
De Aziatische hoornaar: gevolgen voor bestuivers en bestuiving



ing. Bram (ACM) Cornelissen,
Jolanda Tom MSc
Dr. Coby van Dooremalen
Dr. Rob van Tol

1 Wageningen Plant Research, Wageningen University & Research

Dit onderzoek is in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), business unit Biointeracties en Plantgezondheid, in het kader van de Helpdeskvraag KD-2017-098 Gevolgen Aziatische Hoornaar.

WPR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Wageningen, April 2018

Cornelissen, A.C.M., Tom, J., van Dooremalen, C., van Tol, R. (2018). *De Aziatische hoornaar: gevolgen voor bestuivers en bestuiving*. Wageningen Research, Wageningen, 42pp

Samenvatting: De Aziatische hoornaar is een invasieve exoot die op onder andere honingbijen jaagt. De gevolgen van de aanstaande introductie voor bestuivers wordt in dit rapport op basis van een literatuurstudie onderzocht. Daarnaast wordt een strategisch beleidsadvies geformuleerd voor het omgaan met de Aziatische hoornaar.

Trefwoorden: Aziatische hoornaar, honingbijen, invasieve exoot, bestuiving, bijengezondheid

© 2018 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Biointeracties en plantgezondheid, Postbus 16, 6700 AA Wageningen; T 0317 48 07 00; www.wur.nl/plant-research

KvK: 09098104 te Arnhem
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Foto omslag: Een Aziatische hoornaar jagend voor een bijenvolk in Zuid-Frankrijk. (Foto: A.C.M. Cornelissen)

Inhoud

	Samenvatting	3
	Executive summary	6
	Inleiding	9
	Onderzoeksdoelen	9
	Opzet van de studie	10
	Methodieken	10
1	Gevolgen voor bestuivende insecten en bestuiving in Nederland	11
	1.1 De Aziatische hoornaar als jagers en belagers van honingbijen en andere vliegende insecten	11
	1.1.1 Afweermechanismen en aangepast gedrag van honingbijen	13
	1.2 Gevolgen voor de Bijenhouderij: mortaliteit en effecten op honingproductie	14
	1.2.1 Predatiedruk	15
	1.3 Gevolgen Hommels	18
	1.3.1 Wilde hommels	18
	1.3.2 Hommelteelt	18
	1.4 Gevolgen wilde bestuivende insecten	18
	1.5 Gevolgen voor insectenbestuiving	19
	1.6 Conclusies gevolgen voor bestuivers en bestuiving	20
2	Monitoren en bestrijden van de Aziatische hoornaar	21
	2.1 Publieke bewustzijn en inzet burgerwetenschappers	21
	2.1.1 Voorbeelden	22
	2.2 Vallen	23
	2.2.1 Valtypen	23
	2.2.2 Gevolgen en gevaren voor andere insecten	24
	2.2.3 Lokstoffen	24
	2.2.4 Visuele aspecten	25
	2.2.5 Waar en wanneer	25
	2.2.6 Lokaliseren en bestrijden van nesten	25
	2.2.7 Preventie van predatie bijenvolken	27
	2.3 Conclusies	29
3	Advies voor aanpak	30
	3.1 Introductiefase	30
	3.2 Vestigingsfase	32
	3.3 Kennisontwikkeling	35
	3.4 Conclusies	36
	Literatuur	37

Samenvatting

De Aziatische hoornaar (*Vespa velutina subsp. nigrithorax*, Lepeletier 1836) is een invasieve exotische hoornaarsoort die sinds 2004 in Europa is gevestigd. In 2017 is een eerste nest in Nederland gevonden en geruimd, waarmee vestiging naar alle waarschijnlijkheid is uitgesteld. Vliegende insecten en met name honingbijen staan prominent op het menu van de Aziatische hoornaar. Uit Zuid-Europa zijn anekdotische verhalen bekend die wijzen op grote gevolgen voor gehouden bijenvolken. Sinds 2016 staat de Aziatische hoornaar op de Unielijst van EU-verordening 1143/2014. Dit betekent dat er een plicht is om de soort te elimineren, dan wel te bestrijden evenredig met gevolgen voor het milieu en afgestemd op specifieke omstandigheden van de lidstaten.

Dit rapport beschrijft de huidige kennis over de relatie tussen de Aziatische hoornaar en de bestuivers die ze belaagt (HST1). Met name de relatie met honingbijen is uitvoerig onderzocht. Daarna wordt een overzicht gegeven van de mogelijkheden om de Aziatische hoornaar te monitoren en te bestrijden (HST 2). Tot slot wordt een raamwerk gegeven voor een strategie om met de Aziatische hoornaar om te gaan als invasieve soort (HST3).

De Aziatische hoornaar jaagt actief op vliegende insecten, bij voorkeur op plekken waar prooidieren zich concentreren. Dit kunnen bijenstanden, bloemen, mestvaalten, etc. zijn. Het jagen vindt plaats als de behoefte aan proteïne het grootst is. Deze periode loopt van juli tot in oktober. Het meest prominent op het menu staan honingbijen (tabel 1). Ook andere bestuivende insecten, waaronder hommels, groefbijen en zweefvliegen worden bejaagd.

Honingbijen zijn niet weerloos tegen bejaging van de Aziatische hoornaar. Verschillende gedragseigenschappen worden benut om aanvallen van de Aziatische hoornaar op bijenvolken tegen te gaan. Bijen kunnen hoornaars ontwijken of steken, en ze kunnen met sociale gedragingen hoornaars verwarren of belagen. Gerichte selectie van bijen op resistentie tegen de Aziatische hoornaar is niet wenselijk, maar (semi-)natuurlijke selectie zou kunnen bijdragen tot meer weerbaarheid.

Hoewel honingbijen en andere insecten prominent op het menu staan, is er nauwelijks informatie over de gevolgen voor functionele eenheden (bijen-of hommelveolken) en populaties. Voor honingbijen is er een groot aantal anekdotische verhalen die soms zelfs in de wetenschappelijke literatuur geciteerd worden. Geen van deze bronnen bevat kwantitatieve gegevens over de effecten van de Aziatische hoornaar op volksoverleving, ontwikkeling en honingproductie. Ook een inventarisatie onder veterinairs en wetenschappers in verschillende landen leverde geen informatie op over de gevolgen voor bijenvolken. Tot slot is geprobeerd de predatiedruk in te schatten. We zien enkel bij lage aantallen bijenvolken op één bijenstand onder bepaalde omstandigheden een potentieel risico. Maar een reële inschatting van de gevolgen voor bijenvolken en de bijenhouderij is niet mogelijk met de huidige beschikbare kennis. Hiervoor is gericht wetenschappelijk onderzoek nodig naar de effecten op volksontwikkeling en honingproductie. Voor hommels en wilde bestuivers (in deze studie solitaire bijen en zweefvliegen) geldt iets vergelijkbaars. Hoewel ze tot het prooispectrum behoren is het niet bekend wat de effecten zijn op wilde populaties. Door de lage vertegenwoordiging in het prooispectrum zijn de gevolgen mogelijk beperkt, maar enkel met toegewijd onderzoek is hier grip op te krijgen. Voor geteelde hommels zijn geen problemen te verwachten (tabel 3). Als Aziatische hoornaars bij gewassen jagen op bestuivende insecten kan dit leiden tot een afname van het aantal bloemvisitaties met 55%. Of dit gevolgen heeft voor bevruchting of plantpopulaties is niet onderzocht. Er zijn geen aanwijzingen dat insectenbestuiving van cultuurgewassen in het gedrang komt door de introductie van de Aziatische hoornaar.

Voor het monitoren van de Aziatische hoornaar zijn verschillende mogelijkheden. Een belangrijk middel is het vergroten van kennis over de Aziatische hoornaar bij belanghebbenden en een breed publiek. Er zijn verschillende manieren om dit in te richten. Een belangrijke doelgroep is de bijenhouders omdat foeragerende hoornaars aangetrokken worden tot bijenvolken. Welke wijze het meest effectief is om de

Aziatische hoornaar te monitoren in een vroeg stadium van invasie is niet goed onderzocht. Wespvallen kunnen gebruikt worden, maar de bijvangst van niet-doel organismen is groot. Daarnaast is er nog een optimalisatieslag te maken ten aanzien van lokstoffen en visuele aspecten van vallen om de specificiteit te vergroten.

De bestrijding van de Aziatische hoornaar kan voornamelijk gericht worden op nesten. Voor het elimineren van nesten is het gebruik van Cypermethrin of Zwaveldioxide aan te raden. Bij een gevestigde populatie is het bestrijden van nesten niet effectief. In opvolgende jaren blijkt het effect snel tenietgedaan door hervestiging van volgende generaties. Naast bestrijding zijn er preventieve maatregelen zoals aanpassingen aan bijenkasten die predatie mogelijk beperken. Er zijn echter geen wetenschappelijke studies die de werking en effecten op bijenvolken hebben vastgesteld.

Op basis van de beschikbare wetenschappelijke informatie is een raamwerk gemaakt met een advies voor een strategische aanpak van de Aziatische hoornaar. Daarbij zijn twee fasen van invasie van belang.

Introductiefase: In deze fase is het mogelijk om vestiging uit te stellen.

Monitoring tijdens de introductiefase is gericht op vroege detectie door actieve monitoring m.b.v. specialisten en belanghebbenden en eventueel met wespvallen.

In de introductiefase moet bestrijding gericht zijn op eliminatie van nesten en individuen. Dit kan worden uitgevoerd door specialisten bij voorkeur in samenwerking met gemeenten en provincies. Vervolgens is een stappenplan nodig om vast te stellen of de introductie niet tot vestiging leidt in opvolgende jaren.

Vestigingsfase: In deze fase is eliminatie geen realistisch doel meer. Er moet overgegaan worden op beheersing.

Monitoring moet gericht zijn op het volgen van de populatieontwikkeling of op effecten op bestuivende insecten. Bestrijding van nesten moet beperkt worden tot noodzakelijke situaties, bijvoorbeeld als er overlast wordt geconstateerd. Ook hiervoor geldt dat ruiming van nesten moet worden uitgevoerd door specialisten, omdat anders mogelijk nesten van Europese hoornaars worden geruimd. Bijenhouders kunnen maatregelen nemen om predatie te beperken. De beschikbare middelen en methoden zijn echter niet wetenschappelijk onderzocht. Het effect op predatie of bijenvolken is niet bekend.

Er zijn verschillende knelpunten ten aanzien van de kennis over de Aziatische hoornaar.

- 1) **Vergroten kennisniveau:** Er is een noodzaak en behoefte om het kennisniveau van verschillende actoren te vergroten. Dit geldt onder andere voor bijenhouders, wespbestrijders en lokale overheden, maar ook voor een breed publiek. Dit betreft kennis over gevolgen, soortherkenning, monitoring en bestrijding. Dit kan door een online platform te organiseren gericht op monitoring en informatie. Denk aan bijvoorbeeld aan tekenradar.nl of muggenradar.nl. Zo kan ook een hoornaarradar.nl opgezet worden.
- 2) **Effect op bijenvolken:** Het is onduidelijk wat de gevolgen zijn van de Aziatische hoornaar voor bijenvolken. Er is onderzoek nodig om de effecten op volkssterfte, -ontwikkeling, en honingproductie te bepalen.
- 3) **Effecten op wilde bestuivers:** De gevolgen voor populaties wilde bijen (hommels, solitaire bijen) en andere bestuivende insecten is niet bekend. Er is onderzoek gewenst om de effecten te bepalen.
- 4) **Effectiviteit van vallen en preventieve maatregelen:** Er is onderzoek nodig om de effectiviteit van het gebruik van wespvallen voor monitoringsdoeleinden te bepalen. Daarnaast is er een grote stap te zetten ten aanzien van de specificatie van vallen voor de Aziatische hoornaar. Zowel lokstoffen als visuele aspecten van vallen moeten worden geoptimaliseerd. Tot slot is de effectiviteit van preventieve maatregelen tegen predatie van bijenvolken niet onderzocht.

Conclusies

- Hoewel bestuivende insecten en met name honingbijen actief bejaagd worden, is het onduidelijk wat de gevolgen zijn voor bijenvolken en populaties van bestuivende insecten. Er is onderzoek nodig om deze vraag te beantwoorden.
- Er zijn geen of nauwelijks gevolgen te verwachten voor de insectenbestuiving van cultuurgewassen, omdat die niet bloeien tijdens de piekperiode waarin de Aziatische hoornaar op insecten jaagt.
- Voor monitoring van de Aziatische hoornaar, kan gebruik gemaakt worden van actieve deelname van belanghebbenden (bijenhouders, wespbestrijders, etc.). Ook kunnen wespvallen gebruikt worden, maar de effectiviteit is niet onderzocht en er is veel bijvangst.
- Bestrijding van nesten kan het beste uitgevoerd worden met insecticiden en moet overgelaten worden aan specialisten om verwarring met de beschermde Europese hoornaar te voorkomen.
- In de introductiefase moet monitoring gericht zijn op vroege detectie en bestrijding op eliminatie van nesten.
- In de vestigingsfase is monitoring niet essentieel. Bestrijding kan gericht zijn op noodzakelijke situaties, omdat het niet reëel is vestiging ongedaan te maken.
- Er is een grote behoefte aan kennisontwikkeling. Zowel voor een praktische aanpak van de Aziatische hoornaar als voor het bepalen van de gevolgen voor bestuivende insecten en de bijenhouderij.

Executive summary

The Asian hornet (*Vespa velutina subsp. nigrithorax*, Lepeletier 1836) is an invasive exotic hornet species which is established in Europe since 2004. In 2017, the first nest was found in the Netherlands and subsequently eliminated, by which establishment most likely has been postponed. Flying insects and specifically the honey bees, feature prominently in the diet of the Asian hornet. Furthermore, anecdotal reports from Southern Europe suggest grave consequences for honey bees and beekeeping. Since 2016, the Asian hornet is on the Union list of the EU regulation 1143/2014. This means that member states are obligated to eliminate this species and to control them proportionately to the environmental impact it causes. This report entails the current knowledge of the relation between the Asian hornets and pollinators. Specifically the relation with honey bees has been studied (Chapter 1). Hereafter a review of monitoring strategies and control methods is given (Chapter 2), followed by a science-based policy framework for different stages of invasion of the Asian hornet (Chapter 3)

The Asian hornet actively hunts flying insects, preferably in places where prey concentrates. This includes apiaries, flower patches, dung heaps, etc. Hunting takes place when protein is required the most. This period starts in July until October. Honey bees are prominently featured on the menu (table 1). Other insects that are attacked include bumble bees, sweat wasps and hoverflies. Honey bees are not defenceless against hunting hornets. Several behavioural characteristics are used to fend off attacks from the Asian hornet on honey bee colonies. Bees can avoid or sting hornets and they can confuse or attack them by using certain social behaviours. Specific selection of honey bees to resistance against Asian hornets is not desirable. However, (semi-)natural selection could contribute to increased resilience.

Whilst honey bees and other insects are important prey, reliable information about the consequences for functional units (honey bee- or bumble bee colonies) and populations are scarce. Many anecdotal reports persist about the consequences for honey bees, of which some are quoted in scientific literature. None of these sources feature quantitative data about the effects of the Asian hornet on colony survival, development or honey production. Additionally, an assessment among veterinaries and scientists in several countries did not provide information about the consequences for honey bee colonies. Finally, an attempt was made to estimate the predation pressure. This shows that a potential risk is likely when there is a low numbers of honey bee colonies and a high density of hornet nests. However, it is not possible to make realistic estimates of the effects on honey bee colonies and apiculture, with the currently available knowledge. A scientific study is required to ascertain the effects on colony development and honey production. Similarly, the consequences of predation by the Asian hornet for bumble bees and wild pollinators (in this study limited to solitary bees and hoverflies) are unknown. However, due to low representation in the prey spectrum, it is likely that the effects are limited, but research is required to verify this. No ramifications are expected regarding reared bumblebees (table 3). Flower visitations can be reduced by 55% when Asian hornets hunt pollinating insects in crops. Consequences for the fertilization of plant populations have not been studied. There are no indications that crop pollination by insects has been or will be compromised by the introduction of the Asian hornet.

There are several possibilities to monitor the Asian hornet. Increasing the knowledge of stakeholders and awareness of the general public is an important tool. There are several ways to organise this. Beekeepers are an important focus group, because foraging hornets are attracted to beehives. Beekeepers therefore could be involved in monitoring efforts. It has not been investigated which method is the most effective to monitor the Asian hornet during early stages of invasion. Traps could be used, but this yields a disproportionate amount of bycatch of non-target organisms. Attractants and the visual aspects of traps should be optimised to improve the specificity before traps can be applied effectively.

Eradication of the Asian hornet should focus on eliminating nests. Cypermenthrin and sulphur dioxide are recommended substances for this purpose. However, it is not effective to eliminate nests in established populations. The elimination effort is nullified in the following years, due to resettlement of the offspring.

A framework has been made based on the available scientific information including an advice for a strategic approach to the eminent invasion of the Asian hornet in the Netherlands. Two stages of invasion are important.

Introduction : In this stage establishment can be postponed.

In the introduction stage monitoring should be focussed on early detection by active monitoring performed by specialists, stakeholders and possibly using wasp traps. During the introduction stage, eradication must be aimed at elimination of nests and individuals. This should be carried out by specialists, in close cooperation with (local) authorities. Hereafter, a strict protocol should be followed to ascertain the status of the introduction in the following years.

