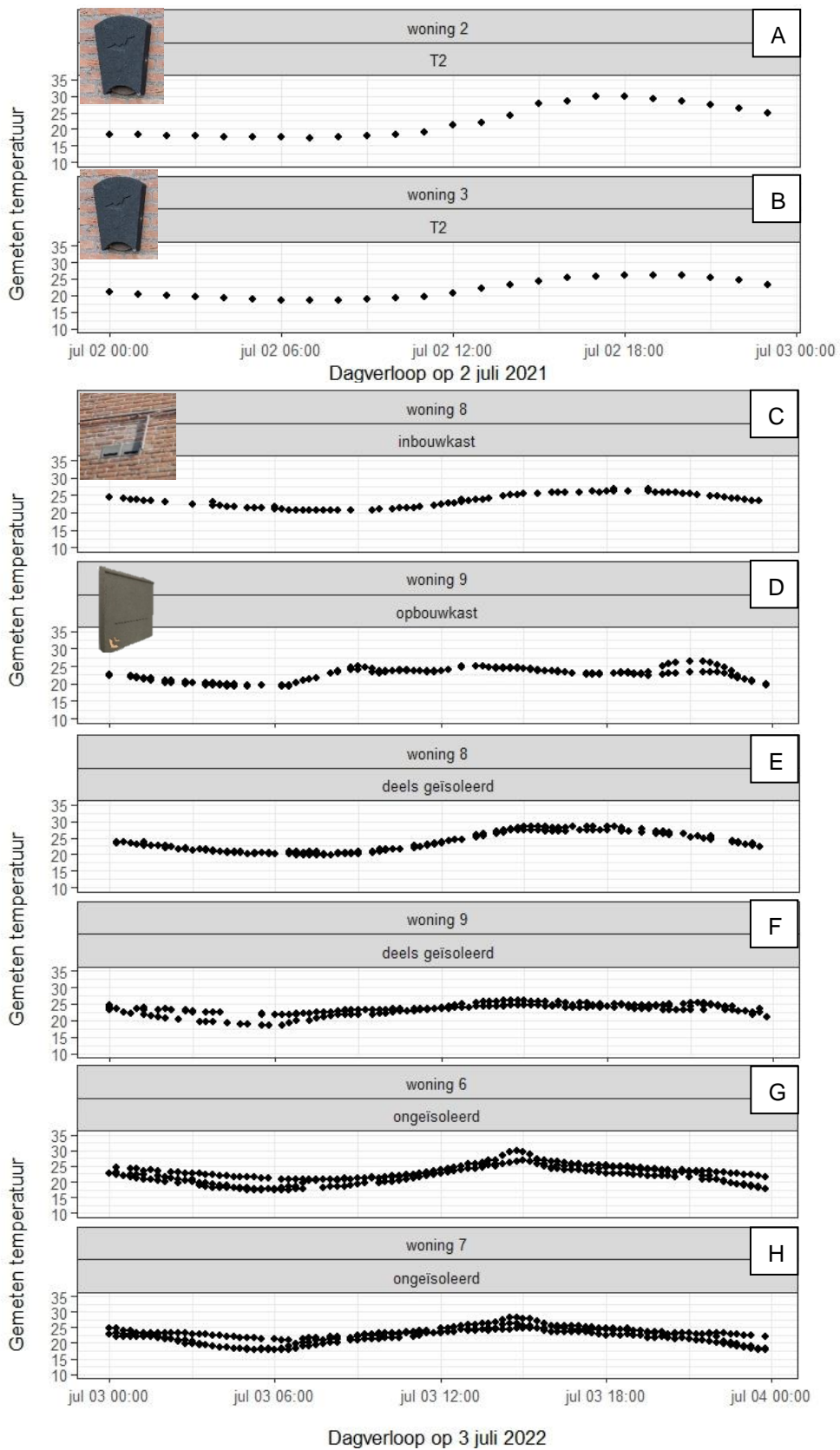
Om de gegevens van 2021 en 2022 te kunnen vergelijken is een dag genomen waarop het temperatuurverloop vergelijkbaar is. De waarden geven daarom niet de gemiddelde dagtemperatuur weer maar de gemeten temperatuur verspreid over de dag (figuur 3.6). Er zijn drie data in 2021 en 2022 gevonden die voldeden aan de voorwaarden om te kunnen vergelijken (paragraaf 2.9): 1 juli 2021 met 9 juli 2022, 2 juli 2021 met 3 juli 2022, 11 juli 2021 met 13 juli 2022. Het onderlinge temperatuurverloop liet op al deze data een soortgelijk patroon zien. Hieronder is de figuur verder toegelicht die het meest voldeed aan alle voorwaarden. De andere grafieken zijn opgenomen in bijlage 1. In figuur 3.6 is te zien dat de hoogste temperatuur even na het middaguur wordt bereikt en na een uur of 18 geleidelijk weer afneemt. In figuur 3.6 is ook duidelijk te zien dat de noordelijk en oostelijk georiënteerde gevels (A,B, D, F en H) iets koeler zijn dan de zuidelijk georiënteerde gevels (C, E en G). Omdat de oriëntatie het beeld dus ook hier iets lijkt te beïnvloeden kunnen de temperaturen van de vleermuiskasten het beste worden vergeleken met de temperaturen van een spouwmuur of vleermuiskast in dezelfde expositie.

Uit de figuur is te zien dat de noordelijk en oostelijk georiënteerde kleine vleermuiskast (A en B) en de noordelijk georiënteerde kraamkast (D) meer fluctuatie in temperatuur laten zien dan de temperatuur in de deels geïsoleerde spouwmuur (F) en ongeïsoleerde spouwmuur (H) in diezelfde windrichting. Er is daarbij geen duidelijk onderscheid te maken tussen de temperatuur in een kleine opbouwkast of een grote kraamkast, al lijkt de temperatuur in de kleine vleermuiskasten iets lager te liggen dan in de grote kraamkast.

Wanneer we kijken naar de inbouwkast in de zuidelijke georiënteerde spouwmuur (C) zien we eenzelfde patroon als in een zuidelijk georiënteerde, deels geïsoleerde spouwmuur (E) of zuidelijk georiënteerde ongeïsoleerde spouwmuur (G). Wel lijkt de temperatuur in de inbouwkast over het algemeen iets lager te zijn, maar dit verschil is niet overtuigend genoeg om harde conclusies aan te kunnen verbinden. Duidelijk is wel dat de temperatuur in een inbouwkast tamelijk stabiel is, en de temperatuur in een opbouwkast meer fluctueert dan in een spouwmuur (al dan niet geïsoleerd).

Samenvattend

In een opbouwvleermuiskast zijn meer temperatuurfluctuaties te zien dan in een spouwmuur. Dit geldt zowel voor deels geïsoleerde als ongeïsoleerde spouwmuren. De temperatuur in een vleermuisinbouwkast is juist vrij stabiel.



Figuur 3.6. Gemeten temperatuur in: een kleine vleermuis-opbouwkast op een noordelijk georiënteerde gevel (A, n=1), een kleine vleermuis-opbouwkast op een oostelijk georiënteerde gevel (B, n=1), een inbouwkast in een zuidelijk georiënteerde spouwmuur (C, n=1) een opbouwkraamkast op een noordelijk georiënteerde gevel (D, n=2) een zuidelijk

georiënteerde, deels geïsoleerde spouwmuur (E, n=2) een noordelijk georiënteerde, deels geïsoleerde spouwmuur (F, n=3), een zuidelijk georiënteerde, ongeïsoleerde spouwmuur (G, n=3), een noordelijk georiënteerde, ongeïsoleerde spouwmuur (H, n=3). Temperatuur op 2-7-2021: $T_{gem}= 17^{\circ}C$, $T_{min}=12^{\circ}C$, $T_{max}=21^{\circ}C$. Temperatuur op 3-7-2022: $T_{gem}= 17^{\circ}C$, $T_{min}=12^{\circ}C$, $T_{max}=21^{\circ}C$.

