



Biologische bestrijding van de essenprachtkever *Agrilus planipennis*

Een literatuurstudie

Alterra-rapport 2188
ISSN 1566-7197

L.G. Moraal

Biologische bestrijding van de essenprachtkever

Agrius planipennis

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de nieuwe Voedsel en Warenautoriteit (ex PD) van het ministerie van EL&I,
Wageningen
Projectcode [5238486-01-1]

Biologische bestrijding van de essenprachtkever *Agrilus planipennis*

Een literatuurstudie

L.G. Moraal

Alterra-rapport 2188

Alterra, onderdeel van Wageningen UR
Wageningen, 2011

Referaat

Moraal, L.G., 2011. *Biologische bestrijding van de essenprachtkever Agrilus planipennis. Een literatuurstudie*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2188. 54 blz.; 6 fig.; 10 tab.; 57 ref.

Sinds de ontdekking van de Aziatische essenprachtkever (EPK) (*Agrilus planipennis*) in Noord-Amerika (USA en Canada) zijn enkele tientallen miljoenen bomen gedood. De explosieve ontwikkeling van de EPK is deels te verklaren door het ontbreken van natuurlijke vijanden. Tot nu toe is er geen efficiënte adaptatie van de daar aanwezige inheemse natuurlijke vijanden opgetreden. Daarom zijn drie soorten parasitoïden (sluipwespen) uit het oorsprongsgebied van de EPK (vooral China) gescreend. In laboratoriumexperimenten met choice-tests, no-choice-tests en olfactometertests werd de impact op niet-doelsoorten minimaal geacht - in 2007 zijn de drie soorten in de USA in de natuur ter bestrijding van de EPK losgelaten.

In Nederland zijn van de prachtkevers (Buprestidae) zeven genera aanwezig, waarvan elf *Agrilus*-soorten op bomen. Daarvan komt *Agrilus convexicollis* in Nederland sporadisch voor op essen. Veel parasitoïden van Buprestidae zijn min of meer polyfaag, maar het is niet te voorspellen of Europese parasitoïden zich op korte of lange termijn aan de Aziatische EPK kunnen aanpassen en een effectieve bestrijding vormen. In Noord-Amerika spelen de daar inheemse parasitoïden geen belangrijke rol. Vermoedelijk zullen ook de Europese parasitoïden niet gemakkelijk overstappen want de ecologie en biologie van parasitoïd en gastheer moeten op elkaar zijn afgestemd en ook de boomsoort is hierbij erg belangrijk. Mocht de essenprachtkever in Europa opduiken en de inheemse parasitoïden geen efficiënte plaagonderdrukking kunnen bewerkstelligen, dan kan overwogen worden om parasitoïden uit de Amerikaanse kweeklaboratoria in Europa los te laten. Dit kan alleen na het uitvoeren van risicoanalyses om de ecologische impact op eventuele Europese gastheersoorten vast te stellen. Een proactieve Europese opstelling bij het uitvoeren van deze analyses is gewenst om niet onnodig tijd te verliezen als de essenprachtkever hier onverwacht zou arriveren.

Trefwoorden: essenprachtkever, *Agrilus planipennis*, natuurlijke vijanden, parasitoïden, bestrijding.

Foto: Edward Czerwinski

ISSN 1566-7197

Dit rapport is gratis te downloaden van www.alterra.wur.nl (ga naar 'Alterra-rapporten'). Alterra Wageningen UR verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op www.rapportbestellen.nl.

© 2011 Alterra (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek)
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; info.alterra@wur.nl

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alterra-rapport 2188
Wageningen, mei 2011

Inhoud

Samenvatting	7
Summary	9
1 Inleiding	11
2 Verspreiding van de essenprachtkever	13
3 Gevoeligheid van essensoorten	17
4 Belang van de es in Nederland	19
5 Parasitoïden van de essenprachtkever	23
6 Buprestidae op bomen in Nederland	27
7 Parasitoïden van Buprestidae in Nederland en Europa	29
8 Biologische bestrijding van de essenprachtkever in Noord-Amerika	35
9 Onzekerheden na introductie van uitheemse parasitoïden	41
10 Conclusies	45
11 Aanbevelingen	47
Literatuur	49

Samenvatting

Op dit moment kan een eventuele bestrijding van de essenprachtkever (EPK) *Agrilus planipennis* in Europa beperkt worden tot het nemen van quarantainemaatregelen en het uitvoeren van acties om, met het verwijderen van aangetaste bomen, de aantasting uit te roeien. Maar in Noord-Amerika is het onmogelijk gebleken dit soort bestrijdingsoperaties van de EPK in de groene ruimte effectief uit te voeren. Ondanks alle inspanningen zijn enkele miljoenen essen afgestorven. Deze dramatische ervaringen hebben geleid tot de ontwikkeling van nieuwe managementstrategieën. Omdat in Noord-Amerika tot nu toe geen efficiënte adaptatie van de daar aanwezige inheemse natuurlijke vijanden is opgetreden, zijn parasitoïden (sluipwespen) uit het oorsprongsgebied (vooral China) van de EPK gescreend. De grote uitdaging in een biologisch bestrijdingsprogramma tegen EPK in Noord-Amerika of Europa is het vinden van een exoot die specifiek genoeg is om het risico voor niet-doelsoorten van inheemse prachtkevers minimaal te houden. Parasitoïden van houtborende prachtkevers zijn vaak generalisten, maar meestal binnen een bepaalde groep.

In 2007 zijn drie Chinese sluipwespen in USA (Michigan) in de natuur losgelaten. Het gaat om de eiparasitoïd *Oobius agrili* en de larvenparasitoïden *Tetrastichus planipennisi* en *Spathius agrili*. Dat gebeurde nadat men eerst Ecologische Risico Analyses had uitgevoerd. In laboratoriumexperimenten met choice-tests, no-choice-tests en olfactometertests werd vastgesteld dat de impact op niet-doelsoorten minimaal werd geacht. In 2009 werden de sluipwespen *Tetrastichus planipennisi* en *Spathius agrili* in de test-sites teruggevonden. De terugvondst van *Oobius agrili* kon nog niet worden bevestigd. Het is nog te vroeg om de veldeffectiviteit van de Aziatische sluipwespen in de USA vast te stellen. De komende jaren worden grotere aantallen sluipwespen gekweekt om ze op meerdere plaatsen los te laten.

In Nederland zijn van de Buprestidae zeven genera met elf *Agrilus*-soorten op bomen bekend. Daarvan komen *Agrilus convexicollis* en *Chrysobothris affinis* in Nederland sporadisch voor op essen. In Europa komen daarnaast ook *Anthaxia podolica* en *Poecilnota variolosa* op essen voor.

Slechts voor 24 Buprestidae, ongeveer een derde van de in Duitsland voorkomende soorten, zijn parasitoïden (Ichneumonidae, Braconidae en Chalcidoidea) beschreven. Gemiddeld treden er slechts één tot drie soorten parasitoïden per gastheer op. Uitzonderingen zijn de beukenprachtkever *Agrilus viridis* met 24 soorten parasitoïden en de blauwe dennenprachtkever *Phaenops cyanea* met twaalf soorten parasitoïden. Alle in Duitsland beschreven soorten parasiteren de larvale stadia. In Europa zijn vier soorten eiparasitoïden van prachtkevers beschreven, *Oobius zaheikevitschi* (parasitoïd van *Agrilus viridis* (Col.), *Oobius anomalus* (gastheer onbekend), *Oobius rudnevi* (parasitoïd van *Cerambyx cerdo*, Col. en *Oobius striatus* (parasitoïd van *Hyperchia marshalli*, Dipt. (Zhang et al., 2005). Sommige Braconidae zijn tamelijk polyfaag. Een voorbeeld hiervan is *Atanycolus neesii* die bij verschillende gastheren op verschillende boomsoorten voorkomt zoals bij *Agrilus biguttatus* op eik, maar ook bij *Phaenops cyanea* op grove den. Veel parasitoïden van Buprestidae zijn polyfaag maar het is niet te voorspellen of Europese parasitoïden zich op korte of lange termijn aan de Aziatische EPK zouden kunnen aanpassen. In Noord-Amerika is *Tetrastichus* met 27 soorten een groot en divers genus, maar is er nooit parasitering van de EPK door een inheemse *Tetrastichus* vastgesteld. Verder zijn in Noord-Amerika 25 *Spathius*-soorten beschreven, maar slechts van enkele soorten is bekend dat ze *Agrilus*-soorten parasiteren. Vermoedelijk zullen ook de Europese *Spathius*- en *Tetrastichus*-soorten niet gemakkelijk overstappen want de ecologie en biologie van parasitoïd en gastheer moeten op elkaar zijn afgestemd en ook de boomsoort is hierbij erg belangrijk. Mocht de essenprachtkever in Europa opduiken, dan moet het snel duidelijk worden of inheemse parasitoïden een efficiënte plaagonderdrukking kunnen bewerkstelligen. Als dat niet het geval is, kan men overwegen om de Aziatische eiparasitoïd *Oobius agrili* en de Aziatische

larvenparasitoïden *Tetrastichus planipennisi* en *Spathius agrili* uit de Amerikaanse kweeklaboratoria te betrekken en in Europa los te laten. Dat kan alleen na het uitvoeren van risicoanalyses en de ecologische impact op eventuele Europese niet-doelsoorten. Een proactieve Europese opstelling bij het uitvoeren van deze analyses is gewenst om niet onnodig tijd te verliezen als de essenprachtkever onverwacht arriveert.

Summary

When the Emerald Ash Borer (EAB) *Agrilus planipennis* would arrive in Europe, the control will be restricted only to quarantine actions. The dramatic experience in North-America has led to the development of new control strategies. Because no efficient adaptation of indigenous parasitoids has occurred, three Chinese parasitoids were screened on possible negative side effects on non-target hosts. In the USA in 2007, the three Chinese parasitoids *Oobius agrili*, *Tetrastichus planipennis* and *Spathius agrili* were released in ash plantings. It is still too early to determine the effectiveness on the EAB and to determine possible negative side effects. In the coming years more parasitoids will be reared and released in the USA.

In The Netherlands, the parasitoids of Buprestidae are mainly *Tetrastichus* and *Spathius* species. Analogous with the USA, these species will probably not parasitize the EAB in Europe very efficiently. This is because the biology of the host insect and the tree species are important items and host-switching is very difficult. When the EAB would arrive in Europe, it should quickly become clear, if indigenous parasitoids could achieve an efficient pest control. If not, it should be considered to obtain Chinese parasitoids from American mass-rearing laboratories for releasing them in European ash plantings. This should be done after carrying out an Ecological Risk Analysis for the European situation. A proactive European attitude is desirable to avoid unnecessary time waste when the EAB would arrive suddenly.

1 Inleiding

De essenprachtkever (EPK), *Agrilus planipennis* is een 8-15 mm lange metallisch gekleurde kever die oorspronkelijk voorkomt in Oost-Azië. In de jaren 1990 werd de soort verslept naar Noord-Amerika. Mede door de afwezigheid van natuurlijke vijanden kon de EPK zich in het nieuwe leefgebied explosief ontwikkelen. De tot 32 mm lange larven vreten gangen in het cambium van levende bomen waardoor de sapstroom stagneert en de boom uiteindelijk sterft. In Noord-Amerika heeft het plaaginsect al tientallen miljoenen essen gedood. De economische schade is enorm. De kever heeft zich recent in Moskou gevestigd en men moet rekening houden met een mogelijke verspreiding naar Europa (Nederland) (Baranchikov et al., 2008; EPPO, 2005).

In 2009 heeft de PD, nu nieuwe Voedsel en Waren Autoriteit (nVWA), onderdeel van het ministerie van EL&I, gewerkt aan een draaiboek (EU IIAI) van de EPK, en voor dit draaiboek een internationale workshop georganiseerd. Tijdens de workshop zijn de mogelijkheden en onmogelijkheden besproken om een eventuele uitbraak van *Agrilus planipennis* te bestrijden. Op basis van de ervaringen in Noord-Amerika wordt vermoed dat de kans op uitroeiing bij een eventuele uitbraak in Europa van *A. planipennis* erg klein is, tenzij deze in een zeer vroeg stadium wordt ontdekt. De conclusies van deze workshop zijn samengevat op de internetsite www.minlnv.nl (nu ministerie van EL&I). Op basis van dit draaiboek wordt verwacht dat bij een uitbraak van EPK, zeer snel gereageerd moet worden om tot uitroeiing over te gaan om ecologische en economische schade in Nederland te beperken. Effectieve bestrijding met de huidige beschikbare bestrijdingsmethoden is moeilijk, duur en soms onmogelijk en daarom ongeschikt voor een lange termijn strategie. Onbekend is ook welk potentieel aan natuurlijke vijanden in Nederland en Europa aanwezig is en welke rol deze vijanden kunnen spelen bij de natuurlijke bestrijding na een eventuele uitbraak van *Agrilus planipennis*. Het snel kunnen inzetten van uitheemse biologische bestrijders voor EPK kan grote economische voordelen bieden ten opzichte van de huidige beschikbare bestrijdingsopties.

Op dit moment worden in de EU, voor zover bekend, geen biologische bestrijders in de natuur gebruikt. Voor *Agrilus planipennis* is nog geen eerste verkenning uitgevoerd naar de inzet van aanwezige of uitheemse biologische bestrijders. Het werd daarom voor dr. A.J.M. Loomans en ir. M.H.C.G. Steeghs van de nieuwe Voedsel en Waren Autoriteit (nVWA; ministerie van EL&I) wenselijk geacht om een literatuurstudie te laten uitvoeren naar de verschillende aspecten van zowel inheemse als uitheemse natuurlijke vijanden als biologische bestrijders.

Voor dit rapport werd een literatuurstudie uitgevoerd om inzicht te krijgen in de mogelijkheden en effectiviteit van inheemse natuurlijke vijanden van de EPK, het introduceren van uitheemse natuurlijke vijanden en hun eventuele ongewenste neveneffecten. Hiermee is het mogelijk om pro-actief te reageren op een eventuele uitbraak van EPK en of van biologische bestrijding gebruik gemaakt kan worden. Met de verkregen informatie kan voor dat er sprake is van een uitbraak, al verkend worden welke mogelijkheden er zijn en welke natuurlijke vijanden het meest geschikt kunnen zijn. Als de resultaten positief uitvallen, kan direct na een eerste vondst de toelatingsprocedure voor het inzetten van uitheemse natuurlijke vijanden gestart worden. De kernvragen van de literatuurstudie zijn:

- Welke natuurlijke vijanden, inheems en uitheems, zijn bekend van prachtkevers en de essenprachtkever, *Agrilus planipennis*, in het bijzonder?
- Is de inzet van uitheemse biologische bestrijders in Europa (Nederland) voor *Agrilus planipennis* het meest effectief of kunnen al aanwezige inheemse natuurlijke vijanden de EPK opvangen?

- Welke biologische bestrijders (inheems of uitheems) zijn effectief voor de bestrijding van de EPK en leiden niet tot ongewenste neveneffecten?

Het literatuuronderzoek moet inzicht geven of in Europa (Nederland) potentiële inheemse parasitoïden (sluipwespen) van de EPK aanwezig zijn.

Verder wordt een lijst worden samengesteld van parasitoïden zoals die voor de EPK bekend zijn voor Noord-Amerika en Azië. Vermeld wordt of deze natuurlijke vijanden incidenteel of juist frequent optreden. Er ligt een focus op de nieuwste ontwikkelingen in relatie met de effectiviteit van natuurlijke vijanden in Noord-Amerika.