Establishment: Eradication is not a realistic goal in this stage of invasion. Management strategies should focus on control. Monitoring is non-essential.

Monitoring could be focussed on tracking population development or the effects of pollinating insects. Eliminating nests should be limited to emergency situations, for example when hornets cause public nuisance. Again, specialists should eliminate nests, because it is possible that otherwise European hornet nests are destroyed. Beekeepers could take measurements to reduce predation. However, it is not been scientifically studied which methods and resources are effective. The effects on predation and on beehives are unknown.

Several knowledge gaps have been identified:

- 1) **Knowledge level:** There is a necessity to increase the knowledge on several actors. In particular, beekeepers, wasp exterminators and local governments, but also for general public need to be better informed. Information should include knowledge of the impact, species recognition, monitoring and control. This is possible through a dedicated online platform aimed at monitoring of, and providing information about the Asian hornet. Examples are tekenradar.nl or muggenradar.nl.
- 2) **Effects on honey bee colonies:** The impact of predation by the Asian hornet on honey bee colonies is still unclear. Research is required to assess the effects on colony mortality, -development and honey production.
- 3) **Effects on wild pollinators:** The consequences on wild bees (bumblebees, solitary bees) and other pollinating insects are unknown. Research is needed to determine the effects.
- 4) **Effects of traps and preventive measures:** A study is required to assess the effectivity of wasp traps for monitoring purposes. Moreover, there is much to improve in terms of the specificity of Asian hornet traps. Attractants and visual aspects of traps need to be optimised. Finally, the effectivity of preventive measures against predation of bee colonies have not been studied.

Conclusions

- Although pollinators and honey bees specifically are actively hunted by the Asian hornet, the consequences for honey bee colonies and pollinator populations are unclear. Research is required to ascertain the effects.
- The expected impact on pollination of crop pollination in the Netherlands is negligible, because there are no pollination dependent crops blooming when predation of pollinators peaks.
- Monitoring could include active involvement of stakeholders such as beekeepers and wasp exterminators. Wasp traps could be used, but the effectivity is unknown for early detection purposes and bycatch is extremely high.
- Elimination of hornet nests should be executed with insecticides and performed by specialists to prevent confusion with European hornet nests.
- During introduction, monitoring should be focussed on early detection and control should be focussed on eliminating nests.
- Once established, monitoring is non-essential. Nest elimination is only necessary in emergency situations.
- Knowledge is urgently required for monitoring and management purposes. Moreover, an accurate assessment of the impact on pollinators and beekeeping is required.

Inleiding

De Aziatische hoornaar (*Vespa velutina* ssp. *nigrithorax*) is een invasieve sociale wesp die grote nesten maakt en die jaagt op vliegende insecten (Monceau et al., 2014). Sinds 2004 is de Aziatische hoornaar in Europa en in de afgelopen 14 jaar is de soort wijdverspreid geraakt (zie www.coloss.org/velutina voor een overzicht). In september (2017) is een nest van de Aziatische hoornaar gevonden en vernietigd in Zeeland (Smit et al., 2018), hetgeen de eerste bevestigde waarneming van deze soort in Nederland is.

De populatieontwikkeling van de Aziatische hoornaar gaat relatief snel. In Italië breidde het verspreidingsgebied in de eerste jaren na vestiging zich uit van 205 km² in 2013 naar 930 in km² 2015 (Bertolino et al., 2016). In een onderzoek van Keeling et al. (2017) werd gekeken naar de potentiële verspreiding van de Aziatische hoornaar in Groot-Brittannië. Zij verwachten dat er over 10 jaar al 50.000 nesten kunnen zijn. De kans dat in Nederland een soortgelijke trend zal afspelen is zeer waarschijnlijk gezien de overeenkomsten in klimaat. Bovendien is Nederland gevestigd aan het vaste land van Europa en toegankelijker voor invasies van de hoornaar.

In 2016 is de Aziatische hoornaar toegevoegd aan de Unielijst van EU-verordening 1143/2014. Dit betekent dat er een plicht is om de soort te elimineren, dan wel te bestrijden (voor details zie: Hoop et al., 2016, pag. 11). Deze maatregelen moeten in relatie staan tot de situatie of fase van invasie: Is eliminatie mogelijk of moeten gerichte beheersmaatregelen genomen worden? Indien vestiging een voldongen feit is, zullen lidstaten maatregelen moeten formuleren "evenredig met gevolgen voor het milieu en afgestemd op specifieke omstandigheden van de lidstaten, zijn gebaseerd op een kosten-batenanalyse en omvatten, voor zover haalbaar, herstelmaatregelen."

Deze studie sluit aan bij het Actieplan bijengezondheid (Rottenberg, 2013) dat in 2013 door het ministerie van Economische zaken (nu LNV) geïnitieerd werd. Dit actieplan brengt verschillende partijen in de samenleving bij elkaar om de gezondheidstoestand voor bijen te verbeteren en bewaken. Eén van de pijlers uit dit plan is ziekten en plagen (pijler 2). Als prioriteit (2.) wordt genoemd:

"Wij bevorderen onderzoek naar de onderlinge relatie tussen ziekten en plagen op de bijen(winter-) sterfte. Van veel ziekten en plagen onder bijen is niet bekend welke negatieve effecten ze hebben op een bijenvolk. Daarnaast is niet duidelijk wat de interacties zijn tussen ziekten en plagen. Deze inzichten zijn nodig om verzwakking van bijenvolken te kunnen voorkomen."

Door de sterke relatie van de Aziatische hoornaar met de honingbij en mogelijke gevolgen voor andere bestuivende insecten is het van groot belang dat de gevolgen voor deze soortgroep en de daaraan gerelateerde ecologische en socio-economische waarde wordt bepaald. Specifiek betekent dit de vraag wat de gevolgen zijn voor de bijenhouderij, hommelteelt, insectenbestuiving van cultuur- en natuurgewassen en hoe het beleid hierop afgestemd kan worden.

Onderzoeksdoelen

Het leveren van kennis ten aanzien van de Aziatische hoornaar ten behoeve van het formuleren van een aanpak door beleidskaders (N&B, PAV en DAD).

Deze kennis bestaat uit:

1. Informatie over de gevolgen van de Aziatische hoornaar bij vestiging in Nederland voor (wilde) bestuivers, de bijenhouderij en de bestuiving van voedsel-, cultuur- en natuurgewassen.
2. Een overzicht van de state-of-the-art methodieken en strategieën voor monitoring en bestrijding voor bijenhouders, verdelgers en mogelijk andere stakeholders.

-
3. Formuleren van een wetenschappelijk onderbouwd beleidsadvies op basis van de vergaarde kennis ten aanzien van de aanpak van Aziatische hoornaar in relatie tot de gevolgen voor bestuivende insecten en bestuiving.

Opzet van de studie

Deze studie bestaat uit drie hoofdstukken. In **hoofdstuk 1** wordt de kennis over de gevolgen voor bestuivende insecten en bestuiving beschreven. Dit betreft het gedrag van belager en prooien, schade en productieverlies en kennis over de effecten op bestuivingsdiensten. **Hoofdstuk 2** beschrijft de methoden en strategieën voor monitoring en bestrijding. Hierbij ligt de nadruk met betrekking tot monitoring op vroege detectie van een introductie. Voor bestrijding is een overzicht gegeven van te gebruiken methodieken ten behoeve van eliminatie en beheersing. **Hoofdstuk 3** bevat een raamwerk voor beleid op basis van de kennis beschreven in hoofdstukken 1 en 2 en de inbedding ervan in de principes van een biologische invasie (Blackburn et al., 2011). Daarnaast worden de kennishiaten benoemd en een voorstel gedaan voor het opvullen ervan.

Methodieken

Bronnenonderzoek

Voor het vergaren van informatie is gewerkt volgens een standaard werkwijze waarbij verschillende fases zijn doorlopen. In de eerste fase wordt wetenschappelijke literatuur over de Aziatische hoornaar die relevant is voor de onderzoeksdoelen gebundeld. Eventueel wordt ook gekeken naar wetenschappelijke literatuur over verwante soorten wespachtigen en de relatie met bestuivende insecten. Als er over een specifiek onderwerp geen wetenschappelijke literatuur beschikbaar is, wordt grijze literatuur (rapporten, conferentieverlagen, etc.) geraadpleegd. In dat geval wordt getracht de auteurs te raadplegen over de achtergrond van de informatie, om deze te kunnen verifiëren. Deze informatie komt terug als referentie of als persoonlijke communicatie met de auteurs. Tot slot bestaat er een grote hoeveelheid anekdotische bronnen die soms ook in wetenschappelijke literatuur worden gebruikt (zie Monceau et al., 2014). In de regel wordt deze informatie buiten beschouwing gelaten, tenzij het ter illustratie gebruikt kan worden om het gebrek aan betrouwbare informatie te schetsen.

Quickscans en surveys

Indien er onvoldoende informatie uit het bronnenonderzoek naar voren komt, is gebruik gemaakt van het kennisnetwerk om actief informatie te vergaren. Dit is gedaan door experts (wetenschappers, veterinairs, etc.) te benaderen in getroffen landen bij wijze van quickscan. In één geval is een survey opgezet om informatie te achterhalen.

1 Gevolgen voor bestuivende insecten en bestuiving in Nederland

1.1 De Aziatische hoornaar als jagers en belagers van honingbijen en andere vliegende insecten

De Aziatische hoornaar (*Vespa velutina*) foerageert op eiwitrijk voedsel, ten behoeve van het voeden van de nakomelingen (Schoeters, 2004). Dit eiwitrijk voedsel heeft een dierlijke herkomst en bestaat voornamelijk uit vliegende insecten (Perrard et al., 2009). Daarnaast worden ook slachtafval van vis en vee, en ook wilde kadavers benut (Villemant et al., 2011; Perrard et al., 2009). De Aziatische hoornaar is een actieve jager, en een aaseter en wordt wel omschreven als een opportunistische generalist (Monceau et al., 2014). In het natuurlijke verspreidingsgebied in Azië is de Aziatische honingbij (*Apis cerana*) een belangrijk prooidier van de Aziatische hoornaar (Tan et al., 2013). Uit onderzoek in Frankrijk in stedelijk, agrarisch en bosgebied blijkt dat verschillende soortgroepen bejaagd worden. Daarvan zijn Diptera (vliegen), *Vespidae* (Hymenoptera: sociale wespen) en *Apidae* (Hymenoptera: honingbijen) de belangrijkste soortgroepen (Villemant et al., 2011; Perrard et al., 2009). Ook hommels, groefbijen en een aantal andere soorten insecten zijn als prooidieren geïdentificeerd (tabel 1). Na vangst van een prooi vermaakt de hoornaar als eerste het abdomen, gevolgd door de thorax en soms neemt ze de volledige bij mee naar haar nest. De hoornaar maakt hier een bolletje, een zgn. pellet, van. Het gehele proces van het maken van een voedselpellet duurt zo'n 4,5 minuut (Perrard et al., 2009).

Het jagen vindt plaats op gebieden waar insecten zich concentreren. Insecten worden bijvoorbeeld van bloemen geplukt en nesten van sociale bijen en wespen worden belaagd (Ueno, 2015, Monceau et al., 2013). Ook vliegen die zich concentreren op kadavers en mestvaalten vormen een aantrekkelijke jachtgelegenheid (Pers. Comm., C. Villemant). Als hoornaars een aantrekkelijk foerageergebied hebben geïdentificeerd wordt een geurspoor achtergelaten. Hierdoor kan de locatie teruggevonden worden en kunnen volksgenoten gerekruteerd worden (Ono, 2006; Ono et al., 1995). Zowel signaalstoffen als visuele kenmerken van prooien worden gebruikt om een prooi te pakken (Wang et al., 2013).

Hoewel het dieet dus relatief breed is, blijkt uit verschillende onderzoeken dat de Aziatische hoornaar een voorkeur heeft voor honingbijen (Perrard et al., 2009; Villemant et al., 2011). De Aziatische hoornaar wordt aangetrokken door de geur van opgeslagen stuifmeel, honing, broed. Daarnaast zijn verschillende feromonen of componenten van feromonen aantrekkelijk voor de Aziatische hoornaar (Couto et al., 2014). Het is aannemelijk dat de Aziatische hoornaars naast het plaatsen van lichaamseigen geursporen door het boeket van geuren en signaalstoffen van honingbijen tot bijenvolken aangetrokken worden. Daar komt bij dat een bijenvolk of bijenstand een goede foerageermogelijkheid vormt, omdat prooidieren zich niet alleen op één plaats concentreren, maar daarnaast een constante, voortdurende en rijke bron van voedsel vormen.

Als de Aziatische hoornaar het voorzien heeft op honingbijen hangt of zweeft ze individueel of in kleine groepen voor een bijenkast. Dit gedrag wordt ook wel 'bee-hawking' genoemd (Tan et al., 2007). De honingbijen die de wacht houden bij de kast ('guard bees') worden minder vaak gevangen dan bijen die de kast in of uit vliegen (Monceau et al., 2013). Observaties laten zien dat gedurende het seizoen ongeveer 30% van de aanvallen op honingbijen (*A. mellifera*) succesvol zijn (Tan et al., 2007). Het aantal hoornaars dat een bijenvolk tegelijk bejaagd varieert, maar is meest optimaal (succesvol) bij 9 individuen (Monceau et al., 2013). Soms zijn de hoornaars met tientallen bij een bijenkast en krijgt een enkeling de mogelijkheid om een kast binnen te gaan wanneer een volk aangevallen wordt (Monceau et al., 2014a).

Tabel 1 Overzicht van het prooispectrum van de Aziatische hoornaar op basis van de beschikbare geselecteerde literatuur. Voor prooien is laagste taxonomische niveau dikgedrukt weergegeven.

Studie	Opzet studie	Taxonomie	Ondersoort > Soort	Aandeel in dieet
Villemant et al., 2011	Pellets binnengebracht 'vlees' werd onderschept bij hoornaar nesten in 2007 en 2009 in Frankrijk. Prooispectrum is uitgedrukt als percentage van het totaal aan verzamelde pellets. Het bereik is aangegeven voor drie onderzochte landschapstypen.	Tweevleugeligen – Diptera; voornamelijk Zweefvliegen (<i>Syrphidae</i>), Bromvliegen (<i>Calliphoridae</i>), Echte vliegen (<i>Muscidae</i>)		17,2 – 33.6%
		Vliesvleugeligen – Hymenoptera; <i>Apidae</i> - Bijen en hommels;	Westerse Honingbij (<i>Apis mellifera</i> spp.)	33,4 – 65.6%
		Vliesvleugeligen – Hymenoptera; <i>Vespidae</i> - Ploovleugelwespen		7,8 - 28,3%;
		Vliesvleugeligen – Hymenoptera overige		4,1 – 7,2 %;
Perrard, 2009	Observaties bij nesten in Frankrijk in juni en juli van 2007. Binnengebrachte pellets werden verzameld van nest nr. 2 (n=235). Gegeven is het percentage van totaal aan pellets. Aanvullend zijn er een aantal kwalitatieve observaties gemeld.	Tweevleugeligen – Diptera; Brachycera; <i>Calliphoridae</i> - Bromvliegen		1,8%
		Tweevleugeligen – Diptera; Brachycera; <i>Muscidae</i> – Echte vliegen		2,3%
		Tweevleugeligen – Diptera; Brachycera; overige		1,8%
		Vliesvleugeligen – Hymenoptera; <i>Apidae</i> - Bijen en hommels	Westerse Honingbij (<i>Apis mellifera</i> spp.)	84.8%
			<i>Halictinae</i> (waaronder groefbijen)	2.9%
			overige bijensoorten (Apiformes)	1.8%
			Hommels (<i>Bombus</i> spp.)	
Vliesvleugeligen – Hymenoptera; <i>Vespidae</i> - Ploovleugelwespen	Vespiniae – papierwespen			
	Insecta – overige		1,2%	
Ueno, 2015	Observaties tijdens studie naar bloembezoek van Aziatische hoornaars in Japan, 2014 -2015. Enkel kwalitatieve observaties werden verricht.	Vliesvleugeligen – Hymenoptera; <i>Apidae</i> - Bijen en hommels	Vnl. honingbijen; <i>Apis mellifera</i> spp. en <i>Apis cerana japonica</i>	
	Natuurhistorische beschrijving van o.a. het prooispectrum van papierwespen in de Maleisische archipel. Behelst verschillende ondersoorten van <i>Vespa velutina</i> .	Tweevleugeligen – Diptera	'Vliegen'	
		Vliesvleugeligen – Hymenoptera; <i>Apidae</i> - Bijen en hommels	Honingbijen; <i>Apis cerana japonica</i>,	
		Tweevleugeligen – Diptera; Brachycera; <i>Tachinidae</i> - Sluipvliegen		
		Spin - Araneae		

Het succes en ook het aantal vangsten van honingbijen door de Aziatische hoornaar verandert gedurende het seizoen. De meeste observaties worden gedaan vanaf juli en het beehawking piekt eind augustus/ begin september (Tan et al., 2007; Monceau et al., 2013). Het jagen loopt door tot oktober en neemt verder af in november (Muller et al., 2011). Het overgrote merendeel van de hoornaars (98%) foerageert tussen 7:00 uur en 20:00 uur (Thiéry et al., 2017). Er is echter een mismatch tussen het bijenjagen door de Aziatische hoornaar en de activiteit van honingbijen gedurende de dag. Dit gebrek aan synchronisatie kan voordelig zijn voor honingbijen, omdat het daardoor meer kan foerageren als de Aziatische hoornaar minder actief is (Monceau et al., 2013).