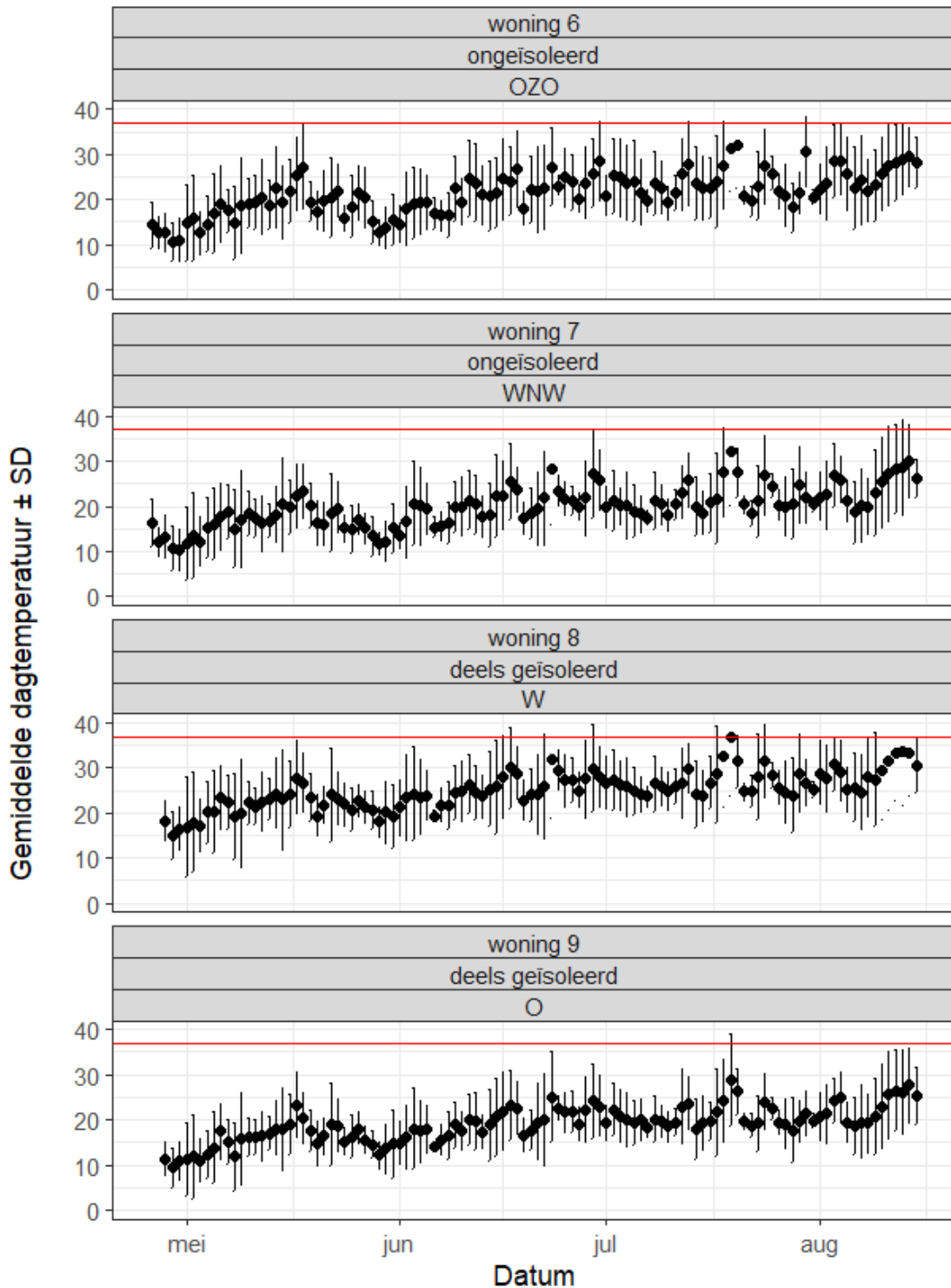
3.6 Tolerantiegrenzen

Eerder is in een literatuurstudie gekeken wat de tolerantiegrenzen zijn (Krijn *et al.* 2021). Daarin is al benadrukt dat er weinig goede kennis over is. Dat betekent, dat de resultaten en de vergelijkingen hierna ook in dat licht bekeken moeten worden. Overschrijding van de nu bekende tolerantiegrenzen hoeft niet meteen te betekenen dat er een groot knelpunt is; het kan ook zijn dat de tolerantiegrenzen nog niet goed bekend zijn. Zie verder hoofdstuk 4, discussie.

De periode waarin de tolerantiegrenzen voor temperatuur bepalend zijn, is in de meest kwetsbare periode van de jongen van gebouwbezonende soorten waarin ze nog niet goed in staat zijn om zelf te thermoreguleren. Voor Huismus is uitgegaan van de periode vanaf het begin van de metingen tot en met augustus, voor Gierzwaluw is uitgegaan van de periode 20 juni tot en met 10 juli en voor Laatvlieger is uitgegaan van de kraamperiode die loopt van 15 mei tot en met 15 juli. Zie voor een nadere toelichting van deze periode paragraaf 2.9. In deze studie is gekeken op welke momenten de tolerantiegrenzen binnen de meest kwetsbare periode overschreden worden. Hieronder wordt daar per soort op ingegaan.

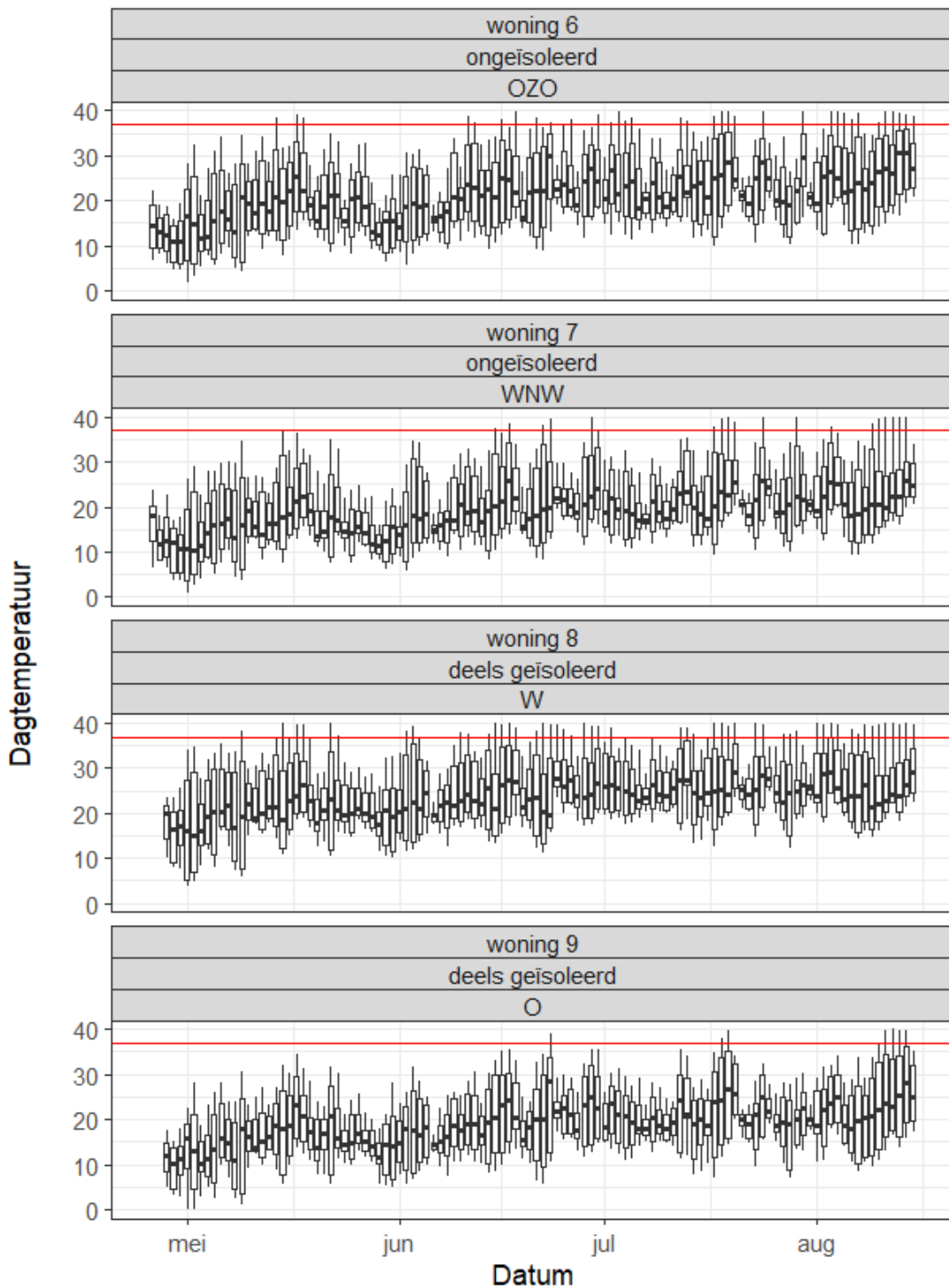
Huisumus

De bovenste tolerantiegrens voor Huisumus zoals gevonden in de literatuur (Krijn *et al.* 2021) is $37^{\circ}C$. Hierbij is alleen naar de onderste drie rijen pannen gekeken. Wanneer we kijken naar de gemiddelde dagtemperatuur zien we dat deze voor alle woningen (zowel ongeïsoleerd als deels geïsoleerd) niet wordt overschreden (figuur 3.7).



Figuur 3.7. Gemiddelde dagtemperatuur (\pm SD) van de sensoren onder de eerste drie pannenrijen en de waarde van de nu bekende tolerantiegrens (rode lijn) voor Huismus.

Daarnaast is gekeken naar de gemeten temperatuur onder de onderste drie rijen dakpannen (figuur 3.8). Daaruit is op te maken dat de gemeten temperatuur op enig moment van de dag wel meermaals (zeker 30 keer) overschreden wordt tijdens de broedperiode van de Huismus. Wel is uit figuur 3.8 op te maken dat deze overschrijding niet de hele dag duurt; het grootste deel van de meetpunten blijft onder de tolerantiegrens.

