

## Betere bestuivingsmix

De rol van  
gedomesticeerde en  
wilde bestuivers  
in de teelt van  
blauwe bes

Willemijn Cuijpers  
Bart Timmermans

Gefinancierd door:  
Vakgroep Blauwe Bes



**Rabobank**

provincie limburg

gesubsidieerd door de Provincie Limburg



© 2016 Louis Bolk Instituut

Betere bestuivingsmix - de rol van  
gedomesticeerde en wilde bestuivers in de teelt  
van blauwe bes

Ir. Willemijn Cuijpers, Dr. Bart Timmermans

Blauwe bes, *Vaccinium corymbosum*, bestuiving,  
wilde bestuivers, zetting, *Apis mellifera*, *Bombis  
terrestris*, *Osmia bicornis*, *Osmia cornuta*

Publicatienummer 2016-019 LbD

49 pagina's

Bestelwijze: deze publicatie is te downloaden op  
[www.louisbolk.nl/publicaties](http://www.louisbolk.nl/publicaties)

[www.louisbolk.nl](http://www.louisbolk.nl)

[info@louisbolk.nl](mailto:info@louisbolk.nl)

T 0343 523 860

F 0343 515 611

Hoofdstraat 24

3972 LA Driebergen

 @LouisBolk

Louis Bolk Instituut: onafhankelijk, internationaal kennisinstituut  
ter bevordering van écht duurzame landbouw, voeding en gezondheid

Dit onderzoek is mogelijk gemaakt door  
financiële bijdragen van de Provincie Limburg, De  
Rabobank Peel, Maas en Leudal en de Vakgroep  
Blauwe Bes.

Het onderzoek is uitgevoerd in samenwerking  
met adviseur metselbijen Henri Moors  
([www.moorstuinen.nl](http://www.moorstuinen.nl))



## Voorwoord

Het verslag dat voor u ligt is het resultaat van onderzoek dat in 2015 is uitgevoerd op 4 blauwe bessen bedrijven in Noord-Limburg. De onderzoeksvragen zijn ontstaan vanuit een groep telers die al lange tijd bezig is met het verbeteren van de bestuiving op hun bedrijf. Naast de gangbare inzet van honingbijen en hommels, proberen ze door de inzet van solitaire bijen de bestuiving van de blauwe bes te verbeteren. Door hiermee bezig te zijn, zijn er echter ook een aantal vragen ontstaan met betrekking tot de optimale inzet van bestuivers op het bedrijf en het stimuleren van wilde bestuivers. Met dit onderzoek willen we op een aantal van deze vragen antwoord geven.

Dit onderzoek was niet mogelijk geweest zonder de financiële ondersteuning vanuit de Provincie Limburg, de Rabobank Peel, Maas en Leudal en de Vakgroep Blauwe Bes. Het onderzoek is uitgevoerd door het Louis Bolk Instituut, maar was niet tot stand gekomen zonder de hulp van een groot aantal mensen. Een aantal mensen willen we in het bijzonder bedanken voor de ondersteuning bij de uitvoering. Allereerst de blauwe bessentelers die het initiatief hebben gelegd voor dit onderzoek, en die hun kennis en het gebruik van hun percelen ter beschikking hebben gesteld voor de proef: Luc Peeters, John Nijssen, Jack Gielens en Wouter Aerts. Daarnaast willen we Henri Moors graag bedanken voor zijn advies op gebied van metselbijen, en voor zijn praktische ondersteuning bij de uitvoering van de proef. Bèr Jeucken heeft een zeer waardevolle kennisbijdrage geleverd aan het onderzoek op het gebied van entomologie. Joop Dahm willen we bedanken voor zijn grote enthousiasme en waardevolle commentaar op het onderzoek, en Bert Branderhorst voor zijn feedback vanuit de vakgroep Blauwe Bes. Tenslotte ook dank aan onze collega's Boki Luske en Riekje Bruinenberg, voor het inhoudelijk meedenken en de praktische ondersteuning vanuit het lab.

Mei 2016,  
Willemijn Cuijpers en Bart Timmermans



# Inhoud

<b>Samenvatting</b>	<b>7</b>
<b>Summary</b>	<b>8</b>
<b>1 Inleiding en achtergrond</b>	<b>11</b>
<b>2 Vraagstelling</b>	<b>14</b>
<b>3 Onderzoeksopzet</b>	<b>15</b>
<b>4 Materiaal en methode</b>	<b>16</b>
4.1 Raskeuze	16
4.2 Percelen	17
4.3 Inzet bestuivers	17
4.3.1 <i>Honingbijen</i>	17
4.3.2 <i>Aardhommels</i>	18
4.3.3 <i>Metselbijen</i>	18
4.3.4 <i>Hoeveelheid bestuivers in relatie tot bestuivingsvraag</i>	19
4.4 Waarnemingen bestuivers	19
4.4.1 <i>Transecten</i>	19
4.4.2 <i>Populatie toename metselbijen</i>	20
4.5 Stuifmeelanalyse	20
4.6 Bestuivingsbehandelingen	20
4.6.1 <i>Proefopzet</i>	20
4.7 Vruchtzetting, oogst en intensiteit van bestuiving	22
4.7.1 <i>Vruchtzetting</i>	22
4.7.2 <i>Oogst</i>	22
4.7.3 <i>Bestuivingsintensiteit</i>	22
<b>5 Resultaten</b>	<b>23</b>
5.1 Bloei blauwe bes en uitzetten metselbijen	23
5.2 Waarnemingen bestuivers	23
5.2.1 <i>Waarnemingen honingbijen</i>	23
5.2.2 <i>Waarnemingen aardhommels</i>	24
5.2.3 <i>Waarnemingen rosse metselbij</i>	25
5.2.4 <i>Waarnemingen gehoornde metselbij</i>	25
5.2.5 <i>Waarnemingen wilde bestuivers</i>	25
5.3 Stuifmeelanalyse	27
5.4 Populatietoename metselbijen	29
5.5 Effect van bestuiving op de oogst	30
5.5.1 <i>Vruchtzetting</i>	30
5.5.2 <i>Aantal pitten per bes en besgewicht</i>	31
5.5.3 <i>Oogst blauwe bes</i>	34
5.6 Relatie bestuivingslimitatie en intensiteit bestuivers	35
5.6.1 <i>Bestuivingsvraag</i>	35
5.6.2 <i>Ingezette en waargenomen bestuivers in verhouding tot de bestuivingsvraag</i>	35

<b>6 Discussie</b>	<b>39</b>
6.1 Verschillende rollen bestuivers	39
6.2 Herkomst stuifmeel in nesthuizen	39
6.3 Stimuleren van wilde bestuivers	41
<b>7 Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>43</b>
<b>Literatuur</b>	<b>47</b>
<b>Bijlage 1: Stuifmeel voorkeur Osmia soorten</b>	<b>49</b>

## Samenvatting

Een goede bestuiving van blauwe bes is essentieel voor zowel de opbrengst als de kwaliteit van de vruchten. Tegelijkertijd is de bestuiving ook kwetsbaar, omdat ze in een korte periode moet plaatsvinden, het een groot aantal bloemen per ha betreft, en de aanwezigheid van bestuivers afhankelijk is van een groot aantal factoren. Niet alleen honingbijen staan onder druk, maar ook het aantal en de diversiteit van wilde bestuivers. Verschillende soorten bestuivers, hebben elk hun eigen methode om bloemen te bestuiven, en hebben andere (klimaat)omstandigheden en omgevingsfactoren nodig om optimaal te functioneren. Om deze reden hebben blauwe bessenelers de inzet van bestuivers verbreed van honingbijen, naar aardhommels en recent ook de inzet van solitaire bijen, met name de rosse metselbij *Osmia bicornis*. Dit onderzoek is uitgevoerd om een antwoord te zoeken op een aantal vragen met betrekking tot de rol van metselbijen ten opzichte van honingbijen en aardhommels in de bestuiving van blauwe bes.

In 2015 is er op vijf locaties in Noord Limburg onderzoek uitgevoerd naar de bestuiving van het blauwe bessenras Liberty door verschillende combinaties van honingbijen, aardhommels, twee soorten metselbijen (*Osmia bicornis* en *Osmia cornuta*) en wilde bestuivers. Op elke locatie zijn 3 behandelingen aangelegd. Eén behandeling zijn scheuten met open bloemen, die met de hand (kruis)bestoven zijn met een optimaal stuifmeeltype. Daarnaast is een behandeling aangelegd waarbij een deel van de scheuten zijn afgeschermd voor bestuiving door insecten, door ze in te pakken met een winddoorlatend gaas. De laatste behandeling is de natuurlijke situatie, waarin de bloemen 'vrij' bestoven kunnen worden door de aanwezige bestuivers. Om de bestuivingsefficiëntie te beoordelen is gekeken naar de zetting, het aantal vruchten en het gewicht van de vruchten, en naar het aantal pitten per vrucht. Door waarnemingen aan het bloembezoek van de verschillende bestuivers, is de aanwezigheid en soortenrijkdom van de bestuivers in het perceel beoordeeld.

De resultaten van het onderzoek laten zien dat de bestuiving niet op alle bedrijven optimaal is. Op een aantal bedrijven is de zetting suboptimaal, wanneer we de natuurlijke bestuiving vergelijken met de handbestuiving. Op een aantal andere bedrijven is het aantal zaden per bes van de natuurlijk bestoven bloemen lager dan van de handbestoven bloemen. Meer zaden per bes, is gecorreleerd met een hoger besgewicht. Zonder de aanwezigheid van bestuivers, is de gemiddelde opbrengst van Liberty 1.7 ton/ha, tegenover gemiddeld 9.7 ton/ha onder natuurlijke omstandigheden. Op deze locaties is 61 tot 95% van de opbrengst van Liberty afhankelijk van de aanwezigheid van bestuivers. Honingbijen lijken daarbij vooral belangrijk te zijn voor de zetting. We vinden een zeer sterke correlatie tussen het aantal honingbijen (ingezet per 100.000 bloemen), en het percentage zetting in de natuurlijke ten opzichte van de handbestoven situatie. Een iets minder sterke correlatie vinden we tussen het aantal metselbijen en % extra aantal zaden per bes, van natuurlijk bestoven ten opzichte van handbestoven bloemen. Voor beide relaties geldt dat het aantal waarnemingen maar beperkt is tot 5 locaties in één seizoen, en dat ze op meer locaties herhaald zouden moeten worden om dit beeld te bevestigen. Het lijkt zinvol om het aantal bestuivers te baseren op het aantal bloemen per ha. Dit kan sterk variëren tussen percelen, afhankelijk van leeftijd van de planten en snoeiwijze.

Zowel vrouwtjes als mannetjes metselbijen foerageren op blauwe bes, maar de waarnemingen in het veld verschillen per locatie. Gezien de consequent lage hoeveelheden blauwe bessenstuifmeel die de vrouwtjes naar de nesthuizen brengen, vermoeden we dat metselbijen vooral op blauwe bes

foerageren vanwege de nectar. Voor het verzamelen van stuifmeel als voedselbron voor de larven, heeft de rosse metselbij een sterke voorkeur voor het eiwitrijke stuifmeel van eik. Omdat eik als windbestuiver geen nectar levert, hebben metselbijen voor hun eigen energievoorziening nectar van andere bloemen nodig. Het losse stuifmeel dat ze op hun lichaam meedragen, speelt mogelijk een rol bij de bestuiving van de blauwe bes. Hiermee spelen mogelijk ook mannelijke metselbijen een belangrijkere rol in de bestuiving van het gewas dan tot nu toe werd gedacht. Zij vormen het grootste deel van de populatie, maar het is onbekend wat de bestuivingsefficiëntie is van op nectar foeragerende (mannelijke) metselbijen.

De gehoornde metselbij verzamelt ook stuifmeel van planten uit de rozenfamilie, en is daarmee interessant voor de bestuiving van kers, peer en appel. Bij de inzet van gehoornde metselbijen lijkt het van belang om boterbloemen weg te maaien, omdat het stuifmeel van boterbloem toxisch is voor de larven, en het de populatiegroei blokkeert. De diversiteit aan wilde bestuivers in de percelen blauwe bes is heel laag. Om de percelen voor wilde bestuivers aantrekkelijker te maken, is een geïntegreerde aanpak nodig, waarbij niet alleen drachtplanten en nestelgelegenheid (ook van grondnestelende soorten) van belang zijn, maar ook beperking van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen aandacht krijgt.

## Summary

Pollination of highbush blueberry is essential for both yield and fruit quality. At the same time, pollination is also vulnerable, because of the short period of bloom, the high number of flowers per hectare, and the variable abundance of pollinators. Not only honey bees are under threat, but also the abundance and diversity of wild pollinators. Different types of pollinators employ different pollination strategies, and require different climatological and environmental circumstances for optimum performance. For this reason, blueberry growers have broadened the input of pollinators from honeybees to buff-tailed bumblebees (*Bombus terrestris*), and recently also solitary bees, particularly the red masonbee *Osmia bicornis*. This research has been carried out to address a number of questions related to the role of masonbees, in comparison with honey bees and bumblebees, in the pollination of blueberry.

Research was carried out in 2015 at five locations in Limburg, The Netherlands to assess the pollination of highbush blueberry 'Liberty' with different combinations of honey bees, buff-tailed bumble bees and two species of masonbees (*Osmia bicornis* and *Osmia cornuta*). On each location, three treatments were used. One treatment consisted of shoots with open flowers, which were hand- (and cross-) pollinated with an adequate pollen type. The second treatment consisted of shoots which were covered with insect mesh, and the third treatment consisted of the natural situation, in which the flowers are freely pollinated by the pollinators present. Pollination efficiency was determined by measuring fruit set, fruit number and weight, and the number of seeds per berry. The abundance and diversity of pollinators was determined by field observations of flower visits by different pollinators.

Results show that pollination is not optimal at all locations. On some locations fruit set is suboptimal, when natural pollination is compared with hand pollination. On some locations the number of seeds per berry of the natural pollinated flowers is lower than of hand-pollinated ones. A higher number of seeds per berry is correlated with a higher fruit weight. Without the presence



of pollinators, yield of Liberty averaged 1.7 ton/ha, compared with on average 9.7 ton/ha under natural circumstances. On these locations, 61-95% of the yield of Liberty depends on the presence of pollinators. Honey bees seem to be particularly important for fruit set. We find a very strong correlation between the number of honeybees (expressed per 100,000 flowers) and the percentage fruit set of the 'naturally pollinated' situation compared to the 'hand pollinated' situation. A less strong correlation is found between the number of mason bees, and the percentage extra seeds per berry, of the 'naturally pollinated' flowers, compared to the hand-pollinated ones. As the observations are restricted to 5 locations and one growing season, the experiments should be repeated on more locations to confirm the findings. The findings also suggest it may be helpful to assess the number of pollinators based on the number of flowers per hectare. These numbers may vary greatly, depending on plant age and pruning strategy.

Both male and female masonbees forage on blueberry, but field observations differ between locations. Female mason bees collect only trace amounts of blueberry pollen in their nests, and we assume that masonbees forage on blueberry mainly for nectar. Female red masonbees preferably collect oak pollen as a rich protein source for their larvae. Because oak does not provide them with nectar, masonbees need other types of flowers as an energy source. The loose pollen which they carry on their bodies, may serve a role in the pollination of blueberry. It is hypothesized that male masonbees may play a more important role in pollination than previously thought. They form the largest part of the population, but until now, the pollination efficiency of nectar foraging male solitary bees has not been addressed.

The masonbee *Osmia cornuta* collects pollen from plants of the Rose family, and is an interesting bee species for pollination of cherry, pear and apple. When managing *Osmia cornuta*, *Ranunculus* flowers should be removed from the field, as its pollen is toxic for the larvae and hinders population development. Diversity of wild pollinators in the blueberry fields is very low. To increase the abundance and diversity of wild pollinators, an integrated approach is needed, in which both food sources and nesting opportunities (including for ground-nesting bees) are considered, as well as limitation of the use of crop protection agents.



# 1 Inleiding en achtergrond

De teelt van blauwe bessen is erg kwetsbaar. In Nederland worden zogenaamde ‘highbush’ blauwe bessen rassen (*Vaccinium corymbosum*) geteeld. Dit is een andere soort dan de wilde bosbes, en van origine afkomstig uit Canada en de Verenigde Staten. De teelt is de afgelopen jaren sterk gegroeid, en vormt op dit moment het grootste areaal kleinfruit in Nederland. De meeste rassen van blauwe bes zijn zelffertil, wat betekent dat eigen stuifmeel bevruchting kan geven. Kruisbestuiving met een ander ras geeft echter in het algemeen een betere zetting, een groter aantal zaden per bes, grotere vruchten en een snellere afrijping. Dit betekent dat de aanwezigheid van bestuivende insecten van groot belang is voor de opbrengst en kwaliteit van blauwe bes. Afhankelijk van het soort ras, geeft alleen windbestuiving een forse afname van de zetting en opbrengst in blauwe bes. In een studie naar de economische betekenis van bestuivers voor de opbrengst van blauwe bes (De Groot et al, 2015), berekenden de onderzoekers dat de opbrengst van de blauwe bessenrassen Duke en Liberty resp. 40% en 56% zouden dalen wanneer er geen bestuivers aanwezig zouden zijn. De bestuiving van blauwe bessen moet plaatsvinden in een korte bloeiperiode van 4-6 weken. Daarnaast zijn de afzonderlijke bloemen in een tros maar een dag of 4-5 ontvankelijk voor een goede bestuiving. In totaal gaat het dus om een zeer groot aantal bloemen per ha, dat in zeer korte tijd bestoven moet worden. Het bloeitijdstip van de blauwe bes is daarnaast enigszins variabel in verschillende jaren. In jaren met vroege bloei, en zeker als het weer dan nog relatief koel is, is het in de eerste periode van de bloei moeilijk om voor voldoende bestuiving te zorgen. Inzet van aanvullende bestuivers, naast honingbijen, kan in deze situatie bijdragen aan meer teeltzekerheid.

Rogers et al (2013) hebben voor de teelt van ‘highbush’ blauwe bes laten zien dat verschillende groepen bijen op verschillende manieren bijdragen aan de bestuiving. Naast de honingbij, wordt er een grote bijdrage aan de bestuiving geleverd door wilde bestuivers (hommels en solitair levende bijen) uit verschillende families. Die verschillen niet alleen in uiterlijk (bijvoorbeeld de structuur van de beharing, of de lengte van de tong), maar ook in levenscyclus, foerageergedrag (welke bloemen, welk patroon van bloembezoek, het aantal bloemen dat worden bezocht binnen een bepaalde tijd, de weersomstandigheden waaronder bestuivers actief zijn, en de manier waarop bestuivers de bloem ‘behandelen’). Door niet afhankelijk te zijn van één soort bestuiver, maar door gebruik te maken van de aanvullende eigenschappen van verschillende bestuivers, kan er een veerkrachtiger systeem ontstaan, dat minder gevoelig is voor verstoring.

