



ALTERRA

WAGENINGEN UR

# Verkenning van de steekmuggen- en knuttenproblematiek bij klimaatverandering en vernatting

Piet F.M. Verdonchot



Alterra-rapport 1856, ISSN 1566-7197





Verkenning van de steekmuggen- en knuttenproblematiek bij klimaatverandering en vernatting

In opdracht van het ministerie van LNV, uitgevoerd in het cluster Ecologische Hoofdstructuur, thema Ecologische doelen en maatregelen waterbeheer (BO-02-007).

Projectcode: HDV 08-02 en HDV 08-48

# Verkenning van de steekmuggen- en knuttenproblematiek bij klimaatverandering en vernatting

Piet F.M. Verdonschot

Alterra-rapport 1856

Alterra, Wageningen, 2009

## REFERAAT

Verdonschot Piet F.M., 2009. *Verkenning van de steekmuggen- en knuttenproblematiek bij klimaatverandering en vernatting*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1856. 76 blz.9 tab.; 50 ref.

Steekmuggen ontwikkelen zich vooral talrijk in moerassen, plas-dras situaties (al dan niet oever) en zeer tijdelijke milieus. Knutten ontwikkelen zich vooral in natte graslanden. Voor beide groepen zijn de factoren permanentie, dynamiek en temperatuur cruciaal. Een verhoogde voedselrijkdom draagt extra aan de ontwikkeling van deze dieren bij. Dit rapport geeft een overzicht van bestaande kennis en een risicosleutel waarmee het risico op 'overlast' door steekmuggen en knutten per gebiedstype kwalitatief in beeld kan worden gebracht. In het rapport worden achtereenvolgens de huidige situatie, de effecten van internationalisering en globalisering, de klimaatverandering en de effecten van de implementatie van de vernattingsopgaven beschreven in het licht van de reeds aanwezige soorten steekmuggen en knutten en met het oog op eventuele nieuwkomers.

Trefwoorden: arbovirus, exoot, knut, klimaatverandering, laag-Nederland, malaria, steekmug, vernattingsopgave

ISSN 1566-7197

Dit rapport is gratis te downloaden van [www.alterra.wur.nl](http://www.alterra.wur.nl) (ga naar 'Alterra-rapporten'). Alterra verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op [www.boomblad.nl/rapportenservice](http://www.boomblad.nl/rapportenservice).

© 2009 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: [info.alterra@wur.nl](mailto:info.alterra@wur.nl)

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

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

# Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
1.1 Aanleiding	11
1.2 Doel	11
1.3 Vragen	12
2 Nulsituatie	13
2.1 Steekmuggen en knutten in Nederland	13
2.1.1 Leefmilieus van steekmuggen en knutten	13
2.1.2 Risicobepalende factoren en processen	15
2.1.3 Risicoanalyse	19
2.2 Overlast en plaagvorming	20
2.2.1 Plaagvorming door steekmuggen	20
2.2.2 Plaagvorming door knutten	21
2.2.3 Gebiedstypen en plaagvorming	22
2.2.4 Risicosleutel	24
2.3 Ziekten	28
2.3.1 Arbovirussen	28
2.3.2 Malaria	29
2.3.3 Blauwtong	30
2.4 Huidige situatie	31
2.4.1 Gebiedstypen in het Groene Hart	31
2.4.2 Kennis van verspreiding en overlast van steekmuggen en knutten in Nederland	32
2.4.3 Kennis van steekmuggen en knutten in het Groene Hart	33
3 Autonome ontwikkeling met klimaatverandering	35
3.1 Klimaatverandering in Nederland	35
3.2 Gevolgen klimaatverandering voor steekmuggen en knutten	37
3.3 Nieuwkomers	39
3.4 Gevolgen voor de gezondheid	41
4 Toekomstige ontwikkelingen met vernattingsopgaven	43
4.1 Vernattingsopgaven	43
4.2 Effecten op steekmuggen en knutten	43
4.3 Vernatting en gezondheid	43
5 Mitigerende maatregelen	45
5.1 Inleiding	45
5.2 Herinrichting	45
5.3 Beheer	48
5.4 Bestrijding	49

6	Conclusies en aanbevelingen	53
	6.1 Conclusies	53
	6.2 Aanbevelingen	54
	Literatuur	57
	<b><i>Bijlagen</i></b>	
1	Ecologie van steekmuggen	63
2	Ecologie van knutten (Ceratopogonidae)	67
3	Overzicht van (mogelijk) in Europa voorkomende arbovirussen en andere ziekteverwekkers	71



## Woord vooraf

Vernatting, klimaatverandering, internationalisering en globalisering brengen allemaal veranderingen mee. Een veel gehoorde zorg bij het natter worden van onze leefomgeving is de opkomst van steekmuggen en knutten met de daarbij behorende bestaande of nieuwe ziekten. Dit rapport zet de kennis op een rij die op dit moment voor dit onderwerp beschikbaar is.

Dit rapport is tot stand gekomen naar aanleiding van een helpdeskvraag van Nico Bos (ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Directie Regionale Zaken (LNV, DRZ)). De uitvoering is uitgevoerd in opdracht van LNV en gefinancierd uit het helpdesk budget van het cluster Ecologische Hoofdstructuur (BO-02) in het thema Ecologische doelen en maatlatten waterbeheer (BO-02-007). Het betreft de beantwoording van de Helpdeskvragen: HDV 08-02 'Muggen- en knuttenproblematiek in het Groene Hart' en HDV 08-48 'Uitbreiding concept-rapportage muggen en knutten'.

Het schrijfproces is begeleid door Nico Bos (LNV, DRZ), Rob Ligtenberg (provincie Zuid-Holland), Marianne Wuite (LNV, DC) en Pim Jansen (provincie Zuid-Holland).

Het rapport is van commentaar voorzien door Prof. Dr. ir. W. Takken (WUR), Prof. dr. M. Koopmans (RIVM), ir. N.W. Bos (LNV, DRZ), drs. E. van Well (LNV, DRZ), J. le Rutte (LNV, DC) en ir. R. Verdonschot (Alterra, WUR). Alle bovengenoemde personen worden hartelijk bedankt voor hun inzet en constructieve bijdragen.



## Samenvatting

Steekmuggen ontwikkelen zich vooral talrijk in moerassen, plas-dras situaties (al dan niet oever) en korte tijd aanwezige watermilieus. Knutten ontwikkelen zich vooral in natte graslanden. Voor beide groepen zijn de het al dan niet permanent aanwezig zijn van water, de wisselingen daarin en de temperatuur van groot belang. Een verhoogde voedselrijkdom draagt extra bij aan de ontwikkeling van deze dieren. Dit rapport geeft een overzicht van de bestaande kennis en een risicosleutel waarmee het risico op 'overlast' door steekmuggen en knutten per gebiedstype kwalitatief in beeld kan worden gebracht.

In de huidige situatie, bij het huidige klimaat, is in veel gebieden in laag-Nederland reeds sprake van 'overlast' door steekmuggen en knutten. De aard en omvang van deze 'overlast' is echter niet bekend. Bij een ongewijzigd klimaat blijft deze 'overlast' aanwezig en in geval van verdere inklinking van bodems zou als gevolg van het huidige waterbeheer de 'overlast' zelfs enigszins kunnen toenemen (autonome vernatting).

Door de verdere internationalisering en globalisering van het handelsverkeer vindt er meer uitwisseling van goederen en daarmee ongewild ook van steekmuggen, knutten en ziektekiemen plaats.

Door klimaatverandering verandert de temperatuur en de neerslagverdeling in Nederland. Het warmere klimaat en de nattere winters en heftige zomerbuien tijdens droge, warme zomers dragen bij aan verstekte wisselingen in waterpeilen. Dit betekent ook dat klimaatverandering leidt tot uitbreiding van geschikte leefmilieus voor steekmuggen en knutten. Dit betreft niet specifiek gebiedstypen aanwezig in het landelijk gebied, maar betreft alle situaties waar tijdelijke, ondiepe wateren kunnen ontstaan. Omdat klimaatverandering inmiddels een gegeven is, wordt deze ontwikkeling als autonoom beschouwd.

Om de effecten van klimaatverandering op de mate van ontwikkeling van steekmuggen en knutten te sturen en verminderen zijn diverse herinrichtings- en beheermaatregelen mogelijk.

Door het uitvoeren van de verschillende vernattingsopgaven worden eveneens grotere delen van gebieden meer geschikt als leefmilieu voor steekmuggen en knutten. Vooral de gebiedstypen van moeras, plas-dras en nat grasland zijn van belang.

Om de effecten van vernatting op de mate van ontwikkeling van steekmuggen- en knuttenpopulaties te sturen en verminderen zijn diverse herinrichtings- en beheermaatregelen mogelijk. Een overzicht van deze herinrichtings- en beheermaatregelen is in dit rapport opgenomen. Om onvoorziene 'overlast' of tijdelijk lokale 'overlast' als gevolg van herinrichting tegen te gaan is bestrijding mogelijk.

Tot op heden worden de in West-Europa door steekmuggen overgedragen virussen en andere ziekteverwekkers niet als een groot gezondheidsprobleem (h)erkend. Een groot aantal van de genoemde virussen brengen geen grote gezondheidsrisico's mee.

Klimaatverandering en internationaal verkeer dragen bij aan vergroting van de kans op vestiging van nieuwe soorten steekmuggen en knutten. Deze soorten kunnen nieuwe ziekten overdragen. Voor zover nu bekend betreft dit vooral soorten die talrijk ontwikkelen in en nabij de bebouwde omgeving. De komst van deze soorten is onafhankelijk van het Nederlandse waterbeheer, maar een gevolg van de autonome ontwikkelingen geïnitieerd door klimaatverandering.

De bijdrage van vernatting aan de vestiging en uitbreiding van nieuwe soorten steekmuggen en knutten is onzeker omdat de kennis van de ecologie van deze nieuwkomers en hun specifieke gedrag onder de toekomstige Nederlandse condities nog onvoldoende bekend is. In hoeverre nieuwkomers of nieuwe ziekten die ook overgedragen kunnen worden door inheemse steekmuggen en knutten baat bij vernatting hebben is eveneens onzeker.

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Enkele jaren geleden is op verzoek van het ministerie van Verkeer en Waterstaat een onderzoek gedaan naar de effecten van muggen en knutten op de volksgezondheid. Dit heeft geresulteerd in de brochure: *Muggen & Knutten* (2002). Deze brochure geeft een vrij algemeen beeld van de stand van dat moment. Klimaatverandering en de vernattingsopgave geven beide aanleiding om opnieuw naar deze brochure te kijken.

Klimaatverandering leidt tot opwarming, nattere winters en drogere zomers met korte perioden van intense regen. Het gevolg hiervan is dat het watersysteem dynamischer wordt. Leidt klimaatverandering hiermee tot verbetering van het milieu voor steekmuggen en knutten?

Bij de uitvoering van de vernattingsopgave zijn projecten geïnitieerd die gericht zijn op:

- Het vernatten van het landgebruiksystem in het kader van het tegengaan van bodemdaling.
- Het tegengaan van verdroging van belangrijke natuurgebieden.
- De aanleg van nieuwe boezems.
- De aanleg van nieuwe natuur, bijvoorbeeld in het kader van de Ecologische Hoofdstructuur en de aanleg van de robuuste verbinding Groene Ruggengraat door het Groene Hart.

Hierbij speelt steeds de vraag of bij dit type projecten een voor steekmuggen en knutten geschikt milieu ontstaat. In discussies over vernatten en wijzigen van de waterhuishouding blijkt elke keer dat dit vraagstuk wordt gebruikt als argument tegen dergelijke projecten.

Het ministerie van LNV heeft daarom opdracht gegeven aan Alterra, Wageningen UR tot een aanvullende helpdeskvraag, bedoeld om een specifiekere verkenning uit te voeren naar de effecten van klimaatverandering en vernatting op steekmuggen en knutten. Het resultaat daarvan is dit rapport.

## 1.2 Doel

Het doel van het te verrichten onderzoek is inzicht te krijgen in het optreden van 'overlast' veroorzaakt door steekmuggen en knutten onder de huidige omstandigheden en in de nabije toekomst door klimaatveranderingen en bij de uitvoering van vernattingsopgaven. Daarnaast worden eventuele maatregelen in beeld gebracht die kunnen bijdragen aan vermindering van genoemde 'overlast' onder betreffende omstandigheden.

### 1.3 Vragen

Deze verkenning is uitgevoerd als korte bureaustudie gebaseerd op bestaande en snel beschikbare kennis. De antwoorden op onderstaande vragen vormen een eerste indicatie van de mogelijkheden:

1. Welke 'overlast' door steekmuggen en knutten treedt in de huidige situatie, bij het huidige klimaat, op?
2. Welke veranderingen in 'overlast' door steekmuggen en knutten zijn te verwachten door klimaatveranderingen, onafhankelijk van eventuele vernattingsopgaven?
3. Met welke maatregelen kunnen de effecten van de te verwachten klimaatveranderingen op 'overlast' door steekmuggen en knutten worden verminderd?
4. Welke veranderingen in 'overlast' door steekmuggen en knutten zijn te verwachten door het uitvoeren van vernattingsopgaven?
5. Met welke maatregelen kunnen de effecten van de vernattingsopgaven op 'overlast' door steekmuggen en knutten worden verminderd?

Als vertegenwoordigers uit de families van de steekmuggen en knutten zich massaal ontwikkelen, kunnen deze plaatselijke overlast veroorzaken. Bij overlast is sprake van: 'het hinderlijk voorkomen van één of meer organismen voor mens, gewas of bezit'. Onder een plaag wordt verstaan: 'het in zulke grote aantallen voorkomen van één of meer organismen, dat ze schade veroorzaken of dreigen te veroorzaken voor de mens, zijn gewassen of zijn bezittingen'. Of een organisme overlast of een plaag veroorzaakt, hangt niet zozeer af van zijn aantal, als wel van de mate waarin het schade (overlast) veroorzaakt. Ook organismen die in geringe aantallen voorkomen, kunnen overlast of een plaagsituatie teweegbrengen (Gruys et al., 1985). Voor een massale ontwikkeling van steekmuggen en knutten zijn een aantal randvoorwaarden nodig. De volgende voorwaarden dragen bij aan overlast en plaagvorming (Zadoks, 1985):

- a. een gunstig leefmilieu,
- b. een geringe dichtheid van parasieten en predatoren,
- c. een voldoende voedselaanbod,
- d. een bepaalde aanvangspopulatie van plaaginsecten.

## 2 Nulsituatie

### 2.1 Steekmuggen en knutten in Nederland

#### 2.1.1 Leefmilieus van steekmuggen en knutten

Steekmuggen ontwikkelen zich meestal in oppervlaktewateren met een grote dynamiek in milieuvariabelen, zoals temperatuurswisseling, uitdroging, organische verontreiniging en een wisselend zuurstofgehalte. Dit in tegenstelling tot veel van hun potentiële predatoren, die dergelijke milieus vermijden. Knutten ontwikkelen zich in een groot scala aan habitats, van natte organisch rijke graslanden tot moerassen tot aan diepe meren.

Voor overlast gevende of plaagvormende populaties van steekmuggen en knutten kan onderscheid worden gemaakt tussen de habitateisen van de verschillende levensstadia van (Tabel 1; Bijlage 1, 2):

- Huissteekmuggen;
- Moerassteekmuggen;
- Malariamuggen;
- boomholtsteekmuggen (de twee mogelijk in de nabije toekomst te verwachten risicodragende soorten *Aedes albopictus* en *A. aegypti* zijn onder deze groep opgenomen);
- knutten (de knutten zijn in lijn met de opdracht als gehele groep opgenomen alhoewel een nadere differentiatie in de toekomst gewenst is).

Tabel 1. Habitatieisen van levensstadia van steekmuggen en knutten als groep.

Levensstadium	genus	habitat
<b>malariamuggen (1)</b>		
eieren van malariamuggen	<i>Anopheles</i>	ei-afzetting enkelvoudig op het wateroppervlak
larven van malariamuggen	<i>Anopheles</i>	verlandende sloten, plas-dras bermen met dichte verlandende vegetaties
volwassen malariamuggen	<i>Anopheles</i>	rust- en schuilplaats: bosschages, ruigtebegroeiing overwintering: als volwassenen in o.a. veestallen
<b>moerassteekmuggen (2)</b>		
eieren van moerassteekmuggen	<i>Aedes</i> <i>Culiseta (Culicella)</i>	ei-afzetting: semi-aquatisch of terrestrisch (vochtige bodems) ei is het overwinteringsstadium
larven van moerassteekmuggen	<i>Aedes</i> <i>Culiseta (Culicella)</i>	randen van vochtige bossen, moerasbossen, open en gesloten veenmoerassen en overstromingsplassen in rivier- en beekdalen
volwassen moerassteekmuggen	<i>Aedes</i> <i>Culiseta (Culicella)</i>	rust- en schuilplaats: hoog opgaande begroeiing zoals bos, struikgewas, ruigtebegroeiing

Levensstadium	genus	habitat
<b>huissteekmuggen (3)</b>		
eieren van huissteekmuggen	<i>Culex</i> <i>Culiseta (Culiseta)</i>	ei-afzetting: in vlotjes op het wateroppervlak
larven van huissteekmuggen	<i>Culex</i> <i>Culiseta (Culiseta)</i>	vrijwel alle semi-permanente en temporeire wateren, ook massale ontwikkeling in boomgaten, regentonnen, blikjes, autobanden, dakgoten en overige antropogene waterpartijen
volwassen huissteekmuggen	<i>Culex</i> <i>Culiseta (Culiseta)</i>	rust- en schuilplaats: hoog opgraande begroeiing zoals bos, struikgewas, ruigten overwintering: in boomholten, kruipgaten, stallen en schuren
<b>boomholtsteekmuggen (4)</b>		
eieren <i>Aedes albopictus</i> , <i>Aedes aegypti</i>	<i>Aedes</i>	ei-afzetting: net boven waterlijn ei is het overwinteringsstadium ei is droogteresistent
larven van <i>Aedes albopictus</i> , <i>Aedes aegypti</i>	<i>Aedes</i>	massale ontwikkeling in boomgaten, regentonnen, blikjes, autobanden, dakgoten en overige antropogene waterpartijen
volwassen <i>Aedes albopictus</i> , <i>Aedes aegypti</i>	<i>Aedes</i>	rust- en schuilplaats: opgaande begroeiing
<b>knutten(5)</b>		
knutten	<i>familie</i> <i>Ceratopogonidae</i>	rust- en schuilplaats: opgaande begroeiing overwintering: als ei of larve ei-afzetting: allerlei wijzen

#### Toelichting:

- (1) Het habitat van de **malariamug** bestaat uit allerlei stilstaande ondiepe wateren (sloten, kanalen, poeltjes, plassen) met veel ondergedoken of emergente vegetatie, verlandende sloten en verlandingszones. De larven hebben geen ademhalingsbuis en hangen horizontaal tegen het wateroppervlak en voeden zich in tegenstelling tot andere steekmuggen ook aan het wateroppervlak. Malariamuggen ontwikkelen zich vanaf het voorjaar (mei) en bereiken de hoogste aantallen (circa 3<sup>de</sup> generatie) in de nazomer (hogere temperaturen; juli-september). Ze overwinteren als volwassenen.
- (2) De ontwikkeling van de **moerassteekmug** is sterk gebonden aan waterpeilfluctuaties. De larven leven in temporeire moeras- en drassituaties en het tijdelijk droogvallende substraat dient als locatie voor het afzetten van de eitjes. Deze situatie kan het gevolg zijn van een weinig doorlatende ondergrond, eventueel in combinatie met een terreinreliëf waarin water stagneert, of een meer doorlatende of 'lekkende' ondergrond in combinatie met een tijdelijk hogere grondwaterstand.
- (3) De **huissteekmug** kan zich vrijwel in alle semi-permanente, temporeire en antropogene wateren ontwikkelen. De larven leven in kleine waterpartijen met sterke fluctuaties in milieuomstandigheden. Voorbeelden zijn sterk organisch belaste wateren of wateren met een korte bestaansduur, zoals regenwaterplassen.
- (4) De **boomholtsteekmug**, ook wel containersteekmug genoemd, dankt haar naam aan het oorspronkelijk habitat, de boomholte. Deze groep kan zich echter in allerlei zeer kleine, tijdelijke wateren ontwikkelen, waaronder autobanden, blikjes, schaaltes en boomholten. De eieren ontwikkelen zich wanneer een dergelijk 'micro'-oppervlaktewater zich met water vult, bijvoorbeeld na een regenbui. Bij voldoende hoge temperaturen vliegen de larven na korte tijd uit. Boomholtsteekmuggen komen ook voor in permanente 'containermilieus', waar ze meerdere generaties ontwikkelen waarbij ook predatoren aanwezig kunnen zijn die de aantallen slechts enigszins verlagen.
- (1 t/m 4) Voor **alle volwassen steekmuggen** zijn opgaande (al dan niet lijnvormige) houtige en hoge kruidachtige begroeiingen aantrekkelijk om te schuilen en om zich doorheen te verplaatsen. Ze bieden bescherming tegen wind en hebben over het algemeen een hoge luchtvochtigheid (geschikt microklimaat). Ze vormen ook een verbindingszone tussen het leefgebied van steekmuggen en eventuele bebouwing.



Het verspreidingsvermogen van steekmuggen verschilt per soort. Sommige soorten kunnen zich verspreiden in half open terrein, terwijl andere soorten sterk gebonden zijn aan bossen en open terrein geheel vermijden.

- (5) **Knutten** kunnen zich, afhankelijk van de soort, in allerlei milieus ontwikkelen. Vooralsnog gaan we ervan uit dat in ieder geval vochtig grasland habitat is voor de soorten van het genus *Culicoides*. Dit is het genus dat bloed zuigt en o.a. blauwtong overdraagt. Of hier ook aquatische milieus aan bijdragen is nog onbekend.