In verband met host-switching wordt van de uitheemse natuurlijke vijanden weergegeven of ze wel/niet waardspecifiek zijn. Er wordt een selectie gemaakt van soorten die eventueel geschikt zouden zijn voor introductie als biologische bestrijder in Europa. Van deze soorten worden de voor- en nadelen genoemd in relatie tot eventuele risico's voor inheemse soorten prachtkevers en andere insectensoorten. Van de natuurlijke vijanden wordt alleen gekeken naar parasitoïden en niet naar predatoren en ziekteverwekkers.

2 Verspreiding van de essenprachtkever

2.1 De essenprachtkever in Noord-Amerika

Sinds de ontdekking van de essenprachtkever (EPK) in Noord-Amerika (USA en Canada) zijn enkele tientallen miljoenen bomen gedood. De explosieve ontwikkeling van de EPK is deels te verklaren door het ontbreken van natuurlijke vijanden. Zo zou gemiddeld minder dan 1% van de larven en poppen geparasiteerd zijn door parasitoiden (sluipwespen). De enige predatoren van betekenis zijn spechten. Analyse van de haksporen van spechten laat zien dat deze vogels 9 tot 95% van de aanwezige larven kunnen verorberen (Cappaert et al., 2005). Daarnaast wordt een aantal kevers als predator van de EPK genoemd, zoals larven en adulten van de drie boombewonende keversoorten *Enoclerus* sp. (Cleridae), *Catagenus rufus* F. (Passandridae) en *Tenebroides* sp. (Trogossitidae).

Pathogene schimmels en bacteriën leveren slechts een geringe bijdrage aan de mortaliteit van de EPK in Noord-Amerika (Cappaert et al., 2005; Liu et al., 2003). Gemiddeld werd slechts 1% mortaliteit veroorzaakt door *Beauveria bassiana*, *Lecanicillium lecanii*, *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces farinosus* en *P. fumosoroseus*. Vreemd genoeg werden de meeste schimmels geïsoleerd uit larven, poppen en uitborende adulten in één test-site waar maar liefst 62% mortaliteit optrad.

Nematoden worden soms in de lichaamsholte van EPK larven gevonden. Het gaat om vrijlevende stadia van *Tylenchidae* die zich voeden met schimmels in de larvengangen. Het effect van deze nematoden op de EPK is onbekend (<http://nrs.fs.fed.us>).

In 2002, direct na de ontdekking van de EPK in Noord-Amerika, werd het aantal dode en stervende essen op vijf tot zeven miljoen geschat (Cappaert et al., 2005). In 2007 was dat aantal al opgelopen tot 20 miljoen (Poland, 2007). De EPK is in het nieuwe leefgebied dus als zeer schadelijk te noemen. Ogenscheinlijk gezonde bomen komen in drie tot vier jaar tijd aan hun einde. In Noord-Amerika beperkt de schade zich tot nu toe alleen tot essen (Cappaert et al., 2005). In het oorspronkelijke areaal in Oost-Azië treedt de EPK nauwelijks plaagvormend op (Liu et al., 2003). De oorzaak voor het verschil ligt niet alleen in het vrijwel ontbreken van natuurlijke vijanden in Noord-Amerika, maar ook in de grotere gevoeligheid van de Amerikaanse essensoorten voor de EPK (Rebek et al., 2008).

In Noord-Amerika verschijnen de eerste kevers van midden mei tot begin juni. Ze voeden zich vijf tot zeven dagen met essenblad voordat ze gaan paren. De vrouwtjes leggen doorgaans 60 tot 90 eitjes die worden afgezet in spleten in de essenschors. De eitjes zijn eerst crèmekleurig, maar verkleuren binnen enkele dagen naar roodbruin. De adulten leven zo'n drie tot zes weken, na begin augustus zijn er nauwelijks meer actieve exemplaren aanwezig (Cappaert et al., 2005). De eitjes komen eind juli - begin augustus uit. De larven vreten zich een weg door het cambium en ontwikkelen zich snel. Ze doorlopen vier larvale stadia. Van oktober tot november knagen de volgroeide larven een kamer in de bast waarin ze overwinteren. De verpopping vindt plaats van medio april tot mei (Cappaert et al., 2005). Afhankelijk van de omstandigheden maakt een deel van de populatie een tweejarige ontwikkeling door, waarbij de eerste overwintering als tweede- of derde-stadium larve plaatsvindt om pas in de tweede winter als volgroeide larve te overwinteren en in het volgende voorjaar te verpoppen (Cappaert et al., 2005; Wei et al., 2007 in: Baranchikov et al., 2008). De kevers kunnen goed vliegen, de natuurlijke dispersie bedraagt in Noord-Amerika zo'n 10 km per jaar (Poland, 2007). Daarnaast kunnen de larven met het hout door de mens over grote afstanden verslept worden. Het kan gaan om transport van plantgoed, gevelde stammen, brandhout en verpakkingshout. Aangetoond is dat de larven

tenminste bijna een jaar in geveld hout kunnen overleven (Petrice en Haack, 2007). De introductie van de EPK in Noord-Amerika vanuit Azië heeft vermoedelijk plaats gevonden met verpakkingshout (Cappaert et al., 2005). Waarschijnlijk is de soort ergens in de jaren 1990 in de USA in Michigan geïntroduceerd (Haack et al., 2002). In de USA is een bestrijdingssysteem van kracht om alle essen in een bepaalde straal vanaf aangetaste bomen te verwijderen. Maar tegen de tijd dat een besmetting wordt ontdekt en bestreden heeft de EPK zich meestal al verspreid buiten de uitroeiingszone. De EPK is nu al in verschillende staten en regio's aanwezig en de verspreiding gaat onverminderd door en heeft de EPK zich vanuit Michigan in hoog tempo verspreid over aangrenzende staten en het zuiden van Canada (www.emeraldashborer.info).

2.2 De essenprachtkever in Azië

De EPK komt oorspronkelijk voor in Noord-Oost China, Korea, Japan, Taiwan, Mongolië en het oosten van Rusland (Haack, 2002; Jendek, 1994, 2006; Wei et al., 2004 in: Baranchikov et al., 2008). De precieze verspreiding in Azië is niet bekend. Een voorbeeld hiervan is dat de kever recentelijk als een algemene soort is aangetroffen in de regio Khabarovsk (Oost-Rusland), ver boven de noordgrens die Alexeyev (1979, in: Baranchikov et al., 2008) aangaf. In geen van de Aziatische landen wordt *A. planipennis* als een ernstige plaag beschouwd. Voordat de soort in Noord-Amerika voor kwam was de informatie over de biologie en ecologie zeer schaars (Yu, 1992). De laatste jaren worden echter verschillende studies uitgevoerd in China en Oost-Rusland naar ecologie, schadelijkheid, waardplanten en natuurlijke vijanden (Liu et al., 2003; Wei et al., 2004; Zhao et al., 2005; Wang et al., 2008; Yurchenko et al., 2007 in: Baranchikov et al., 2008).

In Oost-Azië ontwikkelen de larven zich vooral in stammen van stervende of verzwakte bomen van *Fraxinus chinensis* (syn. *F. rhynchophylla*), *Fraxinus lanuginosa* en *Fraxinus mandshurica* (Liu et al., 2003; Zhao et al., 2005; Yurchenko et al., 2007 in: Baranchikov et al., 2008). In Japan werd de ondersoort *Agrilus planipennis ulmi* vermeld van *Juglans ailanthifolia*, *Pterocarya rhoifolia* en *Ulmus davidiana* var. *japonica* (Haack et al., 2002). Bij intensieve studies om de potentiële waardbomen van *A. planipennis* in Noord-Amerika vast te stellen bleek dat, hoewel de vrouwtjes hun eitjes soms op andere boomsoorten afzetten, de larven uitsluitend worden gevonden in *Fraxinus* spp. (Anulewicz et al., 2008).

In China worden de Noord-Amerikaanse essensoorten (*Fraxinus americana*, *F. pennsylvanica* en *F. velutina*) vaak als sierbomen aangeplant en deze zijn veel gevoeliger dan de Aziatische soorten, want de aantastingen zijn bijna exclusief opgetreden bij de geïntroduceerde soorten (Liu et al., 2003; Zhao et al., 2007 in: Baranchikov et al., 2008). In Noord-Amerika is gebleken dat de daar geplante Aziatische essen minder gevoelig zijn dan de inheemse soorten (Rebek et al., 2008). De resistentie van *F. mandshurica* zou te maken hebben met chemische verschillen in het floem (Eyles et al., 2007). De levenswijze van de EPK in Noord-Amerika en Azië is niet verschillend maar de dramatische impact van deze invasieve soort wordt verklaard door de lage parasiteringsgraad en de hoge gevoeligheid van de waardbomen (Baranchikov et al., 2008).

2.3 De essenprachtkever in Moskou

Sinds 2003 werden in Moskou op verscheidene plaatsen kevers verzameld die pas in 2007 als de essenprachtkever *Agrilus planipennis* werden herkend. Systematisch onderzoek heeft aangetoond dat de soort door de gehele stad verspreid voorkomt en sterfte bij laan- en parkbomen veroorzaakt. De kevers tasten in Moskou praktisch alleen de veel aangeplante Noord-Amerikaanse *Fraxinus pennsylvanica* aan. Deze essensoort is daar in het stedelijk groen zeer belangrijk, het is de zesde belangrijkste boomsoort in Moskou (Baranchikov et al., 2008). Deze es is in de jaren negentig vanuit Canada ingevoerd (de essenprachtkever was toen waarschijnlijk al onopgemerkt in Canada aanwezig) en men veronderstelt dat de EPK met dat materiaal naar Moskou is gekomen. De Moskouse populatie zou dus niet afkomstig zijn uit China maar uit Canada. Na de

strengere winter van 2003/2004 werden in Moskou veel bastscheuren bij de Canadese essen waargenomen en kwamen de bomen slecht in het blad te staan. Daardoor zijn de bomen extra gevoelig geworden voor een snel verspreidende aantasting. De afgelopen jaren zijn honderden dode Noord-Amerikaanse essen gekapt (Izhevskii en Mozolevskaya, 2010; Mozolevskaya et al., 2008). Onder de in Moskou sporadisch aangeplante Europese es *Fraxinus excelsior* wordt slechts één aantasting gemeld (Volkovich, 2007). Het voorkomen van de EPK in Europa lijkt tot nu toe beperkt tot Moskou (Baranchikov et al., 2008). De gebieden waar de EPK tot nu toe voorkomt kennen een uitgesproken landklimaat. Om die reden is een uitbreiding vanuit Moskou naar Midden-, Noord- en Oost-Europa meer waarschijnlijk dan een uitbreiding naar het meer Atlantische klimaat van West- en Zuidwest-Europa. Echter, de precieze klimaateisen ontbreken en het is dus onbekend of de EPK zich hier kan ontwikkelen. Men dient rekening te houden met een mogelijke verdere verspreiding van de EPK in Europa (en Nederland), hoewel het nog steeds niet zeker is of de Europese essensoorten gevoelig zijn (Baranchikov et al., 2008).

3 Gevoeligheid van essensoorten

Waardbomen van de essenprachtkever in de USA zijn *Fraxinus americana*, *F. nigra*, *F. pennsylvanica*, *F. profunda*, *F. quadrangulata* en *F. velutina* (USDA, 2010). In de USA komen 22 essensoorten voor waarvan zestien soorten inheems zijn (USDA, 2007). Er zijn verschillen in gevoeligheid, maar er zijn sterke aanwijzingen dat alle Amerikaanse essensoorten aangetast kunnen worden (Liu et al., 2003; Wie et al., 2004; Rebek et al., 2006; Liu et al., in druk). De essen zijn in 48 staten aanwezig als sierbomen in straatbeplantingen in het stedelijk groen en in bossen. Elke soort is aangepast aan een specifieke habitat binnen de verschillende bosecosystemen zoals tolerantie voor natte groeiplaatsen etc.

Essen spelen een belangrijke rol in het stedelijk milieu door hun resistentie tegen plagen en hun tolerantie voor ongunstige groeiomstandigheden zoals bodemverdichting en droogte. Veel essen werden geplant om door iepziekte aangetaste iepen te vervangen. Essen vormen nu 5 - 20% van alle straatbomen in heel Noord-Amerika. Alleen al de stad Chicago heeft ongeveer 603.000 essen. De bomen zijn van vitaal belang voor de gezondheid omdat ze luchtverontreinigingen en fijn stof onschadelijk maken, schaduw leveren en een esthetische bijdrage leveren aan stadsbewoners. Tot 2007 waren er al meer 20 miljoen essen gedood (USDA, 2007).

In Europa komen drie inheemse essensoorten voor. De meest voorkomende soort is *Fraxinus excelsior* die voorkomt van Zuid- tot Noord-Europa en in Oost-Europa tot de Wolga. De soorten *F. ornus* en *F. angustifolia*, incl. de ondersoort *F. angustifolia oxycarpa* komen vooral voor in het mediterrane gebied (Baranchikov et al., 2008; FRAXIGEN, 2005). In aanmerking genomen dat essen in geheel Europa tot aan Moskou voorkomen en dat de EPK een goede vlieger is, zal de kever zich ongetwijfeld naar de Europese regio's kunnen verspreiden.

Noord-Amerikaanse essensoorten zijn gevoeliger voor de EPK dan de Aziatische soorten. Maar ook binnen de Aziatische soorten bestaan verschillen, zo is *Fraxinus chinensis* resistentier dan *F. mandshurica* (Bauer et al., 2010). Als blijkt dat de Europese essen niet resistentier zijn dan de Noord-Amerikaanse soorten, dan kan de kever een ernstige bedreiging vormen voor de Europese essen en daarmee voor de economie en de groene omgeving. Europa zou daarom een proactief beleid moeten voeren met het ontwikkelen van onderzoek om ecologie, detectie en bestrijdingsmethoden van de EPK vast te stellen (Baranchikov et al., 2008).

In het oorspronkelijke Aziatische areaal ontwikkelt de EPK zich in de stam van de inheemse *Fraxinus chinensis*, *F. mandshurica* en *F. rhynchophylla*, maar ook in de daar geïntroduceerde Noord-Amerikaanse *F. americana*, *F. velutina* en *F. pennsylvanica* (Liu et al., 2003). In Japan is de EPK bekend van *F. mandshurica*, *Juglans mandshurica*, *Pterocarya rhoifolia* en *Ulmus davidiana* (Liu et al., 2003). In Noord-Amerika werd de soort tot nu toe alleen vastgesteld bij de inheemse essen *Fraxinus pennsylvanica*, *F. americana*, *F. nigra* en *F. quadrangulata*. Veldexperimenten in Noord-Amerika laten zien dat de EPK soms wel eitjes afzet op andere boomsoorten maar dat zich hieruit geen volwassen kevers ontwikkelen (Anulewicz et al., 2008). De resistentie van essen wordt waarschijnlijk bepaald door een combinatie van chemische en fysische eigenschappen zoals door callusvorming in de larvengangen. Maar bij hoge dichtheden aan kevers kunnen de resistentiemechanismen niet meer effectief functioneren (Duan et al., 2010b).

4 Belang van de es in Nederland

De es in het stedelijk groen

De es is een belangrijke inheemse boomsoort in Nederland die veel is aangeplant mede vanwege de tolerantie voor specifieke groeiplaatsomstandigheden zoals venige, kleiige en natte bodems, vooral in het westen van het land. Voor bossen en andere landschappelijke beplantingen is de aanwezigheid van de es goed geïnventariseerd, maar voor het stedelijk groen zijn geen statistieken beschikbaar. Het is moeilijk om redelijke schattingen te geven, daarvoor zouden meerdere gemeenten naar hun essenbestanden moeten worden bevraagd. In het stedelijk gebied zijn vooral soorten als linde, paardenkastanje en iep (Amsterdam) aangeplant en neemt de es een wat mindere prominente plaats in. Afhankelijk van de regio zijn in het oosten weinig, in het westen verhoudingsgewijs meer essen aangeplant. Het gaat daar behalve om de gewone es *Fraxinus excelsior* ook om de pluimes *F. ornus* en de smalbladige es *F. angustifolia* 'Raywood'. Verder worden ook de Amerikaanse essensoorten *F. americana* en *F. pennsylvanica* aangeplant in het stedelijk groen, maar in beperkte mate. Het eventueel afsterven van essen betekent voor veel gemeenten een 'ramp', vergelijkbaar met die van de bloedingsziekte van de paardenkastanje (pers. mededeling: Leo Goudzwaard en Jitze Kopinga beide Wageningen UR).