In hun onderzoek hebben ze laten zien dat honingbijen vaak massaal aanwezig zijn, maar dat ze maar een lage efficiëntie hebben, terwijl hun activiteit beperkt is tot relatief warme, zonnige weersomstandigheden. Ze gebruikten ook het aantal pitten per bes als indicatie voor de bestuivingsefficiëntie van een éénmalig bloembezoek. De bloemen die alleen door de wind bestoven konden worden, hadden in het onderzoek van Rogers gemiddeld een laag aantal zaden ( $7 \pm 2$  zaden). Het eenmalige bezoek van één honingbij, resulteerde in een iets hoger aantal zaden ( $12 \pm 2$  zaden). Veel efficiënter waren echter wilde hommels (*Bombus*, vooral koninginnen) ( $20 \pm 4$  zaden), *Osmia cornifrons* ( $19 \pm 6$  zaden), en kleine, wilde bijensoorten ( $26 \pm 3$  zaden). Daarbij is het bloembezoek van honingbijen niet altijd ‘legitiem’: in het onderzoek van Rogers maakten honingbijen in 30-40% van de bloembezoeken gebruik van nectar-roof. Daarbij maken ze gebruik van sneetjes die door andere bijen (houtbijen of bijvoorbeeld korttongige hommels) gemaakt zijn. Bij wilde hommels (vooral koninginnen), metselbijen (*Osmia cornifrons*) en kleine,

wilde bijensoorten resulteert één bloembezoek in twee keer zoveel zaden per bes dan bij één bezoek van een honingbij. Daarnaast zijn hommels en kleine wilde bijen minder gevoelig voor fluctuaties in temperatuur, windsnelheid en zonnestraling. In tegenstelling tot honingbijen wordt hun foerageeractiviteit er niet door beïnvloed.

Andere onderzoeken hebben gekeken naar het effect op het percentage zetting, bij één bloembezoek van honingbijen en wilde bijen. Onderzoek naar de bestuiving van Rabbiteye blauwe bes in de Verenigde Staten, laat zien dat op blauwe bes gespecialiseerde soorten zoals *Habropoda laboriosa* (de 'blueberry bee') en *Osmia ribifloris* een vrijwel gelijk % zetting geven hebben bij één bloembezoek dan de honingbij. De vruchtzetting is 44% bij één bloembezoek door *Habropoda* en *Osmia*, terwijl één bloembezoek van een honingbij resulteerde in een vruchtzetting van 32%. De vruchtzetting van *Vaccinium ashei* (Rabbiteye) is nog veel lastiger dan van highbush blauwe bes: zonder bestuivers is deze maar 4% (Sampson en Cane, 2000).

Van de op *Vaccinium* gespecialiseerde 'blueberry bee' *Habropoda*, is bekend dat zowel mannetjes als vrouwtjes de plant bezoeken, en dat deze soort, net als hommels en houtbijen (*Xylocopa*), ook in staat is tot 'buzz pollination', hoewel ze het niet altijd doen. (Rogers et al, 2013) 'Buzz pollination', 'sonificatie' of 'buzzing', ontstaat door het snel samentrekken van de vliegspieren, en produceert een hoger geluid dan bij een normale vlucht. De trilling zorgt ervoor dat stuifmeel vrijkomt uit de poriën van de helmknoppen van sommige plantensoorten, zoals de blauwe bes, die anders moeilijk hun stuifmeel laten vrijkomen. *Osmia*'s gebruiken hiervoor hun poten, waarmee ze op de helmdraden slaan of trommelen, om zo het stuifmeel vrij te maken. Recent onderzoek heeft laten zien dat ook de oligolectische (op *Penstemon* gespecialiseerde) metselbijensoort *Osmia brevis* in staat is tot sonificatie of 'buzz pollination'. Van andere *Osmia* soorten, ook de op blauwe bes gespecialiseerde *Osmia ribifloris*, is dit gedrag niet bekend. (Cane, 2014).

De achteruitgang van de honingbijen in Nederland, samen met de verschuivingen in het klimaat, maken het wellicht nog belangrijker om voor de bestuiving niet aangewezen te zijn op slechts één type bestuiver. Telers van blauwe bessen zetten op dit moment vooral honingbijen en commercieel gekweekte aardhommels in voor de bestuiving. Recent zijn een aantal telers daarnaast begonnen met het inzetten van metselbijen, met name de inheemse rosse metselbij, *Osmia bicornis*. De rosse metselbij is een polylectische (meerdere bloemsoorten bezoekende) solitair levende bij, die haar nestgangen maakt in plantenstengels en bestaande gangen in dood hout. Door geschikte nesthuizen aan te bieden, zijn rosse metselbijen relatief makkelijk te vermenigvuldigen. De cocons met volgroeide bijen overwinteren normaal in de nestgangen, maar kunnen in het najaar ook geogst worden en bij een lage temperatuur bewaard. Door de bijen op het juiste moment in het voorjaar bij een hogere temperatuur te plaatsen, kan het moment van uitkomen van de bijen beïnvloed worden, en kunnen ze gericht ingezet worden tijdens de bloeiperiode van de blauwe bes. Naast de rosse metselbij, is ook de gehoornde metselbij, *Osmia cornuta*, een mogelijk interessante bijensoort voor de bestuiving van blauwe bes.

In het buitenland wordt al langer geëxperimenteerd met specifieke bestuivers voor blauwe bes. Sommige van deze soorten, zoals *Osmia ribifloris*, zijn gespecialiseerd in planten uit de Ericaceae familie, waar ook blauwe bes toe behoort (Haider et al, 2013). *Osmia ribifloris* komt niet voor in Europa, maar is inheems in Noord-Amerika, waar ze wordt ingezet voor de bestuiving van Rabbiteye blauwe bes (Sampson et al, 2013). In California wordt ze ook ingezet als een efficiënte bestuiver in de teelt van highbush blauwe bes. In ongeveer 11 vluchten bevoorradt het vrouwtje één broedcel. *Osmia ribifloris* maakt geen gebruik van 'buzz-pollination' voor het vrijmaken van het

stuifmeel, hoewel de mannetjes wel tijdens de paring ‘buzzing’ laten horen. De vrouwtjes bewerken de bloemen met hun voorpoten om het stuifmeel vrij te maken. Het bloembezoek duurt ongeveer 3 seconden, en door de vorm van haar kop, zorgt ze voor een goede overdracht van stuifmeel tussen de planten. De bijen bevoorraden hun broedcellen exclusief met stuifmeel van blauwe bes. Het uitkomen van de *Osmia*'s wordt ook hier door de telers gesynchroniseerd met de bloei van de blauwe bes. Voor de bestuiving van highbush blauwe bes wordt een hoeveelheid van 741 nestelende vrouwtjes per ha aanbevolen (Delaplane and Mayer, 2000), wat overeenkomt met ca. 2200 cocons/ha.

In Canada is ervaring opgedaan met de inzet van *Osmia lignaria* in de bestuiving van blauwe honingbes (*Lonicera caerulea*). In onderzoek is de bestuivingsefficiëntie van honingbij, hommels en *Osmia lignaria* vergeleken. De hoeveelheid pollen die bij één bloembezoek wordt afgezet op de bloemen, is bij *Osmia lignaria* veel groter dan bij honingbijen. Per bloem zijn minimaal 24 stuifmeelkorrels nodig. Eén bloembezoek van een hommels of een metselbij is daarbij voldoende, maar niet één bloembezoek van een honingbij. *Osmia lignaria* gebruikt de honingbes niet zozeer voor het verzamelen van stuifmeel, maar waarschijnlijk vooral voor de behoefte aan nectar. Het stuifmeel dat *Osmia lignaria* verzamelt voor het grootbrengen van de larven, is voor het grootste deel afkomstig van wilg (85% van de nesten bevat meer dan 90% wilgenstuifmeel). Daarbij bevat 63% van de nesten géén honingbes stuifmeel. De resterende 27% van de nesten bevat alleen sporen (<5%).

Wellicht zijn er echter ook andere wilde bestuivers die een grote bijdrage leveren, of in de toekomst zouden kunnen leveren, aan de bestuiving van blauwe bes. In Nederland komen 338 bijensoorten voor, waarvan er echter een groot aantal (188) op de Rode Lijst staan. Het grootste gedeelte van de bijen (166 soorten) nestelt in de bodem, en hiervan behoren 95 soorten tot Rode Lijstsoorten. Bijen worden in Nederland relatief ernstig bedreigd. Als mogelijke oorzaken worden de verarming van de flora, en de afname van de bloemenrijkdom in het agrarisch landschap gezien. Daarnaast zijn bijen voor nestgelegenheid afhankelijk van ‘rommelige’ terreintjes, met een gevarieerd reliëf en kleine zandwandjes, dode houtresten en houtwallen. Voor in de bodem nestelende bijen zijn kale, zandige plekken nodig, maar door de vermessing van de bodem raken deze snel begroeid, en zijn dan niet meer geschikt als nestelplek. Juist de combinatie van voedselplanten en nestgelegenheid op korte afstand van elkaar is voor bijen belangrijk. Daarnaast is de massale aanwezigheid van honingbijen in sommige gebieden een mogelijke factor in de afname van bepaalde soorten (Peeters en Reemer, 2003). Door bewust gunstige condities te creëren voor wilde bestuivers, als aanvulling op bestuiving door honingbijen en hommels, kunnen agrarische systemen meer gebruik maken van de potentiële bijdrage van natuurlijk voorkomende bestuivers. Hiervoor zijn echter een aantal randvoorwaarden noodzakelijk, zoals de continue aanwezigheid van bloeiende planten, maar ook voldoende nestgelegenheid. Ook het gebruik van bestrijdingsmiddelen, niet alleen insecticiden maar bijvoorbeeld ook fungiciden, werkt negatief op de populatiegrootte van wilde bijen. Door waarnemingen aan bloembezoekende insecten in blauwe bessenpercelen, kunnen mogelijk interessante wilde bestuivers gesignaleerd worden.

## 2 Vraagstelling

Vanuit de Experience groep blauwe bes (onderdeel van de Vakgroep Blauwe Bes), een groep blauwe bessentelers die zich al een aantal jaren intensief bezighoudt met de inzet van metselbijen voor de bestuiving, werden de volgende kennisvragen geformuleerd met betrekking tot (a) de bestuivingsbijdrage van metselbijen en (b) de optimalisatie van de bestuiving door de aanwezigheid van een mix van verschillende bestuivers:

1. Welke rol speelt de metselbij in de bestuiving van blauwe bes, ten opzicht van honingbijen en aardhommels?
2. Hoeveel metselbijen moeten er per hectare worden uitgezet voor een optimale bestuiving?

Daarnaast willen we met dit onderzoek een antwoord vinden op de volgende vragen:

3. Is de bestuiving op de betrokken bedrijven optimaal?
4. Wordt de zetting, opbrengst en vruchtkwaliteit gelimiteerd door beperkingen in de bestuiving?
5. Welk aandeel van de bestuiving is afhankelijk van insecten?
6. Is er een relatie tussen de diversiteit of de aanwezige aantallen 'wilde' bestuivers en 'gedomesticeerde' bestuivers en de bestuivingsefficiëntie?
7. Zijn er verschillen in bloembezoek en bestuivingsefficiëntie bij de inzet van de rosse metselbij (*Osmia bicornis*) en de gehoornde metselbij (*Osmia cornuta*)?

### 3 Onderzoeksopzet

Het onderzoek is opgezet als praktijkonderzoek op 4 locaties in Noord Limburg, met in totaal 5 percelen met commerciële teelt van blauwe bes. Om een antwoord te vinden op de vraag wat het aandeel van de verschillende bestuivers is zijn er 5 percelen meegenomen, waarin verschillende dichtheden en combinaties zijn gebruikt van de belangrijkste (gedomesticeerde) bestuivers die in de teelt van blauwe bes worden gebruikt: de honingbij, de aardhommel, en de solitair levende metselbij. Daarbij is er voor de proef een verschil gecreëerd in de hoeveelheid ingezette (gedomesticeerde) aardhommels en metselbijen op de bedrijven. De inzet van honingbijen op bedrijfsniveau verschilde nauwelijks tussen de bedrijven, en is door de grote vliegafstand van de honingbij (tot ca. 3 km) lastig te manipuleren, waardoor er geen kunstmatige variatie in de dichtheid van honingbijen te creëren is op individuele percelen binnen het bedrijf. Doordat de vliegafstand van aardhommels en metselbijen kleiner is, kan hier makkelijker gevarieerd worden met de inzet van (gedomesticeerde) aardhommels en metselbijen op individuele percelen. Hiermee kan een antwoord gezocht worden op de vraag naar de optimale dichtheid van metselbijen in het perceel, en de verschillen tussen de rosse en de gehoornde metselbij.

Daarnaast zijn er op de bedrijven ook natuurlijke bestuivers aanwezig. Door verschillende percelen te kiezen, met verschillende landschapselementen in de omgeving, kan bereikt worden dat er ook verschillende hoeveelheden natuurlijke bestuivers in de percelen aanwezig zijn. Met behulp van waarnemingen aan bloembezoek door de verschillende soorten bestuivers, kan een indruk gekregen worden van de abundantie en soortenrijkdom van natuurlijke bestuivers op de bedrijven.

Om een antwoord te vinden op de vraag of de opbrengst en vruchtkwaliteit gelimiteerd wordt door de aanwezige hoeveelheid bestuivers, zijn op de verschillende percelen behandelingen aangelegd waarbij open bloemen met de hand bestoven zijn met een optimaal stuifmeeltype. Om daarnaast te zien welk aandeel insecten hebben in de totale opbrengst van het gewas, zijn behandelingen aangelegd waarbij een deel van de scheuten zijn afgeschermd voor insecten, door ze in te pakken in een winddoorlatend gaas. Om de bestuivingsefficiëntie te beoordelen, is niet alleen gekeken naar de zetting, de aantallen vruchten en het gewicht van de vruchten, maar ook naar het aantal pitten per vrucht.

## 4 Materiaal en methode

### 4.1 Raskeuze

De blauwe bes hoort tot het plantengeslacht *Vaccinium*. Binnen dit geslacht vallen bijvoorbeeld ook de in het Nederland wild voorkomende bosbes (*Vaccinium myrtillus*) en vossebes of rode bosbes (*Vaccinium vitis-idaea*), maar de blauwe bes is van origine niet een inheemse plant. In Nederland worden voor de commerciële teelt van blauwe bes de 'Northern highbush' rassen gebruikt (*Vaccinium corymbosum*). *Vaccinium corymbosum* komt van origine uit het oosten van Canada en het oosten en zuiden van de VS. In de wetenschappelijke literatuur over bestuiving van blauwe bes zijn veel publicaties te vinden die betrekking hebben op andere commercieel geteelde blauwe bessensoorten. In de VS en Canada worden naast de highbush rassen (met name in Michigan, maar ook aan de Westkust), ook velden met Lowbush variëteiten in cultuur gebracht (*Vaccinium angustifolium*), en met name in het zuidoosten van de VS worden de subtropische Rabbiteye blauwe bessen (*Vaccinium ashei*) geteeld.

De Northern highbush rassen vormen struiken van 1.8 – 3.7 meter hoog en zijn redelijk winterhard. In Nederland worden onder andere de rassen Duke, Draper, Liberty en Aurora geteeld, en daarnaast nog een groot aantal rassen met een kleiner teeltoppervlak. In de afgelopen 10 jaar is het areaal blauwe bessen in Nederland verdrievoudigd, van 254 ha in 2005, naar 737 ha in 2015. Dit in tegenstelling tot het kleiner wordende areaal zwarte bessen (352 ha) en het stabiele areaal rode bessen (258 ha in 2015). Van alle kleinfruitteelt in Nederland (1.763 ha) heeft de blauwe bes de grootste omvang (CBS, 2016).

Blauwe bessen zijn in het algemeen niet compleet zelffertil, en kruisbestuiving zorgt in het algemeen voor een groter aantal zaden, een betere vruchtzetting en dikkere vruchten. Voor Rabbiteye variëteiten is kruisbestuiving nog belangrijker dan voor highbush soorten, maar de variatie tussen verschillende highbush cultivars is aanzienlijk (Tabel 4-1). In de proefopzet is gekozen voor het (highbush) ras Liberty. Bij dit ras treedt bij kruisbestuiving met name een effect op het vruchtgewicht en het aantal zaden per vrucht op, maar niet op de zetting. Alle betrokken telers hebben direct naast de percelen met Liberty het ras Aurora staan, met een vrijwel gelijktijdige bloeiperiode. Stuifmeel van Aurora is ook gebruikt voor de handmatige bestuiving.

Tabel 4-1 Effect van zelfbestuiving of kruisbestuiving op het aantal zaden per vrucht, het vruchtgewicht en de vruchtzetting bij verschillende cultivars van Highbush blauwe bes. Tabel gebaseerd op Retamales en Hancock (2012: p.178).

Variëteit	Zaden per vrucht		Vruchtgewicht (g)		Vruchtzetting (%)	
	Zelf	Kruis	Zelf	Kruis	Zelf	Kruis
Aurora	4.7	43.4	1.35	1.89	86	90
Bluecrop	10.7	26.7	1.87	2.36		
Brigitta	1.3	20.4	1.69	2.06	30	70
Draper	22.1	43.4	1.77	1.80	90	92
Duke	15.3	40.7	1.70	1.80	76	85
Elliott	7.7	43.7	1.60	2.03		
Liberty	6.2	14.7	1.53	2.06	78	78
Ozarkblue	10.1	41.5	1.64	2.10	90	91

Het ras Liberty is ontstaan door kruising van Brigitta Blue en Elliott. Het ras rijpt af vanaf de tweede helft augustus, over een periode van ca. 3 weken



## 4.2 Percelen

De bestuivingsexperimenten zijn op 4 verschillende bedrijven en 5 percelen uitgevoerd met het ras Liberty. De percelen verschillen in leeftijd van de planten, bodemgesteldheid, management (o.a. snoei, bemesting) en landschappelijke ligging. De landschapselementen in de omgeving spelen een belangrijke rol bij de aanwezigheid en abundantie van natuurlijke bestuivers. Op één van de bedrijven ligt een qua omvang wat groter perceel Liberty, waarin we een gradiënt in bestuiving door metselbijen willen creëren door aan één kant van het perceel de metselbijen te introduceren. In dit perceel hebben we een groter aantal transecten uitgezet waar we de bloembezoekende insecten monitoren, om daarmee het effect van de afstand tot de perceelsgrenzen en de ingezette bestuivers (met name hommels) te kunnen analyseren. Naast alle percelen met het ras Liberty, liggen op alle bedrijven ook percelen met het vrijwel gelijktijdig bloeiende ras Aurora. Dit ras kan hierdoor als zowel als bron voor natuurlijke kruisbestuiving dienen, als voor handbestuiving gebruikt worden.

## 4.3 Inzet bestuivers

De meeste blauwe bessen telers maken gebruik van zowel honingbijen als aardhommels voor de bestuiving. Daarnaast worden door alle betrokken telers ook metselbijen voor de bestuiving ingezet. Op 4 locaties met blauwe bessenteelt, zijn in totaal 5 proefpercelen uitgezet met verschillende combinaties van bestuivers. Als bestuivers zijn honingbijen (*Apis mellifera*), aardhommels (*Bombus terrestris*) en metselbijen (*Osmia bicornis* en *Osmia cornuta*) ingezet, in verschillende dichtheden. Op één locatie zijn twee percelen uitgezet, waarbij in het perceel BicN de rosse metselbij (*Osmia bicornis*) is uitgezet, en in het perceel CorN de gehoornde metselbij (*Osmia cornuta*). Op de locatie BicB, met een groter aaneengesloten areaal blauwe bes, is daarnaast binnen het perceel gekeken naar verschillen in bestuiving.

