

Winters in Nederland zijn niet te koud voor overleving van diapauze-competente Aziatische tijgermuggen

RIVM Briefrapport 330341001/2008, bijlage bij briefnummer 044/08/ LZO/CR.

K. Takumi, M. Braks, E.J. Scholte, C. Reusken

Contact:

C. Reusken

Centrum voor Infectieziektenbestrijding,

Laboratorium voor zoönosen en omgevingsmicrobiologie

Chantal.Reusken@RIVM.nl

Aziatische tijgermuggen (*Ae. albopictus*) worden in Nederland geïntroduceerd met de import van de sierplant Lucky Bamboo uit Zuidoost China. Scenario studies laten zien dat de klimatologische omstandigheden in Nederland een permanente vestiging van de uit China geïntroduceerde Aziatische tijgermuggen niet uitsluiten.

Inleiding.

Bij de import van *Dracaena sanderana* ("Lucky Bamboo") uit China wordt *Aedes albopictus* (Aziatische tijgermug) in Nederland geïntroduceerd. Deze introductie vindt plaats vanuit gebieden waar arbovirus infecties voorkomen die via deze vector worden verspreid. Arbovirussen zijn virussen die door geleedpotigen zoals muggen, knutten en teken worden overgebracht. De import van *Dracaena*'s uit China vindt op grote schaal plaats en er zijn op dit moment (februari 2008) 11 bedrijven waarvan bekend is dat ze *Dracaena*'s importeren.

Met de introductie in Nederland van de tijgermug uit arbovirus endemische gebieden via de import van *Dracaena*'s, rijzen vragen omtrent de risico's voor de volksgezondheid van deze import. Het gaat hierbij om:

1. een direct risico voor de volksgezondheid: infectie van de mens met arbovirussen door de import van *Ae. albopictus* uit arbovirus endemische gebieden. Van *Ae. albopictus* is bekend dat de soort 22 arbovirussen kan overdragen. De soort wordt voornamelijk geassocieerd met dengue, Japanse encefalitis, Chikungunya en gele koorts [1].
2. lange termijn risico's voor de volksgezondheid: permanente vestiging van *Ae. albopictus* in Nederland en daarmee van een agressieve steekmug met zeer pijnlijke steken die tot allergische reacties kunnen leiden. Bovendien kan deze muggensoort een heel scala aan, voor Nederland nieuwe, gezondheidsbedreigende virussen overbrengen. Dit laatste wordt geïllustreerd door de uitbraak van Chikungunya virus in Noordoost Italië waarbij de gevestigde populatie *Ae. albopictus* het virus onder de bevolking verspreidde na introductie van het virus via een patiënt uit een Chikungunya endemisch gebied.

Ae. albopictus komt van oorsprong uitsluitend voor in Oost-Azië maar heeft zich succesvol naar andere delen van de wereld verspreid via de handel in goederen, voornamelijk oude banden en Lucky Bamboo [2]. Zo heeft de mug zich inmiddels ook gevestigd in Noord- en Zuid Amerika, delen van Afrika en Zuid-Europa. *Ae. albopictus* is voor het eerst waargenomen in Nederland in de zomer van 2005 in kassen van Lucky Bamboo importerende bedrijven [3]. Deze sierplanten worden uit de Chinese provincies Guandong en Guangxi geïmporteerd en sporadisch uit Taiwan. *Ae. albopictus* vrouwtjes zetten hun eitjes af in China op de lucky bamboo stengels of net boven het oppervlak van het water of de gel waarin de planten getransporteerd worden. Na contact met water, gedurende het transport overzee of in de Nederlandse kassen, ontwikkelen deze eitjes zich tot volwassen muggen [3, 4]. Het is niet bekend of er volwassen muggen met het transport vanuit China naar Nederland meekomen. In 2006 en 2007, toen in totaal 17 bedrijven Lucky Bamboo importeerden, is de mug aangetroffen in 15 van deze bedrijven. Vastgesteld is dat de introductie van deze mug frequent, maar onregelmatig plaatsvindt. Op 4 locaties is de mug meerdere malen ook buiten de kassen aangetroffen (Scholte *et al*, Takken *et al.*, *pers. comm.*).

