Risicoanalyse van de planmaatregelen in een natuurontwikkelingsgebied in de IJsseluiterwaarden bij Olst op de mogelijke ontwikkeling van steekmuggenplagen

In opdracht van Dienst Landelijk Gebied, provincie Overijssel.

Risicoanalyse van de planmaatregelen in een natuur-ontwikkelingsgebied in de IJsseluiterwaarden bij Olst op de mogelijke ontwikkeling van steekmuggenplagen

Tj.H. van den Hoek
P.F.M. Verdonschot

Alterra-rapport 984

Alterra, Wageningen, 2005

REFERAAT

Van den Hoek, Tj.H. & P.F.M. Verdonschot, 2005. *Risicoanalyse van de planmaatregelen in een natuur-ontwikkelingsgebied in de IJsseluiterwaarden bij Olst op de mogelijke ontwikkeling van steekmuggenplagen.* Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 984. 40 blz.; 2 fig.; 3 tab.; 57 ref.

Dit rapport is tot stand gekomen in opdracht van de Dienst Landelijk Gebied, provincie Overijssel. Het project had als doel het benoemen van risico's ten aanzien van de ontwikkeling van leefgebieden van steekmuggen bij de uitvoering van het Voorontwerp Inrichtingsplan (2004) in het natuurontwikkelingsgebied Welsumer- en Fortmonderwaarden tussen Olst en Veessen. Het rapport beschrijft mogelijke risico's en geeft daarnaast oplossingen voor de inrichting en het beheer van het projectgebied.

Trefwoorden: Culicidae, insectenplagen, natuurontwikkeling, plaagvorming, risicoanalyse, rivieruiterwaarden, steekmuggen

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door € 20,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 984. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2005 Alterra
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd 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.

[Alterra-rapport 984/04/2005]

Inhoud

Woord vooraf 7

Samenvatting 9

1 Inleiding 11

2 Gebiedsbeschrijving en planmaatregelen 13
2.1 Beschrijving westelijke uiterwaarden 13
2.2 Beschrijving oostelijke uiterwaarden 14

3 Risicoanalyse 19
3.1 Inleiding 19
3.2 Risicobepalende factoren 19
3.3 Risicocategorieën 22
3.4 Analyse 23

4 Aanpassingen van voorgenomen planmaatregelen 25

5 Discussie 27

6 Conclusies 29

7 Aanbevelingen voor nader onderzoek 31

Literatuur 33

Bijlagen
1 Verklarende woordenlijst 37
2 Ecologie van steekmuggen 39

Woord vooraf

Dit rapport is tot stand gekomen in opdracht van de Dienst Landelijk Gebied (DLG)-provincie Overijssel. Aanleiding voor deze rapportage zijn zorgen van bewoners in de Welsumer- en Fortmonderwaarden over eventuele steekmuggen-overlast als gevolg van de geplande natuurontwikkeling in de uiterwaarden tussen Olst en Veessen (Voorontwerp Inrichtingsplan 2004).

In een overleg zijn vanuit meerdere disciplines mogelijke knelpunten en risico's van de voorgenomen inrichtingsmaatregelen van DLG-Overijssel op de potentiële ontwikkeling van steekmuggenpopulaties bestudeerd. Aan dit overleg hebben meegewerkt dhr. Gerritse (Staatsbosbeheer), dhr. Van Hezel (Rijkswaterstaat), dhr. Logtenberg (DLG-Overijssel), dhr. Spek (DLG-Overijssel) en dhr. Van den Hoek (Alterra). Het overleg en een literatuurstudie naar factoren die van invloed zijn op de ontwikkeling van steekmuggenplagen, vormden de basis van dit rapport.

Samenvatting

In de rivieruiterwaarden tussen Olst en Veessen is een grootschalig natuur-ontwikkelingsproject gepland. Met het aanleggen van nevengeulen, hoogwatergeulen, plassen en rivierbegeleidende moerassystemen hoopt de Dienst Landelijk Gebied (DLG)-provincie Overijssel, de natuurontwikkeling van de rivieruiterwaarden een belangrijke impuls te geven (Voorontwerp Inrichtingsplan 2004).

Tijdens voorlichtingssessies zijn zorgen naar voren gekomen over mogelijke overlast van steekmuggen als gevolg van de natuurontwikkeling. Daarom is het Voorontwerp Inrichtingsplan geanalyseerd op het risico van vorming van leefmilieus van steek-muggen.

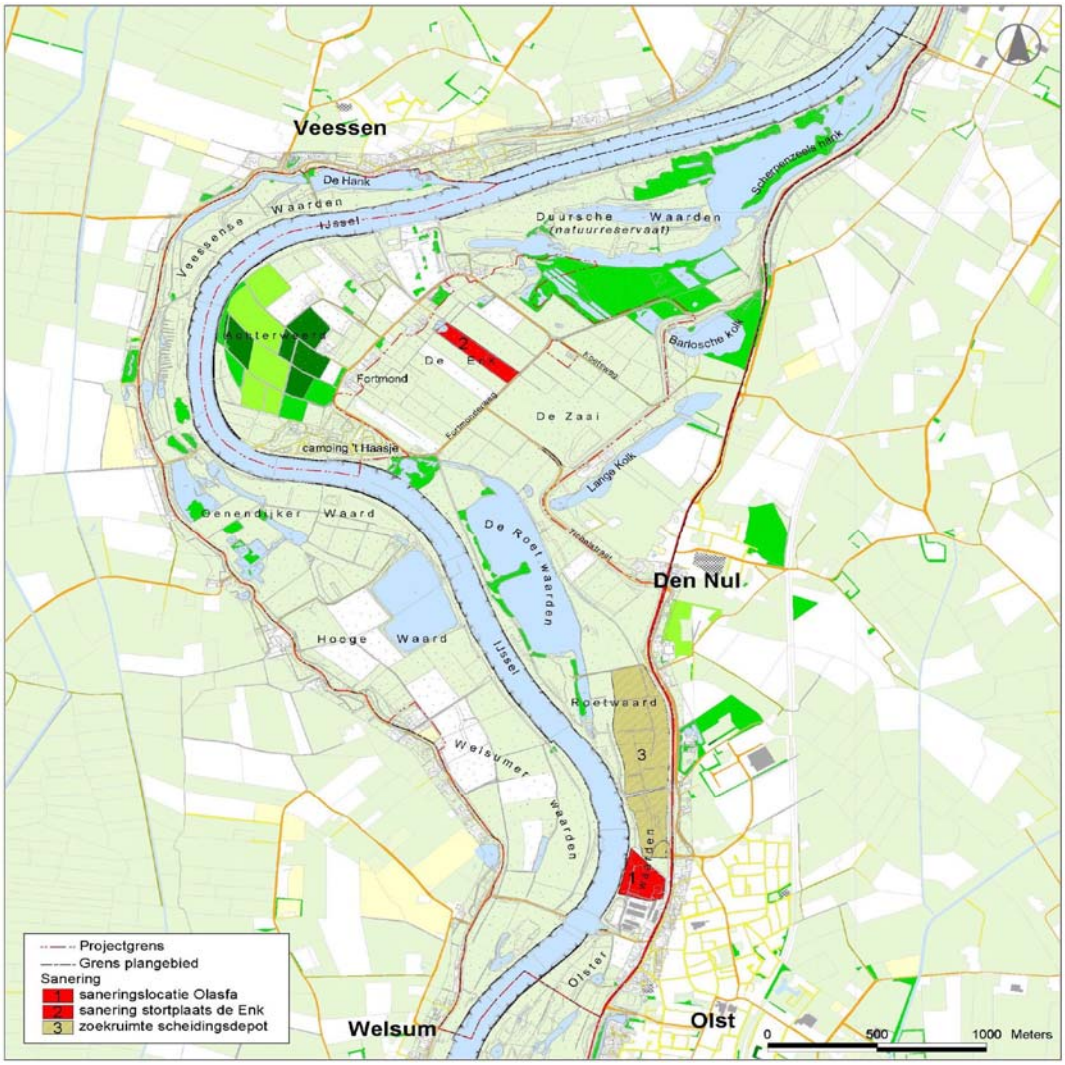
Uit de analyse bleek dat bij inrichting van de uiterwaarden bij Olst zowel zeer risicovolle, potentieel risicovolle als weinig risicovolle gebieden kunnen ontstaan. De risico's betreffen vooral de vlak gelegen terreinen of de geleidelijke overgang van land naar water. Gebieden waar op termijn verlanding en droogval gaan plaatsvinden hebben een potentieel risico op de vorming van geschikt leefmilieu voor steekmuggen.

Onzeker is in welke mate kleine habitats voor steekmuggen ontstaan als gevolg van het reliëf van het terrein in combinatie met inundatie. Hoewel de bodemopbouw van het gebied een belangrijke factor is bij de vorming van steekmuggenhabitat, was het niet mogelijk deze factor te betrekken in de risicoanalyse. De bodemopbouw is van belang omdat locale kleiafzettingen voor retentie van water in het gebied kunnen zorgen.