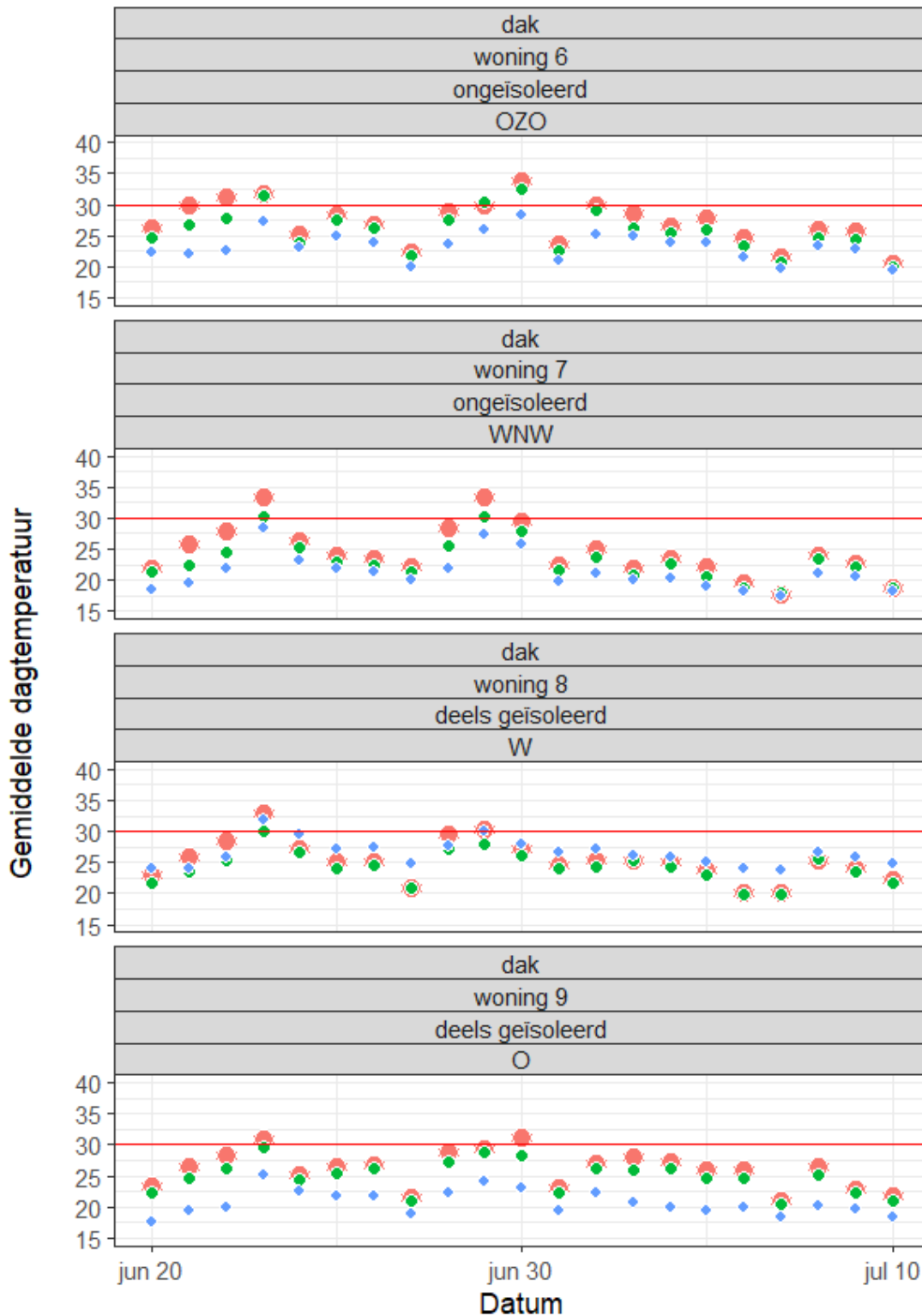


Figuur 3.8. Temperatuurverdeling van de sensoren onder de eerste drie rijen pannen en de waarde van de nu bekende tolerantiegrens (rode lijn) voor Huismus.

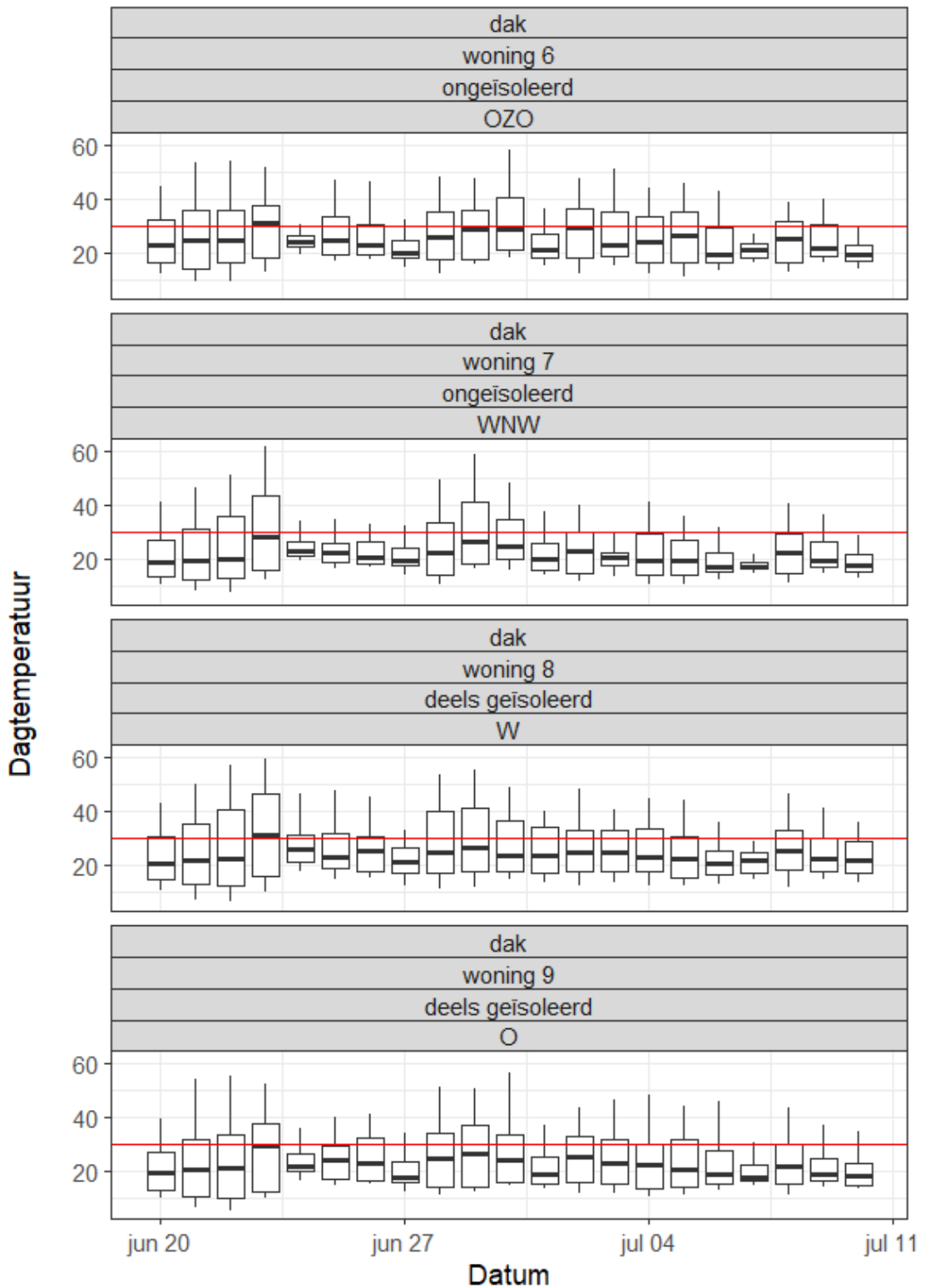
Gierzwaluw

Voor Gierzwaluw is een bovenste tolerantiegrens van 30°C over het hele dakvlak aangehouden. De gemiddelde dagtemperatuur wordt in elke woning één tot driemaal maal overschreden, namelijk op 23 juni, 29 juni en 30 juni (figuur 3.9). Het betrof daarbij alleen de bovenste en in sommige gevallen ook de middelste temperatuursensor. Met andere woorden; alleen in de nestlocaties die hoog op het dakvlak liggen worden de tolerantiegrenzen overschreden wat betreft de gemiddelde dagtemperatuur.

Wanneer we kijken naar de gemeten temperatuur (figuur 3.10) is duidelijk dat deze veel frequenter overschreden wordt. In de meeste gevallen gaat het om een klein gedeelte van de dag en blijven het grootste deel van de dag onder de tolerantiegrens. Op de dagen dat de gemiddelde dagtemperatuur ook boven de tolerantiegrens uitkwam (23 juni, 29 juni en 30 juni) vindt er echter wel gedurende een groot deel van de dag blootstelling boven deze temperatuur plaats.



Figuur 3.9. Gemiddelde dagtemperatuur van de sensoren in het dakvlak en de tolerantiegrens (rode lijn) voor Gierzwaluw. Blauw: onderste temperatuursensor onder het dak, groen: middelste temperatuursensor onder het dak, rood: bovenste temperatuursensor onder het dak.