### 4.3.1 Honingbijen

Op alle locaties worden honingbijen ingezet voor de bestuiving. Gemiddeld maken de bedrijven gebruik van 3.0 tot 4.5 volk per ha. Om een inschatting te maken van de aantallen vlieg-/haalbijen per ha, is uitgegaan van een gemiddelde populatie-toename van de bijen tussen half april en 1 juni, van 12,000 naar 38,000 volwassen bijen per volk (Hooper, 1981). Gemiddeld genomen rekenen we in deze periode met ca. 25,000 volwassen bijen per volk. De verhouding tussen vlieg-haalbijen en huis-/broedbijen is in deze periode niet eenvoudig vast te stellen, maar om een grove inschatting te maken, is uitgegaan van een globale verhouding van 1:1. We rekenen met een gemiddelde van 12,500 vlieg-/haalbijen per volk in de bloeiperiode van de blauwe bes.



Figuur 4-1 Kasten honingbijen naast het perceel Liberty op locatie BicH.

### 4.3.2 Aardhommels

In principe maken de telers op alle locaties gebruik van de inzet van aardhommels, maar in sterk variërende aantallen (Tabel 4-2). Op de locaties BicH en NuIN is gebruik gemaakt van Tripols (Koppert) met 3 volken per eenheid, op de locatie BicB is gebruik gemaakt van een combinatie van Tripols met 3 volken, en Twinboxen (Agrobio) met 2 volken per eenheid. Op de locaties BicN en CorN is in het voorjaar van 2015 geen gebruik gemaakt van de inzet van aardhommels tijdens de bloeiperiode van de blauwe bes.

### 4.3.3 Metselbijen

De betrokken telers maken gebruik van rosse metselbijen (*Osmia bicornis*) voor de bestuiving van blauwe bes. *Osmia*'s behoren tot de Megachilidae, een grote familie van bijen, die ongeveer 1/5 van alle bijensoorten omvat. *Osmia bicornis* is een polylectische bijensoort, wat betekent dat ze van een groot aantal planten stuifmeel verzamelt. De metselbijen zijn solitaire bijen, waarbij elk vrouwtje na paren in het voorjaar haar eigen nest bouwt. De vrouwtjes van *Osmia bicornis* vliegen gedurende ongeveer 6 weken, in de periode tussen begin april en midden juni. Een nest bestaat uit een opeenvolging van broedcellen, waarbij elke broedcel voorzien wordt van stuifmeel en een variabele, maar in het algemeen heel beperkte (<4%) hoeveelheid nectar. In elke broedcel wordt één ei gelegd, waarna de cellen worden dichtgemetseld met specie. Een vrouwtje heeft ongeveer 10 verzamelvluchten nodig voor het vullen van één broedcel. Samen met het afwerken van de celwand, kost dat vaak een dag (Van Breugel, 2014). Afhankelijk van de lengte van de nestgang, kan een vrouwtje wel 12 broedcellen achter elkaar bouwen. Voor het uiteindelijk dichtmaken van de nestgang gebruikt het vrouwtje een dikke prop specie. Vlak achter de ingang van de nestgang, bevindt zich altijd een lege kamer, een atrium of vestibule, om te voorkomen dat het nest door sluipwespen wordt leeggehaald. Als de larven uitkomen, eten ze de stuifmeelvoorraad op, maken een cocon, verpoppen, en ondergaan aan het einde van de zomer metamorfose. Ze overwinteren als volwassen bijen in de cocons, en komen in het voorjaar uit zodra de temperatuur omhoog gaat. Doordat *Osmia*'s in een volwassen stadium overwinteren, vliegen ze relatief vroeg in het jaar vergeleken met andere Megachilidae. In Zuid-Duitsland vliegt 85% van 20 *Osmia* soorten in mei of vroeger, terwijl maar 15% van andere Megachilidae dit doet (Bosch et al, 2001). Dit maakt *Osmia* ook een interessante bestuiver voor vroegbloeiende gewassen. Voor de proefopzet hebben we met verschillende dichtheden per ha gewerkt (Tabel 4-2). Bij de bepaling van de dichtheid is uitgegaan van een gemiddelde sexe-verhouding van 1:3 (aantal dochters/totaal aantal nakomelingen). In werkelijkheid bepaald het vrouwtje onder meer naar gelang de hoeveelheid voedsel of ze meer in dochters of in zonen investeert. De verhouding tussen vrouwtjes en mannetjes ligt dus niet vast, maar kan van jaar tot jaar verschillen. Duits onderzoek naar de variabiliteit van de sexe-verhouding bij *Osmia bicornis*, vond een gemiddelde ratio van 0,387 (dochters/totaal aantal nakomelingen) (Seidelmann et al, 2010). Op één locatie is op één perceel (BicN) de rosse metselbij uitgezet, en op een ander perceel (CorN) de gehoornde metselbij (*Osmia cornuta*).



Figuur 4-2 Nesthuizen voor rosse metselbijen (*Osmia bicornis*) aan het begin van de teelt op locatie BicH. De tetra pakken bevatten de cocons met jonge bijen. Voor de nesthuizen is gaas aangebracht om predatie door vogels te voorkomen.

Tabel 4-2 Inzet van bestuivers op de verschillende locaties, weergegeven in aantallen vlieg-/haalbijen per ha (honingbij), aantallen werksters (aardhommels) en aantallen vrouwtjes (metselbijen).

	Honingbij	Aardhommel	Metselbij
BicH	37.500	4.050	467
NulN	56.250	3.857	-
BicN	43.750	-	427
CorN	43.750	-	267
BicB	43.750	508	113

#### 4.3.4 Hoeveelheid bestuivers in relatie tot bestuivingsvraag

Om meer zicht te krijgen op de limitatie van de bestuiving op een aantal percelen door een tekort aan bestuivers, hebben we niet alleen naar de hoeveelheid ingezette bestuivers per ha gekeken, maar de hoeveelheid bestuivers vergeleken met de totale vraag aan bestuiving op het perceel, in de vorm van het aantal bloemen. We hebben een schatting gemaakt van het aantal bloemen per perceel, door aan het begin van de teelt van 4 representatieve planten (op één locatie 3) het totale aantal knoppen te tellen. Uit de tellingen aan de knoppen en bloemen in de verschillende behandelingen, hebben we het gemiddelde aantal bloemen per knop afgeleid. Voor het berekenen van het totale aantal bloemen is het gemiddeld aantal bloemen/knop van hand- en natuurlijk bestoven takken van elke locatie gebruikt. Met behulp van de plantdichtheid is dit omgerekend naar het totale hoeveelheid bloemen per ha.

#### 4.4 Waarnemingen bestuivers

##### 4.4.1 Transecten

Om de aanwezigheid en aantallen van zowel de uitgezette als de natuurlijke bestuivers tijdens de bloei te bepalen, zijn er op elk perceel inventarisaties gedaan van bloembezoek door de verschillende bestuivers. Uitsluitend bestuivers die daadwerkelijk op de bloemen fourageren zijn geteld. Daarvoor zijn er verdeeld over elk perceel 8 transecten uitgezet van 25 meter lengte, in

lijnen parallel aan de plantrijen blauwe bes. Op elk perceel werden 3 bemonsteringsrondes uitgevoerd, met uitzondering van de percelen BicB en het perceel BicN, waar 2 rondes zijn uitgevoerd, doordat de bloeiperiode van de blauwe bes korter was. De waarnemingen zijn uitgevoerd bij temperaturen  $\geq 15^{\circ}\text{C}$  (max.  $23^{\circ}\text{C}$ ), en zoveel mogelijk bij zonnig of licht bewolkt weer (soms halfbewolkt of bewolkt), bij weinig wind en een droge vegetatie.

#### 4.4.2 Populatie toename metselbijen

Aan het eind van het seizoen is van elke locatie bepaald hoeveel cocons van metselbijen er aanwezig waren in de nesthuizen. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de cocons van de rosse of de gehoornde metselbij. Ook is het (ongesorteerde) gemiddelde gewicht van 500 cocons bepaald.

#### 4.5 Stuifmeelanalyse

Stuifmeel uit de nesthuizen van de metselbijen is geanalyseerd op herkomst. In de nesthuizen zijn kartonnen kokers geplaatst, en nog voor het einde van de bloei van de blauwe bes zijn de gevulde kokers uit de nesthuizen gehaald. Kokers die al gevuld waren met stuifmeel voordat de blauwe bessen in bloei waren (door het te vroeg uitzetten van de metselbijen), zijn aan het begin van de bloei gemarkeerd, zodat ze niet voor analyse meegenomen zijn. Het stuifmeel is geanalyseerd door het Institut für Bienenkunde in Celle, door determinatie van 500 pollen tot op het niveau van plantengeslacht. In het algemeen wordt in de wetenschappelijke literatuur verondersteld dat hoeveelheden stuifmeel van een specifieke plantensoort  $<5\%$  (Haider et al, 2013) of kleiner dan  $1\%$  (MacIvor et al, 2014) 'vervuiling' zijn, en mogelijk onbedoeld verzameld bij het fourageren op nectar. Omdat we voor deze studie specifiek geïnteresseerd zijn naar de aanwezigheid van stuifmeel van *Vaccinium*, zijn ook heel lage hoeveelheden stuifmeel (met een detectiegrens van  $0.2\%$ ) meegenomen.



Figuur 4-3 Stuifmeel analyse uit nestgangen. Links: doorgesneden kartonnen kokers met broedcellen. Rechts: verschillende soorten stuifmeel in één broedcel, met aan de linkerkant de larve.

#### 4.6 Bestuivingsbehandelingen

##### 4.6.1 Proefopzet

Per locatie zijn in verschillende rijen in totaal 3 plots geselecteerd, met 3 planten per plot. De plots zijn zo goed mogelijk verdeeld over het hele perceel, behalve op locatie BicB, waar vanwege de grootte van het perceel deze plots aan de kant van de opgestelde nesthuizen bij de bosrand, maar wel ca. 25 uit de rand van het bos zijn geplaatst. Op 13 april werd van elk van deze planten werd één scheut gemarkeerd. De scheuten bevatten 18-49 bloemknoppen. Daarnaast is er op alle

bedrijven van 3-4 planten het totale aantal knoppen per plant geteld. Dit aantal vormt een indicatie voor het totaal aantal bloemen per hectare, een maat voor de bestuivingsvraag op de verschillende percelen. De 3 planten in elk van de 3 plots kregen elk een andere behandeling wat betreft de manier van bestuiven.



*Figuur 4-4 Plot met 3 behandelingen in blauwe bessenperceel op locatie Bich. Van drie planten zijn de takken die behandeld en geogst worden gemarkeerd met gekleurde labels.*

**Exclosures** De eerste behandeling is een behandeling waarbij er geen bestuiving door insecten, maar wel door de wind kan plaatsvinden. De scheuten zijn afgedekt met zakken gemaakt van polyethyleen insectengaas met een maaswijdte van 1.7x1.4 mm (Rovero, Mononet 1000). Volgens de specificaties van de producent geeft dit gaas 20% schaduwwerking, en 30% windreductie. De gazen zakken zijn tijdens de bloei met tiewraps vastgemaakt over de scheuten, en vastgezet met stokken zodat de zakken zo min mogelijk met de bloemen in aanraking komen. Direct na de bloei (18 juni) zijn de zakken verwijderd. Deze behandeling geeft weer wat de opbrengst en zetting van het ras Liberty zou zijn, bij volledige afwezigheid van bestuivers in het landschap.

**Natuurlijke bestuiving** De tweede behandeling is een behandeling waarbij de scheuten op een natuurlijke manier bestoven worden, zoals dit ook voor de andere planten in het perceel geldt. Voor elk perceel geldt dat er een andere populatie van ingezette bestuivers en wilde bestuivers actief is. Door de resultaten van de natuurlijke bestuiving te vergelijken met de maximale bestuiving (handbestuiving), kan beoordeeld worden of er een beperking van de zetting en opbrengst optreedt, door een tekort aan bestuivers op het perceel.

**Handbestuiving** Bij de laatste behandeling worden de planten met de hand bestoven, met stuifmeel van op alle percelen het aangrenzende, vrijwel gelijktijdig bloeiende ras Aurora. Om het stuifmeel uit de bloemen van Aurora vrij te maken, werd een groot aantal geopende bloemen van Aurora geplukt, en werd de onderkant van de bloem tussen de vingers gerold. Wanneer de meeldraden rijp zijn en de helmknoppen openspringen, wordt het vrijgekomen stuifmeel opgevangen op een gladde zwarte ondergrond. Veelal moet een groot aantal bloemen op die manier behandeld worden, omdat lang niet alle bloemen in het juiste stadium zijn om hun stuifmeel los te laten. Het stuifmeel is vervolgens met een kwastje op de stamper van de bloemen van de behandelde scheuten aangebracht. De handbestuiving werd op twee verschillende

tijdstippen tijdens de bloei van de blauwe bes uitgevoerd. Uit onderzoek is gebleken dat de bloemen van Highbush blauwe bes maar circa 5 dagen ontvankelijk zijn voor bestuiving. De beste zetting en het hoogste aantal zaden wordt bereikt als de bestuiving plaatsvindt tussen 0 en 4 dagen na het opengaan van de bloemen. Op de 5<sup>e</sup> dag neemt het effect op de zetting al sterk af (Kirk en Isaacs, 2012). Om een volledig gemaximaliseerde bestuiving te krijgen, zou handbestuiving dus nog vaker tijdens de bloei moeten plaatsvinden, maar vanwege de arbeidsintensieve behandeling was dit maar beperkt mogelijk. De takken die handbestoven zijn, zijn niet afgedekt, dus kunnen ook door natuurlijke bestuivers en door de wind bestoven worden. Hiermee is deze behandeling representatief voor een maximale bestuiving.

## **4.7 Vruchtzetting, oogst en intensiteit van bestuiving**

### **4.7.1 Vruchtzetting**

Ter bepaling van de vruchtzetting werden ten tijde van de bloei alle bloemen aan de betreffende scheuten geteld. Omdat bij de exclusures de bloemen moeilijk telbaar waren door de aanwezigheid van het gaas, is hier bij het weghalen van de gaaszakken het aantal littekens van de afgevallen bloemsteeltjes per tros geteld. De zetting is berekend als het aantal totaal geoogste vruchten (inclusief groene vruchten aan het einde van de teelt) ten opzichte van het aantal bloemen. Deze waarde is dus lager dan de initiële vruchtzetting, doordat er rui kan zijn opgetreden in de weken na de initiële vruchtzetting.

### **4.7.2 Oogst**

Ter bepaling van de vruchtkwaliteit werd van de blauwe bessen per oogstronde het aantal bessen en het gemiddelde gewicht van de bessen bepaald. In totaal zijn er op alle bedrijven 4 oogstrondes geweest, die allemaal uitgevoerd zijn vlak voor het oogstmoment door het bedrijf zelf. Op de percelen BicN en CorN zijn maar 3 oogstrondes uitgevoerd. Alle bessen die tijdens de laatste oogstronde nog groen waren, zijn niet meegenomen in de opbrengstcijfers. De totale oogstperiode voor Liberty omvat een periode van 6 weken, tussen het moment van de eerste pluk (laatste week juli op locatie BicH) en laatste pluk (eerste week september op locatie NulN).

### **4.7.3 Bestuivingsintensiteit**

Als maat voor de bestuivingsintensiteit is het gemiddelde aantal grote pitten per vrucht bepaald, op elk van de oogstrondes. In blauwe bessen zitten een groot aantal zaden. De kleinere zaden (met een oppervlak <0.6 mm<sup>2</sup>) kiemen minder goed dan grote zaden (Chen et al, 1998). Een betere bestuiving zorgt voor grotere zaden, en het aantal grote zaden is gerelateerd aan het besgewicht. De methode die we gebruiken is ontwikkeld op basis van de methode die gebruikt is door Ehlenfeldt en Martin (2010). Hiertoe zijn van elke oogstronde 20 bessen random geselecteerd. Van dit submonster is het gewicht bepaald, en vervolgens is het monster in een bekersglas fijngestampt met toevoeging van 1 ml pectinase en een kleine hoeveelheid water, zodat de bessen net onderstaan. De fijngemaakte monsters hebben 24 uur bij kamertemperatuur gestaan om het pulp van de zaden te scheiden. Vervolgens is door middel van decanteren de pulp massa gescheiden van de zaden, en zijn de zaden op een filter gedroogd. De droge zaden zijn gezeefd over een 0.63 mm zeef om alle zeer fijne, slecht ontwikkelde zaden te verwijderen. Vervolgens zijn de overgebleven pitten per monsters gefotografeerd op een lichtbak, en geteld met behulp van de software Image-J. Hieruit is het gemiddelde aantal pitten per bes berekend.

## 5 Resultaten

### 5.1 Bloei blauwe bes en uitzetten metselbijen

De start van de bloei van Liberty in het voorjaar van 2015 liep op de verschillende locaties twee weken uit elkaar. De winter van 2014-2015 was een buitengewoon zachte winter, waarbij in het zuiden van Nederland de maand maart aan de koude kant was, met een beperkte hoeveelheid regen. April was in het zuiden zachter dan normaal, en een heel zonnige maand (KNMI, 2015). Vlak voor de eerste bloempjes opengingen, zijn op 13 april de bloemknoppen geteld aan de scheuten die gemarkeerd zijn voor de proef. Op dat moment zijn zakken van insectengaas om de windbestoven scheuten bevestigd. Vanaf half april begon de bloei van de blauwe bes op de vroegste locatie (BicH). Op 6 april werden op locatie BicH de metselbijen uit de koeling gehaald, en op 10 april zijn de cocons in het veld uitgezet. Op locatie BicB zijn de metselbijen op 16 april uitgezet, en op locaties BicN en CorN zijn zowel de rosse als de gehoornde metselbij op 20 april uitgezet in het veld. Op locatie NulN zijn geen metselbijen ingezet. Vanaf 29 april (vroegste locatie) is er op de verschillende locaties handbestuiving toegepast.

### 5.2 Waarnemingen bestuivers

De eerste waarnemingen van bestuivers zijn op 29 april uitgevoerd in de vroegst bloeiende percelen BicH en NulN. Eén week later, op 7 en 8 mei zijn de eerste transecten gelopen op de locaties BicN, CorN en BicB. De tweede vangstronde is op 13 mei in de percelen BicH en NulN, en op 22 mei in de percelen BicN, CorN en BicB. Tijdens de derde vangstronde op perceel BicH op 27 mei zijn de kasten met honingbijen al van het perceel gehaald, en zijn er nog maar weinig bloemen. De derde vangstronde in de percelen BicN en BicB zijn komen te vervallen omdat de blauwe bes hier uitgebloeid was bij de derde bemonsteringsronde eind mei.