1 Inleiding

Het Gebiedsgericht Project IJsseluiterwaarden Olst, opgesteld door de Dienst Landelijk Gebied (DLG)-provincie Overijssel, schetst de inrichting en natuurontwikkeling van de Welsumer- en Fortmonderwaarden. De Provincie Gelderland heeft het Gelderse deel van de uiterwaarden in het natuurgebiedplan IJsselvallei en Randmeerkust aangewezen als nieuwe natuur, bestaande uit bloemrijk grasland en natte tot vochtige ooibossen. De uiterwaarden maken ook deel uit van de landelijke Ecologische Hoofdstructuur (Voorontwerp Inrichtingsplan 2004).

Het projectgebied Welsumer- en Fortmonderwaarden maakt deel uit van een groter plangebied dat bestaat uit de uiterwaarden aan weerszijden van de IJssel tussen Olst en Veessen (figuur 1).



Figuur 1. Overzicht van het plan- en projectgebied Olst (bron: Voorontwerp Inrichtingsplan 2004)

Tot het plangebied behoort het natuurreservaat de Duursche Waarden, dat al 15 jaar als natuurlijke rivieruiterwaard in ontwikkeling is. In het projectgebied zijn maatregelen beoogd ten behoeve van:
1. grootschalige natuurontwikkeling en rivierverruiming;
2. recreatief gebruik;
3. bereikbaarheid;
4. saneringen van een bouwafvalstortplaats en het Olasfa-terrein.

In de uiterwaarden van de grote Nederlandse rivieren worden steeds meer natuur-ontwikkelingsprojecten uitgevoerd. Hierbij ontstaan onder andere ondiepe of periodiek droogvallende wateren, met de kans op gunstige biotopen voor plaagvormende insecten. Het optreden van of de angst voor plaagvormende insecten wordt regelmatig door de bevolking als zorg benoemd.

De bewoners van Fortmond hebben tijdens voorlichtingssessies hun zorgen geuit over eventuele steekmuggenoverlast die zou kunnen ontstaan na uitvoering van het plan.

DLG-Overijssel heeft het initiatief genomen om met deskundigen uit meerdere disciplines de voorgenomen inrichtingsmaatregelen te bestuderen. Aan dit overleg hebben meegewerkt dhr. Gerritse (Staatsbosbeheer), dhr. Van Hezel (Rijks-waterstaat), dhr. Logtenberg (DLG-Overijssel), dhr. Spek (DLG-Overijssel) en dhr. Van den Hoek (Alterra).

Aan Alterra is gevraagd om op basis van hun expertise en een literatuurstudie, een risicoanalyse uit te voeren om mogelijk risicovolle situaties te benoemen en aanbevelingen te doen voor eventuele planaanpassingen. Aan de hand van het eerder genoemde overleg zijn de methode, resultaten van de risicoanalyse en de aan-bevelingen voor planaanpassingen samengevat in dit rapport.

Dit rapport beschrijft het gebied en de inrichtingsmaatregelen (hoofdstuk 2), de risicoanalyse (hoofdstuk 3) en de planaanpassingen om risico's te minimaliseren (hoofdstuk 4). Als achtergrondinformatie is voor een beter begrip van de levenswijze van steekmuggen in de bijlage een hoofdstuk opgenomen waarin de biologie, ecologie en plaagvorming van steekmuggen aan bod komen.

2 Gebiedsbeschrijving en planmaatregelen

Het plangebied omvat de uiterwaarden aan weerszijden van de IJssel tussen Olst en Veessen (ongeveer 450 ha). Binnen dit plangebied ligt het projectgebied: een westelijk deel (Welsumer Waarden) en een oostelijk deel (Fortmonderwaarden). Het plangebied wordt gekarakteriseerd door gekromde rivierbochten en een ruime afwisseling van brede en smalle uiterwaarden. Het is een belangrijk gebied als onderdeel van de Ecologische Hoofdstructuur (EHS) langs de grote rivieren (Natuurbeleidsplan 1990). Ook voor de berging van rivierwater bij hoogwaterpeil is het gebied belangrijk (Voorontwerp Inrichtingsplan 2004). Omdat bij inrichting zonder ingrepen in de bergingscapaciteit van de uiterwaarden de maatgevende hoogwaterstand MHW toeneemt zijn randvoorwaarden geformuleerd om een vereiste doorstroming te garanderen (Voorontwerp Inrichtingsplan 2004). De randvoorwaarden worden gerealiseerd door het doorstroomprofiel te verruimen en de weerstand van de vegetatie en andere obstakels te verminderen. Dit betekent dat op termijn de vegetatiehoogte door beheersmaatregelen wordt gereguleerd (Voorontwerp Inrichtingsplan 2004). De ontwerphoogten van het maaiveld en ontwerpdiepten van de (neven)geulen zijn volledig afgestemd op het verloop van de fluctuaties van waterstanden van de IJssel en de benodigde afvoercapaciteit bij de maatgevende hoogwaterstand (MHW).

Dit hoofdstuk beschrijft de huidige inrichting en functie van de westelijke en oostelijke uiterwaarden en de geplande maatregelen voor inrichting van het gebied die zich concentreren op de streefbeelden van te ontwikkelen riviergebonden natuur. In figuur 2 zijn de planmaatregelen schematisch weergegeven.

De recreatieve voorzieningen en inrichtingen ten behoeve van de bereikbaarheid voor bewoners worden buiten beschouwing gelaten.

2.1 Beschrijving westelijke uiterwaarden

Gebiedsbeschrijving

De westelijke uiterwaarden (van zuid naar noord) zijn: de Welsumer Waarden, de Hooge Waard, de Oenendijker Waard en de Veessense Waarden. Grote delen van deze uiterwaarden zijn in gebruik als agrarisch gebied. De Hooge Waard is een voormalige zandwinplas. In de Oenendijker Waard liggen meerdere plassen en andere kleinschalige natte natuur. In de Veessense Waarden ligt De Hank, een nevengeul die benedenstrooms is aangetakt op de IJssel.

In de westelijke uiterwaarden is geen bebouwing aanwezig uitgezonderd één hooggelegen boerderij in de Welsumer Waarden.

Planmaatregelen
In het inrichtingsplan worden in de westelijke uiterwaarden twee nevengeulen van de IJssel, een hoogwatervluchtplaats en maaiveldverlagingen beoogd (figuur 2).

Een nevengeul wordt ter hoogte van Olst aangetakt op de IJssel en benedenstrooms mondt deze ter hoogte van de Oenendijker Waarden weer uit op de IJssel. Voor het ontwerp van deze nevengeul gelden een aantal randvoorwaarden die zijn beschreven in het Voorontwerp Inrichtingsplan IJsseluiterwaarden Olst (2004). Deze nevengeul zal zelfs bij zeer lage waterstanden blijven meestromen met de IJssel. Een tweede nevengeul in de Hooge Waard is alleen benedenstrooms aangetakt op de IJssel.

In een brede zone langs de IJssel is voorzien in de ontwikkeling van ooibos, moeras en ruigtes die door fluctuatie van de rivier worden geïnundeerd. Hiervoor wordt aan beide zijden van de nevengeulen en in het zuidelijke deel van De Hank grond afgegraven. De oeverzones vormen een geleidelijke overgang van land naar water. Het verlagen van het maaiveld zorgt voor omstandigheden waarin gevarieerde natte riviergebonden natuur en moerassen zich kunnen ontwikkelen.

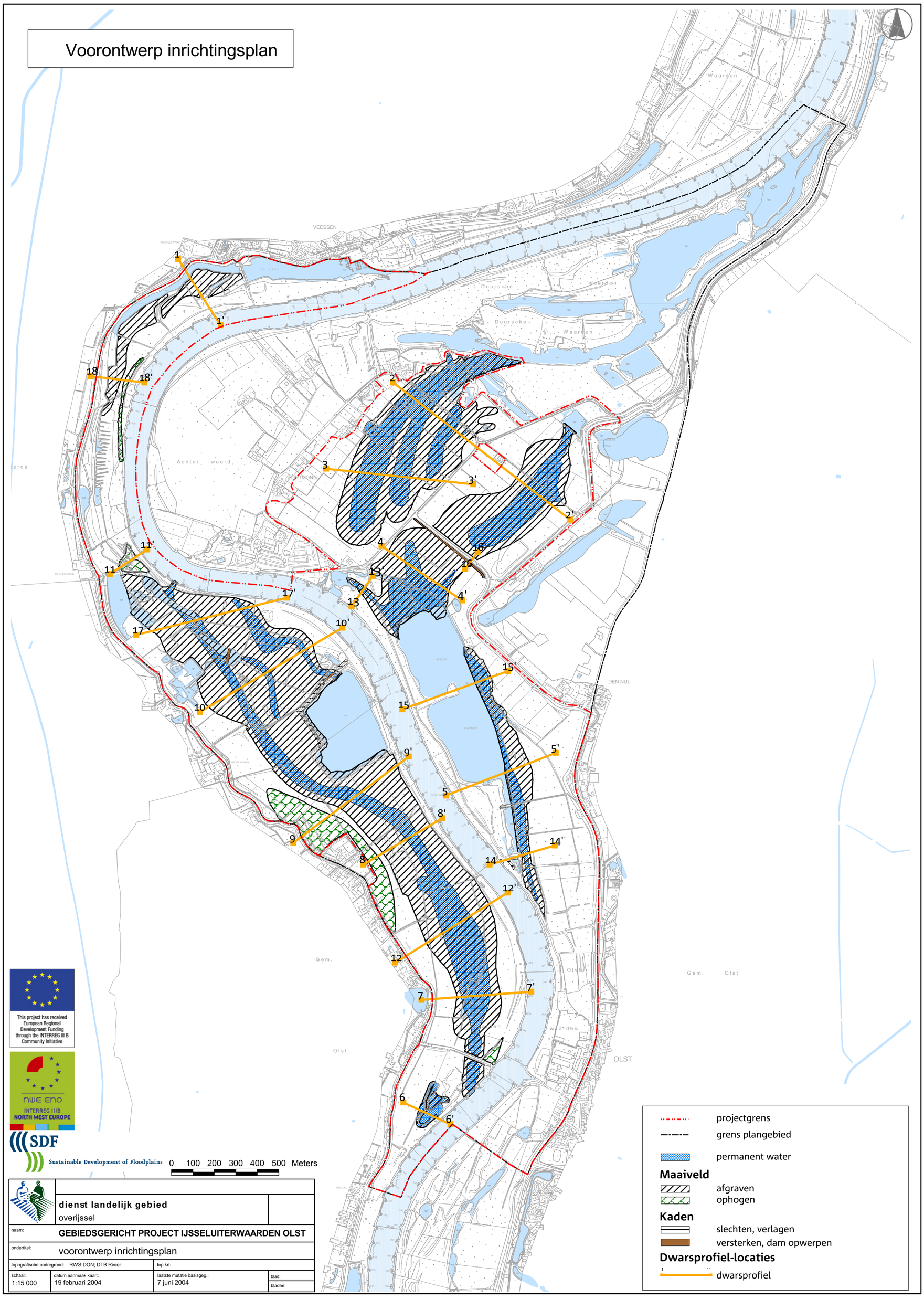
In een niet af te graven zone langs de IJsseldijk worden grasland en ruigtes gecreëerd. Daarnaast worden tegen de IJsseldijk delen opgehoogd om hoogwatervluchtplaatsen voor het vee te realiseren. De Hooge Waard wordt als paaiplaats voor vissen ingericht.