### 2.1.2 Risicobepalende factoren en processen

Voor een bestaand of her in te richten gebied kan op basis van kennis van risicobepalende factoren en processen worden beoordeeld hoe groot het risico is dat steekmuggen en knutten massaal gaan optreden. De volgende factoren of processen zijn van invloed op de vorming van habitats die geschikt zijn voor ten eerste de verschillende levensstadia van steekmuggen en ten tweede het voorkomen van hun predatoren. Daarmee bepalen ze de risico's van inrichtingsmaatregelen. Predatoren of rovers ontbreken wanneer milieuomstandigheden sterk wisselen (bijvoorbeeld droogval) of in extremen verkeren. Over de biologie van knutten is onvoldoende bekend om deze factoren voldoende te kunnen invullen.

#### *Permanentie van het oppervlaktewater*

De permanentie of omgekeerd de mate van droogval van een oppervlaktewater wordt bepaald door de neerslag, de grondwaterstand, en de mate en frequentie van inundatie. Op basis van waterdiepte en hydrologische isolatie van een al dan niet tijdelijk oppervlaktewater zijn verschillende watertypen te onderscheiden.

#### *Permanente oppervlaktewateren*

Dit betreft wateren zoals plassen, boezems, nooit droogvallende sloten, kanalen, beken of rivieren. In dergelijke permanente wateren kunnen populaties van predatoren van steekmuggen hun levenscyclus voltooien en door predatie voorkomen dat steekmuggen zich massaal ontwikkelen. Steekmuglarven zijn uiterst kwetsbaar voor predatie, mede omdat ze zich vaak aan het wateroppervlak bevinden. Ook in tijdelijk onder water staande terreinen die met permanente wateren verbonden zijn, kunnen steekmuglarven zich moeilijk ontwikkelen, omdat deze toegankelijk zijn voor predatoren uit het permanente water.

#### *Geïsoleerde semi-permanente en temporaire oppervlaktewateren*

Deze wateren hebben een geringe waterdiepte en zijn niet verbonden met permanente oppervlaktewateren. Dergelijke oppervlaktewateren hebben een grote kans om jaarlijks droog te vallen. Droogvalling is bij uitstek een gunstige uitgangspositie voor de ontwikkeling van grote aantallen steekmuggen. Als gevolg van droogval delen de steekmuggen het water met weinig andere organismen, dit is gunstig voor steekmuggen, omdat de larven een uiterst geringe concurrentiekracht hebben. Ook kunnen de meeste predatoren van steekmuglarven hun levenscyclus niet voltooien in droogvallende wateren en ontbreken dan ook. Lage concurrentie en predatie leiden tot het massaal optreden van steekmuggen in dit type wateren.

### ***Stroming en golfslag***

Steekmuggen zijn voor hun ontwikkeling afhankelijk van stilstaand water. De larven en poppen van steekmuggen zijn zeer gevoelig voor stroming en golfslag, en zullen wanneer dit optreedt in hun ontwikkeling beperkt blijven (Fritz & Heimer, 1981). In grotere oppervlaktewateren met een brede ondiepe oeverzone zal tussen de oevervegetatie nauwelijks stroming of golfslag optreden. In deze delen is de aanwezigheid van predatoren (zoals roofkevers, libellenlarven en amfibieën) een belangrijkere factor die de ontwikkeling van de steekmuggen beperkt.

Knutten komen in allerlei wateren voor. Stroming en golfslag spelen een geringe rol ten aanzien van het voorkomen, behalve indien daadwerkelijk sprake is van stroming. De oeverzone is altijd voor bepaalde soorten geschikt.

### ***Terreinreliëf in relatie tot bodemopbouw***

Met het reliëf van het terrein wordt een afwisseling van hogere en lagere delen van het maaiveld bedoeld. Deze afwisseling kan het gevolg zijn van inrichtingsmaatregelen (zoals plaggen of afgraven) of van nature aanwezig zijn (zoals langs beken en rivieren, in duinvalleien en moerasgebieden). Langs grotere beken en rivieren kan door erosie en sedimentatie tijdens inundaties ook een bepaald reliëf ontstaan. In moerasgebieden ontstaat reliëf als gevolg van bultvorming door de aanwezige vegetatie.

Tijdens perioden met veel neerslag of na inundatie kan water achterblijven in laagten, putjes en kuilen. De verblijftijd van het water is afhankelijk van de doorlaatbaarheid van de bodem en de terreinhelling (deze laatste factor vooral in vlakke gebieden). Wanneer veel kleiafzettingen in de bodem aanwezig zijn, kan water lange tijd blijven staan. Bestaat de bodem voornamelijk uit zand, dan zal het water sneller inzijgen, behalve wanneer sprake is van een hoge grondwaterstand (bijvoorbeeld zo hoog als het maaiveld). Wanneer in het voorjaar plassen en poelen langer water bevatten, is dit in het voordeel van steekmuggen. In combinatie met de ontwikkeling van hogere vegetatie (hogere luchtvochtigheid en windluwte) is dit een gunstige Ausgangssituatie voor steekmuggenplagen.

### ***Verlanding***

Verlanding van ondiepe oppervlaktewateren en oeverzones bevordert de ontwikkeling van habitat voor steekmuggen. Tussen de dichte submerse en emergente watervegetaties hebben larven van steekmuggen meer schuil- en ontsnappingsmogelijkheden voor predatoren. Ondiepe delen warmen daarnaast ook sneller op, hetgeen de groeisnelheid van larven van steekmuggen sterk bevordert.

Ook voor knutten zijn dergelijke zones met ondiep water en veel organisch materiaal als habitat zeer geschikt.

### ***Opslag van bomen en struiken***

Voor volwassen steekmuggen zijn opgaande (al dan niet lijnvormige) houtige en hoge kruidachtige begroeiingen aantrekkelijk om te schuilen en geschikt om zich doorheen te verplaatsen. De begroeiing biedt bescherming tegen wind en wordt over het algemeen gekenmerkt door een hoge luchtvochtigheid (geschikt microklimaat). Hiermee vormt de begroeiing een verbindingszone tussen de plaats waar de larven zich ontwikkelen en eventuele bebouwing, waar de vrouwtjesmuggen op zoek gaan

naar een bloedmaaltijd. Het verspreidingsvermogen van steekmuggen verschilt per soort. Sommige soorten kunnen zich in half open terrein verspreiden, terwijl andere soorten sterk gebonden zijn aan bossen. Deze volwassen steekmuggen mijden open terrein volledig, onder andere vanwege de lagere luchtvochtigheid.

De afstand waarover steekmuggen zich op eigen kracht verspreiden is beperkt, behalve wanneer ze met de wind worden verplaatst. Wanneer er open terrein tussen menselijke bewoning en het leefgebied van steekmuggen aanwezig is, blijft overlast vaak beperkt, omdat maar weinig volwassen steekmuggen de bewoning bereiken.

### ***Temperatuur***

Steekmuggen ontwikkelen zich sneller bij hogere temperaturen. Ondiepe wateren warmen in de zomer snel op en vormen daarmee een uitstekend milieu voor de zich dan zeer snel (tot binnen 10 dagen) ontwikkelende steekmug. Opeenvolgende jaren met warme zomers kunnen de omvang van de aanvangspopulaties doen toenemen.

### ***Milieuwisselingen en extreme condities***

Een sterke wisseling van milieuomstandigheden, bijvoorbeeld een afwisseling van zout (brak) naar zoet water of van neutraal naar een lage zuurgraad, heeft tot gevolg dat de meeste waterdieren sterven. Met een wisseling naar brak of zoet wordt een nieuw watermilieu gecreëerd waar, als gevolg van afwezigheid van predatoren, steekmuggen zich goed in kunnen ontwikkelen. Extreme milieus zoals regentonnen en natte kruipgaten leveren een voor veel aquatische organismen onleefbaar milieu op, maar een habitat dat echter wel weer geschikt is voor steekmuggen.

### ***Inundatie***

Het moment in de tijd, de frequentie en de duur van inundatie in samenhang met het terreinreliëf zijn sterk bepalend voor de permanentie van achterblijvende wateren. Overstroming van rivieruiterwaarden en beekbegeleidende gronden treedt vooral op in de winter en het voorjaar (beek- of rivierinundatie). In onregelmatige terreinen met een slecht doorlatende bodem (veen- en kleigebieden, zoals veel aanwezig in de laagveenregio in het westen van Nederland) of terreinen met een hoge grondwaterstand (bijvoorbeeld duinvalleien, laagten en veenweidepolders) treden als gevolg van intense neerslag in de zomer ook (regen)inundaties op. Water zal in vlakke gebieden na (regen)inundatie langer aanwezig blijven. Wanneer gedurende langere tijd water in een terrein achterblijft, biedt dit een semi-permanent milieu dat geschikt is voor de ontwikkeling van steekmuggen.

### ***Eutrofiëring en saprobiëring***

Verrijking met voedingsstoffen (eutrofiëring) leidt onder andere tot een sterk wisselende zuurstofhuishouding. Veel wateren in agrarisch gebied zijn door uitspoeling van landbouwkundige meststoffen ge-eutrofiëerd. Hierdoor treden periodes op waarin het water zeer weinig zuurstof bevat. Steekmuggen hebben onder zuurstofarme condities meer overlevingskansen ten opzichte van veel andere waterdieren, zoals hun predatoren. Dit is het gevolg van een aangepaste ademhaling. Steekmuglarven zijn namelijk in staat via een adembuis zuurstof uit de lucht te gebruiken. Eutrofiëring leidt ook tot meer algenontwikkeling en eventueel een groter

aantal dierlijke micro-organismen. Beide dragen bij aan een verhoogd voedselaanbod voor de steekmuglarven.

Saprobiëring (= verrijking met dood organisch materiaal) treedt op wanneer organisch materiaal in een oppervlaktewater terecht komt. In geval van lozingen is er vaak sprake van het plotseling optreden van voor steekmuggen gunstige zuurstofarme omstandigheden. In poelen en greppels in bosgebieden leidt bladval tot saprobiëring. In deze wateren vormt het organisch materiaal ook de basis voor het voedsel voor veel steekmuggen, namelijk de bacteriën en algen die op deze bladeren voorkomen.

### **Beheer**

Begrazing door runderen en/of paarden kan het terreinreliëf vergroten. Afhankelijk van de bodemgesteldheid en vegetatiestructuur kunnen lage plekken met vaak een sterk verdichte bodem ontstaan (pootafdrukken, kuilen, ligplekken van vee), waarin water kan achterblijven. Omgekeerd echter voorkomt een hoge graasdruk de ontwikkeling van hoog opgaande vegetatie, wat weer negatief uitwerkt voor volwassen steekmuggen.

Ook het maai-beheer speelt een rol in het leefgebied van steekmuggen. Extensief beheerde weidegebieden hebben veelal hogere vegetaties met een hogere luchtvochtigheid en met meer luwe plekken, wat in het voordeel is van steekmuggen.

De levensstadia van steekmuggen en knutten kunnen direct in verband worden gebracht met de risicobepalende factoren en processen (Tabel 2).

Tabel 2. Het verband tussen levensstadia van steekmuggen en knutten en risicobepalende factoren en processen. (+++ = randvoorwaarde, ++ = groot voordeel, + = voordeel, 0 = niet noodzakelijk, - = nadeel)

risicofactoren en processen	positief voor steekmuggen en knutten	eieren en larven			boomholte- steek- muggen <sup>4</sup>	knutten
		moeras- steekmuggen	huissteek- muggen	malaria- muggen		
predatie	<i>afwezig</i>	+++	+++	++	++	+
permanentie	<i>droogval</i>	+++	++	0/+	0	0
waterbeweging	<i>afwezig</i>	-	-	-	-	0
terreinreliëf	<i>onregelmatig</i>	+++	+++	0/+	+++	+
verlanding	<i>sterk</i>	+	++	+++ <sup>3</sup>	++	+
temperatuur	<i>hoog</i>	++	++	++	+++	++
milieuwisselingen/ extreme condities	<i>sterk</i>	0	++	0	+++	0
inundatie	<i>aanwezig</i>	+++ <sup>1</sup>	++ <sup>2</sup>	0	+++ <sup>1</sup>	+
eutrofiëring/ saprobiëring	<i>hoger</i>	+	+	++	++	+
		volwassenen				
opslag	<i>aanwezig</i>	++	++		++	
bewoning	<i>aanwezig</i>	0	++	++	++	
beheer	<i>aanwezig</i>					

1 met name in het voorjaar en in mindere mate zomer

2 met name in de zomer

3 watervegetatie

4 komen nog niet in Nederland voor

Samenvattend beschrijft Tabel 2 enkele milieutypen en omstandigheden die positief bijdragen aan mogelijke plaagvorming. Echter deze tabel kan niet los gezien worden van andere factoren die een rol spelen bij het daadwerkelijk optreden van 'overlast', zoals keuzen in gebiedsinrichting en beheeropties.

***Samenvattend:***

- De larven van moerassteekmuggen gedijen optimaal wanneer er in een onregelmatig terrein veel tijdelijk (geen predatoren) water is (veel poeltjes als gevolg van inundatie door begeleidend water of door winterneerslag) in het voorjaar, en de temperaturen oplopen.
- De larven van huissteekmuggen gedijen optimaal wanneer er tijdelijk (geen predatoren) of predatorloos permanent (milieuwisseling bijvoorbeeld in verlandingszones of extreme condities in regentonnen) water is en de temperatuur over meer dan 10 dagen hoog ( $>20^{\circ}\text{C}$ ) is (vaak in de zomer)
- De larven van malariamuggen gedijen optimaal in plantenrijke, ondiepe, mogelijk voedselverrijkte wateren (minder predatie, voedsel) in de zomer bij hoge temperaturen.
- De larven van boomholtesteekmuggen ontwikkelen zich in de zomer in allerlei zeer kleine, tijdelijke wateren, van nature in boomholten maar ook in autobanden, blikjes en schaaltes. Deze groep komt nog niet in Nederland voor maar is in de nabije toekomst te verwachten en is daarom voor alle duidelijkheid hier opgenomen
- De knutten is een grote groep die onder allerlei omstandigheden gedijen. Voor een meer specifiek beeld dienen de meest relevante genera apart bekeken te worden. Echter het onderhavige onderzoek is niet toereikend voor deze verfijning.

### **2.1.3 Risicoanalyse**

Om de kans op overlast of een plaag van steekmuggen of knutten in te schatten is een risicoanalyse uitgevoerd. De risico's op overlast of plaagvorming worden bepaald door:

- a) De habitateisen van relevante levensstadia van steekmuggen en knutten;
- b) De aanwezigheid van geschikte habitats en de daar bijbehorende sturende factoren en processen.

De habitateisen komen voort uit de ecologie van de soortgroepen (Bijlage 1, 2) en zijn per groep samengevat gepresenteerd in paragraaf 2.1.1. De mate van geschiktheid van een habitat is gebaseerd op watertype, diepte/permanentie, peil en voedselrijkdom.

Het al dan niet optreden van hoge aantallen steekmuggen en knutten is tenslotte uitgedrukt in risicoklassen (Tabel 3).

Tabel 3. Omschrijving van de risicoklassen.

Risicoklasse	omschrijving
<i>zeer risicovol</i> (+++)	de kans op optreden van hoge aantallen steekmuggen en knutten is bijna zeker
<i>risicovol</i> (++)	de kans op optreden van hoge aantallen steekmuggen en knutten is groot
<i>potentieel risicovol</i> (+)	de kans op optreden van hoge aantallen steekmuggen en knutten is zeker mogelijk
<i>risicoarm</i> (0)	de kans op optreden van hoge aantallen steekmuggen en knutten is gering
<i>geen risico</i> (-)	de kans op optreden van hoge aantallen steekmuggen en knutten is nagenoeg nul

## 2.2 Overlast en plaagvorming

### 2.2.1 Plaagvorming door steekmuggen

Omdat veel larvale habitats van steekmuggen ongeschikt zijn voor kolonisatie door (potentiële) predatoren (rovers) als gevolg van zeer wisselende milieuomstandigheden kunnen hoge dichtheden aan steekmuggen en daarmee plagen ontstaan. Predatoren van larven van steekmuggen zijn vissen, amfibieën, waterinsecten (rovers als kevers, libellen en wantsen) en vogels (bijvoorbeeld de witte kwikstaart). Steekmugpopulaties kunnen op plaatsen zonder predatoren grote dichtheden bereiken. Er zijn gevallen bekend waarbij populaties tot meer dan 50.000 larven per vierkante meter uitgroeiden. Naar schatting kunnen circa 113.000.000 eieren per 0,4 hectare moerasland worden afgezet. Echter is de sterfte van de larven tijdens de aquatische stadia hoog. Het opdrogen van het habitat is hiervan de belangrijkste oorzaak.

De weersomstandigheden in een jaar in samenhang met de lokale terreingesteldheid bepalen in hoeverre een steekmugplaag kan ontstaan. Daarbij wordt aangenomen dat de oorspronkelijke populatie enkele jaren nodig heeft om uit te groeien tot een plaagvormende populatie. Dit geldt in het bijzonder voor de soorten die hun eieren semi-aquatisch of terrestrisch afzetten. In natte zomers blijven adulten langer leven, zodat voorjaarssoorten ook nog in de zomer worden aangetroffen. Afhankelijk van de weersomstandigheden en van de soort varieert het aantal generaties in een jaar van één tot meer. De watermassa van het larvale habitat is in de regel beperkend (opdroging). In ondiepe wateren bereikt de temperatuur snel hoge waarden, waardoor de groei van de larven versneld kan worden en er meerdere generaties achter elkaar tot ontwikkeling kunnen komen. In de gematigde zone zijn de soorten van het geslacht *Aedes* de belangrijkste plaagvormende steekmuggen, alhoewel plaatselijk ook soorten van de geslachten *Culex* en *Culiseta* tot hoge dichtheden kunnen uitgroeien.

Om te begrijpen hoe een steekmugplaag ontstaat is kennis nodig omtrent de relatie tussen het milieu en de ecologie van de veroorzakende soort(en) en wel van elk stadium: ei, larf, pop en adult. Voor de vorming van een *Aedes*-plaag is onder andere van belang op welke hoogte boven de waterlijn de eieren zijn afgezet. Een

hogere waterstand leidt tot ei-afzetting op een hoger niveau. Dit heeft tot gevolg dat in droge jaren de eieren niet door het water worden bereikt. Het voorkomen van eventuele opeenvolgende *Aedes*-generaties is afhankelijk van tussentijdse wisselingen in de waterstand; het aantal wisselingen en de mate daarvan (wat afhankelijk is van de hoeveelheid en verdeling van de neerslag) bepalen, afhankelijk van de soort, het aantal generaties. Over het algemeen blijkt dat de eerste (voorjaars)generatie de hoogste dichtheden oplevert, hetgeen samenhangt met de hydrologisch natte situatie in het voorjaar, die doorgaans aanzienlijk van de drogere zomersituatie verschilt.

Hoge dichtheden van *Culex* en *Culiseta* soorten treden veelal alleen op tijdens extreem natte zomerperioden of in nieuw gevormde wateren.

De aanwezigheid van predatoren in een permanent water of een permanent water in verbinding met een relatief klein tijdelijk water voorkomt een overmatige toename van de steekmugpopulatie. Naast de predatie op steekmuglarven kan ook predatie optreden op volwassen steekmuggen. Roofvliegen prederen op uitvliegende adulten, en spinnen en vogels (bijvoorbeeld zwaluwen) op adulten. Het is echter niet waarschijnlijk dat dergelijke predatie in belangrijke mate invloed heeft op de omvang van de plaag.

Naast een geschikt leefmilieu en een geringe predator dichtheid is ook een voldoende groot voedselaanbod voor de steekmuglarven van belang. Het voedselaanbod voor steekmuggen en knutten kan bestaan uit dierlijke micro-organismen, algen en plantenresten. In voedselrijk en met afgestorven plantenmateriaal en blad belast water is het voedselaanbod hoger.

Tenslotte speelt de omvang van de aanvangspopulatie een rol. De omvang van de aanvangspopulatie van steekmuggen en knutten is afhankelijk van de grootte van het leefmilieu, de beschikbaarheid van het milieu (tijdsduur) en de temperatuur. Wanneer in opvolgende jaren geschikt leefmilieu optreedt, zullen bij bijvoorbeeld huissteekmuggen en malariamuggen meer vrouwtjes en bij moerassteekmuggen meer eieren de winter overleven en zal de aanvangspopulatie toenemen. Het verdere verloop is voor huissteekmuggen en malariamuggen sterk weersafhankelijk, en voor moerassteekmuggen sterk waterpeilafhankelijk.

### **2.2.2 Plaagvorming door knutten**

Knutten kennen veelal twee perioden waarin ze massaal kunnen optreden, een voorjaarspiek (mei-juni) en een piek in de nazomer (augustus). De voorjaarspiek is een gevolg van een zekere synchronisatie van de overwinterende larven terwijl de nazomerpiek vaak tweede generaties betreft. De univoltiene soorten (soorten met één generatie per jaar) vliegen veelal van juni tot augustus, maar dit verschilt sterk per soort.

Alle vrouwtjes prederen op volwassen insecten zoals vedermuggen, eendagsvliegen en andere knutten. De vrouwtjes bijten de prooi, pompen enzymen in de prooi en

zuigen vervolgens de gehele opgeloste prooi-inhoud op. Soms worden tijdens de paring ook de mannetjes gedood en leeggezogen. Daarnaast zuigen sommige soorten bloed. De vrouwtjes die bloed zuigen doen dit om hun eiwitvoorraad aan te vullen, soms al voor de eerste leg, anders pas bij de tweede of latere leg. Bloed kan van mensen maar ook van andere gewervelden (inclusief kikkers) gezogen worden. De bloedzuigende soorten brengen vaak ziekten (virussen, protozoa, draadwormen) over (Linley, 1985). Knutten zijn onder andere verantwoordelijk voor de verspreiding van de ziekte blauwtong onder herkauwers. In augustus 2006 openbaarde deze ziekte, die normaal in warme streken voorkomt, zich bij Nederlandse schapen.

### 2.2.3 Gebiedstypen en plaagvorming

De in paragraaf 2.1.2 beschreven risicobepalende factoren en processen die een rol spelen bij 'overlast' door steekmuggen en knutten hangen sterk samen met veel voorkomende gebiedstypen. Per gebiedstype zijn hierna deze risicobepalende factoren en processen benoemd:

#### *Open water*

Op basis van de waterdiepte en hydrologische isolatie zijn de volgende subtypen open oppervlaktewateren te onderscheiden:

- Diepe oppervlaktewateren (waterdiepte > 0.8 m), eventueel permanent in open verbinding met grotere wateren (boezem of plas).
- Diepe hydrologisch geïsoleerde oppervlaktewateren (waterdiepte > 0.8 m) die gevoed worden door regenwater, grondwater of waterinlaat.
- Ondiepe geïsoleerde oppervlaktewateren (waterdiepte < 0.8 m).
- Ondiepe oppervlaktewateren (waterdiepte < 0.8 m), permanent in open verbinding met grotere wateren (boezem of plas).

