
Advies potentiële beheermaatregelen steekmuggen en knutten ten aanzien van de inrichting WaardeVOL Brummen



Piet F.M. Verdonshot

Oktober 2022

Auteur

Piet F.M. Verdonschot (*correspondentie*: piet.verdonschot@wur.nl)

Opdrachtgevers

Waterschap Vallei en Veluwe mede namens Provincie Gelderland, gemeente Brummen i.s.m. Natuurmonumenten

Projectgroep

Sander Hoegen

Wijze van citeren

Verdonschot P.F.M. (2022). Advies potentiële beheermaatregelen steekmuggen en knutten ten aanzien van de inrichting WaardeVOL Brummen. Notitie AquaScape, Wageningen.

Trefwoorden

Steekmug, knut, tijdelijk water, broedplaats, corridor, inrichtingsmaatregel, beheermaatregel

Beeldmateriaal

Foto voorzijde P. Verdonschot

DOI: 10.18174/578837

Dit project is uitgevoerd in opdracht van Waterschap Vallei en Veluwe

© 2022 AquaScape i.s.m. Wageningen Environmental Research

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

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

Inhoud

1	Inleiding	2
1.1	Aanleiding	2
1.2	Doel	2
1.3	Achtergrond	2
1.4	Materiaal	3
2	(Toekomstige) milieu-omstandigheden	5
2.1	Het oppervlaktewatersysteem	5
2.2	Het grondwatersysteem	5
2.3	De begroeiing/vegetatie	7
2.4	Geomorfologie	10
2.5	De risico-analyse Terpstra (2021)	10
2.6	De beoogde inrichting en ontwikkelingskansen steekmuggen en knutten	10
3	Aanvullende inrichtings- en beheermaatregelen	12
3.1	Aanvullende maatregelen	12
3.2	Overige aanvullende maatregelen	15
4	Afstand tussen broedgebieden en bewoning	17
5	Steekmuggen en knutten in relatie met ziekten	19
5.1	Inleiding	19
5.2	Steekmuggen en knutten in relatie met pathogenen	19
5.3	Malaria in Nederland	19
5.4	Samenvatting steekmuggen en knutten in relatie met ziekten	20
6	Literatuur	21

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het gebied Voorstonden – Oekense Beek – Leusveld (VOL) is vanwege het type bodem heel gevoelig voor droogte. Klimaatverandering zorgt voor verdroging van de natuur en het verlies van belangrijke natuurwaarden. Het leidt ook tot meer droogte in de landbouw. Op andere momenten zorgt de klimaatverandering voor meer wateroverlast op het land en rond bebouwing.

Voor het gebied, dat grotendeels is aangewezen als Natura 2000- gebied gelden vanuit Natura 2000 beheerplan Landgoederen Brummen en het Natuurbeheerplan van de provincie diverse natuurdoelstellingen. Om hier integraal invulling aan te geven is het samenwerkingsproject Waarde VOL Brummen opgezet.

De klimaatopgave voorziet in het realiseren van een robuust watersysteem om de gevolgen van de klimaatverandering voor bewoners, natuur en landbouw te beperken. De provinciale opgave voor klimaat zijn vastgelegd in de Omgevingsvisie.

De samenwerkende partners, Waterschap Vallei en Veluwe (de trekker), de Provincie Gelderland (de opdrachtgever), Gemeente Brummen en Vereniging Natuurmonumenten (eigenaar van natuurgronden in dit gebied) werken op basis van een samenwerkingsovereenkomst (SOK 2021) samen aan maatregelen gericht op de leefomgeving verbeteren, de gevolgen van klimaatverandering op te vangen en de natuur te versterken. Enkele inwoners van het gebied zijn ongerust over een mogelijke toename van muggen in het gebied als gevolg van de vernatting.