Het beheer van de gehele westelijke uiterwaard zal bestaan uit extensief begrazingsbeheer (runderen en paarden). De Oenerdijkse Waarden en de Veessense Waarden zijn aangewezen als habitatrichtlijngebied, de Hooge Waard en de Welsumer Waarden als vogelrichtlijngebied.

2.2 Beschrijving oostelijke uiterwaarden

Gebiedsbeschrijving
De oostelijke uiterwaarden bestaan uit een zuidelijk deel met daarin de Olster Waarden en de Roet Waarden. In de Roet Waarden zijn twee voormalige zandwinplassen gelegen. In een smalle zone tussen de IJssel en deze zandwinplassen heeft zich een ooibos ontwikkeld. In het centrale gedeelte van de oostelijke uiterwaard liggen de gebieden De Zaai, De Enk en Achterweerd. Ten oosten van De Zaai is een kolk gelegen (Lange Kolk). Zowel De Enk als De Zaai hebben op dit moment een agrarisch grondgebruik. In De Enk ligt een voormalige bouwafval-stortplaats. De Achterweerd is grotendeels een aaneengesloten bosgebied met hier en daar agrarisch grondgebruik.

In het noorden van de oostelijke uiterwaarden ligt het natuurreservaat de Duursche Waarden. Dit is een groot natuurontwikkelingsgebied dat noordelijk is aangetakt op de IJssel. Het gebied is al 15 jaar als moeras- en ooibos in ontwikkeling. Vlak naast de IJsseldijk ligt nog een kolk (Barlosche Kolk).



Figuur 2 Voorgenomen inrichtingsmaatregelen (bron: Voorontwerp Inrichtingsplan 2004)

Vanaf een waterpeil van > 2,5 m + NAP worden naar verwachting grote delen van het gebied geïnundeerd. Bij hoogwater zullen de geulen in De Enk en De Zaai eerst volstromen via de geul in de Duursche Waarden. Pas bij een hoogwaterpeil hoger dan 5,1 m + NAP zal de hoogwatergeul in de Roetwaard in verbinding komen te staan met de geulen in De Enk en De Zaai.

De bebouwing concentreert zich voornamelijk aan beide zijden van de Fortmondweg tussen Achterweerd, De Enk en de Duursche Waarden. Het gaat om ongeveer 40 woningen. Naast de IJssel ligt de camping 't Haasje. Verspreid over de oostelijke uiterwaard liggen nog enkele boerderijen.

Planmaatregelen

Het inrichtingsplan omvat de aanleg van een hoogwatergeul in de Roetwaarden, een aantal geulen in De Enk en De Zaai, een hoogwatervluchtplaats en maaiveld-verlagingen (figuur 2).

De hoogwatergeul wordt bovenstrooms tussen Olst en Den Nul aangetakt op de IJssel. Deze geul gaat alleen met de IJssel meestromen tijdens hoogwater. De zandwinplas in de Roetwaard gaat onderdeel uitmaken van deze hoogwatergeul. De oevers worden aan de oostzijde afgegraven en zodanig aangelegd dat de oeverzone een geleidelijk overgang heeft van water naar land met de bijbehorende variatie van natte natuur. Noordelijk zal de zandwinplas verder worden uitgegraven voor permanent water en wordt het maaiveld verlaagd.

Meest oostelijk in De Zaai wordt een geïsoleerde geul aangelegd. Rondom deze geul worden de oevers afgegraven voor de ontwikkeling van ooibos. Voor het gebied De Enk zijn een drietal vingervormige geulen gepland waarvan de twee meest westelijk gelegen geulen worden verbonden met de reeds bestaande geul in de Duursche Waarden. De oostelijk gelegen geul in De Enk zal geïsoleerd liggen maar zal periodiek geïnundeerd worden.

Het beheer van de oostelijke uiterwaard zal overeenkomen met de westelijke uiterwaard: extensief begrazingsbeheer uitgezonderd een deelgebied op De Enk, waar agrarisch natuurbeheer is voorgesteld.

3 Risicoanalyse

3.1 Inleiding

De inrichtingsmaatregelen zijn in figuur 2 schematisch weergegeven. In dit hoofdstuk zijn de voorgenomen inrichtingsmaatregelen geanalyseerd op risico's. De analyse is uitgevoerd op basis van factoren of processen die van invloed zijn op de vorming van leefgebieden van steekmuggen. Daarnaast zijn risicocategorieën geformuleerd om te beoordelen in welke mate de inrichting risico's met zich meebrengt. De analyse beperkt zich tot het gebied waar de inrichtingsmaatregelen worden uitgevoerd.

In het natuurreservaat de Duursche Waarden zijn populaties van steekmuggen aanwezig. Al is de omvang van deze populaties onbekend, na inrichting van het gebied kunnen deze populaties een basis vormen voor ontwikkeling van nieuwe steekmuggenpopulaties.

3.2 Risicobepalende factoren

De volgende factoren of processen zijn van invloed op de vorming van leefgebieden van steekmuggenplagen en bepalen de risico's van de inrichtingsmaatregelen.

Geschiktheid leefgebieden steekmuggen
In het algemeen ontwikkelen steekmuggen zich in kleine, stilstaande, ondiepe en semi-permanente oppervlaktewateren. Steekmuggen zijn aangepast aan een grote dynamiek van milieuvariabelen (temperatuurswisseling, uitdroging, organische verontreiniging, wisselend zuurstofgehalte) in tegenstelling tot veel potentiële predatoren. Steekmuggen zijn daardoor typisch voor dynamische milieus.
Voor plaagvormende steekmuggenpopulaties kan onderscheid worden gemaakt in het leefmilieu van huis- en veensteekmuggen (tabel 1).

Tabel 1. Verdeling van steekmuggenhabitats naar de locaties van ei-afzetting.

Groep	genera van steekmuggen	locaties van ei-afzetting	Habitat
veensteekmuggen	*Aedes* subgenus *Culicella*	semi-aquatisch of terrestrisch (vochtige bodems)	randen van vochtige bossen, moerasbossen, veenmoerassen en overstromingsplassen in rivier- en beekdalen
huissteekmuggen	*Culex, Anopheles* subgenus *Culiseta*	wateroppervlak	vrijwel alle semi-permanente en temporaire wateren, ook massale ontwikkeling in boomgaten, regentonnen, blikjes, autobanden, dakgoten en overige antropogene waterpartijen

De huissteekmuggen kunnen zich vrijwel in alle semi-permanente, temporaire 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.

De ontwikkeling van veensteekmuggen is daarentegen sterk gebonden aan waterpeilfluctuaties. De larven leven in temporaire moeras/dras-situaties omdat tijdelijk droogvallend substraat als locatie van ei-afzetting fungeert. 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.

Voor adulte steekmuggen zijn hoog opgaande (lintvormige) begroeiingen aantrekkelijk om er in te verblijven. Deze plaatsen geven bescherming tegen wind en hebben over het algemeen een hoge luchtvochtigheid. Ook worden deze begroeiingen door adulte steekmuggen gebruikt om van de ene plaats naar de andere plaats te trekken en kunnen een verbindingszone vormen tussen het leefgebied van steekmuggen en de bebouwing.

Het vermogen tot trekken van steekmuggen kan echter sterk per soort verschillen. Sommige soorten kunnen zich verspreiden in half open terrein, terwijl andere soorten sterk gebonden zijn aan bossen en open terrein vermijden.