In open oppervlaktewateren kan het peil constant of wisselend zijn en zijn de risicobepalende factoren en processen: permanentie, waterbeweging, temperatuur, eutrofiëring en verlanding.

#### *Oeverzone van open water*

De oeverzone van open water kan meer of minder ondiep zijn en kan onderverdeeld worden naar:

- a) Omgekeerd peil (zomer hoog, winter laag).
- b) Natuurlijk peil (winter hoog, zomer laag).
- c) Constant peil.

De risicobepalende factoren zijn oeverreliëf in relatie tot bodemopbouw, verlanding, opslag van bomen en struiken, temperatuur, eutrofiëring en beheer (maaibeheer en begrazing).

#### *Moeras*

Het moeras betreft terreinen met een groot aandeel semi-permanente oppervlaktewater en een zompige ondergrond. Het betreft gebieden waar tijdens



perioden met veel neerslag, hoge grondwaterstand, kweldruk in combinatie met terreinreliëf langdurig water kan blijven staan. In het moeras zijn de risicobepalende factoren: terreinreliëf in relatie tot grondwater en bodemopbouw, verlanding, opslag van bomen en struiken, temperatuur, inundatie (neerslag of grondwaterstandverhoging), eutrofiëring en beheer (maaibeheer en begrazing).

### ***Plas-dras situatie***

De plas-dras situaties zijn feitelijk vergelijkbaar met moerassen maar hebben een stevige ondergrond. Ze kunnen onderverdeeld worden naar waterstandwisseling:

a) Omgekeerd peil (zomer hoog, winter laag).

Deze plas-dras situaties met een wisselende waterstand kenmerken zich door het in de zomer tijdelijk in verbinding staan met permanente oppervlaktewateren zoals een plas of sloot. Een dergelijke vernatting kan ertoe leiden dat delen van het plas-dras gebied, na peilverlaging, geïsoleerd komen te liggen. Hierbij ontstaan in de zomersituaties tijdelijk geïsoleerde ondiepe watertjes. In deze geïsoleerde plas-dras situaties zijn de risicobepalende factoren: terreinreliëf in relatie tot bodemopbouw, verlanding, opslag van bomen en struiken, temperatuur, inundatie (neerslag of grondwaterstandverhoging), eutrofiëring en beheer (maaibeheer en begrazing).

b) Natuurlijk peil (winter hoog, zomer laag).

Deze plas-dras situaties met een wisselende waterstand kenmerken zich door het in de winter en het vroege voorjaar tijdelijk in verbinding staan met permanente oppervlaktewateren zoals een plas of sloot. Een dergelijke vernatting kan ertoe leiden dat delen van het plas-dras gebied, na peilverlaging in het late voorjaar, geïsoleerd komen te liggen. Hierbij ontstaan tijdelijk geïsoleerde ondiepe voorjaarswatertjes. In deze geïsoleerde plas-dras situaties zijn de risicobepalende factoren: terreinreliëf in relatie tot bodemopbouw, verlanding, opslag van bomen en struiken, temperatuur, inundatie (neerslag of grondwaterstandsverhoging), eutrofiëring en beheer (maaibeheer en begrazing).

c) Constant peil.

Deze plas-dras situaties kenmerken zich door een constante waterstand in het in verbinding staande permanente oppervlaktewater zoals een plas of sloot. Een dergelijke constantie zorgt ervoor dat de plas-dras situaties, ondanks de geïsoleerde ligging, niet snel indrogen. De risicobepalende factoren zijn terreinreliëf in relatie tot bodemopbouw, verlanding, opslag van bomen en struiken, temperatuur, eutrofiëring en beheer (maaibeheer en begrazing).

### ***Grasland***

In het veenweidegebied is het onderscheid tussen droge, vochtige en natte graslanden nauwelijks van belang. Het vochtvasthoudend vermogen van de bodem is zodanig dat het voor de larven van de knutten geen verschil maakt. De risicobepalende factoren zijn vochthuishouding in relatie tot bodemopbouw, temperatuur en eutrofiëring.

### ***Bebouwde omgeving***

De bebouwde of urbane omgeving omvat woonhuizen, boerderijen en hun directe omgeving. Juist voor steekmuggen en knutten speelt de bebouwde omgeving een

belangrijke rol. Veel tijdelijke restwatertjes blijven op en rondom bebouwing achter en fungeren zo als een tijdelijk watermilieu dat uitermate geschikt is voor steekmuggen. Vochtige graslanden zijn uitermate geschikt voor de culicoïde knutten. Onderscheid kan gemaakt worden in:

a) Permanent water met zoninval, zoals vijvers, drinkpoelen en bassins.

Deze permanente wateren zijn vergelijkbaar met ondiep open water mits het niet, zoals soms bij bassins het geval is, regelmatig droogvalt of wordt leeggepompt.

b) Permanent van licht afgesloten water zoals regentonnen, ondergrondse bergingen en kruipruimten.

Het ontbreken van licht verhindert de ontwikkeling van een watersysteem met daarin rovers en andere organismen. Het is een biologisch relatief 'leeg' maar permanent oppervlaktewater.

c) Tijdelijk water

De tijdelijke oppervlaktewateren omvatten droogvallende kunstmatige waterpartijen zoals die ontstaan in oude badkuipen en drinkbakken. Het peil is sterk wisselend en er treedt op onregelmatige tijden droogval op.

d) Onvoorzien water

De onvoorziene oppervlaktewateren betreffen zeer kleine tot grotere waterpartijen die vaak na perioden met neerslag ontstaan in bijvoorbeeld autobanden, bloembakken, emmers, speciekuipen, jampotjes, verstopte dakgoten, slecht afwaterende platte daken, depressie in afdekplastics, enz.

#### **2.2.4 Risicosleutel**

Op basis van de in de voorgaande paragrafen beschreven bouwstenen is een sleutel die ingezet kan worden bij een risicoanalyse ontwikkeld (Tabel 4). Deze sleutel kan helpen bij het inschatten van het risico op het ontstaan van steekmuggen- en knuttenplagen. Naast de nu in Nederland aanwezige soorten zijn voor de vergelijkbaarheid ook de in de nabije toekomst te verwachten boomholte-steekmuggen opgenomen.

Tabel 4. Risicoanalysestapel (+/0/? = onbekend, - = n.v.t., > 10 dagen = meer dan 10 dagen waterhoudend, > 5 dagen = meer dan 5 dagen waterhoudend, < 5 dagen = minder dan 5 dagen waterhoudend).

type	oppervlaktewater	peil	voedsel-rijksdom	risico				boomholte-steekmug <sup>1</sup>
				huissteekmug	moerassteekmug	malaria mug	knut	
open water (geïsoleerd, bv. petgat)	diep	constant of wisselend	matig	-	-	-	0/+?	-
			rijk	-	-	-	0/+?	-
	ondiep	constant of wisselend	matig	-	++	++	0/+?	-
open water (niet geïsoleerd, bv. kanaal, vaart, boezemwater)	diep	constant of wisselend	matig	-	-	-	0/+?	-
			rijk	-	-	-	0/+?	-
	ondiep	constant of wisselend	matig	-	++	++	0/+?	-
oeverzone	diep of ondiep (winter laag, zomer hoog)	wisselend (bergingsmoeras)	matig	++ (zomer >10 dagen)	-	++	0/+?	- (zomer <5 dagen)
			rijk	+++ (zomer >10 dagen)	-	+++	0/+?	0 (zomer >5 dagen)
	diep of ondiep (zomer laag, winter hoog)	wisselend (bergingszone)	matig	+ (zomer >10 dagen)	+ (tot april water)	0/+	0/+?	- (zomer <5 dagen)
moeras (zompige ondergrond, bv. trilveen, moeras)	ja (winter laag, zomer hoog)	wisselend (bergingsmoeras)	matig	+++ (zomer >10 dagen)	++ (tot april water)	-	0/+?	0 (zomer >5 dagen)
			rijk	+++ (zomer >10 dagen)	++ (tot april water)	0/+	0/+?	+ (zomer >5 dagen)
	ja (zomer laag, winter hoog)	wisselend (bergingsmoeras)	matig	+ (zomer >10 dagen)	+++ (tot april water)	-	0/+?	0 (zomer >5 dagen)
trilveen, moeras)	ja	constant (natuurmoeras: op of net onder maaiveld)	matig	0/+	0/+	-	0/+?	0 (zomer >5 dagen)
			rijk	0/+	0/+	-	0/+?	+ (zomer >5 dagen)
				matig	0/+	0/+	+	0/+?

type	oppervlaktewater	peil	voedsel-rijkdom	risico				knut	boomholte-steekmug <sup>1</sup>
				huissteekmug	mocrassteekmug	malaria mug	knut		
plas-dras (stevige ondergrond, bv, dotterbloemgrasland van veen en klei, natte strooiselruigte, wilgenstruweel)	ja (winter laag, zomer hoog)	wisselend (bergingsmoeras)	matig	+++ (zomer >10 dagen)	++ (tot april water)	-	+?	0 (zomer >5 dagen)	
	ja	wisselend (bergingszone)	matig	+ (zomer >10 dagen)	+++ (tot april water)	0/+	+++	+ (zomer >5 dagen)	
	ja	constant	matig	0/+	0/+	-	+++	0 (zomer >5 dagen)	
	ja	(natte natuur s.s.)	matig	0/+	0/+	-	+++	+ (zomer >5 dagen)	
grasland (veen, klei; bv. nat schraalland, bloemrijk grasland van het zand en veengebied, bloemrijk grasland van het klei gebied, nat matig voedselrijk grasland)	nee	hoog	matig	-	-	-	+++?	-	
	nee	matig/laag (vochtvasthoudende grond)	matig	-	-	-	+++	-	
	ja (geïnduceerd vanuit aangrenzend oppervlaktewater)	hoog	matig	++ (zomer >10 dagen)	++ (tot april water)	0	+?	-	
	ja (bv. regenplassen)	matig/laag (vochtvasthoudende grond)	matig	+++ (zomer >10 dagen) + (zomer >10 dagen)	+++ (tot april water) + (tot april water)	0/+	+++ +	- -	

type	oppervlaktewater	peil	voedsel- rijkdom	risico				boomholte- steekmug <sup>1</sup>
				huissteekmug	moerassteekmug	malaria mug	knut	
bouwde omgeving	permanent water	wisselend	matig	+++ (zomer >10 dagen)	-	0	0/+?	+++ (zomer >5 dagen)
	(vijver, bassin)	(berging)	rijk	+++ (zomer >10 dagen)	-	0/+	0/+?	+++ (zomer >5 dagen)
huizen en boerderijen)	permanent water	wisselend/constant	matig	+++ (zomer >10 dagen)	-	-	0/+?	+++ (zomer >5 dagen)
	(regenton, kruipgat)	(afgesloten van daglicht)	rijk	+++ (zomer >10 dagen)	-	-	0/+?	+++ (zomer >5 dagen)
	tijdelijk water	wisselend	matig	+++ (zomer >10 dagen)	-	-	0/+?	+++ (zomer >5 dagen)
	(drinkbak, kuip, enz.)		rijk	++ (zomer >10 dagen)	-	-	0/+?	++ (zomer >5 dagen)
	onvoorzien water	zeer wisselend	matig	+++ (zomer >10 dagen)	-	-	0/+?	+++ (zomer >5 dagen)
	(schalen, potjes, blikjes, emmers, autobanden, plastic bedekking, enz.)		rijk	+++ (zomer >10 dagen)	-	-	0/+?	+++ (zomer >5 dagen)
<b>begroeiingstype</b>				<b>adulten</b>	<b>adulten</b>	<b>adulten</b>	<b>adulten</b>	
begroeiingstype	kaal			-	-	-	-	-
	korte vegetatie			-	-	-	-	-
	opgaande kruidige en ruigtevegetatie			+++	+++	+++	+++	+++
	struikachtige vegetatie			+++	+++	+++	+++	+++
	bos met ruigte / struikondergroei			+++	+++	+++	+++	+++
	open bos			0	0	0	0	0

1 : voor de risico inschatting van de leefmilieus oever, plas-dras en moeras wordt uitgegaan dat de microhabitat (kleine putjes) tijdelijk water bevatten en dat ingevallen blad aanwezig is. Echter de bijdrage van deze leefmilieus aan de ontwikkeling van de boomholtesteekmuggen is vooralsnog onzeker.

## 2.3 Ziekten

Een infectieziekte die op natuurlijke wijze kan worden overgedragen van gewervelde dieren op mensen wordt een zoönose genoemd. Meestal fungeren de gewervelde dieren als reservoir (= drager van de ziektekiem) en wordt de infectie door een tussengastheer overgedragen. Geleedpotigen (arthropoden) en met name steekmuggen vormen een belangrijke groep van tussengastheren (Giessen et al., 2004). Betreft de infectie een virus en wordt deze door geleedpotige overgebracht dan betreft het een zogenaamd arbovirus. Daarnaast is de overdracht van de eencellige parasiet van het geslacht *Plasmodium*, de veroorzaker van malaria, voor Nederland uit historisch oogpunt van belang. Naast virussen kunnen ook bacteriën, protozoa of wormen worden overgedragen (Lundstrom, 1999). Op deze laatste groepen wordt wegens een het geringe risico niet nader ingegaan.

Ten aanzien van de dierziekten krijgt het recent opgedoken blauwtong extra aandacht.

### 2.3.1 Arbovirussen

Verschillende in West-Europa voorkomende en door steekmuggen overgebrachte arbovirussen behoren tot de families van de Bunyaviridae, Flaviviridae en Togaviridae. Deze arbovirussen zijn in steekmuggen gevonden en kunnen voor de mens maar ook voor andere gewervelden ziekteverwekkend zijn. Deze virussen komen voor, wanneer de tussengastheer een steekmug betreft, in een *Aedes*-zoogdier, *Anopheles*-zoogdier of *Culex*-vogel overdrachtscyclus (Lundstrom, 1999). De ziekteverwekker brengt namelijk een deel van zijn levenscyclus in de koudbloedige gastheer (zoals de steekmug) door. Als een besmette steekmug bloed zuigt bij een dier of mens, komt het virus in de bloedbaan terecht. Geïnfecteerde mensen nemen veelal niet deel aan deze cycli. Er zijn echter ook ziekten waarbij de mens als reservoir optreedt, bijvoorbeeld de *Aedes*-mens cyclus.

In het algemeen kan er onderscheid worden gemaakt tussen:

- *infecties die van oudsher in Europa voorkomen en ziekteverwekkend zijn bij de mens*  
Jaenson (1990) noemt voor Europa de overdracht van de virussen Inkoo, Tahyna, Batai en Sindbis. WHO (2004) noemt de volgende in Europa aanwezige virussen: West-Nijl, Batai, Ockelbo, Inkoo, Tahyna en Dengue (knokkelkoorts: laatste rapportage 1928 Griekenland). Medlock et al. (2007) noemen negen arbovirussen waaronder West-Nijl, Sindbis en Tahyna. In Groot-Brittannië zijn bij vogels antilichamen tegen de virussen Sindbis, Tahyna, Usutu en West Nijl aangetroffen (Medlock et al., 2005). Hubálek (2007) beschrijft 11 in Europa voorkomende virussen die door steekmuggen op de mens kunnen worden overgebracht en waarvan er zes van oudsher in Europa voorkomen (Sindbis, West-Nijl, Tahyna, Snowshoe hare (=poolhaas), Inkoo en Batai).  
Relevant als ziekteverwekker zijn West-Nijl en Dengue.

- *infecties die in Europa voorkomen maar niet ziekteverwekkend zijn voor de mens maar wel voor andere gewervelden*

Hubálek (2007) noemt twee aan vogels gebonden virussen die geen ziekten bij de mens veroorzaken (Lednice- en Usutuvirus). Daarnaast is hier recent de door knutten overgedragen ziekte blauwtong bijgekomen.

In Tabel 5 is getracht het bovenstaande, betreffende de in Europa relevante virussen, in een samenvattend, echter nog ten dele onvolledig, overzicht weer te geven.

Tabel 5. Overzicht van relevante virussen per familie (kolom 1), het voorkomen in Europa (kolom 2), het reservoir oftewel de dierlijke drager (kolom 3) en de tussengastheer (kolom 4). De virussen zijn in Bijlage 3 uitgebreid beschreven.

Virus	inheems/exoot in west-Europa	reservoir (= drager ziektekiem)	tussengastheer (alleen de Europese genera)
<b>Bunyavirus (Bunyaviridae)</b>		knaagdieren, haasachtigen	<i>Aedes, Anopheles, Culex, Culiseta</i>
Californische encefalitis groep		vogels, haasachtigen, knaagdieren, mensen	<i>Aedes, Culex, Culiseta</i>
Tahyna	inheems (o.a. Duitsland, Oostenrijk, Italië en Frankrijk.)		
Inkoo	inheems (Noord-Europa)	kleine zoogdieren	<i>Aedes</i>
Batai of Calovo	inheems	zoogdieren	<i>Anopheles, Aedes, Culex</i>
Lednice (alleen ziekteverwekkend voor vogels)	inheems	vogels	<i>Culex, Culiseta, Anopheles</i>
<b>Togavirus (Togaviridae)</b>			
Ockelbo	inheems/exoot	vogels, mens	<i>Aedes, Culex, Culiseta</i>
Sindbis	inheems (Amerika)	vogels, soms knaagdieren	Culicidae
<b>Overigen</b>			
Semliki Forest complex	inheems (Centraal en Zuid Europa)	vogels, knaagdieren	<i>Aedes, Culex, Culiseta</i>

### 2.3.2 Malaria

Malaria is een infectieziekte die veroorzaakt wordt door eencellige parasieten die tot het geslacht *Plasmodium* (Sporozoa) behoren. De parasiet wordt op mensen overgebracht door malariamuggen.

Malaria wordt vooral veroorzaakt door *Plasmodium falciparum*, *P. ovale*, *P. malariae* (tropische malaria) en *P. vivax* (inheemse malaria). De Nederlandse malaria werd door een bijzondere vorm van *P. vivax* veroorzaakt, namelijk een vorm met een incubatietijd van 8 maanden (Takken et al., 1999). Ter vergelijking, de tropische *P. vivax* vorm heeft een incubatietijd van 2-3 weken. In 1959 werd 'inheemse' malaria voor het laatst geconstateerd in Nederland.

De ontwikkeling en verspreiding van de parasiet verloopt ruwweg in vier fasen. De malariamug, een mug van het geslacht *Anopheles*, steekt iemand die al besmet is, en krijgt zodoende bloed met de parasiet binnen. De steekmuggen steken omdat ze

bloed nodig hebben om eitjes te kunnen leggen. Malaria wordt dan ook alleen door vrouwtjesmuggen overgebracht. In de darm van de mug vermeerderd de parasiet zich zowel geslachtelijk als ongeslachtelijk en gaat ook in de speekselklieren van de mug zitten. Vervolgens steekt de mug iemand die nog niet besmet is. Hierbij worden kiemen van de parasiet in het nog niet besmette menselijke lichaam geïnjecteerd. De kiemen komen in de lever terecht, waar ze zich verder ontwikkelen. Binnen de mens deelt de parasiet zich alleen ongeslachtelijk. In een bepaalde ontwikkelingsfase komen de jonge parasieten in het bloed terecht, waar ze de rode bloedcellen opzoeken. Daar delen ze zich, tot de bloedcel uiteenvalt of te gronde gaat, om vervolgens opnieuw rode bloedcellen binnen te dringen, waar ze zich weer delen, et cetera.

Menselijke malaria kan slechts overgebracht worden door steekmuggen van het geslacht *Anopheles*. In Europa is het aantal soorten dat malaria overbracht gering (*A. superpictus*, *A. algeriensis*, *A. claviger*, *A. plumbeus* en soorten uit het *A. maculipennis* complex met 8 Europese soorten: *atroparvus*, *beklemisbevi*, *labranchiae*, *maculipennis*, *martinus*, *melanoon*, *messeae*, en *sacharovi*) (WHO, 1989). Onderstreept zijn de tot op heden uit Nederland bekende soorten. In Nederland is alleen *Anopheles atroparvus* als malariavector bekend. *A. atroparvus* is geassocieerd met relatief schoon, (zwak) brak water (Seventer, 1969).

Om malaria in stand te houden moeten er behalve voldoende hoeveelheden geïnfecteerde malariamuggen ook voldoende malariapatiënten aanwezig zijn. Van het laatste is, gezien de staat van de medische zorg in Nederland, nu en in de toekomst geen sprake.

Het aantal meldingen van malaria is van 569 in 2001 naar 210 in 2007 teruggelopen en betrof meestal besmettingen opgelopen in Ghana en Nigeria (Rahamat et al., 2008).

Takken et al. (1999) komen op basis van onderzoek in Zuid-Holland tot de conclusie dat terugkeer van malaria in Nederland onwaarschijnlijk is. De redenen hiervoor zijn een lage dichtheid van *A. atroparvus* (vooral voldoende hoge dichtheden in het najaar), het gebrek aan geschikte brakke wateren en de afwezigheid van geschikte winterrustplaatsen voor de volwassen vrouwtjes. Stallen staan los van de woonhuizen en zijn goed geventileerd, waardoor er weinig donkere, vochtige schuilplaatsen beschikbaar zijn. Momenteel zijn deze condities niet gewijzigd en ook vernattingsprojecten zullen dit niet veranderen.