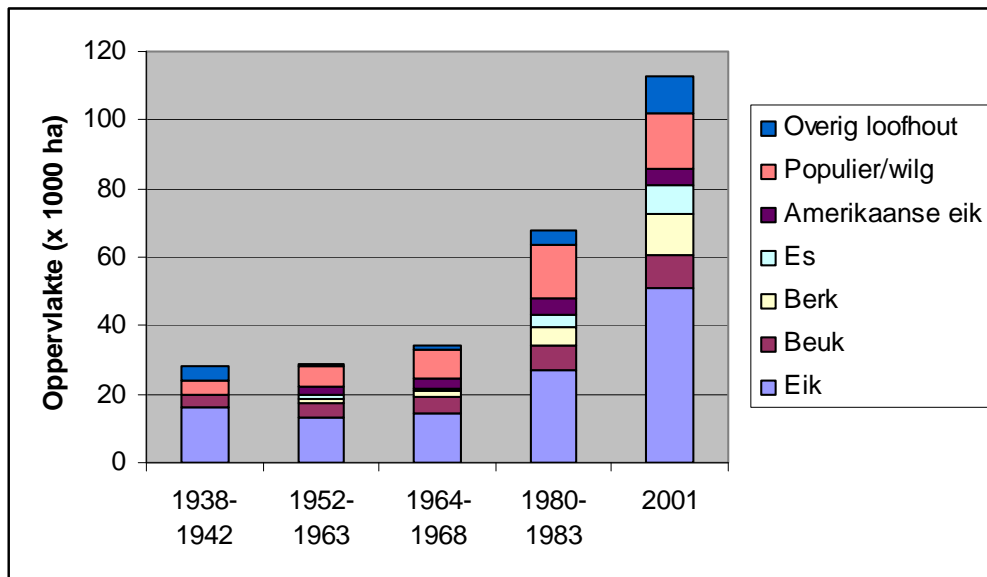
Figuur 1

De es wordt veel aangeplant in het stedelijk groen

(bron: [http://nl.wikipedia.org/wiki/Bestand:Fraxinus excelsior](http://nl.wikipedia.org/wiki/Bestand:Fraxinus_excelsior)).

De es in bos en landschappelijke beplanting

In het bos en landschap is de es na populier, zomereik en beuk de belangrijkste loofboomsoort. Er zijn zowel zaailingen als uitsluitend (klonaal vermeerderde selecties van) *F. excelsior* aangeplant (figuur 2).



Figuur 2

Ontwikkeling van de oppervlakte bos naar dominante boomsoort voor loofhout (bron: CBS, 1985; Moraal, 2004).

Uit figuur 2 blijkt een forse toename van eik, berk, es en beuk in de tijd. De es is weinig gevoelig voor ziekten en plagen en wordt gezien als een duurzame, minder onderhoudsgevoelige boomsoort die daardoor steeds vaker wordt aangeplant. In oude bossen is de es niet vaak te vinden, maar in bebossingen vanaf de jaren 80 in de vorige eeuw is de es veel toegepast op de voedselrijkere gronden. De soort is zeker de laatste vijftien jaar zeer populair bij de aanleg van nieuwe bossen. De soort is ook veel gebruikt voor landschappelijke beplantingen en wegbeplantingen. Overal waar vroeger populier stond, zie je de laatste twee decennia es geplant worden (persoonlijke mededeling Patrick Jansen van Probos). Het areaal es in bos en landschappelijk groen wordt weergegeven in tabel 1 en 2.

Tabel 1

Voorkomen van de es in Nederland volgens de Vierde Bosstatistiek 1980-1983.

Categorie	Ha
Opgaand bos	3411
Middenbos	746
Lanen/singels	38
Hakhout/griend	751
Overig	54
Totaal	5000

(Bron: CBS, 1985)

Tabel 2*Voorkomen van de es in lijnvormige beplantingen in 1990*

Categorie	Km
Rijbeplantingen	3931
Singels	2071
Houtwallen	0
Bosstroken	448
Totaal	6450

(Bron: Schoonderwoerd, 1991)

Het uitvallen van de es kan in het landschap plaatselijk veel kale plekken opleveren. In natuurgebieden lijkt sterfte niet zo erg, wel in het stedelijk groen. Daar zijn vaak straten van één cultivar voorzien (bv. *F. excelsior* cv. Westhof's Glorie) en bij sterfte kan dan mogelijk tegelijk (immers genetisch identiek) een dode straatbeplanting ontstaan (pers. mededeling Pieter Slim, Alterra). Daarnaast is tegenwoordig ook belangrijk in welke mate een aangetaste boom onveilige situaties kan opleveren, in de bossen is dat minder relevant. Een ander aspect zijn de te maken kosten voor het verwijderen van aangetaste bomen. Afhankelijk van de situatie en de grootte van een boom kost dit enkele honderden euro's per boom (pers. mededeling Jitze Kopinga, Alterra). Wanneer aangetaste bomen ook nog eens vanwege fytosanitaire redenen vernietigd of versnipperd moeten worden (Kopinga et al., 2010; workshop essensterfte via www.minlnv.nl), komen de kosten aanzienlijk hoger te liggen.

Essenhakhout

Essenhakhoutbossen van het habitatype vochtige alluviale bossen, Essen-lepenbossen (subtype B). Het subtype verkeert landelijk in een zeer ongunstige staat van instandhouding. Het essenhakhout op kleibodem zoals in Kolland en Overlangbroek voorkomt, vormt een in Europa unieke vorm van dit subtype. Een belangrijk onderdeel van de kwaliteit vormen de epifytische mossen (Ministerie van LNV, 2008, ontwerpbesluit). Vooral de alluviale bossen in het rivierenlandschap (van subtype A en B) van ons land zijn van groot internationaal belang. Onze rivierbegeleidende Essen-lepenbossen (van subtype B) zijn van zeer grote Europese betekenis omdat zulke bossen een beperkt verspreidingsgebied hebben (de Noordwest-Europese laagvlakte). Daarbij is de vorm met Essenhakhout uitsluitend uit ons land bekend.



Figuur 3

Een karakteristieke natuurwaarde van Overlangbroek: oude essenstoof met een goed ontwikkelde mosvegetatie behorend tot het Touwtjemosgezelschap (foto: H.C. Greven).

De kleiige, hoge delen van de uiterwaarden zijn van nature de standplaatsen van het hardhoutoibos, waarin gewone es domineert. In de uiterwaarden is dit bos nu alleen nog in gedegradeerde vorm aanwezig, als populierenaanplant. Dit tweede type van alluviaal bos, het vochtige hardhoutoibos, komt in ons land ook voor op landgoederen en als essenhakhout (o.a. langs de Waal, Kromme Rijn en Vecht). Deze bossen staan echter alleen nog indirect onder invloed van de rivier (door stijging van grondwater tijdens rivierhoogwater). Europees belang: zeer groot, vooral de alluviale bossen in het rivierenlandschap (van subtype A en B) van ons land zijn van groot internationaal belang (De Swart et al., 2009).

5 Parasitoïden van de essenprachtkever

5.1 Parasitoïden van de essenprachtkever in Azië

De laatste jaren zijn uitgebreide studies uitgevoerd naar het parasitoïden-complex van de EPK in China en Oost-Rusland. Dit gebeurde om geschikte natuurlijke vijanden voor een introductie in Noord-Amerika te vinden. Daarbij werden in Noord-China drie nog onbeschreven parasitoïden van de EPK gevonden. Het gaat om de volgende eiparasitoïd en larvenparasitoïden:

1. *Spathius agrili* Yang (Hymenoptera: Braconidae) is een gregaire idiobionte ectoparasitoïd van de laatste larvale stadia en gevonden in de provincies Tianjin en Jilin (Liu et al., 2003; Yang et al., 2005; Liu et al., 2007; Wang et al., 2007 in: Baranchikov et al., 2008). Per gastheerlarve kunnen zich 1-18 exemplaren ontwikkelen. Uitgebreide informatie over deze parasitoïd wordt gegeven in paragraaf 7.1.
2. *Oobius agrili* Zhang and Huang (Hymenoptera: Encyrtidae). De eitjes van de EPK worden geparasiteerd. Deze eiparasitoïd heeft ten minste twee generaties per jaar met een parasitering van 56,3 - 61,5% (Liu et al., 2007). De overwintering van *O. agrili* vind plaats in het gastheerei (Zhang et al., 2005). Uitgebreide informatie over deze parasitoïd wordt gegeven in paragraaf 7.2.
3. *Tetrastichus planipennis* Yang (Hymenoptera: Eulophidae) is een gregaire endo-parasitoïd van larven die is ontdekt in de provincies Jilin en Liaoning. Men vond 56 tot 92 exemplaren per gastheerlarve (Liu et al., 2003; Yang et al., 2006. in: Baranchikov et al., 2008). Uitgebreide informatie over deze parasitoïd wordt gegeven in paragraaf 7.3.

In China lijkt parasitisme een belangrijke mortaliteitsfactor voor de EPK te zijn. Zo vonden Yang et al., (2005) een parasitering van 30 - 90% door *Spathius agrili*. Yang et al. (2006) vonden een parasitering van 32 - 65% door *Tetrastichus planipennis*. Volgens Liu et al. (2007) kunnen *T. planipennis* en *O. agrili* samen 73,6% reductie van de gastheerpopulatie veroorzaken. Vreemd genoeg worden pathogenen en predatoren zelden waargenomen (Liu et al., 2003).

In andere Aziatische regio's is maar heel weinig over het parasitoïden complex bekend. In Rusland (in Khabarovsk) werd een oriënterend experiment uitgevoerd door Yurchenko et al., 2007 in: Baranchikov et al., 2007). Stammen van *Fraxinus chinensis* met een aantasting van *A. planipennis* werden buiten bewaard om er te overwinteren. Uit het materiaal werden twee Braconidae gekweekt: *Spathius depressithorax* Belokobylskiy en *S. generosus* Wilkinson. *Spathius depressithorax* was wel bekend uit dat gebied maar nooit eerder als parasitoïd van de EPK beschreven (Belokobylskiy, 1998 in: Baranchikov et al., 2008). *Spathius generosus* is wijd verspreid in Siberië en het Verre Oosten (in Amurskaya oblast', Khabarovskiy, Primorskiy krays, Sakhalin en de Koerillen), maar ook in Japan, Korea, China and India. Het is een polyfage parasitoïd van verschillende Cerambycidae, Scolytidae en Curculionidae (Belokobylskiy, 1998 in: Baranchikov et al., 2008).

5.2 Parasitoïden van de essenprachtkever in Noord-Amerika

In Noord-Amerika zijn ten minste tien soorten eiparasitoïden en 38 larvenparasitoïden bekend van *Agrilus*-soorten. De meeste eiparasitoïden behoren tot de Encyrtidae, de larvenparasitoïden behoren tot de Braconidae (achtien soorten), Ichneumonidae (negen soorten) en Eulophidae (vier soorten). De parasitering

door Ichneumonidae is meestal erg laag, < 1% (Duan, 2011b). In Noord-Amerika zijn slechts van twee eiparasitoïden en drie larvenparasitoïden hoge parasiteringsgraden vastgesteld bij inheemse *Agrilus*-soorten. Van de eiparasitoïden *Coccidencyrtus* sp en *Thysanus* sp. (beide van *Agrilus liragus* op populier) is respectievelijk tot 55% en 12% parasitering vastgesteld. De drie larvenparasitoïden *Atanycolus charus* (van *Agrilus anxius* op populier en berk), *Atanycolus cappaerti* (van *A. liragus* en *A. bilineatus* op populier en paardenkastanje) en *Phasgonophora sulcata* (van *A. anxius*, *A. bilineatus* en *A. liragus*) kunnen soms hoge parasiteringsgraden bereiken van respectievelijk tot 52%, 71% en 20% (Duan, 2011b). Bovengenoemde Noord-Amerikaanse parasitoïden parasiteren de EPK niet of nauwelijks. Er is kennelijk (nog) geen adaptatie aan de gastheer, boomsoort en levenscyclus (zie paragraaf 8).

In Noord-Amerika is de mortaliteit van de EPK door natuurlijke vijanden zeer gering behalve dat spechten 9 - 95% van de larven kunnen prederen (Cappaert et al., 2005). Er worden wel eens parasitoïden uitgekweekt maar de parasitering blijft ver onder het gemiddelde van 1% (Cappaert et al., 2005). Dit betekent dat de inheemse parasitoïden slecht geadapteerd zijn aan de nieuwe invasieve EPK.

Sinds de ontdekking van de essenprachtkever in Canada en de USA in 2002 hoopten de onderzoekers effectieve inheemse natuurlijke vijanden te identificeren. Het gebeurt vaker dat de host-range van natuurlijke vijanden na verloop van tijd verandert. Bij een onderzoek in een parkachtige omgeving in Michigan werd een parasitoïd met een wisselende parasitering gevonden. De soort werd eerst als een nog onbeschreven soort beschouwd maar later als *Atanycolus hicoriae* (Hym., Braconidae) geïdentificeerd (Cappaert en McCullough, 2008b). Het gaat om een parasitoïd van *Agrilus ligarus* en *Agrilus bilineatus* (op eik). De levenscyclus van deze parasitoïd is echter slecht afgestemd op de EPK. Daarnaast kan de effectiviteit van deze sluipwesp nadelig beïnvloed worden door het optreden van de hyperparasitoïd *Eurytoma* sp. (Cappaert en McCullough, 2008a,b).

Tabel 3 toont de vastgestelde parasitoïden van de EPK in Noord-Amerika (Michigan, Pennsylvania en Ohio) (Bauer et al., 2010; Duan et al., 2009; Kula et al., 2010).

Tabel 3

Parasitoïden van de EPK in de USA.