#### 5.2.1 Waarnemingen honingbijen

Het aantal honingbijen per vangronde van 200 m transecten, loopt per bedrijf en per vangronde sterk uiteen. In de meeste gevallen zien we weinig honingbijen bij temperaturen van 15-16°C, met uitzondering van de locatie BicN, waar we bij 15°C aan het eind van de middag (tussen 17:30-18:00) in totaal 63 honingbijen tellen. Onder zonnige omstandigheden en bij hogere temperaturen (18-23°C) laten de honingbijen zich meer zien, en kunnen soms massaal op het gewas vliegen, zoals aan het begin van de middag (13:00-14:45) op locatie NulN, waar 333 honingbijen in één vangronde geteld werden. Tijdens de derde vangstronde op locatie BicH, waren de kasten met honingbijen al weggehaald, en was het gewas vrijwel uitgebloeid. Bij de derde waarnemingsronde op locatie NulN, zijn ook honingbijen waargenomen die aan inbraak door hommels drinken.

Op de locatie BicN hebben we bij de data analyse gekeken naar de vraag of er een effect kon worden gezien van de hoogspanningsleiding, die aan één kant over het perceel loopt, op het gedrag van honingbijen. Op deze locatie [in het *Osmia bicornis* perceel] liggen de 8 transecten verdeeld over een perceel Liberty met verschillende plantjaren: 5 transecten in rijen met plantjaar 2013, en 3 transecten in rijen met plantjaar 2009. De jongere planten stonden later in bloei, en van deze transecten met jongere planten, liggen 2 transecten onder een hoogspanningsleiding. Bij de eerste waarnemingen van bestuivers, stonden de jongere planten nog niet allemaal in bloei. Hier zien we gemiddeld dan ook lagere aantallen bestuivers dan in de oudere planten. We zien daarnaast – onafhankelijk van de

leeftijd van de planten - een toenemende gradient van het aantal honingbijen per transect, in relatie tot de afstand tot de hoogspanningsleiding. Tegelijkertijd bevinden de kasten met honingbijen zich echter ook op een punt dat het verst verwijderd is van de hoogspanningsleiding. De gradient zou dus ook het gevolg kunnen zijn van de afstand tot de kasten met honingbijen. Daar staat echter tegenover dat de vliegradius van honingbijen veel groter is dan de afstand van de kasten tot de uiterste perceelsgrens (ca. 300 meter). Door de plaatsing van de honingbijkasten ten opzichte van het perceel, en de verschillende leeftijden van de planten, is het echter niet mogelijk een éénduidige conclusie te trekken wat betreft het gedrag van honingbijen in relatie tot de aanwezigheid van de hoogspanningsleiding.

### 5.2.2 Waarnemingen aardhommels

We vinden geen rechtstreeks verband tussen het aantal uitgezette aardhommels op de bedrijven, en de waarnemingen in het veld. Opvallend is het hoge aantal aardhommels in BicH (137 hommels in 3 vangstrondes, waarvan 6 koninginnen), vergeleken met het perceel NulN (45 hommels in 3 vangstrondes, waarvan 4 koninginnen). Op beide percelen is een groot aantal hommels ingezet: 4050/ha in BicH, vergeleken met 3857/ha in NulN. Daarnaast zijn er in het perceel CorN 62 aardhommels geteld (waarvan 1 koningin), terwijl er in dit perceel géén commercieel gekweekte aardhommels zijn uitgezet. Gezien het grote aantal koninginnen, is het waarschijnlijk dat op alle bedrijven een deel van de populatie uit wilde aardhommels bestaat. Opvallend is ook dat op locatie BicB, de aantallen hommels het hoogste zijn in de hoek van het perceel vlakbij het natuurgebied het Schuitwater, maar dat vlakbij de Tripols in het midden van het perceel geen of weinig hommels waargenomen zijn. De dichtheid aan uitgezette aardhommels op dit bedrijf is echter ook laag (508/ha). Bij de laatste vangstrondes worden veel zoekende hommels waargenomen, en veel bloemen met 'inbraak' gaatjes (Figuur 5-1). Andere bestuivers, zoals honingbijen, maken ook van deze inbraakplekken gebruik om nectar te drinken.



*Figuur 5-1 De gaatjes aan de voet van de kroonbladeren van de blauwe bes worden onder andere gemaakt door korttongige hommels. Door deze 'inbraak' kunnen ze toch bij de nectar komen, maar omzeilen ze ook het contact met de meeldraden en stamper in de bloem, waardoor geen bevruchting plaatsvindt.*



### 5.2.3 Waarnemingen rosse metselbij

Op twee van de drie percelen waar de rosse metselbij *Osmia bicornis* is uitgezet (BicN en BicB), zijn geen metselbijen waargenomen tijdens de vangstrondes. Op het perceel BicH zijn juist relatief hoge aantallen *Osmia*'s in het veld gezien, met name tijdens de eerste vangronde op 29 april (11:30-13:30, half bewolkt-bewolkt, 15°C). Behalve vrouwtjes is er ook één nectar-drinkend mannetje waargenomen op de bloemen. Bij de tweede vangstronde op dit perceel (13 mei) is er 1 metselbij waargenomen, en bij de laatste vangronde (27 mei) geen. De laatste vangstronde was vrijwel tegen het einde van de bloeitijd, en mogelijk zijn de vrouwtjes op dat moment ook al uitgevlogen. Op dit perceel zijn de *Osmia*'s al vroeg uitgezet (10 april in het veld), waardoor half mei de nestblokken al vrijwel geheel gevuld zijn. Al bij de start van de bloei van de blauwe bes waren er nestgangen gevuld. Deze zijn gemarkeerd en niet meegenomen voor stuifmeelanalyse. In het perceel zijn bijna 9x zoveel hommels uitgezet als metselbijen. De verhouding 'uitgezette hommels : metselbijen' (8,7 : 1) is gelijk aan de verhouding tussen de 'bloembezoekende hommels' : 'metselbijen' (8,6 : 1) bij de eerste vangronde op dit perceel.

Op locatie BicB waren de omstandigheden waaronder de *Osmia*'s zijn uitgezet suboptimaal: de cocons lagen te dicht gestapeld in de tetrapakken, en de tetrapakken met cocons zijn door de wind uit de bekisting gewaaid. Daarnaast zijn de nestblokken aan de zijkant onvoldoende lichtdicht gemaakt, waardoor de nestgangen onvoldoende gevuld zijn. Mogelijk zijn veel metselbijen naar het achterliggende natuurgebied gevlogen. Het is onduidelijk waarom in het perceel BicN geen rosse metselbijen werden waargenomen tijdens de vangstrondes. *Osmia bicornis* is hier vanwege de latere bloei van het gewas pas op 20 april in het veld gezet. De *Osmia*'s hebben zich desondanks in dit perceel redelijk vermenigvuldigd (10.6 geogste cocons/vrouwtje).

### 5.2.4 Waarnemingen gehoornde metselbij

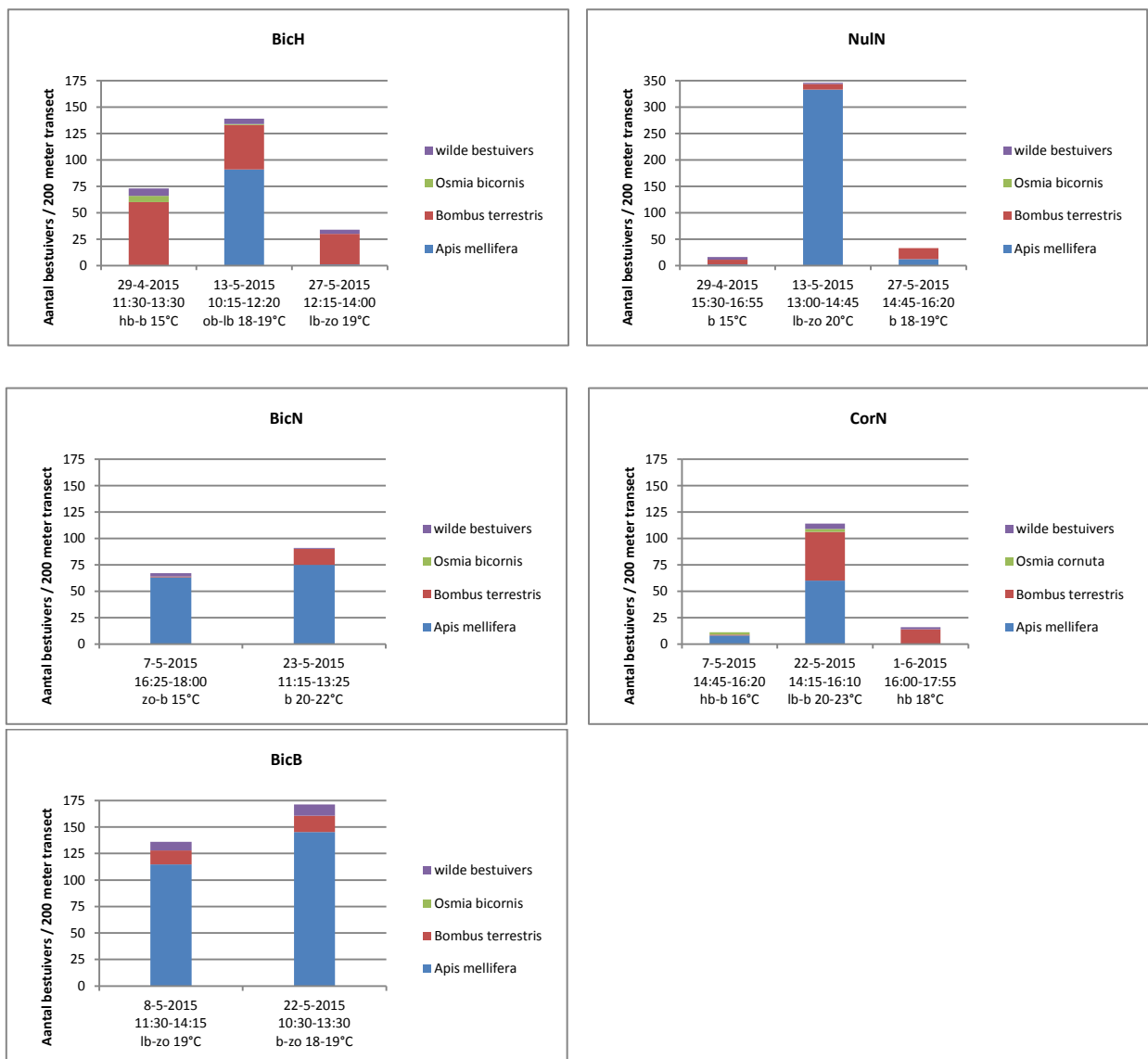
Op het perceel CorN is de gehoornde metselbij, *Osmia cornuta* uitgezet. Tijdens twee van de drie vangstrondes zijn bloembezoekende metselbijen waargenomen. Beide bemonsteringsrondes waren op dit perceel later in de middag (14:15-16:20), en zowel onder koude (16°C) als warme (20-23°C), licht bewolkte en bewolkte omstandigheden. De laatste vangronde was relatief laat na het uitzetten van de *Osmia*'s (1 juni), waardoor de vrouwtjes mogelijk al uitgevlogen zijn. De *Osmia cornuta*'s zijn op dit perceel op 20 april uitgezet, aan de vroege kant met betrekking tot de bloei van het gewas. Aan het begin van de bloei van de blauwe bes, waren een aantal nestgangen in de nestblokken al gevuld. Deze zijn gemarkeerd, en niet meegenomen voor stuifmeelanalyse. De *cornuta*'s hebben zich op het perceel slecht vermenigvuldigd. Gemiddeld heeft elk vrouwtje voor 2.9 cocons gezorgd. Door de sexe-ratio van 1:3, betekent dit dat er evenveel cocons geogst zijn dan dat er uitgezet waren. Een gedeelte van de nestblokken is in dit perceel ook nat geworden doordat er regenwater in de bekisting is blijven staan.

### 5.2.5 Waarnemingen wilde bestuivers

De diversiteit aan wilde bestuivers die we aantreffen op blauwe bes is laag (6 verschillende soorten op alle bedrijven samen), en betreft voornamelijk hommelssoorten. Het resultaat is vergelijkbaar met het onderzoek van De Groot et al (2015), waar in 17 percelen Duke en Liberty 1 - 6.5 soorten wilde bijen werden aangetroffen. Dit contrasteert echter sterk met de diversiteit aan wilde bestuivers op percelen blauwe bes in het buitenland. Een paar voorbeelden zijn Michigan, waar op percelen highbush blauwe bes 166 verschillende soorten wilde bijen op 15 bedrijven werden

waargenomen (Tuell et al, 2009), percelen lowbush blauwe bes (*Vaccinium angustifolium*) in Maine, waar 124 soorten wilde bijen werden aangetroffen op in totaal 40 percelen (Bushman en Drummond, 2015), of in het oosten van Canada, waar in lowbush blauwe bes 95 verschillende soorten wilde bestuivers werden aangetroffen (Cutler et al, 2015). Enerzijds geven deze getallen het potentieel aan dat wilde bestuivers kunnen leveren, maar aan de andere kant ook de huidige biodiversiteit-arme situatie op de Nederlandse blauwe bessenpercelen.

Op alle bedrijven treffen we de akkerhommel (*Bombus pascuorum*) aan. Gezien het soms grote aantal koninginnen, zijn op alle bedrijven ook wilde aardhommels (*Bombus terrestris*) actief, naast de uitgezette kolonies. Op de locaties BicH, NulN en CorN treffen we de weidehommel aan (*Bombus pratorum*). Op locatie BicB treffen we ook de steenhommel (*Bombus lapidarius*) en de groefbij (*Lasioglossum*) aan. Op de locatie BicN treffen we ook op *Vaccinium* gespecialiseerde bosbesbij (*Andrena lapponica*) aan.



Figuur 5-2 Aantallen bestuivers per vangronde per 200 meter transect. Op de x-as staan onder de datum, het tijdstip en de weersomstandigheden (zo=zonnig, lb=lichtbewolkt, hb=halfbewolkt, b=bewolkt) en temperatuur vermeld.

**Andrena lapponica** De bosbesbij *Andrena lapponica* is een in Nederland vrij zeldzame bijensoort, die tot het geslacht van de zandbijen hoort. Het is een solitair levende bij, die vliegt van begin april tot en met juli. De hoofdvliegtijd ligt voor zowel de vrouwtjes als de mannetjes begin mei. *Andrena lapponica* nestelt in zelf gegraven nesten. Deze zandbij is een oligolectische soort. Dit betekent dat ze gespecialiseerd is in één plantensoort, in dit geval juist de *Vaccinium* soorten zoals bosbes, vossebes en blauwe bes (Westrich, 1996). Sommige populaties van de bosbesbij zijn echter ook beschreven als polylectisch, en fourageren op het stuifmeel van *Salix* (Wilg) en *Heliathemum* (Zonneroosje), wanneer er geen *Vaccinium* voorhanden is (Gogala, 2011). Ook voor Nederland is beschreven dat *Andrena lapponica* op andere soorten kan vliegen (onder andere Paardenbloem en Gewone ereprijs), wanneer *Vaccinium* afwezig is.

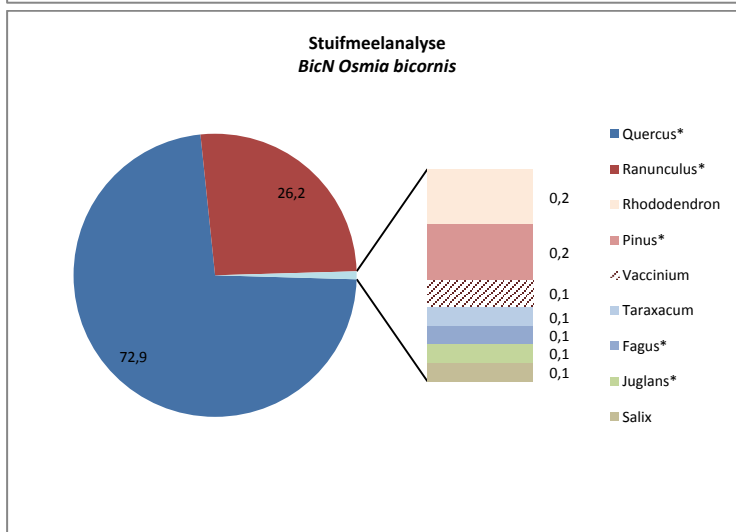
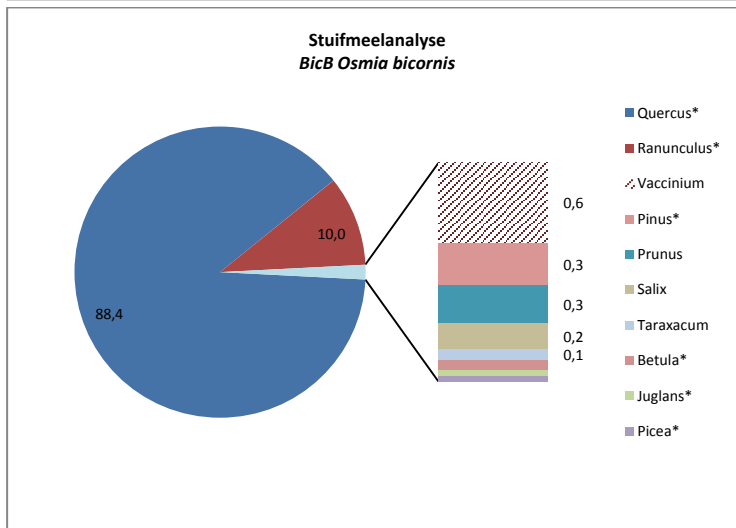
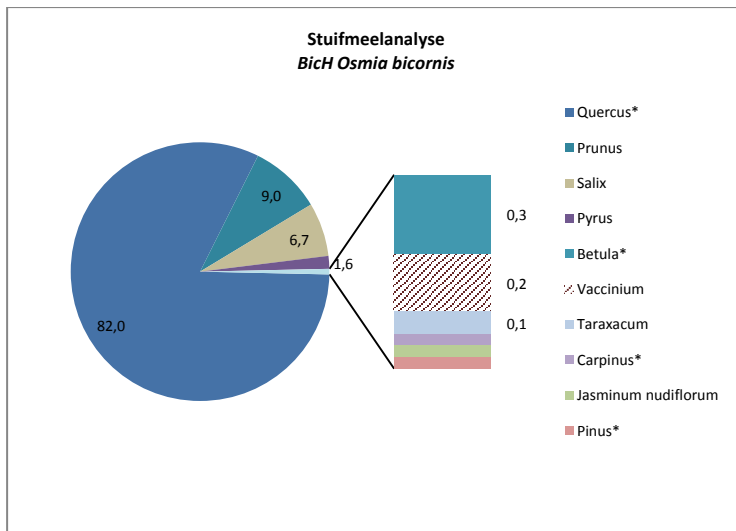
### 5.3 Stuifmeelanalyse

Halverwege de bloeiperiode van de blauwe bes, op 18 mei, zijn volle kartonnen kokers uit de nesthuizen gehaald op de verschillende locaties. Stuifmeel uit de verschillende broedcellen in één koker is gecombineerd tot een sample dat door één vrouwtje verzameld is in de loop van een aantal dagen. Per locatie zijn in totaal 5 submonsters van elk 500 stuifmeelkorrels geanalyseerd. Voor zover mogelijk was elk submonster afkomstig uit een ander nesthuis. Bij de locatie CorN was dit niet mogelijk, omdat in een aantal nesthuizen de kartonnen kokers nat zijn geworden. De resultaten staan afgebeeld in Figuur 5-3 en Figuur 5-4. In totaal is er stuifmeel van 19 soorten planten gevonden in de nesthuizen van de rosse metselbij, *Osmia bicornis* en de gehoornde metselbij, *Osmia cornuta*. Op de percelen waar alleen de rosse metselbij is uitgezet, werd van 13 verschillende plantensoorten stuifmeel aangetroffen. Op het perceel waar de gehoornde metselbij is uitgezet, is het stuifmeel echter niet alleen van de gehoornde metselbij afkomstig. Bij telling van de cocons in het nesthuis, bleek dat ook de rosse metselbij van deze nesthuizen gebruik heeft gemaakt. Op het moment van het oogsten van de kokers met stuifmeel, was echter niet duidelijk of de nestgangen gevuld waren door rosse of gehoornde metselbijen, dus is het stuifmeel naar alle waarschijnlijkheid ook van beide bestuivers afkomstig.