1.1.1 Afweermechanismen en aangepast gedrag van honingbijen

Honingbijen hebben verschillende afweermechanismen om met belagers om te gaan (voor een uitgebreid overzicht zie Blacqui re et al., 2017). Deze mechanismen werken op verschillende niveaus, van moleculair tot volksniveau. Ten aanzien van (Aziatische) hoornaars vertonen honingbijen een aantal afweermechanismen. Deze mechanismen zijn aanwezig bij verschillende soorten honingbijen en de mate waarin ze dit gedrag vertonen is een reflectie van de mate waarin ze blootgesteld en aangepast zijn aan hoornaars of andere bedreigingen.

Ten eerste kunnen honingbijen wespachtigen steken. Bij het steken van wespachtigen blijft de angel regelmatig achter in het lijf van de belager, hetgeen leidt tot de dood van de bij (Donovan, 1991; Fujiyuki et al., 2005). Een ander aspect van afweer tegen hoornaars is dat honingbijen aangepast of ontwijkend gedrag vertonen dat niet specifiek defensief is. Binnenkomende en vertrekkende foerageerbijen passen het vlieggedrag aan als Aziatische hoornaars bij een volk aan het jagen zijn (Tan et al., 2007). Zowel de snelheid als het vliegpatroon verandert. Ook hierbij zijn er verschillen tussen de Aziatische honingbij en de Europese. Aziatische honingbijen verhogen de vliegsnelheid in aanwezigheid van hoornaars, terwijl Europese honingbijen juist langzamer gaan vliegen. De verlaging van de snelheid vergroot de kans om gepakt te worden. Ook toonde Tan et al. (2007) aan dat de pakkans van *A. mellifera* drie keer groter is dan die van *A. cerana*.



Figuur 1 Bijenbehang bij aanwezigheid van een Aziatische hoornaar. (Foto: A.C.M. Cornelissen)

Naast individuele gedragingen zijn er ook waarnemingen van aangepast gedrag op groeps- en volksniveau. Dit komt bij *A. mellifera* in verschillende gedragspatronen tot uiting (Acra et al., 2014 Tan et al., 2013). In aanwezigheid van Aziatische Hoornaars vormt een grote groep bijen een cluster of 'behang' van bijen dat de vliegplank en verticale delen van de kast beslaat (figuur 1). De massa bijen maakt het voor de hoornaar moeilijk om individuele bijen te herkennen en verkleint daardoor het jachtsucces. Naast het behang, wordt gecoördineerd gedrag gezien waarbij de hoornaar door individuele bijen geobserveerd wordt en er een sissend geluid wordt geproduceerd door de bijen. Daarnaast liet

Acra et al. (2014) zien dat de vliegactiviteit van bijenvolken drastisch achteruitgaat in aanwezigheid van jagende hoornaars. Men concludeerde dat het gedrag van *A. mellifera* minder effectief was dan dat van andere honingbijen. Dit zou volgens hen te maken kunnen hebben met de selectie op kalme en minder agressieve bijen door bijenhouders.

Een andere tactiek is het 'Heat Balling'. Hierbij omhullen honingbijen gezamenlijk een hoornaar en verhogen ze de temperatuur in de "bal" dusdanig dat de vijand wordt uitgeschakeld, door een combinatie van verstikking en oververhitting (Sugahara & Sakamoto, 2009; Sugahara, 2012). Abrol (2006) bestudeerde de effectiviteit van de hitte ballen in zowel *Apis cerana* (Aziatische honingbijen) als *Apis mellifera* (Europese honingbijen). *Apis cerana* bleek ook hierin beter georganiseerd tegen wespen als de Aziatische hoornaar en *Vespa magnifica* in vergelijking met *A. mellifera*. De temperatuur van de hitteballen is bij de Aziatische honingbij significant hoger dan bij de Europese honingbij. Tevens werd er gekeken naar het aantal wespen gedood door de honingbijen, hieruit bleek dat de Aziatische honingbij gemiddeld 10.00 ± 2.77 /dag dode wespen had ten opzichte van 0.95 ± 0.95 /dag bij de Europese honingbij (Abrol, 2006). Overigens is het 'heatballing' niet geheel vreemd voor Europese honingbijen. Cypriotische ondersoorten van *A. mellifera* gebruiken een vergelijkbaar mechanisme tegen de Oriëntaalse hoornaar (*Vespa orientalis*), die op het eiland inheems is. In plaats van een hoornaar te doden door oververhitting, worden de segmenten van het achterlijf in de bijenbal dusdanig dichtgedrukt dat de hoornaar geen zuurstof meer kan opnemen en uiteindelijk stikt (Papachristoforou et al., 2007).

Honingbijen kunnen hoornaars ook laten zien dat ze waargenomen worden. Zodra de bijen een vijand waarnemen, zoals de Aziatische hoornaar gaan de bijen "shimmering" gedrag vertonen (Tan et al., 2013). Dit is "shimmering" gedrag uit zich tot het maken van bewegingen waarbij de bijen met het achterlijf schudden of van links naar rechts bewegen gedurende een bepaalde tijd. Op deze wijze wordt er naar de hoornaar gecommuniceerd dat ze waargenomen is door het volk en wordt de aanval vaak gestaakt. In tegenstelling tot de Aziatische honingbij wordt dit gedrag minder vaak/intens waargenomen onder de Europese honingbijen (Tan et al., 2013).

Ook het foerageergedrag wordt beïnvloed door predatoren. Uit onderzoek van Abbot & Dukas (2009) blijkt dat de intensiteit van de dans afneemt. Als een bij heeft gefoerageerd in de buurt van een vijand (of waar een vijand geweest is) worden er 20x minder rondes uitgevoerd, dan wanneer de omgeving veilig is. Dit heeft als gevolg dat de intensiteit van de rekrutering afneemt, wat leidt tot minder foerageerbijen en minder inkomend voedsel. Daarnaast toonden Tan et al. (2013) aan dat er een afname van 55% bloemvisitaties plaatsvindt in aanwezigheid van de Aziatische hoornaar en 50% minder foerageerbijen werden ingezet om te foerageren bij gevaarlijke plekken.

Niet alleen het gedrag van de honingbijen wordt beïnvloed door de Aziatische hoornaar, volgens Monceau et al. (2014) vindt er een interactie plaats tussen de Europese en Aziatische hoornaar. Er wordt gemeld dat meer bijenhouders last ondervinden van Europese hoornaars die hun bijen belagen sinds de aanwezigheid van de Aziatische hoornaar. Het is onduidelijk of dit komt, omdat de imkers alerter zijn geworden op eventuele wespachtige of dat dit daadwerkelijk komt door de komst van de Aziatische hoornaar. Er is verder geen literatuur bekend over de interactie tussen beide soorten en een kwantitatieve onderbouwing bij deze theorie ontbreekt.

Hoewel gerichte selectie van honingbijen op resistentie tegen de Aziatische hoornaar niet reëel is, lijken er wel kansen voor een meer robuuste benadering. Een aantal gedragingen zijn van algemene aard en van toepassing op meerdere nestbelagers die mogelijk met (semi-)natuurlijke selectie tot (betere) uiting kunnen komen. Met andere woorden, bij het streven naar een hogere weerbaarheid van (gehouden) honingbijen kan meegewogen worden wat de effecten zijn op de relatie tussen de Aziatische hoornaar en honingbijen (van Dooremalen & Zweep, 2015), maar gerichte selectie is niet gewenst.

1.2 Gevolgen voor de Bijenhouderij: mortaliteit en effecten op honingproductie

Het is duidelijk dat de honingbij een belangrijk deel is van het prooispectrum van de Aziatische hoornaar (zie tabel 1). Actieve bejaging van bijenvolken is goed beschreven en vele studies wijzen op de potentiële ernstige gevolgen van de introductie voor honingbijen en de bijenhouderij (zie Monceau et al., 2014 voor een overzicht, Bertolino et al., 2016). Daarnaast zijn er berichten van bijenstanden die en masse belaagd worden door Aziatische Hoornaars (Pers. Comm, Q. Rome) en geven Franse imkers aan dat ze een gevaar voor bijenvolken vormen (Pérez & Kenis, 2010). Er zijn echter geen

wetenschappelijke studies die het effect op bijenvolk-parameters hebben vastgesteld. De belangrijkste parameters in relatie tot de bijenhouderij zijn sterfte van volken, vaak uitgedrukt in een percentage van volken dat verloren is gegaan en verlies van productie van met name honing. Monceau et al. (2014) geeft een overzicht van bij de auteurs bekende (niet-wetenschappelijke) bronnen. Het volgende werd beschreven. *In het Franse Gironde werd in 2010 gemeld dat 30% van de volken verzwakt of vernietigd waren. Daarnaast meldde een bijenhouder dat door de Aziatische hoornaar 80% van zijn volken verloren zou zijn gegaan (Cazenave 2013 in Monceau et al., 2014). In een enquête onder bijenhouders werd aangegeven dat ongeveer 5% van de volken verloren gingen door de Aziatische hoornaars en dat 16 en 27% van de volken verzwakt werden in 2009 en 2010, respectievelijk (B. Darchen, pers. Com in Monceau et al., 2014). Volgens de Franse kamer van landbouw zou de Aziatische hoornaar zelfs verantwoordelijk zijn voor het verlies van 40% kleine bijenvolken (Amigues, 2012).* De verwijzingen hebben we niet kunnen terugvinden of verifiëren.

Aanvullend zijn uit landen waar de hoornaar voorkomt experts benaderd met de vraag of zij (kwantitatieve) informatie hebben over de gevolgen voor de bijenhouderij. In Frankrijk blijkt de schade niet gekwantificeerd te zijn ("De impact op honingbijvolken was relatief bekend: stress, afname productie, dood van enkele volken", pers comm. E. Darrouzet). In Galicië (Spanje) is de Aziatische hoornaar sinds 2012 wijdverspreid geraakt. In 2016 werden 6000 nesten vernietigd. Uit een recente survey onder 87 bijenhouders kon niet worden vastgesteld of er een verlies van honingproductie is als gevolg van de Aziatische hoornaar (Resultaten ovb, Pers Comm., A. Garcia). Een complicerende factor was de extreme droogte die mogelijk een groot effect heeft op honingproductie. Daarnaast werd uit Galicië verklaard dat er geen berichten zijn van verlies van bijenvolken als gevolg van de Aziatische hoornaar (Pers. Comm., L. Rodriguez). Een tegenstrijdig bericht was afkomstig een lokale bijenhoudersvereniging, die een verlies van 30% van de honingopbrengst constateerde (Pers. Comm. S.V. Rojas Nossa). Een kwantitatieve onderbouwing bij dit getal ontbreekt echter. Verder wordt gemeld dat deze verliezen ondertussen (>5 jaar na introductie) waarschijnlijk minder groot zijn. Er zou sprake kunnen zijn van adaptatie, maar andere studies wijzen erop dat nestdichtheden 7 jaar na vestiging nog oplopen (Monceau et al., 2017; Franklin et al., 2017). Daarnaast blijft er een mismatch in vliegactiviteit (zie 1.1.1)

In Italië is de hoornaar in twee regio's aan te treffen. In de regio Veneto sinds eind 2016. Hier is tot nu toe geen schade aan bijenstanden of bijenvolken vastgesteld (Pers. comm. F. Mutinelli). In de regio Ligurië is de Aziatische hoornaar sinds 2013 gevestigd. Hier wordt schade, en verlies van volken en honingproductie gemeld, maar ook hier ontbreken kwantitatieve gegevens.

In Duitsland is de Aziatische hoornaar sinds 2014 aanwezig. Tot nu toe zijn hier geen problemen gemeld in relatie tot bijenvolken (www.BienenJournal.de, geraadpleegd op 27 nov 2017, Pers. comm. M. Schäfer en M. von Orlow).

1.2.1 Predatiedruk

Door gebruik te maken van de beschikbare data over predatiedruk en nestdichtheid van hoornaars en honingbijen kan een inschatting gemaakt worden van het probleem. We hebben eerst gekeken naar informatie over het aantal hoornaarnesten dat per km² kan worden aangetroffen (tabel 2). Hieruit blijkt dat de Aziatische hoornaar in urbane gebieden een hogere dichtheid (10-12/km²) heeft dan in het buitengebied (2-4 /km²). In twee studies is over meerdere jaren (2007 – 2014) gekeken en hieruit blijkt tevens dat de dichtheid het plafond nog niet bereikt heeft (Monceau et al., 2017; Franklin et al., 2017). Met andere woorden het aantal nesten per km² nam gedurende de studies steeds toe. Daarnaast is er nog een studie die op een grotere schaal heeft gekeken naar de draagkracht van het landschap (Robinet et al., 2016). Daarbij hebben de onderzoekers gekeken naar de nestdichtheid in het Franse departement waar de Aziatische hoornaar als eerste zich vestigde. Een maximum aantal van 330 nesten werd gemeten op een oppervlakte van 5361km². Dit geeft een dichtheid van 0.06 nesten per km². Dit is aanzienlijk lager dan de andere situaties. Dit kan komen door de schaalgrootte: niet alle nesten worden op zo'n oppervlakte waargenomen en er is meer variatie in de kwaliteit van het leefgebied.

Ook het aantal bijenvolken op één plek varieert. Bijenhouders in Nederland hebben gemiddeld zo'n 8,4 bijenvolken (Biesmeijer, 2017). Het grootste deel van de bijenhouders ~ (50%) heeft 1 tot 5 bijenvolken. Een kwart heeft 5 tot 10 volken en de overige hebben er >10 (Van der Zee & Pisa, 2015). We gaan er voor het gemak vanuit dat deze aantallen bijenkasten op één bijenstand aangetroffen kunnen worden.

Tabel 2 Nestdichtheid in twee gebieden in Frankrijk, 8 jaar (2014) na de eerste waarneming van de Aziatische hoornaar (Monceau, 2016 en Franklin 2017) in verschillende typen leefgebieden en in Italië (Bertolino, 2016).

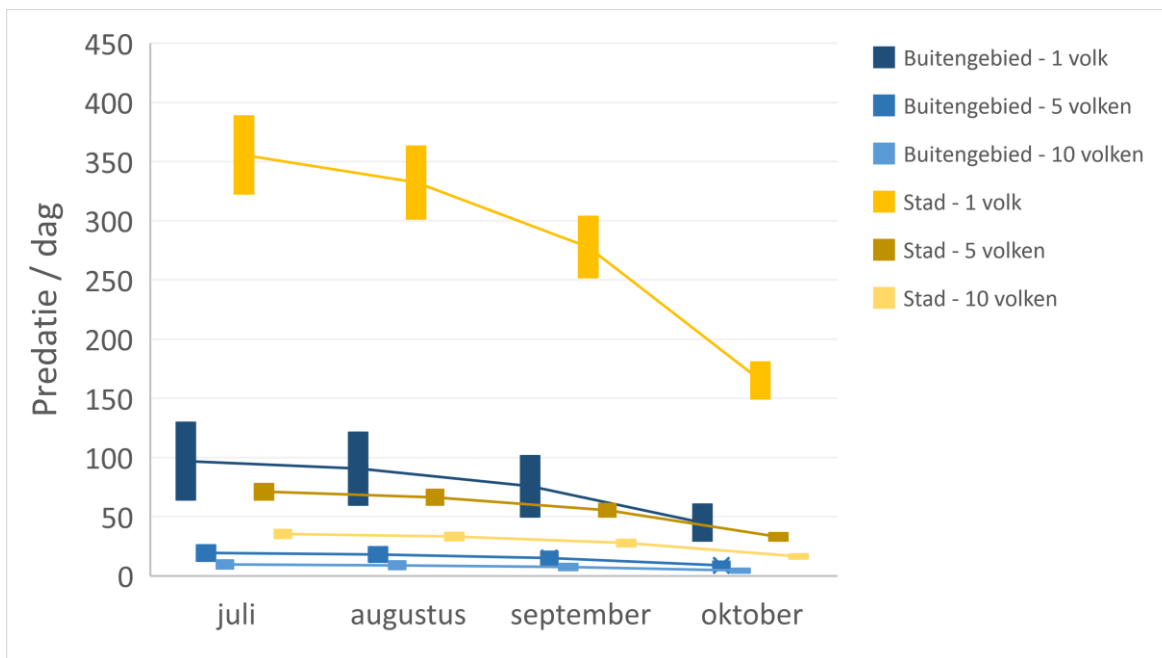
Nest/ km ²	Leefgebied	Jaar observatie (na vestiging)	Studie
12.26	Stad	2014 (7)	Monceau et al., 2017
10.23	Stad	2014 (7)	Franklin et al., 2017
4.81	Totaal*	2014 (7)	Franklin et al., 2017
2.9 - 3.5	Totaal	2013-2015 (0-2)	Bertolino et al., 2016
0.06	Departement	?	Robinet et al., 2016

*48% Stad, 29% Bos, 22% half-open natuur (struweel, ruigte en grasland)

Tan et al. (2007) onderzocht het bejagen van bijenvolken. In deze studie werd met behulp van camera's het aantal gevangen bijen gemonitord bij 3 bijenvolken tussen juli en september. Het aantal bijen dat buiten de bijenvolken gevangen werd is geregistreerd. Gemiddeld werden per uur 2 bijen per volk gevangen. Als dit naar een aantal per dag vertalen (op basis van vliegactiviteit en weerdata KNMI), worden van juli tot september dagelijks gemiddeld 25 tot 32 bijen per volk gepakt. In oktober ligt het potentiële aantal een stuk lager, namelijk rond de 15. Het is onbekend wat de dichtheid van het aantal hoornaarnesten in de studie van Tan et al. (2007) was. Er wordt gemakshalve vanuit gegaan dat dit 1 nest per km² is.