<i>Atanycolus hicoriae</i> (Braconidae)	ectoparasitoïd	inheems in Noord-Amerika
<i>Atanycolus nigropyga</i> (Braconidae)	ectoparasitoïd	inheems in Noord-Amerika
<i>Atanycolus simplex</i> (Braconidae)	ectoparasitoïd	inheems in Noord-Amerika
<i>Eupelmus pini</i> (Eupelmidae)	ectoparasitoïd	inheems in Noord-Amerika
<i>Spathius floridanus</i> (Braconidae)	ectoparasitoïd	inheems in Noord-Amerika
<i>Spathius laflammei</i> (Braconidae)	ectoparasitoïd	inheems in Noord-Amerika
<i>Spathius simillimus</i> (Braconidae)	ectoparasitoïd	inheems in Noord-Amerika
<i>Leluthia astigma</i> (Braconidae)	ectoparasitoïd	inheems in Noord-Amerika
<i>Phasgonophora sulcata</i> (Chalcididae)	ectoparasitoïd van <i>Agrilus anxius</i> , <i>bilineatus</i> en <i>A. liragus</i>	inheems in Noord-Amerika
<i>Dolichomitus vitticrus</i> (Ichneumonidae)	endoparasitoïd	inheems in Noord-Amerika
<i>Orthizema</i> sp. (Ichneumonidae)	endoparasitoïd	vermoedelijk inheems in Noord-Amerika
<i>Cubocephalus</i> sp. (Ichneumonidae)	endoparasitoïd	vermoedelijk inheems in Noord-Amerika
<i>Balcha indica</i> (Eupelmidae)	ectoparasitoïd	exoot in Noord-Amerika

Balcha indica is een uit Azië (Birma, India, Thailand, Vietnam) afkomstige ectoparasitoïd en in Noord-Amerika (Michigan) aangetroffen als parasitoïd van de EPK en in Virginia verzameld uit een met boktorren aangetaste *Prunus*. In Noord-Amerika zijn uitsluitend vrouwtjes aangetroffen en dat betekent dat waarschijnlijk een parthenogenetische vorm is geïntroduceerd. Parthenogenese is een voordeel in de vestiging en verspreiding

van toevallig geïntroduceerde soorten. Van andere parasitoïden is bekend dat ze via militair verkeer in de USA zijn terechtgekomen. De eerste vondsten van *Balcha indica* werden gedaan in de nabijheid van militaire basis in Virginia, jaren voordat de EPK werd gevonden. Het is mogelijk dat de Noord-Amerikaanse populatie van *B. indica* is ontstaan uit één enkel vrouwtje uit Vietnam of een ander land (Gibson, 2005). Deze soort is van de in tabel 3 genoemde soorten aantalsgewijs het meest vertegenwoordigd. Op sommige plaatsen kan een behoorlijke parasitering door *B. indica* optreden, maar vooral in percelen waar al veel bomen zijn afgestorven. De effectiviteit van de genoemde parasitoïden wordt verder onderzocht. In de USA is de parasiteringsgraad bij de EPK oms hoog, maar van plaats tot plaats erg wisselend. Hiervoor is nog geen verklaring gevonden. De totale parasitering bedraagt slechts <1,0% (Bauer et al., 2010) of 3,6% (Duan et al., 2009). Bij een onderzoek naar 6000 eitjes zijn tot nu toe geen eiparasitoïden gevonden (Bauer et al., 2010). Het genus *Oobius* is overigens niet in Noord-Amerika aanwezig. Voor Noord-Amerika zijn 25 *Spathius*-soorten beschreven, maar van slechts enkele soorten is bekend dat ze het geslacht *Agrilus* parasiteren (Poole, 1997). Volgens de nationale soortenbank (www.discoverlife.org) komen er in Noord-Amerika 27 *Tetrastichus*-soorten voor, maar is er nog geen parasitering van de EPK door een inheemse *Tetrastichus* vastgesteld (USDA, 2007).

5.3 Parasitoïden van de essenprachtkever in Moskou

In Moskou werd tot nu toe geen enkele parasitoïd van de EPK gevonden. Er is daar alleen predatie door de grote bonte specht vastgesteld (Baranchikov et al., 2008).

6 Buprestidae op bomen in Nederland

Het zeer grote genus *Agrilus* telt op wereldschaal bijna 2800 soorten, waarvan ongeveer 120 soorten in Europa en dertien soorten in Nederland (waarvan elf op bomen) voorkomen (Bellamy, 2008; Brakman, 1966; Jendek, 2006). De meeste van de elf Nederlandse *Agrilus*-soorten zijn kleiner dan 8 mm, en kunnen daarom louter op grond van hun lengte al van *A. planipennis* onderscheiden worden. De volwassen Aziatische essenprachtkever is 8-15 mm lang. De eikenprachtkever *Agrilus biguttatus* wordt tot 13 mm lang en de perenprachtkever *Agrilus sinuatus* tot 10 mm. De enige Nederlandse *Agrilus*-soort die op es leeft is *A. convexicollis* (tabel 4), maar deze soort is slechts 3,5-5,5 mm lang en is bij ons zeldzaam en alleen bekend van oostelijk Noord-Brabant en Limburg (www.nederlandsesoorten.nl). Ook in de rest van Europa is *Agrilus convexicollis* een vrij zeldzame soort die op verschillende rode lijsten wordt genoemd. De soort ontwikkelt zich in dunne twijgen van afstervende essen in loofbossen en bosschages (Brechtel en Kostenbader, 2002).

Naast het grootste genus *Agrilus* met elf soorten zijn voor Nederland nog zes andere Buprestidae (prachtkevers) op bomen beschreven. Het gaat om de genera *Anthaxia*, *Aphanisticus*, *Chrysobothris*, *Melanophila*, *Phaenops* en *Trachys*. Daarvan komt *Chrysobothris affinis* in Nederland slechts lokaal voor in lichte loofbossen, vooral in eik maar ook wel op es (tabel 5). De tot 15 mm lange kever is uitgesproken polyfaag en komt voor bij allerlei loofbomen zoals beuk, eik, linde, wilg, haagbeuk en populier, kastanje, hazelaar, berk, iep, esdoorn etc. De kever ontwikkelt zich in afstervende of recent afgestorven stammen, takken en twijgen op zonbeschenen plekken (Brechtel en Kostenbader, 2002).

Tabel 4

In Nederland zijn elf *Agrilus*-soorten op bomen bekend.

<i>Agrilus</i> -soorten	Waardplanten
<i>Agrilus angustulus</i> (Ill.)	haagbeuk, hazelaar, beuk, tamme kastanje, eik, haagbeuk
<i>Agrilus betuleti</i> Ratz.	berk
<i>Agrilus biguttatus</i> (F.)	eik
<i>Agrilus convexicollis</i> Redt.	liguster, sering, es
<i>Agrilus laticornis</i> Ill.	tamme kastanje, paardenkastanje, eik, beuk
<i>Agrilus olivicolor</i> Kies.	haagbeuk, hazelaar, beuk, tamme kastanje, eik
<i>Agrilus pratensis</i> Ratz.	populier
<i>Agrilus sinuatus</i> (Ol.)	peer, appel, meidoorn, mispel, cotoneaster
<i>Agrilus subauratus</i> (Gebler)	wilg, populier
<i>Agrilus sulcicollis</i> Bois & Lacor	eik
<i>Agrilus viridis</i> L.	haagbeuk, hazelaar, berk, els, beuk, tamme kastanje, wilg, linde

(bron: www.nederlandsesoorten.nl; Vorst, 2009)

Tabel 5

Andere Buprestidae op bomen in Nederland.

Buprestidae-soorten	Waardplanten
<i>Anthaxia manca</i> (L.)	iep
<i>Anthaxia nitidula</i> (L.)	sleedoorn, kers, meidoorn
<i>Anthaxia quadripunctata</i> (L.)	spar (lariks, den)
<i>Anthaxia godeti</i> Gory & Laporte	den, spar
<i>Anthaxia salicis</i> (F.)	eik
<i>Buprestis novemmaculata</i> L.	den
<i>Chrysobothris affinis</i> (F.)	negentienboomgenera (es?)
<i>Chrysobothris solieri</i> Laporte & Gory	den
<i>Melanophila acuminata</i> (Geer)	berk, els, beuk, eik, den, spar, jeneverbes
<i>Phaenops cyanea</i> (F.)	den
<i>Trachys minutus</i> (L.)	berk, hazelnoot, iep, wilg, esdoorn, linde

(bron: www.nederlandsesoorten.nl; Brechtel en Kostenbader, 2002; Vorst, 2009)

In Baden-Württemberg (Duitsland) zijn ca 55 soorten Buprestidae op bomen bekend maar vele soorten zijn zeldzaam (Brechtel en Kostenbader, 2002). In Europa (van de Kaukasus tot Noord-Frankrijk) komt de weinig algemene prachtkever *Anthaxia podolica* voor op es, maar deze soort is niet in Nederland aanwezig. Van *A. podolica* zijn overigens geen parasitoïden bekend (Yu et al., 2004; Noyes, 2003 en Marc Kenis (pers. mededeling).

In Europa komen op sommige boomsoorten veel Buprestidae voor, zoals 25 soorten op eik en elf soorten op beuk. In Duitsland zitten op es de prachtkevers *Agrilus convexicollis*, *Anthaxia podolica* en *Chrysobothris affinis* (tabel 4 en 5) (Brechtel en Kostenbader, 2002) en volgens Schwenke (1974) ook *Poecilnota variolosa* Payk. In Nederland zijn de voor es genoemde *Agrilus convexicollis* en *Chrysobothris affinis* zeldzaam (Brakman, 1966). Brechtel en Kostenbader (2002) noemen de es als waardplant voor *Chrysobothris affinis*. Deze zeldzame soort is in Europa mogelijk wel eens op es aangetroffen, maar niet in Nederland en Duitsland. In Midden-Europa zijn eik, beuk en fruitbomen (vaak in houtstapels) de belangrijkste waardplanten (Dré Teunissen, pers. mededeling).

Agrilus-soorten en andere Buprestidae zijn warmteminnend. Een voorbeeld is de eikenprachtkever *Agrilus biguttatus* die een voorkeur heeft voor zonbeschenen laanbomen, bomen in bosranden of wijdstaande bomen in bospercelen (Moraal en Hilszczanski, 2000; Oosterbaan et al., 2001). In Nederland worden essen veel in wegbplantingen en stedelijk groen aangeplant. Deze zonnige habitat lijkt dus gunstig voor eventuele aantastingen van de essenprachtkever.

7 Parasitoïden van Buprestidae in Nederland en Europa

Slechts voor 24 soorten, ongeveer een derde van de in Duitsland voorkomende soorten Buprestidae, zijn parasitoïden (Ichneumonidae, Braconidae en Chalcidoidea) beschreven – zie tabellen 6, 7, 8. Waarschijnlijk zijn er veel meer parasitoïden van Buprestidae in Europa bekend, maar de informatie is zo versnipperd dat het veel tijd zou vergen om ze in kaart te brengen (Marc Kenis, persoonlijke mededeling). Meestal treden er slechts één - drie soorten parasitoïden per gastheer op. Uitzonderingen zijn de beukenprachtkever *Agrilus viridis* met 24 parasitoïden en de blauwe dennenprachtkever *Phaenops cyanea* met twaalf parasitoïden. Alle in Duitsland beschreven soorten parasiteren de larvale stadia. Er is slechts één eiparasitoïd, *Oobius zaheikevitchi*, bekend van *Agrilus viridis* in Zuid- en Oost-Europa (Brechtel en Kostenbader, 2002).

Tabel 6

Braconidae als parasitoïden van Buprestidae op bomen in Europa en Nederland.

	<i>Agrilus angustulus</i> (Ill.)	<i>Agrilus ater</i> (L.)	<i>Agrilus biguttatus</i> (F.)	<i>Agrilus convexicollis</i> Redt	<i>Agrilus sulcicollis</i> Lac.	<i>Agrilus suvorovi</i> (populneus) Obenberger	<i>Agrilus viridis</i> (L.)	<i>Chrysobothris affinis</i> (F.)	<i>Coraeus florentinus</i> Herbst	<i>Dicerca berolinensis</i> (Herbst)	<i>Melanophila picta</i> (F.)	<i>Phaenops cyanea</i> (F.)	<i>Scintillatrix mirifica</i> (Mulsant)	<i>Scintillatrix rutilans</i> (F.)	Aanwezig in Nederland
Aanwezig in Nederland	X		X	X	X		X	X				X			
HOOFDBOOMSOORT *	Ei	Po Wi	Ei	Es	Ei	Po	Lo	Lo Es?	Ei Ka	Be Ha	Po Wi	De	le	Li	
<i>Ascogaster varipes</i> Wesmael													?		X
<i>Atanycolus denigrator</i> L.													?	?	
<i>Atanycolus genalis</i> Thoms.												X	X		
<i>Atanycolus ivanowi</i> (Kokujev)											X				
<i>Atanycolus neesii</i> (Marsh.)			X				X					X		X	
<i>Atanycolus petiolaris</i> Thoms.			X				X								
<i>Atanycolus sculpturatus</i> Thoms.			?										X		
<i>Bracon variator</i> (Nees)									?						X
<i>Cenocoelius analis</i> (Nees)				X											X
<i>Coeloides abdominalis</i> (Zett.)												X			
<i>Coeloides scolyticida</i> Wesm.							X								X
<i>Coeloides sordidator</i> Rtzsb.												X			
<i>Cyanopterus nigrator</i> Zett.		X													X
<i>Dimeris mira</i> (Ruthe)												?			
<i>Doryctes leucogaster</i> Nees								?							X
<i>Doryctes mutillator</i> (Thb.)			?									X			

	<i>Agrilus angustulus</i> (Ill.)	<i>Agrilus ater</i> (L.)	<i>Agrilus biguttatus</i> (F.)	<i>Agrilus convexicollis</i> Redt	<i>Agrilus sulcicollis</i> Lac.	<i>Agrilus suvorovi</i> (populneus) Oberberger	<i>Agrilus viridis</i> (L.)	<i>Chrysobothris affinis</i> (F.)	<i>Coraeus florentinus</i> Herbst	<i>Dicerca berolinensis</i> (Herbst)	<i>Melanophila picta</i> (F.)	<i>Phaenops cyanea</i> (F.)	<i>Scintillatrix mirifica</i> (Mulsant)	<i>Scintillatrix rutilans</i> (F.)	Aanwezig in Nederland
<i>Doryctes undulatus</i> Rtzb.				X			?								
<i>Glyptomorpha pectoralis</i> (Brulle)								X							
<i>Helcon claviventris</i> Wesm.							?								
<i>Iphiaulax impostor</i> (Scopoli)											X				X
<i>Ipobracon nigrator</i> Zett.		X													
<i>Microgaster globata</i> (L.)							?								
<i>Ontsira antica</i> (Wollaston)							?			X					X
<i>Ontsira (Doryctes) imperator</i> (Hal.)															X
<i>Pambolus mirus</i> Ruthe												X			
<i>Pareucorystes varinervis</i> Tobias				X			X								
<i>Polystenus rugosus</i> Förster Reinh.							X	X							
<i>Pseudovipio castrator</i> (F.)								X							
<i>Spathius brevicaudis</i> Rtzb.							X								
<i>Spathius curvicaudis</i> Rtzb.			X		X		X				?				X
<i>Spathius depressus</i> Hedqvist							X								
<i>Spathius lignarius</i> (Ratzeburg)			X									?			
<i>Spathius melanophilae</i> Fisher										X					
<i>Spathius phymatodis</i> Fischer							X								
<i>Spathius polonicus</i> Niez.						X							X		X
<i>Spathius radjabii</i> Ficher									X	?					
<i>Spathius radzayanus</i> Rtzb.			X				?								
<i>Spathius rubidus</i> Rossi	X		X	X											X
<i>Vipio appellator</i> (Nees)								X		X					X

Ontleend aan Brechtel en Kostenbader, 2002, www.fauaneuropaea.org, Yu et al., 2004; Kenis en Hilszczanski, 2004 en Marc Kenis (persoonlijke mededeling). *Be=beuk, De=den, Ei=eik, Es=es, Ha=hazelaar, Ie=iep, Ka=Kastanje, Li=linde, Lo=divers loofhout, Po=populier, Wi=wilg? = twijfelachtige determinatie van de sluipwesp (volgens Marc Kenis). De aanwezigheid van de soorten in Nederland is gebaseerd op de informatie van www.nederlandsesoorten.nl.

Sommige Braconidae zijn tamelijk polyfaag. Zo komt *Atanycolus neesii* voor bij vier verschillende gastheren op verschillende boomsoorten zoals bij de eikenprachtkever *Agrilus biguttatus* op eik en de blauwe dennenprachtkever *Phaenops cyanea* op grove den. Het genus *Atanycolus* is niet in Nederland aanwezig (www.nederlandsesoorten.nl).

Tabel 7

Chalcidoidea als parasitoïden van Buprestidae op bomen in Europa en Nederland.