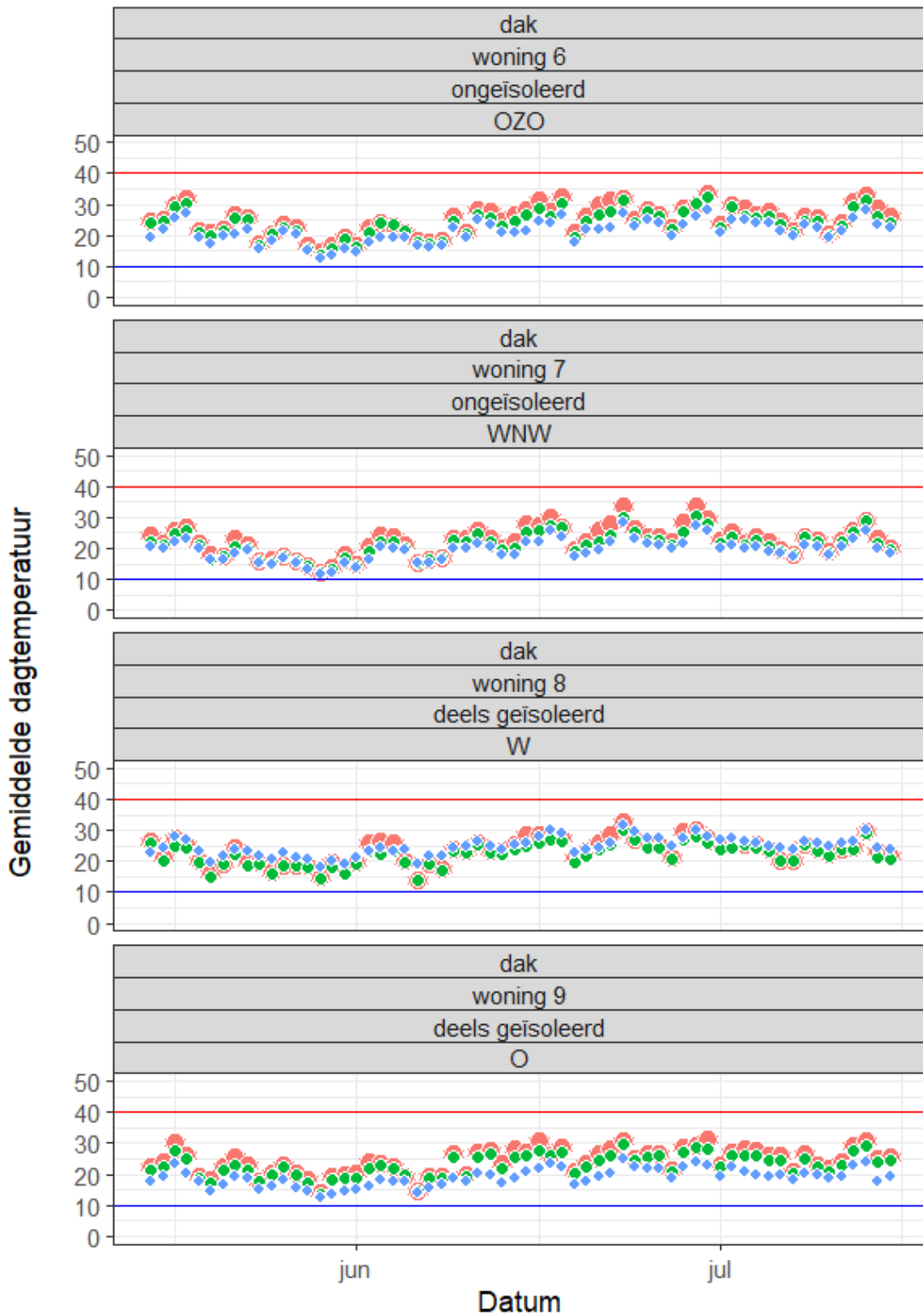
Figuur 3.10. Temperatuurverdeling van de sensoren in het dakvlak en de tolerantiegrens (rode lijn) voor Gierzwaluw.

Laatvlieger

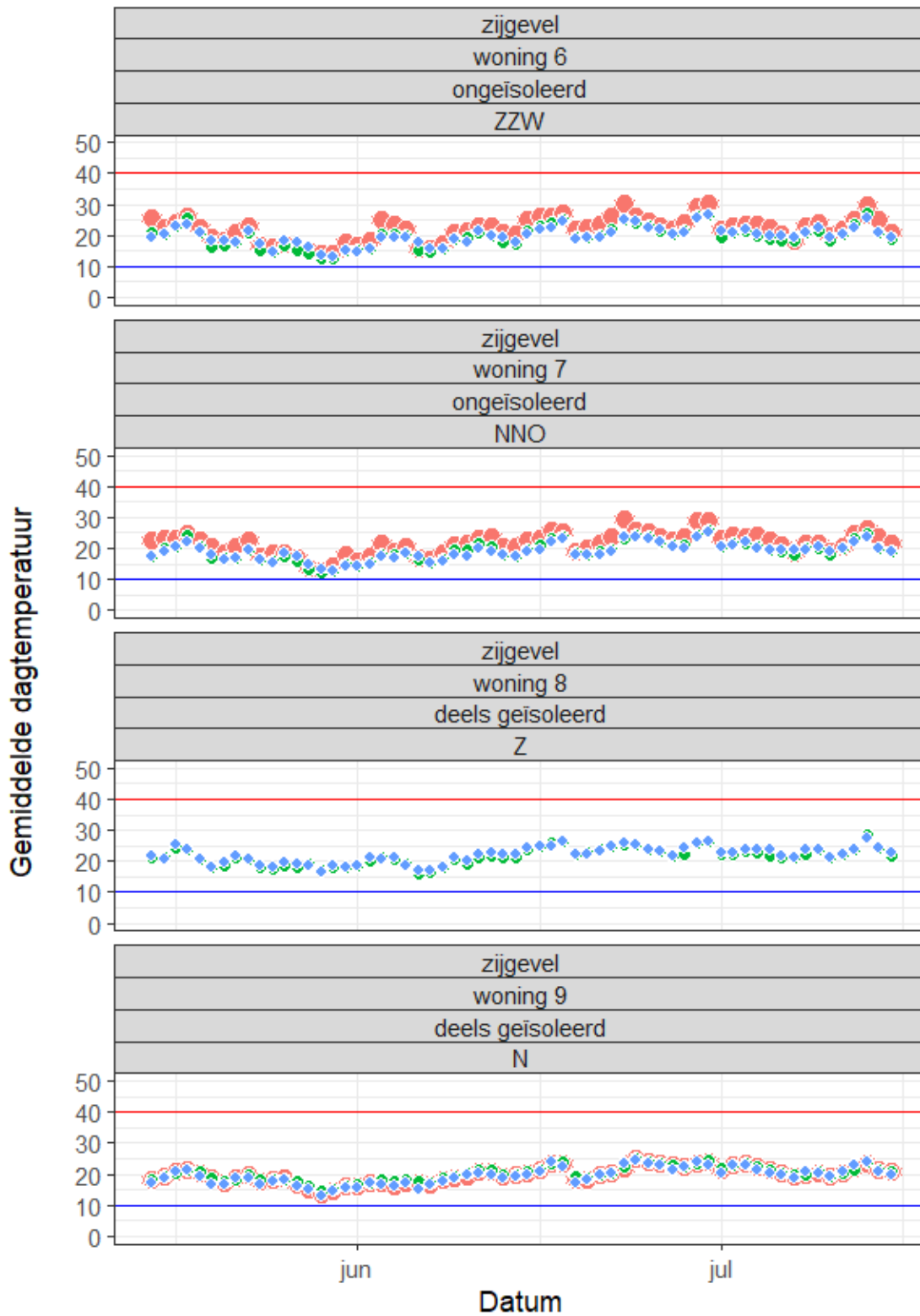
Uit de literatuurstudie naar tolerantiegrenzen (Krijn *et al.* 2021) volgt dat de tolerantiegrens voor Laatvlieger tijdens de kwetsbare periode (kraamperiode) tussen de 10-40°C ligt. Hierbij is zowel naar de spouwmuur als het dakvlak gekeken. Omdat de Laatvlieger geen kastbewonende soort is (waarnemingen in kasten van deze soort zijn uitzonderlijk) is het niet zinvol hier te kijken naar tolerantiegrenzen in vleermuiskasten.

Uit figuur 3.11 wordt duidelijk dat de gemiddelde dagtemperatuur in het dak de tolerantiegrenzen voor Laatvlieger niet overschrijden binnen de kwetsbare kraamperiode. Ook de gemiddelde dagtemperatuur binnen de spouwmuur (figuur 3.12) wordt niet overschreden (zowel de aan de bovenkant als aan de onderkant).

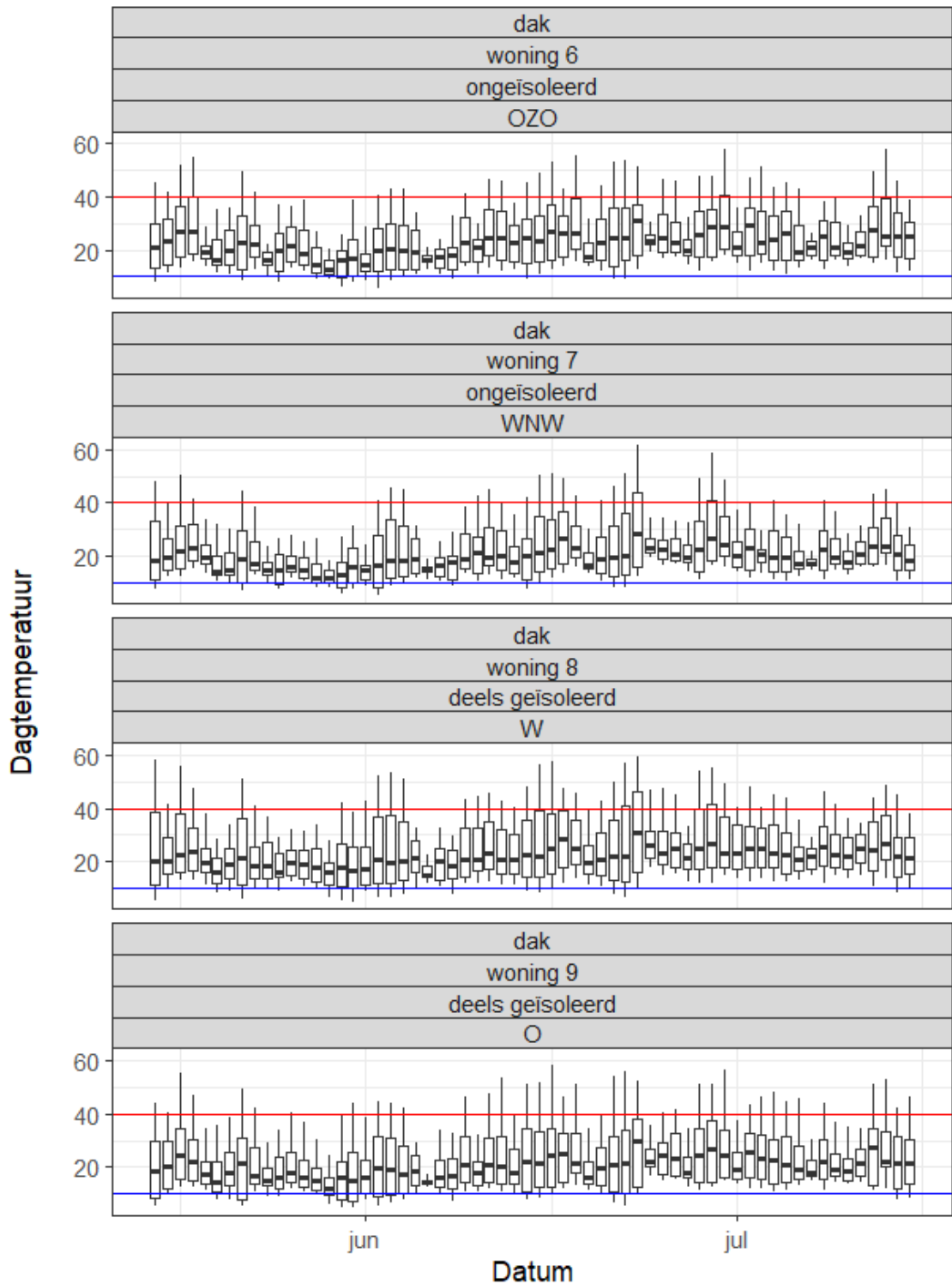
Wanneer we kijken naar de gemeten temperatuur in het dak (figuur 3.13) valt op dat de tolerantiegrens vaker wel dan niet wordt overschreden, maar dat de overschrijding van de bovenste tolerantiegrens maar gedurende een klein deel van de dag plaatsvindt. Op basis van deze analyse is nu geen precieze duur van de overschrijding te geven. Voor de gemeten temperatuur in de spouwmuur (figuur 3.14) ligt de temperatuur lager dan onder het dak, waardoor ook de overschrijdingen van de tolerantiegrenzen bijna niet gebeuren.