### 2.3.3 Blauwtong

In de tweede helft van 2006 trad een uitbraak van blauwtong bij schapen en runderen op in Noord-Europa (België, Frankrijk, Luxemburg, Nederland, Duitsland). De ziekte is vernoemd naar één van de symptomen, namelijk de blauwe tong die dieren kunnen krijgen. Deze verkleuring wordt veroorzaakt door cyanose. Naast schapen kunnen ook rundvee, geiten, dromedarissen, buffels en wilde herkauwers besmet worden met het blauwtongvirus. Blauwtong is niet overdraagbaar op mensen en vormt dus geen bedreiging voor de mens. Het blauwtongvirus wordt, voorzover



bekend, verspreid door knutten van het geslacht *Culicoides*. Tot op heden zijn in onze streken 5 soorten als mogelijke vector ge-ïdentificeerd (*C. imicola*, *C. dewulfi*, *C. obsoletus*, *C. scoticus*, *C. pulicaris* ss). in de literatuur worden veel meer soorten als vector aangemerkt. De ontwikkelingen in de nabije toekomst zijn moeilijk te duiden. De mogelijkheid bestaat dat nog andere blauwtongvirustypen Nederland bereiken.

## 2.4 Huidige situatie

### 2.4.1 Gebiedstypen in het Groene Hart

In de laagveenregio van West Nederland liggen in de huidige situatie een aantal bebouwde en agrarische gebiedstypen die geschikt zijn voor de ontwikkeling van steekmuggen en knutten (Tabel 6).

Tabel 6. Voor steekmuggen en knutten relevante gebiedstypen in laag-Nederland.

hoofdgebiedstype	gebiedstype
geïsoleerd open water	diep met constant of wisselend peil, matig of voedselrijk
	ondiep met constant of wisselend peil, matig of voedselrijk
niet-geïsoleerd open water	diep met constant of wisselend peil, matig of voedselrijk
	ondiep met constant of wisselend peil, matig of voedselrijk
oeverzone	bergingsmoeras: diep of ondiep met wisselend peil (winter laag, zomer hoog), matig of voedselrijk
	bergingszone: diep of ondiep met wisselend peil (zomer laag, winter hoog), matig of voedselrijk
	natte natuur: diep of ondiep met constant peil, matig of voedselrijk
moeras	bergingsmoeras: zompige ondergrond, wisselend peil (winter laag, zomer hoog), matig of voedselrijk
	bergingsmoeras: zompige ondergrond, wisselend peil (zomer laag, winter hoog), matig of voedselrijk
	natuurmoeras: zompige ondergrond, constant peil, matig of voedselrijk
plas-dras	bergingsmoeras: stevige ondergrond, wisselend peil (winter laag, zomer hoog), matig of voedselrijk
	bergingsmoeras: stevige ondergrond, wisselend peil (zomer laag, winter hoog), matig of voedselrijk
	natuurmoeras: stevige ondergrond, constant peil, matig of voedselrijk
grasland	geen oppervlaktewater, hoge grondwaterstand, matig of voedselrijk
	geen oppervlaktewater, matig-lage grondwaterstand, matig of voedselrijk
	tijdelijk oppervlaktewater, hoge grondwaterstand, matig of voedselrijk
	tijdelijk oppervlaktewater, matig-lage grondwaterstand, matig of voedselrijk
bebouwde omgeving	bergingswater: permanent oppervlaktewater, wisselend peil, matig of voedselrijk
	permanent oppervlaktewater, wisselend of constant peil, afgesloten van daglicht, matig of voedselrijk
	tijdelijk oppervlaktewater, wisselend peil, matig of voedselrijk
	onvoorzien oppervlaktewater, zeer sterk wisselend peil, matig of voedselrijk
begroeiing	kaal
	kort
	opgaand, ruigte
	struiken
	bos met ondergroei
	bos zonder ondergroei

Voor de natuurgebieden in deze regio zijn de natuurdoeltypen bekend en deze typen zijn goed te koppelen aan de voor steekmuggen en knutten relevante gebiedstypen (Tabel 7).

Tabel 7. Koppeling van natuurdoeltypen en gebiedstypen.

Natuurdoeltype	gebiedstype
<i>Grasland en klein open water</i>	
trilveen	moeras
nat schraalland	grasland
dotterbloemgrasland van veen en klei	plas-dras
bloemrijk grasland van het zand en veengebied	grasland
bloemrijk grasland van het klei gebied	grasland
nat matig voedselrijk grasland	grasland
<i>Moeras, struweel en groot open water</i>	
moeras	moeras
natte strooiselruigte	plas-dras
wilgenstruweel	plas-dras
kanaal, vaart en boezemwater	open water
petgat	open water

Het voert binnen dit kader te ver om voor het Groene Hart een locatiespecifieke risicoanalyse uit te voeren. Echter met de identificatie van de huidige gebiedstypen en de risicoanalyse in Tabel 5 zou het wel mogelijk zijn dergelijke locatiespecifieke uitspraken te doen.

#### 2.4.2 Kennis van verspreiding en overlast van steekmuggen en knutten in Nederland

De steekmuggen zijn een weinig bestudeerde familie van insecten in Nederland. De belangrijkste onderzoeken dateren uit de eerste helft van de vorige eeuw en waren gericht op de malariamug en haar bestrijding. Het verdwijnen van malaria uit Nederland in de jaren vijftig van de vorige eeuw liet zien dat de hoge dichtheden aan malariamuggen sterk terugliepen als gevolg van de toepassing van insecticiden, de vermindering van het aantal varkens- en paardenstallen (potentiële overwinteringsplaatsen), een dichtere kroosgroei (eutrofiëring werkt negatief in op de larvale habitats), het mechanisch schonen van slootoevers, het verdwijnen van sloten door verstedelijking en het gebruik van anionische detergenten. Opvallend was dat de ontziltig pas na de teruggang van de malariamug optrad (Seventer, 1969). Over aantallen larven in de aquatische milieus is niets bekend. Wel spreekt Swellengrebel (1937) van dichtheden van volwassen malariamuggen in de orde van >1000 per stal. Bij een vergelijkend onderzoek in hoogveenrestanten in Nederland troffen Verdonschot et al. (1988) >100 larven per appelmoeszeef schep over een lengte van 20 cm water aan in delen van het Korenburgerveen, de Goote Peel en de Mariapeel. Meer gekwantificeerd zijn met dezelfde methode in 1987 tot 238 *Culex*-larven aangetroffen in Nieuw-Velp Zuid (Schmidt & ten Cate, 1989) en in 1997 zijn tot 1460 *Aedes*-larven aangetroffen in de Starnumanbossen (van den Hoek, 1998). In de

Engbertsdijksvenen zijn tot 207 *Aedes*-larven per schep aangetroffen (Verdonschot et al., 1988). De onderzoeken naar het optreden van steekmuggenplagen in alle genoemde gebieden en het recente onderzoek naar de plaag op Schiermonnikoog (Verdonschot, 2008) komen in zoverre allen overeen in het feit dat de waarnemingen aan aantallen steeds na de plaag zijn verricht. Tijdens de piek van de steekmuggenplaag in de Engbertsdijksvenen zijn circa 165 volwassen vrouwtjes per 10 minuten met de 'human bait' techniek gevangen. Met de emergentievallen zijn in 1988 (Schmidt & van Haren, 1988) tot circa 12400 individuen per m<sup>2</sup> gevangen. Een landelijk overzicht van het voorkomen van steekmuggen en kennis over achtergrondaantallen ontbreken.

De knutten zijn wat de larvale stadia betreft een niet bestudeerde groep van insecten in Nederland. Ook de aandacht voor de volwassen dieren is schaars, behalve recente onderzoeken in verband met de uitbraken van blauwtong. Op dit moment ontbreekt zowel de taxonomische, geografische en ecologische kennis om met enige zekerheid uitspraken over de knutten te doen.

### 2.4.3 Kennis van steekmuggen en knutten in het Groene Hart

In de eco-atlas van de Nederlandse waterorganismen (Stowa, 1997) is slechts 1 soort steekmug opgenomen, namelijk *Culex pipiens*, en geen knutten. De opgaven van *Culex pipiens* omvatten slechts 1 vindplaats in het Groene Hart. Gezien het veelvuldig voorkomen van deze en andere soorten blijkt dat de routinematige monitoring uitgevoerd door de regionale waterbeheerders onvoldoende is om een beeld op te bouwen van de eventuele aanwezigheid en dichtheden van steekmuggen en knutten.

In de Macrofauna-atlas van Noord-Holland (Steenbergen, 1993) staat 1 vindplaats van het genus *Aedes* met > 90 exemplaren per monster, circa 35 vindplaatsen van *Anopheles* met altijd 1-12 (1 maal 13-90) exemplaren, 2 vindplaatsen met 1-12 exemplaren van *Coquillettidia*, 4 vindplaatsen met 1-12 exemplaren en 1 vindplaats met >90 exemplaren van *Culex* en tenslotte 1 vindplaats met 1-12 exemplaren en 1 vindplaats met 13-90 exemplaren van *Culiseta*. Daarnaast zijn een zeer hoog aantal vindplaatsen met een variabel aantal exemplaren van de Ceratopogonidae (knutten) als familie vermeld. De informatie betreft het voorjaars- en zomermonster per vindplaats van 1 jaar. De meer intensieve inventarisatie waarop de macrofauna-atlas is gebaseerd heeft waarschijnlijk voor de genera *Anopheles* en *Coquillettidia* en de familie van Ceratopogonidae een iets beter beeld opgeleverd. Echter ook deze inventarisatie betrof bemonsteringen van grotere open oppervlaktewateren en geen moeras of plas-dras situaties. Het geeft wel aan dat alle eerder genoemde steekmuggen en knutten nu al in het Groene Hart voorkomen.



## 3 Autonome ontwikkeling met klimaatverandering

### 3.1 Klimaatverandering in Nederland

Het wereldklimaat is in de loop van de 20e eeuw veranderd. De wereldgemiddelde luchttemperatuur aan het aardoppervlak is sinds 1860 met ongeveer 0,6°C toegenomen. Zo'n sterke, snelle opwarming is de laatste duizend jaar waarschijnlijk niet eerder voorgekomen.

Het IPCC geeft in haar derde rapport (2001) een redelijk betrouwbare voorspelling voor de temperatuur gemiddeld over de gehele aarde voor de komende eeuw. Zonder klimaatbeleidsmaatregelen verwacht het IPCC voor de komende eeuw:

- een stijging van de wereldtemperatuur met 1.4 tot 5.8°C;
- een toename van de hevigheid van regenbuien.

Op basis van dit IPCC rapport heeft het KNMI drie klimaatscenario's opgesteld. De verwachte effecten op het weer zijn weergegeven in Tabel 8.

*Tabel 8. KNMI klimaatscenario's voor Nederland in 2100 op basis van het derde IPCC rapport (KNMI 2003). Het jaarlijks maximum van de 10-daagse neerslagsom geeft een indruk van de hevigheid van de extreme neerslag. De herhalingsstijd van de 10-daagse winterneerslagsom geeft een indruk van de kans op extreme neerslag.*

	<b>lage schatting</b>	<b>centrale schatting</b>	<b>hoge schatting</b>
temperatuur	+ 1 °C	+ 2 °C	+ 4 tot 6 °C
gemiddelde zomerneerslag	+ 1 %	+ 2 %	+ 4 %
zomerverdamping	+ 4 %	+ 8 %	+ 16 %
gemiddelde winterneerslag	+ 6 %	+ 12 %	+ 25 %
jaarlijks maximum 10-daagse winterneerslagsom	+ 10 %	+ 20 %	+ 40 %
herhalingsstijd van 10-daagse som die nu eens per eeuw voorkomt	47 jaar	25 jaar	9 jaar
zeespiegelstijging	+ 20 cm	+ 60 cm	+ 110 cm

Het KNMI stelde in 2003 dat een stijging van de wereldgemiddelde temperatuur met 1.4 tot 5.8 graden in honderd jaar waarschijnlijk in de afgelopen tienduizend jaar niet eerder is voorgekomen. De rekenmodellen van de atmosfeer zijn echter nog niet goed in staat om regionale klimaatvoorspellingen te doen, dus we kunnen daarover weinig met zekerheid zeggen. Een mogelijk scenario voor Nederland voor de rest van de 21<sup>e</sup> eeuw schetst het KNMI in zijn derde klimaatrapportage (1999):

- stijging van de temperatuur vergelijkbaar met die van het wereldgemiddelde,
- verkorting van de duur van strenge winters,
- meer neerslag in de winter (6% per graad Celcius) met toename van enkele procenten per graad warmer,
- intensievere regen in situaties met langdurige hevige winterneerslag,
- zwaardere buien in de zomer.

In het klimaatrapport van 2003 stelt het KNMI (2003) verder:

- een toename van de kans op perioden met extreme neerslag;
- een vergroting van de kans op natte jaren;
- een kleine toename van de gemiddelde zomerneerslag (1% per graad Celcius) met tegelijk een sterkere toename van de verdamping in de zomer, met grotere kans op verdroging;
- een toename van de kans op lokale wateroverlast, ook in de zomer als gevolg van de toename van de kans op hevige lokale buien.

Het is opmerkelijk dat recente jaren (1995, 1997, 1998, 2001, 2002, 2006 en 2007) in ieder geval de warmste jaren waren sinds 1860 en waarschijnlijk zelfs in de afgelopen duizend jaar (KNMI, 2003). Daarbij zijn de jaren 2006 en 2007 de warmste sinds het begin van de Nederlandse metingen in 1706 geweest (KNMI, 2008). In de laatste 20 jaar van de 20<sup>e</sup> eeuw was de gemiddelde wintertemperatuur in de Bilt 3.3°C, hetgeen beduidend hoger is dan het langjarig gemiddelde van 2.5°C over de periode 1881-2000. Door de temperatuurstijging is de bedekking van de aarde met sneeuw en ijs afgenomen. De hoeveelheid neerslag op gematigde en hogere breedten is toegenomen. De neerslag vertoonde van 2003 tot 2007 net als in andere perioden een grote variabiliteit. In de afgelopen vijf jaar zijn 2004 en 2007 nat geweest, terwijl 2003 een droog jaar was. De jaren 2005 en 2006 waren gemiddeld (KNMI, 2008). Uit waarnemingen van de vegetatie blijkt dat wereldwijd de lengte van het groeiseizoen is toegenomen. Al deze feiten wijzen op een opwarming van het wereldwijde klimaat.

Het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), opererend onder de vlag van het United Nations Environment Program (UNEP) en van de Wereld Meteorologische Organisatie (WMO), stelt dat het zeer waarschijnlijk is dat een deel van de opwarming sinds de tweede helft van de twintigste eeuw door menselijk handelen is veroorzaakt. Sterker nog, waarschijnlijk komt het merendeel van de opwarming op rekening van de mens. De uitstoot van broeikasgassen, zoals CO<sub>2</sub>, maar ook andere gassen zoals methaan en lachgas, versterken het natuurlijke broeikaseffect, waardoor de aarde opwarmt.

Recent onderzoek van het KNMI geeft aan dat de opmerkelijk warme periode aan het eind van de twintigste eeuw in Nederland deels samenhangt met de wereldwijde opwarming. Ongeveer de helft van de opwarming sinds de jaren '60 kan hiermee verklaard worden, de andere helft hangt samen met de grilligheid van het Nederlandse klimaat. Nederland is sinds 1950 twee keer zo snel opgewarmd als de wereldgemiddelde temperatuur. De temperaturen van herfst 2006, winter 2007 en voorjaar 2007 zijn - zelfs als we rekening houden met de snellere opwarming van Nederland - uitzonderlijk grote afwijkingen boven de trend.

In de (late) zomer is de Nederlandse kust de laatste 5 jaren gemiddeld natter dan de rest van het land gebleken (KNMI, 2008). Ook in de afgelopen zomers is een paar keer sprake geweest van overvloedige regenval en wateroverlast in kustprovincies. Naast die uitzonderlijke regenval waren er ook een paar heel droge perioden. Het warme Noordzeewater blijkt de zomerse neerslag aan de kust te kunnen versterken. Naarmate Nederland verder opwarmt, zal dat effect sterker worden. De droge zomer

van 2003 was niet zo uitzonderlijk: zulke droge jaren zijn er zo af en toe in Nederland. Maar droogte zoals in het voorjaar van 2007 is nog nooit gezien. Dit leidde echter niet tot een record droge zomer, want de droge periode was al voorbij toen de zomer begon (KNMI, 2008).

Door thermische uitzetting en het smelten van gletsjers en ijskappen zal de zeespiegel gaan stijgen, de IPCC verwachting ligt tussen 9 en 88 cm (vergelijk de verwachting van het KNMI van +20-110 cm; Tabel 8). De relatieve bijdrage is ca. 75% thermische uitzetting, 35% afsmelten gletsjers, en 10% door smeltend ijs op Groenland (KNMI, 2001). Doordat de oceanen maar heel langzaam in evenwicht komen met het veranderende klimaat, zal de zeespiegelstijging nog lang (eeuwen) nadien, ook in de scenario's waarin de broeikasgasconcentraties zich stabiliseren.

Door de zeespiegelstijging in combinatie met de afname in rivierafvoer in de zomer, zal het zoute zeewater verder de mondingsgebieden van de rivieren indringen. Dit zal nadelige gevolgen hebben voor drinkwaterinname en landbouw. De verwachting is dat vooral de frequentie van een zout of extreem zout jaar (ver opdringende zouttong in de rivieren) zal toenemen. De duur van de periode waarin het water niet kan worden gebruikt zal verdubbelen (MNP, 2005). Door de zeespiegelstijging zal ook de zoute kweldruk toenemen, dit is vooral een probleem in diepe polders in het westen van het land.

De klimaatprojecties in het Rijnstroomgebied impliceren een toename van de gemiddelde afvoer van de Rijn in de winter, en een afname in de zomer. De grotere afvoer in de winter geeft kans op overstromingen. De afname in de zomer kan leiden tot een afname in waterkwaliteit, vooral in systemen waarop effluent van rioolwaterzuiveringsinstallaties geloosd wordt (Senhorst & Zwolsman, 2005).

De klimaatveranderingen zullen ook gevolgen hebben voor het landgebruik. Hogere temperaturen, nattere winters en drogere zomers zullen leiden tot wijzigingen in ruimtelijke ordening, grondgebruik en gewasteelten.

### **3.2 Gevolgen klimaatverandering voor steekmuggen en knutten**

Samenvattend uit zich klimaatverandering in Nederland in:

- een temperatuurstijging van 4 tot 6°C over de komende 100 jaar
- een intensivering van de neerslag in de winter
- langere droge perioden in de zomer
- meer en meer langdurige extreme zomerbuien
- verzilting in de kustgebieden
- grotere kans op overstromingen
- versterking van de eutrofiëring
- wijzigingen in landgebruik

### ***Opwarming***

Het warmere klimaat leidt bij alle steekmuggen tot een verkorting van de levenscyclus. De soorten met meerdere generaties per jaar kunnen ook meerdere cycli voltooien. Dit leidt tot verhoging van de aantallen, vooral aan het einde van de zomer.

De warmere klimaatomstandigheden dragen daarnaast bij aan een verhoogde kans op vestiging van nieuwe zuidelijke soorten, zoals de tijgermug, in Nederland. Dergelijke generieke processen staan los van de vernattingsopgaven.

### ***Winterneerslag***

Een verhoging van de neerslag in de winter leidt tot vernatting van veel gebiedstypen in het (vroeg) voorjaar. Dit leidt tot vergroting van het areaal waar vooral moerassteekmuggen gebruik van maken.

### ***Zomerdroogte***

In de zomer leidt verdroging van tijdelijke aquatische milieus en moerassen tot een sterke inkrimping van het zomerareaal van steekmuggen. Tegelijkertijd leidt verdroging echter tot het verdwijnen van niet alleen de steekmuggen maar ook de predatoren. Afhankelijk van de herkolonisatie mogelijkheden kan verdroging in navolgende jaren daarom juist een steekmuggenbevorderend effect hebben.

### ***Zomerneerslag***

De tijdelijke nattere zomerperioden zullen in het voordeel werken van steekmuggen, vooral van huissteekmuggen en boomholtesteekmuggen. Er worden, bij vaak hoge temperaturen, veel zeer tijdelijke natte milieus gevormd. In deze habitats kunnen huis- en boomholtesteekmuggen zich snel vermeerderen.

### ***Verzilting***

De verzilting kan leiden tot uitbreiding van het brakwater-areaal. Verbrakking kan leiden tot een toename van het areaal van de malariamug *Anopheles atroparvus*. Dit betekent niet dat daarmee de kans op het optreden van malaria vergroot wordt. Ten eerste vanwege het (nagenoeg) ontbreken van de parasiet en ten tweede omdat het areaal aan overwinteringsplekken laag is.

### ***Overstromingen***

Inundaties van beken en rivieren leiden tot het ontstaan van tijdelijke aquatische milieus. Dergelijke milieus kunnen zowel voor de in het voorjaar talrijk optredende moerassteekmuggen of in de zomer optredende huis- en boomholtesteekmuggen gunstig zijn. Tijdelijke overstromingsvlakten bezitten vaak een lage dichtheid aan predatoren.

### ***Eutrofiëring***

Klimaatverandering heeft ook gevolgen voor de nutriëntencycli in en rond oppervlaktewateren. De temperatuurtoename leidt, vooral in het voorjaar, tot een verhoging van de denitrificatie en daarmee een lagere stikstofbelasting en tot een toename van de interne fosfaatbelasting. Dit leidt weer tot een verhoging van de algenproductie. De afname van ijsbedekking leidt tot verminderde resuspensie en dus



een toename van de productie. Omgekeerd leidt het ontbreken van sneeuw en smeltwater tot een vermindering van de afspoeling en daarmee tot een vermindering van de nutriëntenbelasting. Intense zomerbuien en verhoogde winterneerslag daarentegen leiden tot een verhoogde afspoeling en een vergrootte nutriëntenvrucht. Het vaker optreden van zomerdroogte kan leiden tot verlenging van de verblijftijd en veraarding (= het afbreken van het organisch of venig materiaal in de opgedroogde bodem) van de oeverzones, en daarmee verhoging van de eutrofiëringseffecten. Samenvattend leidt klimaatverandering vaker tot versterking van de eutrofiëring en het verhoogt daarmee het voedselaanbod voor eventueel aanwezige steekmuggen.

### ***Landgebruik***

Klimaatverandering heeft ook een doorwerking op het landgebruik. Hoe deze doorwerking gaat verlopen is moeilijk te beschrijven. Zowel extensivering, teeltwijziging als intensivering zouden kunnen optreden. Afhankelijk van het landgebruik kunnen zowel meer als minder potentiële steekmuggenmilieus ontstaan.