	<i>Agrilus auricollis</i> Kiesenwetter	<i>Agrilus angustulus</i> (Ill.)	<i>Agrilus biguttatus</i> (F.)	<i>Agrilus graminis</i> Gory & Laporte	<i>Agrilus sinuatus</i> (Ol.)	<i>Agrilus suvorovi</i> (populnea) Oberberger	<i>Agrilus viridis</i> (L.)	<i>Chrysobothris affinis</i> (F.)	<i>Coraeus florentinus</i> (Herbst)	<i>Melanophila picta</i> (F.)	<i>Phaenops cyanea</i> (F.)	Aanwezig in Nederland
Aanwezig in Nederland		X	X		X		X	X			X	
HOOFDBOOMSOORT*	le	Ei KaBe Hb	Ei	Ei Ha	Pe ApMe	Po	Li	Lo Es?	Ei Ka	PoWi	De	
<i>Chalcididae</i>												
<i>Cratocentrus fastuosus</i> Masi												
<i>Varzobia tibialis</i> Nikol'skaya												
<i>Encyrtidae</i>												
<i>Oobius zahaikovitshi</i> Trjapitzin												
<i>Eulophidae</i>												
<i>Euderus agrili</i> Boucek												
<i>Euderus albitarsis</i> Zett.												
<i>Baryscapus agrilorum</i> Rtzb.												
<i>Baryscapus hylesini</i> Graham												
<i>Entedon ergias</i> Walker												
<i>Tetrastichus heeringi</i> Del.												
<i>Tetrastichus murcia</i> (Walker)												
<i>Quadrastichus misellus</i> Del.												
<i>Eupelmidae</i>												
<i>Calosota aestivalis</i> Curtis												
<i>Calosota vernalis</i> Curtis												
<i>Eusandalum elongatum</i> (Ruschka)												
<i>Eusandalum ibericum</i> (Bol. & Piel.)												
<i>Eusandalum walkeri</i> (Curtis)												
<i>Eurytomidae</i>												
<i>Eurytoma pyrrhidii</i> Erdos												
<i>Pteromalidae</i>												
<i>Aggelma agrili</i> Boucek												
<i>Aggelma spiracularis</i> (Thomson)												
<i>Agrilocida ferrierei</i> Steffan												
<i>Apelioma pteromalinum</i> (Thomson)												
<i>Heydenia pretiosa</i> Först.												
<i>Oodera formosa</i> Giraud												
<i>Rhopalicus guttatus</i> (Ratzeburg)												
<i>Rhopalicus tutela</i> Walk.												
<i>Trichomalus</i> sp.												
<i>Trigonoderus cyanescens</i> Förster												

Ontleend aan Brechtel en Kostenbader, 2002; Noyes, 2003; Kenis en Hilszczanski, 2004 en Marc Kenis persoonlijke mededeling).

* Ap=appel, Be=beuk, De=den, Ei=eik, Es=es, Ha=hazelaar, Hb=haagbeuk, le=iiep, Ka=Kastanje, Li=linde, Lo=divers loofhout, Me=meidoorn, Pe=peer, Po=populier, Wi=wilg? = twijfelachtige determinatie van de sluipwesp volgens Marc Kenis. De aanwezigheid van de soorten in Nederland is gebaseerd op www.nederlandsesoorten.nl.

Oobius zahaikevitchi is een eiparasitoïd, de andere soorten zijn larvenparasitoïden (tabel 7). De vluchtperiode van de parasitoïd kan sterk afwijken van die van de gastheer. *Tetrastichus*-vrouwtjes kunnen van november tot maart nog larven in de popwiegen parasiteren. In China is *Oobius agrili* (Hymenoptera: Encyrtidae) een belangrijke eiparasitoïd van de essenprachtkever. Voor Duitsland is *Oobius zahaikevitchi* Trijapitzin als eiparasitoïd van *Agrilus viridis* beschreven (Brechtel en Kostenbader, 2002). Deze soort komt verder voor in Italië, Rusland, Oekraïne, Bulgarije en landen in het Nabije Oosten. Daarnaast komen in Europa de soorten *Oobius anomalus* Guerrieri (Garonna en Viggiani; *Oobius rudnevi* (Nowicki)) en *Oobius striatus* Annecke voor (website Fauna Europaea: www.faunaeur.org). Het genus *Oobius* is niet in Nederland aanwezig.

Tabel 8

Ichneumonidae als parasitoïden van Buprestidae op bomen in Europa en Nederland.

	<i>Agrilus biguttatus</i> (L.)	<i>Agrilus sulcicollis</i> Lac.	<i>Agrilus suvorovi</i> (populnea) Oberberger	<i>Agrilus viridis</i> (L.)	<i>Anthaxia manca</i> (L.)	<i>Chrysobothris affinis</i> (F.)	<i>Coraeus florentinus</i> (Herbst)	<i>Melanophila picta</i> (F.)	<i>Phaenops cyanea</i> (F.)	Aanwezig in Nederland
Aanwezig in Nederland	X	X		X		X			X	
HOOFDBOOMSOORT	Ei	Ei	Po	Lo	Ie	Lo Es?	Lo	Po Wi	De	
<i>Atractogaster semisculptus</i> Kriech.								X		
<i>Bathyplectus</i> sp.									X	
<i>Cryptus maculipennis</i> (Dufour)							X			
<i>Deuteroxorides elevator</i> (Panzer)	X									X
<i>Dolichomitus imperator</i> (Kriechb.)	?					X			X	X
<i>Dolichomitus tuberculatus</i> (Geoffr.)									X	X
<i>Echthrus reluctator</i> L.							X			
<i>Foersteria puber</i> (Haliday)				?						X
<i>Isadelphus gallicola</i> Bridgman				X						
<i>Liotryphon krieckbaumeri</i> Schulz					X					
<i>Poemenia notata</i> Holmgr.									?	X
<i>Rhimphoctona megacephala</i> (Grav.)							X			
<i>Rhimphoctona pectoralis</i> Kriech.									?	
<i>Xorides depressus</i> Holmgr.									X	
<i>Xorides gracilicornis</i> Grav.					X					
<i>Xorides irrigator</i> F.									X	
<i>Xorides praecatorius</i> F.		X		X						X
<i>Xylophrurus augustus</i> (Dalman)				?						X
<i>Xylophrurus lancifer</i> (Grav.)							X			X

Ontleend aan Brechtel en Kostenbader, 2002; Kenis en Hilszczanski (2004) en Marc Kenis (pers. mededeling).

* De=den, Ei=eik, Ie=iep, Lo=divers loofhout, Po=populier, Wi=wilg? = twijfelachtig. De aanwezigheid van de soorten in Nederland is gebaseerd op de informatie van www.nederlandsesoorten.nl.

Weinig parasitoiden zijn monofaag, sommige soorten zijn polyfaag of oligofaag. Zo is *Euderus albitarsis* (Eulophidae) in Europa een parasitoid van de kleine populierenboktor *Saperda populnea* op populier. Maar toen deze parasitoid als biologische bestrijder in Noord-Amerika werd ingevoerd, bleek daar ook het lariksmotje *Coleophora laricella* geparasiteerd te worden (Brechtel en Kostenbader, 2002).

Van de Braconidae komen slechts zes *Spathius*-soorten voor in Nederland. Hun aanwezigheid is gebaseerd op www.nederlandsesoorten.nl (tabel 9).

Tabel 9

Spathius-soorten (Hymenoptera: Braconidae) in Nederland.

	<i>Agrilus biguttatus</i> (F.),	<i>Capnodis tenebrionis</i> (L.)	<i>Agrilus convexicollis</i> Redt., <i>A. laticornis</i> (Ill.), <i>A. convexicollis</i> Redt, <i>A. angustulus</i> (Ill.),	<i>Melanophila picta</i> (F.),	<i>Agrilus roberti</i> Chevrolat en <i>A. suvorovi</i> Obenberger	<i>Agrilus sulcicollis</i> Lac.	<i>Agrilus ater</i> (L.)	<i>Anthaxia godesi</i> Laporte & Gory,	<i>Anthaxia quadripunctata</i> (L.)	<i>Phaenops cyanea</i> (F.)	<i>Agrilus viridis</i> (L.)	Verschillende soorten van <i>Lampra</i> , <i>Coraeus</i> , <i>Melanophila</i> , <i>Sphenoptera</i>	<i>Melanophila guttulata</i> Gebler
Aanwezig in Nederland	X		X			X			X	X	X		
HOOFDBOOMSOORT	Ei	Es			Po			De	Na	De	Lo	Div	Na
<i>Spathius curvicaudis</i>	X			X	X	X							
<i>Spathius erythrocephalus</i>		?											
Wesmael													
<i>Spathius exarator</i> (Linnaeus)							X	X	X	X			X
<i>Spathius pedestris</i> Wesmael													
<i>Spathius polonicus</i> Niezabitowski											X	X	
<i>Spathius rubidus</i> (Rossi)	X		X								X		

Ontleend aan Kenis en Hilszczanski, 2004) en Marc Kenis (pers. mededeling). * De=den, Ei=eik, Es=es, Lo= divers loofhout, Na=divers naaldhout. ? = twijfelachtige determinatie van de sluipwesp.

In Europa komen ca. 90 soorten *Tetrastichus*-soorten voor (website Fauna Europaea: www.faunaeur.org). In Nederland zijn zeventien soorten beschreven (tabel 10).

Tabel 10*Tetrastichus*-soorten (Hymenoptera: Eulophidae) in Nederland.

<i>Tetrastichus</i> -soort	Gastheer
<i>Tetrastichus agrilocidus</i> Graham	<i>Agrilus</i> sp. (Buprestidae) op beuk; <i>Xylotrechus pantherinus</i> (Cerambycidae)
<i>Tetrastichus atratulus</i> (Nees)	Biologie onbekend
<i>Tetrastichus brevicar</i> Graham	Biologie onbekend
<i>Tetrastichus clito</i> (Walker)	<i>Cassida</i> spp. (Chrysomelidae)
<i>Tetrastichus coeruleus</i> (Nees)	<i>Criocer</i> spp. (Chrysomelidae)
<i>Tetrastichus crioceridis</i> Graham	Biologie onbekend
<i>Tetrastichus epilachnae</i> (Giard)	Coccinellidae
<i>Tetrastichus halidayi</i> (Graham)	<i>Agropus ahrensi</i> (Chrysomelidae)
<i>Tetrastichus hylotomarum</i> (Bouché)	Tenthredinidae
<i>Tetrastichus ilityia</i> (Walker)	<i>Lema</i> spp. (Chrysomelidae)
<i>Tetrastichus julis</i> (Walker)	<i>Lema</i> spp. (Chrysomelidae)
<i>Tetrastichus legionarius</i> Giraud	<i>Lipara lucens</i> (Diptera)
<i>Tetrastichus leocrates</i> (Walker)	<i>Rhynchaenus alni</i> (Curculionidae)
<i>Tetrastichus lyridice</i> (Walker)	? <i>Plagiodes</i> (Chrysomelidae)
<i>Tetrastichus macrops</i> (Graham)	? <i>Cis</i> sp. (Cisidae)
<i>Tetrastichus miser</i> (Nees)	<i>Rhynchaenus</i> spp. (Curculionidae) en <i>Rhamphus oxycanthae</i> (Curculionidae)
<i>Tetrastichus sinope</i> (Walker)	Biologie onbekend

De aanwezigheid van de soorten in tabel 10 in Nederland is gebaseerd op de informatie van Theo Gijswijt (pers. mededeling) en Marc Kenis (pers. mededeling) en www.nederlandsesoorten.nl. Van alle Nederlandse *Tetrastichus*-soorten is alleen *T. agrilocidus* aan *Agrilus* verbonden.

Sommige parasitoïden zijn tamelijk polyfaag en kunnen bij verschillende prachtkeversoorten op verschillende boomsoorten voorkomen. In Noord-Amerika blijken de daar inheemse parasitoïden de Aziatische essenprachtkever niet of nauwelijks te parasiteren (paragraaf 5). Ondanks het feit dat de essenprachtkever al sinds 2002 in Noord-Amerika aanwezig is, is er nog geen adaptatie opgetreden.

In Nederland zijn 23 prachtkeversoorten op bomen bekend, de meeste zijn veel kleiner dan de 8-15 mm lange Aziatische essenprachtkever. De enige Nederlandse prachtkevers die op es leven zijn de zeldzame 3,5-5,5 mm lange *Agrilus convexicollis* en *Chrysobothris affinis*. Op grond van verschillen in kevergrootte en boomsoort zullen inheemse parasitoïden zich naar verwachting niet of moeilijk aanpassen aan de Aziatische essenprachtkever. Het is daarmee te verwachten dat de situatie in Europa ongeveer hetzelfde zal zijn als in Noord-Amerika en dat er weinig/geen parasitering door inheemse parasitoïden zal optreden.

8 Biologische bestrijding van de essenprachtkever in Noord-Amerika

Door de voortdurende calamiteiten met de EPK zijn boombeheerders in USA en Canada op zoek naar een duurzaam beheer zoals een biologische bestrijding om de populaties te beperken en de verspreiding ervan te vertragen (Cappaert et al., 2005). Het verdwijnen van de es in Noord-Amerika zou een enorm effect hebben op de economie (houtproductie en werkgelegenheid). Ecologische effecten zouden zijn het uitsterven van de specifieke herbivore arthropoden. Van alle bestrijdingsmogelijkheden die op landschapsniveau kunnen worden uitgevoerd is biologische bestrijding de enige optie (Chandler, 2011).

De Animal and Plant Health Inspection Service (APHIS) stond daarom voor de keuze van 'niets doen' of 'het introduceren van uitheemse natuurlijke vijanden'. Biologische bestrijding is een lange-termijn strategie voor een duurzame bestrijding van invasieve plaagsoorten. Deze aanpak wordt gebruikt voor niet-inheemse plaaginsecten die:

- zich meer dan vijf jaar hebben gevestigd
- niet uitgeroeid kunnen worden
- een significante ecologische of economische schade veroorzaken

In dit kader werd besloten om drie sluipwespen uit China in het laboratorium te testen voor een Ecologische Risico Analyse. Na een eventuele gebleken geschiktheid zouden ze in de Amerikaanse natuur losgelaten kunnen worden. De volgende drie Chinese sluipwespen werden onderzocht

- *Spathius agrili* Yang (Hymenoptera: Braconidae)
- *Oobius agrili* Zhang and Huang (Hymenoptera: Encyrtidae)
- *Tetrastichus planipennisi* Yang (Hymenoptera: Eulophidae)

Bij een biologische bestrijding is gastheerspecificiteit één van de belangrijkste voorwaarden voor het importeren en uitzetten van uitheemse soorten om parasitisme van niet-doelsoorten te voorkomen. Overigens zijn de meest effectieve biologische bestrijders ook de meest specifieke. Voor het uitvoeren van een Ecologische Risico Analyse moeten niet-doelsoorten worden getest. Het gaat om soorten die verwant zijn met de gastheer, eenzelfde ecologische niche bewonen of tot bedreigde of economisch belangrijke soorten behoren. Als eerste worden no-choice testen uitgevoerd. Als het test-organisme de no-choice soorten in belangrijke mate parasiteert wordt het test-organisme niet verder gebruikt. Wanneer er weinig of geen parasitisme optreedt worden vervolgens choice-testen uitgevoerd (Chandler, 2011; USDA, 2007).