De bewoners gaven t.a.v. muggen en knutten de volgende aandachtspunten aan:

- "Door klimaatverandering is de ontwikkeling van de toekomstige grondwaterstand onzeker en feitelijk onvoorspelbaar."
- "Verdere vernatting in winter en voorjaar die leidt tot wateroverlast en/of muggenplagen moet worden voorkomen (geen aanleg van voor muggen zeer geschikte leefmilieus zoals doorstroommoeras, moerasbeek, slenk of andere natte laagtes met wisselend droog-natte oftewel omstandigheden)."
- "Om het risico op knutten te beperken is een belangrijk criterium daarbij dat in maart het grondwaterniveau rondom onze percelen ten minste 20-40 cm onder maaiveld gezakt is."
- "Vanuit haar zorgplicht mag het waterschap percelen rechtstreeks grenzend aan en rondom bewoond gebied niet zodanig inrichten dat binnen enkele decennia tijgermuggen (e.a. exotische muggensoorten) een vestigingsplaats wordt geboden. Het voorkomen van verbindingen tussen natte natuur en bewoning."
- "Het toepassen van 'best practices' uit vergelijkbare gebiedsprocessen."

Het laatste aandachtspunt betreft de mogelijke maatregelen om overlast te verminderen of voorkomen en is onderwerp van deze notitie.

Waterschap Vallei en Veluwe heeft AquaScape gevraagd advies uit te brengen over maatregelen die een potentiële toename van muggen en knutten verminderen of voorkomen bij het herinrichtingsplan WaardeVOL Brummen.

1.2 Doel

Het op basis van expert-judgement adviseren over inrichtings- en beheermaatregelen die potentiële overlast door steekmuggen en knutten bij de gebiedsinrichting van het project WaardeVOL Brummen voorkomen of verminderen.

1.3 Achtergrond bij steekmuggen en knutten

In de discussies rondom de steekmuggen en knutten problematiek in de moerasgebieden spelen de volgende ecologische groepen steekmuggen en knutten een rol:

- Huissteekmuggen ontwikkelen zich in kleine, vaak tijdelijke waterpartijen (vrijwel alle tijdelijke wateren, emmers, badkuipen, regentonnen, blikjes, autobanden, dakgoten en overige

antropogene waterpartijen) met sterke wisselingen in milieuomstandigheden. Predatoren ontbreken in deze wateren.

- Moerassteekmuggen ontwikkelen zich meestal in geïsoleerde, ondiepe wateren zoals moerassen, greppels en inundatiezones. De broedplaatsen vertonen een aantal gemeenschappelijke kenmerken: meestal semi-permanent, geïsoleerd van permanente wateren, al dan niet beschadwd door bomen/hogere begroeiing, veel organisch materiaal op de bodem, waardoor mogelijk lage zuurstofconcentraties optreden en een arme gemeenschap aan overige insecten en ongewervelden (weinig predatoren aanwezig). Een bijzondere groep van moerassteekmuggen zijn de overstromingssteekmuggen.
- Slootsteekmuggen ontwikkelen zich in permanente wateren met veel plantengroei (vooral drijvende draadalg en kroosloten of sloten met een ruige oevervegetatie o.a. door achterstallig onderhoud). De wateren hebben een diverse gemeenschap van overige insecten en ongewervelden. Een rijke vegetatie dient als schuilmogelijkheid om een te grote predatiedruk te vermijden.
- Plantenboorsteekmuggen ontwikkelen zich aan (de larve boort in zachte plantendelen en blijft aan de plant aangehecht) dieper groeiende emergente (boven het water uitstekende) water- en oeverplanten. Het betreft vaak kraagvegetaties van lisdodde, riet, liesgras en dergelijke.
- Boomholtesteekmuggen ontwikkelen zich in zogenaamde containermilieus, zeer kleine tijdelijke wateren. Predatoren ontbreken in deze wateren. De belangrijkste soorten zijn de niet-inheemse waarvan sommige zich inmiddels gevestigd hebben zoals de Aziatische tijgermug (*Aedes albopictus*).
- Knutten ontwikkelen zich in allerlei habitats, zoals mest, mierennesten, rottend hout, plantensappen, meren, oeverzones, rivieren, temporaire wateren, boomholten, natte graslanden, laagveenwateren, brakke en zoute wateren en zoute bodems. Overlast voor mensen wordt vooral veroorzaakt door soorten uit het geslacht *Culicoides*. Dit geslacht ontwikkelt zich eveneens in een brede range aan habitats.