Wanneer het landgebruik gepaard gaat met hogere grondwaterstanden is dit van positieve invloed op de ontwikkeling van knutten.

## **3.3 Nieuwkomers**

Naast de bestaande kennis van de in Nederland voorkomende steekmuggen zijn er enkele soorten die mogelijk als gevolg van klimaatverandering Nederland kunnen bereiken en in deze context relevant zijn, namelijk de boomholtesteekmuggen *Aedes aegypti*, *A. japonicus* (Medlock et al., 2005) en *A. albopictus* (tjgermug). Deze soorten zijn recent in Europa aangetroffen en *A. japonicus* en *A. albopictus* hebben zich succesvol gevestigd. *A. aegypti* komt in Europa alleen voor op Madeira. Het oorspronkelijke habitat van deze soorten zijn met water gevulde boomholten, vandaar dat ze aangeduid worden als boomholtesteekmuggen.

*Aedes albopictus* komt van nature voor van het noorden van China en Japan tot in tropisch zuid-oost Azië, de Pacific en naar het westen tot in Madagaskar. De soort is inmiddels geïntroduceerd in Noord- en Zuid-Amerika, Afrika, Australië en Europa (Albanië, Italië en Frankrijk; Eritja et al., 2005), Spanje (Aranda et al., 2006), Zuid-Zwitserland en Griekenland (Samanidou et al., 2005). Een belangrijke verspreidingsvector is het zogenaamde 'lucky bamboo' (*Dracaena spp.*); een kamerplant. In België is in 2004 melding gemaakt van een tjgermugpopulatie in een bandenopslag van een recyclingbedrijf in Oost-Vlaanderen in 2000. Het bedrijf importeerde banden uit de Verenigde Staten en Japan, waarmee de tjgermug waarschijnlijk naar Europa is gekomen. De lokale omstandigheden waren blijkbaar zo geschikt dat de tjgermug er zich wist voort te planten. De populatie is inmiddels weer verdwenen, waarschijnlijk als gevolg van de lage wintertemperaturen. De uitbraak van het Aziatische Chikungunyavirus in Italië in 2007 is hoogst waarschijnlijk veroorzaakt door de tjgermug na infectie van een uit India gearriveerde man. De waarnemingen in Nederland betreffen dieren meegekomen met het 'lucky bamboo'. De aantallen zijn het laatste jaar scherp gedaald en er zijn geen aanwijzingen voor vestiging van de soort in Nederland (Takken mond. med.). Het

RIVM heeft onlangs een studie afgesloten waaruit blijkt dat er geen mensen met een door *A. albopictus* overgedragen pathogeen besmet geraakt zijn (Takken mond. med.).

De tijgermug (*A. albopictus*) is een boomholtebewoner die zich echter in bebouwde gebieden ontwikkelt in allerlei kleine waterpartijen zoals blikjes, autobanden, vogelbadjes, emmers en dergelijke. Een extra stimulans is aanwezig wanneer deze tijdelijke wateren ook ingewaaid en of gevallen blad bevatten, hetgeen leidt tot water met een chemische samenstelling die vergelijkbaar is met een boomholte. De volwassen dieren houden zich in de opgaande vegetatie op. Het is een soort die zich snel aan allerlei milieus kan aanpassen. *A. albopictus* kan echter ook voorkomen in niet-bebouwde gebieden zoals kustgebieden, landbouwkundige gebieden, natuurlijke en aangeplante bossen, watergangen, wetlands enzovoorts (Eritja et al., 2005).

*A. albopictus* is een agressieve steekmug (30 tot 48 steken per uur; Cancrini et al., 2003) die overdag steekt (mensen, zoogdieren, vogels, reptielen, amfibieën); zowel binnen- (Novak, 1992) als buitenshuis (Eritja et al., 2005). De volwassen dieren voeden zich met plantennectar (Lutz, 2002). De volwassen vrouwtjes zuigen bloed. De vrouwtjes zetten droogteresistente eieren (150-250 per legsel) af boven het wateroppervlak, vooral op verticale randen van donkere ronde oppervlakken (Novak, 1992). Een volwassen vrouwtjes zet in totaal 1-4 legsels af (ISSG, 2004). In Japan en Noord-Amerika treedt de voortplanting op van de late lente tot en met de vroege herfst. Bij regen stijgt het waterpeil en kunnen de eitjes tot ontwikkeling komen. In Rome zijn larven gevonden van maart tot november, maar actieve vrouwtjes tot december (Eritja et al., 2005). De eitjes in koudere streken zijn meer resistent tegen lagere temperaturen dan die van warme streken (Eritja et al., 2005). In de koudere streken indiceren een korte daglengte (fotoperiode) en een lagere temperatuur bij de vrouwtjes het leggen van eieren die in diapauze gaan (Hanson & Craig, 1995). Risicogebieden in Europa hebben een gemiddelde wintertemperatuur van  $>0^{\circ}\text{C}$ , minimal 500 mm neerslag per jaar en een temperatuur van  $>20^{\circ}\text{C}$  tijdens warme maanden (Eritja et al., 2005). De larven ontwikkelen zich in 5 tot 10 dagen afhankelijk van de temperatuur tot een pop. het popstadium duurt 2 dagen. De volwassen dieren hebben een kleine actieradius en ze vliegen niet bij sterke wind.

*Aedes aegypti* en *A. japonicus* hebben beide een zeer vergelijkbare ecologie als *A. albopictus*.

*A. aegypti* en *A. albopictus* treden beide als vector op voor ziekten zoals Dengue, West Nijl en Japanse encephalitis. Daarnaast zijn verspreidingen bekend van Gele koorts, Rift Valley, Chikungunya, Sindbis, Israelisch kalkoen virus, Tahyna, Batai, Jamestown Canyon, Keystone, LaCrosse, Potosi, Cache Valley en Tensaw virus en Equine encefalitis.

*Aedes japonicus* is afkomstig uit Azië en breidt zich momenteel uit over N. Amerika.. Er is minder bekend over de gezondheidsrisico's die deze soort kan veroorzaken, maar wordt gezien als vector voor Japanse encefalitis onder varkens. Onder experimentele omstandigheden wordt het virus ook overgedragen op muizen. Daarnaast blijkt dat het virus ook aan de volgende generatie via de eieren en larven

wordt doorgegeven. *A. japonicus* kan ook optreden als tussengastheer voor West-Nijl en St. Louis encefalitis virus.

Momenteel gaat de zorg meer uit naar de komst en vestiging van de vectoren dan van het uitbreken van ziekten (med. M. Koopmans, RIVM; Takken, 2008), omdat met de vestiging van deze nieuwkomers nog niet zeker is of ook de ziekteverwekkers zich gaan vestigen. De risicosleutel voor boomholtsteekmuggen is in Tabel 4 opgenomen.

### 3.4 Gevolgen voor de gezondheid

Met de komst van enkele nieuwe boomholtsteekmuggen zouden ook bepaalde ziekten overgebracht kunnen gaan worden. De infecties die mogelijk in Europa gaan voorkomen en ziekteverwekkend zijn bij de mens dienen echter Nederland dan ook te bereiken en levensvatbaar te blijken. Met een verschuiving van de grenzen van het tropische klimaat is het echter niet ondenkbaar dat de (sub)tropische ziekten zullen volgen. Ziekten zoals Malaria (geen virusziekte maar een parasiet), West-Nijl en Dengue, die worden overgebracht door geïnfecteerde muggen, steken steeds vaker de kop op in gebieden waar ze tot voor kort niet voor kwamen en kunnen zich naar voorheen te koude streken uitbreiden (WHO, 2004). Hubálek (2007) noemt drie exotische virussen die incidenteel in Europa worden geïmporteerd (Chikungunya, Dengue en Gele koorts). Takken (mond. med.) noemt voor Nederland als nieuw en serieus te nemen virussen Chikungunya, Dengue, Phlebo (=Rift Valley), West-Nijl en Ockelbo. Takken (mond. med.) betwijfelt of Gele koorts ooit terugkeert naar Europa. *Aedes aegypti* is niet langer in Europa aanwezig en de laatste grote epidemieën waren in Spanje rond 1870. Giessen et al. (2004) noemen voor Europa: Phlebo, Gele koorts, Dengue, Japanse encephalitis, West-Nijl, Equine encephalitis (=het oostelijk, westelijk en Venezuelaans virus), Sinbis en Ross River.

Relevant als ziekteverwekker zijn in ieder geval West-Nijl, Dengue, (Chikungunya), Rift Valley en Equine encephalitis. De West-Nile virusinfectie is sinds dit jaar meldingsplichtig (Rahamat, 2008).

In Tabel 9 zijn de nieuwe voor Europa relevante virussen in een samenvattend, echter nog ten dele onvolledig, overzicht weergegeven.

Tabel 9. Overzicht van relevante virussen per familie (kolom 1), nieuw in Europa (kolom 2), het reservoir oftewel de dierlijke drager (kolom 3) en de tussengastheer (kolom 4). De virussen zijn in Bijlage 3 nader beschreven.

Virus	inheems/exoot in west-Europa	reservoir	tussengastheer (alleen de Europese genera)
<b>Bunyavirus (Bunyaviridae)</b>		knaagdieren, haasachtigen	<i>Aedes, Anopheles, Culex, Culiseta</i>
Californische encefalitis groep			
La Crosse	exoot (N. Amerika)	eekhoorns	<i>Aedes triseriatus</i>
Phlebo (Rift Valley)	exoot (Afrika, Midden-Oosten)	schapen, geiten, zangvogels, kleine zoogdieren	<i>Aedes, Culex</i>
Snowshoe hare	exoot		
<b>Flavivirus (Flaviviridae)</b>			
West-Nijl	exoot/inheems (Afrika, Azië, Amerika en in Europa: Roemenië, Rusland)	vogels, mensen	<i>Culex, Aedes, Anopheles, Cqquilettidia</i>
Dengue (knokkelkoorts)	exoot (tropisch Afrika, Amerika, Azië en 1-maal endemisch in Griekenland in 1928)	apen, mensen	<i>Aedes (aegypti, albopictus)</i>
Gele koorts (Europees?)	exoot (tropisch Afrika, Z. Amerika)	apen, steekmuggen	<i>Aedes (aegypti)</i>
Japanse encephalitis	exoot (ZO Azië, Australië)	gewervelden, steekmuggen	<i>Aedes, Anopheles, Culex</i>
Usutu (alleen op dieren)	exoot/inheems		
<b>Togavirus (Togaviridae)</b>			
Chikungunya	exoot (tropisch Afrika, Azië)	apen, mensen	<i>Aedes</i>
Ross river	exoot (Australië, zuidelijke Pacific)	allerlei	<i>Culicidae</i>
Equine encefalitis	exoot (Amerika, Azië)	paarden, vogels	<i>Aedes, Culex</i>
<b>Reoviridae</b>			
blauwtongvirus (catarrhaalkkoorts)	exoot/inheems sinds 2006	herkauwers	<i>Culicoides</i>
paardenpest (Orbivirus)	exoot (Afrika, Spanje 1996)	paarden	<i>Culicoides</i>

## 4 Toekomstige ontwikkelingen met vernattingsopgaven

### 4.1 Vernattingsopgaven

In de laagveenregio van West Nederland liggen een aantal vernattingsopgaven die de komende jaren vorm gaan krijgen en waarbij herinrichting en ander beheer van land en water aan de orde zijn. Het betreft maatregelen die:

- De bodemdaling als gevolg van inklinking van de veengrond moet tegengaan.
- Het watersysteem robuuster en minder faalgevoelig maken en veilig houden.
- Meer gebiedseigen water bufferen in de regio.
- De waterkwaliteit te verbeteren (ondermeer in het kader van de KRW).
- De verdroging van belangrijke natuurgebieden structureel verminderen (TOP-gebieden).
- Nieuwe natuur aanleggen, zowel in het kader van de Ecologische Hoofdstructuur als van de robuuste verbinding ‘De Groene Ruggengraat’.

Bij veel van deze opgaven zal vernatting aan de orde zijn. Vernatting zal geschieden door het nemen van maatregelen:

- Het gemiddeld verhogen van slootpeilen.
- Het instellen van een ander peilregime.
- Het inrichten van nieuwe boezems.
- Het aanleggen van grasland of moeras gerelateerde natuur.

### 4.2 Effecten op steekmuggen en knutten

Met de realisatie van deze vernattingsopgaven zullen naar verwachting niet zozeer nieuwe gebiedstypen ontstaan, maar zullen de aandelen van de nu aanwezige gebiedstypen veranderen (zie Tabel 6). Afhankelijk van de mate van verschuiving kunnen gebiedstypen die drager zijn van bepaalde steekmuggen- en knuttenpopulaties in oppervlak toenemen of afnemen.

### 4.3 Vernatting en gezondheid

Om een beeld te kunnen geven van het effect van mogelijke veranderingen in de afgelopen jaren in verband met steekmuggen en knutten op de volksgezondheid en de gezondheidsrisico's spelen vier belangrijke zaken:

- De aan steekmuggen en knutten gerelateerde gezondheidsrisico's.  
Tot op heden worden de in West-Europa door steekmuggen overgedragen virussen en andere ziekteverwekkers niet als een groot gezondheidsprobleem (h)erkend. Een groot aantal van de genoemde virussen brengen geen grote risico's mee. Ziektegevallen veroorzaakt door het Sindbisvirus en ziekte en sterfgevallen veroorzaakt door het West-Nijlvirus zijn wel aanleiding om meer kennis te

verzamelen ten aanzien van de ecologie, epidemiologie en medisch belang hiervan (Lundstrom, 1999).

- De huidige en toekomstige verspreiding van vectoren.  
Steekmug gerelateerde uitbraken van ziekten worden bepaald door de aanwezigheid en of import van de geschikte vector. Verschillende ecologische factoren vergroten de kans op het optreden van de ziekten:
  - aanwezigheid van geschikte leefmilieus voor de betreffende steekmug(gen) en knutten, zoals wetlands, poeltjes, vochtige ruimten
  - (voor het virus) geschikte zomertemperaturen
  - intense neerslag in de zomer en tijdelijke overstromingen
  - het voldoende talrijk aanwezig zijn van de vector (het virus)
  - het aanwezig zijn van het reservoir of de gastheer (veelal vogels of zoogdieren)Het intensiever internationale verkeer en de globale uitwisseling van goederen heeft geleid tot een vergrote verspreiding van vectoren in Europa (WHO, 2004). De tiggermug *Aedes albopictus* is hiervan een goed voorbeeld van een soort die zich in Nederland kan vestigen. Dergelijke nieuwe soorten kunnen infectieziekten meebrengen of effectievere vectoren zijn voor al bestaande ziekten. Zo is de inheemse *Aedes vexans* een potentiële vector voor het Phlebovirus (WHO, 2004). Introductie van het virus in Europa maakt bij aanwezig zijn van vectoren een snelle verspreiding naar ook Nederland mogelijk.
- De bijdrage van klimaatverandering aan gezondheidsrisico's (autonome ontwikkeling).  
Klimaatverandering zal bijdragen aan de vergroting van het gezondheid risico omdat het ruimte biedt aan de vestiging van nu nog meer zuidelijk voorkomende soorten en infectieziekten. Door de globalisering en klimaatverandering is monitoring en nadere risicobeoordeling daarom noodzakelijk.
- De bijdrage van vernatting aan gezondheidsrisico's.  
De relatie tussen vernatting en nieuwe ziekten of tussengastheren is moeilijk aan te geven. De tiggermug zal bijvoorbeeld veel meer het habitat van de huissteekmug bezetten. De verspreiding van voor Nederland nieuwe gastheersoorten door Europa en het bereiken van Nederland staat echter los van de vernattingsopgaven. Gebieden zoals de laagveenregio van het Groene Hart in zijn huidige vorm herbergen in ruime mate gebiedstypen die bij klimaatverandering ruimte kunnen bieden aan zich in die regio nieuw vestigende gastheersoorten die drager kunnen zijn of worden van menselijke ziekten en dierziekten. Belangrijk in dit verband is de vraag in hoeverre vernattingsopgaven hieraan extra zullen bijdragen. Het is wel waarschijnlijk dat vernattingsopgaven waarbij met inrichting en beheer geen rekening is gehouden met het voorkomen van steekmuggen en knutten, de 'overlast' zal kunnen toenemen.

## **5 Mitigerende maatregelen**

### **5.1 Inleiding**

Bij het overwegen van het nemen van herinrichtings-, beheers- of bestrijdingsmaatregelen voor steekmuggen is de relatie met de levensstrategie van deze dieren van belang. Steekmuggen en knutten hebben een r-levensstrategie. Dit betekent dat zij snelle groeiers zijn met een korte levensduur, ze investeren veel energie in de reproductie en produceren veel eieren. Het broed wordt niet verzorgd, waardoor de sterfte hieronder hoog is. Deze levensstrategie is aangepast aan het leven in instabiele milieus (bijvoorbeeld pionierstadia, storingssituaties). Onder natuurlijke omstandigheden zijn steeds ontwikkelingstendensen (successie) aanwezig die de rol van r-strategen doen afnemen ten gunste van de zogenaamde K-strategen door directe wijzigingen in het biotische milieu (het optreden van concurrenten, voedsel, natuurlijke vijanden, en dergelijke) en indirecte in het abiotische milieu (fysische en chemische factoren).

Bij het nemen van maatregelen ten opzichte van steekmuggen dient gebruik gemaakt te worden van deze kennis. Dit kan op indirecte wijze door herinrichting en beheer of op directe wijze door bestrijding. Zowel de bestrijding als het beheer zijn onder te verdelen in een fysische, chemische en biologische component. Bestrijding richt zich direct op de steekmuggen- of knuttenpopulatie en beoogt deze te decimeren, een korte-termijnbenadering aangezien het milieu blijft bestaan en de populatie zich kan herstellen. Herinrichting grijpt in op het habitat (structuur) van de populatie en wijzigt deze, een lange-termijnbenadering waarbij de populatie niet kan terugkeren. Beheer zit hier vaak tussenin. In het algemeen geldt steeds dat voor een verantwoord ingrijpen of bijsturen de (auto-)ecologische kennis van de onderhavige soort(en) en hun milieu noodzakelijk is.

### **5.2 Herinrichting**

Klimaatverandering kan tot gevolg hebben dat het leefmilieu van (groepen van) steekmuggen en knutten wordt bevorderd. Maar bij het nemen van mitigerende maatregelen staat echter altijd voorop 'het voorkomen van situaties waar massale ontwikkeling kan plaats vinden'. Voor een verantwoorde herinrichting geldt daarbij dat kennis van de ecologie van mogelijk optredende soort(en) steekmuggen en of knutten noodzakelijk is om een locatiespecifieke risicoanalyse vooraf mogelijk te maken.

Bij de herinrichting van gebieden is vooraf vaak sprake van een vraag naar het potentieel optreden van steekmuggen en knutten. Ten aanzien van de relatie tussen steekmuggen en knutten en herinrichting zijn op hoofdlijnen de volgende fysische, chemische en biologische componenten te onderscheiden.

### ***Fysische factoren***

Bij het herinrichten van natte gebieden wordt altijd ingegrepen op de fysische omstandigheden van het terrein en het houdt bijna altijd een wijziging van de structuur van het aanwezige ecosysteem in. Ten aanzien van ontwikkeling van steekmuggen en knutten zijn hierbij twee uitersten mogelijk. Enerzijds het voorkómen of verminderen van het ontstaan van oppervlaktewater (vooral tijdelijke aquatische milieus) en anderzijds het volledig en permanent onder water zetten (van delen) van een gebied. Dit zijn vaak doeltreffende methoden gebleken om omvangrijke leefmilieus van steekmuggen en knutten te minimaliseren (Havelka, 1978, Kriegerowski, 1980, Fritz & Heimer, 1981). Het nadeel bij het voorkómen van grote drassige oppervlakken en moerassen of het egaliseren van potentieel drassige terreinen is dat hierdoor ook de temporaire aquatische milieus zelf met hun eigen flora en fauna verdwijnen (Service, 1971). Bij het volledig onder water zetten van deelgebieden geldt hetzelfde nadeel, echter door het graven van bijvoorbeeld sloten en plassen kan nog een redelijke aquatische diversiteit ontstaan.

Bij de aanleg van permanente wateren dient rekening te worden gehouden met:

1. de potentiële ontwikkeling van waterplanten als substraat voor de plantenboorsteekmug *Coquillettidia*;
2. een eventuele golfslagzone ter voorkoming van kolonisatie door *Anopheles* en *Culex* (malariamug respectievelijk huissteekmug);
3. een steilere oever ter voorkoming van ei-afzetting door *Aedes* (moerassteekmug).

Dit dient echter steeds in relatie met de plaats, de aanwezigheid van predatoren, de doelstellingen en de ontwikkelingsmogelijkheden van het gebied te worden bekeken. Minder drastische mitigerende maatregelen omvatten een meer ecologische inrichting van de potentiële (tijdelijke) aquatische milieus door bijvoorbeeld:

- Het over grote afstanden voorkómen of regelmatig weghalen van overhangende vegetatie ter voorkoming van ei-afzettingsmogelijkheden voor schaduwminnende soorten.
- Het niet aanplanten of laten ontwikkelen, of het kappen van bomen en struiken waardoor de toevoer van organische voedingsstoffen voorkomen of verminderd wordt (Kriegerowski, 1980) en de schuil- en dispersiemilieus voor volwassen dieren verminderen.
- Het verwijderen van watervegetatie (stevige helofyten zoals lisdodde, egelskop, kalmoes, gele lis, mannagras en dergelijke) waaraan *Coquillettidia* gebonden is voor de luchtademhaling (Kriegerowski, 1980).
- Het (laten) optreden van onregelmatige waterstandwisselingen waardoor tijdelijk aquatische milieus in aanraking komen met permanente milieus of juist verder indrogen. Hierbij moet wel gezorgd worden dat juist geen extra tijdelijke aquatische milieus ontstaan.
- Het eind februari instellen van een hoog waterpeil (minimaal 20 cm) en in mei van een lager peil waardoor geen synchronisatie van *Aedes* populaties kan optreden en predatie een kans krijgt.
- Het voorkómen van brede ondiepe, onregelmatig en te flauw aflopende oevers waar veel tijdelijke aquatische milieus zich kunnen vormen.