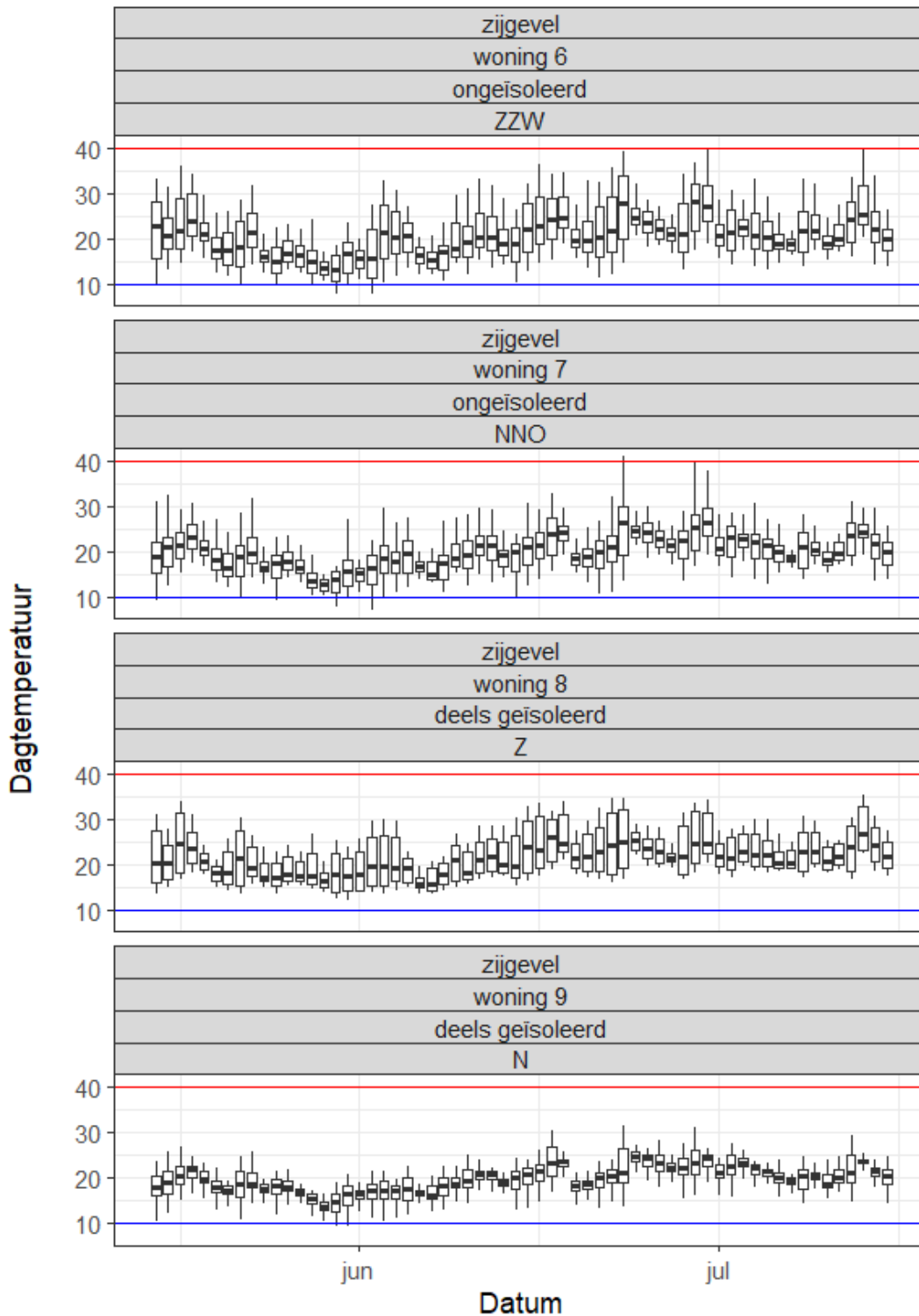
Figuur 3.11. Gemiddelde dagtemperatuur van de sensoren in het dakvlak en de onderste tolerantiegrens (blauwe lijn) en bovenste tolerantiegrens (rode lijn) voor Laatvlieger. Blauw: onderste temperatuursensor onder het dak, groen: middelste temperatuursensor onder het dak, rood: bovenste temperatuursensor onder het dak.



Figuur 3.12. Gemiddelde dagtemperatuur van de sensoren in de spouwmuur en de onderste tolerantiegrens (blauwe lijn) en bovenste tolerantiegrens (rode lijn) voor Laatvlieger. Rood: bovenste temperatuursensor in de nok van de spouwmuur. Groen en blauw: temperatuursensoren aan weerszijde van de noksensor iets lager in de spouwmuur.



Figuur 3.13. Temperatuur verdeling van de sensoren in het dakvlak en de onderste tolerantiegrens (blauwe lijn) en bovenste tolerantiegrens (rode lijn) voor Laatvlieger.



Figuur 3.14. Temperatuur verdeling van de sensoren in de spouwmuur en de onderste tolerantiegrens (blauwe lijn) en bovenste tolerantiegrens (rode lijn) voor Laatvlieger.

Samenvattend

De nu bekende tolerantiegrenzen wat betreft temperatuur van beschermde gebouwbewonende soorten worden frequent overschreden wanneer we kijken naar de gemeten temperatuur van alle meetpunten samen. Wanneer de gemiddelde dagtemperatuur als uitgangspunt genomen wordt, blijven de temperaturen voor Huismus, Gierzwaluw en Laatvlieger doorgaans wel binnen de nu bekende tolerantiegrenzen.

4 Discussie en vergelijking pilotstudie 2021 en 2022

4.1 Temperatuurverloop

Het verloop van de in 2022 gemeten waarden van de gemiddelde dagtemperatuur onder de dakpannen en in de spouwmuur zijn vergelijkbaar met die van 2021.

In de pilotstudie van 2021 werd geconcludeerd dat tussen de meetpunten onder het dak of binnen één spouwmuur en binnen één dakvlak geen grote verschillen werden gevonden (van der Zwan-Krijn *et al.* 2022). Binnen de spouwmuur was in 2022 een vergelijkbaar patroon gevonden zonder grote verschillen over de hele meetperiode. Ingezoomd op een kortere periode was er wel een klein verschil waarbij de bovenste sensor in de nok een iets hogere temperatuur aangaf. Bij de meetsensoren in het dakvlak werden in de hoger gelegen meetsensoren hogere temperaturen gemeten dan in de lageregelegen meetsensoren. Dit kan logischerwijs worden verklaard doordat warme lucht opstijgt en het boven in een woning doorgaans warmer is dan onderin. Deze bevindingen zijn een belangrijk gegeven voor de Huismus. Die heeft zijn nesten doorgaans in de onderste drie rijen dakpannen. Klimatologisch lijken dit dus de meest gunstige locaties voor de soort. Voor een soort als Gierzwaluw, die zijn nesten ook wel op hoger gelegen delen van het dak heeft, kan dit mogelijk juist problematisch zijn omdat oververhitting op die locaties een risico vormt.

4.2 Oriëntatie

In 2021 werd geconcludeerd dat de temperatuur in potentiële nest- en verblijfplaatsen mede wordt bepaald door de windrichting. Zuidelijk en westelijk geëxposeerde daken of muren lijken over het algemeen iets warmer dan noordelijk en oostelijk geëxposeerde daken of muren. Het verschil is groter in het dak.

In 2022 werden geen overtuigende verschillen als gevolg van windrichting gevonden. Alle daken van de woningen in de pilotstudie van 2022 hebben echter een overwegend oost-west oriëntatie en alle gevels hebben overwegend een noord-zuid oriëntatie, waardoor het lastig is de precieze effecten van de oriëntatie op de temperatuur te duiden.