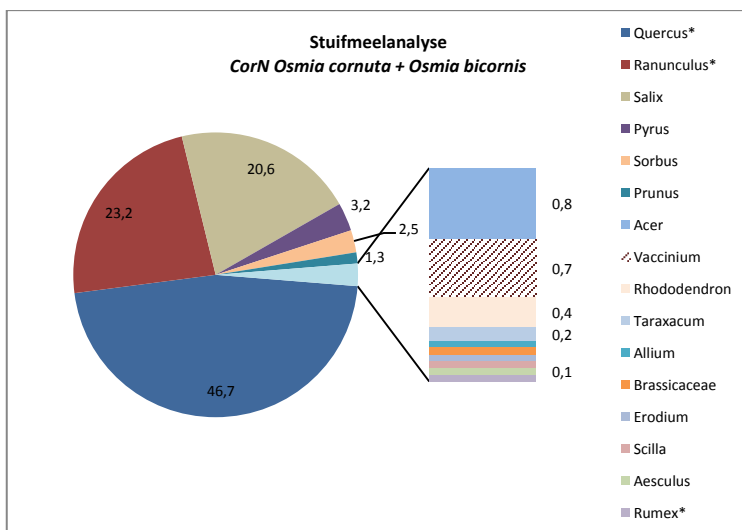
Stuifmeel van blauwe bes is op locatie BicB in alle monsters aangetroffen, op de locatie BicH in 60% van de monsters. Op de locatie BicN is in het perceel met rosse metselbijen in 40% van de monsters stuifmeel van blauwe bes gevonden, op locatie CorN met de gehoornde metselbij in 100% van de monsters. Het stuifmeel van blauwe bes vormt echter in alle monsters maar een heel laag percentage van de totale hoeveelheid stuifmeel van alle plantensoorten. Dit varieert van 0.2 tot 1.4% van de totale hoeveelheid stuifmeel in de percelen met de rosse metselbij. In de nestkasten van de gehoornde metselbij worden iets hogere percentages blauwe bessenstuifmeel aangetroffen: 2.2%. Dit betekent zeer waarschijnlijk dat het stuifmeel van blauwe bes wordt meegenomen tijdens het fourageren op nectar, maar niet actief wordt verzameld.

In de nestgangen van de rosse metselbij is 73-88% van het stuifmeel afkomstig van *Quercus* (eik). Daarnaast is op de locaties BicN, CorN en BicB gemiddeld 10-26% van het stuifmeel afkomstig van *Ranunculus*. In één sample op locatie CorN (perceel met gehoornde metselbij) werd 92% stuifmeel van *Ranunculus* aangetroffen. Tot dit plantengeslacht behoren onder andere de boterbloemen en de waterranonkels. De eik is een windbestuiver, die geen nectar bevat, maar wel stuifmeel met een hoog eiwitgehalte (38.8%) (MacIvor et al, 2014). *Ranunculus* is een plantengeslacht met heel weinig nectar. Op twee locaties is een relatief groot percentage stuifmeel afkomstig van *Salix* (wilg). Daarnaast is interessant dat op de locatie waar de gehoornde metselbij is uitgezet, 7% van het

stuifmeel afkomstig is van planten uit de rozenfamilie: *Pyrus* (peer), *Prunus* (onder andere Amerikaanse vogelkers, sleedoorn, zoete kers, laurierkers) en *Sorbus* (lijsterbes).



Figuur 5-3 Percentage verzamelde stuifmeel van drachtplanten door de rosse metselbij, voor de stuifmeelvoorziening van het broed. Voor elke locatie is het gemiddelde bepaald door determinatie van 5 x 500 pollenkorrels. Plantensoorten aangemerkt met een \* bevatten geen (windbestuivers) of weinig nectar.



Figuur 5-4 Percentage verzamelde stuifmeel van drachtplanten door een combinatie van de rosse metselbij en de gehoornde metselbij, voor de stuifmeelvoorziening van het broed, op locatie CorN. In het perceel zijn gehoornde metselbijen uitgezet, maar hebben ook rosse metselbijen nestgangen aangelegd. Het gemiddelde is bepaald door determinatie van 5 x 500 pollenkorrels. Plantensoorten aangemerkt met een \* bevatten geen (windbestuivers) of weinig nectar.

## 5.4 Populatietoename metselbijen

De populatietoename van de metselbijen verschilt sterk per locatie (zie Tabel 5-1). Daarnaast was er een groot verschil tussen de populatietoename van de rosse metselbij, en die van de gehoornde metselbij. De rosse metselbij heeft zich het sterkst vermenigvuldigd op het perceel in BicH, waar ook de meeste metselbijen in het gewas zijn waargenomen. De laagste populatiegroei vond plaats in BicB. Dit kan mogelijk veroorzaakt zijn door de conditie van de cocons (te dicht gestapeld in de tetrapakken; door de wind uit de omhuizing geblazen), door onvoldoende afdichting van de nesthuizen aan de zijkant (nestgangen niet donker genoeg) of door vervlieging van de metselbijen in het achtergelegen natuurgebied. De achteruitgang van de gehoornde metselbijen (*Osmia cornuta*) op locatie CorN, kan veroorzaakt zijn door ongunstige weersomstandigheden. De mannetjesbijen zijn direct uitgekomen, maar direct na het uitzetten volgde een periode met koud weer. Hierdoor heeft het lang geduurd voordat de vrouwtjes gingen vliegen, en zijn de laatste vrouwtjes mogelijk niet meer bevrucht. Daarnaast hebben een aantal van de nesthuizen op deze locatie last gehad van waterschade, doordat er water in de omhuizing is blijven staan. De gehoornde metselbij heeft ook stuifmeel verzameld van boterbloemen, wat mogelijk toxisch is voor de larven (zie ook de discussie).

Tabel 5-1 Populatiegroei van metselbijen op de verschillende locaties. Op de locaties BicH en BicB zijn alleen rosse metselbijen uitgezet. Voor de percelen BicN en CorN (met ligging op hetzelfde bedrijf) zijn het totaal aantal uitgezette rosse en gehoornde metselbijen op de twee percelen, vergeleken met de oogst aan cocons aan het einde van het seizoen. Omdat de rosse metselbij, *Osmia bicornis*, ook genesteld heeft in de nesthuizen op het '*Osmia cornuta*' perceel, zijn voor de 'oogst' aan rosse metselbijen cocons, ook de cocons in de '*Osmia cornuta*' nesthuizen meegenomen.

	nesthuizen	cocons uitgezet	cocons geoogst	vermenigvuldigings- factor	100-stuksgewicht (gram)
BicH	8	1400	16.187	11.6	13
BicN	8	1600	8.250	5.2	12
CorN	8	1600	1.558	0.97	17
BicB	8	1200	2.410	2.0	11

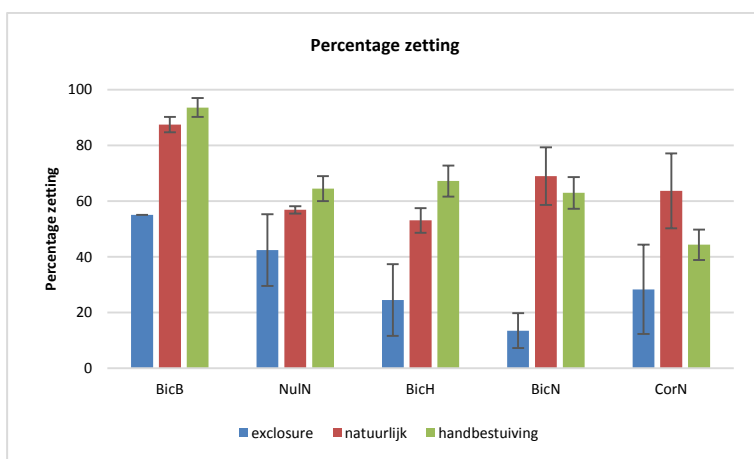


Figuur 5-5 Vrouwje van de gehoornde metselbij (*Osmia cornuta*) voor de ingang van een nestblok op het perceel CorN.

## 5.5 Effect van bestuiving op de oogst

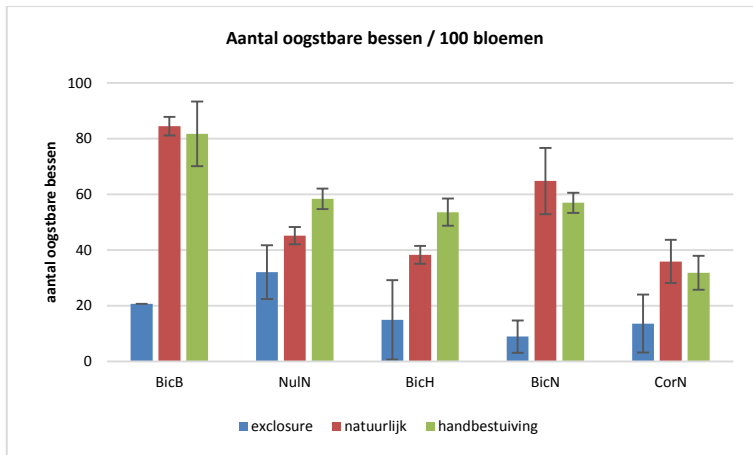
### 5.5.1 Vruchtzetting

In Figuur 5-6 staat het gemiddelde percentage zetting op de verschillende locaties, bij de verschillende behandelingen. Het percentage zetting is bepaald door aan het einde van de teelt te meten hoeveel vruchten (inclusief onrijpe vruchten en groene 'kraaltjes') er geoogst zijn, en dit te vergelijken met het totale aantal bloemen. Dit getal is (waarschijnlijk) lager dan de initiële vruchtzetting, doordat verlies van vruchten door rui ook meegenomen is in dit percentage. De gemiddelde vruchtzetting in de windbestoven behandelingen is significant lager (32.7%) dan in de natuurlijk bestoven (66,1%) en handbestoven (66.7%) behandelingen. Het verschil in zetting tussen handbestuiving en natuurlijke bestuiving is echter niet significant verschillend. Er is ook een significant verschil tussen de locaties, waarbij het percentage zetting op de locatie BicB significant hoger is dan op de andere 4 locaties. Uit de proef blijkt niet waardoor de zetting op deze locatie in alle behandelingen hoger is.



Figuur 5-6 Gemiddeld percentage zetting bij windbestuiving (exclosure), natuurlijke bestuiving en handbestuiving op de verschillende locaties.

Wanneer we Figuur 5-6 vergelijken met Figuur 5-7, waarin het aantal oogstbare bessen per 100 bloemen is weergegeven (onafhankelijk van grofheid, inclusief industriebessen), zien we dat er van de windbestoven takken nauwelijks oogstbare vruchten komen (18,5% van de bloemen), vergeleken met de natuurlijk bestoven (53,6%) en handbestoven (57,4%) takken. De vruchten aan de windbestoven takken blijven vaak heel klein en rijpen niet op tijd af (groene ‘kraaltjes’).



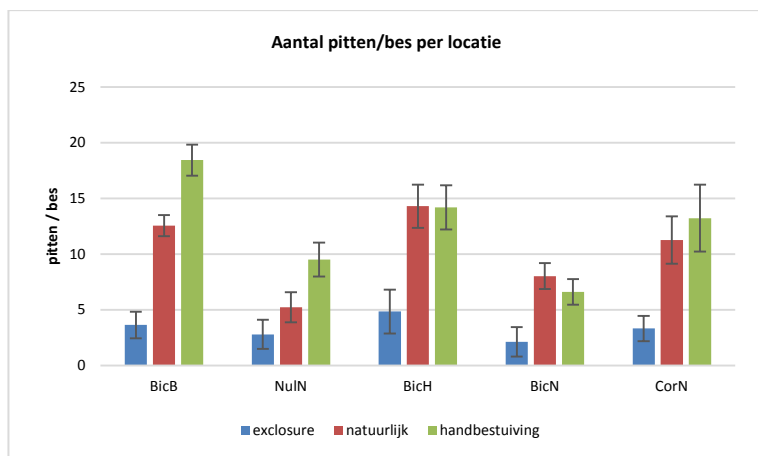
Figuur 5-7 Gemiddeld aantal oogstbare bessen per 100 bloemen bij windbestuiving (exclosure), natuurlijke bestuiving en handbestuiving op de verschillende locaties.

### 5.5.2 Aantal pitten per bes en besgewicht

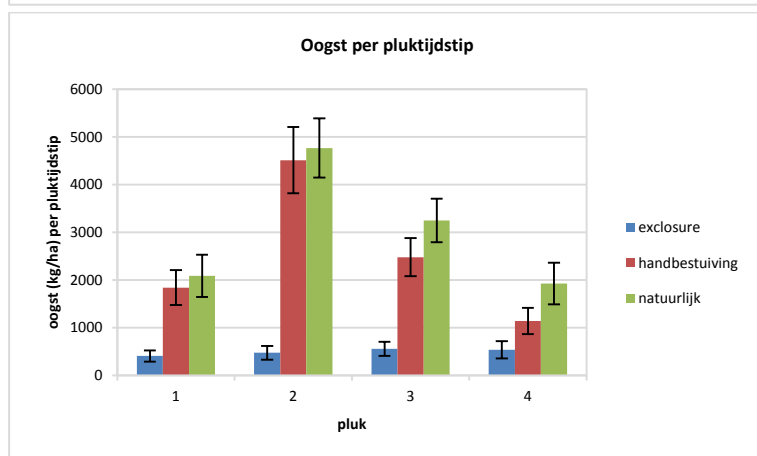
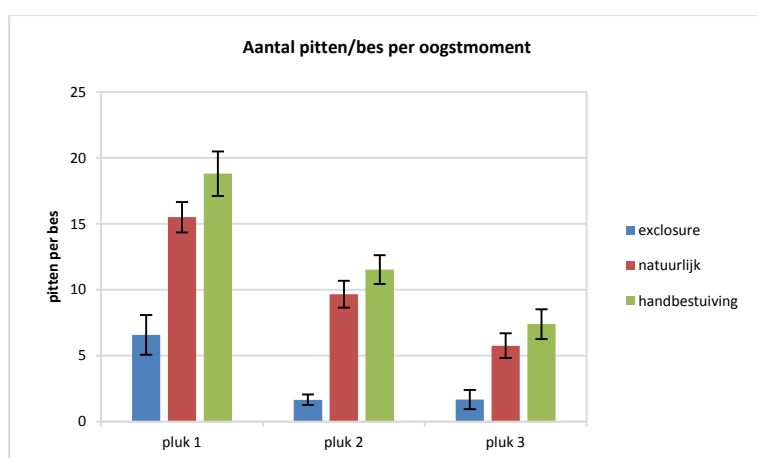
Het aantal pitten per bes is een maat voor de intensiteit waarmee de bloemen bestoven zijn. Een inefficiënte bestuiving leidt tot een klein zaadje, dat minder levensvatbaar is. Vaak moet een bloem meerdere keren bezocht worden, om voor een volledige bestuiving te zorgen. Dit hangt echter ook af van het type bestuiver. In deze proef is het aantal grotere zaden (>0.63 mm) in de bessen bepaald, als maat voor de intensiteit van de bestuiving.

In Figuur 5-8 is het gemiddelde aantal pitten per bes weergegeven voor de verschillende bestuivingsbehandelingen, op de verschillende locaties. We zien in deze figuur dat de verschillende behandelingen niet op alle bedrijven hetzelfde effect hebben. Op alle bedrijven, behalve op locatie NulN, zien we dat er in de windbestoven behandelingen significant minder pitten per bes aanwezig zijn. Gemiddeld hebben de bessen uit de windbestoven behandelingen 4,0 pitten/bes, de bessen uit de natuurlijk bestoven behandelingen 10,3 pitten/bes en de bessen uit de handbestoven behandelingen 12,6 pitten/bes. We zien grote verschillen tussen de bedrijven, wat betreft het verschil tussen de handbestoven en de natuurlijk bestoven takken. Op sommige bedrijven is er geen verschil in het aantal pitten/bes tussen deze twee behandelingen, terwijl op de locaties BicB en NulN het verschil significant is. Een groot verschil tussen het aantal pitten per bes in de natuurlijke en handbestoven behandelingen wijst op een suboptimale bestuiving. Dit zou kunnen komen door een tekort aan bestuivers, door het type bestuivers (niet elke bestuiver is even effectief bij één bloembezoek), maar mogelijk ook door onvoldoende kruisbestuiving.

In Figuur 5-9 is het aantal pitten per bes weergegeven voor de eerste 3 oogstmomenten (bovenste figuur). Op alle bedrijven is 4 keer geoogst, behalve op de locaties BicN en CorN. Ter vergelijking is ook de gemiddelde oogsthoeveelheid per ha voor de 4 plukmomenten weergegeven (onderste figuur). Het aantal pitten per bes neemt sterk af tussen de verschillende oogstmomenten. Het is bekend dat bessen met een groter aantal pitten sneller afrijpen dan bessen met minder pitten.



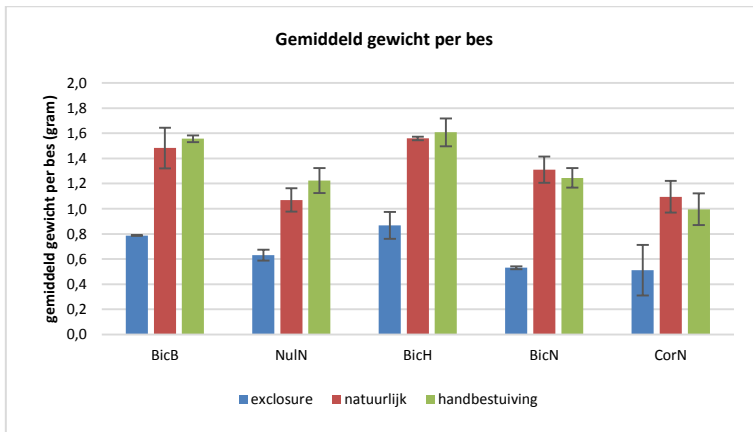
Figuur 5-8 Het gemiddelde aantal pitten per bes in de verschillende bestuivingsbehandelingen op de verschillende locaties, als maat voor de intensiteit van de bestuiving.