Bij de introductie van *Ae. albopictus* in nieuwe gebieden, zoals Nederland, kunnen de lokale klimatologische omstandigheden belangrijke beperkende factoren vormen voor een permanente vestiging. Daarnaast zullen intrinsieke eigenschappen (genetische factoren) van de geïntroduceerde muggen van invloed zijn op de mogelijkheden tot vestiging. Eén van deze intrinsieke eigenschappen is het vermogen tot het afzetten van diapauze eitjes. Diapauze eitjes zijn eitjes die ongunstige omstandigheden, zoals koude en droogte, voor langere tijd kunnen overleven. Van *Ae. albopictus* is bekend dat er populaties voorkomen (in subtropische en gematigde gebieden) waarvan de vrouwtjes het vermogen hebben om diapauze eitjes af te zetten. Er zijn echter ook populaties *Ae. albopictus* (in tropische gebieden) bekend waarvan de vrouwtjesmuggen dit vermogen tot het leggen van diapauze-eitjes hebben verloren [5]. Of het hierbij uitsluitend gaat om een fenotypische eigenschap waarbij het vermogen tot diapauze nog wel latent (genetisch) aanwezig is of dat het hierbij gaat om een genetische eigenschap waarbij het vermogen tot diapauze daadwerkelijk verloren is, is niet duidelijk. Als de afwezigheid van

diapauze in een populatie *Ae. albopictus* een fenotypische eigenschap is, is het niet uitgesloten dat de populatie het vermogen tot diapauze weer ontwikkelt onder veranderde omstandigheden. Daarnaast kan een populatie *Ae. albopictus* polymorf zijn voor het vermogen tot diapauze. Er is dan sprake van een gemengde populatie van fenotypisch diapauze-competente en diapauze-incompetente muggen. Locale klimatologische omstandigheden kunnen dan bepalend zijn voor het relatieve aandeel van ieder type. Het is niet bekend wat de fenotypische en genotypische eigenschappen met betrekking tot diapauze zijn van de in Nederland geïntroduceerde *Ae. albopictus* muggen uit Zuidoost China (zie ook discussie). Het afzetten van diapauze eitjes wordt geïnduceerd wanneer de fotoperiode (aantal uren daglicht) onder een bepaalde drempelwaarde zakt.

Daarnaast is het klimaat van invloed op de lengte van de actieve periode van volwassen *Ae. albopictus*. Dit is de periode tussen het uitkomen van de eerste overwinterde eitjes in het voorjaar/vroege zomer en het afzetten van de eerste diapauze eitjes in het najaar. Hoe langer de actieve periode hoe groter het aantal voortplantingscycli in deze periode, hoe groter de populatiedichtheden die kunnen worden opgebouwd en daarmee hoe groter de kans op vestiging en de eventuele risico's voor de volksgezondheid. De lengte van de actieve periode wordt bepaald door temperatuur.

Klimaatgebaseerde wiskundige modelstudies voor Groot-Brittannië laten zien dat diapauze-competente *Ae. albopictus* in bepaalde delen van Groot-Brittannië zouden kunnen overleven [6]. In de studie beschreven in dit rapport is een drietal klimaatscenario's gebruikt om de mogelijkheden tot vestiging van *Ae. albopictus* muggen in Nederland te modelleren (bijlage 1). Daarnaast is de lengte van de actieve periode voor deze scenario's berekend. Deze modellen zijn gebaseerd op de modellen voor diapauze-competente *Ae. albopictus* zoals ontwikkelt in de Britse studie (bijlage 1).

Resultaten scenario studies.

Om vast te stellen óf en in wélke gebieden in Nederland de geïmporteerde *Ae. albopictus* muggen zouden kunnen overwinteren, is in deze studie uitgegaan van een drempelwaarde voor overwintering van de eitjes: een gemiddelde januari temperatuur van 0 °C of hoger en een jaarlijkse neerslag van 500 mm of hoger (scenario A). Figuur 1 geeft de gebieden in Nederland weer waar *Ae. albopictus* succesvol zou kunnen overwinteren via diapauze eitjes. Uitgaande van scenario A stond de koudste maand in de winter die volgde op de introductie van de mug in 2005, het overleven van de mug overal in Nederland toe.

Om de robuustheid van dit resultaat verkregen met de condities van scenario A te testen, zijn 2 alternatieve, meer stringente scenario's bestudeerd. In scenario B (figuur 2) zijn hiertoe de drempelwaarden met 1 °C en 100 mm neerslag verhoogd. Dit betekent dat de eitjes van de tijgermug niet overleven bij een gemiddelde temperatuur lager dan 1 °C of wanneer de jaarlijkse neerslag minder is dan 600 mm. In scenario C (figuur 3) zijn hiertoe de drempelwaarden verhoogd tot 2 °C en 700 mm neerslag. In scenario B werd Oost-Nederland ongunstig voor overwintering; in scenario C werd het grootste gedeelte van Nederland ongunstig voor overleving gedurende de winter, m.u.v. een smalle kuststrook.

Tabel 1 geeft een overzicht van de koudste wintermaanden en de gemiddelde temperatuur in deze maanden van de afgelopen 10 jaar. Hieruit blijkt dat januari 2006, waarvan de gegevens in de scenariostudies gebruikt zijn, de laagste gemiddelde temperatuur had in de afgelopen 10 jaar. Dit houdt in dat de bevindingen in deze scenariostudies geëxtrapoleerd mogen worden en dat gesteld kan worden dat de winter van 2007 eveneens niet beperkend was voor overleving van *Ae. albopictus* diapauze-eitjes.