Meerdere factoren zijn bepalend voor de ontwikkeling van steekmuggen en knutten.

- Een gunstig leefmilieu.
- Een geringe dichtheid van parasieten en predatoren.
- Voldoende voedselaanbod.
- Een bepaalde aanvangspopulatie van plaaginsecten.

Of hoge aantallen muggen en knutten overlast opleveren hangt eveneens van een aantal factoren af en is moeilijk te definiëren (zie kader).

Overlast

Wanneer we spreken over overlast wordt voor menselijke overlast niet gerefereerd aan ziekten maar aan aantallen steken. Ieder mens ervaart overlast verschillend en wordt ook in verschillende mate gebeten. Overlast vanuit veterinaire oogpunt is wel gekoppeld aan het optreden van ziekten of verwondingen. Bij ziekten is het gekoppeld aan overdracht door steekmuggen en knutten en dat is minder duidelijk gekoppeld aan aantallen terwijl verwondingen juist direct samenhangen met aantallen. Bij de risicoanalyse op muggen en knutten is het begrip overlast wel van groot belang. Een referentienorm voor overlast is voor Nederland niet opgesteld. Belangrijk is daarom een bestaande situatie zo kwantitatief mogelijk vast te stellen om deze in de toekomst met de nieuwe situatie te kunnen vergelijken. Als vertegenwoordigers uit de families van de muggen 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 aanwezig zijn 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, dan wel van de mate waarin het organisme schade (overlast) veroorzaakt.

1.4 Materiaal

Voor deze notitie waren beschikbaar:

- Het schetsontwerp.

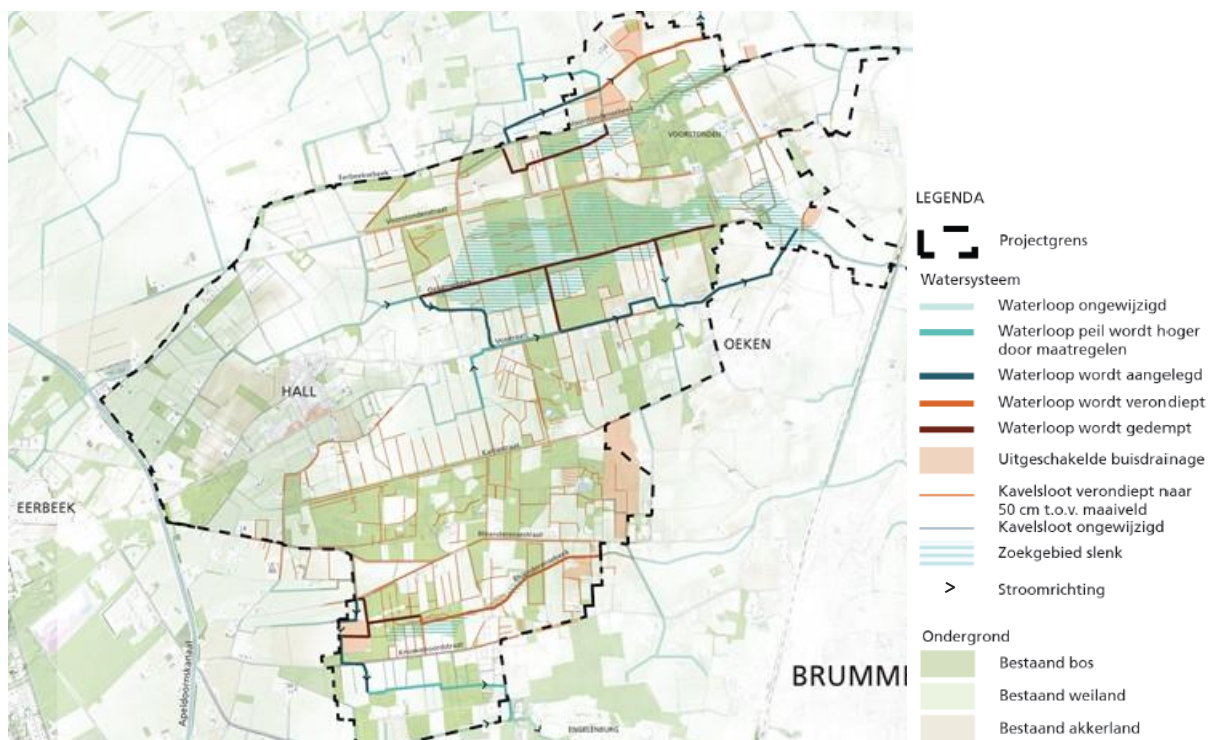
- Kaarten met de stand en verandering van de grondwaterstanden als gevolg van het schetsontwerp.
- De reactie van inwoners ingebracht n.a.v. de gebiedsateliers.
- De structuur van het oppervlaktewatersysteem.
- Ligging rabattenbos en vegetatiedoeltypen.
- Het eindrapport nulmeting muggenmonitoring Brummen 2020.