Permanentie oppervlaktewater

De waterdiepte van het oppervlaktewater in rivieruiterwaarden bepaalt de permanentie van het oppervlaktewater. Op basis van waterdiepte en hydrologische isolatie van het oppervlaktewater zijn een viertal watertypen onderscheiden.

Oppervlaktewater met een waterdiepte van meer dan 1 m zal vrijwel altijd water bevatten, vooral indien deze verbonden zijn met de rivier. Hierdoor kunnen populaties van predatoren van steekmuggen hun levenscyclus voltooien. Als gevolg hiervan kunnen populaties van steekmuggen zich niet massaal ontwikkelen.

Oppervlaktewater met een geringe waterdiepte (waterdiepte minder dan 1 m) en geïsoleerd ten opzichte van de IJssel liggende oppervlaktewateren hebben een grotere kans om droog te vallen. Droogvalling is bij uitstek een gunstige uitgangspositie voor de ontwikkeling van steekmuggen. Veel predatoren van steekmuggen kunnen hun levenscyclus niet voltooien in tijdelijk droogvallende wateren.

Stroming

De larven en poppen zijn zeer gevoelig voor stroming (Fritz & Heimer 1981). Beide genoemde stadia zijn voor hun ontwikkeling afhankelijk van stilstaand water. Populaties van steekmuggen zullen vooral in hun ontwikkeling beperkt blijven in smalle stromende nevengeulen. In grotere oppervlaktewateren met een brede ondiepe oeverzone zal tussen de oevervegetatie stroming nauwelijks invloed hebben op de ontwikkeling van steekmuggen. In deze delen zal de aanwezigheid van predatoren een belangrijkere factor zijn en steekmuggenontwikkeling beperken.

Terreinreliëf in relatie tot de bodemopbouw

Het reliëf van het terrein is een afwisseling van geringe hoogten en laagten van het maaiveld. Deze afwisseling kan het gevolg zijn van een natuurtechnische aanleg tijdens de inrichting van de rivieruiterwaarden. Ook door erosie en sedimentatie van bodemmateriaal tijdens inundaties kan een bepaald reliëf ontstaan.

Bij inundatie of perioden met veel neerslag kan water blijven staan in laagten, kleine putjes en kuilen. De duur van de retentie van het water is afhankelijk van de doorlatendheid van de bodem. Wanneer veel kleiafzettingen in de bodem van de rivieruiterwaarden aanwezig is, kan water een lange tijd blijven staan. Bestaat de bodem voornamelijk uit zand dan zal het water sneller inzijgen.

Wanneer in het voorjaar plassen en poelen na piekafvoeren 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 uitgangssituatie voor steekmuggenplagen. Aan de andere kant kunnen frequentere overstromingen (delen van) gevormde steekmuggenpopulaties weer wegspoelen. Het is onvoorspelbaar welke factoren een doorslaggevende rol zullen hebben.

Hoogteligging in relatie tot inundatie

De frequentie en duur van inundatie in een gebied hangt samen met de hoogteligging van het gebied. De waterstand in elk deelgebied is afhankelijk van de ontwerphoogten en -diepten ter plaatse en de afstand tot de rivier.

Naar verwachting zullen gebieden in de uiterwaarden rond de 2 m + NAP relatief vaak geïnundeerd worden. Hoger gelegen delen, > 4 m + NAP, zullen slechts incidenteel overstromen. Daarnaast zullen gebieden rond de 2 m + NAP ook relatief langer geïnundeerd worden in verhouding tot de hoger gelegen delen, waardoor het vochtige karakter van de laag gelegen gebieden wordt versterkt.

De rivieruiterwaarden inunderen in de regel vooral in de winter en het voorjaar. Wanneer in lager gelegen uiterwaarden de verblijftijd van het rivierwater toeneemt, vergroot dit de dynamiek van semi-permanente milieus. Hierdoor neemt de kans toe dat populaties van steekmuggen hun levenscyclus kunnen voltooien.

Terreinhelling in relatie tot inundatie

De terreinhelling in samenhang met het terreinreliëf bepaalt voornamelijk de verblijftijd van het rivierwater na inundatie van de uiterwaarden. In relatief steil terrein zal het rivierwater na inundatie sneller afstromen. In vlak gelegen gebieden zal het oppervlaktewater na inundatie langer verblijven. In deze gebieden zal het terreinreliëf een grotere rol spelen.

Processen in de tijd

In de ontwikkeling van natuurgebieden in de tijd zijn een aantal processen belangrijk voor de vorming van leefgebieden van steekmuggen.

Ten eerste heeft verlanding van ondiepe oppervlaktewateren voordelen voor steekmuggen. Door dichte submerse en emergente watervegetaties hebben larven van steekmuggen meer schuilmogelijkheden tegen predatie. Door verlanding ontstaan er brede oeverzones.

Ten tweede is de begrazing van runderen en/of paarden van belang omdat hierdoor het reliëf van het terrein een natuurgebied vergroot kan worden. Afhankelijk van de bodemgesteldheid en vegetatiestructuur kunnen plekken (pootafdrukken, kuilen, ligplekken van vee) ontstaan waarin na inundatie water blijft staan.

Ten derde treedt verrijking met voedingsstoffen (eutrofiëring) na inundaties op. Eutroof oppervlaktewater heeft een sterk wisselende zuurstofhuishouding. Steekmuggen hebben, in geval van zuurstofarme condities, door een aangepaste ademhaling meer overlevingskansen ten opzichte van predatoren.

Ook het beheer (maaibeheer en begrazing) van terreinen 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 steekmuggen.

3.3 Risicocategorieën

In het projectgebied zijn meerdere gebiedstypen gepland. De in paragraaf 3.2 genoemde risicobepalende factoren hangen sterk samen met het gebiedstype. Daarom is onderscheid gemaakt tussen een viertal gebiedstypen en zijn per gebiedstype de risicobepalende factoren benoemd:

1. *Permanente oppervlaktewateren, zelden of nooit droogvallend*
   Op basis van de waterdiepte en hydrologische isolatie zijn de permanente oppervlaktewateren onderscheiden in vier types:
   a) Diepe oppervlaktewateren (waterdiepte groter dan 1 m) permanent aangesloten op de rivier.
   b) Diepe hydrologisch geïsoleerde oppervlaktewateren (waterdiepte groter dan 1 m) die alleen via het grondwater of door inundatie (rivier)water verkrijgen.
   c) Ondiepe oppervlaktewateren (waterdiepte kleiner dan 1 m), permanent aangesloten op de rivier.
   d) Ondiepe geïsoleerde oppervlaktewateren (waterdiepte kleiner dan 1 m).
   In permanente oppervlaktewateren zijn de permanentie van het oppervlaktewater, stroming en verlanding de risicobepalende factoren.

2. *Semi-permanente oppervlaktewateren, regelmatig/jaarlijks droogvallend*
   Deze gebiedsdelen worden gevonden langs de randen van permanente oppervlaktewateren en laag gelegen (tot 3 m + NAP) moeras/dras-situaties die door een tijdelijk lagere waterstand droogvallen. Risicobepalende factoren zijn hoogteligging, terreinhelling, droogvalling en verlanding.

3. *Hoger gelegen gebiedsdelen, regelmatig/jaarlijks inunderend*
   Dit type gebied ligt relatief hoog: 3 tot 4 m + NAP en zal alleen inunderen bij piekafvoeren van de rivier. Ook tijdens perioden met veel neerslag in combinatie met een terreinreliëf en een weinig doorlatende bodem kan water langdurig blijven staan. Risicobepalende factoren zijn terreinhoogte, terreinhelling in combinatie met de doorlatendheid van de bodem en het beheer (maaibeheer en begrazing).

4. *hoog gelegen, droge gebieden, zelden of nooit droogvallend*
   Hoog gelegen gebieden (> 4 m + NAP) bestaan na inrichting uit een aantal hoogwatervluchtplaatsen en kades. Slechts incidenteel worden deze gebieden geïnundeerd. Risicobepalende factoren zijn terreinhelling, terreinreliëf en beheervorm.

Op basis van de risicobepalende factoren zijn een viertal risicocategorieën geformuleerd. Hiermee kan worden beoordeeld in welke mate de in te richten gebieden risico's met zich meebrengen (tabel 2).

Tabel 2. Risicocategorieën in relatie tot het gebiedstype.

Categorie	Gebiedstype
zeer risicovol (++)	ondiepe, geïsoleerde en/of droogvallende plassen en poelen (b.v. gebiedstype 1d) vlakke, laaggelegen en regelmatig geïnundeerd gebieden en plas/dras situaties (b.v. gebiedstype 2)
potentieel risicovol (+)	ondiepe plassen of geulen bovenstrooms of benedenstrooms aangesloten op de rivier maar met verlandingszones (b.v. gebiedstype 1c) vlakke tot matig steile terrein en hoger gelegen gebieden, relatief minder vaak geïnundeerd maar met semi-permanente milieus (b.v. gebiedstype 3)
risicoarm (+/-)	diepe, permanente grote oppervlaktewateren met smalle oeverzones (b.v. gebiedstype 1a of 1b) matig steile tot steile en hooggelegen gebieden, gebieden die incidenteel inunderen en met terreinreliëf (b.v. gebiedstype 3 of 4)
geen risico (0)	steile en/of hoog gelegen gebieden die zelden inunderen (b.v. gebiedstype 4)

3.4 Analyse

Het inrichtingsgebied is verdeeld in geografische deelgebieden. Per deelgebied is beoordeeld aan welke factor positief wordt voldaan. In een deelgebied kunnen meerdere gebiedstypen voorkomen.