Berekeningen aan de duur van de periode tussen het uitkomen van de overwinterde eitjes en het opnieuw afzetten van diapauze eitjes, resulteerde in een actieve periode van 17 weken in delen van het kustgebied terwijl meer landinwaarts een actieve periode van 22 weken wordt verwacht (figuur 4).

Uitgaande van scenario's B en C, zullen in bepaalde gebieden van Nederland de diapauze eitjes niet overwinteren en zijn de berekeningen van de actieve periodes dan ook niet van toepassing (figuur 5).

Discussie.

De scenariostudies zoals beschreven in dit rapport laten zien dat de klimaatcondities in de koudste maand van de afgelopen 10 jaar (januari 2006), niet beperkend zijn voor vestiging van diapauze-competente *Ae. albopictus*. Scenario A wordt in het *Ae. albopictus* onderzoeksveld algemeen geaccepteerd als de meest noordelijke grens voor zones van overwintering door diapauze-competente *Ae. albopictus* [7]. Dit is dus het meest geaccepteerde scenario en in dit scenario is de overwintering van *Ae. albopictus* mogelijk in heel Nederland. Maar zelfs met het meest stringente scenario (C) is vestiging een mogelijkheid in de kustregio's in het Zuidwesten van Nederland. In deze regio bevinden zich naast de import haven in Rotterdam ook vier Lucky Bamboo importerende bedrijven waarvan er bij drie *Ae. albopictus* is aangetroffen.

Gezien het feit dat *Ae. albopictus* muggen sinds de eerste waarnemingen in 2005, tot nu toe ieder jaar geïntroduceerd zijn, moet serieus rekening gehouden worden met een mogelijke vestiging van de mug in de komende jaren bij een continuering van deze insleep.

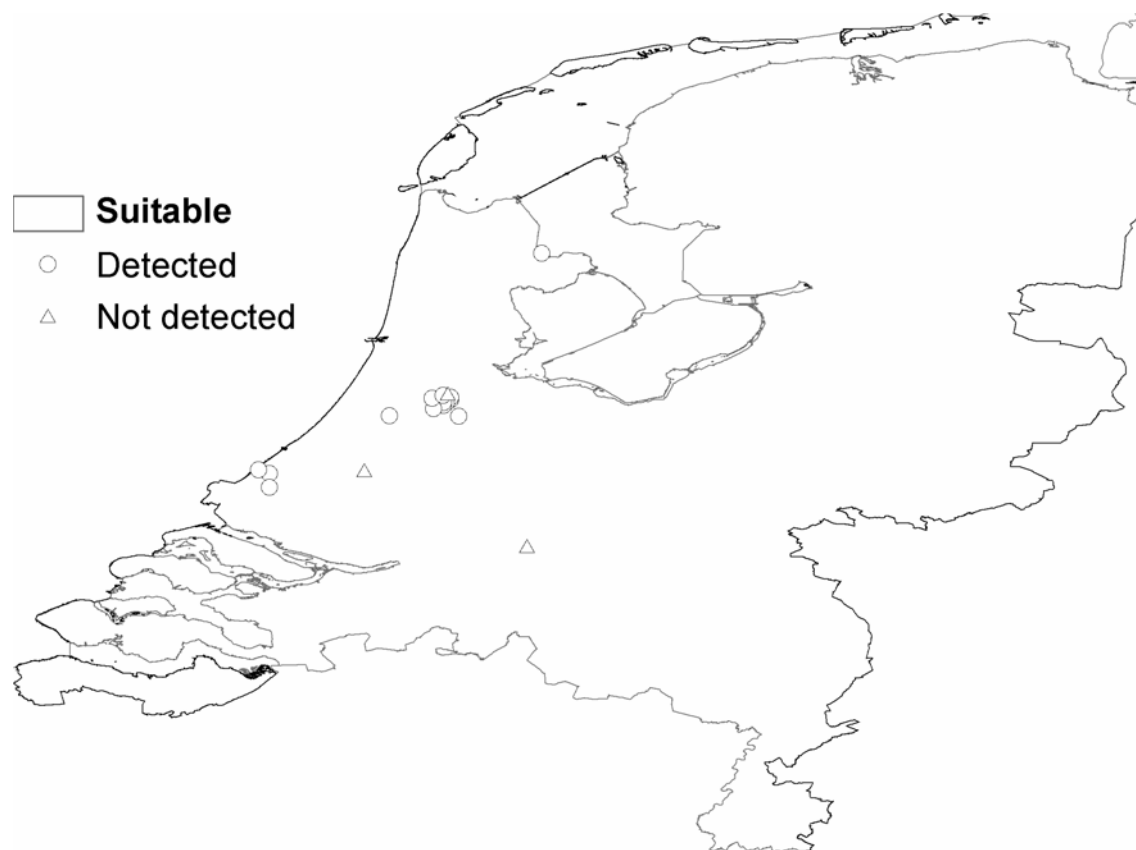
De gebruikte modellen zijn ontwikkeld uitgaande van diapauze-competente *Ae. albopictus*, zoals voorkomend in gematigde en subtropische gebieden. Vestiging in Nederland van niet in diapauze gaande *Ae. albopictus* populaties, zoals die voor kunnen komen in tropische gebieden, is minder waarschijnlijk maar kan niet uitgesloten worden. De gemiddelde januari temperatuur in Guangdong is > 10 °C in de kuststreken, maar 4-5 °C landinwaarts [8]. Uitgaande van deze gegevens wordt door experts verwacht dat *Ae. albopictus* in deze regio polymorf voor diapauze zal zijn. Er moet dan ook rekening gehouden worden met het feit dat in ieder geval een gedeelte van de in Nederland geïntroduceerde *Ae. albopictus* muggen in staat is om door middel van diapauze eitjes, de koudste maanden te overleven.