2 (Toekomstige) milieu-omstandigheden

2.1 Het oppervlaktewatersysteem

Het projectgebied WaardeVOL Brummen ligt tussen het Apeldoorns Kanaal en de IJssel en omvat drie (benedenlopen van) beeksystemen; de Haarsloot, de Oekense Beek en de Rhienderense Beek. In de huidige situatie vallen in de zomer de drie beken en al het overige oppervlaktewater (sloten, greppels) droog. Voor de ligging van de beken kan u de [legger](#) raadplegen.

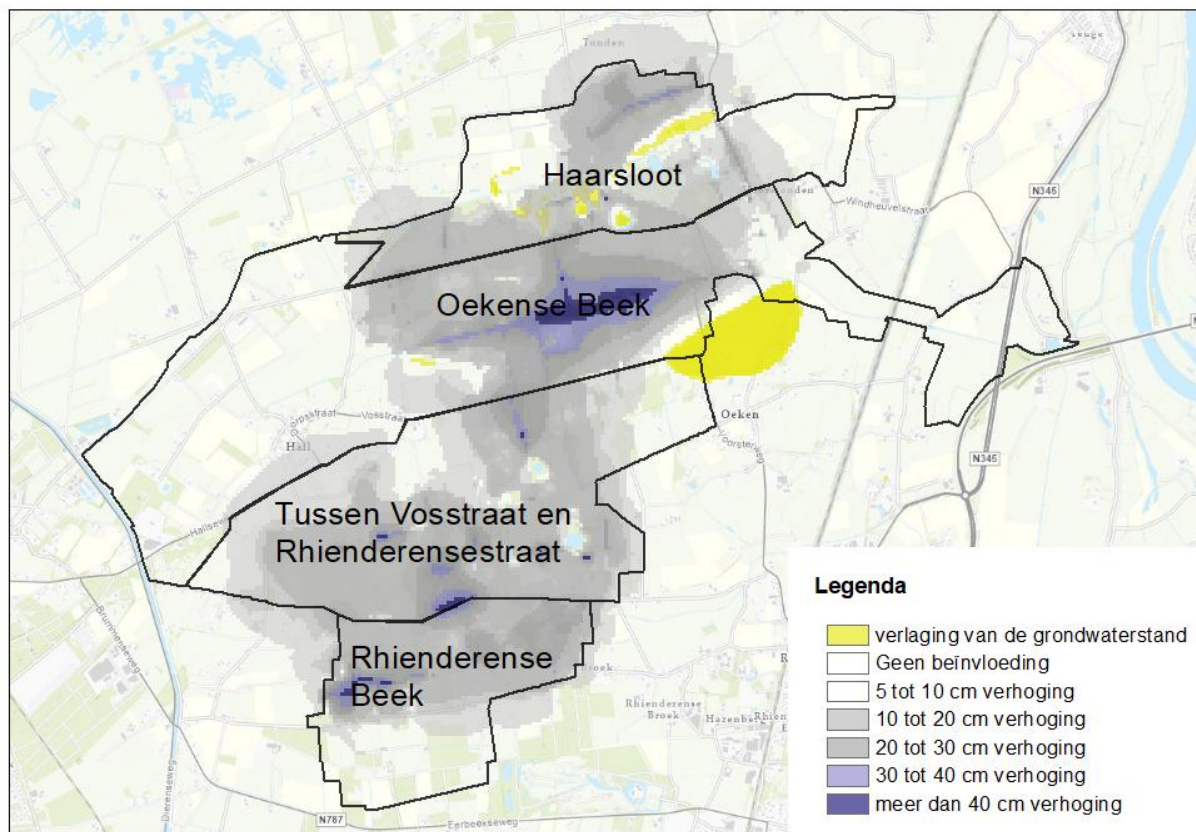
In het kader van het project WaardeVOL Brummen is een schetsontwerp opgesteld. Figuur 1 geeft toont de maatregelen in het watersysteem. Dit betreft maatregelen zoals het dempen of verondiepen van het sloten en greppels stelsel, het graven van slenken, het uitschakelen van buisdrainage. De maatregelen zijn gericht op het kunnen vasthouden van meer water in het gebied en het verbeteren van de abiotische condities. Daarnaast voorziet het project in plaggen van gronden ten behoeve van de habitattypen in het N2000 gebied.