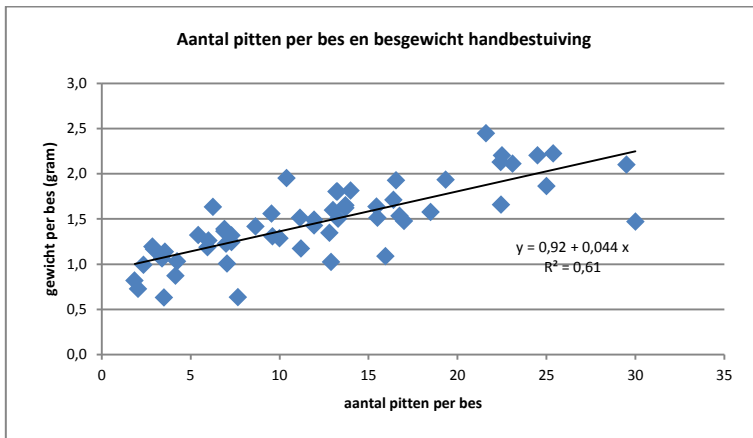
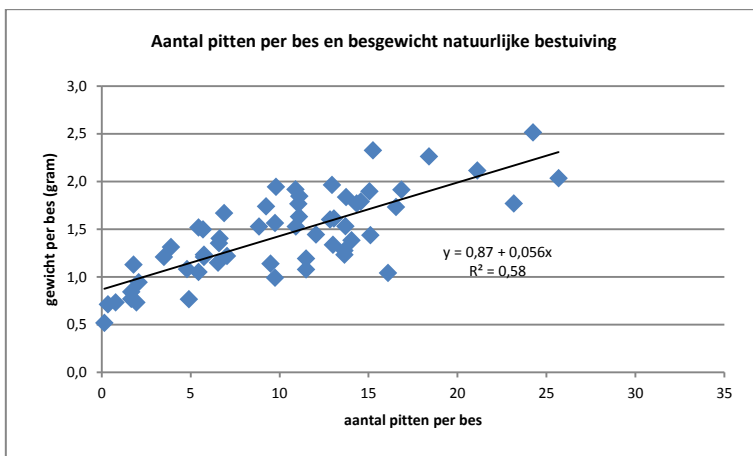
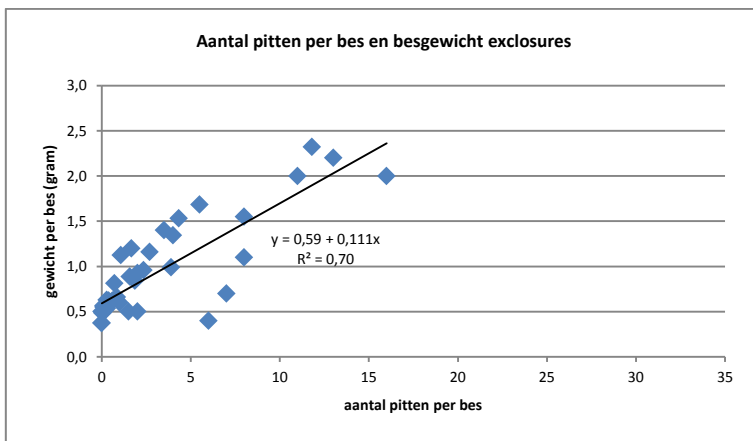
Figuur 5-9 Het gemiddelde aantal pitten per bes op de verschillende oogstmomenten, als maat voor de intensiteit van de bestuiving. Bij de bepaling van de aantallen pitten/bes zijn alleen de eerste 3 oogstmomenten meegenomen. Op alle bedrijven is 4x geoogst, met uitzondering van de locaties BicN en CorN.

In Figuur 5-10 is het gemiddelde besgewicht zien voor de verschillende locaties, en de verschillende behandelingen. Ook hier zien we een significant verschil tussen de windbestoven takken en de overige behandelingen. Vruchten van windbestoven takken hebben een gemiddeld besgewicht van 0,65 gram, terwijl het besgewicht van de natuurlijke bestoven (1,30 gram) en handbestoven takken (1,33 gram) niet significant van elkaar verschillen. Het gemiddelde besgewicht van de locaties BicH en BicB, is significant hoger dan van de locaties BicN, CorN en NuIN.





Figuur 5-10 Het gemiddelde gewicht per bes op de verschillende locaties, en bij de verschillende behandelingen.



Figuur 5-11 Relatie tussen het gemiddelde aantal pitten per bes, en het gewicht per bes, voor de verschillende behandelingen: windbestoven bloemen (exclusures), natuurlijke bestuiving en handbestuiving.

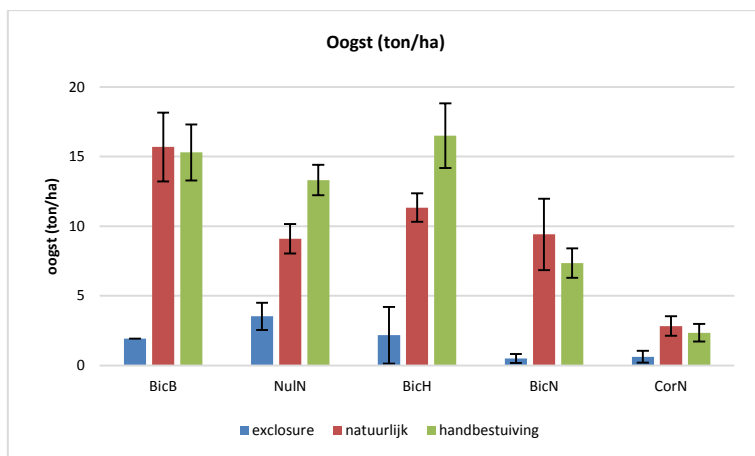
In Figuur 5-11 staat de relatie tussen het gemiddelde aantal pitten per bes en het gemiddelde vruchtgewicht van de bessen voor de verschillende behandelingen. We vinden een correlatie ( $R^2$  0,58) voor het aantal zaden en het vruchtgewicht in de natuurlijk bestoven percelen, en ( $R^2$  0,61) in de handbestoven percelen. Dit is overeenkomstig met eerder gevonden correlaties ( $R^2$  0,59) (Eaton, 1967) en Moore et al (1972) voor een groot aantal rassen Highbush blauwe bessen. Het snijpunt van de lijn met de Y-as laat zien dat ook zonder pitten, er een vruchtgewicht van 0,87 gram bereikt wordt in Liberty. Ehlenfeldt en Martin (2010) vonden op dezelfde manier een relatie met het aantal pitten voor Bluecrop, waarbij het snijpunt met de Y-as op 0,97 gram ligt.

Voor een hoger vruchtgewicht is er een betere bestuiving, en zijn er ook meer pitten nodig zijn. Bij de windbestoven takken loopt de lijn steiler omhoog: bij een kleiner aantal pitten wordt een hoger besgewicht bereikt. Dit is in overeenstemming met de veel lagere zetting in de windbestoven behandelingen. Doordat er in totaal minder vruchten aan de tak hangen, is het gemiddelde gewicht per bes ook hoger. Hierbij moet ook nog meegenomen worden dat alleen de oogstbare vruchten geanalyseerd zijn op pitten. De grote hoeveelheid groene 'kraaltjes' in de windbestoven behandeling is dus niet geanalyseerd op het aantal pitten. De iets betere zetting in de handbestoven percelen zorgt er waarschijnlijk ook voor dat de lijn in de grafiek iets vlakker loopt dan die van de natuurlijk bestoven percelen.

### 5.5.3 Oogst blauwe bes

Uit de combinatie van het aantal bloemen per hectare, het percentage zetting, en het gemiddelde geogste gewicht per 100 bloemen, kan een schatting worden gemaakt van de totale oogsthoeveelheid per ha voor de verschillende behandelingen en op de verschillende locaties. In Figuur 5-12 is weergegeven welk effect de verschillende behandelingen hebben op de oogsthoeveelheid. Hieruit blijkt dat in een situatie zonder bestuivers (windbestoven exclusies) de verwachte oogsthoeveelheid in Liberty sterk terugloopt, naar 0.5 – 3.5 ton/ha. Dit betekent dat bij het ras Liberty 61-95% van de oogst afhankelijk is van de aanwezigheid van bestuivers.

Uit de verschillen tussen handbestuiving en natuurlijke bestuiving, volgt dat op een tweetal bedrijven de situatie wat betreft bestuivingsintensiteit suboptimaal is. Zowel de zetting als het gemiddelde vruchtgewicht (het aantal zaden per bes) kunnen hiervoor verantwoordelijk zijn. De oogsthoeveelheid in hand- en natuurlijk bestoven percelen, laat op deze bedrijven een verlies in oogst zien van 4.2-5.2 ton/ha. Voor beide bedrijven betekent dit een opbrengstverlies van 31-32% ten opzichte van een situatie met handbestuiving. Daarbij moet opgemerkt worden dat de situatie met handbestuiving niet de 'maximale' situatie wat betreft bestuiving laat zien. Voor een 'maximale' situatie zou er gedurende de bloeiperiode van de blauwe bes, minimaal om de 4 dagen een handbestuiving moeten zijn uitgevoerd. De bedrijven waar de natuurlijke bestuiving wel tot een hogere opbrengst heeft geleid dan de handbestuiving, laten dit ook zien.



Figuur 5-12 Inschatting van oogsthoeveelheid per ha voor de verschillende behandelingen, en op de verschillende locaties, op basis van een inschatting van het aantal bloemen per ha, de gemiddelde zetting, en het gemiddelde vruchtgewicht in de verschillende behandelingen.

## 5.6 Relatie bestuivingslimitatie en intensiteit bestuivers

### 5.6.1 Bestuivingsvraag

Om de verschillende bedrijven te kunnen vergelijken wat betreft de inzet van bestuivers, en een eventueel tekort aan bestuiving, is een inschatting gemaakt van de bestuivingsvraag. Uit de tellingen van knoppen en bloemen op de behandelde takken, blijkt dat het gemiddelde aantal bloemen per knop significant verschilt tussen de behandelingen. In de windbestoven behandelingen werden gemiddeld 6.0 bloemen/knop geteld, in de natuurlijk bestoven en handbestoven behandelingen gemiddeld 7.8 bloemen/knop. Afhankelijk van de leeftijd van de planten en de manier van snoeien, verschilt het gemiddelde aantal knoppen per plant sterk op de verschillende bedrijven, waardoor het aantal bloemen per ha ook sterk uiteenloopt voor de verschillende percelen (Tabel 5-2): de schatting van de bestuivingsvraag loopt uiteen van 6.9 tot 19.0 miljoen bloemen per ha.

Tabel 5-2 Bestuivingsvraag op de verschillende locaties blauwe bes: aantallen bloemen/knop (gemiddelde van de handbestoven en natuurlijk bestoven behandelingen), bloemknoppen/plant en bloemen/ha. De plantdichtheid van Liberty is niet op alle percelen gelijk.

Locatie	Bloemen/knop	Bloemknoppen/plant	Bloemen/ha
BicH	8,76	597	19,00.106
NulN	7,52	749	18,77.106
BicN	6,78	343	10,33.106
CorN	7,99	216	6,91.106
BicB	7,63	462	11,75.106

### 5.6.2 Ingezette en waargenomen bestuivers in verhouding tot de bestuivingsvraag

Vervolgens kunnen we het aantal uitgezette, en het aantal waargenomen bestuivers vergelijken met de grootte van de bestuivingsvraag op de verschillende percelen, door het aantal bestuivers uit te drukken per 100.000 bloemen (Tabel 5-3). Met name het aantal waargenomen aardhommels blijkt soms veel hoger te zijn dan de hoeveelheid uitgezette aardhommels. Waarschijnlijk komen er dan ook veel aardhommels vanuit de omgeving het perceel in. Ook voor de metselbijen geldt dat het aantal waargenomen metselbijen soms hoger is dan het aantal uitgezette metselbijen. Dit kan

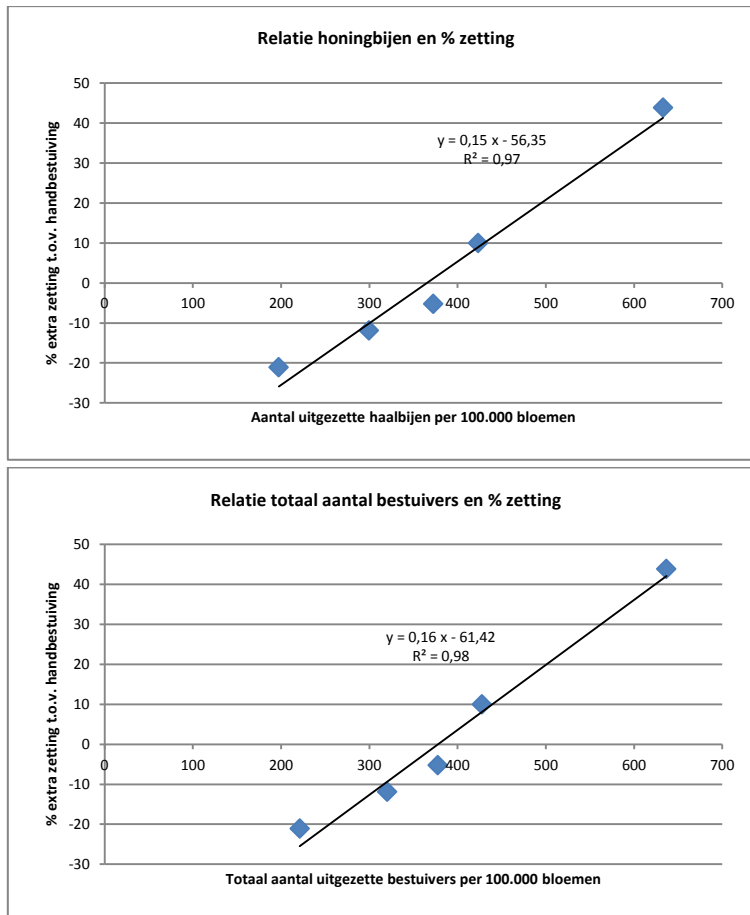
deels komen doordat de waargenomen metselbijen ook mannetjes bevatten, terwijl bij de uitgezette metselbijen alleen de vrouwtjes weergegeven zijn.

*Tabel 5-3 Aantallen ingezette en waargenomen bestuivers op de verschillende locaties, omgerekend naar aantallen bestuivers per 100.000 bloemen. Voor de honingbijen betreft het een schatting van het aantal haalbijen; voor de metselbijen zijn het aantal vrouwtjes weergegeven bij de uitgezette bestuivers, en het totaal aantal waarnemingen (ook aan mannetjes) bij de waargenomen bestuivers.*

	BicH	NulN	BicN	CorN	BicB
<b>Uitgezette bestuivers</b>					
Honingbij	197,4	299,7	423,4	632,8	372,4
Aardhommel	21,3	20,6	0	0	4,3
Metselbij	2,5	0	4,1	3,9	1,0
<b>Waargenomen bestuivers</b>					
Honingbij	43,5	102,7	133,6	65,6	184,4
Aardhommel	48,8	12,1	15,5	58,8	20,3
Metselbij	3,3	0	0	4,8	0
Wilde bestuivers	5,7	2,1	3,9	6,7	13,2

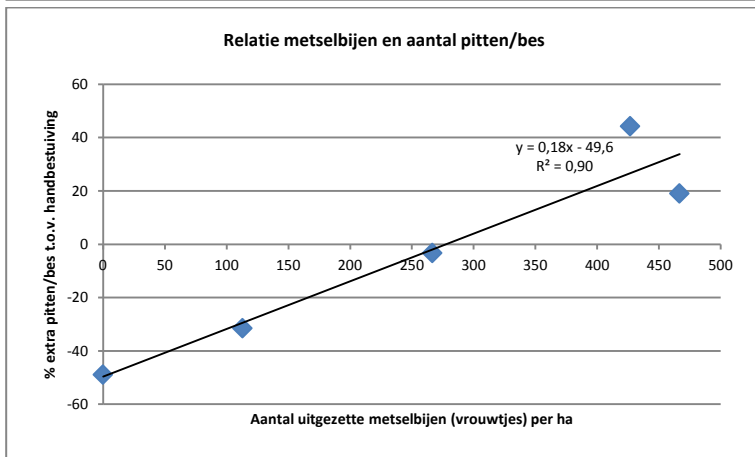
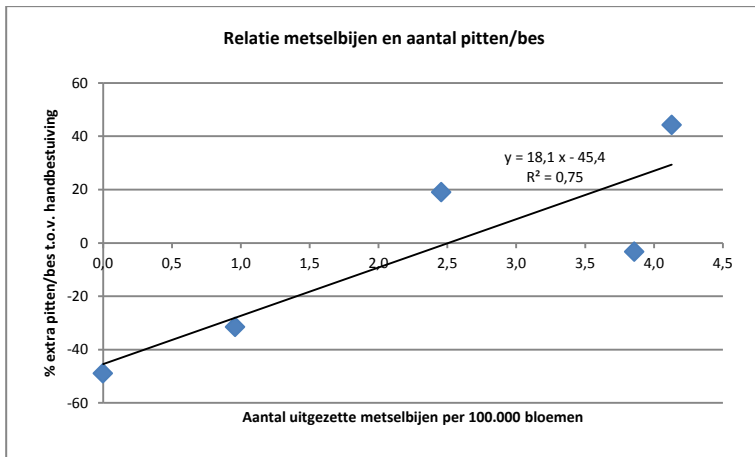
We kunnen het belang van de aantallen uitgezette bestuivers en waargenomen bestuivers onderzoeken, door deze te vergelijken met het percentage zetting en het aantal pitten per bes. Om andere omgevingsfactoren zoveel mogelijk uit te sluiten, hebben we de effecten op de zetting en het aantal pitten, uitgedrukt in het percentage extra zetting of het percentage extra pitten/bes ten opzichte van de behandeling met handbestuiving. In eerste instantie hebben we handbestuiving beschouwd als een 'gemaximaliseerde' bestuiving, en om deze reden hebben we deze als referentie aangehouden. Hoewel we maar 5 locaties kunnen vergelijken, vinden we significante relaties met de totale ingezette hoeveelheid bestuivers, de hoeveelheid ingezette honingbijen, en de hoeveelheid ingezette metselbijen. We vinden geen relatie met de hoeveelheid ingezette hommels, of met de waargenomen hoeveelheden bestuivers tijdens de vangrondes.

De totale hoeveelheid ingezette bestuivers op de verschillende percelen, wordt sterk bepaald door de totale hoeveelheid honingbijen (zie Tabel 5-3). In Figuur 5-13 is een sterke correlatie te zien tussen het aantal ingezette honingbijen per 100,000 bloemen, en het verschil in percentage zetting van de vrij bestoven bloemen ten opzichte van de handbestuiving. De regressielijn snijdt de x-as bij 376 bijen per 100.000 bloemen. Op dit snijpunt in de grafiek is er geen verschil tussen handbestoven en natuurlijk bestoven bloemen. Bij een gemiddeld perceel met  $13 \cdot 10^6$  bloemen/ha, is dit gelijk aan 3.9 bijenvolken/ha (met een gemiddelde grootte van 12.500 haalbijen/vliegbijen in de periode half april-juni). In een perceel met een veel hoger aantal bloemen per ha, zoals op de locaties BicH en NulN, zou het interessant zijn om te onderzoeken of een groter aantal bijen inderdaad tot een toename van de zetting zou zorgen.