Conclusie.

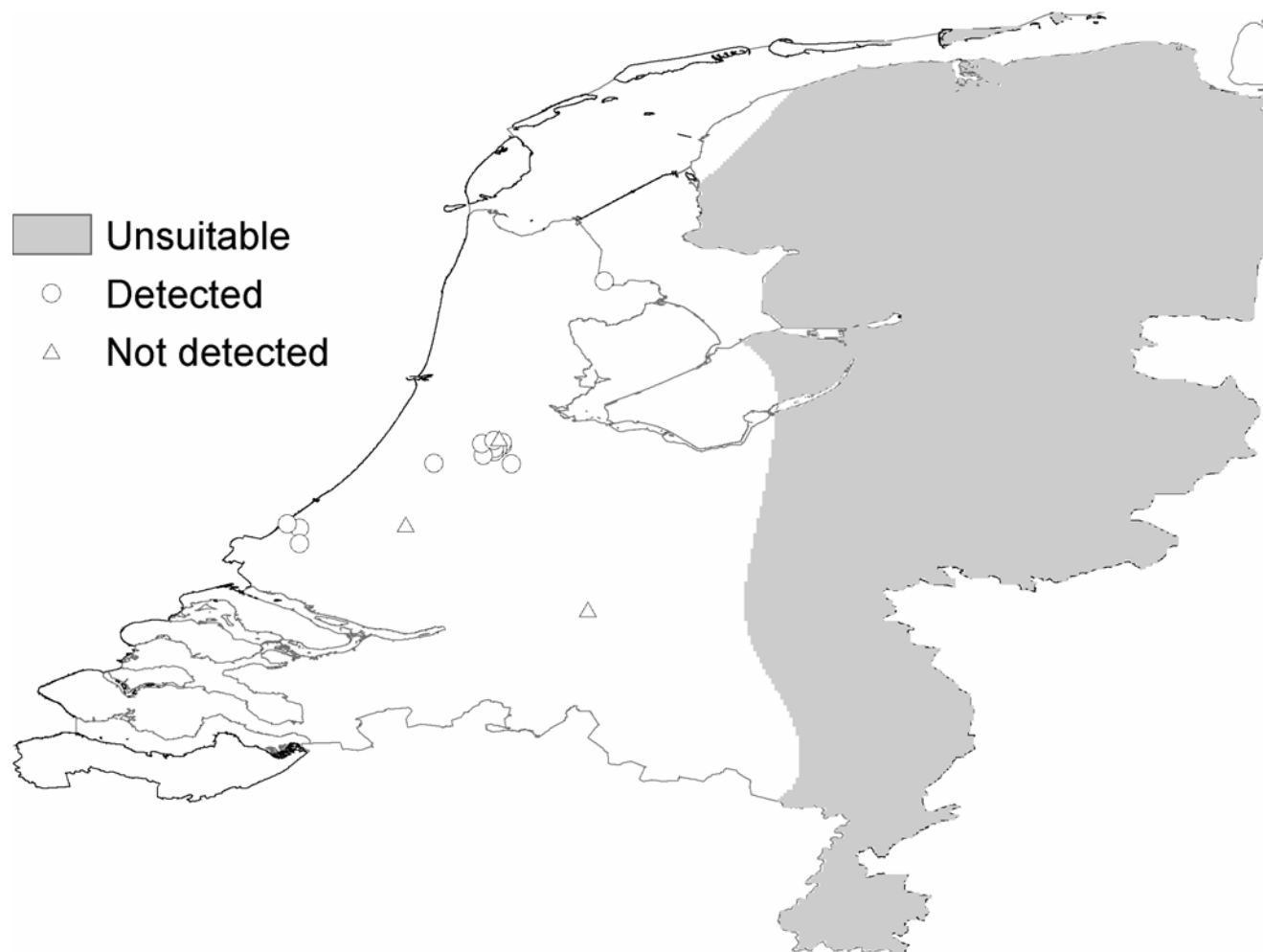
De klimatologische omstandigheden in Nederland sluiten een permanente vestiging van uit China geïntroduceerde *Ae. albopictus* in Nederland niet uit.