Figuur 1: Schetsontwerp WaardeVOL Brummen, kaart Watersysteem

2.2 Het grondwatersysteem

In paragraaf 2.1 zijn de maatregelen van WaardeVOL Brummen (zie figuur 1) benoemd. Op basis van het schetsontwerp zijn de verwachte grondwaterstanden berekend. Figuur 2 toont de verwachte verandering van de langjarige gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand. De voorjaarsgrondwaterstand stijgt over een groot deel van het gebied met 10 cm of meer terwijl plaatselijk dit meer dan 40 cm bedraagt (figuur 2). In de planuitwerking van het project WaardeVOL Brummen worden het schetsontwerp nader uitgewerkt en de verwachte grondwaterstanden opnieuw berekend en beoordeeld.

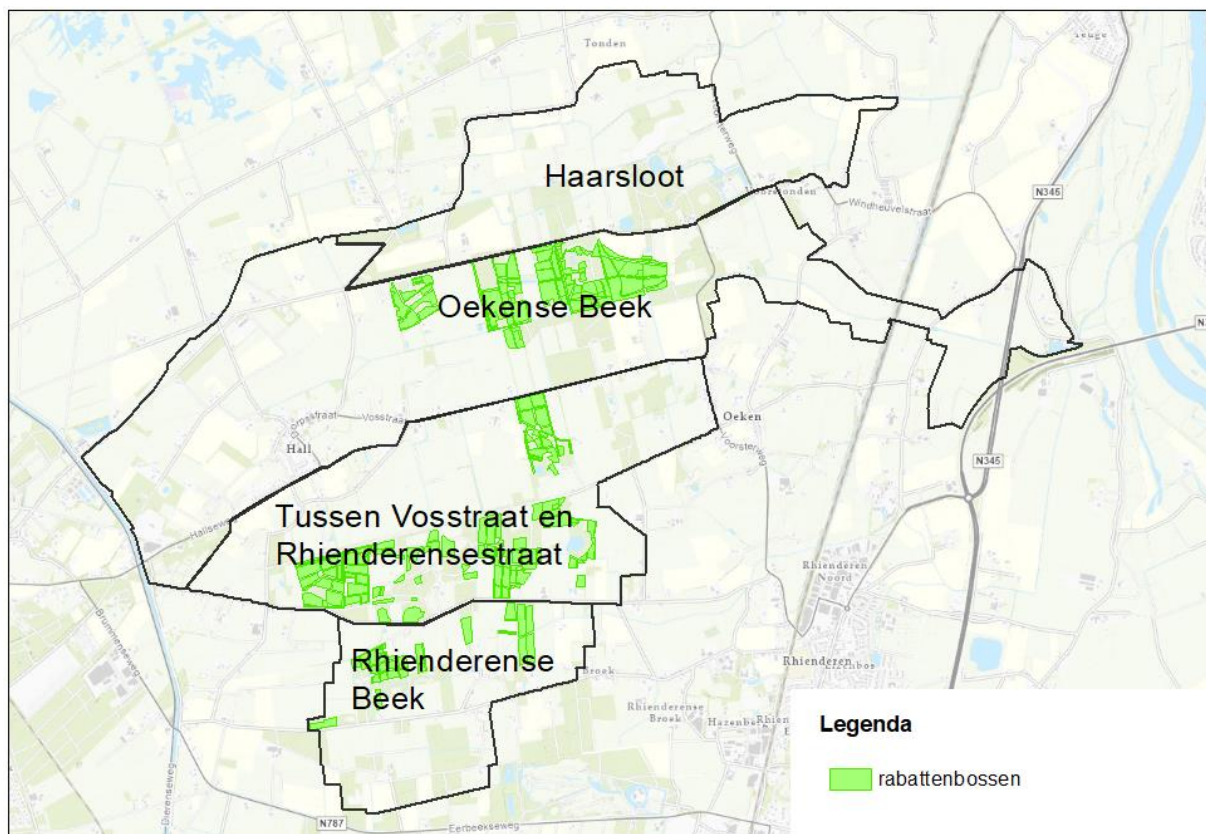


Figuur 2: De verandering in de voorjaarsgrondwaterstand op basis van het schetsontwerp.

2.3 De begroeiing/vegetatie