De factor stroming is onafhankelijk van een gebiedstype geanalyseerd. De factoren terreinreliëf en processen in de tijd zijn niet alleen afhankelijk van de toekomstige inrichting en ontwikkeling van het terrein maar ook van de locale terreingesteldheid, ligging en het beheers van het terrein. Omdat onbekend is in welke mate deze factoren op termijn een risicobepalende rol gaan spelen zijn deze factoren niet meegewogen in de analyse.
In tabel 3 zijn de resultaten van de risicoanalyse gegeven.

Tabel 3. Risico's op steekmuggen in de inrichtinggebieden van de uiterwaarden bij Olst.

Deelgebied	**risico**	**stroming**	permanente oppervlaktewateren, zelden of nooit droogvallend				semi-permanente oppervlaktewateren, regelmatig/jaarlijks droogvallend	hoger gelegen gebiedsdelen, regelmatig/jaarlijks inunderend	hoog gelegen, droge gebieden, zelden of nooit droogvallend
			diep, niet geïsoleerd water	diep geïsoleerd water	ondiep, niet geïsoleerd water	ondiep geïsoleerd water	vlak	matig steil	matig steil tot steil
Westelijke uiterwaarden									
plas Welsumer Waarden	++					x	x		
instroomopening nevengeul	+/-	x	x					x	
nevengeul Veerweg/Hooge Waard	+/-	x	x					x	
hoogwatervluchtplaatsen Hooge Waard	0								x
Nieuwe geulen Hooge Waard e.o.	++				x		x		
Nevengeul De Hank e.o.	++				x		x		
Hoogwatergeul Roet Waarden	+/-		x					x	
Nieuwe plas De Zaai	+/-		x					x	
Nieuwe geulen De Enk	+/-		x					x	
Geïsoleerde geul De Enk	+			x				x	
Tuimelkade De Enk	0								x

4 Aanpassingen van voorgenomen planmaatregelen

In het vorige hoofdstuk is het Voorontwerp Inrichtingsplan (2004) per deelgebied geanalyseerd op risico's op steekmuggen. Dit hoofdstuk schetst mogelijke maatregelen om steekmuggenplagen te beperken. De maatregelen leiden over het algemeen tot een reductie van het oppervlakte gebied waar geschikte habitats kunnen ontstaan voor steekmuggen.

In de gebiedsdelen die als zeer risicovol zijn benoemd:

- Ondiepe plassen (b.v. plas Welsummer Waarden) en poelen kunnen worden verdiept om uitdroging te voorkomen. Het voorkomen van uitdroging en verlanding (kenmerkend voor ondiepe, stilstaande oppervlaktewateren) voorkomt in potentie de vorming van geschikt leefgebied van steekmuggen.
- Het aansluiten van de geulen in de Hooge Waard, die nu alleen bovenstrooms zijn aangesloten op de IJssel, op de grotere nevengeul zal de doorstroming van het oppervlaktewater vergroten.
- In vlakke, laaggelegen gebieden (b.v. Hooge Waard) is het zorgen voor een goede afwatering na inundatie van belang. In deze gebieden moet voorkomen worden dat water na inundatie blijft staan.

Gebiedsdelen met potentiële risico's:

- Het aansluiten van geïsoleerde oppervlaktewateren (b.v. geïsoleerde geul in de De Enk) op permanente oppervlaktewateren. Door de aanwezigheid van predatoren kunnen deze een beperkende invloed op de omvang van steekmuggenpopulaties hebben.
- In hoger gelegen terreinen moet bij inrichting voorkomen worden dat er ondiepe plekken ontstaan die na inundatie tijdelijk water bevatten.

Gebiedsdelen die als risicoarm zijn benoemd:

- De geulen en plassen (De Enk/De Zaai) die alleen bovenstrooms zijn aangesloten op de IJssel kunnen ook benedenstrooms aangesloten worden. Op deze wijze kan permanent of regelmatig het oppervlaktewater doorstromen. Stroming verlaagt de omvang van steekmuggenpopulaties.
- Bij de inrichting van grotere plassen (b.v. de nieuwe plas in De Zaai) kan het vergroten van de helling van glooiende oevers het oppervlak aan potentieel geschikt leefgebied verminderen. Na inundatie moet het oppervlaktewater zo snel mogelijk kunnen afwateren.
- De hoger gelegen terreinen dienen zo ingericht te worden dat na inundatie het oppervlaktewater niet blijft staan maar zo snel mogelijk kan afwateren.

Van de hoogwatervluchtplaats in de Hooge Waard en tuimelkade in De Enk zijn nauwelijks risico's te verwachten. Hoewel deze gebieden slechts zelden geïnundeerd worden, kan afhankelijk van de bodemgesteldheid op termijn water blijven staan. Bij inrichting van de vlakke gedeeltes van dit gebiedstype moet gezorgd worden voor een goede afwatering.

De volgende maatregelen zijn erop gericht om, gedurende het beheer van de gebieden, de overlast van steekmuggen voor bewoners te beperken:

- Vergroting van de afstand tussen de bebouwing en de leefmilieus waar steekmuggenlarven zich ontwikkelen (minimaal enkele honderden meters).
- Isolatie van de broedgebieden van steekmuggen van de bebouwde omgeving door het verwijderen van eventueel aanwezige verbindende hoogopgaande (lintvormige) begroeiingen.

5 Discussie

De risico's op steekmuggenplagen in het natuurontwikkelingsgebied Welsumer- en Fortmonderwaarden zijn in het voorgaande hoofdstuk besproken. In de risicoanalyse zijn een aantal factoren onbekend gebleven die van invloed zijn op de ontwikkeling van steekmuggenpopulaties.

In de analyse is de locale bodemopbouw in het gebied als risicobepalende factor niet meegenomen. Bekend is dat bij afgravingen de aan het maaiveld gekomen zandlagen doorlatender zijn dan de kleilagen waardoor het inunderende oppervlaktewater relatief sneller zal infiltreren (Alma 1996). Omgekeerd kan een kleiige bodem met een terreinreliëf onder de juiste weersomstandigheden of na inunderen zorgen voor retentie van water.

Onbekend is ook in welke mate het gebied geaccidenteerd aangelegd wordt. Bij een natuurtechnische aanleg van terreinen worden vaak geringe 'micro'-hoogteverschillen gecreëerd. Het egaliseren, afvlakken en ontwateren van natuurterreinen kan haaks staan op de doelen van natuurontwikkeling van natuurlijke rivieruiterwaarden. Naast steekmuggen zijn ook andere flora en fauna karakteristiek voor semi-permanente en temporaire milieus (Nijboer *et al.,* 2000). Met het vermijden van risico's van steekmuggen worden ook andere karakteristieke rivierdalsoorten beperkt in hun ontwikkeling.

6 Conclusies

Voor een aantal deelgebieden is aangegeven of er in potentie risico's verbonden zijn aan de voorgenomen inrichting van het gebied. De benoemde risico's hebben daarmee geen betrekking op de mogelijke te ervaren steekmuggenoverlast.

Geconcludeerd kan worden dat bij inrichting van de uiterwaarden bij Olst zowel zeer risicovolle als risicoarme gebieden kunnen ontstaan. De risico's betreffen vooral de vlak gelegen terreinen of de geleidelijke overgang van land naar water. Ook zijn er gebieden die potentieel risico lopen op de ontwikkeling van steekmuggenpopulaties. Daarnaast zijn er twee deelgebieden die geen risico inhouden.

De volgende deelgebieden zijn zeer risicovol:
- uitbreiding plas Welsumer Waarden;
- nieuwe geulen in de Hooge Waard;
- uitbreiding nevengeul De Hank.

Kenmerkend voor deze locaties is de combinatie van ondiep permanent oppervlaktewater en omliggende laaggelegen, vlakke, drogere delen. Deze combinatie is een uitstekende uitgangspositie voor de vorming van steekmuggenpopulaties.

Potentieel risicovol is:
- nieuwe geïsoleerde geul in De Enk.

Door de isolatie en de diepte van deze geul kan door verlanding en droogval op termijn geschikt milieu ontstaan voor steekmuggen.

Risicoarm zijn:
- instroomopening van een nieuwe westelijke nevengeul in de Welsumer Waarden;
- de westelijke nevengeul in de Hooge Waard;
- hoogwatergeul in de Roet Waarden;
- nieuwe plas De Zaai;
- nieuwe 'vingervormige' geulen in De Enk.

In deze laatste gebieden is sprake van de aanleg of uitbreiding van permanent water. Veel oeverzones zijn ontworpen met relatief steile helling wat het oppervlak van gunstig broedbiotoop van steekmuggen bij droogvalling verkleint of reduceert tot smalle zones langs permanente wateren.

Gebieden waar geen sprake is van een risico:
- de hoogwatervluchtplaatsen in de Hooge Waard;
- de tuimelkade in De Enk;

Deze plaatsen vormen door de hoogteligging en steile helling een ongeschikt leefgebied voor steekmuggen.