Dankwoord.

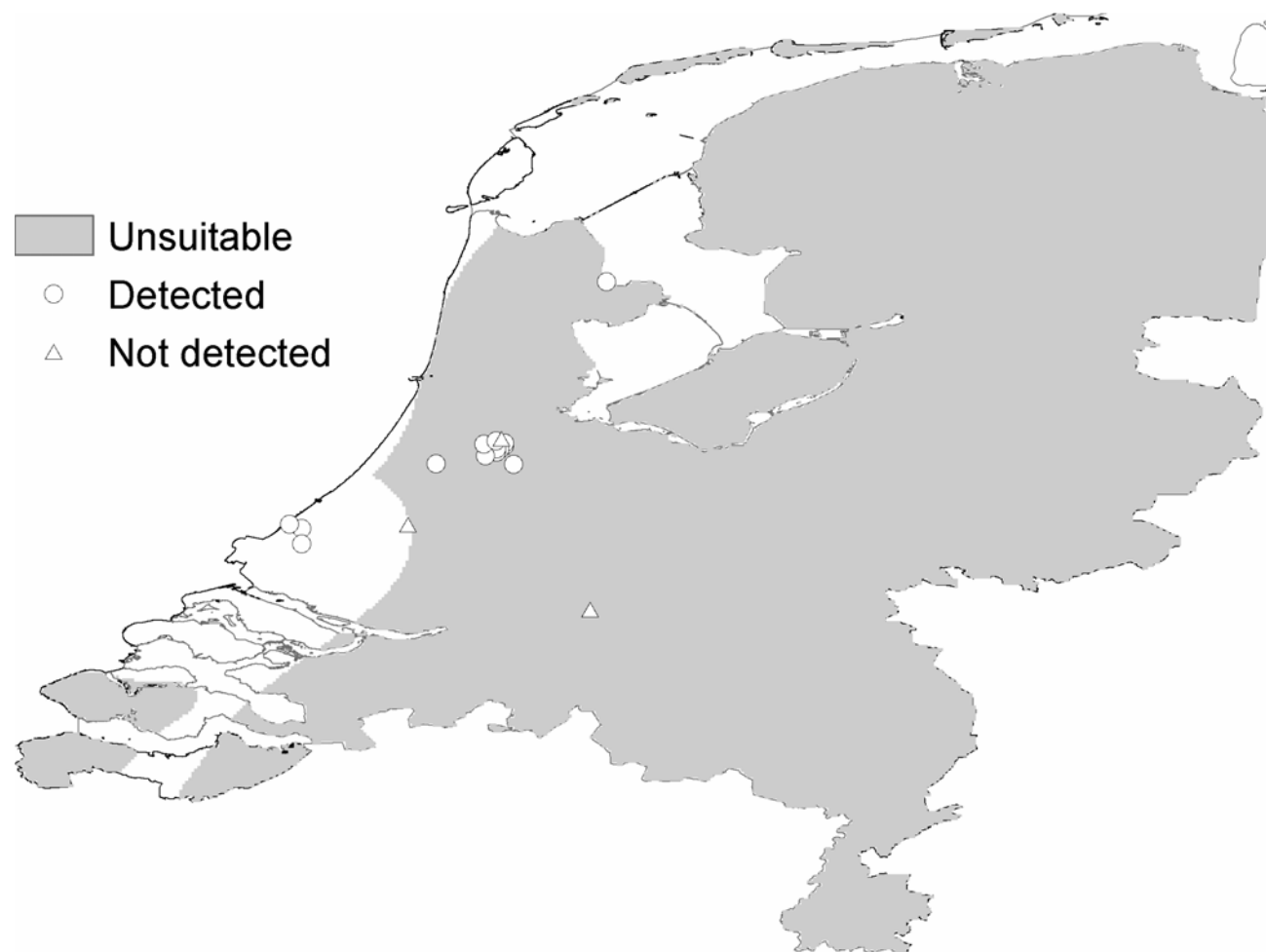
Wij zijn David Avenell en Joylon Medlock zeer erkentelijk voor het beschikbaar stellen van hun modellen en expertise voor deze scenariostudies. Yvonne van Duynhoven en Roel Coutinho worden bedankt voor het becommentariëren van dit briefrapport.