De toekomstige hydrologische inrichting brengt veranderingen mee in de begroeiing van het gebied. Voor steekmuggen gaan rabattenbossen (figuur 3) gepaard gaan met een dicht netwerk van sloten/greppels die vaak water bevatten en een daarmee een belangrijke broedplaats vormen voor sommige soorten moerassteekmuggen en sommige soorten huissteekmuggen in de zomersituatie na een natte periode/intense regenval. Daarom verdient de waterhuishouding van rabattenbos extra aandacht.

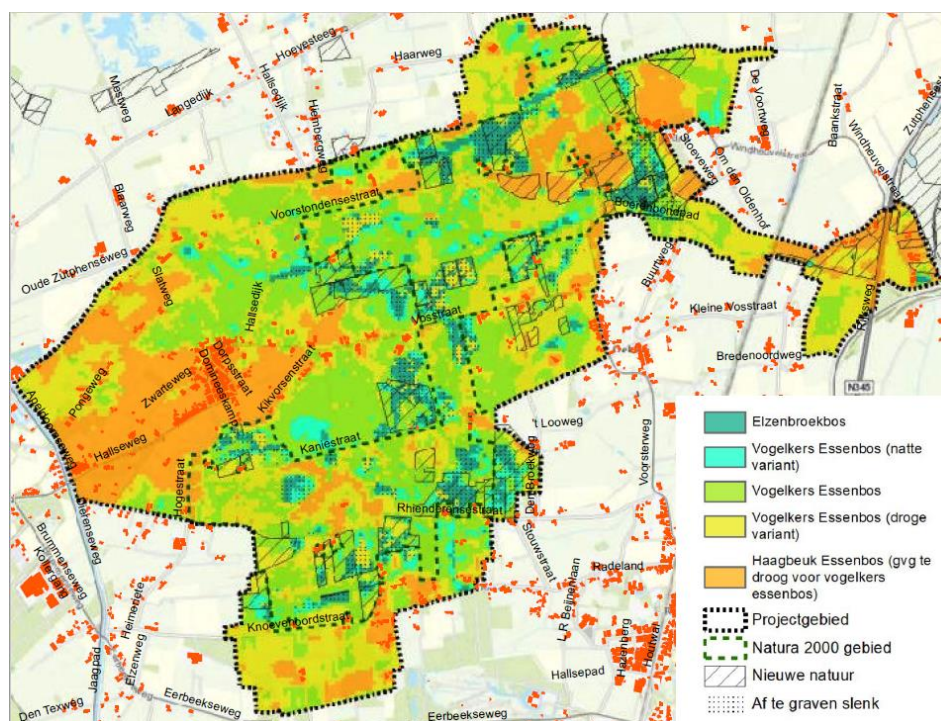
Daarnaast zijn in het gebied de potentiële begroeiingstypen geduid onderverdeeld naar bos- en grastypen (figuur 4 en 5), Tabel 1. Van de bostypen zijn vooral de elzenbroekbossen en de natte vogelkers-essen bossen van belang en van de grastypen de blauwgraslanden (vochtig, zwak zuur-neutraal en voedselarm), de natte heischraalgraslanden (nat-matig vochtig, zwak zuur, licht voedselverrijkt) en kamgrasweiden (ontwatert, voedselrijk) en de associatie van geknikte vossenstaart (buiten het groeiseizoen langdurig onder water, basisch, voedselverrijkt).