- Het voorkómen van het optreden van teveel restwateren (kleine poelen) na waterstanddaling in het voorjaar door bijvoorbeeld het egaliseren van de flauw aflopende oevers of een steilere oevervorm.
- Het aanbrengen van voldoende waterbeweging.

Al deze methoden hangen samen met de aanwezige ecologische kennis van de plaagveroorzakende soorten. Elke situatie vraagt om een eigen interpretatie van het aanwezige gebiedstype en de te beïnvloeden fysische factoren. Daarbij is het nodig om te weten welke soorten steekmuggen aanwezig zijn dan wel te verwachten zijn.

### ***Chemische factoren***

Het sturen van de chemische samenstelling van het water in het potentiële leefmilieu van steekmuggen en knutten omvat vaak drastische maatregelen, zoals:

- Het omvormen van een zoutwater in een zoetwaterhabitat of omgekeerd (Service, 1971).
- Het omvormen van een zuur in een neutraal milieu of omgekeerd.
- Het omvormen van een voedselrijk in een meer voedselarm milieu of omgekeerd.

Dergelijke ingrepen hangen vaak nauw samen met mogelijke hydrologische maatregelen en of saneringsmaatregelen. Hierbij gelden dezelfde nadelen ten aanzien van biodiversiteitsverlies als genoemd onder de fysische factoren. Een bijkomend risico is dat juist bij omvorming de nieuwe leefmilieus mogelijk geschikt worden voor andere soorten steekmuggen en knutten. Minder drastische inrichtingsmogelijkheden omvatten bijvoorbeeld:

- Het voorkomen/verminderen van toevoer van voedselrijk water.
- Het voorkomen van organische belasting.

Bij het inlaten van water of wijzigen van kwelstromen moet er rekening me worden gehouden dat sulfaatrijk water kan leiden tot interne eutrofiëring (veenrot).

### ***Biologische factoren***

Eén van de meest kansrijke biologische factoren houdt de introductie van of het scheppen van randvoorwaarden voor het optreden van predatoren in (Service, 1971). Meestal zijn de leefmilieus van steekmuggen en knutten ongeschikt voor kolonisatie door (potentiële) predatoren als gevolg van de aanwezige dynamische milieuomstandigheden (onder andere periodieke uitdroging, wisseling in chemische samenstelling). Het met succes doen optreden van of doen koloniseren met predatoren betekent in veel gevallen ook vermindering van een groot deel van de steekmuggen en knutten. Een voorbeeld is een (tijdelijke) koppeling aan een permanent oppervlaktewater. Specifieke predatoren van steekmuggen en knutten zijn niet bekend (Service, 1971), maar generieke des te meer. Sommige planten (*Eleocharis sp.*, *Scirpus sp.*) remmen de ei-afzetting van bepaalde soorten (Service, 1971). Het stimuleren van de ontwikkeling van deze planten kan waar mogelijk zinvol zijn.

### ***Moment van herinrichting***

Bij herinrichting ontstaan vaak nieuwe al dan niet tijdelijke oppervlaktewateren. Dergelijke wateren zijn mogelijk nog niet gekoloniseerd met predatoren, met andere

woorden: de levensgemeenschap is nog niet ontwikkeld. Dit biedt een ruimte voor kolonisatie van snel groeiende soorten zoals steekmuggen. Vaak treedt na ingreep binnen korte tijd een massale ontwikkeling van steekmuggen op. Bij de herinrichting kan aandacht gegeven worden om dergelijke tijdelijke uitbraken te verminderen:

- Het uitvoeren van de aanleg in de nazomer waardoor meer fauna tussen de nazomer en het voorjaar van het volgende jaar tijd krijgt om het nieuwe of heringerichte milieu te koloniseren.
- Het in verbinding brengen van het nieuw aangelegde of heringerichte water met reeds bestaande permanente wateren zoals plassen of brede sloten. Deze koppeling versnelt de kolonisatie met predatoren van het (ver)nieuw(d)e milieu.
- Het monitoren van nieuw aangelegde natte gebieden om, indien daar aanleiding voor is, plaatselijk en gericht te bestrijden (zie paragraaf 3.5.3).

### 5.3 Beheer

De uiteindelijk ontwikkelde toestand van door klimaatverandering vernat of van een om andere reden heringericht gebied kan een verhoging op het aantal steekmuggen en knutten tot gevolg hebben. Ook zonder klimaatverandering zijn er in Nederland een aantal gebiedstypen in bepaalde tijden van het jaar (met pieken in april/mei en juli/augustus) ‘overlast’ aan steekmuggen of knutten veroorzaken.

Echter door herinrichtings- en beheermaatregelen kan overlast voor direct omwonenden worden verkleind. Een aantal mogelijkheden zijn:

- Het ervoor zorg dragen dat een afstand tussen nat terrein en bewoning van 60 tot enkele honderden meters wordt gehandhaafd. In deze strook zijn geen verbindende stroken van ruigtekruiden, opgaande begroeiingen of bossages aanwezig. Door deze corridors voor steekmuggen en knutten te vermijden zullen veel minder volwassen muggen de bewoning kunnen bereiken.
- Het ervoor zorg dragen dat vernatte, moerassige of plas-dras situaties op veel plaatsen met al dan niet tijdelijk in open verbinding komen te staan met permanent open water.
- Het ervoor zorg dragen dat oeverzones geleidelijk aflopen naar permanent water zodat bij verlaging van het waterpeil er nauwelijks tot geen restwater achterblijft, en het water dat wel achterblijft zo gering is dat het binnen tien dagen is verdampt.
- Waar mogelijk het permanent, zeer ondiep en vaak voedselrijk en plantenrijk water te laten bewegen, bijvoorbeeld bij bemalen, om zo steekmuggen veel minder kans te geven zich te ontwikkelen.
- Het streven, ook bij moeras- en plas-dras situaties of verbrede oevers, naar stabiele, matig-voedselrijke omstandigheden. In het agrarisch gebied is water echter vaak eutroof of hypertroof. Stabiele waterecosystemen hebben een beter ontwikkelde levensgemeenschap met meer veerkracht waarin groepen zoals steekmuggen en knutten veel minder kans hebben zich massaal te ontwikkelen. Minder voedselrijke wateren zullen ook veel minder snel verlanden.
- Begrazing door runderen of paarden vergroot het terreinreliëf. Afhankelijk van de bodemgesteldheid en vegetatiestructuur kunnen plekken (pootafdrukken, kuilen, ligplekken van vee) ontstaan waarin water achterblijft. Dit geldt vooral bij een

slechte draagkracht van de bodem, bijvoorbeeld bij natte veenbodems. Begrazing onder dat soort omstandigheden dient zoveel mogelijk te worden voorkomen.

- Ook het maaibeheer speelt een rol in het leefgebied van steekmuggen. Extensief beheerde weidegebieden hebben veelal hogere vegetaties met een hogere luchtvochtigheid en luwte, wat in het voordeel is van volwassen steekmuggen die daarin rustplaatsen vinden en zich daardoor kunnen verplaatsen.
- Verrijking van oppervlaktewater met voedingsstoffen (eutrofiëring) leidt onder andere tot een sterk wisselende zuurstofhuishouding. Steekmuggen hebben, in geval van zuurstofarme condities, door een aangepaste ademhaling meer overlevingskansen ten opzichte van veel andere waterdieren zoals hun predatoren. Voldoende strenge eisen aan de waterkwaliteit kan bijdragen aan de verkleining van de kans op steekmuggen.
- Ervoor zorg dragen dat kleinere, ondiepe wateren (vaak sloten) niet te ver verlanden. De verlandingscyclus moet tijdig wordt gestopt of teruggezet door maaien en baggeren.
- Waar terreinreliëf geen rol speelt bij de functie van een gebied, kan ervoor worden gezorgd dat er minder laagten aanwezig zijn, zodat achterblijvend water na inundatie of neerslag, vooral bij slechter doorlatende bodems, zich niet in tijdelijke plasjes ophoopt.

#### 5.4 Bestrijding

Bestrijding van steekmuggen en knutten is alleen aan de orde op moment er toch onverwacht een plaag uitbreekt.

##### *Fysische factoren*

Een belangrijk gedragskenmerk van steekmuggen is de toepassing van luchtademhaling. Hiervoor gaan larven en poppen aan het wateroppervlak hangen. De bijna volwassen dieren kruipen uit de pophuid die eveneens aan het wateroppervlak hangt. Van deze afhankelijkheid van het wateroppervlak is bij de bestrijding al sinds lange tijd gebruik gemaakt. De eerste toepassing betrof het gebruik van petroleum en andere minerale oliën. Deze stoffen tasten de oppervlaktetenspanning van het water aan als gevolg waarvan de larven en poppen verdrinken. Een meer geavanceerde toepassing van deze vorm van bestrijding is het gebruik van plantaardige fosfolipiden. Deze lipiden worden op het water verspreid en vormen een monomoleculaire laag die vier tot zes uur werkzaam blijft. De methode werkt het meest effectief tegen de poppen (die zijn lichter dan water). Garret & White (1977) geven een lijst van potentieel toepasbare lipiden. Lipiden zijn moeilijk toepasbaar op grote wateroppervlakken als gevolg van windwerking en golfslag. De lipiden zijn niet alleen dodelijk voor steekmuggen maar ook voor alle andere dieren met luchtademhaling (met name waterkevers en waterwantsen). De toepassing van stoffen die de oppervlaktetenspanning verlagen heeft nooit geleid tot een effectieve bestrijding. Wel kan het goed worden toegepast in de directe huiselijke omgeving, zoals in kruipruimten of regentonnen.

Het droogmaken van wateren of het in (sterke) beweging brengen van water door middel van bemalen kan helpen bij het bestrijden van grote aantallen larven. Echter dient deze waterbeweging of droogval over het gehele wateroppervlak plaats te vinden. Wanneer restwateren of dicht begroeide oevers aanwezig zijn is de maatregel minder effectief.

### ***Chemische factoren***

In het algemeen zijn chemische methoden zeer effectief in de bestrijding van steekmuggen; mede vanwege de lage kosten zijn ze in het verleden vaak toegepast. De complicaties voor het ecosysteem op korte en lange termijn kunnen echter aanzienlijk zijn (verontreiniging, persistentie, mutatie/resistentie en accumulatie). Bovendien zijn veel tot dusver toegepaste chemicaliën niet selectief in de bestrijding van de doelorganismen; ook de begeleidende fauna wordt in veel gevallen in meer of mindere mate negatief beïnvloed. Enkele vooral in het verleden toegepaste chemische stoffen zijn olie (petroleum met de werkzame aromatische koolwaterstoffen), de niet-selectief, zeer toxisch en bovendien in de regel persistente gechloreerde koolwaterstoffen (onder andere D.D.T., dieldrin en aldrin), organofosfaten (Malathion, Fenthion, Temefos (Abate), Chloorpyrifos (Dursban), Parijs groen (koper-aceto-arseniet), pyrethrum en verwante synthetische verbindingen, carbamaten (Carbaryl, Propoxur (Baygon)) en 'Insect Growth Regulators' zoals Dimilin en Methopreen. Het gebruik van een aantal van deze middelen zoals de gechloreerde koolwaterstoffen en de organofosfaten zijn in Nederland verboden.

In het algemeen wordt met chemische middelen steeds terughoudender omgegaan. Enkele belangrijke nadelen zijn:

- De werking is vaak slechts van korte duur (korte termijn effect).
- De oorzaak van de plaag wordt niet weggenomen (niet structureel).
- Bij langdurig gebruik ontstaan chronische effecten in het systeem.
- De stoffen zijn vaak persistent.
- Er is een vergrote kans op mutanten (carcinogeniteit).
- Er is een grote kans op resistentievorming.
- In veel gevallen direct toxisch voor de mens.

### ***Biologische factoren***

De toepassing van biologische factoren bestaat onder andere uit het gebruik van lokstoffen (feromonen) en het uitzetten van steriele mannetjes. Hierbij worden de adulten aangetrokken door het feromoon en kunnen gericht worden gedood. Voor (soort)specifieke biologische bestrijding zijn technieken ontwikkeld die berusten op genetische controle zoals geïnduceerde steriliteit, cytoplasmatische incompatibiliteit, hybride steriliteit, sex-ratio verstoring en translocatie. Bij de toepassing van deze methoden zijn er nog grote moeilijkheden. Verder blijft de toepassing beperkt tot soorten die ziekten overbrengen en of van direct groot economisch belang zijn (Service, 1971a). Daarnaast is gezocht naar toepassing van pathogene virussen, protozoën en bacteriën. Lacey & Undeen (1986) geven een uitgebreid overzicht van de microbiële methoden. Een van de meest belovende toepassingen is het gebruik van de sporen van *Bacillus thuringiensis*. In augustus 1976 vond Margalit, tijdens zijn onderzoek naar ziekteverwekkers bij steekmuggen, dode en zieke larven van *Culex pipiens* in een plas in de Negevwoestijn. De oorzaak voor het ineenstorten van deze

*Culex* populatie bleek een sporen- en kristalvormende Bacillus te zijn, nauw verwant aan de door Berliner in 1911 geïsoleerde *Bacillus thuringiensis subspec. thuringiensis* (B.t.t.). Deze nieuw ontdekte bacterie werd *Bacillus thuringiensis subspec. israelensis* (B.t.i.) genoemd en behoort tot het serotype H-14. Terwijl B.t.t. specifiek pathogeen is voor rupsen, lijkt B.t.i. specifiek dodelijk te zijn voor muggenlarven, met name voor de 'filter feeders' onder larven van Culicidae en Simuliidae. Hoewel het specifiek letale effect van B.t.i. op Culicidae en Simuliidae in de literatuur algemeen wordt aangegeven, is dezelfde literatuur niet eenduidig over de invloed op de begeleidende fauna. Ook andere muggen zoals bepaalde soorten Chironomidae, Ceratopogonidae en Dixidae lijken in meer of mindere mate te worden beïnvloed. De werkzaamheid van B.t.i. hangt af van factoren zoals watervolume, trofiegraad, temperatuur, larvale stadium en populatiedichtheid.



## 6 Conclusies en aanbevelingen

### 6.1 Conclusies

Steekmuggen ontwikkelen zich vooral talrijk in moerassen, plas-dras situaties (al dan niet oever) en zeer tijdelijke milieus. Knutten ontwikkelen zich vooral in natte graslanden. Voor beide groepen zijn de factoren permanentie, dynamiek en temperatuur van water cruciaal. Een verhoogde voedselrijkdom draagt extra aan de ontwikkeling van deze dieren bij. Dit rapport geeft een risicosleutel waarmee het risico op 'overlast' door steekmuggen en knutten per gebiedstype kwalitatief in beeld kan worden gebracht.

In de huidige situatie, bij het huidige klimaat, is in veel gebieden in laag-Nederland reeds sprake van 'overlast' door steekmuggen en knutten. De aard en omvang van deze 'overlast' is echter niet bekend. Bij een ongewijzigd klimaat blijft deze 'overlast' aanwezig en in geval van verdere inklinking van bodems zou als gevolg van het huidige waterbeheer de 'overlast' zelfs enigszins kunnen toenemen (autonome vernatting).

Door de verdere internationalisering en globalisering van het handelsverkeer vindt er meer uitwisseling van goederen en daarmee ongewild ook van steekmuggen en knutten en ziektekiemen plaats.

Door klimaatverandering verandert de temperatuur en de neerslagverdeling in Nederland. Het warmere klimaat en de nattere winters en heftige zomerbuien tijdens droge, warme zomers dragen beide bij aan een verhoogde dynamiek in waterpeilen. Dit betekent ook dat klimaatverandering leidt tot uitbreiding van geschikte leefmilieus voor steekmuggen en knutten. Dit betreft niet specifiek gebiedstypen aanwezig in het landelijk gebied maar betreft alle situaties waar tijdelijke, ondiepe wateren kunnen ontstaan. Omdat klimaatverandering inmiddels een gegeven is, wordt deze ontwikkeling als autonoom beschouwd.

Om de effecten van klimaatverandering op de mate van ontwikkeling van steekmuggen en knutten te sturen en verminderen zijn diverse herinrichtings- en beheermaatregelen mogelijk.

Door het uitvoeren van de verschillende vernattingsopgaven worden eveneens grotere delen van gebieden meer geschikt als leefmilieu voor steekmuggen en knutten. Vooral de gebiedstypen van moeras, plas-dras en nat grasland zijn van belang.

Om de effecten van vernatting op de mate van ontwikkeling van steekmuggen- en knuttenpopulaties te sturen en verminderen zijn diverse herinrichtings- en beheermaatregelen mogelijk. Om onvoorziene 'overlast' of tijdelijk lokale 'overlast' als gevolg van herinrichting tegen te gaan is bestrijding mogelijk.

Tot op heden worden de in West-Europa door steekmuggen overgedragen virussen en andere ziekteverwekkers niet als een groot gezondheidsprobleem (h)erkend. Een groot aantal van de genoemde virussen brengen geen grote gezondheidsrisico's mee.

Klimaatverandering en internationaal verkeer dragen bij aan vergroting van de kans op vestiging van nieuwe soorten. Deze soorten kunnen nieuwe ziekten overdragen. Voor zover nu bekend betreft dit vooral soorten die talrijk ontwikkelen in en nabij de bebouwde omgeving. De komst van deze soorten is onafhankelijk van het Nederlandse waterbeheer maar een gevolg van de autonome ontwikkelingen geïnitieerd door klimaatverandering.

De bijdrage van vernatting aan de vestiging en uitbreiding van nieuwe soorten steekmuggen en knutten is onzeker omdat de kennis van de ecologie van deze nieuwkomers en hun specifieke gedrag onder de toekomstige Nederlandse condities nog onvoldoende bekend is. In hoeverre nieuwkomers of nieuwe ziekten die ook overgedragen kunnen worden door inheemse steekmuggen en knutten baat bij vernatting hebben is eveneens onzeker.

## 6.2 Aanbevelingen

Om de problematiek van steekmuggen en knutten in relatie tot klimaatverandering en vernatting te benoemen is differentiatie van de verschillende ecologische groepen bruikbaar. Voor deze studie zijn de huissteekmuggen, moerassteekmuggen, malariamuggen en boomholtsteekmuggen apart beschouwd. De knutten zijn als gehele groep benoemd maar een nadere differentiatie is ook in deze familie wenselijk en nodig. Hiervoor is onderzoek nodig.

Het optreden van incidentele plagen zoals de moerassteekmuggenplaag in 1987 in Kloosterhaar, de huissteekmuggen overlast bij Velp in 1988 of de huissteekmuggenplaag op Schiermonnikoog in 2007 kenmerken zich door een te late start van het onderzoek en een gebrek aan kennis over de locale omstandigheden, achtergrondpopulaties en eventuele referenties. Voor steekmuggen is referentie-onderzoek aan de dichtheden onder de huidige omstandigheden in verschillende gebiedstypen met situaties zonder plaagvorming nodig.

De uitbraak van blauwtong kenmerkte zich door een sterke onderzoekfocus op de ziekte, de specifieke locaties waar de ziekte optrad en de volwassen knutten. De mogelijke andere habitats, de larven en de verspreiding van de soorten zijn in belangrijke mate buiten beeld gebleven. Voor Nederland ontbreekt voldoende taxonomische en ecologische kennis van de terrestrische en aquatische knutten. Zowel dergelijke basiskennis als kennis van referenties is noodzakelijk om te kunnen inspelen op toekomstige veranderingen. Het wordt aanbevolen deze kennis op te bouwen.

Risicoanalyse is een geschikt instrument om met 'overlast' of plagen van steekmuggen en knutten om te gaan. Echter, tot op heden beperkt de risicoanalyse



zich tot kwalitatieve parameters. Kennis van referentie-omstandigheden, gekwantificeerde populatie- en milieuparameters ontbreken maar zijn voor voorspellingen van risico's noodzakelijk.

De ecologische kennis van steekmugsoorten in Nederland dateert uit de periode 1987-1995. Deze informatie dient nodig te worden bijgewerkt. Een literatuurstudie zou hier in belangrijke mate aan kunnen bijdragen.

De verspreiding van steekmuggen in Nederland is nooit gericht of systematisch onderzocht en is dan ook onbekend. Er is geen atlas van Nederlandse steekmuggen beschikbaar. Kennis van het voorkomen en de verspreiding van steekmuggen biedt een referentiekader voor de evaluatie van 'overlast' of plagen.

Een belangrijke vraag bij de eventuele komst van boomholtesteekmuggen is de mogelijke bijdrage van tijdelijk natte milieus aan de ontwikkeling. Hier is extra literatuur studie of aanvullende informatie verzameling in reeds gekoloniseerde gebieden voor nodig.

De knutten zijn in lijn met de opdracht als gehele groep opgenomen alhoewel een nadere differentiatie in ecologische groepen de toekomst gewenst is. De taxonomische en ecologische kennis over de knutten in Nederland is zeer beperkt. Van de aquatische en terrestrische larven ontbreekt zelfs veel taxonomische kennis. We weten vaak niet eens hoe ze heten of welke er specifiek in Nederland voorkomen. In Europa en Noord-Amerika is meer kennis voorhanden en een gedegen literatuurstudie naar de taxonomie en ecologie van deze familie levert een basis om daadwerkelijke beschikbare kennis en leemten in beeld te krijgen. Daarnaast worden in het oppervlaktewater regelmatig individuen verzameld, met name door waterbeheerders, maar niet op naam gebracht. Verbetering van de taxonomische kennis zou het inzicht in voorkomen en verspreiding sterk kunnen vergroten.

Moerassen zijn een milieu dat noch tot de verantwoordelijkheid van de waterbeheerder en vooral faunistisch ook niet tot het aandachtsgebied van de natuurbeheerder worden gerekend. De beperkte kennis van fauna in plas-dras en moerassituaties maakt het uitvoeren van voorspellingen of risicoanalyses voor deze milieus extra moeilijk. Onderzoek naar de ongewervelde fauna in moerassen en plas-dras situaties kan sterk bijdragen aan de inzichten die nodig zijn voor herinrichting en beheer.

Kennis van overlast en plagen is verspreid en exemplarisch. We zijn meestal te laat. Monitoring van de risicosoorten ontbreekt. Validatie van de kennis is niet verricht. Meer systematische kennis kan bijdragen aan een beter en meer gerichte monitoring en advisering bij bestrijding, beheer en inrichting.