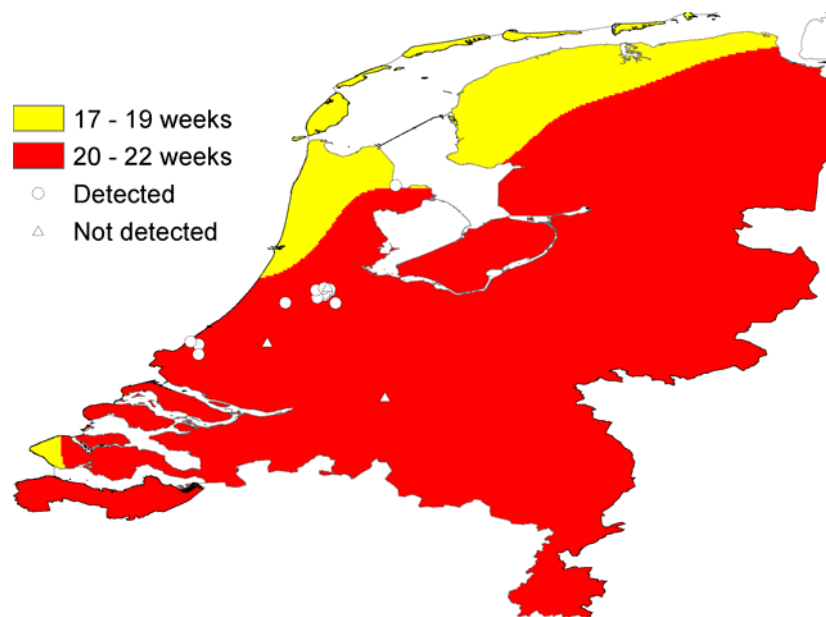
Figuur 1. Scenario A. Gebieden in Nederland geschikt voor vestiging van *Ae. albopictus* uitgaande van een succesvolle overwintering van diapauze eitjes bij temperaturen van 0 °C en hoger en bij hoeveelheden neerslag van 500 mm en hoger. Dit is gebaseerd op gegevens van januari 2006, de koudste wintermaand volgend op de introductie van *Ae. albopictus* in 2005. Cirkels vertegenwoordigen Lucky Bamboo-importerende bedrijven waar *Ae. albopictus* is aangetroffen. Driehoekjes de bedrijven waar dit niet het geval is.



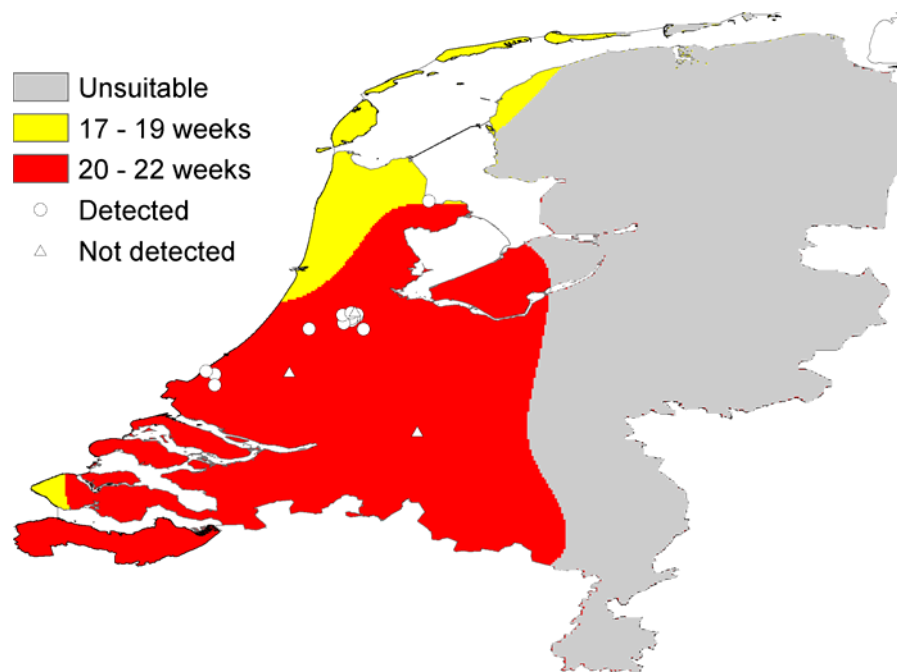
Figuur 2. Scenario B. Gebieden in Nederland geschikt voor vestiging van *Ae. albopictus* uitgaande van een succesvolle overwintering van diapauze eitjes bij temperaturen van 1 °C en hoger en bij hoeveelheden neerslag van 600 mm en hoger. Dit is gebaseerd op gegevens van januari 2006. Cirkels vertegenwoordigen Lucky Bamboo-importerende bedrijven waar *Ae. albopictus* is aangetroffen. Driehoekjes de bedrijven waar dit niet het geval is.