Maatregelen om het leefgebied van steekmuggen te beperken zijn gericht op het voorkomen van uitdroging en doorstroming van het oppervlaktewater. Het verdiepen van plassen is een goede maatregel om uitdroging te voorkomen.

Daarnaast kan door het bovenstrooms aansluiten van geulen in de Hooge Waard en De Enk het oppervlaktewater doorstromen. De helling van oevers moet waar mogelijk vergroot worden om het potentieel geschikt leefgebied van steekmuggen te verminderen. Bij de hoger gelegen terreinen dienen maatregelen zich te richten op een goede afwatering van oppervlaktewater.

7 Aanbevelingen voor nader onderzoek

De bewoners van de Fortmonderweg hebben hun zorgen geuit als het gaat om risico's voor de ontwikkeling van steekmuggenplagen. Deze zorg kan voort komen uit reeds ervaren overlast van steekmuggen in het gebied en publieke opinie. Om mogelijke overlast van steekmuggen in het gebied in kaart te brengen dienen een aantal vragen beantwoord te worden.

De eerste vraag die beantwoord dient te worden is: "Hoe groot is het oppervlak van het geschikte leefmilieu van steekmuggen nabij de bewoning van de Fortmonderweg?". Hierbij moet niet alleen gedacht worden aan leefmilieus in de Duursche Waarden, maar ook aan kleine antropogene habitats in en rond de bebouwing. Met deze inventarisatie kan worden vastgesteld welke groep van steekmuggen (tabel 1) in welke dichtheden op dit moment hoofdzakelijk vertegenwoordigd is rondom de Fortmonderweg. Aanvullend kan door inventarisatie van adulte steekmuggen ter plaatse de tweede vraag beantwoord worden: "In welke mate trekken adulte steekmuggen, waar komen ze vandaan en zorgt deze groep steekmuggen voor overlast?". Hierbij wordt een beeld verkregen van ui het gebied afkomstige steekmuggen. Het is zonder gerichte inventarisatie onmogelijk om iets te zeggen over de oorzaak van overlast door steekmuggen.

Weinig is bekend over de ontwikkeling van leefmilieus en de vorming van steekmuggenplagen in natuurontwikkelingsprojecten in rivieruiterwaarden. Het is aan te bevelen, met name voor vergelijkbare toekomstige projecten in rivieruiterwaarden, om de ontwikkeling van steekmuggen na uitvoering van het plan (extensief) te monitoren. Met name de invloed van de overstromingsfrequentie en inundatieduur op de ontwikkeling van steekmuggen is van belang voor andere projecten in rivieruiterwaarden.

Literatuur

Alma, R., 1996. *Muggenplagen in natuurontwikkelingsgebieden? Ontwerprichtlijnen voor inrichtingsmaatregelen van natuurontwikkelingsgebieden langs de grote rivieren ter voorkoming van muggenplagen*. RIZA stage; werkdocument 96.201x: 76 pp.

Ameen, M. & Iversen, T.M., 1978. *Food of Aëdes larvae (Diptera, Culicidae) in a temporary forest pool.* Arch. Hydrobiol. 83 (4), 552-564.

Barr, R.A., 1958. *The Mosquitoes of Minnesota (Diptera: Culicidae: Culicinae).* Tech. Bull. Minn. Agric. Exp. St. 228, 154 p.

Brummer-Korvenkontio, M., Korhonen, P. & Hämeen-Antilla, R., 1971. *Ecology and phenology of mosquitoes (Dipt., Culicidae) inhabiting small pools in Finland.* Acta Ent. Fenn. 28, 51-73.

Clements, A.N., 1963. *The physiology of mosquitoes*. The MacMillan Co., New York, 393 p.

Cranston, P.S., Ramsdale C.D., Snow K.R., White G.B., 1987. *Adults, larvae and pupae of British mosquitoes (Culicidae) with notes on their ecology and midical importance.* F.B.A. Scien. Publ. Nr. 48, 152 p.

Dix, V., 1972a. *Beiträge zur Stechmückenfauna der Landschaften zwischen Unterharzhochfläche, Unstrutniederung und mittlerer Elbe.* Hercynia 9, 69-74.

Dix, V., 1972b. *Beiträge zur Stechmückenfauna (Diptera, Culicidae) der Landschaften zwischen Unterharzhochfläche, Unstrutniederung und mittlere Elbe.* Hercynia 9, 423-436.

Eckstein, E., 1920. *Aus einer Feldstation fur Stechmücken.* Zeitschr. angew. Entomol. 6, 338-371.

Edwards, F.W., Oldroyd, H. & Smart, J., 1939. *British blood-sucking flies.* W. Clows and Sons, London, 201 p.

Franke, J., 1981. *Faunistisch-ökolgische Üntersuchingen an Stechmücken (Diptera, Culicidae) des Bezirkes Erfurt unter Besonderer Berücksichtigung der Gattung Aëdes.* Hercynia 18 (1), 65-86.

Fritz, H.G. & Heimer, W., 1981. *Stechmückenbrutplätze im Naturschutzgebied "Kühkopf-knoblochsauce". Untersuchungen zur Begleitfauna, Möglichkeiten einer Minderung der Stechmückenplage.* Natur und Landschaft 56 (3), 80-84.

Gebiedsgerichtproject IJsseluiterwaarden Olst (definitief voorontwerp), 2004. *Inrichtingsplan IJsseluiterwaarden Olst*. DHV Milieu en Infrastructuur B.V., Dienst Landelijk Gebied, Provinciaal kantoor Overijssel.

Harksen, E., Mönke, R. & Schumann, H., 1976. *Faunistisch- ökologische Untersuchungen zur Stechmückenfauna Berlins.* Dtsche Entomol. Zschr. 23 (4-5), 367-406.

Haufe, W.O. & Burgess, L., 1956. *Development of Aëdes (Diptera, Culicidae) at Fort Churchill, Manitoba and prediction of dates of emergence.* Ecology 37, 500-519.

Havelka, P., 1978. *Rheinschnaken-(Culiciden-)Bekämpfung in rechtsseitigen Rheintal zwischen Karlsruhe und Mannheim im Jahr 1977 Culiciden-Brutplätze*. Veröff. Naturschutz Landschaftsplege Bad-Württ. 47/48, 433-441.

Higler L.W.G., 2001. *Literatuuronderzoek naar de mogelijkheden van het ontstaan van plagen door steekmuggen*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 208.

Hocking, B. , 1971. *Blood-sucking behaviour of terrestrial arthropods*. Ann. Rev. Entomol. 16, 1-26.

Horsfall, W.R., 1963. *Eggs of floodwater mosquitoes (Diptera: Culicidae)*. Local distribution. Ann. Entomol. Soc. Amer. 56, 426-441.

Horsfall W.B., Fowler H.W., Moretti L.J. & J.R. Larsen, 1973. *Bionomics and embryology of the floodwater mosquito Aedes vexans*. University of Illinois Press, Urbana. 211p.

Illies, J., 1978. *Limnofauna Europaea*. Fischer Verlag, Stuttgart.

Iversen, F.M., 1971. *The ecology of a mosquito population (Aëdes communis) in a temporary pool in a Danish beech wood*. Arch. Hydrobiol. 69 (3), 309-332.

Jenkins, D.W. & Hasset, C.C., 1951. *Dispersal and Flight Range of Subartic Mosquitoes Marked with Radiophosphorus*. Can. J. Zool. 39, 178-187.

Kirschberg, E., 1958. *Der frühjahrliche Tempertürgang in Berliner Aëdes-Brutgewässern*. Proc. 10th Int. Cong. Ent. 3, 859-866.

Kriegerowski, L., 1980. *Die Dezimerung von Stechmücken mit landschaftsgestaltenden Massnahmen am Beispiel eines (West-)Berliner Feuchtgebietes*. Natur und Landschaft 55 (7-8), 291-295.

Lakhani, K.H. & Service, M.W., 1974. *Estimated mortalities of the immature stages of Aëdes cantans (Mg.) (Diptera, Culicidae) in a natural habitat*. Bull. ent. Res 64, 265-276.

Marshall, J.F., 1938. *The British Mosquitoes*. London, 341 p.

Mohrig, W., 1964. *Faunistisch-ökologische Untersuchungen an Culiciden der Umgebung von Greifswald*. Deut. Entomol. Zsch. 11, 327-352.

Mohrig, W. , 1969. *Die Culiciden Deutschlands*. Parasitol. Schr. 18, 260 p.

Moncadsky, A.S., 1951. *Culicinae larve of blood sucking mosquitoes in the USSR and neighbouring countries*. Natbeh, Moskva.

Müller, P., 1965. *Beiträge zur Kenntnis der Culicidenfauna in einigen Erholungsgebieten des Bezirkes Rostock und Frankfurt/Oder*. Angew. Parasitol. 5, 90-101.

Natuurbeleidsplan, 1990. *Regeringsbeslissing Natuurbeleidsplan, 21 149, nrs. 2-3*. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag.

Natvig, L.R., 1948. *Contributions to the knowledge of the Danish and Fennoscandian Mosquitoes Culicini*. Norsk Entomol. Tidsskrift, 567p.