8.1 *Spathius agrili* - Ecologische Risico Analyse van introductie

Spathius agrili is een 3,4-4,3 mm grote larvale ectoparasitoïd die werd verzameld in de provincie Jilin in China. De optimale klimatologische omstandigheden voor *S. agrili* zijn niet exact bekend. Er werd daarom een klimaatanalyse uitgevoerd met het softwarepakket CLIMEX. De winterhardheid van de essenprachtkever en de sluipwesp *S. agrili* werd getest in het laboratorium. Het supercoolingpoint van de kever bedroeg -22 °C, dat van *S. agrili* bedroeg -26 °C (Wu et al., in druk). Daaruit blijkt dat *S. agrili* de lage temperaturen in de meer noordelijke streken van de EPK zou kunnen weerstaan (USDA, 2007). Het vrouwtje legt gemiddeld 23 eitjes gedurende de levensduur van gemiddeld 29 dagen. Er worden 2-18 eitjes per larve afgezet. Er zijn drie

generaties per jaar. In China is de parasitoïd in 2005 als nieuwe soort beschreven, een andere gastheer is niet bekend (Yang et al., 2005).

In China kan de parasitering door *Spathius agrili* oplopen tot 30-50%, in enkele bossen zelfs tot 85-90% (Yang et al., 2005). Omdat *S. agrili* drie generaties per jaar heeft zal het totale percentage parasitering hoger zijn dan bij een eenmalige meting. Hoewel het duidelijk is dat Amerikaanse essensoorten niet bestand zijn tegen de EPK kunnen ze lichte aantastingen wel overleven, zoals gebleken is uit callusvorming van oude larvengangen. *Spathius agrili* hoeft dus niet 100% sterfte van de EPK te veroorzaken om essen voor sterfte te behoeden. In China werden evaluaties uitgevoerd naar eventuele neveneffecten van *S. agrili* op houtborende niet-doelsoorten. In een opstand met aantastingen van de EPK werd alleen parasitering van de EPK en niet van andere soorten vastgesteld. Bij twee andere in de opstand aanwezige soorten essenboorders (Cossidae en Pyralidae) trad geen parasitering op (USDA, 2007).



Figuur 4

De ectoparasitoïd Spathius agrili parasiteert larven (bron: Bauer et al., 2010).

In de USA werd in no-choice tests wel parasitering gevonden bij *Agrilus zanthoxylumi* (op *Zanthoxylum bungeanum*), *A. mali* (op *Malus micromalus*), *A. inamoenus* (op *Citrus reticulata*), *A. bilineatus* (op *Quercus alba*) en *A. anxius* (op *Betula papyrifera*), maar de parasitering was veel lager dan bij de EPK. In de test werden de soorten *Sphenoptera* sp. (op *Artemisia ordosica*) en *Eucryptorrhynchus chinensis* (op *Ailanthus altissima*) niet geparasiteerd. In no-choice tests kan wel de 'fysiologische host range' worden vastgesteld, maar de aantrekkingskracht van de waardplant blijft buiten spel. Dat *Spathius agrili* bij enkele niet-doelsoorten kan optreden is niet verwonderlijk want de Amerikaanse *Spathius floridanus* kan ook de EPK parasiteren, alhoewel de parasiteringsgraad met 0,5% extreem laag is (USDA, 2007).

De 'ecologische host range' werd bepaald met olfactometers. Hierbij bleek dat de sluipwesp *Spathius agrili* niet werd aangetrokken tot de boomgenera *Citrus*, *Malus* en *Zanthoxylum* hoewel die bij de no-choice tests wel parasitering opleverde van daarop levende larven. Het is onder natuurlijke omstandigheden dus onwaarschijnlijk dat insectenlarven op andere boomsoorten dan essen worden geparasiteerd. In de olfactometer tests met verschillende boomsoorten werd alleen een positief effect gevonden bij es en bij wilg. In de USA komen ten minste drie *Agrilus*-soorten bij wilg voor maar deze soorten zijn nogal klein en daarom waarschijnlijk niet geschikt voor parasitering door *S. agrili* die zich in grotere larven ontwikkelt (USDA, 2007).

Uit laboratoriumexperimenten naar het zoekgedrag bleek dat *S. agrili* als eerste stap de waardplant zoekt door detectie van door essen afgegeven vluchtige stoffen. Bij de tweede stap, na de acceptatie van de waardplant, zoekt de parasitoïd naar mechanische trillingen die door de knagende larve wordt geproduceerd. In de laatste fase worden proefboringen verricht om de larve te vinden en te parasiteren. De parasitoïd drijft de legboor in de schors om met een toxische stof de EPK-larve te verlammen. Vervolgens worden gemiddeld 1-18 eitjes op de larve afgezet waarbij er een preferentie is voor het derde of vierde larvale stadium (Chandler et al., 2011; Wang et al., 2010).

Een andere aanwijzing voor de specificiteit van *S. agrili* bleek bij een onderzoek in China waarbij meer dan 2.000 larven van zes verschillende *Agrilus*-soorten werden verzameld. Geen enkele andere larve dan de EPK bleek door *S. agrili* te zijn geparasiteerd. De legboor van *Spathius agrili* is kort en boktorren zitten veel dieper in het hout dan de EPK en zijn daarom onbereikbaar. Maar zelfs als er al enige parasitering plaats vindt bij niet-doel insecten, dan wordt geen significante impact op hun populaties verwacht.

Gegeven de combinatie van aanwijzingen zoals ze zijn verzameld met de no-choice tests (geen tot lage parasitering van niet-doelsoorten) met olfactometer tests (alleen response op es en wilg), de afwezigheid van *S. agrili* op andere *Agrilus*-soorten in China en het feit dat Amerikaanse *Spathius*-soorten de EPK zelden parasiteren, wordt bij het introduceren van *S. agrili* in de USA geen belangrijk effect op niet-doelsoorten verwacht (USDA, 2007).

8.2 *Oobius agrili* - Ecologische Risico Analyse van introductie

Oobius agrili is een eiparasitoïd die haar eitjes afzet in de eitjes van de EPK die in bastspalten op stammen en takken gelegd worden. De vrouwtjes zijn parthenogenetisch en leggen eitjes zonder bevruchting. Ze leven gemiddeld 23 dagen en leggen gemiddeld 24 eitjes in de gastheereitjes die 0-6 dagen oud zijn. Er zijn ten minste twee generaties per jaar waarbij de parasitering in augustus bijna 62% kan bedragen. In China ondergaat *O. agrili* een obligate diapauze van augustus tot juni als volwassen larve in het ei. De dispersiecapaciteit van de 0,9 mm grote sluipwespjes is niet bekend, maar ze leven bijna drie weken en het zijn actieve vliegers. Het uitzetten moet bij voorkeur plaatsvinden in een gebied met veel verbindingzones van essen, waardoor ze gemakkelijker van het ene gebied naar het andere kunnen migreren. Wereldwijd zijn totaal acht *Oobius*-soorten beschreven, allen afkomstig uit het Palaearctisch gebied of Zuid-Afrika. Daarvan zijn er vier soorten die prachtkevers (Buprestidae) parasiteren en één die boktorren (Cerambycidae) parasiteert (USDA, 2007).

In China bleek de parasitering van eitjes van de EPK 56,3% in juli en 61,5% in augustus te bedragen (Liu et al., 2007). Om het effect van *O. agrili* op niet-doelsoorten te bepalen werden no-choice tests in het laboratorium uitgevoerd met eitjes van zeven *Agrilus*-soorten (van berk, eik, framboos, robinia en es), twee boktorsoorten (van es en robinia) en vier vlindersoorten (van appel, kool, tabak en moerbeï). Deze insecten waren geselecteerd op basis van taxonomische overeenkomsten, overlap in habitat met de EPK en eventuele effecten op nuttige en bedreigde insectensoorten. De eitjes van de boktorren en de vlinders werden niet geparasiteerd. Van de zeven *Agrilus*-soorten werden alleen die van de EPK en die van *A. anxius* (op berk) (eitjes van gelijke grootte), van *A. biliniatus* (op eik) en van *A. ruficollis* (op framboos) geparasiteerd. Alle genoemde prachtkevers worden trouwens als schadelijk beschouwd. In de choice-tests was er een duidelijke voorkeur voor de eitjes van de EPK boven die van de andere soorten (USDA, 2007).



Figuur 5

De solitaire eiparasitoid Oobius agrili legt haar eitje in dat van de essenprachtkever (bron: Bauer et al., 2010).

8.3 *Tetrastichus planipennisi* - Ecologische Risico Analyse van introductie

Tetrastichus planipennisi is een 1,6-4,1 mm grote larvale endoparasitoïd die in 2003 in de provincie Jilin in China werd ontdekt (Liu et al., 2003) en later in de provincie Heilongjiang (Yang et al., 2006). *T. planipennisi* overwintert als volwassen larve in de larvengangen en verpopt vroeg in het voorjaar waardoor ze alsnog overwinterende larven van de EPK kunnen parasiteren. Het vrouwtje localiseert, net zoals *S. agrili* dat doet, de EPK larve onder de schors en legt zonder de larve te verlammen, daarin haar eitjes. Geparasiteerde larven produceren 5 tot 122 parasitoïden, met een gemiddelde van 35,2. Er zijn vier generaties per jaar. De parasitering bedroeg gemiddeld 22,4% met maxima tot 40% in augustus. Zowel in voorjaar, zomer en herfst zijn de derde als vierde larvale stadia van de EPK geschikt (USDA, 2007).



Figuur 6

De ectoparasitoid Tetrastichus planipennisi parasiteert larven (bron: David Cappaert, USDA).

Tetrastichus is een groot en divers genus in Noord-Amerika. Verschillende soorten in dit geslacht zijn ingevoerd als biologische agentia van andere invasieve soorten, waaronder *Tetrastichus asparagi* voor de gemeenschappelijke aspergekever, *Crioceris asparagi* (Coleoptera: Chrysomelidae). Poole (1997) noemt 164 *Agrilus*-soorten in Noord-Amerika. De meeste worden niet beschouwd als plaagsoorten, maar volgens Solomon (1995) kunnen 24 *Agrilus*-soorten schade toebrengen aan bomen en struiken. De meeste soorten zijn echter niet in staat om gezonde bomen te koloniseren maar alleen bomen die zijn verzwakt door droogte, aantastingen door andere insecten of een ongunstig bosbouwkundig beheer. Prachtkevers zoals *Agrilus anxius* (bronze birch borer) op berk en *Agrilus bilineatus* (two-lined chestnut borer) op eik worden vaak gezien als belangrijke plaagsoorten in bossen en landschappelijke beplantingen. Maar meestal treden ze op als secundaire plagen bij verzwakte bomen of bij bomen die niet inheems zijn de USA. Vermoed werd dat introductie van de uit China afkomstige *Tetrastichus planipennisi* de potentie kan hebben om Amerikaanse *Agrilus*-soorten te parasiteren.

In 2003 en 2004 werden in China steekproeven genomen in essenbeplantingen om natuurlijke vijanden van de EPK te vinden die geschikt zouden kunnen zijn voor het uitzetten in Noord-Amerika. Er werden essen gescreend in natuurgebieden, parken, bossen, langs straten en wegen in steden en op het platteland. Bemonsterd werden de in China inheemse essensoorten *Fraxinus chinensis*, *F. mandshurica* en de in China aangeplante Noord-Amerikaanse essensoorten *F. pennsylvanica* en *F. velutina*. Er werden verschillende soorten sluipwespen ontdekt zoals de onbeschreven *Tetrastichus planipennisi* (Eulophidae) en de onbeschreven eiparasitoid *Oobius agrili* (Encyrtidae). Daarnaast werd de al beschreven sluipwesp *Spathius agrili* vaak uitgekweekt (Bauer et al., 2010). Door de combinatie van de twee parasitoiden, trad ca. 74% reductie op van de EPK. De dertig jaar geleden in China aangeplante *F. pennsylvanica* waren vaak door de EPK aangetast maar ze bleven in leven en produceerden nog steeds zaden (Bauer et al., 2010).

Om eventuele ongewenste neveneffecten op potentiële niet-doelgroep insecten te bepalen werden no-choice tests uitgevoerd. Hierbij werden acht prachtkeversoorten (waarvan vijf *Agrilus*-soorten en drie *Chrysobothris*-soorten), vijf boktorsoorten, twee vlindersoorten en één Hymenoptera getest. *Tetrastichus planipennisi* accepteerde geen andere gastheer dan de EPK en wordt daarmee als zeer specifiek beschouwd. Er wordt ook geen parasitering verwacht bij de wortelboorder *Agrilus hyperici* die in de USA als biologische bestrijder van onkruiden is ingezet (USDA, 2007).

8.4 Eerste introducties in Noord-Amerika in 2007

Door de USDA zijn richtlijnen opgesteld voor het uitzetten van de sluipwespen met aandacht voor perceelsgrootte, boombichtheid, boomleeftijd en mate van EPK aantasting (USDA, 2010). In 2004 werden de drie sluipwespen *O. agrili*, *T. planipennisi* en *S. agrili* vanuit China naar quarantaine laboratoria in de USA verscheept waar ze werden gekweekt om de levenswijze, gastheerspecificiteit en verbetering van kweekmethoden te onderzoeken. In 2007 was het belangrijkste onderzoek afgerond en werd het verzoek bij USDA APHIS PPQ ingediend om een Environmental Assessment (EA) (Ecologische Risico Analyse) uit te voeren en voor vergunningen voor het loslaten van de sluipwespen in de natuur in Michigan. Voor verdere gedetailleerde technische informatie wordt verwezen naar USDA 2007; USDA 2009 en USDA 2010. In de zomer en herfst van 2007 werden *O. agrili* en *T. planipennisi* op twee plaatsen en *S. agrili* op drie plaatsen losgelaten. In 2008 werden de sluipwespen met relatief weinig individuen per soort op meer plaatsen losgelaten. Bij het veldonderzoek naar vestiging en effectiviteit in 2009 werden zowel *T. planipennisi* als *S. agrili* in de test-sites teruggevonden (Bauer et al., 2010). In de proefplots werd van *T. planipennisi* een parasitering van slechts 1,5% vastgesteld, een groot verschil met de 22-40% parasitering die in China wordt bereikt. Maar dat is niet verbazingwekkend omdat het in het algemeen soms vele jaren duurt voordat er een significant effect van een sluipwesp op de gastheer optreedt (Duan et al., 2010b).

Duan et al., (2011a) melden dat de parasitering door *O. agrili* in de proefplots in 2008 en 2009 respectievelijk 1,1% en 4,2% bedroeg. Maar deze kleine toename kan inhouden dat in de loop van de tijd een hogere parasitering zou kunnen optreden, zeker als nog meer sluipwespen worden losgelaten. De (nog) lage parasitering is een groot contrast met de hoge parasiteringsgraad van meer dan 50% in China. Maar het ligt in de lijn der verwachting dat nieuw geïntroduceerde natuurlijke vijanden tijd nodig hebben om een significant effect te bereiken. In de op één km afstand gelegen controleplots werd *O. agrili* niet meer aangetroffen. Dat kan er op wijzen dat de dispersie van de eiparasitoïd zeer laag is en dat er meer individuen moeten worden uitgekweekt die op veel verschillende plaatsen moeten worden uitgezet (Duan et al., 2011a).

Op verschillende locaties zal een permanente monitoring worden uitgevoerd naar de effectiviteit van de sluipwespen. Daarbij wordt de boomsterfte in plots van elk 50 bomen in uitzetgebieden en in controlegebieden gemonitord. Dit onderzoek zal nog enkele jaren duren. Ondertussen werken APHIS en FS samen aan de verdere ontwikkeling van een programma voor biologische bestrijding van de EPK waarbij een nieuw laboratorium voor massakweek van de sluipwespen in Michigan wordt geopend (Bauer et al., 2010).