Als deze gegevens gecombineerd worden met de dichtheid aan bijenvolken wordt een beeld verkregen van de predatiedruk voor het buitengebied en de stedelijke omgeving (figuur 2). Met name bijenstanden met 1 bijenvolk zijn kwetsbaar voor predatie. En in de stedelijke omgeving lijken de risico's voor bijenvolken groter. Voor bijenstanden met 5-10 bijenvolken lijkt de predatiedruk mee te vallen. Wat niet is meegewogen, is de kans dat een groep bijenvolken mogelijk aantrekkelijker is dan een enkel volk. Dit kan van invloed zijn op de predatiedruk.

Uitgaande van een volk van 20000 bijen in de zomer waarvan een derde foerageert, zijn er ongeveer 6000 haalbijen. Gemiddeld worden deze bijen ongeveer tien dagen oud, wat betekent dat er dagelijks ongeveer 600 bijen dood gaan. In de zomermaanden worden er dagelijks ongeveer 1000-2000 jonge bijen geboren (Winston, 1987). Dit aantal neemt naar de winter toe af, doordat de hoeveelheid beschikbare stuifmeel afneemt naar de winter toe. Dit is een periode waarin een volk een numerieke buffer opbouwt van langlevende bijen die de winterperiode moeten overbruggen. Deze bijen voeren zeer beperkt taken uit waardoor er geen fysiologische veroudering optreedt. Een volk groeit tot aan september en daarna wordt het kleiner waarna een winterpopulatie van ongeveer 10000 bijen overblijft. Een bijenvolk is plastisch. Op het moment dat er taken uitgevoerd moeten worden, kunnen werksters gerekruteerd worden uit een pool van werklozen of uit andere taken. Dit leidt er toe dat de leeftijd waarop taken worden uitgevoerd en de levensverwachting lager worden. Het is aannemelijk dat predatie door de Aziatische hoornaar één van de factoren is die hier druk op uit oefent. Het is niet bekend bij welke predatiedruk er een onomkeerbaar effect op een bijenvolk plaatsvindt. Uit een studie van Monceau et al. (2013) blijkt dat met name haalbijen door de Aziatische hoornaar gepakt worden. Khoury et al. (2011) lieten met een modelmatige studie zien dat wanneer de overlevingskans van haalbijen met 2/3 achteruit gaat door een chronische stressfactor een volk kan instorten. Zij lieten ook zien dat als het gemiddeld aantal dagen dat werksters foerageren 2.8 of lager is, volken kunnen instorten. Dit wordt bevestigd in een andere studie (Perry et al., 2015), die liet zien dat jonge haalbijen, door gebrek aan ervaring nog kwetsbaarder zijn, waardoor de kans op instorten van het volk vergroot wordt. Omdat haalbijen de grootste bron van voedsel zijn voor hoornaars rondom bijenvolken is een effect van hoge predatie druk aannemelijk. Er zijn echter nadere studies nodig om de werkelijke effecten vast te stellen. Het gaat hier om een theoretische oefening. In werkelijkheid wegen andere factoren (gezondheidstoestand volken, klimaat, etc.) mee in relatie tot predatiedruk. De hoge dichtheid van hoornaarnesten in het stedelijk gebied wordt mogelijk verklaard door de aanwezigheid van voedselbronnen anders dan honingbijen of insecten. In dat geval is de relatieve druk op bijenvolken ook lager. Anderzijds kan het voorkomen dat door de hoge dichtheid meerdere hoornaarnesten op 1 bijenstand aggregeren en prederen. Voor het buitengebied lijken de risico's klein acceptabel voor de bijenvolken. Als er meer dan 1 bijenvolk op een bijenstand staat, is de verwachte predatie laag. Anderzijds kan een groter aantal bijenvolken juist aantrekkelijker zijn voor hoornaars dan een enkel volk.



Figuur 2. Dagelijkse predatie van de Aziatische hoornaar voor het buitengebied (Blauw) en stedelijk gebied (Geel), bij verschillende aantallen bijvolken op een stand in juli tot oktober. Verticale balken geven de spreiding weer van dagelijkse predatie uitgaande van 2-4 nesten / km² en 10-12 / km² voor buitengebied en stedelijk gebied respectievelijk.

Tot slot moet opgemerkt worden dat er verschillen zijn te verwachten in de fenologie van honingbijen en Aziatische hoornaars in Nederland ten opzichte van Frankrijk. In Nederland zijn volken vanaf juli in voorbereiding op de winter, waardoor de vliegactiviteit van volken gestaag afneemt. Hierdoor neemt de predatiedruk automatisch af, omdat de mismatch tussen prooi en jager groter wordt en er minder prooien beschikbaar zijn. Enkel als bijenhouders reizen naar grote drachten zoals heide of springbalsemien blijft de activiteit groot en daarmee het risico op predatie. In welke mate het klimaat de ontwikkeling van hoornaarnesten beïnvloed is niet bekend.

Op basis van deze summierende gegevens lijken er risico's te bestaan indien wordt uitgegaan van worst case scenario's. Een gedegen risicoanalyse is echter niet mogelijk door gebrek aan informatie. Hoewel we dus wel een effect kunnen verwachten van de Aziatische hoornaar op bijenvolken is het op basis van verschillende bronnen en benaderingen niet te achterhalen hoe groot het effect zal zijn. Er zijn geen kwantitatieve data beschikbaar waardoor niet vast te stellen is of en in welke mate volkssterfte plaatsvindt. Ook ten aanzien van verlies van productie zijn de bronnen schaars. Causale effecten van de Aziatische hoornaar op volksontwikkeling zullen eerst met experimenteel wetenschappelijk onderzoek vastgesteld moeten worden en er zijn betrouwbare gegevens nodig van monitoringstudies die wetenschappelijk gepubliceerd worden. Tot op heden is dit onderzoek nog niet uitgevoerd of gepubliceerd.

Een factor die mogelijk meeweegt in de gevolgen voor de bijenhouderij zijn externe factoren zoals de gezondheid van bijenvolken. In het geval een bijenvolk verzwakt is, bijvoorbeeld door marginaal beheer of door ziekten, kan de Aziatische hoornaar mogelijk als secundaire of additieve plaag optreden. Daarnaast vindt de piek van het bijenjagen door de Aziatische hoornaar plaats in augustus/september, als de varroamijt-populaties in bijenvolken voor de meeste problemen zorgen en deze al onder druk zetten. Dit wordt onderschreven door Bo Choi & Kwon (2015). Zij achten het onmogelijk dat de Aziatische hoornaar bijenvolken kan uitmoorden, en dat eerdere meldingen van volkssterfte veroorzaakt werden door een andere hoornaarsoort (*Vespa mandarinia*).

Een andere factor die mogelijk meeweegt is de bijenhouder zelf. Uit historische reeksen valt op te maken dat de motivatie (financieel, hobby) om bijen te houden bepalend is voor de omvang van de bijenpopulatie. De confrontatie met een nieuwe plaag, kan de motivatie negatief beïnvloeden. Het gevolg is dat bijenhouders stoppen, hetgeen direct leidt tot een afname in aantal volken (Van Engelsdorp & Meixner, 2010). Naast de Aziatische hoornaar zijn er ook andere invasieve bijenplagen zoals de kleine bijenkastkever (*Aethina tumida*) op komst, hetgeen het risico op afhakers verder vergroot.

1.3 Gevolgen Hommels

1.3.1 Wilde hommels

Het is bekend dat hommels bejaagd worden door de Aziatische hoornaar (zie tabel 1), maar observaties zijn zeer beperkt. Er zijn geen observaties bekend van hoornaars die wilde hommelnesten belagen.

1.3.2 Hommelteelt

Geteelde hommels worden in Nederland en andere Europese landen ingezet voor de bestuiving van gewassen in de glastuinbouw. In de laatste 10 jaar is er echter ook vraag naar hommels in open teelten zoals blauwe bessen en andere fruitgewassen. Geteelde hommels worden aangeboden als kant en klare bestuivingseenheden met een startpopulatie van ongeveer 150-200 individuen. In Europa wordt voor alsnog alleen met Aardhommels (*Bombus terrestris*) gewerkt. Het is niet bekend of hommelveolken belaagd worden door de Aziatische hoornaar. In samenwerking met Koppert B.V. is een quickscan uitgevoerd onder werknemers actief in de hommelteelt in getroffen landen (tabel 3) waar al op relatief grote schaal de hoornaar aanwezig is. In totaal werd door 4 respondenten gereageerd, waarvan er 3 uit getroffen landen komen. In geen geval werd melding gemaakt van Aziatische hoornaars die hommelveolkjes zouden aanvallen.

Tabel 3. Overzicht van de respons op een QuickScan onder mensen actief in de hommelteelt in landen waar de Aziatische hoornaar voorkomt. De volgende vragen werden gesteld: Q1. What is your professional relationship with bumble bees? For instance consultant, breeder, tomato-grower, etc. Q2. Have you previously heard of the existence of the Yellow-legged hornet (*Vespa velutina*)? Q3. Have you ever seen hornets attack individual bumblebees, nests or pollination units? Or have you ever heard of such an event happening? Q4. If you've answered yes to the previous question, what was the species of the hornet and what was the species of the bumblebee? Q5. In which country did you make this observation? Q6. Can you also mention the region / city? Q7. When did you make this observation? Remarks (if you have additional information or remarks, feel free to make notes below).

Respondent	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Remarks
1	Technical Advisor	Ja	Nee	-	Frankrijk	-	-	-
2	Product Manager Pollination	Ja	Nee	-	Spanje	-	-	-
3*	Consultant / Producer	Nee	Nee	-	Turkije	-	-	-
4	General Manager	Ja	Nee	-	Italië	-	-	-

*de Aziatische hoornaar komt niet in Turkije voor. Daarentegen wordt de Oriëntaalse hoornaar (*Vespa orientalis*) wel in Turkije aangetroffen.

1.4 Gevolgen wilde bestuivende insecten

Naast honingbijen en hommels is er een grote groep wilde bestuivende insecten die in potentie op het menu van de Aziatische hoornaar staan. Predatie van deze groep vindt plaats op bloemen (Uneo, 2015). Wij beperken ons tot de soortgroepen zweefvliegen en wilde bijen aangezien deze in meerdere studies gevonden zijn in het dieet van de Aziatische hoornaar in Europa (tabel 1). Een Franse studie geeft aan dat het aandeel zweefvliegen (*Syrphidae*, maar incl. twee andere vlieg families) tot 33% kan bedragen (Villemant et al., 2011). Een andere studie toonde aan dat het dieet voor slechts een paar procent uit zweefvliegen bestond (Perrard et al., 2009). Voor wilde bijen is hetzelfde beeld vastgesteld. Enkele procenten worden in het dieet teruggevonden (Perrard et al., 2009), waarbij het voornamelijk gaat om groefbijen. Het aantal studies waarin systematisch is gekeken naar het dieet is beperkt (in tijd en aantal locaties) wat het moeilijk maakt om algemene conclusies te trekken. Ook ontbreekt het aan studies die specifiek kijken naar de gevolgen van predatie door hoornaars op wilde insectpopulaties (pers. comm. D. Klein). Wel zijn er studies die kijken naar het effect van het weghalen van individuen in een wilde bijengemeenschap ten behoeve van onderzoek. Bij meerjarige continue bemonstering is geen effect zichtbaar op de bijenpopulaties (Gezon et al., 2015). In hoeverre dit vergelijkbaar is met predatie is niet vast te stellen, omdat de omvang van de predatie door de Aziatische hoornaar op bijen en zweefvliegen niet precies bekend is.

Gezien de breedte van de foerage van de Aziatische hoornaar en de lage vertegenwoordiging in het dieet is te verwachten dat de gevolgen voor wilde bestuivende insectenpopulaties beperkt zijn. Anderzijds is het een invasieve exoot die eerder niet aanwezig was en dus per definitie een toegevoegd negatief effect heeft op insecten die het bejaagt. Of het een bedreiging is voor de biodiversiteit (in relatie tot wilde bestuivers) zoals in verschillende studies wordt vermeld (Bertolino et al., 2016; Monceau et al., 2014) is niet vast te stellen. In de gebruikte studies worden enkel algemene soorten genoemd en is geen onderzoek gedaan naar de impact op soortenrijkdom of ecologische relaties. Enkel gericht onderzoek kan uitsluitend geven over de gevolgen voor wilde bestuivende insecten (populaties). Op basis van de beschikbare literatuur is hier geen betrouwbare uitspraak over te doen.

1.5 Gevolgen voor insectenbestuiving

Honingbijen, wilde bijen en andere insecten leveren een belangrijke ecosystemedienst: Bestuiving van cultuur- en natuurgewassen (Klein et al., 2007). De waarde van insectenbestuiving van cultuurgewassen in Nederland werd in 2009 geschat op ongeveer 1 miljard euro (Blacqui re et al., 2009). Voor natuurgewassen is dit niet bepaald. In het algemeen kan gesteld worden dat de Aziatische hoornaar op bestuivers jaagt en dus de bestuiving van gewassen negatief beïnvloedt. Echter de vraag is of deze aanname door kwantitatieve gegevens ondersteund wordt? Met andere woorden, is er een meetbaar effect vastgesteld of vast te stellen? Daarom kijken we voor een antwoord naar wat we weten uit de literatuur. Ten eerste zijn er twee hypothetische mechanismen waardoor bestuiving negatief beïnvloed kan worden door de Aziatische hoornaar.

1) Al dan niet gehouden of gekweekte bijen- of hommelveolken kunnen door belaging directe schade oplopen waardoor er onvoldoende functionele capaciteit bestaat in een volk om bestuivingsdiensten goed uit te voeren. Daarnaast kan het belagen van bijen- of hommelveolken het in- en uitvliegen belemmeren waardoor het aantal vliegbewegingen en dus de mate van bestuiving verminderd.

Monceau et al. (2013) stelde vast dat er een mismatch is gedurende de dag tussen de vliegactiviteit van honingbijen en de Aziatische hoornaar. De mate van aanpassing van predator aan de belaagde is dus beperkt, waardoor de gevolgen voor vliegactiviteit en schade beperkt zijn. Daarnaast is alleen van bijenvolken bekend dat ze bejaagd worden. Hommelveolken lijken de dans te ontspringen (zie hierboven). Indirect bewijs voor de gevolgen van schade aan of sterfte van bijenvolken op bestuiving wordt geleverd door eerdere invasies van exotische bijenplagen. Sinds 1983 is de varroamijt (*Varroa destructor*) in Nederland. Deze exotische bijenparasiet kan sterfte van bijenvolken veroorzaken (Rosenkranz, 2010). Met name eind jaren 80 en rond 2010 was er in Nederland sprake van een verhoogde wintersterfte met als  en van de voornaamste oorzaken de varroa-mijt (Beetsma, 1990; Cornelissen, 2013). Echter er zijn geen gevallen bekend van effecten van verhoogde wintersterfte als gevolg van varroa op bestuiving van cultuurgewassen. Dit is ook niet te verwachten omdat er voldoende bijenvolken zijn om problemen op te vangen. Indien we aannemen dat (worst case) bijenvolken dood gaan als gevolg van de Aziatische hoornaar, kunnen we aannemen dat deze verliezen aangevuld worden met andere bijenvolken door bijenhouders.

2) Bejaging van bestuivers vindt plaats op bloeiende gewassen (Romero et al., 2011; Tan et al., 2013). Predatie op bloemen gaat vaak gepaard met afname van foeragegedrag. Insecten vermijden locaties waar vijanden zich bevinden of waar verzwakte of dode soortgenoten aanwezig zijn, zoals onderzocht is bij krabspinnen in relatie tot bijen en hommels (Dukas, 2001; Dukas & Morse 2003; Reader et al., 2006; Abbott, 2006) en verschillende bestuivers met verschillende vijanden (Romero et al., 2011). Bovendien zorgt de aanwezigheid van predatoren dat de bestuivers minder op bloemen afgaan en minder tijd op een bloem spenderen, wat ten koste gaat van de gezondheid van de plant (Romero et al., 2011).

Indien er dus gejaagd wordt op bestuivers bij gewassen, dan bestaat de mogelijkheid dat deze gewassen minder goed bestoven worden. De aanwezigheid van de Aziatische hoornaar zorgde in een onderzoek van Tan et al. (2013) voor een afname van 50% foerageerbijen en 55% minder bloemvisitaties op bedreigende locaties. Daarnaast vermijden honingbijen gewassen waar predatoren actief zijn (Abbot & Dukas, 2009). Vervolgens is het van belang te kijken welke gewassen gedurende de periode dat het jagen door Aziatische hoornaars piekt (juli –oktober) bestuiving behoeven. Gesloten teelten buiten beschouwing gelaten, zijn er nauwelijks cultuurgewassen die afhankelijk zijn van bestuiving door hommels of honingbijen (Pers. comm. J. Calis) in de genoemde periode. Een uitzondering is een aantal

zaadteelt gewassen. Zo worden de zaadteelt van uien nog weleens in de open lucht uitgevoerd (Groenen et al., 2013) en ook bloemenzaden kunnen op grote schaal in de open lucht geteeld worden. Voor deze teelten zou de predatie van de Aziatische hoornaar op bestuivers problemen kunnen opleveren. Maar ook hiervoor geldt dat er geen kwantitatieve onderbouwing is.