Ten aanzien van de nieuwe ziekten is het voor Nederland van belang de risico's in beeld te brengen, zowel voor mens als dier. Ten aanzien van de boomholtesteekmuggen dienen verspreidingsroutes en vestigingsmogelijkheden in Nederland in

beeld worden gebracht. Hiervoor is samenhangend onderzoek van de ecologie en van de verspreiding van zowel de vector als de ziekteverwekker nodig.

Herinrichtings- en beheersmaatregelen zijn vaak locatiespecifiek. In het algemeen is het streven geïsoleerde, tijdelijke watermilieus of dynamische omstandigheden te voorkomen of beperken. Bij herinrichting moet duidelijk onderscheid worden gemaakt tussen de inrichtings- en de ontwikkelde fase. De effectiviteit van tussenmaatregelen dient nog nader te worden onderzocht. Ook de wijze en mogelijkheden van tijdelijke bestrijding. Veel kennis over maatregelen en steekmuggen en knutten is nog kwalitatief van aard. De eerste projecten dienen gemonitord te worden om waar mogelijk te kunnen bijsturen en optimaliseren.

## Literatuur

- Aranda, C., R. Eritja & D. Roiz., 2006. First record and establishment of the mosquito *Aedes albopictus* in Spain. *Med. Vet. Ent.* 20: 150-152.
- Beuk, P.L.Th., 2002. Checklist of the Diptera of the Netherlands. KNNV, Uitgeverij, Utrecht. 447 pp.
- Blackwell, A. & F.C. King, 1997. The vertical distribution of *Culicoides impunctatus* larvae. *Medical and Veterinary Entomology* 11: 45-48.
- Cancrini, G., A. di Regalbono, Ricci, I. Frangipane, C. Tessarin, S. Gabrielli, S. & M. Pietrobelli, 2003. *Aedes albopictus* is a natural vector of *Dirofilaria immitis* in Italy, *Veterinary Parasitology* 118(3-4): abstract.
- Eritja, R., R. Escosa, J. Lucientes, E. Marque, R. Molina, D. Roiz & S. Ruiz, 2005. Worldwide Invasion of Vector Mosquitoes: Present European Distribution and Challenges for Spain, *Biological Invasions* 7: 87-97.
- Fritz, H.G. & W. Heimer, 1981. Stechmückenbrutplätze im Naturschutzgebiet 'Kühkopf knoblochsauce'. *Untersuchungen zur Begleitfauna, Möglichkeiten einer Minderung der Stechmückenplage. Natur und Landschaft* 56 (3), 80-84.
- Giessen, J.W.B. van der, L.D. Isken & E.W. Tiemersma, 2004. Zoonoses in Europe: a risk to public health. National Institute for Public Health and the Environment, Bilthoven, The Netherlands. 112 pp.
- Glukhova, V.M., 1979. Larvae of the biting midges of the subfamilies Palpomyiinae and ceratopogoniinae of the Soviet Union. *Keys to the Soviet Union Fauna, Nauka, Leningrad, 121. 131 pp.*
- Glukhova, V.M., 1979. Lichinki mokretsov podsemeistv Palpomyiinae i Ceratopogoninae fauny SSSR (Diptera, Ceratopogonidae = Heleidae) [Larvae of biting midges of the subfamilies Palpomyiinae and Ceratopogoninae of the USSR fauna (Diptera, Ceratopogonidae = Heleidae)]// *Opredeliteli po Faune SSSR, izdavaemye Zoologicheskim institutom AN SSSR. Vol.121. Leningrad: Nauka. P.1-231. [In Russian; translated into English by L.J. Hribar & G.C. Steyskal, for Translation Bureau, Multilingual Services Division, Canada, under the title: Larval midges of the subfamilies Palpomyiinae and Ceratopogoninae of the fauna of the USSR. P.1-237].*
- Glukhova, V.M., 1989. Bloodsucking midges of the genera *Culicoides* and *Forcipomyia* (Ceratopogonidae). *Fauna SSSR, Nauka, Leningrad* 3, 5. 408 pp.

- Gruys, P., J.C. van Lenteren, J.E. Parlevliet, P.C. Scheepens & J.C.J. van Zon, 1985. Oecologische achtergronden van plagen en hun bestrijding: In: 'Inleiding tot de oecologie', Bohn, Scheltema en Holkema, Utrecht, 465-492.
- Gutsevich, A.V., 1973. Krovososushchie mokrecy (Ceratopogonidae) [Biting midges (Ceratopogonidae)]. Nasekomye dvukrylye 3(5). Fauna SSSR N.S. 107. Nauka, Leningrad (in Russian).
- Hanson, S.M. & G.B.Jr. Craig, 1995. Relationship between cold hardiness and supercooling point in *Aedes albopictus* eggs. J. Am. Mosq. Control Assoc. 11(1): 35-38.
- Haren, J.C.M. van & P.F.M. Verdonshot, 1990. Steekmuggen (Culicidae) in de Engbertsdijkswaarden 3. RIN, Leersum, rapp. 90/6: 1-61.
- Havelka, P., 1978. Rheinschnaken (Culiciden) Bekämpfung in rechtsseitigen Rheintal zwischen Karlsruhe und Mannheim im Jahr 1977 Culiciden Brutplätze. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad Württ. 47/48, 433-441.
- Hubálek, Z., 2007. Mosquito-borne viruses in Europe. In: Vector-Borne Diseases: Impact of Climate Change on Vectors and Rodent Reservoirs. Berlin, 27 & 28 September 2007. Bundesministerium für Gesundheit, Umwelt Bundesamt.
- Illies, J., 1978. Limnofauna Europaea. Fischer Verlag, Stuttgart.
- ISSG, 2004. Global Invasive Species database. IUCN – the World Conservation Union Species Survival Commission, Invasive Species Specialist Group. <http://www.issg.org/database/species/search.asp?st=100ss&fr=1&sts>
- Jaenson, T.G.T., 1990. Vector roles of Fennoscandian mosquitoes attracted to mammals, birds and frogs. Medical and Veterinary Entomology 4: 221-226.
- Kriegerowski, L., 1980. Die Dezimierung von Stechmücken mit landschaftsgestaltenden Massnahmen am Beispiel eines (West)Berliner Feuchtgebietes. Natur und Landschaft 55 (7 8), 291 295.
- Lawson, J. W. H., 1951. The anatomy and morphology of the early stages of *Culicoides nubeculosus* Meigen (Diptera: Ceratopogonidae = Heleidae). Trans. R. ent. Soc. Lond 102: 511–570.
- Linley, J.R., 1985. Biting midges (Ceratopogonidae) as vectors of nonviral animal pathogens. J. med. Ent. 22: 589-599.
- Lundstrom, J.O., 1999. Mosquito-Borne Viruses in Western Europe: A Review. J. Vector Ecol. 24(1):1-39.

- Lutz, N., 2002. Ecoaccess. North Carolina Central University  
<http://ecoaccess.org/info/wildlife/pubs/asiantigermosquitoes.html>
- Mayer, K., 1934. Die Metamorphose der Ceratopogonidae (Dipt.). Ein Beitrag zur Morphologie, Systematik, Ökologie und Biologie der Jugendstadien dieser Dipterenfamilie. Arch. naturgeschichte, N.F. 3: 205-288.
- Medlock, J.M., K.R. Snow, S. Leach, 2005. Potential transmission of West Nile virus in the British Isles: an ecological review of candidate mosquito bridge vectors. Med Vet Entomol. 19(1):2-21.
- Medlock, J.M., K.R. Snow, S. Leach, 2007. Possible ecology and epidemiology of medically important mosquito-borne arboviruses in Great Britain. Epidemiol Infect. 135(3):466-82.
- Merritt, R.W. & K.W. Cummins, 1984. An introduction to the aquatic insects of North America. Kendall/Hunt Publ. Comp., Dubuque. 441 pp.
- Mohrig, W., 1969: Die Culiciden Deutschlands. Parasitol. Schr. 18, 260 p.
- Muggen & Knutten, 2002. Muggen & Knutten: vooroordelen en misverstanden, waar- en onwaarheden, vóórkomen en voorkómen. Brochure Ministerie van Verkeer en Waterstaat, DG RWS, RIZA, Lelystad. 11 pp.
- Novak, R., 1992. The Asian tiger mosquito, *Aedes albopictus*. Wing Beats, Vol. 3(3):5.
- Rahamat-Langendoen, J.C., J.A. van Vliet & E.A. van Lier, 2008. Staat van infectieziekten in Nederland. RIVM, Bilthoven. Rapport 210211004. 52 pp.
- Samanidou-Voyadjoglou, A., E. Patsoula, G. Spanakos & N.C. Vakalis, 2005. Confirmation of *Aedes albopictus* (Skuse) (Diptera: Culicidae) in Greece. European Mosquito Bulletin, 19, 10–12.
- Schmidt, G. & L. ten Cate, 1989. Steekmuggen in Nieuw Velp-Zuid; aanbevelingen voor beheer. Int. rapp. RIN, Leersum. 89/3: 1-41.
- Service, M.W., 1971. Conservation and the Control of Biting Flies in Temperate Regions. Biological Cons. 3 (2), 113-122.
- Service, M.W., 1976. Mosquito ecology. Field sampling methods. Applied science publishers LTD. Barking, Essex. England, 583 p.
- Seventer, H. van, 1969. The disappearance of malaria in the Netherlands. Thesis Universiteit van Amsterdam, Amsterdam. 86 pp.

- Seyler, T., C. Rizzo, A.C. Finarelli, Alessio P. PoC., V. Sambri, M.L. Ciofi Degli Atti & S. Salmaso, 2008. Autochthonous chikungunya virus transmission may have occurred in Bologna, Italy, during the summer 2007 outbreak. *Eurosurveillance* 13, 3: 8015.
- Steenbergen, H.A., 1993. Macrofauna-atlas van Noord-Holland: verspreidingskaarten en responsies op milieufactoren van ongewervelde waterdieren. Provincie Noord-Holland. Dienst Ruimte en Groen. 651 pp.
- Szadziewski, R., 1983. Flies (Diptera) of the saline habitats of Poland. *Polskie Pismo ent.* 53: 31-76.
- Stowa, 1997. Eco-atlas van waterorganismen. Deel V: macrofauna: insecten. Stichting Toegepast Wateronderzoek, Utrecht. 47: 289 pp.
- Szadziewski, R., J. Krzywinski & W. Gilka, 1997. Diptera Ceratopogonidae, Biting Midges. In: *Aquatic Insects of North Europe. A Taxonomic Handbook. Volume 2. Odonata – Diptera.* Nilsson A. (ed.). Apollo Books, Stenstrup, Denmrk. 243-264.
- Takken, W., R. Geene, W. Adam & T.H. Jetten, 1999. Malariamuggen en het risico voor terugkeer van malaria in de Rijn-Maas delta. Wageningen Universiteit en Research Centrum. 47 pp.
- Takken, W., 2008. Insects and disease in the 21st century – a wind of change- Inauguration Lecture, Wageningen University, 5 June 2008. 17 pp.
- Verdonschot, Piet F.M., Gertie Schmidt, Peter H.J. van Leeuwen & Joke A. Schot, 1988. Steekmuggen (Culicidae) in de Engbertsdijksvenen. *RIN, Leersum, rapp.* 88/31: 1-109.
- Verdonschot, P.F.M., 2002. Culicidae. In: *Beuk 2002, Checklist of the Diptera of the Netherlands.* KNNV, Uitgeverij, Utrecht. 98-100.
- Weissenböck, H., J. Kolodziejek, A. Url, H. Lussy, B. Rebel-Bauder & N. Nowotny, 2002. Emergence of Usutu virus, an African Mosquito-Borne Flavivirus of the Japanese Encephalitis Virus Group, Central Europe. *Emerging Infectious Diseases* 8: 652-656.
- World Health Organization, 1989. Geographical distribution of arthropod-borne diseases and their principal vectors. WHO publication WHO/VBC/89.967. 134 pp.
- World Health Organization, 2004. The vector-borne human infections of Europe. Their distribution and burden on public health. WHO publication, 144 pp.

Zadoks J.C., 1985. Landbouw tussen oecologie en economie. In 'Inleiding tot de Oecologie'. Bohn, Scheltema en Holkema, Utrecht. 375-421.

Zeller, H.G. & I. Schuffenecker., 2004. West Nile virus: an overview of its spread in Europe and the Mediterranean basin in contrast to its spread in the Americas. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*, 23(3):147-56.





## Bijlage 1 Ecologie van steekmuggen

### *Classificatie*

Voor meer uitgebreide ecologische beschrijvingen en soortspecifieke informatie wordt verwezen naar onder andere Mohrig (1969), Service (1976), Verdonschot et al. (1988), Schmidt & Ten Cate (1989), Merrit & Cummins (1984) en de literatuurverwijzingen in deze publicaties. Tot de stekende en bijtende Diptera (groep van vliegen en muggen) behoren in Nederland de volgende families volgens de classificatie naar Beuk (2002):

Klasse	Arthropoda (geleedpotigen)
	Insecta (insekten)
Orde	Diptera (muggen en vliegen)
Suborde	Nematocera (muggen)
	Culicomorpha
	Culicoidae
Familie	Culicidae (steekmuggen)
	Ceratopogonidae (knutten)

De familie van de Culicidae (steekmuggen) komt over de gehele wereld met ongeveer 3000 soorten voor. In geheel Europa komen 92 soorten steekmuggen voor, ongeveer 3.5 % van het totale soortenbestand (Illies 1978), in Midden Europa circa 45 soorten (Fritz & Heimer 1981) en in Nederland tot op heden 35 soorten (Verdonschot 2002).

Familie	Culicidae (steekmuggen)
Subfamilie	Anophelini (Anopheles (7))
(genus (aantal soorten*))	Culicini (Aedes (17), Culex (4), Culiseta (subgenera Culiseta (3), Culicella (3)), Coquillettidia (1))

\*Verdonschot 2002

Steekmuggen ontleen hun naam aan het feit dat vrouwelijke adulten dieren steken om bloed te zuigen. Het bloed is nodig voor de rijping van de eieren. Bij het steken wordt een speekselsecret in de huid gebracht. De reactie hierop is wisselend (geen tot oedeem).

### *Levenscyclus*

De levenscyclus van een steekmug wordt gekenmerkt door een zogenaamde volkomen gedaantewisseling (metamorfose). Het insect (larve) dat uit het ei komt verschilt morfologisch en fysiologisch volledig van het volwassen dier van de soort. Om het volwassen stadium te bereiken is een ruststadium nodig (pop), gedurende welke de omvorming plaats vindt. De levenscyclus van steekmuggen omvat een aquatische en een terrestrische fase. Steekmuglarven en -poppen leven meestal vrij zwemmend in de waterkolom: aquatisch. De volwassen dieren vliegen en leven op het land: terrestrisch. Per groep van steekmuggen is het ei-stadium terrestrisch of aquatisch.

### ***Eieren***

De volwassen vrouwtjes kunnen gedurende hun gehele leven, afhankelijk van de soort, één tot tientallen ei-ontwikkelingscycli voltooien. Het aantal eieren varieert per legsel van enkele tot circa 300 (400), afhankelijk van: de soort, de grootte van de vrouwtjes en de hoeveelheid bloedvoeding. Direct na het leggen van de eieren zijn de eieren eerst wit, maar verkleuren in ongeveer 40 minuten tot zwart. Per hoofdgroep verschilt de plaats waar de eieren worden afgezet:

De eieren van huissteek-, en malariamuggen worden op het wateroppervlak afgezet: gezamenlijk als drijvende vlotjes (genera *Culex*, *Culiseta* (subgenus *Culiseta*), *Coquillettidia*), of afzonderlijk drijvend (genus *Anopheles*). Het eistadium van de drijvend afgezette eieren duurt slechts enkele dagen. Eieren kunnen worden gegeten door predatoren of met de waterbeweging op de oever terecht komen en indrogen.

De eieren van boomholte- en moerassteekmuggen worden semi-aquatisch of terrestrisch afgezet in modder, strooisel of op vochtige bodem (genus *Aedes*, *Culiseta* (subgenus *Culicella*)). De eerste zes tot acht dagen na ovipositie zijn de eieren, afgezet op een vochtige bodem, gevoelig voor verdroging. Daarna doorstaan deze tot op zekere hoogte droogte. De eieren komen uit als ze gedurende voldoende tijd, meestal enkele dagen, in contact zijn geweest met water. Afhankelijk van de klimatologische omstandigheden kan het eistadium van op vochtige bodem afgezette eieren variëren van enkele weken tot enkele jaren. Deze semi-aquatisch of terrestrisch afgezette eieren kunnen namelijk in rust (diapauze) gaan. Dit gebeurt bij univoltiene (soorten met slechts één levenscyclus per jaar) soorten reeds in de zomer en duurt tot aan het volgend voorjaar. De multivoltiene soorten (soorten met meerdere levenscycli per jaar) hebben meestal synchrone generaties (hetgeen betekent dat de larven gelijktijdig uitkomen, ontwikkelen en of uitvliegen) daar het water vaak over grotere oppervlakken gelijktijdig stijgt (stijgende waterstand, neerslagrijke periode). Hierdoor begint de ontwikkeling van de eitjes gelijktijdig en wordt de populatie steeds weer gesynchroniseerd.

### ***Larven***

De larven van alle groepen van steekmuggen doorlopen vier stadia, elk eindigend met een vervelling. De duur van het larvale stadium is afhankelijk van: de soort, de temperatuur, de hoeveelheid water en de hoeveelheid aanwezig voedsel in het habitat. Onder optimale omstandigheden (hoge temperatuur, voldoende water en voedsel) kan de larvale ontwikkeling in twee tot drie weken zijn afgerond. De larven zijn zwaarder dan water en moeten daarom actief naar het wateroppervlak bewegen om adem te halen. Bij verstoring laten ze zich in het water zakken. Omdat ze afhankelijk zijn van luchtademhaling worden ze niet door lage zuurstofgehalten beïnvloed, behalve in het eerste stadium omdat dan nog huidademhaling wordt toegepast. Vanaf het tweede stadium ademen de larven (en poppen) door middel van een ademhoortje aan het wateroppervlak, met uitzondering van de plantenboorsteekmug *Coquillettidia*, die zuurstof onttrekt aan de luchtkanalen van waterplanten. De voeding van alle larven bestaat uit micro-organismen, afgestorven plantenresten of algen. Delarven zijn zeer gevoelig voor predatie en uitdroging.

### ***Poppen***

De verpopping volgt bij voldoende hoge temperatuur nadat de vierde stadium larven zijn volgroeid. De poppen zijn lichter dan water waardoor ze meestal tegen het wateroppervlak hangen en daar atmosferische lucht ademen met behulp van ademhoortjes op de thorax, met uitzondering van *Coquillettidia* die zuurstof onttrekt aan luchtkanalen van waterplanten. Bij verstoring vluchten zowel larven als poppen actief naar diepere waterlagen; na korte tijd verschijnen ze echter weer aan het wateroppervlak. De duur van het popstadium varieert van drie tot vijf dagen, het kan verlengd worden tot 10-21 dagen als gevolg van lage temperaturen. De poppen voeden zich niet. Ook de poppen zijn gevoelig voor predatie en uitdroging.

### ***Adulten***

De adulten ontpoppen aan het wateroppervlak uit de opengebarsten pophuid. Dit duurt 7 tot 8 minuten. Een voorwaarde hierbij is een onbeweeglijk wateroppervlak (geen golfslag). De adulten (zowel mannetje als vrouwtje) voeden zich met nectar. Als het geslachtsapparaat in het vrouwtje voldoende is ontwikkeld (na 2-3 weken) is ze rijp voor paring. Het vrouwtje paart één tot meerdere malen, veelal in de directe omgeving van het larvale habitat. Na de paring sterven de mannetjes. Mannetjes hebben daardoor een kortere levensduur dan vrouwtjes. Vrouwtjes zijn meestal actief in de schemering en de nacht, in zowel open als bedekt terrein. Bepalende factoren voor deze activiteit zijn lichtsterkte, temperatuur en luchtvochtigheid: de steekactiviteit is vooral hoog op dagen met een hoge luchtvochtigheid, een hoge temperatuur en (min of meer) lage luchtdruk. Pas twee tot drie weken na het uitvliegen (en de paring) wordt bloed gezogen. Het bloed is nodig voor de ontwikkeling van de eitjes. Vrouwtjes benaderen hun gastheer na visuele waarneming. Andere zintuigen spelen pas een rol op het moment dat de adulten in de directe omgeving van een gastheer zijn. Een combinatie van visuele stimuli met andere prikkels zoals geur, warmte en vocht verhogen het bloedzuiggedrag. De attractiviteit van de mens wordt naast lichaamstemperatuur en geurstoffen ook bepaald door het uitgeademde (verhoogde) kooldioxide. De volwassen dieren worden gepredeerd door roofvliegen en vogels. Lage luchtvochtigheid leidt eveneens tot sterfte.



## Bijlage 2 Ecologie van knutten (Ceratopogonidae)

### **Classificatie**

De knutten (Ceratopogonidae) omvat een familie van kleine muggen (1-4 mm lang). Wereldwijd zijn er meer dan 4000 soorten met in het genus *Culicoides* alleen al meer dan 500 soorten. Voor Nederland zijn circa 104 soorten ceratopogoniden bekend. Ze zijn nauw verwant aan de vedermuggen (Chironomidae), kriebelmuggen (Simuliidae) en Thaumaleidae.