De verbeterde kweekmethoden in 2009 maken het mogelijk om in de toekomst grotere aantallen parasitoïden uit te zetten. Er is een handleiding samengesteld om te weten onder welke omstandigheden en op welke locaties men de parasitoïden het beste kan loslaten (USDA, 2010). Het zoeken naar nieuwe natuurlijke vijanden gaat door. Onlangs is een nieuwe nog onbeschreven *Spathius*-soort als parasitoïd van de EPK in Rusland en Korea ontdekt, in regio's waar de temperaturen lager zijn dan Tianjin in China, waar *Spathius agrili* is ontdekt. Deze soort is mogelijk meer geschikt voor loslating in de koudere gebieden van Noord-Amerika (USDA, 2010).

9 Onzekerheden na introductie van uitheemse parasitoïden

Na introductie en vestiging van de uitheemse parasitoïden *S. agrili*, *O. agrili* en *T. planipennisi* in de natuur bestaat er een kleine kans dat deze van het doelinsect (EPK) overgaan naar niet-doelinsecten zoals verwante inheemse prachtkeversoorten. Een introductie valt niet meer terug te draaien en de parasitoïden kunnen zich op eigen kracht over een groter geschikt gebied verspreiden. Na uitzetting worden veldevaluaties naar effecten op de EPK en niet-doelinsecten uitgevoerd (USDA, 2007).

Er is een kans dat de drie parasitoïden niet effectief zullen zijn in de bestrijding van de EPK in de USA. Slechts 12% van alle introducties van parasitoïden heeft geleid tot significante bestrijding van de doelinsecten. Het overgrote deel van de introducties is niet gelukt, óf omdat er geen vestiging optrad óf omdat vestiging niet leidde tot een effectieve bestrijding. Voor het falen van een biologische bestrijding worden genoemd: klimatologische mis-match, gebrek aan alternatieve gastheren en slechte aanpassing van de parasitoïd aan de gastheer en waardplant. Het is bekend dat een succesvolle bestrijding bij bepaalde gastheer taxa meer kans heeft dan bij andere. Zo kunnen de sessiele Homoptera vaak en langer blootstaan aan parasitoïden dan de meer mobiele Lepidoptera. Verder zijn parasitoïden met meerdere generaties en veel nakomelingen geschikter dan soorten met weinig nakomelingen (Lane et al., 1999). De kans op een succesvolle vestiging is niet te voorspellen omdat er zoveel factoren bij betrokken zijn. De effecten op de EPK van de geïntroduceerde parasitoïden worden pas in de loop van de tijd via 'trial and error' duidelijk. Vanwege de hoge mate van specificiteit van de parasitoïden worden in elk geval geen negatieve effecten verwacht, terwijl een effectieve bestrijding zou resulteren in bescherming en overleven van essenbeplantingen (USDA, 2007).

Een ander effect is dat van ongewenste interacties tussen de verschillende parasitoïden. Uit onderzoek in de USA is gebleken dat door overlap competitie ontstaat tussen *Spathius agrili* en *Tetrastichus planipennisi* waardoor minder parasitering zou optreden. Het is daarom aan te bevelen deze twee soorten gescheiden in ruimte of tijd los te laten. Het is nog onbekend of dit afhankelijk is van het type beplanting of gebied, precieze richtlijnen kunnen nog niet worden gegeven (Ulyshen et al., 2010).

Er zijn verschillende scenario's denkbaar waarbij een natuurlijke vijand zijn host-range kan wijzigen. Een parasitoïd van een floeemvretend of houtvretend insect op een andere boomsoort dan es, kan zich bij grotere populatiedichtheden uitbreiden en terechtkomen in een bosgebied met een menging van es en andere boomsoorten. Of andersom, de EPK breidt zich uit naar een bosgebied waar andere prachtkeversoorten met hun parasitoïden voorkomen. Er zou dan mogelijk adaptatie kunnen optreden van een inheemse parasitoïd naar de EPK (Cappaert en McCullough, 2008a).

Het is te verwachten dat inheemse generalisten onder de parasitoïden zich sneller en succesvoller aanpassen aan de nieuw geïntroduceerde gastheer dan dat de inheemse specialisten dat doen. Soms zijn er inderdaad snelle adaptaties aan een nieuwe gastheer maar meestal zijn de inheemse parasitoïden fysiologisch en fenologisch niet aangepast. Uit literatuuronderzoek naar introducties van parasitoïden bleek dat veel generalisten in 150 jaar tijd nog maar een matige aanpassing laten zien, terwijl specialisten daarvoor evolutionaire tijdschalen nodig hebben (Cornell en Hawkins, 1993).

Gastheerspecificiteit is een belangrijk item in de klassieke benadering van de biologische bestrijding van plaaginsecten. Het bepaalt namelijk of ongewenste verschuivingen van uitheemse natuurlijke vijanden op niet-

doelsoorten te verwachten zijn na uitzetting. Koinobionte soorten (endoparasitoïden die zich ontwikkelen in levende gastheren) gebruiken specifieke toxines en teratocyten om het immuunsysteem van de gastheer te onderdrukken. De host range wordt meestal bepaald door de gastheerfylogenie. Idiobionte soorten (ectoparasitoïden of endoparasitoïden) die eitjes of larven zonder immuunsysteem parasiteren, hoeven het immuunsysteem van de gastheer niet te onderdrukken. In die gevallen bepalen habitat of waardplant de host range waarschijnlijk meer dan de gastheerfylogenie (Duan et al., 2010a).

De gastheerspecificiteit van parasitoïden van houtboorders en andere verborgen levende insecten wordt vaak meer ecologisch dan fylogenetisch (door verwantschap met andere gastheersoorten) bepaald. Omdat de EPK alleen bij essensoorten voorkomt, zal dit in belangrijke mate de host range van zijn parasitoïden bepalen. Het is wenselijk om bij het testen van de gastheerspecificiteit rekening te houden met zowel verwante soorten, waardplanten als habitatvoorkeuren. Hierbij moeten zowel choice-tests als no-choice tests worden uitgevoerd. Het doel is om loslating van organismen te voorkomen die een onaanvaardbare economische of ecologische impact kunnen hebben, maar ook om te voorkomen dat veilige en potentieel nuttige biologische bestrijders zullen worden afgewezen (Duan et al., 2010a; Kenis en Hilszczanski, 2004).

Aanvullende informatie

Vragen van Leen Moraal (LM) aan dr. Marc Kenis (MK) van CABI Europe (Delémont, Switzerland, www.cabi.org). Hij werd geconsulteerd als parasitoïdenspecialist. CABI Europe was established in 1948 as the Europe Station of the Commonwealth Institute of Biological Control. CABI Europe has traditionally worked on the classical biological control of invasive insect pests and weeds of Eurasian origin, on behalf of the temperate areas of the world, particularly North America, Australia and New Zealand.

Question LM - Some parasitoids of Buprestidae are not monophagous but Chinese parasitoids in the USA do not seem to give problems for non-target species. **Answer MK** - The problem with the emerald ash borer in North-America is so important that they indeed released at least two non-specific parasitoids. They would never have done that with a less important pest. It is an issue because buprestids are quite valued insects and there is no doubt that someone will sometimes find one of the parasitoids on other species and publish a paper in nature or science in this. If the parasitoids are solving the *Agrilus* problem, it will not matter much, but we can have doubt about it, because the primary issue is that the American ash species are not resistant, not because it is very well controlled by natural enemies in Asia. Plantations of North-American ash species in Asia are also killed by the beetle, despite the presence of natural enemies.

Question LM - Do you have information, or do you think that certain European parasitoids might attack *Agrilus planipennis*? **Answer MK** - Several North American parasitoids do it in North-America, in particular *Atanycolus* spp. and *Spathius* spp. so, I don't see why we would not have the same in Europe. However, it is very difficult to predict which ones. My feeling is that it is very difficult to predict which parasitoids will go on *Agrilus planipennis* when it arrives. There are many potential candidates (at least all parasitoids attacking broadleaved *Agrilus* spp.). In America, quite a few native parasitoids are going on *A. planipennis*, but the records vary from region to region and from period to period, without having a single parasitoid really adopting the new host widely and massively. My guess it will be the same in Europe. We could suggest to assess parasitism in Moscow since the fauna there is quite similar to Central-Europe. **Answer LM** - Referring to the literature, not any parasitoid has been discovered in Moscow until now. But it is unclear how much effort is made for screening the parasitoids on that location.

Question LM - If the emerald ash beetle should arrive, and would cause many dead trees, we could import the three Chinese parasitoids from mass-rearing laboratories in the USA. Do you agree with me that Europe should be proactive and should carry out laboratory screening tests (by CABI) with the three parasitoids for the European situation? **Answer MK** - Yes, this would be a good idea, despite the fact that I do not really believe in the success of biocontrol against *Agrilus planipennis* for the reason mentioned above. At least it would provide data for people and countries that will introduce parasitoids once the beetle arrives in Europe. Regarding pro-active research, it would also be good to ascertain that *Agrilus planipennis* can kill the three European *Fraxinus* spp. but the issue is that it is often difficult to get funding for pro-active work. Do you have any suggestion? Maybe being proactive with the EU so that *Agrilus* is in their next call, similar to what happened with the pine wood nematode and the two palm insects recently. But I don't really know how to do that.

Question LM - Are there juristically rules or laws which could hinder or prevent the release of the Chinese parasitoids in Europe?

Answer MK - So far, there is no European law on the release of exotic natural enemies (although they seem to work on that). So, biocontrol is still the responsibility of the countries. if *Agrilus* arrives in Spain or Italy, you can be sure that the parasitoid will be released the next year (maybe without further testing) while some countries such as Germany will be very reluctant to allow the release of any exotic species

10 Conclusies

1. De explosieve ontwikkeling van de essenprachtkever in Noord-Amerika is deels te verklaren door het ontbreken van natuurlijke vijanden. Gemiddeld minder dan 1% van de larven en poppen is geparasiteerd door parasitoïden (sluipwespen).
2. Amerikaanse essensoorten in China blijken gevoeliger te zijn dan de Aziatische soorten.
3. In de USA bleken de Aziatische parasitoïden *Oobius agrili*, *Tetrastichus planipennisi* en *Spathius agrili* in het veld geen andere insectensoorten te parasiteren. De parasitoïden zijn specifiek voor houtborende insecten en niet gericht op niet-houtige gewassen. Het zoekgedrag verloopt via het zoeken van vluchtige stoffen die essen afgeven, andere boomsoorten bleken geen/weinig aantrekkingskracht uit te oefenen.
4. In 2007 werden in de USA de eerste Aziatische parasitoïden losgelaten. Het is nog te vroeg om de effectiviteit op de essenprachtkever en de impact op niet-doelsoorten vast te stellen. Maar zelfs wanneer enige parasitering plaats vindt bij niet-doelinsecten wordt geen significante impact op populaties verwacht. De komende jaren zullen grotere aantallen worden losgelaten.
5. In Noord-Amerika blijken de 25 *Spathius* en 27 *Tetrastichus*-soorten de essenprachtkever niet of nauwelijks te parasiteren. Slechts vijf in Noord-Amerika inheemse eiparasitoïden zoals *Coccidencyrus* sp. en larvenparasitoïden zoals *Atanycolus* spp. kunnen hoge parasiteringsgraden bereiken bij *Agrilus*-soorten op bomen, maar ze parasiteren de EPK niet of nauwelijks. Er is kennelijk (nog) geen adaptatie aan de nieuwe gastheer, boomsoort en levenscyclus. De kans lijkt dus klein dat de Europese parasitoïden effectieve natuurlijke vijanden kunnen zijn. Het is te verwachten dat de situatie in Europa ongeveer hetzelfde zal zijn als in Noord-Amerika en dat er weinig/geen parasitering door inheemse parasitoïden zal optreden.
6. In Nederland zijn elf *Agrilus*-soorten en twaalf andere prachtkeversoorten op bomen bekend. De meeste inheemse soorten zijn veel kleiner dan de 8-15 mm lange Aziatische essenprachtkever. De enige Nederlandse prachtkevers die op es leven zijn de zeldzame 3,5-5,5 mm lange *Agrilus convexicollis* en *Chrysobothris affinis*. Op grond van verschillen in kevergrootte en boomsoort zullen inheemse parasitoïden zich naar verwachting niet of moeilijk aanpassen aan de Aziatische essenprachtkever. Ook in Moskou (met een op Centraal-Europa lijkende fauna) zijn tot nu toe ook geen parasitoïden van de essenprachtkever aangetroffen.

11 Aanbevelingen

Voor het gebruik van niet-inheemse ongewervelde biologische bestrijders in Europa zijn geen richtlijnen. De afzonderlijke EU-lidstaten hebben hun eigen regelgeving die vaak ondergebracht is binnen de nationale wetgeving inzake bestrijdingsmiddelen, fytosanitaire maatregelen of milieubescherming. In de afgelopen 50 jaar zijn in Europa wel biologische bestrijders uitgezet in kasteelten of 'open veld' landbouwsystemen, maar zonder de bedoeling dat ze zich op de lange termijn voorgoed zouden vestigen in het ecosysteem. Er zijn in Europa wel pogingen geweest van een biologische bestrijding in de groene ruimte, maar veel pogingen waren niet succesvol. Zeer recent is het VK gestart met het uitzetten van een bladvlo, *Aphalara itadori*, als bestrijder van Japanse duizendknoop (*Polygonum cuspidatum*) in het VK (Bale, 2011). De resultaten hiervan zijn nog te prematuur voor een finale beoordeling.

Volgens een analyse van Bale (2011) is er in Europa in het kader voor het inzetten van biologische bestrijders:

- geen uniform stelsel van regelgeving;
- geen consistentie in de informatie-eisen tussen landen onderling;
- geen akkoord over een model voor het beoordelen van milieurisico's;
- geen methodiek voor het beoordelen van milieurisico's;
- gebrek aan kennis over de toepasbaarheid van insecten, mijten en nematoden;
- geen update van de EPPO-lijst van veilige soorten zoals in 2001 is opgericht.

Bale (2011) geeft voor de lange termijn een conceptueel kader voor een Ecologische Risico Analyse (ERA) en een basis voor het bepalen van informatie-eisen die moeten worden opgenomen bij het zoeken en verkrijgen van een licentie voor het uitzetten van niet-inheemse soorten. Bij een ERA moet aandacht besteed worden aan een goede dispersie, kans op vestiging, waardplantkeuze en gastheerspecificiteit (risico voor niet-doelsoorten) en hun wisselwerking.

Als er geen acuut probleem is kan bovenstaande informatie worden gebruikt bij het beoordelen en inzetten van een biologische bestrijding.

Maar wanneer de EPK onverwacht snel in Europa (Nederland) zou opduiken moet ook snel gehandeld kunnen worden. Er zijn nu drie routes waarop de essenprachtkever Europa kan bereiken: via China, Moskou en Noord-Amerika. Als de Europese essen gevoelig blijken te zijn, kan hier in korte tijd een enorme essensterfte ontstaan die niet met sanitaire maatregelen kan worden ingedamd. Het verdient de voorkeur om proactief te opereren.

Zolang de EPK nog niet in Europa aanwezig is, zijn de volgende aanbevelingen relevant:

1. Onderzoeken van de juridische, maatschappelijke en politieke haalbaarheid van het uitzetten van Aziatische parasitoïden in Europa (Nederland). De EPPO zou het Europees platform kunnen zijn om de discussie te starten.
2. Het testen van de gevoeligheid van Europese essen met bio-assays met EPK kevers in het lab en/of Europese essen aanplanten in aangetaste bossen in de USA of China.
3. Uitvoeren van een Ecologische Risico Analyse van de drie Aziatische parasitoïden afkomstig uit de Amerikaanse kweeklaboratoria voor de Europese (Nederlandse) situatie.