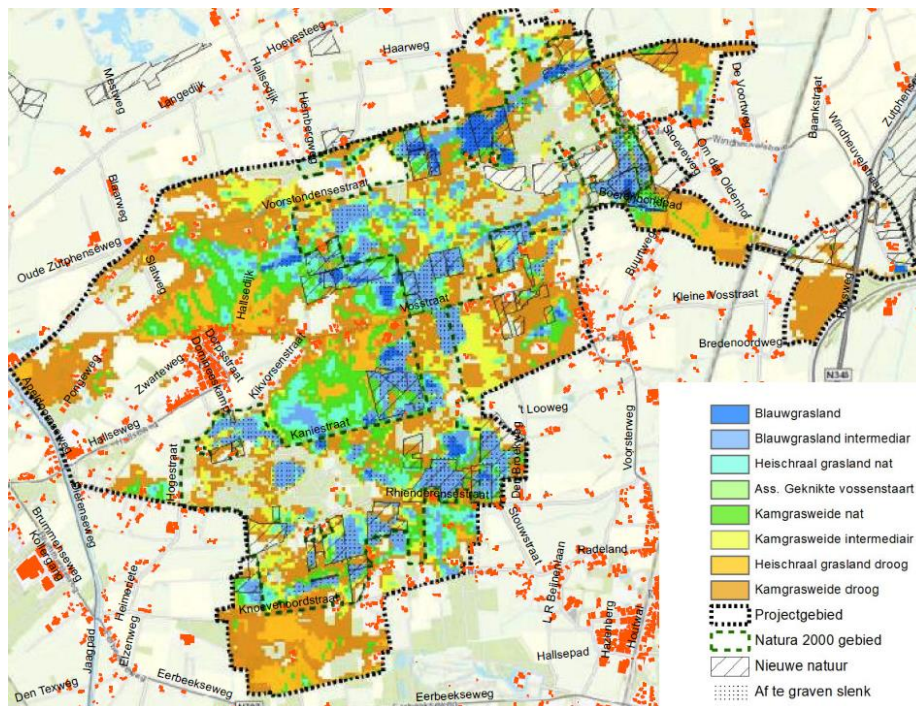
Figuur 3: De ligging en toestand van de rabattenbossen.

Tabel 1: De voor de potentiële vegetatie gebruikte langjarig gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand GVG en langjarig gemiddelde laagste grondwaterstand GLG, beiden uitgedrukt in cm -mv. Bron: Ecohydrologische onderbouwing, Schetsontwerp N2000 WaardeVOL Brummen, Arcadis, 27 mei 2021.

Vegetatietype	GVG	GLG
Grasland		
Blauwgrasland	<25	<70
Blauwgrasland intermediair	<25	>70
Heischraal grasland nat	25-35	<160
Ass. geknikte vossenstaart	35-50	<70
Kamgrasland nat	35-50	<130
Kamgrasland intermediair	35-50	130-170
Kamgrasland droog	>50	<130
Bos		
Elzenbroekbos	<25	<70
Vogelkers-essenbos nat	15-28	>40
Vogelkers-essenbos intermediair	28-60	>40
Vogelkers-essenbos droog	60-80	>40
Haagbeuk-essenbos	>80	-