Het is te verwachten dat de temperatuurverschillen tussen noord en zuid het grootst zijn. Hoewel er bij de zuidelijke spouwmuur van woningblok 8 en 9 wel een iets hogere temperatuur leek te zijn dan in de noordelijke spouwmuur waren deze verschillen niet heel groot. Binnen een spouwmuur zijn er ten opzichte van het dak echter sowieso al minder temperatuurfluctuaties, waardoor eventuele verschillen als gevolg van windrichting mogelijk niet goed zichtbaar zijn. Idealiter zou een proefopstelling bestaan uit meetsensoren in vier windrichtingen binnen zowel het dak als de spouwmuur.

4.3 Verschil (deels) geïsoleerde en ongeïsoleerde woningen

In 2021 werd geconcludeerd dat de verschillen in temperatuur in een potentiële nest- of verblijfplaats tussen geïsoleerde en ongeïsoleerde woningen niet erg groot zijn, maar dat er bij een geïsoleerde woning meer fluctuaties in de maximale temperatuur leken te zijn dan in een ongeïsoleerde woning (van der Zwan-Krijn *et al.* 2022). Een mogelijke verklaring die toen werd gegeven was dat de warmtegeleiding in een geïsoleerde woning door de isolatielaag wordt

geblokkeerd waardoor de warmte in de ruimte van de spouwmuur of onder de dakpan blijft hangen. Bij een ongeïsoleerde woning kan de warmte wel naar binnen dringen.

Ook in 2022 werden er geen grote verschillen gevonden in temperatuur tussen geïsoleerde en ongeïsoleerde woningen. Wel leek er een klein verschil in temperatuurfluctuatie te zijn, met name onder het dak. Daar leek de temperatuur binnen een dag iets meer te fluctueren in de deels geïsoleerde woning (waarvan het dak wel volledig geïsoleerd was, van buitenaf) vergeleken met de ongeïsoleerde woning. Bij de spouwmuur was het verschil nog kleiner. In het voorjaar leek de temperatuur iets meer te fluctueren over de dag bij een ongeïsoleerde woning, terwijl dit in het najaar precies andersom waren.

De fluctuaties hadden niet alleen betrekking op de maximumtemperatuur maar ook op de minimumtemperatuur. Met andere woorden: de temperatuurrange was iets groter in het dak van een deels geïsoleerde woning en (alleen in het najaar) binnen de spouwmuur van een deels geïsoleerde woning. Bovengenoemde verschillen zijn echter niet overtuigend genoeg om harde conclusies aan te kunnen verbinden.

In grote lijnen zijn de resultaten in lijn met die van 2021. Er is in 2022 echter wel sprake van een iets andere situatie: in plaats van een volledig geïsoleerde spouwmuur is er in 2022 sprake van een deels geïsoleerde spouwmuur waarbij de zolder ongevuld is en in plaats daarvan van binnenuit is geïsoleerd. Het dak is bij de deels geïsoleerde woning wel volledig geïsoleerd van buitenaf.

Opgemerkt moet worden dat het aantal meetpunten in beide jaren ook beperkt was vanwege het pilotachtige karakter van deze studie. Met name in 2022, waren er relatief weinig meetpunten (6 meetsensoren in zowel de deels geïsoleerde woningen als ongeïsoleerde woningen). Hierdoor kan het beeld snel beïnvloed worden als er afwijkende meetwaarden aanwezig zijn. Hoewel er geen grote uitschieters gevonden werden tussen de meetpunten binnen één woningblok kan er wel sprake zijn geweest van externe factoren die de temperatuur tussen de twee woningblokken hebben beïnvloed.

4.4 Temperatuur in vleermuiskast

Uit de pilotmeting van 2021 werd duidelijk dat er binnen een kleine vleermuis opbouwkast meer temperatuurfluctuaties waren te zien dan in een spouwmuur. Dit geldt zowel voor een geïsoleerde als voor een ongeïsoleerde spouwmuur. Omdat een gevulde spouwmuur niet toegankelijk is voor vleermuizen is in 2022 de vergelijking gemaakt tussen twee typen vleermuiskasten en een spouwmuur die wel toegankelijk was. In 2022 ging het daarbij om een deels geïsoleerde woning waarbij het bovenste deel van de spouwmuur vrij is gehouden en om een ongeïsoleerde woning. Voor de gemiddelde dagtemperatuur is een vergelijking gemaakt tussen een kleine vleermuis opbouwkast uit 2021, een kleine vleermuisinbouwkast uit 2022 en een grote vleermuis opbouwkast (kraamkast) uit 2022.

Uit de analyse is duidelijk geworden dat de temperatuur in een opbouwkast meer fluctueert dan in een spouwmuur (al dan niet geïsoleerd). Dit is in lijn met de eerdere bevindingen in 2021. Er kon geen duidelijk verschil in temperatuur worden gevonden tussen een kleine en een grote vleermuiskast, al leek de temperatuur in de kleine kasten iets lager te liggen dan in de grote kraamkast. Het is niet duidelijk of dit komt door de eigenschappen van de kast zelf of andere externe factoren (eigenschappen van de omgeving, klein verschil in expositie, verschil tussen de twee jaren etc.). De temperatuur in de inbouwkast bleef in vergelijking met een al dan niet

geïsoleerde spouwmuur juist vrij stabiel. De plaatsing van een vleermuiskast in de constructie van de woning lijkt dus in zekere mate te zorgen voor een temperatuurbuffer.

Vanwege de invloed van de windrichting is het niet mogelijk gebleken om alle typen kasten goed met elkaar te kunnen vergelijken. De grote kraamkast hangt bijvoorbeeld in noordelijke oriëntatie terwijl de inbouwvleermuiskast in zuidelijke oriëntatie hangt. Daarnaast kan het temperatuurverloop tussen de twee jaren van invloed zijn geweest. Hoewel een dag is geselecteerd met een min of meer gelijk temperatuurverloop over de dag, kunnen warmte- of koudeperioden voorafgaand aan deze dag ook van invloed zijn geweest op de temperatuur van de vleermuisvoorziening. Om een goede vergelijking tussen de verschillende typen vleermuiskasten worden de metingen bij voorkeur in hetzelfde jaar gedaan in kasten die eenzelfde oriëntatie hebben.

4.5 Tolerantiegrenzen

Uit de pilot van 2021 bleek dat wanneer er naar gemeten temperatuur gekeken werd, de nu bekende tolerantiegrenzen voor alle soorten (vleermuissoorten, Gierzwaluw en Huismus) gedurende de hele zomerperiode zowel bij geïsoleerde als ongeïsoleerde woningen zeer frequent overschreden werden. Bij de gemiddelde dagtemperatuur was dit nauwelijks meer het geval, maar bij toleranties gaat het juist om de extremen. Geconcludeerd werd dat de duur en het moment waarop deze overschrijding plaatsvond van belang kon zijn om effecten op gebouwbewonende soorten nader te duiden. Daarnaast werd gesteld dat het meenemen van woningen die daadwerkelijk in gebruik zijn door gebouwbewonende soorten ook meer inzicht kan geven in tolerantiegrenzen.

In 2022 zijn daarom woningen meegenomen waarbij in 2019 en 2021 nest- en verblijfplaatsen van Huismus, Gierzwaluw en Laatvlieger aanwezig waren en waarbij de aannahme is gemaakt dat deze ook in 2022 in gebruik zijn. Dit is echter niet met volledige zekerheid te zeggen omdat verblijfplaatsen van jaar tot jaar kunnen verschillen en/of dieren de nest- of verblijfplaats in de tussentijd verlaten kunnen hebben. Ze functioneerden in elk geval het jaar ervoor nog als verblijfplaats, en worden daarom beschouwd als goede meetlocaties, omdat er verder geen wijzigingen zijn opgetreden.

Anders dan in 2021 waarin de hele zomerperiode is beschouwd is in 2022 specifiek ingezoomd op de meest kwetsbare periode van gebouwbewonende soorten. Voor Huismus is dit niet helemaal het geval omdat de metingen later startten dan gepland en dus het begin van het broedseizoen voor deze soort niet is meegenomen. Wel is er bij de Huismus dikwijls sprake van een tweede of zelfs derde leg, waardoor er ook later in het broedseizoen kwetsbare kuikens aanwezig kunnen zijn.

Huisumus

Het beeld voor Huismus is in 2022 in lijn met dat van 2021: De tolerantiegrens wordt niet overschreden wanneer we kijken naar de gemiddelde dagtemperatuur, maar wel wanneer de gemeten dagtemperatuur als uitgangspunt wordt genomen. Wel is duidelijk dat deze overschrijding slechts een klein deel van de dag duurt (hooguit enkele uren).

Gierzwaluw

Ook voor Gierzwaluw is eenzelfde beeld te zien: de tolerantiegrens wordt slechts enkele malen overschreden wanneer we kijken naar de gemiddelde dagtemperatuur, maar wanneer we kijken naar de gemeten temperatuur gebeurt dit wel frequent. Doorgaans gaat het daarbij ook om een

overschrijding die maar een klein deel van de dag duurt. Alleen op de dagen dat ook de gemiddelde dagtemperatuur werd overschreden, duurde de overschrijding van de tolerantiegrens langer. Omdat dit binnen de kwetsbare periode van Gierzwaluw was, kan dit in het geval er jongen aanwezig waren tot hittestress hebben geleid. Het is op basis van deze gegevens echter niet te zeggen of deze hittestress ook tot langdurige nadelige effecten of zelfs tot lethale effecten voor de jongen zou hebben geleid.