Ook voor bestuiving als ecosysteemdienst zijn geen toegewijde studies beschikbaar en dus is het effect niet exact vast te stellen. Mogelijk dat grote drachten zoals dopheide en struikheide een aantrekkelijk jachtterrein vormen voor de Aziatische hoornaar, maar aangezien gehouden honingbijen geweerd worden in natuurterreinen zou hier minder sprake van zijn.

1.6 Conclusies gevolgen voor bestuivers en bestuiving

- Bestuivende insecten worden actief bejaagd door de Aziatische hoornaar en de honingbij staat prominent op het menu.
- Bejaging vindt plaats op plekken waar prooidieren zich concentreren zoals bloeiende gewassen en bijenvolken.
- Honingbijen hebben een aantal afweermechanismen om om te gaan met de Aziatische hoornaar.
- Meerdere bronnen refereren aan schade aan en sterfte van bijenvolken als gevolg van de introductie van de Aziatische hoornaar maar, er is geen kwantitatieve data die dit onderbouwt
- Het geschatte dagelijkse predatieniveau van de Aziatische hoornaar bij bijenvolken kan onder bepaalde omstandigheden hoog zijn. Het is echter niet bekend wat de grenswaarde voor predatiedruk is, voordat volken er hinder van ondervinden.
- Hommels worden bejaagd, maar er is geen indicatie dat hommelsvolken belaagd worden
- Wilde bijen en zweefvliegen bedragen een klein deel van het dieet van de Aziatische hoornaar. Het is niet bekend of er gevolgen zijn voor populaties wilde bijen van de introductie van de Aziatische hoornaar.
- Hoewel er mechanismen zijn die kunnen leiden tot een negatief effect op bestuiving, zijn er geen kwantitatieve gegevens om een effect te onderbouwen.
- Daarnaast zijn er maar weinig teelten die bloeien gedurende de periode dat het jagen door de Aziatische hoornaar piekt.

2 Monitoren en bestrijden van de Aziatische hoornaar

Het is aannemelijk dat de zuidelijke provincies van Nederland de frontlinie vormen van de noordelijke verspreiding van de Aziatische hoornaar op het vasteland van Europa. De eerste vondst van een nest in Zeeland wijst hierop, maar daarnaast worden ook in Vlaanderen waarnemingen gedaan die dit bevestigen (<http://www.nieuwsblad.be>: geraadpleegd op 15 dec 2017). In Poperinge werd in november nog een nest geruimd. Dusdanig laat in het seizoen dat het aannemelijk is dat de nieuwe generatie koninginnen het nest dan al verlaten heeft. De kans is daarmee gegroeid dat permanente vestiging in Vlaanderen en dus mogelijk ook Nederland binnen enkele jaren een realiteit is. Tegelijk bestaat de mogelijkheid met gerichte maatregelen om de verspreiding te monitoren ten behoeve van een vroege detectie. Het vaststellen van een invasie in een vroeg stadium is een belangrijk instrument om vestiging van een invasieve soort te voorkomen, uit te stellen of af te remmen. Er is voldoende praktijkervaring met de Aziatische hoornaar in andere landen om hier een aantal concrete methodieken en strategieën voor te benoemen. Tegelijk is het zinnig de Nederlandse situatie te verkennen en specifieke aanbevelingen te doen voor een strategie die hier toegepast kan worden (HST3).

2.1 Publieke bewustzijn en inzet burgerwetenschappers

Het inzetten van burgers en specifieke doelgroepen kan van belang zijn bij het in kaart brengen van de spreiding van de Aziatische hoornaar. Daarvoor is kennis en motivatie nodig. De Aziatische hoornaar lijkt op een aantal inheemse soorten insecten, waardoor mogelijk verwarring kan ontstaan. Bij het insturen van mogelijke waarnemingen van de Aziatische hoornaar in Frankrijk wordt gemiddeld zo'n 30% van de meldingen afgekeurd. Het gaat om soorten die lijken op de Aziatische hoornaar, maar een ander soort betreffen (Rome et al., 2011). In Nederland hebben we een soortgelijke verwarring gehad, de binnengekomen meldingen betreffen voornamelijk 'de stadsreus' ook wel de hoornaarzweefvlieg (*Volucella zonaria*, figuur 3) genoemd en de Europese hoornaar (*Vespa crabro*).



Figuur 3. De stadsreus (*Volucella zonaria*) is een zweefvlieg die sterk op de Europese hoornaar lijkt.

Het inzetten van burgernetwerken kan actief, bijvoorbeeld door belanghebbenden (bijenhouders, wespbestrijders) kennis te geven en gerichte instructies (figuur 4). Met name voor bijenhouders zijn en aantal al actieve netwerken ingericht die hier nuttig voor kunnen zijn, zoals de bijengezondheidscoördinatoren en werkgroepen Diagnose. Anderzijds kan het passief. Dit gebeurt als er per toeval een waarneming gedaan wordt, al dan niet onderdeel van andere activiteiten.

Belangrijke instrumenten om actieve en passieve waarnemingen te genereren zijn inrichten van informatieve websites (met mogelijkheid tot melding), folders, vakbladpublicaties en media. Het is aannemelijk dat de waarneming in Zeeland niet was gedaan als er geen landelijke persaandacht was



geweest voor de Aziatische hoornaar in de aanloop naar de waarneming. Voor een actieve monitoring zijn randvoorwaarden nodig, zoals een duidelijke werkwijze, ruimtelijke afbakening en tijdsplan.

Figuur 4 Bijenhouders zijn een belangrijke groep belanghebbenden die mogelijk betrokken kunnen worden bij het monitoren van de Aziatische hoornaar.

2.1.1 Voorbeelden

Via onder andere de WUR-site¹ wordt uitgelegd wat te doen bij het waarnemen van de Aziatische hoornaar). Bij een sterk vermoeden wordt aangeraden een foto te maken en via het identificatieblad de Aziatische Hoornaar te vergelijken of het de juiste soort is. Wanneer men denkt het juiste insect voor zich te hebben dan kan dit worden gemeld via waarnemingen.nl² of telmee.nl³. De gegevens van deze sites worden vastgelegd door de juiste instanties. Waarnemingen.nl werkt samen met duizenden vrijwilligers over heel het land om goed in kaart te brengen welke soorten er in Nederland zijn. Telmee.nl is een databank welke een duidelijk overzicht laat zien van de betreffende soort die opgevraagd wordt. In Frankrijk zijn er vergelijkbare links over de Aziatische hoornaar en beschikken ze over een online database op de INPN⁴. Er is een mogelijkheid om een identificatieblad en andere documenten over de Aziatische hoornaar te downloaden⁵ (Rome et al., 2011). Natuurliefhebbers, bijenhouders en regionale diensten als brandweermannen en wespen bestrijdingsdiensten hebben een spreadsheet gekregen voor het melden van waarnemingen. Om dubbele meldingen te voorkomen worden in de database alleen volwassen nesten opgenomen, bovendien zijn deze plaatsen eerst gecontroleerd. Dit heeft geleid tot waarnemingen van 3 nesten in 2004 tot 1,637 nesten in 2009 (Rome et al., 2011; Villemant et al., 2011a).

¹ Wur site Aziatische hoornaar: <http://www.wur.nl/nl/artikel/Aziatische-hoornaar-in-Nederland.htm>

² Waarnemingen.nl www.waarnemingen.nl

³ Telmee.nl www.telmee.nl

⁴ INPN <http://inpn.mnhn.fr>

⁵ Informatie site Aziatische hoornaar Frankrijk https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/433589/tab/fiche

In het Verenigd Koninkrijk is er een App voor de telefoon ontwikkeld om de Aziatische hoornaar te monitoren, namelijk de Asian Hornet Watch⁶ (figuur 5). Deze App geeft informatie over de Aziatische hoornaar en soorten waarmee ze regelmatig verward wordt zoals de Europese hoornaar, reuzenhoutwesp en de hoornaar zweefvlieg. Bovendien kan bij het waarnemen van de Aziatische hoornaar een melding worden gemaakt en kan via de telefoon de locatie worden geregistreerd via gps. Deze App helpt mee aan de vroege detectie van de Aziatische hoornaar in het Verenigd Koninkrijk. In Nederland is men bezig met de app "OPS Identity" voor alle insecten, wat ook zou kunnen bijdragen aan de monitoring van de Aziatische hoornaar.

2.2 Vallen

Verschillende methodes, vallen en lokstoffen worden toegepast om de Aziatische hoornaar te vangen. Variërend van modificaties aan de bijenkast tot losstaande vallen geplaatst in de nabije omgeving van bijenvolken. Allemaal met als doel zoveel mogelijk Aziatische hoornaars te vangen op een duurzame wijze en daarbij zo min mogelijk andere insecten te vangen. Het vangen van de individuele hoornaars heeft twee voordelen: (1) het is een methode om ze te monitoren. Er hoeft niemand bij aanwezig te zijn op het moment dat de Aziatische hoornaar aanwezig is en in de val kan gemakkelijker gezien worden dat het daadwerkelijk een Aziatische hoornaar betreft, (2) Koninginnen kunnen gevangen worden, wat de kans op potentiële nesten verkleint. De vallen zijn te koop, maar zijn ook thuis op een eenvoudige manier zelf te maken.



Figuur 5 Asian Hornet Watch

2.2.1 Valtypen

Voorbeelden van gefabriceerde vallen zijn de Véto-Pharma trap[©], Tap-trap[®], Vaso-trap[®] en de Dome trap trap[®] (Edialux) (figuur 6A-C). De Véto-Pharma trap[©] is een val speciaal ontwikkeld voor het vangen van hoornaars. In de beker moet een lokstof gedaan worden om hoornaars te lokken. De Tap-trap[®] kan gebruikt worden om op een plastic fles te bevestigen, deze komt overeen met de wesperval op fles van HAC. De tap-trap zorgt er vervolgens voor dat het voor insecten niet meer mogelijk is de fles te verlaten. Een alternatief op de Tap-trap[®] is de Vaso-trap[®] welke gebruikt kan worden in combinatie met 1 kg honingpotten in plaats van plastic flessen. De Dome trap trap[®] (Edialux) is een koepel met een gat aan de onderkant, deze laatste val is echter voor wespen bedoeld en geeft wel de waarschuwing dat het gevaarlijk kan zijn voor honingbijen. Daarnaast zijn er nog vele wespervallen die kunnen dienen als hoornaar val, zolang de ingang maar ruim genoeg is voor de hoornaar om erin te kunnen. Deze vallen variëren van glazen designer modellen (figuur 6D) tot simpele plastic modellen. De lokstof die erin gaat is van groot belang om de val selectiever te maken.

Een relatief bekende en veelgebruikte zelfgemaakte val is de trechterval (Rome et al., 2011; Monceau et al., 2015; Monceau et al., 2012). Deze val is eenvoudig in elkaar te zetten door gebruik te maken van een lege plastic fles (figuur 6E) eventueel met extra gaten voor kleinere insecten om te ontsnappen. De bovenkant moet er deels afgesneden worden en omgekeerd terug geplaatst worden zonder dopje of met een gat in de dop. Boven de fles dient een plankje geplaatst te worden die de fles beschermt tegen de regen. Sommige kiezen ervoor om er een bodem bij te maken, waarbij de onderkant van de fles is afgeknipt en er een gaas boven is gedaan. Vervolgens wordt er aas onder het gaas gedaan en de fles weer terug geplaatst. In de fles kunnen verschillende soorten lokmiddelen gedaan worden en deze kan vervolgens opgehangen worden in de buurt van de bijenkasten. Een alternatief hierop is de emmerval, deze is afgeleid van de val zoals omschreven voor de Veto-Pharma trap[©] (figuur 6F).

⁶ Asian Hornet Watch: <https://play.google.com/store/apps/details?id=uk.ac.ceh.hornets>

2.2.2 Gevolgen en gevaren voor andere insecten

Vele onderzoeken uit de wetenschappelijke en niet-wetenschappelijke literatuur tonen aan dat de vangst van *Vespa velutina* een relatief klein percentage is ten opzichte van overige insecten gevangen (Monceau et al., 2012; Monceau et al., 2013; Rome et al., 2011; Dauphine & Thomas, 2009; Goldarazena et al., 2015). In bijna alle gevallen zijn bijvangst van andere insecten oververtegenwoordigd. Dit varieert van zo'n 85% tot 98% van de totale vangst hoornaars (Monceau et al., 2012; Monceau et al., 2013). Het is dan ook aan te raden om vallen niet te plaatsen ter preventie (Rome et al., 2011). Bij andere insecten die gevangen worden betreft het met name vliesvleugeligen, vlinders, tweevleugeligen en tevens ook wespen, Europese hoornaars en honingbijen. De Europese hoornaar bijvoorbeeld is een beschermde soort. Het is dus van belang het vangen van deze soort ten minste te voorkomen, maar bij voorkeur alle bijvangst.

De National Bee Unit in het Verenigd Koninkrijk heeft recent een alternatieve zelfbouw val gemaakt waarbij kleine niet-doelorganismen kunnen ontsnappen en grotere insecten levend gevangen worden (Anoniem, 2017).

2.2.3 Lokstoffen

Verschillende lokstoffen zijn commercieel beschikbaar. Véto-Pharma verkoopt VespaCatch, een mix die volgens hen hoornaars aantrekt en geen bijen. Dit lokmiddel dient gemixt te worden met suiker en water, waarvan 10 ml mix, 50 gram suiker en 200 ml water. Verder zijn er verschillende lokstoffen in de handel bestemd voor wespen, die mogelijk ook de Aziatische hoornaar lokken. In Nederland kan men dan denken aan de lokstof 'wasprap' van Edialux, wesperval lokstof van Natural Control, BSI-wespen lokstof en Vespa Wespenlokstof.

Een andere manier is het zelf samenstellen van een lokmiddel, zoals bier, honing, vruchtensappen, suiker, wijn, siroop, etc. of een combinatie van verschillende middelen. Vaak wordt bier gecombineerd met siroop of een andere suikerrijke vloeistof, of rauw vlees en rauwe vis. Het nadeel van de proteïnerijke lokstoffen is wel dat het snel gaat stinken. Sommige maken dan ook een extra bodem in hun val, zodat het vervangen van de lokstof gemakkelijker is. Een suggestie van Monceau & Thiéry (2017) is het gebruik van vis als aas, dit heeft als voordeel dat een groot deel van de insecten, waaronder honingbijen hier niet op af komen. Bovendien laat Monceau et al. (2015) zien dat op proteïnen gebaseerde aas meer Aziatische hoornaars lokt in vergelijking met het koolhydraat rijke dieet (87% proteïne versus 13% koolhydraten). Daartegenover trekt het koolhydraatrijke aas weer meer Europese Hoornaars in vergelijking met het proteïne rijk aas (19.6% proteïne versus 80.4 koolhydraten).

Verder zijn er ook lokstoffen anders dan voedsel Dit zijn stoffen die de hoornaar aantrekken hetzij omdat ze deze associëren met de honingbij dan wel met het seksferomoon van de hoornaar zelf. Hoewel dergelijke middelen nog niet gebruikt worden in praktijkvallen, wordt wel onderzocht of deze middelen in de praktijk te brengen zijn. Franse onderzoekers zijn bezig met het ontwikkelen van een selectief lokmiddel/feromoon voor de Aziatische hoornaar wat zeer complex blijkt te zijn (Martin, 2017, p91). In een onderzoek van Couto et al. (2014) is gekeken naar de reactie van de Aziatische hoornaar op verschillende componenten. Hieruit is gebleken dat ze sterk wordt aangetrokken door de geur van opgeslagen stuifmeel, honing, broed en zelfs het koninginnen feromoon. Daarnaast werd er ook gekeken naar de feromonen die honingbijen uitscheiden. Geraniol had het hoogst aantal visitatie en langste duur van de visitaties door de Aziatische Hoornaar. Geraniol bevindt zich in het aggregatie feromoon van de honingbij dat gebruikt wordt tijdens zwermen of bij de ingang van de bijenkast voor nestherkenning.

Hoewel producten zoals stuifmeel, honing, broed of koninginnen feromonen erg aantrekkelijk zijn voor de Aziatische hoornaar (Couto et al., 2014), zal dit ook een lokkertje kunnen zijn voor de honingbijen zelf en andere insecten (Downs & Ratnieks, 2000). Voor een specifieke aantrekking is in 2017 onderzocht welke seksferomoon de mannelijk Aziatische hoornaar trekt. Het gaat hierbij om componenten 3-oxo-octanoic acid en 4-oxo-decanoic acid (Wen et al. 2017). Daarnaast blijkt ook uit het onderzoek van Wen et al. 2017) dat synthetische seksferomonen kunnen bijdragen aan de aantrekkelijkheid van vallen. De feromoongeuren kan op de muur uitgesmeerd worden, waar daar een driehoekvormige prisma val met insectenlijm opgehangen kan worden om de mannetjes te vangen. De mannetjes kunnen andere hoornaars niet waarschuwen voor de val, aangezien zij niet beschikken over een alarm feromoon (Cheng et al., 2017 in Wen et al., 2017). Monceau et al. (2014) vermeldt dat mannetjes zich dan nog steeds kunnen ontwikkelen uit onbevuchte eieren, al is de kans op inteelt aanwezig. De effectiviteit van het vangen van mannetjes is nog niet getest en ook is het onbekend wat dit met de populatie doet.