Nijboer R.C., Jaarsma N., Verdonschot P.F.M., Van der Molen D., Geilen N. & J. Backx J., 2000. *Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren deel 3, Wateren in het rivierengebied. Achtergronddocument bij het 'Handboek Natuurdoeltypen in Nederland'*. Rapport EC-LNV nr. AS-03, Wageningen.

Ockert, G., 1970. *Beiträge zur Culiciden-Fauna (Diptera-Culicidae) der Landschaffen zwischen Unterharzhochfläche mittlere Elbe und Unstrutniederung*. Hercynia 7, 250-267.

Peus, F., 1929. *Beiträge zur Faunistik und Ökologie der einheimischen Culiciden*. Z. F. Desinfektion 4, 92-98.

Peus, F., 1932. Die *Stechmückenplage im Spreewald und die Möglichkeit ihrer Bekämpfung*. Gesund. Techn., 133-202.

Peus, F., 1951a. *Stechmücken*. Die Neue Brehm-Bücherei, 80 p.

Peus, F., 1951b. *Die Stechmückenplage und ihre Bekämpfung . Teil 2: Die Aëdes Mücken*. Z. hyg. Zoöl. Schädlingsbek. 32, 49-79.

Peus, F., 1975. *Die "Rheinschnaken" (Diptera, Culicidae), Arten, Lebensweise, Ökologie, Massenentfaltung, Gegenwehr*. Zeitschr. für Angewandte Zoologie 62 (2), 231-242.

Reinert J.F., 1973. *Contributions to the mosquito fauna of southeast Asia. – XVI. Genus Aedes Meigen, subgenus Aedomorphus Theobald in southeast Asia*. Contr. Am. Ent. Inst., 9(5): 1-218.

Scherpner, Ch., 1960. *Zur Ökolgie und Biologie der Stechmücken des Gebietes von Frankfurt am Main (Diptera: Culicidae)*. Mitt. Zool. Mus. Berlin 36, 49-99.

Service, M.W., 1969. *Observations on the ecology of some British mosquitoes*. Bull. ent. Res. 59, 161-194.

Service, M.W., 1971a. *Conservation and the Control of Biting Flies in Temperate Regions*. Biological Cons. 3 (2), 113-122.

Service, M.W., 1971b. *The daytime distribution of mosquitoes resting in vegetation*. J. Med. Ent. 8 (3), 271-278.

Service, M.W., 1973. *Study of the natural predators of Aëdes cantans (Meigen) using the precipitin test*. J. Med. Ent. 10 (5): 503-510.

Service, M.W., 1977. *Ecological and biological studies on Aëdes cantans (Meig.) (Diptera: Culicidae) in southern England*. J. Appl. Ecol. 14, 159-196.

Siverly, R.E. & Defoliart, G.R., 1968. *Mosquito studies in northern Wisconsin. Larval studies*. Mosq. News 28, 149-154.

Skierska, B., 1965. *Ecological studies of the occurrence and distribution of Culicinae fauna in the coastal forest belt*. Ekologia Polska 13 (27), 527-571.

Schmidt G. & Cate L. ten, 1988. *Steekmuggen in nieuw Veld-Zuid. Aanbevelingen voor beheer*. RIN rapport. Leersum.

Van den Hoek Tj.H. & Verdonschot P.F.M., 1998. *Steekmuggen in Zuidwest-Friesland. De verspreiding van steekmuggen (Culicidae) in en nabij de Starnuman Bossen*. Wageningen, Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO). IBN-rapport 358.

Verdonschot P.F.M., Schmidt G., Van Leeuwen P.H.J., Schot J.A., 1988. *Steekmuggen (Culicidae) in de Engbertsdijksvenen*. Rijksinstituut voor Natuurbeheer R.I.N. Rapport 88/31 Leersum, 109p.

Verdonschot P.F.M., Cellarius W., Van den Hoorn M.W., 1996. *Steekmuggen (Culicidae) in de Engbertsdijksvenen 9, monitoring van veensteekmuggen in 1995*. Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO), IBN-Rapport 234, Wageningen,27p.

Vogel, R., 1940. *Zur Kenntnis der Stechmücken Würtembergs. Teil 3*. Jh. Ver. vaterl. Naturkd. Württ. 96, 97-116.

Voorhoeve, C.G., 1969. *Ecology and biology of mosquitoes: report of my practical stage at Monks wood experimental station*. L.U. Wageningen, 40p.

WB21, 2000. *Waterbeleid voor de 21e eeuw. Advies van de Commissie Waterbeheer 21e eeuw*. Den Haag. 117p.

Wesenberg-Lund, C., 1920/21. *Contributions to the biology of the Danish Culicidae*. Kongel. Danske Videnskab. Selsk. Skrifter, Naturvidensk Mathem. Afd. 8, 210 p.

Bijlage 1 Verklarende woordenlijst

adult	volwassen stadium van een soort – de eigenlijke mug
antropogeen	door de mens veroorzaakte situatie
aquatisch	tot het water behorend / soorten die fysiologisch zijn aangepast om in het water te kunnen ademhalen
biotoop	de plaats of gebied waar een gemeenschap van dieren voorkomen, met bepaalde omstandigheden die geschikt zijn voor de gemeenschap
broedbiotoop	de plaats waar de vrouwelijke muggen eitjes afzetten
diapauze	rustperiode in de ontwikkeling van insecten
ei-ontwikkelingscycli	aantal malen dat een vrouwelijk insect eieren kan leggen
embryonale ontwikkeling	ontwikkeling van een ei tot het eerste larve stadium
emergentie	het uitvliegen van insecten direct na het popstadium
habitat	woonplaats van een soort, met bepaalde omstandigheden die geschikt zijn voor die soort
inunderen	overstromen of onder water zetten van een gebied
koloniseren	het vestigen van soorten in een gebied
larve	onvolgroeid stadium van een soort
ovipositie	het leggen van eieren
permanent water	water dat gedurende het gehele jaar water bevat
plurivoltien	soorten met meerdere generaties per jaar
pop	overgangsstadium van een onvolgroeid naar een volwassen stadium (van larve naar adult)
populatie	een groep dieren van dezelfde soort in een bepaald gebied
predator	dier dat van andere diersoorten leeft
saliniteit	zoutgehalte
semi-aquatisch	voorkomend in natte milieus maar niet fysiologisch zijn aangepast om continu in het water te leven
temporair water	water dat gedurende een deel van het jaar droog is
terrestrisch	tot het land behorend / soorten die op het land leven
thorax	kopsegment van insect
univoltien	soorten met één generatie per jaar

Bijlage 2 Ecologie van steekmuggen

Inleiding

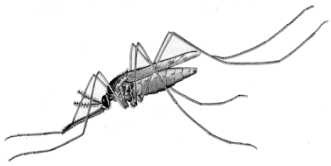
De familie van de Culicidae (steekmuggen) komt over de gehele wereld met ongeveer 3000 soorten voor (WHO 1967). In geheel Europa komen 92 soorten steekmuggen voor, ongeveer 3.5 % van het totale soortenbestand (Illies 1978), in Midden-Europa circa 45 soorten (Fritz & Heimer 1981). In Nederland zijn 35 soorten waargenomen volgens de meest recente checklist (Beuk *et al.,* 2002).

De steekmuggen worden geclassificeerd (Mohrig 1969) in de klasse Arthopoda (geleedpotigen), daarbinnen onder de orde Diptera (tweevleugeligen) en vervolgens onder de suborde Nematocera (muggen). In de onderstaande tabel wordt de indeling van de familie van steekmuggen (Culicidae) weergegeven.

Tabel 5. Indeling van de familie van steekmuggen (Culicidae) (Mohrig 1969).

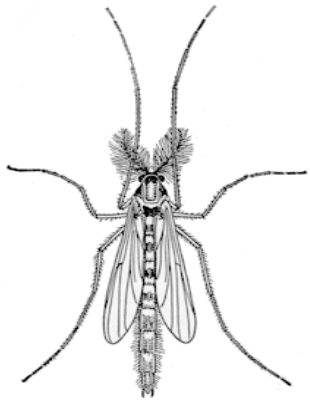
familie	subfamilie	genus	subgenus
Culicidae	Anophelini	*Anopheles*	
	Culicini	*Aedes*	
		Culex	
		Culiseta	*Culiseta*
			Culicella
		Coquillettidia	

Steekmuggen ontlenen hun naam aan het feit dat vrouwelijke steekmuggen dieren steken om bloed te zuigen. Het bloed is nodig voor de rijping van de eieren (Marshall 1938, Natvig 1948, Peus 1951a, Mohrig 1969). Bij het steken wordt een speeksel-secreet in de huid gebracht om stolling van het bloed te voorkomen. De reactie hierop is wisselend (geen tot oedeem).



Figuur 3. Adulte steekmug

Steekmuggen zijn niet eenvoudig te onderscheiden van andere verwante muggen. De larven van steekmuggen lijken op die van drie verwante families: meniscusmuggen (Dixidae), vedermuggen (Chironomidae) en pluimmuggen (Chaoboridae). Zowel de larven als de adulte muggen lijken veel op steekmuggen. Adulte steekmuggen zijn van alle andere tweevleugeligen te onderscheiden door het bezit van een steekbuis (figuur 3). In rusttoestand zijn de achterpoten omhoog gebogen, terwijl bij andere muggen alle poten het object raken.