Laatvlieger

Voor de Laatvlieger zijn de nu bekende tolerantiegrenzen binnen de kraamperiode genomen. Uit de resultaten komt duidelijk naar voren dat vroeg in deze periode de onderste tolerantiegrens enkele malen kort wordt overschreden (figuur 3.13). Later in de kraamperiode wordt juist de bovenste tolerantiegrens soms overschreden. Het is op basis van deze data nu niet te achterhalen hoe lang deze overschrijding duurt, maar dit kan uiteraard wel van belang zijn voor de grootte van het effect op de Laatvlieger. Ook een wat langere overschrijding van een tolerantiegrens op één plek hoeft voor een soort als Laatvlieger niet per definitie te leiden tot negatieve effecten omdat de soort in staat is weg te migreren naar een locatie met een beter geschikte temperatuur. Op basis van bovenstaande data zijn de volgende mogelijkheden onderzocht:

- 1) De gemeten locaties zijn ongeschikt voor gebouwbewonende soorten;
- 2) In het geval van vleermuizen: soorten migreren tijdelijk naar een andere plek waar de temperatuur op dat moment wel geschikt is.

Wat betreft de eerste optie: Het is niet aannemelijk dat de onderzochte locaties in zijn geheel ongeschikt zijn voor gebouwbewonende soorten. In de omgeving van het plangebied en binnen het plangebied zijn namelijk genoeg waarnemingen van nest- en verblijfplaatsen van Huismus, Gierzwaluw en vleermuizen bekend (NDFP) en worden verblijf- of nestplaatsen in het algemeen vaak in spouwmuren of onder dakpannen in gelijksoortige huizen waargenomen.

De tweede optie is aannemelijk in het geval van Laatvlieger. Voor mobiele soorten, zoals de Laatvlieger kan het ook zo zijn dat vleermuizen op het moment dat de tolerantiegrenzen overschreden worden, naar een andere plek migreren waar de temperatuur wel binnen de tolerantiegrens valt. Dit kan een andere plek binnen dezelfde woning zijn (zoals Meervleermuizen die door de spouw bewegen, Haarsma et al. 2011), maar ook een nabijgelegen woning. Voor jongen van Huismus of Gierzwaluw is dit niet mogelijk.

De tolerantiegrenzen zijn met name voor hele jonge dieren van belang (Krijn *et al.* 2021). Volwassen dieren zijn beter in staat te thermoreguleren of te migreren naar een locatie met een beter microklimaat. Voor volwassen vleermuizen lijkt daarnaast nog een ander mechanisme te spelen om beter om te gaan met een ongunstig microklimaat, namelijk het naar beneden brengen van hun hartslag en metabolisme bij zowel hele lage als hele hoge temperaturen (Keicher *et al.* 2022).

4.6 Effect externe factoren

Zowel uit de pilotmeting van 2021 als die van 2022 is duidelijk geworden dat er veel variatie is in factoren die de temperatuur beïnvloeden. Zo kunnen oriëntatie, luchtvochtigheid, omgevingsfactoren van de woning (aanwezig groen, ligging van de woning) en woningtype van invloed zijn op de gemeten temperatuur. Vanwege de beperkte omvang van beide onderzoeken

is het lastig om deze externe factoren goed te duiden. Dit pleit voor een grootschalig onderzoek waarin een duidelijk onderscheid in dergelijke factoren kan worden gemaakt.

5 Inzichten en conclusie

5.1 Inzichten

Uit de pilotstudie van 2022 zijn de volgende inzichten naar voren gekomen:

- De selectie van geschikte woningen is de belangrijkste stap in het onderzoek, maar ook de meest complexe en zeer tijdrovende. Hier moet veel aandacht voor zijn in een eventueel vervolgonderzoek.
- De lokale temperatuurverschillen binnen één dakvlak of in één spouwmuur zijn klein. Binnen een dak en binnen de spouwmuur is de temperatuur (met name in het dak) bovenin doorgaans iets hoger dan onderin.
- Tijdens de pilotmeting in 2022 kon de invloed van windrichting op temperatuur over de hele periode niet duidelijk worden aangetoond. In een kleiner tijdsframe (zomerperiode) is wel duidelijk dat zuidelijk en westelijk geëxposeerde daken of muren over het algemeen iets warmer zijn dan noordelijk en oostelijk geëxposeerde daken of muren. Dit is in lijn met de bevindingen van de pilotmeting in 2021. Het is aannemelijk dat het verschil groter is in het dak omdat hier meer directe zoninstraling is dan bij een muur.
- De verschillen in temperatuur in een potentiële nest- of verblijfplaats tussen (deels) geïsoleerde en ongeïsoleerde woningen zijn niet erg groot, maar in een (deels) geïsoleerde woning lijken iets meer temperatuurfluctuaties te zijn dan in een ongeïsoleerde woning. Dit is in lijn met de bevindingen van de pilotmeting in 2021. Een mogelijke verklaring is dat de warmtegeleiding in een geïsoleerde woning door de isolatielaag wordt geblokkeerd waardoor de warmte in de ruimte van de spouwmuur of onder de dakpan blijft hangen. Bij een ongeïsoleerde woning kan de warmte wel naar binnen dringen.
- In een opbouwvloermuiskast zijn meer temperatuurfluctuaties te zien dan in een spouwmuur. Dit geldt zowel voor deels geïsoleerde als ongeïsoleerde spouwmuren. De temperatuur in een vloermuisinbouwkast is juist vrij stabiel. Aannemelijk is dat de plaatsing in de bestaande constructie zorgt voor een bufferwerking.
- De tolerantiegrenzen wat betreft temperatuur van beschermde gebouwbewonende soorten worden zeer frequent overschreden wanneer we kijken naar de gemeten temperatuur van alle meetpunten samen. Wanneer de gemiddelde dagtemperatuur als uitgangspunt genomen wordt, blijven de temperaturen voor Huismus en Gierzwaluw doorgaans wel binnen de tolerantiegrenzen. Voor Laatvlieger overschrijdt zowel de gemiddelde dagtemperatuur als de gemeten temperatuur de tolerantiegrenzen zeer frequent en langdurig. Lokale verschillen, de duur en het tijdstip van de blootstelling aan de temperatuur kunnen van invloed zijn op de tolerantiegrenzen. Het is niet duidelijk of dit ook een daadwerkelijk negatief effect heeft op kuiken- of jongenoverleving.
- Op basis van de bevindingen uit deze pilotstudie en de pilotstudie van 2021 is het aannemelijk dat de tolerantiegrenzen, zoals zijn vastgesteld op basis van een literatuurstudie voor Huismus en Gierzwaluw ruimer zijn dan van tevoren gedacht. Voor mobiele soorten zoals Laatvlieger, is het aannemelijk dat de tolerantiegrens op 1 meetpunt weinig effect heeft omdat ze in staat zijn naar een andere locatie met een gunstiger microklimaat te migreren.
- Er lijkt veel variatie te zijn in factoren die de temperatuur beïnvloeden. Zo kunnen oriëntatie, luchtvochtigheid, omgevingsfactoren van de woning (aanwezig groen, ligging van de woning) en woningtype van invloed zijn op de gemeten temperatuur.

Dit pleit voor een grootschalig onderzoek waarin een duidelijk onderscheid in deze factoren kan worden gemaakt.

5.2 Conclusie

Deze pilotmeting heeft inzicht gegeven in temperatuureffecten in nest- of verblijfplaatsen van gebouwbewonende soorten. Ten opzichte van 2021 heeft de pilotmeting van 2022 ook meer inzicht gegeven in tolerantiegrenzen, in die zin dat dit jaar in gebruik zijnde nest -en verblijfplaatsen zijn gemeten.

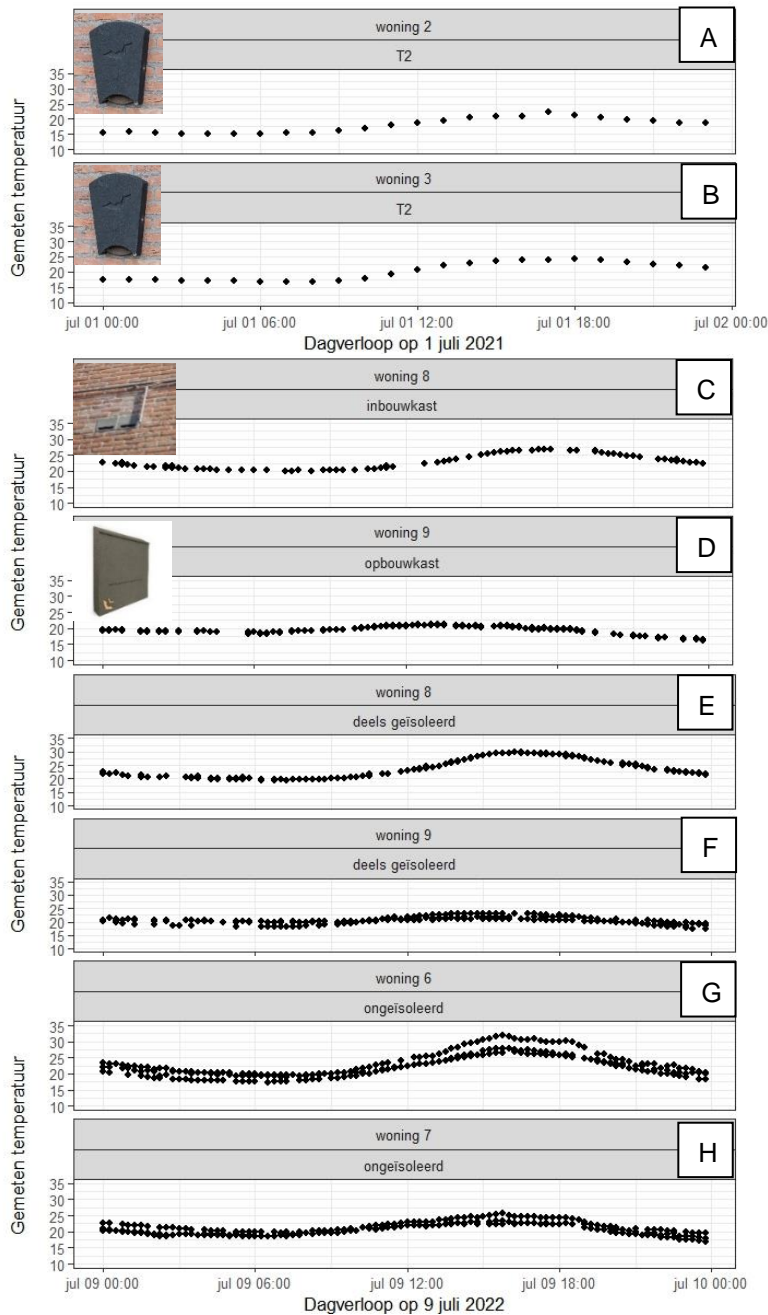
Hoewel een statistische onderbouwing ontbreekt is uit de pilotstudie duidelijk geworden dat woningverbetering zoals isolatie of zonnepanelen de temperatuur van een nest- of verblijfplaats in de spouwmuur of onder het dak kan beïnvloeden. Om meer inzicht te krijgen in effecten van woningverbetering op de tolerantiegrenzen van gebouwbewonende soorten is een grootschaliger onderzoek aan te bevelen, of meerdere kleinschalige onderzoeken op te starten die samen een metadataset generen, vooral van in gebruik zijnde verblijfplaatsen en aangeboden alternatieven. Daarom is het belangrijk dat de data bij soortgelijke onderzoeken op een eenduidige manier worden ingewonnen zodat de meetgegevens ook onderling vergeleken kunnen worden. Daarnaast is het belangrijk dat meer en grondig onderzoek wordt gedaan naar de temperatuurregulatie van vlemuizen in ruimten, en in hoeverre het bewegen in die ruimten een voorwaarde is om een geschikte verblijfplaats te zijn.