Familie	Ceratopogonidae
Subfamilie	Ceratopogoninae (Ceratopogon (3), Culicoides (15),
(genus (aantal	Kolenohela (1), Schizohela (1), Serromyia (4),
soorten in NL*))	Stilobezzia (3))
	Dasyheleinae (Dasyhelea (13))
	Forcipomyiinae (Atrichopogon (10), Forcipomyia (20))
	Palpomyiidae (Bezzia (12), Clinohela (1), Macropeza (1),
	Mallochohela (2), Nilobezzia (1), Palpomyia (12),
	Probezzia (1), Sphaeromyias (3))

\* Beuk 2002

### **Levenscyclus**

De levenscyclus van een knut wordt gekenmerkt door een zogenaamde volkomen gedaantewisseling (metamorfose). Het insect (larve) dat uit het ei komt verschilt morfologisch en fysiologisch volledig van het volwassen dier van de soort. Om het volwassen stadium te bereiken is een ruststadium nodig (pop), gedurende welke de omvorming plaats vindt. De eieren kunnen in 2-10 dagen ontwikkelen. De larve doorloopt 4 stadia. Bij hoge temperaturen (28-30°C) ontwikkelde *Culicoides nubeculosum* zich in 22-32 dagen tot pop (Glukhova, 1989). Het pop stadium duurt 3-5 dagen terwijl de volwassenen 1-2 maanden leven. De meeste soorten van het genus *Culicoides* ontwikkelen zich bij 20-25°C in circa 1 maand van ei (in 4-6 dagen), via larf (in 20-25 dagen), via pop (in 3-5 dagen) tot volwassen dier (Gutsevich, 1973). Ongeveer 4-5 dagen na het uitvliegen zuigen de volwassen vrouwtjes bloed, waarna na circa 5-7 dagen de eieren worden afgezet. Met andere woorden de gehele levenscyclus neemt daarmee ongeveer 1.5 maand (range 2-6 weken) in beslag.

De meeste knutten overwinteren in het derde of vierde larvale stadium, univoltiene soorten vaak als ei. De volwassenen vliegen van de vroege lente (in onze regio april/mei tegelijk met het steekmuggen genus *Aedes*) tot de late herfst (oktober/november).

Het aantal levenscycli per jaar kan van soort tot soort verschillen, zowel uni- als multivoltiene soorten komen voor. Dit is mede afhankelijk van de lokale klimatologische omstandigheden.

### ***Eieren***

De eieren zijn circa 0.25 mm groot, langgerekt al dan niet licht gebogen van vorm en worden enkelvoudig, in losse groepjes, in ketens (*Mallochobelea*, *Probezzia*) of in massale klompen afgezet op vochtige substraten zoals vochtige bodems, stenen of emergente vegetatie (Szadziwski, 1997). De eieren zijn eerst wit en verkleuren daarna tot bruin of zwart. De eiklumpen kunnen tot zeker 450 eieren bevatten en een adult kan meerdere (tot 7?) van dergelijke eiklumpen produceren. Bij kamertemperatuur komen de eieren van *Culicoides nubeculosum* na 48-65 uur uit (Lawson, 1951). Andere ontwikkelingstijden variëren van 2 tot 10 dagen. Sommige soorten zijn univoltien (bijvoorbeeld bij *Culicoides grisecens*, *C. vexans*, *Dasybelea*, *Forcipomyia*), er treedt dan een embryonale diapauze op.

### ***Larven***

De larven lijken wormen, zijn crème-wit van kleur en ongeveer 2 tot 5 mm lang. De larven doorlopen 4 stadia, waarbij alleen stadium 1 nog stekeldragende voorpoten heeft. De larven en poppen leven aquatisch, semi-aquatische of terrestrisch. Het leefmilieu is verderop meer in detail beschreven. Ze voeden zich met algen, schimmels en andere micro-organismen of zijn carnivoor. Er zijn dichtheden van meer dan 80.000 larven per vierkante meter beschreven (Glukhova, 1979). De larven leven voornamelijk als predatoren op kleine dieren zoals chironomiden, steekmuglarven, kokerjuffers, nematoden, rotiferen, wormen, protozoën en kannibalistisch. Echter sommige soorten leven op dood organisch materiaal, algen of bacteriën. De aquatische larven zijn goede en snelle zwemmers.

Larven van aquatische knutten worden vooral door vissen gegeten. Terrestrische larven bevinden relatief ondiep (2-5 cm) in de bodem en worden door vogels gepredeerd (Blackwell & King 1997).

### ***Poppen***

De pop is bleek geel tot bruin en is 2 tot 5 mm lang met een cephalothorax waarop zich een paar ademhalingshoortjes staan die al dan niet met haren bezet zijn. De poppen kunnen niet zwemmen, maar bewegen langzaam door met hun abdomen te draaien. Uitzondering zijn de poppen van de genera *Mallochobelea* en *Probezzia* die ventrale plaatjes bezitten waarmee ze snel naar de bodem van een water kunnen bewegen. In oppervlaktewater hangen de poppen veelal aan het wateroppervlak met hun ademhalingshoortjes. Het popstadium duurt veelal 2-3 dagen.

### ***Volwassenen***

De volwassen mannetjes voeden zich met nectar of andere zoete plantensappen. De vrouwtjes van sommige soorten zuigen bloed van dieren, met name vertegenwoordigers van de genera *Culicoides*, enkele *Forcipomyia* en *Leptoconops*. Bloedmaaltijden worden vooral in de ochtend en de avond genuttigd, maar er komen ook soorten voor die zich overdag voeden. De *Dasyheleinae* en de meeste *Forcipomyinae* zijn fytofaag (o.a. enkele *Atrichopogon* die pollen uitzuigen) terwijl enkele *Forcipomyinae* en *Atrichopogon* entomofaag (op de lichaamsvloeistof van insecten) zijn. De overigen prederen op insecten.

De vrouwtjes vliegen circa 2 km terwijl de mannetjes de dubbele afstand afleggen.

### ***Leefmilieu***

Het leefmilieu is zeer variabel van droog naar nat. De knutten zijn gevonden in volledig aquatische milieus zoals beken, rivieren, bronnen, poelen, plassen, meren, boomholten, in tijdelijke wateren zoals rotspoeltjes en andere opdrogende wateren, in semi-aquatische omgeving zoals natte oeverzones, moerassen, venen, drassige weilanden, mos en andere vocht vasthoudende begroeiingen en vochtig grasland, en terrestrisch zoals in mest, rottende schimmels, mierennesten, rottend hout, strooisel en andere droge plekken. Er zijn ook larven gevonden in de sapstroom in planten. De echte aquatische knutten behoren allemaal tot de subfamilie van de Ceratopogoninae en Palpomyiinae. De meeste komen voor in ondiepe beken en plassen, vooral tot een diepte van 5-10 cm, maar er zijn ook vondsten tot 43 m diepte onder water bekend (Mayer, 1934).

Het genus *Culicoides* wordt gevonden op of nabij het oppervlak van natte bodems in zoete en brakke moerassen, drassige gronden en venen, oeverzones, boomholten en temporaire poeltjes. De Forcipomyiinae zijn vaak semi-aquatisch alhoewel ze ook veel in het littoraal worden gevonden. *Atrichopogon* is de enige echt stromingsminnende soort. De verdeling in brak water is niet veel verschillend (Szadziewski, 1983).





### **Bijlage 3    Overzicht van (mogelijk) in Europa voorkomende arbovirussen en andere ziekteverwekkers**

Voor malaria en blauwtong wordt verwezen naar paragraaf 2.3.2 respectievelijk 2.3.3.

#### ***Bunyaviridae (of Californische encefalitis virussen)***

Hersenontsteking of encefalitis is een ontsteking van het hersenweefsel en kan door een arbovirus worden veroorzaakt. Meestal verloopt de infectie relatief mild, maar er kunnen ook ernstigere hersenbeschadigingen ontstaan soms met de dood als gevolg.

#### ***Tahynavirus***

Het ziekteverloop van het Tahynavirus lijkt op een zomergriep (WHO 2004). Het Tahynavirus veroorzaakt koorts en ademhalingsproblemen met soms storingen in het centrale ruggemerg (Lundstrom 2004). Het Tahynavirus wordt door steekmuggen *Aedes vexans*, *A. cantans*, *A. sticticus*, *A. caspius*, *Culex pipiens*, en *Culiseta annulata* overgedragen. Het virusreservoir is gevonden bij vogels, haasachtigen en knaagdieren. Het komt in de meest Centraal en Zuid Europese landen voor (Lundstrom 1999), de WHO (2004) noemt met name Duitsland, Oostenrijk, Italië en Frankrijk.

#### ***Inkoovirus***

Het Inkoo virus is tot op heden in West-Europa niet geassocieerd met een ziekte bij de mens, echter een Russische studie legt een verband met encefalitis (Lundstrom 1999). Het Inkoo virus komt in Noord-Europa (vooral in het hoge noorden voor).

#### ***Bataivirus***

Het Batai- of Calovovirus komt in Zuid-, Centraal (meest frequent) en Noord-Europa voor. De immuniteit bij mensen is veelal laag, hetgeen erop duidt dat het virus als ziekteverwekker bij de mens een beperkte rol speelt (Lundstrom 1999).

#### ***Lednicevirus***

Het Lednicevirus is alleen bekend van Tsjechië en Roemenië en is tot op heden niet op mensen overgedragen (Lundstrom, 1999).

#### ***La Crossevirus***

Het La Cross virus wordt door *Aedes triseriatus* en *A. albopictus* overgedragen en komt voor in Noord-Amerika. Het is in 1969 in La Cross ontdekt. Het doorloopt een zoogdier-steekmug cyclus en overwintert via doorgifte in steekmug eitjes. Het ziekteverloop is mild, met in 1% van de gevallen en dodelijke afloop.

#### ***Phlebovirus (Rift Valley virus)***

Het Phlebovirus komt vooral bij gedomesticeerde dieren voor maar kan ook mensen treffen. Het ziekteverloop bij de mens is vaak zonder symptomen of met lichte koorts, algehele vermoeidheid, rugpijn, hoofdpijn, duizeligheid, gewichtsverlies, myalgie en/of leverafwijkingen. In een klein percentage van de gevallen (< 2%) kunnen hemorrhagische koorts, hersenontsteking of oogafwijkingen optreden. Genezing treedt na 2-7 dagen op.

De ziekte is voor het eerst in Kenia rond 1915 waargenomen, maar is pas in 1931 geïsoleerd. Het virus komt zuidelijk van de Sahara voor en elders soms endemisch zoals in Egypte in 1977-78 met miljoenen zieken en duizenden doden, en in 2000 in Jemen en Saoedi-Arabië. In Kenia waren in 1998 meer dan 400 doden te betreuren. Het Phlebovirus is wel een belangrijke veroorzaker van dierziekte met dodelijke afloop voor schapen en koeien en heeft dan ook ernstigere gevolgen voor de mens. Het virus wordt door soorten van de geslachten *Culex* en *Aedes* overgedragen, maar heeft niet perse een tussengastheer nodig. Experimenteel is aangetoond dat het virus een veelheid aan dieren kan infecteren en zeer wijd verspreid zou kunnen voorkomen. Het virus is nog niet buiten Afrika waargenomen maar de kans hierop wordt zeer serieus genomen.

### ***Snowshoe hare virus (=poolhaas)***

Het virus veroorzaakt hoofdpijn en koorts en behoort tot de Californische virussen die in 1943 voor het eerst zijn geïsoleerd.

### **Flaviviridae (flavivirussen)**

#### ***West Nijlvirus***

Het West-Nijlvirus wordt overgebracht door steekmuggen en maakt vooral onder vogels slachtoffers, maar treft ook zoogdieren (vooral paarden) inclusief de mens. Bij 80% van de menselijke slachtoffers levert een infectie geen symptomen op. In de overige gevallen is er sprake van koorts, vermoeidheid, pijn in de ogen en spieren, hoofdpijn en encefalitis. In 0,7% van de gevallen zijn er ernstiger gevolgen met name encefalitis en meningitis (Lundstrom, 1999). Met name mensen boven de 50 jaar hebben een hoger risico op de ernstiger verschijnselen van de ziekte. Het virus stamt uit tropisch Afrika. Het virus is gevonden in vogels, paarden en steekmuggen (Lundstrom 1999). Het West-Nijlvirus werd in 1999 voor het eerst in de Verenigde Staten geconstateerd. Aangenomen wordt dat een drager de Verenigde Staten via een vliegtuig aan de oostkust binnen is gekomen. In slechts 4 jaar bereikte het virus de westkust van de Verenigde Staten. De komst naar west Europa is slechts een kwestie van tijd (Zeller et al. 2004). Hier traden vooral de soorten van het geslacht *Culex* als tussengastheer op (Medlock et al. 2005).

Het virus steekt in Europa regelmatig de kop op (Zuid-Frankrijk 1962-1965, Roemenie 1996 met hoog sterftecijfer, Portugal, Tsjechië). Antilichamen zijn bij vogels, huisdieren en mensen in verschillende andere Zuid- en Centraal Europese landen aangetroffen (Lundstrom, 1999). Potentiële tussengastheren zijn *Culex pipiens*, *C. europaeus*, *C. modestus*, *Anopheles plumbeus*, *A. maculipennis*, *A. atroparvus*, *A. messeae*, *Aedes caspius*, *A. cantans*, *A. cinereus*, *A. detritus*, *A. dorsalis*, *A. punctor*, *A. sticticus*, *A. vexans*, *Coquillettidia richiardii*, *Culiseta annulata* en *C. morsitans* (Medlock et al., 2005). Een uitgebreid overzicht van de historie en ontwikkeling van het West-Nijl virus probleem in Europa is gegeven door de WHO (2004).

### ***Dengue (knokkelziekte)***

Dengue (ook bekend als knokkelkoorts) is een virale infectieziekte die voornamelijk wordt overgebracht door beten van de steekmuggensoort *Aedes aegypti*, maar soms ook door *Aedes albopictus*. Er zijn vier verschillende verwante virussen bekend (van de groep flavivirus) die een vergelijkbaar ziektebeeld kunnen geven; na het doormaken

van een infectie met één van de vier is men voor die variant levenslang immuun. Er ontstaat echter geen kruisimmunitet tegen de overige drie virussen. Integendeel, er zijn aanwijzingen dat bij een infectie met een van de andere virussen juist een ernstiger ziekteverloop optreedt. Dengue is een ziekte in opkomst; de mens is het voornaamste virusreservoir en de kans op overdracht van het virus neemt toe als veel mensen dicht op elkaar wonen en steekmuggen makkelijk toegang hebben.

De risicogebieden voor dengue komen min of meer overeen met die voor malaria. In Europa en Noord-Amerika komt de ziekte van nature niet voor, behalve in Mexico en Texas. In Midden-Amerika en de Caribische eilanden, Afrika en Zuid-Amerika rond de evenaar, India, Zuidoost-Azië, de Filippijnen en Noordoost-Australië is de ziekte endemisch. Dengue was eenmaal endemisch in Europa (Griekenland 1928: Giessen et al. 2004). Het endemisme is vooral een gevolg van de koude intolerantie van de tussengastheer *Aedes aegypti*, een gedomesticeerde, overdag mensen stekende steekmug. Echter nu de ziekte ook door de in Europa voorkomende soort *Aedes albopictus* kan worden overgedragen wordt het risico op een ziekte uitbraak veel groter (Giessen et al. 2004).

### ***Gele koortsvirus***

De Gele koorts is een infectieziekte veroorzaakt door het gele koortsvirus dat door steekmuggen wordt verspreid. De ziekte komt alleen in Afrika ten zuiden van de Sahara (ca. 180.000 gevallen per jaar) en Zuid- of Midden-Amerika (ca. 20.000 gevallen per jaar) voor. In Afrika gaat het meestal om de *Aedes aegypti* of *Aedes africanus*, in Zuid-Amerika zijn het vaak steekmuggen van het geslacht *Haemagogus*. Via de speekselklieren van de besmette mug komt het virus in het lichaam binnen en infecteert lymfocyten. Via de regionale lymfeklierstations verspreidt het virus zich vervolgens naar de rest van het lichaam. Muggen die een geïnfecteerde aap of mens steken worden na 2-3 weken besmettelijk.

Per jaar kan in een gebied met veel transmissie wel enkele procenten van de aanwezige bevolking geïnfecteerd worden met het gele koortsvirus. Bij de jongvolwassenen kan in zo'n gebied mede daarom bij de meerderheid antistoffen tegen gele koorts worden aangetroffen. In Nederland is er in meer dan 10 jaar geen gele koorts vastgesteld.

### ***Japanse encefalitis***

Japanse encefalitis is een in Azië niet zo zeldzame en potentieel ernstige virale hersenontsteking (verlammingen, epilepsie, coma, overlijden). Japanse encefalitis is met 30-50.000 gesignaleerde gevallen per jaar de voornaamste vorm van virale encefalitis in Azië, en heeft als bijnaam de 'pest van het Oosten'. Bij de mens veroorzaakt het virus meestal een onschuldige atypische infectie. Ongeveer 1 op 200 besmette personen ontwikkelt encefalitis (varieert tussen 1 per 50 tot 1 per 1000 besmettingen). In ongeveer 3 gevallen op tien lijdt de hersenontsteking tot de dood. In nog eens 3 gevallen op 10 zijn er blijvende neurologische of psychologische restverschijnselen.

De term 'Japanse' verwijst naar de plaats van de eerste virusisolatie in 1935. Het verspreidingsgebied is echter veel groter. De ziekte komt vooral voor in landelijke streken van Zuid- en Zuidoost-Azië (van India tot Japan). Recent dook het virus op in Papua Nieuw Guinea en het Noorden van Australië. De infectie komt in de

meeste gebieden seizoengebonden voor. In de gematigde klimaatzones vooral rond het einde van de zomer en het begin van de herfst en in de tropische klimaatzones bij het begin van de regenperiode (moesson). De aandoening komt vooral voor waar mensen en varkens in dicht verband samenleven.

### ***Ustuvirus***

Dit virus is voor het eerst in 1959 bij steekmuggen in Zuid-Afrika geïsoleerd en draagt de naam van een rivier in Swaziland. Het is aangetroffen bij vogels en zoogdieren. Het virus is nooit geassocieerd met een ernstige of fatale ziekte bij mensen of dieren (Weissenböck et al. 2002).

### ***Togaviridae***

Er zijn in totaal 25 verschillende togavirussen geïdentificeerd. Togavirussen kunnen verschillende diersoorten infecteren, waaronder vogels, knaagdieren en zoogdieren. Sommige togavirussen veroorzaken een fatale encefalitis (ontsteking van de hersenen) bij bijvoorbeeld paarden, terwijl andere infecties veel mildere symptomen laten zien. Ook mensen kunnen worden geïnfecteerd door togavirussen, alhoewel dit echter relatief weinig voorkomt. De symptomen van een togavirusinfectie bij mensen variëren van griepachtige verschijnselen tot een ernstige encefalitis.

### ***Ockelbo***

Het Ockelbo virus (een Sinbis gerelateerd virus) wordt door de steekmugsoorten *Aedes cantans*, *A. cinereus*, *A. communis*, *A. excrucians*, *A. intrudens*, *Culex pipiens*, *C. torrentium* en *Culiseta morsitans* overgedragen. Het virus overleeft in een vogel-mens-vogel overdrachtscyclus. De ziekte kenmerkt zich door gewrichtspijn (1 week tot 1 maand). Het virus is over geheel Europa, Azië en Afrika verspreid (WHO 2004).

### ***Sindbisvirus***

Het Sindbisvirus veroorzaakt koorts, huiduitslag en gewrichtspijn. Uitbraken zijn van Noord-Europa bekend uit 1981-1982, 1988 en 1995 (Lundstrom 1999). Het SIN virus is één van de minst gevaarlijke alphavirussen voor de mens en wordt daarom vaak gebruikt als een modelvirus in wetenschappelijk onderzoek (Jaenson 1990). Het Sindbisvirus wordt tussen vogels overgedragen door *Culex pipiens*, *C. torrentium* en *Culiseta morsitans*, and terwijl de overdracht tussen vogels en mens plaats vindt door soorten van het geslacht *Aedes*, met name *A. cinereus*, een soort die zowel bloed zuigt van vogels als van zoogdieren (Jaenson, 1990).

### ***Chikungunyavirus***

Het Chikungunyavirus is een togavirus dat een milde koorts veroorzaakt en is veelal niet levensbedreigend. Het virus kan overgedragen worden door *Aedes aegypti* en *Aedes albopictus* (tjgermug). Voorafgaand aan 2007 waren besmettingen in Europa vooral incidenteel als gevolg van reizigers die besmet terugkeerden. In augustus 2007 brak rond Ravenna in Noord-Italië de eerste epidemie van het Chikungunya-virus in Europa uit. Hierbij raakten > 200 mensen besmet (Seyler et al. 2008).

### ***Ross River***

Voor het eerste geïsoleerd in 1928. De ziekte uit zich in gewrichtspijnen, spierpijn, koorts en huiduitslag. Het wordt onder andere overgedragen door *Aedes vigilax*.

### ***Equine encefalitis (paardenencefalitis)***

Er zijn drie vormen van dit virus. Het virus maakt vooral slachtoffers onder paarden. Echter oversmetting naar de mens is mogelijk en maakte eenmaal in het noordoosten van de VS 35% dodelijke slachtoffers (kinderen). Het oostelijke virus is lethaler dan het westelijke of Venezuela. Het virus wordt door de geslachten *Culex*, *Culiseta*, *Aedes* en *Cocquilettidia* overgedragen.

### ***Overigen***

Naast de bovengenoemde virussen is er ook serologisch bewijs voor het voorkomen van het Semliki Forest complex virus in Centraal en Zuid-Europa.

### **Bacteriën**

#### ***Tularaemia***

Tularemie is een bacteriële zoönose veroorzaakt door *Francisella tularensis*. Deze bacterie is één van de meest virulente bacteriën. Infecties vinden in hoofdzaak incidenteel plaats, rechtstreeks door besmettingsbronnen van dierlijke oorsprong (zoals met uitwerpselen besmet hooi en stro), indirect via steekmuggen (Jaenson 1990) en teken of via oppervlaktewater. Evenals voor vele diersoorten is *F. tularensis* ook voor de mens een virulente ziekteverwekker. *F. tularensis* type B komt voor in Europa, Azië en Noord-Amerika (Jaenson 1990). Het veroorzaakt epidemieën onder bijvoorbeeld bevers, muskusratten en muizen. In Nederland is slechts eenmaal, bij een dode haas, *F. tularensis* aangetroffen. Men moet zich echter realiseren dat dit micro-organisme alleen met gerichte isolatie-technieken is te detecteren.

### **Protozoa**

Zie paragraaf 2.3.2 Malaria.

### **Wormen**

#### ***Filariasis***

De overdracht van filariasis (veroorzaakt door *Dirofilaria immitis*) geschiedt door *Anopheles*, *Culex*, *Cocquilettidia* en *Aedes* soorten (WHO 1989).