Figuur 4. Adulte vedermug

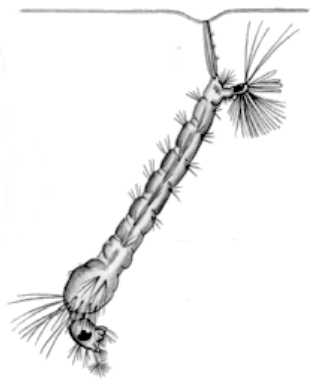
Levenscyclus

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 plaatsvindt. De levenscyclus van steekmuggen omvat een aquatische en een terrestrische fase. Steekmuglarven en -poppen leven vrij zwemmend in de waterkolom. De adulten vliegen en leven terrestrisch. Voor de eieren is dat per groep verschillend.

Eieren
De eieren worden op het wateroppervlak afgezet. De genera *Coquillettidia, Culiseta* (subgenus *Culiseta*) en *Culex* leggen drijvende vlotjes en het genus *Anopheles* zet elk eitje afzonderlijk op het wateroppervlak af. De eieren kunnen ook semi-aquatisch of terrestrisch worden afgezet in modder, strooisel of op vochtige bodem (genus *Aedes*, *Culiseta* (subgenus *Culicella*)). De vrouwelijke adulten kunnen, afhankelijk van de soort, maximaal drie tot vier ei-ontwikkelingscycli voltooien. Het aantal eieren varieert per legsel van enkele tot circa 300. Het aantal eieren is afhankelijk van de soort, de grootte van de vrouwelijke adulten en de hoeveelheid bloedvoeding. De eieren komen uit als ze gedurende voldoende tijd, meestal enkele dagen, in contact zijn geweest met water (Marshall 1938). Direct na het leggen van de eieren zijn de eieren eerst wit, maar verkleuren in ongeveer 40 minuten tot zwart. De eerste zes tot acht dagen na de ei-afzetting zijn de eieren, afgezet op een vochtige bodem, gevoelig voor verdroging (Mohrig 1969). Daarna doorstaan deze tot op zekere hoogte droogte (Service 1971a). Deze eieren kunnen in rust (diapauze) gaan (Service 1971a). Dit gebeurt bij univoltiene soorten (soorten met slechts één levenscyclus per jaar) reeds in de zomer en duurt tot aan het volgend voorjaar. De plurivoltiene soorten (soorten met meerdere levenscycli per jaar) hebben synchrone generaties daar het water vaak over grotere oppervlakken gelijktijdig stijgt (stijgende waterstand, neerslagrijke periode). Hierdoor begint de ei-ontwikkeling gelijktijdig en wordt de populatie gesynchroniseerd. Het eistadium van de drijvend afgezette eieren duurt daardoor ook slechts enkele dagen. Afhankelijk van de klimatologische omstandigheden kan het eistadium van op vochtige bodem afgezette eieren variëren van enkele weken tot enkele jaren (Mohrig 1969, Kriegerowski 1980).

Larven
De larven zijn zeer tolerant voor variaties in de chemische samenstelling van het water. De belangrijke milieufactoren zijn pH (zuurgraad), saliniteit en concentraties van organische stoffen (Clements 1963, Mohrig 1969). Een ijslaag belemmert de larven niet omdat ze bij koude hun lichaamsfuncties minimaliseren. De larven 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 (Peus 1951a, Ameen & Iversen 1978). Onder gunstige omstandigheden kan de larvale ontwikkeling in twee tot drie weken zijn afgerond. De larven zijn zwaarder dan water (Peus 1951a) 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. In het eerste stadium is de larve wel gevoelig daar dan huidademhaling wordt toegepast. Vanaf het tweede stadium ademen de larven (en poppen) door middel van een ademhoorntje aan het wateroppervlak, met uitzondering van *Coquillettidia*, die zuurstof onttrekt aan de luchtkanalen van waterplanten (Mohrig 1969, Peus 1951a). De voeding van de larven bestaat uit micro-organismen, afgestorven plantenresten of algen (Kriegerowski 1980, Fritz & Heimer 1981).



Figuur 5. Larve van een steekmug

Poppen

De verpopping volgt bij voldoende hoge temperatuur nadat in het vierde stadium de larven zijn volgroeid. De poppen zijn lichter dan water waardoor ze meestal tegen het wateroppervlak hangen en daar atmosferische lucht ademen met behulp van ademhoorntjes op de thorax, met uitzondering van het genus *Coquillettidia* die zuurstof onttrekt aan luchtkanalen van waterplanten. Bij verstoring vluchten ze actief (in tegenstelling tot de larven) naar diepere waterlagen; na korte tijd verschijnen de poppen echter weer aan het wateroppervlak (Peus 1951a). De duur van het popstadium varieert van drie tot vijf dagen, het kan verlengd worden tot 10-21 dagen als gevolg van lage temperaturen (Wesenberg-Lund 1920/21, Marshall 1938). De poppen voeden zich niet.

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, vooral om in koudere perioden te overleven (Wesenberg-Lund 1920/21, Natvig 1948). 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 (Marshall 1938, Clements 1963). Na de paring sterven de mannetjes (Peus 1951a). Mannetjes hebben daardoor een kortere levensduur dan vrouwtjes (Wesenburg-Lund 1943). Vrouwtjes zijn meestal actief in de schemering en de nacht, in open en bedekt terrein (Service 1971b, Franke 1981). Bepalende factoren voor deze activiteit zijn lichtsterkte, temperatuur en luchtvochtigheid (Dix 1972b, Franke 1981).

De steekactiviteit is vooral hoog op dagen met een hoge luchtvochtigheid, een hoge temperatuur en (min of meer) lage luchtdruk (Wesenberg-Lund 1920/21). Pas twee tot drie weken na de emergentie (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 (Hocking 1971). De attractiviteit van de mens wordt naast lichaamstemperatuur en geurstoffen ook

bepaald door het uitgeademde kooldioxide en de kleuren van de kleding (Voorhoeve 1969). Daarmee verschilt de attractiviteit van persoon tot persoon.

Overwintering

Een steekmug kan overwinteren als adult, larve of ei. *Aedes*-soorten overwinteren in het eistadium, zelden als larve. Belangrijke soorten als *Culex pipiens* en *Culiseta annulata* overwinteren als bevrucht vrouwtje. Hierdoor is het mogelijk dat in de winter steekmuggen worden waargenomen. Deze overwinterende muggen vertonen nauwelijks tot geen steekactiviteit.

Plaagvorming

Steekmuggenpopulaties kunnen tot grote dichtheden uitgroeien. Naar schatting kunnen circa 113.000.000 eieren per 0,4 hectare moerasland worden afgezet. Dichtheden van meer dan 50.000 larven per vierkante meter zijn naar schatting mogelijk (Kriegerowski 1980). In het algemeen is de sterfte tijdens de aquatische levensstadia hoog. Opdroging van het habitat is hiervan de belangrijkste oorzaak.
Voor een massale ontwikkeling van steekmuggen zijn de volgende factoren belangrijk: wisselende milieuomstandigheden, afwezigheid van predatoren en voldoende voedselaanbod.

De weersomstandigheden in een jaar in samenhang met de locale terreingesteldheid bepalen in hoeverre een steekmuggenplaag 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 (Wesenberg-Lund 1920/21). 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). De temperatuur bereikt snel hoge waarden in ondiepe wateren wat de groei van de larven versnelt, zodat meerdere generaties achter elkaar snel tot ontwikkeling kunnen komen (Peus 1975). In gematigde zones zijn de *Aedes*-soorten de belangrijkste plaagvormende steekmuggen (Mohrig 1969, Service 1971a).

Om te begrijpen hoe een steekmuggenplaag ontstaat, is kennis nodig omtrent de relatie tussen het milieu en de ecologie van de veroorzakende soort(en) en van elk stadium: ei, larf, pop en adult. Voor de vorming van een *Aedes*-plaag is onder andere van belang op welke hoogte de eieren zijn afgezet. Een hogere waterstand in het ene jaar leidt tot ei-afzetting op een hoger niveau. Dit heeft tot gevolg dat in daarop volgende droge jaren de eieren door het water niet worden bereikt. Het voorkomen van eventuele opeenvolgende *Aedes*-generaties is afhankelijk van tussentijdse wisselingen in de waterstand. Het aantal wisselingen en de mate daarvan (dat is afhankelijk van de hoeveelheid en verdeling van de neerslag) bepalen, afhankelijk van de soort, het aantal

generaties. In het algemeen blijkt dat de eerste voorjaarsgeneratie de hoogste dichtheden oplevert. Dit hangt samen met de hydrologisch natte situatie in het voorjaar, die doorgaans aanzienlijk van de drogere zomersituatie verschilt.

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 steekmuggenpopulatie (Havelka 1978). Veel habitats van steekmuggenlarven zijn ongeschikt voor kolonisatie door (potentiële) predatoren (rovers) als gevolg van de zeer wisselende milieu-omstandigheden. Predatoren zijn vissen, amfibieën, waterinsecten (rovers als kevers, libellen en wantsen) en vogels (b.v. de witte kwikstaart). Roofvliegen prederen op emergerende adulten, spinnen op adulten (Service 1973).

Het voedselaanbod kan bestaan uit dierlijke micro-organismen, algen en plantenresten. Bij enige eutrofiëring zal het voedselaanbod hoger zijn en de omvang van de steekmuggenpopulatie toenemen.