6 Literatuur

- Haarsma, A.-J. (2011). De meervleermuis in Nederland. Rapport nr. 2011.40. Zoogdiervereniging, Nijmegen.
- Onnes, C. & M. Klasberg. (2019). Mitigatie Catalogus Gebouwbewonende Soorten. Leidraad Natuurinclusief Versterken, Bouwen, Renoveren En Verduurzamen. Maastricht: Arcadis Nederland B.V., Centrum Veilig Wonen. kennisdocument Bij12.
- Keicher, L., Shipley, J.R., Komar, E. *et al.* Flexible energy-saving strategies in female temperate-zone bats. *J Comp Physiol B* 192, 805–814 (2022).
- Klasberg, Max & Iris Baijens. 2018. Smp Gebouwbewonende Soorten Den Haag. (November): 1–125.
- Krijn, M, M.J. Epe, H.J.G.A. Limpens, J. Louwe Kooijmans & H. Visser 2021. Effecten van energetische verbetering van woningen op beschermde gebouwbewonende soorten. A&W-rapport 20-280. Zoogdiervereniging rapport 2021.10. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden.
- Schillemans, M.J. A.-J. Haarsma, R. Janssen, E.A. Jansen & H.J.G.A. Limpens. 2021. Advies agendabepaling monitoring en onderzoek aan vleermuizen in het kader van de energietransitie.
- Van der Zwan-Krijn, M. 2021. Projectvoorstel. Effecten van energetische woningverbetering op gebouwbewonende soorten. A&W projectplan 21-266. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden.
- Van der Zwan-Krijn, M., M.J. Epe & J. Louwe Kooijmans 2022. Pilotstudie 2021 -effecten van energetische verbetering van woningen op beschermde gebouwbewonende soorten. A&W-rapport 21-082. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden.

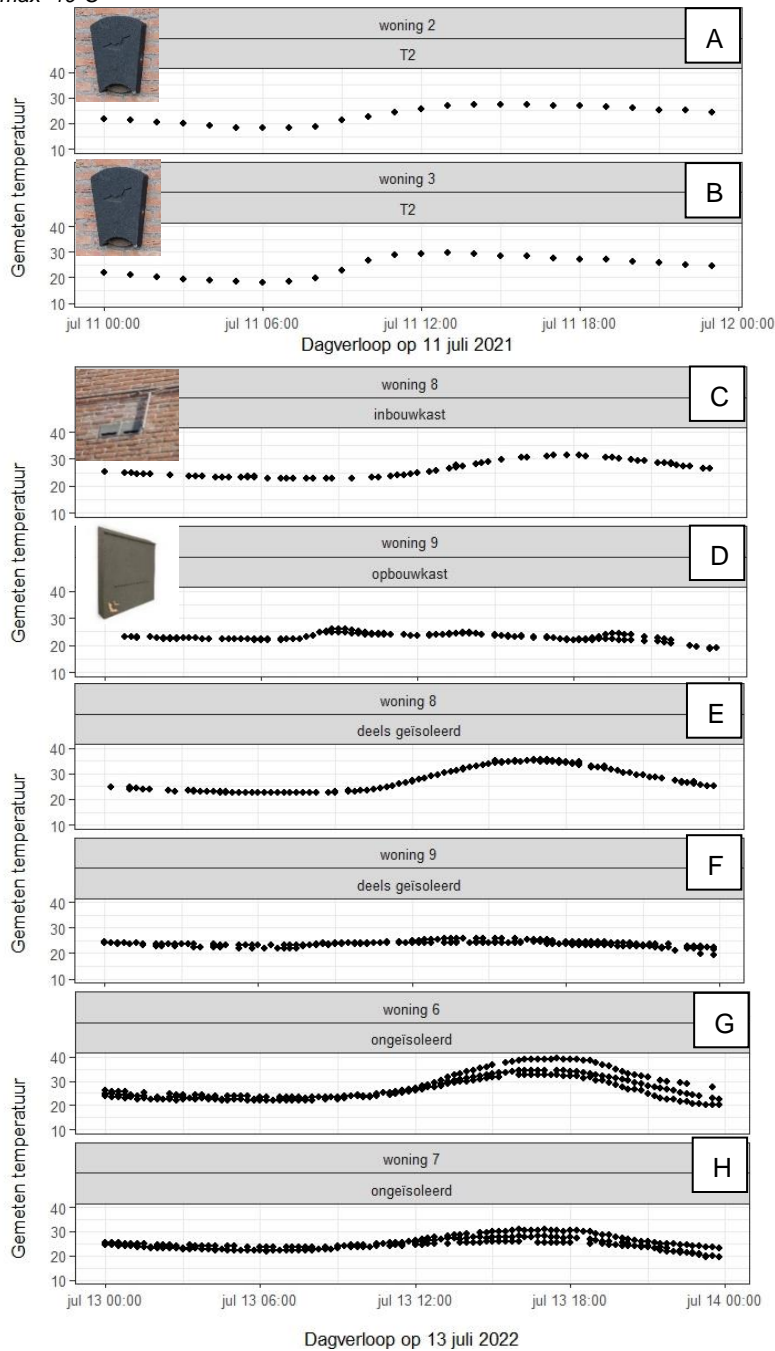
Bijlage 1 Grafieken: temperatuur in verschillende vleermuiskasten

In deze bijlage zijn de overige grafieken opgenomen zoals beschreven in paragraaf 3.5.



Figuur B1. Gemeten temperatuur in: A) een kleine vleermuis-opbouwkast op een noordelijk georiënteerde gevel (n=1) B) een kleine vleermuis-opbouwkast op een oostelijk georiënteerde gevel (n=1) C) een inbouwkast in een zuidelijk georiënteerde spouwmuur (n=1) D) een opbouwkraamkast op een noordelijk georiënteerde gevel (n=2) E) een zuidelijk georiënteerde, deels geïsoleerde spouwmuur (n=2) F) een noordelijk georiënteerde, deels geïsoleerde spouwmuur (n=3) G) een zuidelijk georiënteerde, ongeïsoleerde spouwmuur (n=3) H) een noordelijk georiënteerde, ongeïsoleerde spouwmuur (n=3).

Temperatuur op 1-7-2021: $T_{gem}=16^{\circ}\text{C}$, $T_{min}=14^{\circ}\text{C}$, $T_{max}=19^{\circ}\text{C}$. Temperatuur op 9-7-2022: $T_{gem}=16^{\circ}\text{C}$, $T_{min}=13^{\circ}\text{C}$, $T_{max}=19^{\circ}\text{C}$



Figuur B2. Gemeten temperatuur in: A) een kleine vleermuis-opbouwkast op een noordelijk georiënteerde gevel ($n=1$) B) een kleine vleermuis-opbouwkast op een oostelijk georiënteerde gevel ($n=1$) C) een inbouwkast in een zuidelijk georiënteerde spouwmuur ($n=1$) D) een opbouwraamkast op een noordelijk georiënteerde gevel ($n=2$) E) een zuidelijk georiënteerde, deels geïsoleerde spouwmuur ($n=2$) F) een noordelijk georiënteerde, deels geïsoleerde spouwmuur ($n=3$) G) een zuidelijk georiënteerde, ongeïsoleerde spouwmuur ($n=3$) H) een noordelijk georiënteerde, ongeïsoleerde spouwmuur ($n=3$).

Temperatuur op 11-7-2021: $T_{gem}=19^{\circ}\text{C}$, $T_{min}=12^{\circ}\text{C}$, $T_{max}=23^{\circ}\text{C}$. Temperatuur op 13-7-2022: $T_{gem}=19^{\circ}\text{C}$, $T_{min}=12^{\circ}\text{C}$, $T_{max}=24^{\circ}\text{C}$

Adres

Suderwei 2
9269 TZ Feanwâlden
Telefoon 0511 47 47 64
info@altwym.nl

www.altwym.nl

Adres Amsterdam

Gebouw Matrix II,
Science Park 400/K1.08/1.09
1098 XH Amsterdam