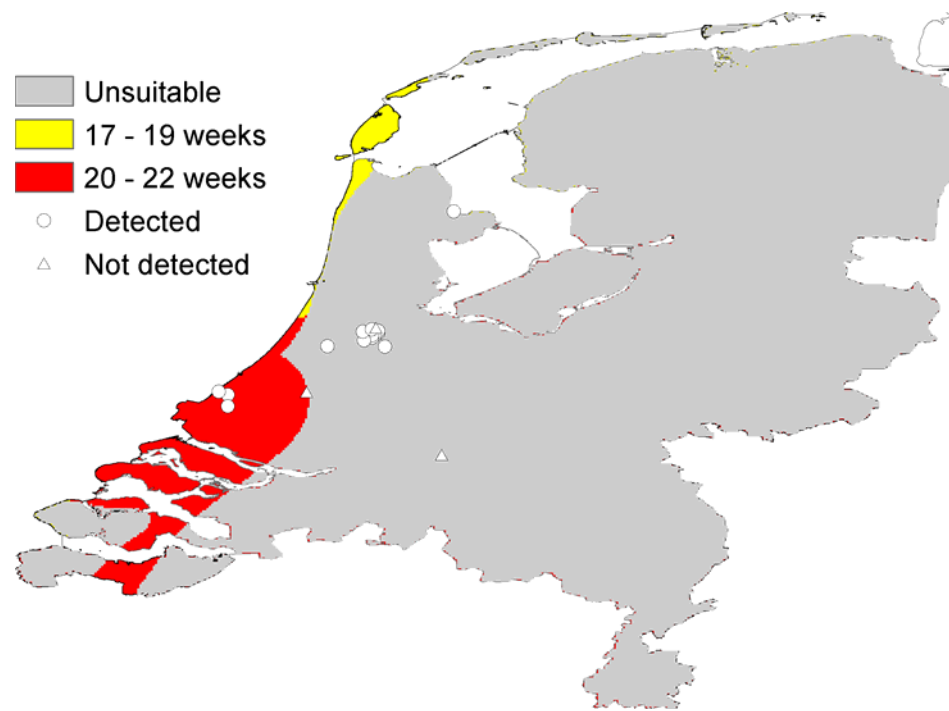
Figuur 3. Scenario C. Gebieden in Nederland geschikt voor vestiging van *Ae. albopictus* uitgaande van een succesvolle overwintering van diapauze eitjes bij temperaturen van 2 °C en hoger en bij hoeveelheden neerslag van 700 mm en hoger. Dit is gebaseerd op gegevens van januari 2006. Cirkels vertegenwoordigen Lucky Bamboo-importerende bedrijven waar *Ae. albopictus* is aangetroffen. Driehoekjes de bedrijven waar dit niet het geval is.



Figuur 4. Voorspelde duur (in weken) van actieve periode voor volwassen *Ae. albopictus* voor verschillende gebieden in Nederland uitgaande van overwintering zoals gemodelleerd met scenario A (0 °C, 500 mm neerslag). Cirkels vertegenwoordigen Lucky Bamboo-importerende bedrijven waar *Ae. albopictus* is aangetroffen. Driehoekjes de bedrijven waar dit niet het geval is.



Figuur 5. Voorspelde duur (in weken) van actieve periode voor volwassen *Ae. albopictus* voor verschillende gebieden in Nederland uitgaande van overwintering zoals gemodelleerd met scenario B (1°C, 600 mm neerslag). Cirkels vertegenwoordigen Lucky Bamboe-importerende bedrijven waar *Ae. albopictus* is aangetroffen. Driehoekjes de bedrijven waar dit niet het geval is.



Figuur 6. Voorspelde duur (in weken) van actieve periode voor volwassen *Ae. albopictus* voor verschillende gebieden in Nederland uitgaande van overwintering zoals gemodelleerd met scenario C (2 °C, 700 mm). Cirkels vertegenwoordigen Lucky Bamboo-importerende bedrijven waar *Ae. albopictus* is aangetroffen. Driehoekjes de bedrijven waar dit niet het geval is.

Tabel 1 Koudste winter maanden

Jaar	Koudste maand	Gemiddelde maandelijkse temperatuur
1998	januari	4.7
1999	februari	3.1
2000	januari	4.3
2001	januari	2.6
2002	december	2.9
2003	februari	1.8
2004	januari	3.6
2005	februari	2.4
2006	januari	1.5
2007	februari	6.0

Een jaar is een periode van 12 maanden, lopende van juli tot en met juni van het volgende jaar (bron: KNMI).

Bijlage 1 Materiaal en methoden.

Klimaat gegevens

Gegevens over temperatuur en neerslag gemeten in 35 weerstations in Nederland in 2006 werden verstrekt door het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI). Gemiddelde weektemperaturen in graden Celsius (°C), gemiddelde januari temperatuur in °C, en jaarlijkse neerslag in mm zijn gegenereerd van de metingen. De klimaatgegevens werden vervolgens geïnterpoleerd naar rasters van 1 km² waarbij gebruik werd gemaakt van ArcGIS Spatial Analyst (ESRI, Redlands, CA). De gemiddelde fotoperiode per week (daglengte uitgedrukt in aantal uren daglicht) werd gegenereerd in rasters van 1 km² waarbij gebruik werd gemaakt van de astronomische vergelijkingen van zonsopgang en zonsondergang (NOAA 2004).