Figuur 5-13 Relatie tussen de aantallen ingezette bestuivers (haalbijen en totaal aantal bestuivers per 100.000 bloemen), en het percentage extra zetting ten opzichte van de handbestoven takken.

Een zelfde soort, maar minder sterke correlatie vinden we tussen het aantal uitgezette metselbijen per 100.000 bloemen, en het percentage afname in het aantal pitten/bes ten opzichte van de handbestoven bloemen (zie Figuur 5-14). De regressielijn kruist de x-as bij een inzet van 2,5 vrouwtje per 100.000 bloemen. Dit punt geeft aan dat er geen verschil is in het aantal pitten/bes tussen de vrij bestoven bloemen en de handbestoven bloemen. Het aantal pitten/bes is dan echter nog niet maximaal, omdat er ook locaties zijn die een extra aantal pitten/bes laten zien ten opzichte van de handbestuiving. Bij een gemiddeld blauwe bessenperceel met  $13 \cdot 10^6$  bloemen/ha, komt dit neer op een inzet van 325 vrouwtjes/ha. Bij een globale sexe-verhouding van 1:3 (totaal aantal dochters/totaal aantal nakomelingen) komt dit neer op in totaal 975 cocons/ha. Wanneer het aantal metselbijen wordt uitgedrukt per ha (onderste figuur) ligt het snijpunt bij 276 vrouwtjes/ha, of 827 cocons/ha. Net zoals bij de eerder gevonden relatie met honingbijen, geldt ook hier dat de figuur geen bewijs is voor een oorzaak-gevolg relatie!



Figuur 5-14 Relatie tussen het aantal uitgezette metselbijen (aantal vrouwjes per 100.000 bloemen), en het percentage extra pitten/bes ten opzichte van handbestoven takken (boven); en uitgedrukt ten opzichte van het aantal uitgezette metselbijen (aantal vrouwjes) per ha .

## 6 Discussie

### 6.1 Verschillende rollen bestuivers

In dit onderzoek vinden we een sterke correlatie tussen de aanwezigheid van honingbijen en de zetting van de blauwe bes. Hoewel het aantal honingbijenkasten per ha voor alle bedrijven vrijwel gelijk was, is het aantal bloemen per ha, de 'bestuivingsvraag' sterk verschillend. Wanneer we de hoeveelheid honingbijen uitdrukken per 100.000 bloemen, zien we een sterke correlatie met het verschil in % zetting van de natuurlijke ten opzichte van de handbestuiving. Verrassend is dat we ook een correlatie vinden tussen de aantallen metselbijen, en de hoeveelheid zaad per bes ten opzichte van de handbestoven bloemen. Hoewel de resultaten voorzichtig geïnterpreteerd moeten worden vanwege het kleine aantal bedrijven en de resultaten van slechts één seizoen, is dit mogelijk een bevestiging van de bestuivingsefficiëntie van metselbijen. Mogelijk hebben metselbijen hun eigen 'niche' in de manier waarop ze de bloemen bezoeken en 'behandelen', waardoor ze ondanks hun beperkte aanwezigheid, toch effect kunnen hebben op de zaadzetting. Dit kan ook een indicatie zijn voor de verschillende rollen die bestuivers vervullen, en een stimulans om verder te kijken naar de waarde van het inzetten van meerdere soorten bestuivers in de teelt.

### 6.2 Herkomst stuifmeel in nesthuizen

Het stuifmeel van blauwe bes is niet makkelijk toegankelijk voor bestuivers. Het stuifmeel komt uit poriën in de helmknoppen naar buiten, en om het stuifmeel te bemachtigen, moeten bijen de bloem intensief bewerken door op de helmdraad te slaan of te trommelen. Hommels en houtbijen doen dit met een hele snelle vleugelbeweging (buzz pollination). Bijen en hommels verzamelen stuifmeel vermengd met nectar, aan de buitenkant van de achterpoten, om het terug naar het nest te transporteren. Doordat dit stuifmeel is vermengd met speeksel en nectar, is het niet geschikt voor de bestuiving van de stempel. Het zijn juist de losse pollenkorrels, die tijdens het bewerken van de bloem toevallig in het haarkleed van de dieren blijven hangen, die voor de bestuiving het meeste van belang zijn. Die kunnen bij een volgend bloembezoek er weer uitvallen en voor bevruchting van de stempel zorgen (Kubersky en Boecking, 2007). Metselbijen verzamelen het stuifmeel in de haren op hun buik, de 'buikschuier'. In tegenstelling tot honingbijen, is het stuifmeel 'droog', en valt het gemakkelijk van hun lichaam als ze zich tussen bloemen bewegen.

Een belangrijke vraag is daarbij of het type stuifmeel dat we aantreffen in de nesthuizen, een indicatie is voor hun waarde als bestuivers voor blauwe bes. Een gedeelte van de tijd fourageren metselbijen op stuifmeel dragende gewassen (zoals bijvoorbeeld eik) en een gedeelte van de tijd verzamelen ze nectar voor hun eigen energievoorziening (op bijvoorbeeld blauwe bes). Daarbij zijn waarnemingen van zowel vrouwtjes als mannetjes metselbijen in het veld belangrijk. Een gedetailleerder onderzoek naar het fourageergedrag gedurende de dag is van belang om hier meer zicht op te krijgen. In het verleden werd vooral aandacht besteed aan het gedrag van vrouwtjes (bijvoorbeeld de tijdsperiode tussen wegvliegen van het nest en terugkomen), maar niet aan de tijd die ze doorbrengen op nectarhoudende planten, of aan het fourageergedrag van mannetjes bijen. Uit dit onderzoek volgt dat als de metselbijen inderdaad een bijdrage leveren aan de bestuiving van blauwe bes, dit waarschijnlijk zowel door de vrouwtjes als door de mannetjes gedaan wordt. De bestuiving vindt dan plaats tijdens het fourageren op nectar, en niet tijdens het verzamelen van stuifmeel voor de broedcellen, aangezien hier meestal andere plantensoorten zoals eik voor gebruikt worden. Daarnaast is het interessant om te kijken hoe de bestuivingsefficiëntie van één

bloembezoek door metselbijen eruit ziet, ook als dit bloembezoek voor hun vooral een bron van nectar is. De vraag is of ze tijdens dit bloembezoek de helmdraden voldoende 'bewerken' met hun poten, om voldoende 'los' stuifmeel mee te nemen tussen hun haren, en zo tot een efficiënte bestuiving komen.

Voor de populatiegroei van metselbijen, is het nodig dat de larven voldoende eiwitrijk stuifmeel tot hun beschikking hebben. Eik is in dit opzicht een goede stuifmeelbron voor de larven, omdat het percentage eiwit veel hoger is dan dat van blauwe bes. Canadese onderzoekers die gekeken hebben naar de stuifmeel specialisatie van de metselbijen *Osmia pumila* en *Osmia caerulescens*, vermoeden dat de metselbijen rekening houden met het eiwitgehalte van het stuifmeel. In hun onderzoek was stuifmeel van witte klaver (*Trifolium repens*) of één van twee windbestoven boomsoorten (berk of eik) dominant. Wanneer de metselbijen stuifmeel van eik verzamelden, was de diversiteit aan andere soorten stuifmeel in het algemeen kleiner dan wanneer ze stuifmeel van berk verzamelden. Volgens de onderzoekers zou dit een gevolg kunnen zijn van het relatief lage eiwitgehalte (28%) in berkenpollen ten opzichte van eik (38.8%). (Maclvor et al, 2014) Blauwe bes bevat stuifmeel met een laag gehalte aan eiwit (13.9%). Peer (*Pyrus communis*), een stuifmeelsoort die door de gehoornde metselbij wordt verzameld, bevat meer eiwit (26.2%) (Somerville, 2005). *Ranunculus* stuifmeel bevat 17.8 - 19.4% eiwit (Szczęśna, 2006; Radmacher en Strohm, 2010). Metselbijen verzamelden ook stuifmeel van *Pinus* in kleine hoeveelheden, dat slechts 7% eiwit bevat (Kerkvliet, 1999)

Onderzoek naar het verzamelde stuifmeel van de gehoornde metselbij in Duitsland (Radmacher en Strohm, 2010), liet een lage diversiteit van stuifmeel in de broedcellen zien, waarbij de meerderheid bestaat uit eik of esdoorn. Aan het einde van het vliegseizoen verzamelden de metselbijen ook een mengsel van klaproos (*Papaver* sp.) en boterbloem (*Ranunculus* sp.). De onderzoekers zagen dat puur eiken of puur esdoorn stuifmeel, een zelfde coongewicht oplevert dan een hoge diversiteit aan stuifmeel in de broedcel. Zij veronderstellen dat de vrouwtjes van de gehoornde metselbij onder natuurlijke omstandigheden tijdelijk specialiseren op één of twee plantensoorten met een hoge hoeveelheid stuifmeel, om de hoeveelheid verzamelde stuifmeel per tijdseenheid maximaal te maken. Dit gedrag beperkt de hoeveelheid tijd die nodig is om één broedcel te vullen. Terwijl Esdoorn zowel stuifmeel als nectar bevat, is eik wind-bestoven, en geeft grote hoeveelheden stuifmeel, maar geen nectar. Aangezien de vrouwtjes nectar nodig hebben voor hun eigen energievoorziening, moeten ze andere planten bezoeken voor nectar.

In een studie naar de verwantschap en voorkeur voor drachtplanten van 17 soorten *Osmia*'s, hebben Haider et al (2013) een aantal patronen in het stuifmeelgebruik metselbijen ontdekt. Van de onderzochte metselbijen zijn 5 soorten heel gespecialiseerd in drachtplant (oligolectisch). Dit betekent dat meer dan 95% van het volume aan pollenkorrels tot één plantenfamilie behoort, of dat 90% van de vrouwtjes alléén deze pollenkorrels op haar lichaam draagt. De andere soorten zijn polylectisch, en verzamelen stuifmeel van 5 tot 19 plantenfamilies. Het onderzoek van Haider laat zien dat bloemen die geen of heel weinig nectar bevatten, zoals *Quercus*, *Ranunculus* en *Juglans* (walnoot), een belangrijke rol spelen in de clade waarin de rosse metselbij zich bevindt (64.9% van het stuifmeel). Dit bevestigt het belang van *Ranunculus* en *Quercus* als stuifmeelleveranciers in dit onderzoek.

Uit het onderzoek van Haider blijkt ook dat de gehoornde metselbij neigt naar het gebruik van een enkele groep stuifmeel, waarbij 57.5% stuifmeel van de Rosaceae familie afkomstig is. In de



stuifmeelanalyse op van de nesthuizen met de gehoornde metselbij, vinden we gemiddeld 7% stuifmeel van planten uit de Rosaceae familie (*Pyrus*, *Sorbus*, *Prunus*). Dit maakt de gehoornde metselbij een interessante kandidaat voor bestuiving in kers, peer en appel.

Het stuifmeel van scherpe boterbloemen (*Ranunculus acris*) bevat toxische substanties die de ontwikkeling van larven negatief kunnen beïnvloeden (Radmacher en Strohm, 2010). Ook uit bijenonderzoek is bekend dat *Ranunculus* mogelijk toxische componenten bevat voor honingbijen (Roulston en Cane, 2000). In onderzoek van Eckhardt et al (2014) werden larven van de gehoornde metselbij op een puur dieet van boterbloem gevoed, waardoor bijna alle larven doodgingen. Zolang echter niet meer dan 50% van het dieet uit boterbloem bestond, was het geen probleem. De onderzoekers vermoeden dat juist het mengen van verschillende soorten stuifmeel, voor de gehoornde metselbij een gedrag is dat de negatieve effecten van 'ongunstig' stuifmeel compenseert. De gehoornde metselbij verzamelt per vlucht stuifmeel van 2-6 plantenfamilies, en het mixen van stuifmeel is bij deze soort een algemeen voorkomend fenomeen (Eckhardt et al, 2014). Larven van de rosse metselbij kunnen zich echter wel vermeerderen op een dieet van 100% *Ranunculus* stuifmeel. Blijkbaar bevatten deze larven het vermogen om met de giftige stoffen in het stuifmeel om te gaan (Sedivy et al., 2011; Haider et al., 2013). In één van de serie broedcellen in de nesthuizen van de gehoornde metselbij op locatie CorN hebben we 92% stuifmeel van *Ranunculus* aangetroffen. Gezien de grootte van de broedcellen, en de ligging van het nesthuis (het verst verwijderd van de uitgezette rosse metselbijen) gaat het zeer waarschijnlijk om nestcellen van de gehoornde metselbij. Dit is mogelijk ook een oorzaak van de zeer slechte vermeerdering van de gehoornde metselbijen in dit perceel.

### 6.3 Stimuleren van wilde bestuivers

In Nederland is één oligolectische bijensoort die gespecialiseerd is in *Vaccinium*: de bosbesbij, *Andrena lapponica*. Uit de wetenschappelijke literatuur is heel weinig bekend over de levenscyclus, het specifieke fourageergedrag (patronen van bloembezoek, het aantal bloemen dat bezocht wordt in een bepaalde tijd, de weersomstandigheden waaronder de soort actief is, of de manier waarop de bijen de bloem 'behandelen) en het nestgedrag van deze zandbijensoort.

Uit onderzoek in Tsjechie is bekend dat na bosbranden de populatie *Andrena lapponica* sterk toeneemt, terwijl dit niet gebeurt in een intensief management systeem gericht op het vormen van kale zandplekken en stukken met heide (Bogusch et al, 2015). Dit wordt bevestigd door Fins onderzoek van Rodriguez en Kouki (2015), die de diversiteit en aantallen bestuivers onderzochten in percelen met een natuurlijke populatie bosbes (*Verticillium myrtillus*) en rode bosbes (*Verticillium vitis-idaea*). Dertien jaar na 'gecontroleerde' bosbrand met behoud van specifieke boomsoorten, profiteerde met name de rode bosbes van een grotere diversiteit aan bestuivers dan in het controle bos. Vooral de heterogene omgeving, met kale plekken grond en dode stobben, zijn belangrijk bij het bieden van nestgelegenheden aan deze wilde bijensoorten.

In Nederland is ervaring opgedaan met het stimuleren van nestgelegenheden voor de grondnestelende schorzijdebij *Colletes halophylus*. Voor deze bij zijn bijennestheuvels aangelegd in de vorm van flinke bulten zand. Wanneer de nestheuvel uit voedselarm zand bestaat, duurt het langer voordat deze begroeid raakt en blijft de vegetatie meer open van karakter, wat gunstig is voor deze bijensoort. Bij erg los en grofkorrelig zand, bleken bijen er echter moeilijker hun nest in

te kunnen maken. Nestheuvels van klei worden snel begroeid en zijn zonder beheer dan al snel niet meer functioneel. Een zavelige grond bleek gunstiger voor graafwerk en vegetatie (Calle, 2015).

Voor het managen van een populatie wilde bestuivers, zijn er behalve voldoende drachtplanten en geschikte nestgelegenheid, ook nog andere voorwaarden van belang. Om een natuurlijke populatie wilde bestuivers op te bouwen is er, ook buiten de bloeiperiode van het gewas, bescherming tegen insecticiden nodig. Daarnaast heeft onderzoek van onder andere Ladurner et al (2008) laten zien dat ook het gebruik van fungiciden (benomyl, captan, iprodione en propiconazole) populaties van *Osmia lignaria* sterk kan verstoren, waarbij het fourageergedrag en nestgedrag verschillende dagen onderbroken werd. Ook Artz en Pitts-Singer (2015) hebben laten zien dat fungiciden (Rovral, Pristine en N-90) het oriëntatievermogen van vrouwtjes *Osmia lignaria* en *Megachile rotundata* verstoren, waardoor ze hun nest niet meer kunnen herkennen. Dit versterkt de noodzaak van een geïntegreerde aanpak, waarbij de hele breedte van 'bovengrondse' biodiversiteit, zowel met betrekking op bestuivers en natuurlijke vijanden gestimuleerd wordt, en het risico op plagen wordt verminderd.

## 7 Conclusies en aanbevelingen

De resultaten van het onderzoek laten zien dat de bestuiving niet op alle bedrijven optimaal is. Hierbij is op een aantal bedrijven de zetting in de 'natuurlijke' situatie beperkt ten opzichte van een situatie met handbestuiving. Daarnaast is in een aantal gevallen ook het aantal zaden per bes van de 'natuurlijk' bestoven planten, lager dan van handbestoven planten.

Zonder de aanwezigheid van bestuivers, is de gemiddelde opbrengst van het blauwe besras Liberty op deze 5 locaties nog maar 1.7 ton/ha (0.5-1.9 ton/ha), tegenover gemiddeld 9.7 ton/ha (2.8-15.7 ton/ha) opbrengst onder de huidige 'natuurlijke' omstandigheden, met een mix van gedomesticeerde en wilde bestuivers. Dit betekent dat in het ras Liberty 61 tot 95% van de opbrengst afhankelijk is van de aanwezigheid van bestuivers.

Honingbijen lijken door hun massaliteit belangrijk te zijn voor de zetting. Het aantal ingezette honingbijen is in dit onderzoek zeer sterk gecorreleerd (97%) met het percentage zetting van de blauwe bes in de 'natuurlijke situatie' ten opzichte van de 'handbestoven' situatie. Omdat het aantal waarnemingen beperkt is (5 locaties, 1 groeiseizoen), zou het onderzoek herhaald moeten worden om dit beeld te bevestigen. Hierbij is het interessant om te onderzoeken of de huidige inzet van honingbijen die op alle percelen werd uitgevoerd (circa 3.5 kasten/ha) beperkend is voor de zetting van het gewas, in geval van een hoog aantal bloemen/ha.

De inzet van metselbijen op de percelen was sterk gecorreleerd (75%) met het aantal zaden per bes in de blauwe bessen, vergeleken met handbestoven bloemen. Het aantal zaden per bes is sterk gecorreleerd met het vruchtgewicht. Het aantal waarnemingen is echter maar beperkt tot 5 locaties en data van één onderzoeksjaar. Het is ook hier interessant om te onderzoeken of dit daadwerkelijk een oorzakelijk verband is. Als er sprake is van zo'n verband, is het met name interessant om naar de bestuivingsefficiëntie van de rosse metselbij te kijken bij een bloembezoek om nectar te verzamelen, en om hierbij zowel naar de vrouwelijke als naar de mannelijke bijen te kijken.

Ook in het geval van metselbijen, is het interessant om te onderzoeken of er bij een hogere inzet van metselbijen, er een verder positief effect op het aantal zaden per vrucht, en een hoger vruchtgewicht, optreedt. Op grond van de correlaties, zou een aanname gemaakt kunnen worden dat in een perceel met een laag aantal bloemen (bijv. 7 miljoen/ha), minimaal 520 cocons/ha nodig zijn, en in een perceel met een groot aantal bloemen (bijv. 19 miljoen/ha) 1430 cocon/ha. Onderzoek zou moeten uitwijzen of een verdere verhoging naar bijvoorbeeld >2200 cocons/ha een grotere hoeveelheid zaden/bes en vruchtgewicht oplevert. Uit de literatuur is bekend dat voor de bestuiving van highbush blauwe bes in California, ca. 2200 cocons/ha van *Osmia ribifloris* worden ingezet. De inzet van deze metselbijensoort is echter niet goed vergelijkbaar met de inzet van *Osmia bicornis*, omdat *Osmia ribifloris* in Ericaceae, waaronder *Vaccinium*, gespecialiseerd is.