Welke maatregelen moeten genomen worden, als de EPK in Europa onaanvaardbare ecologische en economische problemen oplevert:

Als de EPK zich snel zou verspreiden en in Europa een economische en ecologische ramp dreigt, dan moet worden overwogen om de drie Aziatische parasitoïden uit Amerikaanse kweeklaboratoria hier uit te zetten.

Dankwoord

Theo Gijswijt (NEV) heeft informatie geleverd over de gastheerinsecten van de *Tetrastichus*-soorten. Dré Teunissen (NEV) leverde gegevens over *Agrilus convexicollis* en *Chrysobothris affinis*. Marc Kenis (CABI) wordt bedankt voor het completeren van tabellen en aanvullende informatie over parasitoïden. Patrick Jansen (Probos), Pieter Slim, Wim Daamen, Jitze Kopinga (allen Alterra) hebben gegevens aangeleverd over essenbeplantingen in Nederland.

Literatuur

Anulewicz, A.C., D.G. McCullough, D.L. Cappaert en T.M. Poland, 2008. Host range of the emerald ash borer (*Agrilus planipennis* Fairmaire) (Coleoptera: Buprestidae) in North America: Results of multiple-choice field experiments. *Plant-Insect Interactions* 37: pp. 230-241.

Bale, J. 2011. Harmonization of regulations for invertebrate biocontrol agents in Europe: progress, problems and solutions. *J. Appl. Entomol.* 1-11.

Baranchikov, Y., E. Mozolevskaya, G. Yurchenko en M. Kenis, 2008. Occurrence of the emerald ash borer, *Agrilus planipennis* in Russia and its potential impact on European forestry. *EPPO Bulletin* 38: pp. 233-238.

Bauer, L.S., J. Gould en J. Duan, 2010. *Biological control of the emerald ash borer*. USDA Forest Service. http://nrs.fs.fed.us/disturbance/invasive_species/eab/control_management/biological_control/ last modified: 08/06/2010.

Bellamy, C.L., 2008. *A world catalogue and bibliography of the jewel beetles* (Coleoptera: Buprestoidea). Volume 4. Agrilinae: Agrilina through Trachyini. Pensoft, Sofia.

Brakman, P.J., 1966. Lijst van Coleoptera uit Nederland en het omliggend gebied. *Monographieën van de Nederlandsche Entomologische Vereeniging* 2: i-x, 1-219.

Brechtel, F. en H. Kostenbader, 2002. *Die Pracht- und Hirschkäfer Baden-Württembergs*. Ulmer, Stuttgart 2002. 632 pp.

Cappaert, D., D.G. McCullough, T.M. Poland en N.W. Siegert, 2005. Emerald ash borer in North America: a research and regulatory challenge. *American Entomologist* 51: pp. 152-165.

Cappaert, D. en D.G. McCullough, 2008a. *The anticipated host switch: a new braconid parasitoid in Michigan*, pp. 51-55. In: Mastro, V., D. Lance, R. Reardon en G. Parra [Compilers], Proc. Emerald Ash Borer Research and Technology Development Meeting, Pittsburgh, PA. USDA FS FHTET-2008-07.

Cappaert, D. en D.G. McCullough, 2008b. *The case (to date) for biological control of emerald ash borer, Agrilus planipennis, by a native parasitoid, Atanycolus hicoriae*. [Research Reports Emerald Ash Borer Information Network](#). www.emeraldashborer.info/research.cfm

CBS, 1985. *De Nederlandse bosstatistiek*, deel 1: de oppervlakte bos, 1980-1983. 's-Gravenhage, Staatsuitgeverij.

Chandler, M., R. Venette en B. Aukema, 2011. *Research and Implementation of Emerald Ash Borer*. Project number 119-E. Environmental and Natural Resources Trust Fund. Research Addendum for Peer Review, 19 p.

Cornell, H.V. en B.A. Hawkins, 1993. Accumulation of native parasitoid species on introduced herbivores: a comparison of hosts as natives and hosts as invaders. *The American Naturalist* 141 (6): pp. 847-864.

Duan, J.J., R.W. Fuester, J. Wildonger, P.B. Taylor, S. Barth en S.E. Spichiger, 2009. Parasitoids attacking the emerald ash borer (Coleoptera: Buprestidae) in Western Pennsylvania. *Florida Entomologist* 92, pp. 588-592.

Duan, J.J., R.W. Fuester, P.B. Taylor, C.B. Opper en J.A. Wildonger, 2010a. *Biological Control of Emerald Ash Borer*. www.ars.usda.gov/Main/docs.htm?docid=11146

Duan, J.J., M.D. Ulyshen, L.S. Bauer, J. Gould en R. van Driesche, 2010b. Measuring the impact of biotic factors on populations of immature emerald ash borers (Coleoptera: Buprestidae). *Environmental Entomology* 39 (5): pp. 1513-1522.

Duan, J.J., L.S. Bauer, M.D. Ulyshen, J. Gould en R. van Driesche, 2011a. Development of methods for the field evaluation of *Oobius agrili* (Hymenoptera: Encyrtidae) in North America, a newly introduced egg parasitoid of the emerald ash borer (Coleoptera: Buprestidae). *Biological Control* 56: pp. 170-174.

Duan, J.J., P. Taylor, R. Fuester, M. Hoddle en R. van Driesche, 2011b. *Worldwide Diversity of Parasitoid Guilds of Agrilus Woodborers (Coleoptera: Buprestidae)*. Poster USDA.

EPPO, 2005. Data sheets on quarantine pests - *Agrilus planipennis*. *EPPO Bulletin* 35: pp. 436-438.

Eyles A., W. Jones, K. Riedl, D. Cipollini, S. Schwartz en K. Chan, 2007. Comparative phloem chemistry of Manchurian (*Fraxinus mandshurica*) and two North American ash species (*Fraxinus americana* and *Fraxinus pennsylvanica*). *Journal of Chemical Ecology* 33 (7), pp. 1430-1448.

FRAXIGEN, 2005. *Ash species in Europe: biological characteristics and practical guidelines for sustainable use*. Oxford Forestry Institute, University of Oxford, UK. 128 pp.

Gibson, G.A.P., 2005. The world species of *Balcha* Walker (Hymenoptera: Chalcidoidea: Eupelmidae), parasitoids of wood-boring beetles. *Zootaxa* 1033, Magnolia Press, New Zealand.

Haack, R.A., E. Jendek, H. Liu, K.R. Marchant, T.R. Petrice, T.M. Poland en H. Ye, 2002. The emerald ash borer: a new exotic pest in North America. *Newsletter of the Michigan Entomological Society* 47 (3-4): pp. 1-5.

Izhevskii, S.S. en E.G. Mozolevskaya, 2010. *Agrilus planipennis* in Moscow Ash Trees. *Russian Journal of Biological Invasions* 1 (3): pp. 153-155.

Jendek, E., 1994. Studies in the East Palaearctic species of the genus *Agrilus* Dahl, 1823 (Coleoptera: Buprestidae). *Part I. Entomological Problems* 25: pp. 9-25.

Jendek, E., 2006. Genus *Agrilus* Curtis, 1825. In: I. Löbl en A. Smetana (eds). Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Volume 3. Scarabaeoidea - Scirtoidea - Dascilloidea - Buprestoidea - Byrrhoidea (). *Apollo Books, Stenstrup*: pp. 388-403.

Kenis, M. en J. Hilszczanski, (2004). Natural enemies of Cerambycidae and Buprestidae infesting living trees. In: *Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe: a Synthesis*. (eds Lieutier F., K.R. Day, A. Battisti, J.-C. Grégoire en H.F. Evans), pp. 475-498. Kluwer, Dordrecht, the Netherlands.

Kopinga, J., L.G. Moraal, C.C. Verwer and A.P.P.M. Clercx, 2010. *Phytosanitary risks of wood chips*. Wageningen, Alterra report 2059. 80 pp.

- Kula, R.R., K.S. Knight, J. Rebbeck, D.L. Cappaert, L.S. Bauer en K.K. Gandhi, 2010. *Leluthia astigma* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae: Doryctinae) as a parasitoid of *Agrilus planipennis* Fairmaire (Coleoptera: Buprestidae: Agrilinae), with assessment of host associations for Nearctic species of *Leluthia* Cameron. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 112 (2) : pp. 246-257.
- Lane, S.D., N.J. Mills en W.M. Getz, 1999. The effects of parasitoid fecundity and host taxon on the biological control of insect pests: the relationship between theory and data. *Ecological Entomology* 24: pp. 181-190.
- Liu, H.P., L.S. Bauer, R.T. Gao, T.H. Zhao, T.R. Petrice en R.A. Haack, 2003. [Exploratory survey for the emerald ash borer, *Agrilus planipennis* \(Coleoptera: Buprestidae\) and its natural enemies in China.](#) *Great Lakes Entomologist* 36: pp. 191-204.
- Liu, H.P., L.S. Bauer, D.L. Miller, T.H. Zhao, R.T. Gao, L.W. Song, Q.S. Luan, R.Z. Jin en C.Q. Gao, 2007. [Seasonal abundance of *Agrilus planipennis* \(Coleoptera: Buprestidae\) and its natural enemies *Oobius agrili* \(Hymenoptera: Encyrtidae\) and *Tetrastichus planipennis* \(Hymenoptera: Eulophidae\) in China.](#) *Biological Control* 42: pp. 61-71.
- Ministerie van LNV, Directie kennis, 2008. *Leeswijzer Natura 2000 profielendocument*. Versie 1, September, 2008.
- Moraal, L.G. en J. Hilszczanski. 2000. The buprestid beetle, *Agrilus biguttatus* (F.) (Col.: Buprestidae), a recent factor in oak decline in Europe. *Journal of Pest Science* 73 (5): pp. 134-138.
- Moraal, L.G. en C. van Achterberg, 2001. *Spathius curvicaudis* (Hymenoptera: Braconidae) new to the fauna of The Netherlands; a parasitoid of the oak buprestid beetle, *Agrilus biguttatus* (Coleoptera: Buprestidae). *Entomologische Berichten* 61 (11): pp. 165-168.
- Moraal, L.G., G.A.J.M. Jagers op Akkerhuis, H. Siepel, M.J. Schelhaas en G.F.P. Martakis, 2004. *Verschuivingen van insectenplagen bij bomen sinds 1946 in relatie met klimaatverandering. Met aandacht voor de effecten van stikstofdepositie, vochtstress, bossamenstelling en bosbeheer*. Wageningen, Alterra-rapport 856. 52 pp.
- Noyes, J. S., 2003. *Universal Chalcidoidea Database*.
www.nhm.ac.uk/research-curation/research/projects/chalcidoids/
- Oosterbaan, A., C.A. van den Berg, G.J. Maas en L.G. Moraal. 2001. *Eikensterfte in Nederland: omvang en de rol van enkele achterliggende factoren*. Alterra-rapport 236. 54 pp.
- Petrice, T.R. en R.A. Haack, 2007. Can emerald ash borer, *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae), emerge from logs two summers after infested trees are cut? *The Great Lakes Entomologist* 40: pp. 92-95.
- Poland, T.M., 2007. Twenty Million Ash Trees Later: Current Status of Emerald Ash Borer in Michigan. *Newsletter of the Michigan Entomological Society* 52 (1-2): pp. 10-14.
- Poole, R.W., 1997. Nomina Insecta Nearctica: a check list of insects of North America. *Nomina series volume* 1. pp. 64-66.
- Rebek, E.J., D.A. Herms en D.R. Smitley, 2008. Interspecific variation in resistance to emerald ash borer (Coleoptera: Buprestidae) among North American and Asian ash (*Fraxinus* spp.). *Plant-Insect Interactions* 37: 242-246.

- Schoonderwoerd, H. 1991. *Resultaten van de inventarisatie lijnvormige beplantingen in het landelijke gebied van Nederland 1990*. Rapport 22, Maatschap Daamen, Schoonderwoerd, Miedema & de Klein.
- Schwenke, W., 1974. *Die Forstschädlinge Europas*. Band 2. Käfer. Verlag Paul Parey, Hamburg
- Solomon, J.D. 1995. *Guide to insect borers of North American broadleaf trees and shrubs*. Agricultural Handbook 706. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service
- Swart E. de, B. Spanjers en H. Jaspers, 2009. *Concept beheerplan Kolland & Overlangbroek*. Grontmij in opdracht van de Provincie Utrecht. 78 p.
- Ulyshen, M.D., J.J. Duan en L.S. Bauer, 2010. Interactions between *Spathius agrili* (Hymenoptera: Braconidae) and *Tetrastichus planipennis* (Hymenoptera: Eulophidae), larval parasitoids of *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae). *Biological Control* 52, pp. 188-193.
- USDA, 2007. *Proposed release of three parasitoids for the biological control of the Emerald Ash Borer Agrilus planipennis in the continental United States*.
- USDA, 2009. *Emerald Ash Borer Biological Control Program 5-Year Implementation Strategy* (FY2010-2014).
- USDA, 2010. *Emerald Ash Borer, Agrilus planipennis* (Fairmaire), Biological Control Release Guidelines. USDA-APHIS-ARS-FS, Riverdale, Maryland.
- Vorst, O., 2009. *De Nederlandse prachtkevers (Buprestidae)*. Entomologische tabellen. Nr 4. Supplement bij Nederlandse Faunistische Mededelingen.
- Wang, X.Y., Z.Q. Yang, J.R. Gould, H. Wu en J.-H. Ma, 2010. Host-seeking behavior and parasitism by *Spathius agrili* Yang (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of the emerald ash borer. *Biological Control* 52 (1), pp. 24-29.
- Wei, X., Y. Wu, R. Reardon, T.-H. Sun, M. Lu en J.-H. Sun, 2007. Biology and damage traits of emerald ash borer (*Agrilus planipennis* Fairmaire) in China. *Insect Science* 14: pp. 367-373.
- Wie, X., D. Reardon, Y. Wu en J-H Sun, 2004. Emerald ash borer, *Agrilus planipennis*, in China: a review and distribution survey. *Acta Entomologica Sinica* 47: pp. 679-685.
- Yang, Z-Q, J.S. Strazanac, P.M. Marsh, C. van Achterberg en W.-Y. Choi, 2005. First recorded parasitoid from China of *Agrilus planipennis*: A new species of *Spathius* (Hymenoptera: Braconidae, Doryctinae). *Annals of the Entomological Society of America* 98 (5): pp. 636-642.
- Yu, D.S., C. van Achterberg en K. Horstmann, 2005. *Biological and taxonomic information of world Ichneumonoidea, 2004*. Electronic Compact Disk. Taxapad, Vancouver, Canada. www.taxapad.com.
- Zhang, Y.Z., D.W. Huang, T.H. Zhao, H.P. Liu en L.S. Bauer, 2005. [Two new species of egg parasitoids \(Hymenoptera: Encyrtidae\) of wood-boring beetle pests from China](#). *Phytoparasitica* 53: pp. 253-260.

Websites

http://nrs.fs.fed.us/disturbance/invasive_species/eab/control_management/biological_control/

www.discoverlife.org

www.emeraldashborer.info

www.faunaeur.org

www.minlnv.nl

www.nederlandsesoorten.nl

www.nhm.ac.uk/research-curation/research/projects/chalcidoids

www.taxapad.com



Alterra is onderdeel van de internationale kennisorganisatie Wageningen UR (University & Research centre). De missie is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen negen gespecialiseerde en meer toegepaste onderzoeksinstituten, Wageningen University en hogeschool Van Hall Larenstein hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 40 vestigingen (in Nederland, Brazilië en China), 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de vooraanstaande kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen natuurwetenschappelijke, technologische en maatschappijwetenschappelijke disciplines vormen het hart van de Wageningen Aanpak.

Alterra Wageningen UR is het kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

Meer informatie: www.alterra.wur.nl