2.2.4 Visuele aspecten

Geur zorgt voor aantrekking van Aziatische hoornaars, maar de combinatie met visuele signalen is nog aantrekkelijker. Uit een onderzoek van Wang et al. (2014) is gebleken dat de voorkeur van de Aziatische hoornaar uitgaat naar een visueel en geur aantrekkelijke prooi. Het kan dus belangrijk zijn om visueel aantrekkelijke valtypen te ontwikkelen voor de Aziatische hoornaar. Hier is verder weinig onderzoek naar gedaan. Dit fenomeen doet zich overigens ook voor bij de *Vespa bicolor* (zwarte schild wesp), die sterk aangetrokken wordt door specifieke orchideeën (Brodmann et al., 2009). Zij toonden aan dat sommige orchideeën het alarmferomoon, vergelijkbaar met die van de honingbijen, uitscheiden om zo hoornaars aan te trekken. Het gaat daarbij om het component (Z)-11-eicosen-1-ol die aanwezig is in het alarmferomoon van zowel de Aziatische als Europese honingbij. Daarnaast blijkt de vorm/kleur van de orchidee een rol mee te spelen. De hoornaars vallen als het waren de orchidee aan om hun "prooi" te grijpen, maar worden misleid door de geur en de rode kern van de bloem (Brodmann et al., 2009). Ten aanzien van het gebruik van een visueel betere val is niet duidelijk of dit alleen geldt voor gebruik van vallen gebaseerd op prooidieren (aas-proteïnen) of dat dit ook geldt voor voedsel (bloemen-suikers, pollen). Ondanks dat er veel onderzoeken zijn geweest naar monitoring van de Aziatische hoornaar, het individueel vangen, het plaatsen van vallen en bestrijden van nesten is er nog een groot gat in de kennis ten aanzien van de optimalisatie van vallen.

2.2.5 Waar en wanneer

Hoewel er nu lokstoffen bekend/beschikbaar zijn voor de Aziatische hoornaar kan de kans op het vangen vergroot worden door rekening te houden met hun behoeften gedurende het seizoen (o.a. betere match visueel-geur). Het gebruik van het juiste aas is afhankelijk van de tijd van het jaar. Het kan in vijf fases verdeeld worden. 1) Aan het begin van de zomer, in mei en juni, is de kans op het vangen van de koninginnen erg groot (Monceau et al., 2013). Deze periode wordt gevolgd door fase 2) waar de eerste werksters van de Aziatische hoornaar komen (juni/juli). Hier zal het op suiker gebaseerde aas het beste werken. Gevolgd door 3) wanneer de predatiedruk begint toe te nemen bij de bijen (augustus tot november). Dan kan aas worden ingezet die veel eiwit bevat. De laatste fase 4) wanneer de predatiedruk sterk afneemt. Hier heeft het gebruik van suiker weer meer baat (Monceau et al., 2013; Monceau & Thiéry, 2016). 5) Tijdens de herfst rond november neemt het aantal koninginnen weer toe, ook zal hier een aanzienlijk deel van de vangst bestaan uit mannetjes (Monceau et al., 2013). Om het aantal bijvangst zoveel mogelijk te beperken wordt aangeraden om alleen vallen in te zetten wanneer de bijenvolken predatiedruk ondervinden en aanpassingen te maken zodat niet-doelorganismen de val levend kunnen verlaten (Rome et al., 2011, Anoniem, 2017).

2.2.6 Lokaliseren en bestrijden van nesten

Naast de aanpak van individuele hoornaars, kunnen nesten vernietigd worden om eventuele overlast/verspreiding te beperken (zie een overzicht in tabel 4). Nesten zijn niet altijd goed zichtbaar en bestrijding hiervan kan zeer gevaarlijk en moeilijk zijn. Er bestaat een kans met verwarring van andere soorten zoals de beschermde Europese hoornaar. Om deze redenen is het van belang dit uit te laten voeren door experts/professionals zoals wespbestrijders. Hoornaarnesten kunnen hoog in gebouwen en bomen in bossen gevonden worden en ook de detectie hiervan vraagt om expertise door bijvoorbeeld bestrijdingsdiensten. Een methode voor detectie van nesten is het gebruik van infrarood of warmtecamera's. Deze camera's kunnen in de bomen gemakkelijker nesten waarnemen, omdat deze een hogere temperatuur hebben dan de omgeving. Deze methode wordt vaak ingezet bij aanwezigheid van andere plaagdieren zoals ratten, maar ook gewone wespen. Met deze methode werd bijvoorbeeld het eerste Aziatische hoornaar nest in Nederland waargenomen. De warmtecamera was bevestigd aan een drone die in de omgeving rondvloog. In de bomen werd het nest, welke een temperatuur van rond de 23 graden Celsius had, waargenomen in een omgeving van 18 graden⁷. Hoewel deze methode niet altijd effectief is in een warmer klimaat, is het in ons (koeler) klimaat mogelijk wel goed toepasbaar. Een andere methode is beelining. Deze methode wordt gebruikt om honingbijnesten te lokaliseren, het is onbekend of dit ook werkt bij de Aziatische hoornaars. Voor deze methode kan een aantal hoornaars levend gevangen worden en op verschillende plekken vrijgelaten. De hoornaar zal naar

⁷ <https://dronexpert.nl/dronexpert-vindt-eerste-nest-aziatische-hoornaar-in-nederland/> opgevraagd 12 december 2017

waarschijnlijkheid rechtstreeks naar het nest gaan. Eventueel kunnen ook transponders gebruikt worden voor lokalisatie van het nest (Milanesio et al., 2016). De kosten hiervan zijn hoger, maar de methode is sneller en erg trefzeker.

Als een nest eenmaal gelokaliseerd is kunnen verschillende methodes worden toegepast om het te vernietigen. Hoop et al. (2016) heeft de mogelijke methodes doorgenomen, maar vermeldt erbij dat er weinig specifiek bekend is over het bestrijden van de Aziatische hoornaar. Hieronder worden deze methodes kort samengevat.

Tabel 4. Overzicht geselecteerde monitoring- en bestrijdingsmethodes voor de Aziatische hoornaar.

Doel	Manier	Methode	Succes	Bron	
Monitoring tijdens introductie (Vroege detectie)	Lokalisatie door burgers	Foto maken van aanwezigheid (passief) / meldingen	Laag, veel verwarring met overige insecten	Rome et al., 2011	
	Lokalisatie door bijhouders	Plaatsen van vallen (actief)	Laag, hoge bijvangsten Effect voor vroege detectie is onbekend	Monceau et al., 2012, Monceau et al., 2013, Rome et al., 2011, Dauphine & Thomas, 2009, Goldarazena et al., 2015	
Monitoring bij waarneming hoornaars	Lokalisatie door professionals	Warmtecamera's	Gemiddeld, omgevingstemperatuur afhankelijk	Dronexpert.nl, opgevraagd 12 dec 17	
		Transponders	Hoog, maar uitvoering specifiek en kostbaar	Milanesio et al., 2016	
		Beelining	Onbekend, mogelijk leidt deze methode tot succes		
Bestrijding	Biologisch	Parasieten	Onbekend, mogelijk reductie populatieomvang	Gedetailleerde informatie beschikbaar in Hoop et al., 2016	
		Ziekteverwekkers	Onbekend, mogelijk lage reductie		
		Predatoren	Onbekend, mogelijk lage reductie		
	Biociden	Feromonen	Lokale schaal mogelijk effectief, grote schaal lage effectiviteit		
		Chemisch	Giftig lokaas		Mogelijk hoog, maar kans sterfte andere insecten aanwezig
			Cypermethrin of SO ₂ gevolgd door verbranden		Hoog, individuele nesten worden bestreden
	Mechanisch	Vliegenmeppers en/of vangnetten	Onbekend, mogelijk laag		Gedetailleerde informatie beschikbaar in Hoop et al., 2016
		Vallen	Laag, veel bijvangst		
		Aanpassingen vliegopening bijenkast	Onbekend, hoewel het binnendringen nadien niet meer is waargenomen		
		Vespa Shield	Onbekend		
	ApiShield	Onbekend, mogelijk hoge succes voor individuele volken	Vita-Europe.com, , opgevraagd 12 dec 2017		

Het bestrijden van hoornaars en wespachtigen kan op drie manieren: biologisch, chemisch en biocide en mechanisch. Biologisch omvat het inzetten van ziekteverwekkers, parasieten of predatoren. Bij de chemische methode en biocide kan gedacht worden aan het inzetten van feromonen en giftig lokaas. Stoffen als zwaveldioxide en pyrethroiden zijn bij de bestrijding van de Aziatische hoornaar eerder in de nesten toegepast (Spradbery, 1973; Beggs et al., 2011). Volgens Rome et al. (2011) is de meest effectief om cypermethrin of SO₂ in het nest te spuiten met gebruik van een telescopische stok. Na toepassing wordt overigens aanbevolen de nesten te verbranden aangezien larven deze middelen

mogelijk kunnen overleven. Het gebruik van feromonen om de voortplanting te verstoren of als lokmiddel is niet op de Aziatische Hoornaar toegepast, maar zal in de toekomst een mogelijkheid kunnen zijn bij het bestrijden. Toepassing van een giftig lokaas is het vermengen van een eiwitrijk voedsel met gif en het in het nest laten verspreiden via trophallaxis. Trophallaxis is een manier voor het overdragen van voedsel of vocht via de monddelen. Het laatste heeft wel als nadeel dat andere wespachtigen ook op de aas af kunnen komen. Tenslotte is er de mechanische bestrijding, bijvoorbeeld het vangen van individuele hoornaars; bij voorkeur de koningin, zoals eerder vermeld in dit hoofdstuk.

Ondanks dat er verschillende methodes zijn om individuele nesten te bestrijden is het nog onbekend wat dit op langer termijn doet. Al is uit een onderzoek van Robinet et al. (2017) gebleken dat volledige bestrijding zo goed als onmogelijk is. In hun onderzoek hebben ze gebruik gemaakt van de huidige situatie in Frankrijk om een inschatting te maken van de verspreiding van de Aziatische hoornaar als er bestreden wordt. Maar aangezien al slechts een klein percentage van de stichters nodig is om het daaropvolgende seizoen te zorgen voor uitbreiding van de populatie lijkt het effect van bestrijding een vorm van beheersing te zijn. Wanneer nestbestrijding zal toenemen van 30 naar 60% wordt verwacht dat de verspreiding zal afnemen met 17% en de dichtheid met 28%. Zelfs in omstandigheden waarvan 95% van de nesten geëlimineerd wordt, zal er slechts een afname zijn van 50% van zowel de verspreiding als de dichtheid in het daaropvolgende seizoen.

2.2.7 Preventie van predatie bijenvolken

Andere alternatieven dan het plaatsen van vallen zijn het aanpassen van de bijenkasten om de volken te beschermen. Denk aan het verkleinen van de ingang zoals een strip die de ingang verkleint (figuur 6G). Ook kan de bak aan de voorzijde van de bijenkast worden voorzien van de hoornaar schild ("Vespa Shield")⁸. Dit schild houdt grotere insecten tegen, waaronder de Aziatische hoornaar, om de ingang van de bijenkast te benaderen. De Vespa Shield is als het ware een doorzichtige bak met gaten (figuur 6H), gemakkelijk toegankelijk voor de bijen maar sluit onder andere de Aziatische hoornaar buiten. Een andere manier is het gebruik maken van een andere onderbak. Deze wordt ook wel de "ApiShield" genoemd en is een bescherming voor de bijen tegen de Aziatische hoornaar, wespen, wasmotten en roofbijen⁹ (figuur 6I). Bij de laatste methode is het wel van belang dat de bijen een aantal dagen moeten krijgen om te leren hoe ze de kast in moeten komen. Vervolgens kan de ApiShield geopend worden wanneer het jachtseizoen begint. De bijen zelf hebben geleerd de hoofdingang te nemen, maar de jagers en rovers zullen gebruik maken van de ingangen van de ApiShield waar ze vervolgens in vast komen te zitten. De effectiviteit van preventieve instrumenten ter voorkoming van predatie of als monitoringstool zijn niet onderzocht. Experimentele data is nodig om dit vast te stellen alsmede de effecten op bijenvolken.

⁸ VespaShield: <https://www.vespashield.com/solution> opgevraagd 12 december 2017

⁹ ApiShield: <https://www.vita-europe.com/beehealth/products/apishield-hornet-trap/> opgevraagd 12 december 2017



Figuur 6A Veto-Pharma trap©



Figuur 6B Links Tap-trap® en rechts Vaso-trap®¹⁰



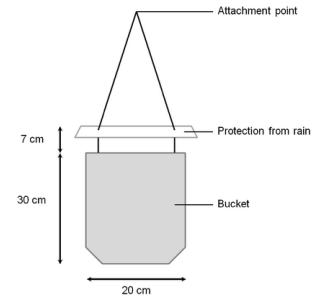
Figuur 6C Dome trap trap® (edialux)¹¹



Figuur 6D Designer wesperval¹²



Figuur 6E Flessenval met extra bodem¹³



Figuur 6F Emmerval (Monceau et al., 2013)



Figuur 6G Verkleinde ingang kast¹⁴



Figuur 6H VespaShield¹³



Figuur 6I ApiShield¹⁴

¹⁰ Taptrap: <http://www.taptrap.com/EN/ABOUT-US/contentOne.aspx?sx=36&lng=EN&cm1=50> opgevraagd 22 januari 2017

¹¹ Edialux: <http://www.edialux.fr/guepes/630-dome-trap-piege-a-guepes-.html> opgevraagd 22 januari 2017

¹² Bol.com: <https://www.bol.com/nl/p/wesperval-in-gietijzeren-frame-set-van-2-stuks/920000084316271/?suggestionType=typedsearch> opgevraagd 22 januari 2017

¹³ National Bee Unit: http://user48261.vs.easily.co.uk/wp-content/uploads/2016/11/A_Simple_Asian_Hornet_Monitoring_Trap-1.pdf opgevraagd 22 januari 2017

¹⁴ Wikicommon, Daniël Feliciano

2.3 Conclusies

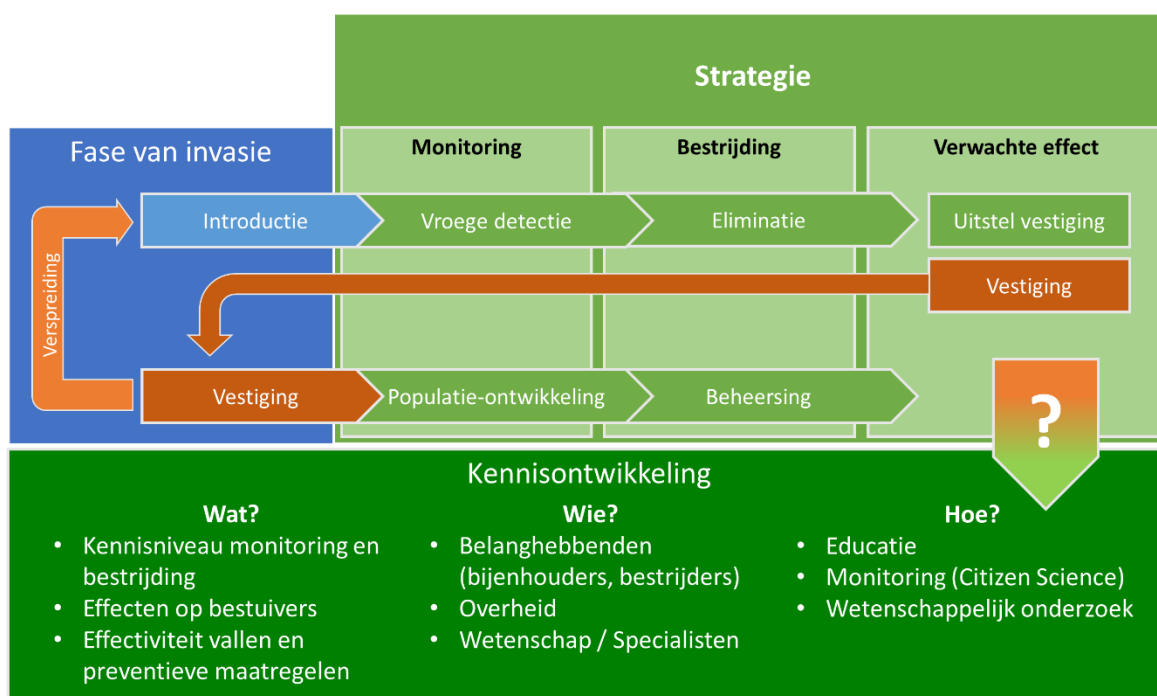
- Het meest waarschijnlijk is dat er opnieuw een introductie plaats zal vinden in het zuiden van Nederland en dat het verspreidingsgebieden naar het noorden toe opschuift.
- Monitoring vindt momenteel passief plaats door inzetten van burgers, al blijkt kennis over de Aziatische hoornaar nog onvoldoende. Actief inzetten van belanghebbenden (bijenhouders) kan een grote rol spelen bij het vaststellen van een invasie.
- Vallen kunnen worden gebruikt voor monitoring tbv vroege detectie, maar het is niet bekend wat de effectiviteit is.
- De bijvangst van vallen is enorm groot, waaronder ook beschermde insectensoorten. Aangepaste vallen waarbij niet-doelorganismen levend de val kunnen verlaten is gewenst.
- Vallen kunnen het beste bij bijenvolken geplaatst worden, mits ze niet aantrekkelijk zijn voor honingbijen.
- De Aziatische hoornaars worden aangetrokken tot eiwitrijk lokstof, maar zullen buiten de broedperiodes voorkeur hebben voor suikerrijk voedsel.
- Vallen zijn nog niet geoptimaliseerd voor Aziatische hoornaars. De visuele aantrekkelijkheid van vallen is niet onderzocht en het spectrum aan lokstoffen niet goed vergeleken. De verdere ontwikkeling van effectieve vallen is wel kansrijk.
- Bestrijding van nesten moet plaatsvinden door experts nadat nesten gelokaliseerd zijn. Dit kan biologisch, chemisch of mechanisch. Voor eliminatie is chemische bestrijding met insecticiden en verbranding van een nest noodzakelijk.
- Bestrijding van nesten kan mogelijk vestiging voorkomen/uitstellen of gunstig zijn in noodzakelijke situaties voor onbekende tijd. Na vestiging is er geen aangetoond effect op de populatie.
- Zodra vestiging heeft doorgezet, is het van belang de bijenvolken te beschermen, dit kan door aanpassingen aan de bijenkast ter onderdrukking van predatie.