Metselbijen fourageren op blauwe bes, maar de waarnemingen in het veld variëren op de verschillende locaties. Gezien de consequent lage hoeveelheden blauwe bessen stuifmeel die de metselbijen naar de nesthuizen transporteren, vermoeden we dat de metselbijen (zowel de gehoornde metselbij, als de rosse metselbij) vooral op blauwe bes fourageren voor het verzamelen van nectar. Voor het verzamelen van stuifmeel als voedselbron voor de larven, hebben de rosse metselbijen een sterke voorkeur voor het stuifmeel van eik. Dit is stuifmeel met een hoog

eiwitgehalte, waarop de larven zich goed vermeerderen. De bloemen van de eik (een windbestuiver) bevatten echter geen nectar, zodat de metselbijen voor hun eigen energievoorziening van een nectar-rijke bloemensoort afhankelijk zijn. Gezien het fourageergedrag op de blauwe bessen, lijken ze hiervoor de aanwezige nectar onder in de bloem van de blauwe bes te gebruiken. Het 'losse stuifmeel' dat ze meedragen op hun lichaam speelt mogelijk een rol bij de bestuiving van de blauwe bes, gezien de gevonden correlatie tussen het aantal zaden per bes en de inzet van metselbijen op de percelen. De gehoornde metselbij verzamelt ook relatief veel stuifmeel van planten uit de rozenfamilie (*Pyrus*, *Prunus*, *Sorbus*), en is daarmee ook aantrekkelijk voor de bestuiving van kers, peer en appel.

De veldwaarnemingen van aantallen bestuivende insecten tijdens de vangstrondes, leveren geen correlaties op met de zetting of het aantal zaden per bes. De fluctuaties in aanwezigheid van bestuivers in relatie tot het tijdstip van de dag, de weersomstandigheden en het moment tijdens de bloei, zijn waarschijnlijk te groot om met 2 of 3 waarnemingen per locatie een goed beeld te krijgen van de kwantitatieve aanwezigheid van bestuivers.

Het aantal benodigde bestuivers kan naar ons inzien, beter uitgedrukt worden per 100.000 bloemen, dan per ha. Voor een goede inschatting van de bestuivingsvraag van het gewas, is het belangrijk om zicht te hebben op het aantal bloemen/ha. Dit kan door in het voorjaar van een aantal planten het aantal bloemknoppen te tellen, en dit te vermenigvuldigen met het gemiddeld aantal bloemen per knop. Afhankelijk van de leeftijd van het gewas, de groeiomstandigheden, en de manier van snoeien, varieerde het aantal bloemen/ha tussen de 5 locaties in deze proef van 6 tot 19 miljoen bloemen/ha.

De diversiteit aan wilde bestuivers in percelen van blauwe bes is heel laag. Gezien de verschillende 'niches' die bestuivers innemen, zowel qua vliegomstandigheden, als qua manier van bestuiven, is het wenselijk om niet van een beperkt aantal bestuivers afhankelijk te zijn. Om blauwe bessenpercelen ook voor wilde bestuivers interessanter te maken, zou een geïntegreerde aanpak nodig zijn, waarbij niet alleen de drachtplanten en nestelgelegenheid aandacht krijgt, maar ook het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen, gedurende en na afloop van het groeiseizoen.

De veldwaarnemingen hebben inzicht gegeven in de beperkte aanwezigheid van wilde bestuivers op de verschillende locaties. Interessant is hierbij de waarneming van de bosbesbij, *Andrena lapponica*, op één van de locaties. Dit is een zandbij die gespecialiseerd is in de inheemse bosbes (*Vaccinium myrtillus*) en rode bosbes (*Vaccinium vitis-idaea*). Voor het stimuleren van zandbijen, is het creëren van een goede nestelgelegenheid essentieel. Voor zandbijen zijn in het algemeen onbegroeide, zandige en zonnige plekken geschikte plekken om te nestelen. Voor blauwe bessen telers is het wellicht interessant om te onderzoeken hoe ze de natuurlijke populatie van deze in *Vaccinium* gespecialiseerde zandbij meer kunnen stimuleren. Daarbij is het echter ook nodig om de nestelgelegenheid van deze zandbijen gedurende het hele seizoen te beschermen tegen het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen.

De rosse metselbij heeft voor het bevoorraden van de nestgangen, naast eik, ook een sterke voorkeur voor stuifmeel van *Ranunculus* (o.a. boterbloem en waterranonkel). Ook in de nesthuizen die gemengd bevolkt worden door de rosse en gehoornde metselbij, werd een relatief grote hoeveelheid *Ranunculus* aangetroffen. Omdat in meerdere onderzoeken is aangetoond dat stuifmeel van *Ranunculus* voor de larven van de gehoornde metselbij (*Osmia cornuta*) toxisch is, is

bij de inzet van deze bijensoort voor de bestuiving, aan te bevelen om (gedeelten van) perceelsranden met veel boterbloemen te maaien.

Omdat uit deze proef blijkt dat de metselbijen (zowel de mannetjes als de vrouwtjes) de blauwe bes voornamelijk bezoeken om nectar te verzamelen, zou overwogen kunnen worden om de metselbijen pas later in het bloeiende perceel te brengen. Op dit moment is het gebruikelijk om al een week vóór de bloei van de blauwe bes de cocons in het veld te brengen. De mannetjes komen dan uit de cocons terwijl het gewas nog niet in bloei staat. Afhankelijk van de weersomstandigheden kan het een week of langer duren totdat de vrouwtjes uitkomen. Het is de bedoeling dat juist op dit moment het gewas begint te bloeien. Dit betekent echter dat de mannetjes die als eerste uitkomen, moeten fourageren op andere bloemen in de buurt van het nesthuis. Wellicht is het interessant om te zien hoe frequent deze mannetjes de bloemen bezoeken op zoek naar nectar in deze periode, en wat de bestuivingsefficiëntie is bij het bezoek van één mannetje. Omdat de mannelijke metselbijen ca. 2/3 van de populatie uitmaken, kunnen ze wellicht een belangrijkere rol spelen in de bestuiving dan tot nu toe is gedacht.



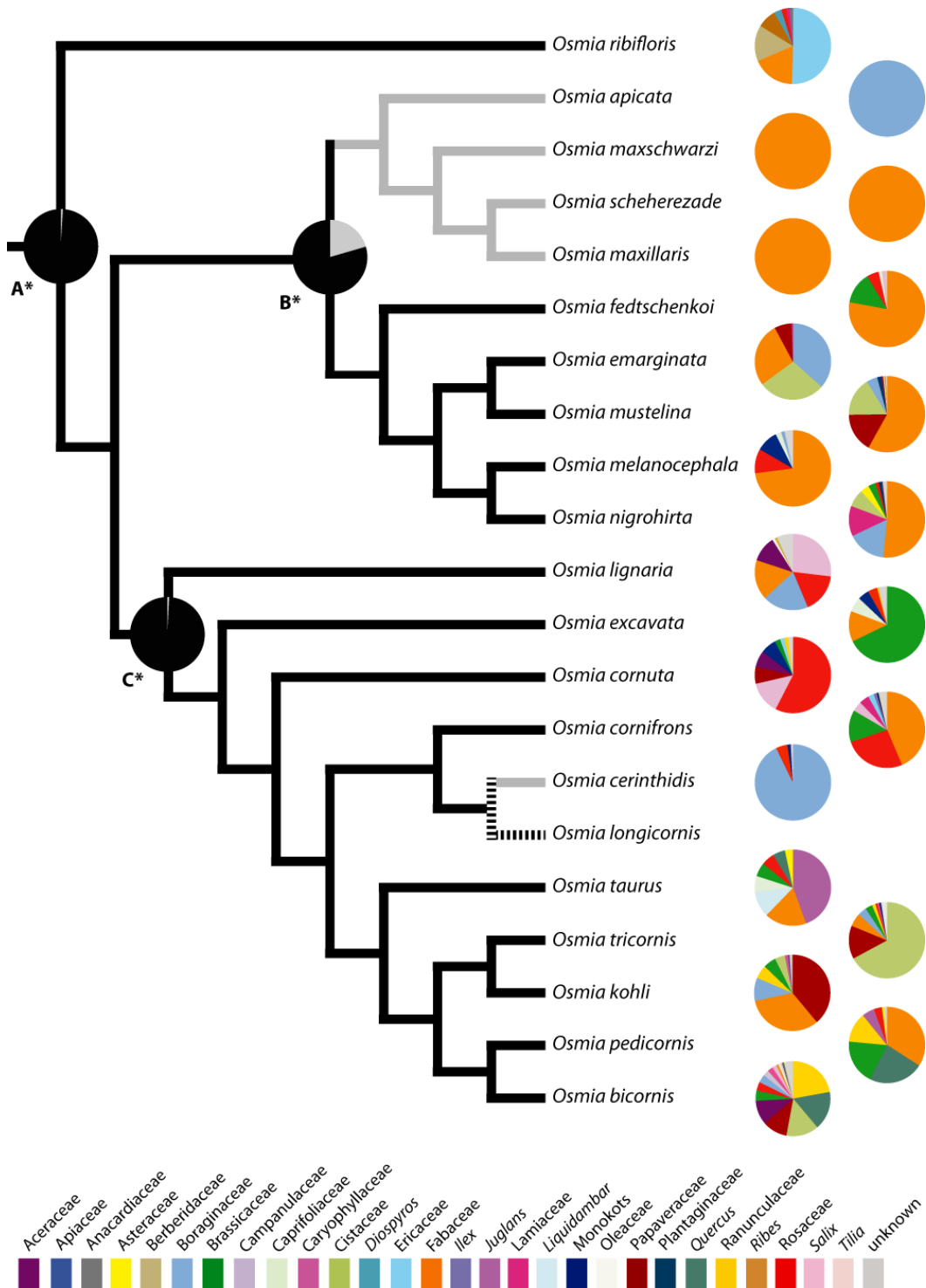
## Literatuur

- Artz, D.R. en T.L. Pitts-Singer (2015) Effects of Fungicide and Adjuvant Sprays on Nesting Behavior in Two Managed Solitary Bees, *Osmia lignaria* and *Megachile rotundata*. PLoS ONE 10(8): e0135688.doi:10.1371/journal.pone.0135688
- Bosch, J., Y. Maeta en R. Rust (2001) A phylogenetic analysis of nesting behavior in the genus *Osmia* (Hymenoptera: Megachilidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 94(4): 617-627.
- Bogusch, P., L. Blazej, M. Tryzna en P. Heneberg (2015) Forgotten role of fires in Central European forests: critical importance of early post-fire successional stages for bees and wasps (Hymenoptera: Aculeata) European Journal of Forest Research 134: 153-166
- Brugel, P. van (2014) Gasten van bijenhôtels. EIS Kenniscentrum Insecten en andere ongewervelden & Naturalis Biodiversity Center, Leiden, 486 pp.
- Bushman, S.L. en F.A. Drummond. (2015) Abundance and Diversity of Wild Bees (Hymenoptera: Apoidea) Found in Lowbush Blueberry Growing Regions of Downeast Maine. Environ. Entomol. 44(4): 975-989.
- Calle, L. (2015) Bijennestheuvels langs Oosterschelde en Westerschelde in 2014 en 2015. Functioneren en beheer. Stichting Landschapsbeheer Zeeland, 72p.
- Cane, J.H. (2014) The oligolectic bee *Osmia brevis* sonicates *Penstemon* flowers for pollen: a newly documented behavior for the Megachilidae. Apidologie 45(6): 678-684
- CBS (2016) Fruitteelt; oppervlakte fruitboomgaarden, soort fruit. Gegevens 24 maart 2016. statline.cbs.nl
- Chen, Y., J.M. Smagula, W. Litten and S. Dunham (1998) Effect of Boron and Calcium Foliar Sprays on Pollen Germination and Development, Fruit Set, Seed Development, and Berry Yield and Quality in Lowbush Blueberry (*Vaccinium angustifolium* Ait.) J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123(4): 524-531
- Cutler, G.C., V.O. Nams, P. Craig, J.M. Sproule and C.S. Sheffield (2015) Wild bee pollinator communities of lowbush blueberry fields: Spatial and temporal trends. Basic and Applied Ecology 16: 73-85.
- Delaplane, K.S. en D.F. Mayer (2000) Crop pollination by bees. CABI Publishing, Oxon, UK
- Eaton, G.W. (1967) The relationship between seed number and berry weight in open-pollinated highbush blueberries. HortScience 2: 14-15.
- Eckhardt, M. M. Haider, S. Dorn and A. Müller (2014) Pollen mixing in pollen generalist solitary bees: a possible strategy to complement or mitigate unfavourable pollen properties? Journal of Animal Ecology 83: 588-597
- Ehlenfeldt, M.K. en R.B. Martin (2010) Seed Set, Berry Weight, and Yield Interactions in the Highbush Blueberry Cultivars (*Vaccinium corymbosum* L.) 'Bluecrop' and 'Duke'. Journal of the American Pomological Society 64(3), p.162-172
- Gogala, A. 2011 Some interesting notes on the *Andrena* species in Slovenia (Hymenoptera: Andrenidae). Acta Entomologica Slovenica 19(1):29-35.
- Groot, G.A. de, R. van Kats, M. Reemer, D. van der Sterren, J.C. Biesmeijer en D. Klein (2015) De bijdrage van (wilde) bestuivers aan de opbrengst van appels en blauwe bessen. Kwantificering van ecosystemendiensten in Nederland. Alterra-rapport 2636, Wageningen.
- Haider, M., S. Dorn en A. Müller (2013) Intra- and interpopulational variation in the ability of a solitary bee species to develop on non-host pollen: implications for host range expansion. Functional Ecology 27: 255-263
- Haider, M., S. Dorn, C. Sedivy en A. Müller (2014) Phylogeny and floral hosts of a predominantly pollen generalist group of mason bees (Megachilidae: Osmiini). Biological Journal of the Linnean Society 111: 78-91.
- Hooper, T. (1981) Thieme's bijenboek. Thieme, Zutphen, 263p.
- Kerkvliet, J.D. (1999) Pollen als voedingsmiddel. In: Pollenanalyse – Stufmeelonderzoek van honing voor imkers, scholen en laboratoria. J.P. Kaas en A. de Ruijter (red.) Stichting Landelijk Proefbedrijf voor Insectenbestuiving en Bijenhouderij Ambrosiushoeve, Hilvarenbeek. p.30-36
- Kirk, A.K. en R. Isaacs (2012) Predicting Flower Phenology and Viability of Highbush Blueberry. HortScience 47(9): 1291-1296.
- Kubersky, U. en O. Boecking (2007) Leitfaden zur Bestäubung von Heidelbeeren. Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, Institut für Bienenkunde, Celle.

- Ladurner, E., J. Bosch, W.P. Kemp en S. Maini (2008) Foraging and Nesting Behavior of *Osmia lignaria* (Hymenoptera: Megachilidae) in the Presence of Fungicides: Cage Studies. *J. Econ. Entomol.* 101(3): 647-653.
- MacIvor, J.S., J.M. Cabral en L. Packer (2014) Pollen specialization by solitary bees in an urban landscape. *Urban Ecosyst.* 17: 139-147.
- Moore, J.N., B.D. Reynolds and G.R. Brown (1972) Effects of seed number, size, and development on fruit size of cultivated blueberries. *HortScience* 7:268-269.
- Peeters, T.M.J. en M. Reemer (2003) Bedreigde en verdwenen bijen in Nederland (Apidae S.L.) Basisrapport met voorstel voor de Rode Lijst. Stichting European Invertebrate Survey – Nederland, Leiden.
- Retamales, J.B. en J.F. Hancock (2012) Blueberries. Series: Crop Production Science in Horticulture: no.21. CABI, Oxfordshire, UK.
- Rodríguez, A. en J. Kouki (2015) Emulating natural disturbance in forest management enhances pollination services for dominant *Vaccinium* shrubs in boreal pine-dominated forests. *Forest Ecology and Management* 350: 1-12.
- Rogers, S.R., D.R. Tarpy and H.J. Burrack (2013) Multiple Criteria for Evaluating Pollinator Performance in Highbush Blueberry (Ericales: Ericaceae) Agroecosystems. *Environmental Entomology* 42(6): 1201-1209
- Roulston, T.H. en J.H. Cane (2000) Pollen nutritional content and digestibility for animals. *Plant Syst. Evol.* 222: 187-209.
- Sampson, B.J. en J.H. Cane (2000) Pollination Efficiencies of Three Bee (Hymenoptera: Apoidea) Species Visiting Rabbiteye Blueberry. *J. Econ. Entomol.* 93(6): 1726-1731.
- Sampson, B.J., S.J. Stringer en D.A. Marshall (2013) Blueberry Floral Attributes and Their Effect on the Pollination Efficiency of an Oligolectic Bee, *Osmia ribifloris* Cockerell (Megachilidae: Apoidea) *HortScience* 48(2): 136-142.
- Sedivy, C., A. Müller en S. Dorn. (2011) Closely related pollen generalist bees differ in their ability to develop on the same pollen diet: evidence for physiological adaptations to digest pollen. *Functional Ecology* 25: 718-725.
- Seidelmann, K., K. Ulbrich en N. Mielenz (2010) Conditional sex allocation in the Red Mason bee, *Osmia rufa*. *Behav Ecol Sociobiol* 64: 337-347.
- Sommerville, D. (2005) Fat bees, skinny bees - a manual on honey bee nutrition for beekeepers. Rural Industries Research and Development Corporation, Kingston, Australia.
- Szczęsna, T. (2006) Protein content and amino acid composition of bee-collected pollen from selected botanical origins. *Journal of Apicultural Science* 50(2): 81-90
- Tuell, J.K., J.S. Ascher en R. Isaacs (2009) Wild Bees (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila) of the Michigan Highbush Blueberry Agroecosystem. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 102(2): 275-287.
- Westrich, P. 1996. Habitat requirements of Central European bees and the problems of partial habitats. In: *The Conservation of Bees*. Matheson, A., S.L. Buchmann, C. O'Toole, P. Westrich and I.H. Williams (eds.) Linnean Society symposium series no.18. Academic Press, London, 254p.



## Bijlage 1: Stuifmeel voorkeur *Osmia* soorten



Figuur 7-1 Deze figuur geeft de stuifmeelbronnen weer, en de breedte van de bronnen voor verschillende *Osmia* bijen uit de subgenera *Osmia*, *Monosmia* en *Orientosmia*. Grijze lijnen geven oligolectische bijen weer: dit zijn bijen die maar een zeer beperkte hoeveelheid gastplanten bezoeken. De zwarte lijnen zijn polylectische bijen, die een groot aantal soorten gastplanten bezoeken. Gestreepte lijnen geven bijen weer die niet duidelijk als oligolectisch of polylectisch kunnen worden aangeduid. De gekleurde cirkeldiagrammen naast de bijensoorten geven de verhouding aan van de verschillende stuifmeelsoorten die verzameld worden door elke soort (behalve voor *Osmia longicornis* waar onvoldoende monsters beschikbaar waren). De stuifmeelsoorten zijn gebaseerd op analyse van het stuifmeel dat vrouwtjes bij zich dragen. (Figuur overgenomen uit Haider et al, 2014: p.85)