Overwinteringszones.

Om te bepalen waar het overwinteren van de *Ae. albopictus* mogelijk is werd het land verdeeld in rasters van 1 km². Aan elk raster werd een status toegekend: "1" wat een gunstige conditie weergeeft voor overwintering van de eitjes d.m.v. diapauze; "0" wat een ongunstige conditie weergeeft. Conditie werd gedefinieerd als gunstig als de gemiddelde januari temperatuur en de jaarlijkse neerslag boven vastgestelde drempelwaarden uitstijgen. De algemeen aanvaarde noordelijke delinatie van overwinteringgebieden is een gemiddelde januari temperatuur van 0 °C en een jaarlijkse neerslag van 500 mm (Knudsen, Romi, et al. 1996). De robuustheid van de overwinteringzones op de veronderstelde drempelwaarden werd getest door gebruikmaking van 2 andere sets drempelwaarden. Zodoende werden in totaal drie scenario's bestudeerd; 0 °C en 500 mm (scenario A), 1 °C en 600 mm (scenario B), 2 °C en 700 mm (scenario C).

Seizoensactiviteit.

Het seizoenactiviteitsmodel was ontwikkeld volgens Medlock *et al* (2006) voor een diapauze-competente populatie van *Ae. albopictus* waarbij aan ieder 1 km² raster een totaal aantal weken van activiteit tussen het eerste uitkomen van de eitjes in de lente, en de aanvang van diapauze in de herfst, is toebedeeld. Uitkomen van eitjes in de lente is gedefinieerd als de eerste week van het jaar waarin de fotoperiode de drempelwaarde van 11.25 uur daglicht overschrijdt en de temperatuur hoger wordt dan 10,5 °C [6]. Einde van de actieve periode is gedefinieerd als de eerste week van het jaar wanneer ofwel de temperatuur onder 9,5 °C daalt (dit vertegenwoordigt een conservatieve drempelwaarde) of de fotoperiode wordt korter dan een kritische fotoperiode van 13.5 uur daglicht per etmaal (waarbij de diapauze eitjes afgezet gaan worden) [6]. Een raster van aantal weken van activiteit tussen het uitkomen van de eitjes en de start van de diapauze werd gegenereerd voor Nederland in die scenario's waarin aan de overwintering drempelwaarden voldaan werd. Deze kaart geeft niet het totale aantal weken van activiteit van de volwassen muggen weer. Gezien het effect van temperatuur op de ontwikkeling van eitje tot volwassen exemplaar, kunnen de eerste volwassen muggen 3 – 4 weken na het uitkomen van de eerste eitjes verwacht worden, met een continue aanwezigheid van volwassen muggen tot een daling van de temperatuur onder de drempel waarde van 9,5 °C in de herfst.

Lucky Bamboo import bedrijven

Gegevens over de locaties van de bedrijven werden verstrekt door de Plantenziektkundige Dienst (Scholte 2007)

1. Gratz, N.G., *Critical review of the vector status of Aedes albopictus*. Med Vet Entomol, 2004. **18**(3): p. 215-27.

2. Benedict, M.Q., et al., *Spread of the tiger: global risk of invasion by the mosquito Aedes albopictus*. Vector Borne Zoonotic Dis, 2007. **7**(1): p. 76-85.
3. Scholte, E.J., et al., *First record of Aedes (Stegomyia) albopictus albopictus in the Netherlands*. Eu. Mosq. Bull., 2007. **22**: p. 5-9.
4. Madon, M.B., et al., *Introduction of Aedes albopictus (Skuse) in southern California and potential for its establishment*. J Vector Ecol, 2002. **27**(1): p. 149-54.
5. Hanson, S.M. and G.B. Craig, Jr., *Cold acclimation, diapause, and geographic origin affect cold hardiness in eggs of Aedes albopictus (Diptera: Culicidae)*. J Med Entomol, 1994. **31**(2): p. 192-201.
6. Medlock, J.M., et al., *Analysis of the potential for survival and seasonal activity of Aedes albopictus (Diptera: Culicidae) in the United Kingdom*. J Vector Ecol, 2006. **31**(2): p. 292-304.
7. Knudsen, A.B., R. Romi, and G. Majori, *Occurrence and spread in Italy of Aedes albopictus, with implications for its introduction into other parts of Europe*. J Am Mosq Control Assoc, 1996. **12**(2 Pt 1): p. 177-83.
8. Leemans, R. and W.P. Cramer, *The IIASA database for mean monthly values of temperature, precipitation and cloudiness of a global terrestrial grid*. Laxenburg, International Institute of Applied Systems Analyses. 1991: p. 61