3 Advies voor aanpak

Op basis van het bronnenonderzoek kan een advies geformuleerd worden voor de aanpak van de Aziatische hoornaar in Nederland. Daarvoor zijn twee randvoorwaarden van belang:

1. Beleidskader: Er bestaat een eliminatie/bestrijdingsplicht (Unielijst van EU-verordening 1143/2014). Deze moet evenredig met gevolgen voor het milieu en afgestemd op specifieke omstandigheden van de lidstaten worden ingevuld.
2. Wetenschappelijk kader
 - a. De fase van invasie bepaalt welke aanpak wenselijk is.
 - b. De gevolgen voor bestuivende insecten en insectenbestuiving worden meegewogen.

Om binnen de randvoorwaarden een keuze te maken voor een geschikte aanpak van het probleem is een raamwerk opgesteld (Figuur 7). Dit raamwerk gaat uit van twee uitgangssituaties, gebaseerd op de fase van invasie (zie Blackburn et al., 2011, voor achtergrondinformatie). Hieronder wordt het raamwerk en de verschillende stappen hierin uitgelegd.



Figuur 7. Raamwerk voor de aanpak van de Aziatische hoornaar gebaseerd op de kennis over twee fases van invasie: introductie en vestiging.

3.1 Introductiefase

De introductiefase van een invasie behelst een moment en een plek waar de eerste individuen en nesten van de Aziatische hoornaar worden waargenomen. Er is nog geen sprake van een populatieopbouw, er heeft geen reproductie (uitvliegen jonge koninginnen) plaatsgevonden en/of heeft er geen overleving langer dan één groeiseizoen plaatsgevonden. Introductie kan natuurlijk verlopen aan de grens van het verspreidingsgebied, maar ook stapsgewijs door menselijk handelen. In beide gevallen is dit gedefinieerd als verspreiding vanuit een gevestigde populatie.

In de introductiefase is monitoring gericht op vroege detectie van individuen en nesten. Het doel is om dusdanig vroeg en met een grote mate van zekerheid individuen of nesten op te sporen en te verwijderen zodat vestiging niet plaatsvindt. Daarvoor kunnen verschillende methoden gebruikt worden (Tabel 5). Hoe breder de strategie hoe hoger de trefkans. Het gebruik van meerdere methoden wordt daarom aangeraden.

Tabel 5. Geselecteerde methoden voor monitoring ten behoeve van vroege detectie van de Aziatische hoornaar.

Wat?	Hoe?	Wie?	Waar?	Wanneer?	Voor- en nadelen	Kennishiaat
Vallen	Periodieke monitoring op vaste plaatsen en tijdstippen	Bijhouders Monitororganisaties / Specialisten (EIS) Natuurbeheerders (SBB, NM, Landschappen) Gemeenten en Provincies	Decentraal, vaste locaties in gebied met hoge kans op introductie, bijv. zuidgrens Bijenstanden	Jul - Nov	+ Makkelijk en goedkoop + Vaste locaties - Kennis nodig - Bereidheid onbekend - Veel bijvangst (98%) - Vangst alleen tijdens pieken - Geclusterd, kans op missen nest	Effectiviteit van vallen als hulpmiddel bij vroege detectie is onbekend. Vallen zijn niet uitontwikkeld.
Waarnemingen	Actief: elk bezoek bijenstand observatie Passief: Er tegenaan lopen	Actief: Bijhouders Monitororganisaties / Specialisten (EIS) Passief: Natuurorganisaties (KNNV) Wespenbestrijders	Bijenstanden Achtertuint Natuurgebieden Overall	Hele jaar	+ Monitoring alle stadia wespen + Regelmatig dezelfde locatie + Groot potentieel - Kennis ontbreekt - Kans op verkeerde waarneming groot - Motivatie onbekend - Trefkans laag	Kennis ontbreekt om onderscheid te maken tussen doel- en niet doelsoorten.
*Vaststellen status (i) – Foeragerende hoornaars	Omgeving in straal van circa 1 km rond nest controleren of er nog hoornaars foerageren. Dit dagelijks tot een week na eliminatie.	Monitororganisaties / Specialisten (EIS) ism. Wespen- bestrijders, overheden, bijhouders	Gebied van waarneming, bij voorkeur op bijenstanden en klimop, binnen een straal van 1 km.	Na eliminatie nest	+ Kans verkleinen op verspreiding - Vereist specialistische kennis - Intensief	Kennis ontbreekt om onderscheid te maken tussen doel- en niet doelsoorten.
*Vaststellen status (ii) – Intensieve monitoring	Door een specialist elke 2 weken controleren op vaste locatie en het plaatsen van vallen.	Monitororganisaties / Specialisten (EIS) ism. Wespen- bestrijders, overheden, bijhouders	Binnen een straal van 40 km van locatie geëlimineerde nest	Jaar na introductie	+ Preventie vorming secundaire nest - Vereist specialistische kennis - Intensief - Trefkans onbekend	Kennis ontbreekt om onderscheid te maken tussen doel- en niet doelsoorten. Effectiviteit is onbekend

*van belang bij vaststellen status bij daadwerkelijke vroegtijdige detectie (zie pag 32)

Indien de vroege detectie ertoe leidt dat een introductie wordt opgespoord, is het zaak zo snel mogelijk vast te stellen wat de omvang is en over te gaan tot eliminatie. Als individuen worden aangetroffen is het waarschijnlijk dat er één of meerdere nesten aanwezig zijn. Het is zaak dat verantwoordelijke overheden een draaiboek hebben klaarliggen om met een dergelijke situatie om te gaan. Daarin moet staan wie verantwoordelijk is voor de uitvoering ervan en welke stappen moeten worden ondernomen. De volgende methoden worden aangeraden om in het draaiboek op te nemen.

Stap 1. Opsporen nest

Het opsporen van nesten kan door middel van bee-lining (voor andere methoden zie HST2). Deze techniek vereist deskundigheid, het gaat hierbij om het vangen van Aziatische hoornaars en op verschillende punten vrijlaten. Vanaf het punt waar ze worden vrijgelaten vliegen ze rechtstreeks naar hun nest en bij het inzetten van meerdere hoornaars kan hun locatie worden bepaald door de richting waarin ze vliegen te observeren. Een eventueel hulpmiddel is het toepassen van een drone en warmtecamera om tussen de bomen of andere onoverzichtelijke plaatsen het nest exact te lokaliseren.

Stap 2. Eliminatie

Zodra het nest gelokaliseerd is, is het van belang dit te elimineren met insecticiden als zwaveldioxide en pyrethoïden. De eliminatie van nesten moet bij voorkeur na zonsondergang uitgevoerd worden (geen vliegactiviteit meer bij het nest) om zeker te zijn dat de meeste Aziatische hoornaars al teruggekeerd zijn naar hun nest. Vervolgens kan men ervoor kiezen een bestrijdingsmiddel in het nest te spuiten en nadien het nest te verbranden. Het wordt geadviseerd deze werkzaamheden te laten uitvoeren door gespecialiseerde wespenbestrijders in samenwerking met specialisten op het gebied van herkenning van de soort (EIS en bijen@wur).

Stap 3. Vaststellen status

Na eliminatie moet worden gecontroleerd of er nog hoornaars in de nabije omgeving aanwezig zijn tot een week na bestrijding. Daarnaast wordt geadviseerd om nadat het nest is doodgemaakt het te controleren op koninginnencellen. Indien koninginnen uitgelopen zijn, is de kans op vestiging erg groot. Zo niet, dan is eliminatie naar verwachting gerealiseerd. In het 1^e jaar na eliminatie van nesten wordt aangeraden een actieve monitoring binnen een straal van 40km van deze locatie op te zetten. Indien de eliminatie succesvol is wordt vestiging voorkomen en kan de monitor weer gericht worden op vroege detectie.

3.2 Vestigingsfase

De vestigingsfase is wanneer er over een periode langer dan één groeiseizoen meerdere nesten of koninginnen van de Aziatische hoornaar worden waargenomen. Op dat moment is er sprake van een populatie, heeft er reproductie plaatsgevonden en/of heeft er overleving langer dan één groeiseizoen plaatsgevonden. Als de Aziatische hoornaar vanuit het vestigingsgebied op een natuurlijke wijze elders een populatie opbouwt is er sprake van verspreiding.

Als vestiging heeft plaatsgevonden kan monitoring gericht worden op het volgen van de populatieontwikkeling van de Aziatische hoornaar en op het bepalen van de effecten op honingbijen en andere bestuivers (Tabel 6).

Voor het in kaart brengen van de populatieontwikkeling is het belangrijk een goed systeem te ontwikkelen, waar verschillende partijen (overheid, belanghebbenden, wetenschap) gebruik van kunnen maken. Van belang is de medewerking van betrokken partijen, waaronder bijenhouders, bestrijdingsdiensten en natuurorganisaties. Goede voorbeelden van een dergelijk monitoringsplatform zijn tekenradar.nl en muggenradar.nl. Belangrijk is het om het kennisniveau van de betrokken partijen te waarborgen. Een dergelijk platform kan tevens dienen als loket voor burgers voor informatie.

Voor de monitoring van de effecten op bestuivers is het van belang dat er spoedig een nulmeting wordt uitgevoerd voordat de hoornaars arriveren. Er zijn veel factoren met invloed op de dynamiek van natuurlijke populaties insecten en dus ook bestuivers. Het is dan ook de vraag of de effecten van de Aziatische hoornaar daarop daadwerkelijk kunnen worden gekwantificeerd. Mogelijk dat hiervoor kansen liggen in het uitrollen van een nationale bijenstrategie. Voor effecten op bijenvolken is experimenteel

onderzoek een betere optie (zie kennisontwikkeling). Wel kunnen vragen over de gevolgen van de Aziatische hoornaars naar voren komen in monitoringsonderzoek in relatie tot bijengezondheid.

In tegenstelling tot bestrijding gedurende de introductiefase, zal bestrijden in de vestigingsfase niet leiden tot eliminatie. Bestrijding zal enig effect hebben wanneer de populatie nog klein van omvang is en het verspreidingsgebied beperkt door bijvoorbeeld geografische barrières die verspreiding tegengaan (eiland, bergen of landtong), maar er is geen methode die 100% elimineert. Een modelstudie liet zien dat nu ongeveer 30-40% van de nesten in Frankrijk geëlimineerd wordt (Robinet et al., 2017). Met een toename van nestbestrijding van 30 naar 60% zal naar verwachting de verspreiding afnemen met 17% en de dichtheid nesten met 28%. Zelfs als onder ideale omstandigheden 95% van de nesten vernietigd kan worden, zal het seizoen erop naar verwachting de verspreiding en dichtheid met 50% afgenomen zijn.

In plaats van ons te richten op eliminatie, is het aan te raden bestrijding van nesten te beperken tot noodzakelijke situaties. Bijvoorbeeld als een nest overlast geeft. In elk geval zal eerst moeten worden vastgesteld of het daadwerkelijk om de Aziatische hoornaar gaat alvorens tot bestrijding wordt overgegaan. Dit voorkomt dat onnodig nesten van de beschermde Europese hoornaar vernietigd worden.

Naast bestrijding kunnen gerichtere preventieve methodes toegepast worden om predatie van bijenvolken tegen te gaan. Dit kan bijvoorbeeld door aanpassingen aan bijenkasten (zie ook HST2). Bijenhouders kunnen kasten dusdanig aanpassen dat het voor de Aziatische hoornaar moeilijk gemaakt wordt honingbijen als prooi te nemen. Het is aan bijenhouders zelf om dit op te pakken. Het dient vermeldt te worden dat het niet bekend is wat de effectiviteit is van deze maatregelen en wat de gevolgen zijn voor de ontwikkeling van bijenvolken.

Tabel 6. Geselecteerde doelen voor monitoring na vestiging van de Aziatische hoornaar

Wat?	Hoe?	Wie?	Wanneer?	Waar?	Voor- en nadelen	Kennishaat
Populatie ontwikkeling	Actieve en/of passieve monitoring (Tabel 5) -Online platform	Monitororganisaties / Specialisten (EIS/WUR) Bijenhouders Natuurorganisaties Overheden	jaarrond	Gebied van vestiging, landelijk	+ Ontwikkeling in kaart + Vergelijking NL met EU <u>voorspellende waarde</u> - Intensief	
Effecten op bestuivers: 1) Honingbijen 2) Populatie wilde bijen	Monitoring bijengezondheid Monitoring populaties	Bijenhouders Wetenschap WUR -> honingbijen / hommels EIS --> Wilde bijen/ andere bestuivers)	Juli - Nov	Gebied van vestiging / bijenstanden	+ Betrokkenheid doelgroep <u>+ Draagt bij aan bewustwording</u> - Kennis ontbreekt	Effecten op populaties bestuivers en bestuiving als ecosysteemdienst is niet bekend.

3.3 Kennisontwikkeling

Terwijl de effecten op honingbijen en biodiversiteit vaak genoemd worden als belangrijkste argument voor een integrale aanpak van de Aziatische hoornaar, zijn er geen studies die deze effecten ondersteunen. Inderdaad, er zijn veel studies die aantonen dat een breed spectrum aan vliegende insecten tot het prooispectrum behoren, maar effecten op populaties of functionele eenheden zijn niet aangetoond. Daarnaast zijn er geen monitoringsstudies die de achteruitgang van insectenpopulaties kunnen verbinden aan de aanwezigheid van de Aziatische hoornaar. Deze kennis ontbreekt en is essentieel om te bepalen in welke mate opgetreden moet worden tegen deze invasieve exoot. Zoals gesteld in de Europese verordening (zie inleiding) moeten maatregelen evenredig zijn met de gevolgen voor onder andere het milieu. Met de huidige stand van kennis is dit niet mogelijk. Daarnaast ontbreekt er kennis om monitoring en bestrijding naar behoren op te tuigen. Daarom adviseren wij om de volgende kennisontwikkeling door te voeren (Tabel 7).

Tabel 7. Kennishiaten ten aanzien van de relatie tussen bestuivende insecten en de Aziatische hoornaar.

Wat?	Wie?	Hoe?
Kennisniveau ten behoeve van monitoring en bestrijding: Afhankelijk van de inrichting en de omvang van monitorings-activiteiten zal kennis over herkenning en bestrijding van hoornaars (morfologie, levenswijze, etc.) vergroot moeten worden.	<ul style="list-style-type: none"> • Bijenhouders • Wespenbestrijders • Gemeentediensten • Overheden • Natuurverenigingen • Algemeen publiek 	Informatie beschikbaar via: <ul style="list-style-type: none"> • Internetplatform • Workshops • Vakbladpublicaties • Media • App's
Effecten op bijenvolken	WUR e.a.	<ul style="list-style-type: none"> • Meerjarig onderzoek naar effecten op volksparementen onder veldcondities
Effecten op wilde bestuivers	EIS / WUR / ?	<ul style="list-style-type: none"> • Meerjarig onderzoek naar effecten op populaties onder veldcondities • monitoringstudies • veldonderzoek
Effectiviteit vallen en preventieve maatregelen	WUR	<ul style="list-style-type: none"> • Onderzoek naar de optimalisatie van o.a. visuele aspecten van vallen, om de effectiviteit te vergroten en bijvangst te verminderen • Bepalen van de effectiviteit van vallen in relatie tot monitoringsdoelen. Het is onbekend wat de effectiviteit als onderdeel van een vroege detectie strategie is en wat de relatie is met de populatiedichtheid. • Bepalen van de effecten van kastaanpassingen (bijenvolken) op predatie en volksoontwikkeling

3.4 Conclusies

- De fase van invasie van de Aziatische hoornaar is leidend voor een strategische aanpak.
- In de introductiefase moet monitoring gericht zijn op vroege detectie, door middel van actieve monitoring met behulp van specialisten en belanghebbenden en passieve monitoring door een breed publiek.
- Bestrijding in de introductiefase gericht zijn op eliminatie van nesten en individuen. Er moet opvolging plaatsvinden om de status van invasie vast te stellen.
- Bestrijding van nesten kan het beste uitgevoerd worden met insecticiden en moet overgelaten worden aan specialisten om verwarring met de beschermde Europese hoornaar te voorkomen.
- In de vestigingsfase is monitoring niet essentieel maar wel nodig om de populatieontwikkeling te volgen.
- Als de Aziatische hoornaar eenmaal gevestigd is, is eliminatie niet haalbaar. Bestrijding moet gericht zijn op noodzakelijke situaties.
- Er is een noodzaak aan kennisontwikkeling.
- Op de korte termijn moet geïnvesteerd worden in het kennisniveau van belanghebbenden (gemeenten/bijenhouders/wespenbestrijders) ten behoeve van het opzetten van een betrouwbaar monitoringssysteem.
- Op de middellange termijn moet onderzocht worden wat de effecten zijn op bestuivende insecten en met name de effecten op bijenvolken.

Literatuur

- Abbott, K. R., & Dukas, R. (2009). Honeybees consider flower danger in their waggle dance. *Animal Behaviour*, 78(3), 633-635.
- Abbott, K. R. (2006). Bumblebees avoid flowers containing evidence of past predation events. *Canadian Journal of Zoology*, 84(9), 1240-1247.
- Abrol, D. P. (2006). Defensive behaviour of *Apis cerana* F. against predatory wasps. *Journal of Apicultural Science*, 50(2), 39-46.
- Anoniem (2017) *A Monitoring Trap for the Asian Hornet. National Bee Unit*, maart 2017, 7pp
- Arca, M., Papachristoforou, A., Mougel, F., Rortais, A., Monceau, K., Bonnard, O., ... & Arnold, G. (2014). Defensive behaviour of *Apis mellifera* against *Vespa velutina* in France: testing whether European honeybees can develop an effective collective defence against a new predator. *Behavioural processes*, 106, 122-129.
- Beetsma, J. 1990 *Sterfte van bijenvolken in de winter van 1988-1989*. *Bijenteelt* 92 (5): 140 – 143
- Beggs, J. R., Brockerhoff, E. G., Corley, J. C., Kenis, M., Masciocchi, M., Muller, F., ... & Villemant, C. (2011). Ecological effects and management of invasive alien Vespidae. *BioControl*, 56(4), 505.
- Bertolino, S., Liroy, S., Laurino, D., Manino, A., & Porporato, M. (2016). Spread of the invasive yellow-legged hornet *Vespa velutina* (Hymenoptera: Vespidae) in Italy. *Applied entomology and zoology*, 51(4), 589-597.
- Biesmeijer, K., & van der Steen, J. J. M. (2017). Report Honeybee Surveillance Program the Netherlands 2016-2017. *Naturalis*.
- Blackburn, T. M., Pyšek, P., Bacher, S., Carlton, J. T., Duncan, R. P., Jarošík, V., ... & Richardson, D. M. (2011). A proposed unified framework for biological invasions. *Trends in ecology & evolution*, 26(7), 333-339.
- Blacquièrè, T. (2015). *Weerbare bij. Verkenning van initiatieven en wetenschappelijke literatuur over natuurlijke afweer van bijenvolken tegen ziekten en plagen. Wageningen UR. The Netherlands*, Report: 72pp. edepot.wur.nl/364510
- Blacquièrè, T., Van der Steen, J. J. M., & Cornelissen, B. (2009). *Visie bijenhoudery en insectenbestuiving: analyse van bedreigingen en knelpunten*. Plant Research International, Rapport nr. 227, edepot.wur.nl/630
- Brodmann, J., Twele, R., Francke, W., Yi-Bo, L., Xi-qiang, S., & Ayasse, M. (2009). Orchid mimics honey bee alarm pheromone in order to attract hornets for pollination. *Current Biology*, 19(16), 1368-1372.
- Cheng, Y. N., Wen, P., Dong, S. H., Tan, K., & Nieh, J. C. (2017). Poison and alarm: the Asian hornet *Vespa velutina* uses sting venom volatiles as an alarm pheromone. *Journal of experimental biology*, 220(4), 645-651.
- Choi, M. B., & Kwon, O. (2015). Occurrence of Hymenoptera (wasps and bees) and their foraging in the southwestern part of Jirisan National Park, South Korea. *Journal of Ecology and Environment*, 38(3), 367-374.
- Cornelissen, B., Blacquièrè, T., & van der Steen, J. J. M. (2010). Effectieve bestrijding van varroa. *Plant Research International*, brochure, edepot.wur.nl/292797
- Couto, A., Monceau, K., Bonnard, O., Thiéry, D., & Sandoz, J. C. (2014). Olfactory attraction of the hornet *Vespa velutina* to honeybee colony odors and pheromones. *PloS one*, 9(12), e115943.
- Dauphin, P., & Thomas, H. (2009). *Quelques données sur le contenu des pièges à frelons asiatiques posés à Bordeaux (Gironde) en 2009*. *Bulletin de la Société linnéenne de Bordeaux*, 37, 287-297.
- Donovan, B. J. (1992). Problems caused by immigrant German and common wasps in New Zealand, and attempts at biological control. *Bee world*, 73(3), 131-148.
- Downs, S. G., & Ratnieks, F. L. (2000). Adaptive shifts in honey bee (*Apis mellifera* L.) guarding behavior support predictions of the acceptance threshold model. *Behavioral Ecology*, 11(3), 326-333.
- Dukas, R., & Morse, D. H. (2003). Crab spiders affect flower visitation by bees. *Oikos*, 101(1), 157-163.
- Dukas, R. (2001). Effects of perceived danger on flower choice by bees. *Ecology Letters*, 4(4), 327-333.

- Franklin, D. N., Brown, M. A., Datta, S., Cuthbertson, A. G., Budge, G. E., & Keeling, M. J. (2017). Invasion dynamics of Asian hornet, *Vespa velutina* (Hymenoptera: Vespidae): a case study of a commune in south-west France. *Applied entomology and zoology*, 52(2), 221-229.
- Fujiyuki, T., Takeuchi, H., Ono, M., Ohka, S., Sasaki, T., Nomoto, A., & Kubo, T. (2005). Kakugo virus from brains of aggressive worker honeybees. *Advances in virus research*, 65, 1-27.
- Gezon, Z. J., Wyman, E. S., Ascher, J. S., Inouye, D. W., & Irwin, R. E. (2015). The effect of repeated, lethal sampling on wild bee abundance and diversity. *Methods in Ecology and Evolution*, 6(9), 1044-1054.
- Goldarazena, A., Heredia, I. P., Romon, P., Iturrondobeitia, J. C., Gonzalez, M., & Lopez, S. (2015). Spread of the yellow-legged hornet *Vespa velutina nigrithorax* du Buysson (Hymenoptera: Vespidae) across Northern Spain. *EPPO Bulletin*, 45(1), 133-138.
- Groenen, R., Tiemens-Hulscher, M., Engelen, C., & Nuijten, E. (2013). *De zaadteelt van ui (Allium cepa)-Handleiding voor zaadteelt en selectie*. Louis Bolk Instituut, Publicatienummer 2013-034 LbP, 43pp
- Hoop, L. de, Loop, J.M.M. van der, Kleef, H.H. van, Hullu, E. de & Leuven, R.S.E.W. (2016) *Maatregelen voor het elimineren en beheersen van invasieve exoten van EU-belang in Nederland*. Milieukunde, 520.
- Keeling, M. J., Franklin, D. N., Datta, S., Brown, M. A., & Budge, G. E. (2017). Predicting the spread of the Asian hornet (*Vespa velutina*) following its incursion into Great Britain. *Scientific reports*, 7(1), 6240.
- Khoury, D. S., Myerscough, M. R., & Barron, A. B. (2011). A quantitative model of honey bee colony population dynamics. *PLoS one*, 6(4), e18491.
- Klein, A. M., Vaissiere, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 274(1608), 303-313.
- Martin, S.J. (2017) *The Asian Hornet: Threats, Biology & Expansion*. Publisher Northern Bee Books. ISBN: 978-0-86098-281-4
- Milanesio, D., Sacconi, M., Maggiora, R., Laurino, D., & Porporato, M. (2016). Design of an harmonic radar for the tracking of the Asian yellow-legged hornet. *Ecology and evolution*, 6(7), 2170-2178.
- Monceau K., Thiéry D., (2016) *Vespa velutina*: Current situation and perspectives. *Atti Accademia Nazionale Italiana di Entomologia*, LXIV (2016):137-142
- Monceau, K., Bonnard, O., & Thiéry, D. (2012). Chasing the queens of the alien predator of honeybees: a water drop in the invasiveness ocean. *Open Journal of Ecology*, 2(04), 183-191.
- Monceau, K., Arca, M., Leprêtre, L., Mougel, F., Bonnard, O., Silvain, J. F., ... & Thiéry, D. (2013). Native prey and invasive predator patterns of foraging activity: the case of the yellow-legged hornet predation at European honeybee hives. *PLoS One*, 8(6), e66492. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066492>
- Monceau, K., Bonnard, O., & Thiéry, D. (2014). *Vespa velutina*: a new invasive predator of honeybees in Europe. *Journal of Pest Science*, 87(1), 1-16.
- Monceau, K., Bonnard, O., Moreau, J., & Thiéry, D. (2014). Spatial distribution of *Vespa velutina* individuals hunting at domestic honeybee hives: heterogeneity at a local scale. *Insect science*, 21(6), 765-774.
- Monceau, K., Maher, N., Bonnard, O., & Thiéry, D. (2015). Evaluation of competition between a native and an invasive hornet species: do seasonal phenologies overlap?. *Bulletin of entomological research*, 105(4), 462-469.
- Monceau, K., & Thiéry, D. (2017). *Vespa velutina* nest distribution at a local scale: An 8-year survey of the invasive honeybee predator. *Insect science*, 24(4), 663-674.
- Muller, F. J., Rome, Q., Perrard, A., & Villemant, C. (2009). Potential influence of habitat type and seasonal variations on prey spectrum of the invasive alien species *Vespa velutina* var. *nigrithorax* Du Buysson, 1905 (Hym.: Vespidae), the Asian Hornet. In Europe. 41st Apimondia Congress Montpellier (pp. 15-20).
- Ono M. (2006). Defensive strategy of yellow hornet against predation by giant hornet. *Proc. 15th Int. Congr. IUSSI*. p 233
- Ono M., Igarashi T., Ohno E. and Sasaki M. (1995). Unusual thermal defence by a honeybee against mass attack by hornets. *Nature* 377: 334-336
- Papachristoforou, A., Rortais, A., Zafeiridou, G., Theophilidis, G., Garnery, L., Thrasivoulou, A., & Arnold, G. (2007). Smothered to death: hornets asphyxiated by honeybees. *Current Biology*, 17(18), R7

- Péré, C. & Kenis, M. (2010) Le frelon asiatique (*Vespa velutina*): état des connaissances et évaluation du risque pour la Suisse. Rapport pour l'Office Fédéral de l'Environnement.
- Perrard, A., Haxaire, J., Rortais, A., & Villemant, C. (2009) Observations on the colony activity of the Asian hornet *Vespa velutina* Lepeletier 1836 (Hymenoptera: Vespidae: Vespinae) in France. In *Annales de la Société entomologique de France* (Vol. 45, No. 1, pp. 119-127). Taylor & Francis Group.
- Perry, C. J., Søvik, E., Myerscough, M. R., & Barron, A. B. (2015) Rapid behavioral maturation accelerates failure of stressed honey bee colonies. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(11), 3427-3432.
- Reader, T., Higginson, A. D., Barnard, C. J., Gilbert, F. S. (2006) The effects of predation risk from crab spiders on bee foraging behavior. *Behavioral Ecology*, 17(6), 933-939.
- Robinet, C., Suppo, C., & Darrouzet, E. (2017) Rapid spread of the invasive yellow-legged hornet in France: the role of human-mediated dispersal and the effects of control measures. *Journal of Applied Ecology*, 54(1), 205-215.
- Rome, Q., Perrard, A., Muller, F., & Villemant, C. (2011) Monitoring and control modalities of a honeybee predator, the yellow-legged hornet *Vespa velutina nigrithorax* (Hymenoptera: Vespidae). *Aliens*, 31, 7-15.
- Romero, G. Q., Antigueira, P. A., & Koricheva, J. (2011). A meta-analysis of predation risk effects on pollinator behaviour. *PloS one*, 6(6), e20689.
- Rosenkranz, P., Aumeier, P., & Ziegelmann, B. (2010). Biology and control of *Varroa destructor*. *Journal of invertebrate pathology*, 103, S96-S119.
- Rottenberg, F. (2013) Actieprogramma bijengezondheid. Den Haag, 11 pp.
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/brieven/2013/11/11/actieprogramma-bijengezondheid>
- Schoeters, E., & Wenseleers, T. (2004). Onze sociale wespen (*Vespa*, *Dolichovespula* en *Vespula*). *Educatie Limburgs Landschap vzw*, 135pp.
- Smit, J., J. Noordijk & T. Zeegers 2018. De opmars van de Aziatische hoornaar (*Vespa velutina*) naar Nederland. - *Entomologische Berichten* 78: 2-6.
- Spradbery, J.P. (1973) Wasps: An account of the biology and natural history of solitary and social wasps. University of Washington Press, Seattle.
- Sugahara, M., & Sakamoto, F. (2009). Heat and carbon dioxide generated by honeybees jointly act to kill hornets. *Naturwissenschaften*, 96(9), 1133-1136.
- Sugahara, M., Nishimura, Y., & Sakamoto, F. (2012). Differences in heat sensitivity between Japanese honeybees and hornets under high carbon dioxide and humidity conditions inside bee balls. *Zoological science*, 29(1), 30-36.
- Tan, K., Radloff, S. E., Li, J. J., Hepburn, H. R., Yang, M. X., Zhang, L. J., & Neumann, P. (2007) Bee-hawking by the wasp, *Vespa velutina*, on the honeybees *Apis cerana* and *A. mellifera*. *Naturwissenschaften*, 94(6), 469-472.
- Tan, K., Hu, Z., Chen, W., Wang, Z., Wang, Y., & Nieh, J. C. (2013). Fearful foragers: honey bees tune colony and individual foraging to multi-predator presence and food quality. *PLoS One*, 8(9), e75841.
- Thiery, D., Juliette, P. & Monceau, K. (2017). Studying the foraging behavior of the bee predator *Vespa velutina*, in order to develop bio-control methods. Orleans, France: Species spread in warmer and globalized world. [PowerPoint presentatie] Opgevraagd 27 februari 2018:
- Ueno, T. (2015) "Flower-Visiting by the Invasive Hornet *Vespa Velutina Nigrithorax* (Hymenoptera: Vespidae)." *International Journal of Chemical, Environmental & Biological Sciences (IJCEBS)* 3, (6): 444 - 448 Research Gate Link
- Vecht, J. (1957). van der. 1957. The Vespinae of the Indo-Malayan and Papuan areas (Hymenoptera, Vespidae). *Zool. Verh. Leiden*, 34, 1-83.
- Van der Zee, R. 2015 *Monitoring bijensterfte Nederland 2014*. NCB rapporten
- van Dooremalen, C. A., & Zweep, A. (2015). Proceedings "... Towards Resilient Honey Bees...". *Plant Research International*, Wageningen, 32pp. <http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/378262>
- vanEngelsdorp, D. & Meixner, M. D. (2010). A historical review of managed honey bee populations in Europe and the United States and the factors that may affect them. *Journal of invertebrate pathology*, 103, S80-S95.
- Villemant, C., Barbet-Massin, M., Perrard, A., Muller, F., Gargominy, O., Jiguet, F., & Rome, Q. (2011). Predicting the invasion risk by the alien bee-hawking Yellow-legged hornet *Vespa velutina*

-
- nigrithorax* across Europe and other continents with niche models. *Biological Conservation*, 144(9), 2142-2150.
- Villemant, C., Muller, F., Haubois, S., Perrard, A., Darrouzet, E., & Rome, Q. (2011). Bilan des travaux (MNHN et IRBI) sur l'invasion en France de *Vespa velutina*, le frelon asiatique prédateur d'abeilles. Proceedings of the Journée Scientifique Apicole-11 February, 3-12.
- Wang, Z. W., G. Chen, W. & Tan, K. (2014) Both olfactory and visual cues promote the hornet *Vespa velutina* to locate its honeybee prey *Apis cerana*." *Insectes sociaux* 61.1: 67-70.95-R796. <https://doi.org/10.1007/s00040-013-0326-2>
- Wen, P., Cheng, Y. N., Dong, S. H., Wang, Z. W., Tan, K., & Nieh, J. C. (2017). The sex pheromone of a globally invasive honey bee predator, the Asian eusocial hornet, *Vespa velutina*. *Scientific reports*, 7(1), 12956.
- Winston. M. (1987) *The Biology of the Honey bee*. Harvard University Press, Cambridge, pp. 281, ISBN 0-674-07408-4.

Correspondentie adres voor dit rapport:

Wageningen Plant Research
Postbus 16
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wur.nl/bijen



De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.