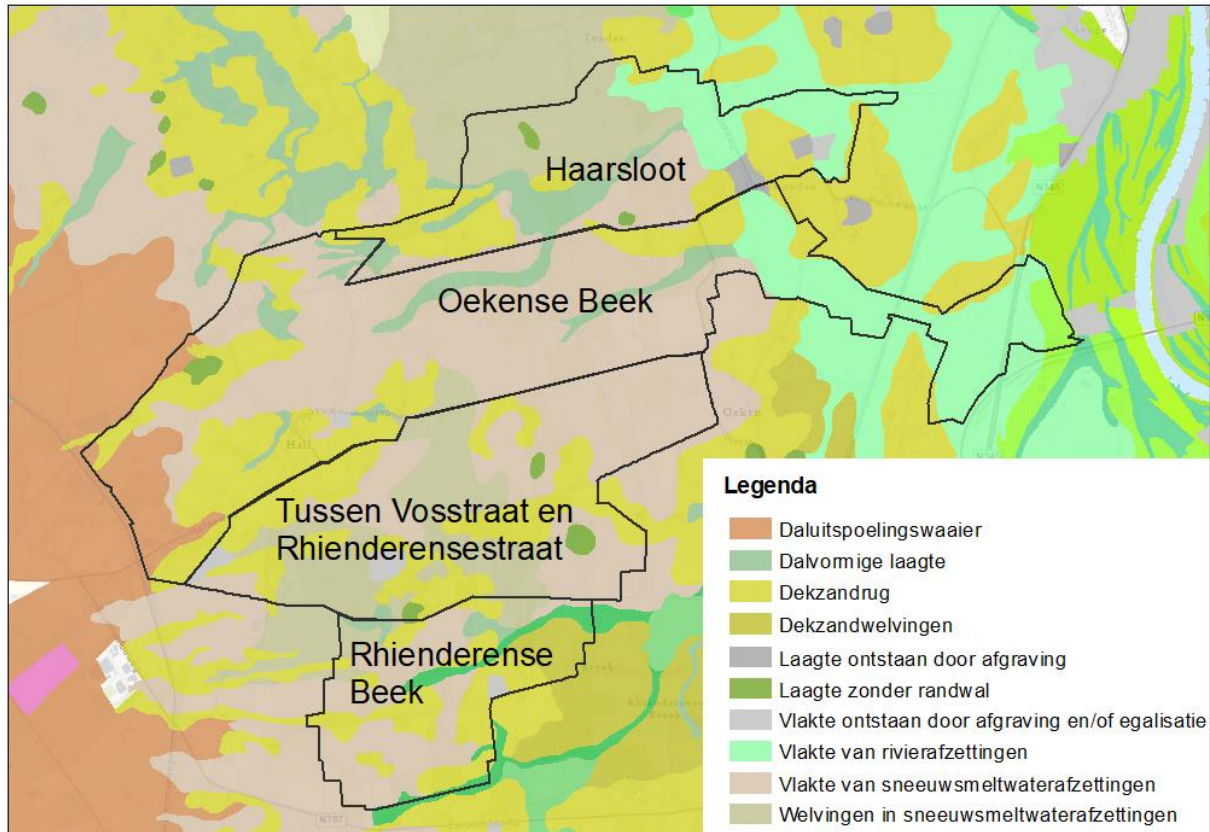
Figuur 4: De potentie voor het ontwikkelen van bostypen.



Figuur 5: De potentie voor het ontwikkelen van grastypen.

2.4 Geomorfologie

Geomorfologisch bestaat het aandachtsgebied vooral uit preglaciale vlakte van sneeuwsmeltafzettingen en dekzandruggen doorsneden door beekdalbodems (figuur 6). Plaatselijk zijn de afzettingen moeilijk doorlatende of ondoorlatende lagen die onder de huidige omstandigheden kunnen leiden tot vorming van regenwaterplassen op het land na intensieve regenbuien.



Figuur 6: De geomorfologische kaart van Nederland 1:50 000 d.d. 2019 (bron BRO <https://legendageomorfologie.wur.nl/>)

2.5 De risico-analyse Terpstra (2021)

Terpstra (2021) heeft de Leidraad risicoanalyse steekmuggen en knutten (Verdonschot & Besse-Lototskaya 2012) toegepast op het aandachtsgebied. Hierbij is onderscheid gemaakt in 4 landschapstypen:

- Natte bossen/Bosmoeras (waaronder de rabattenbossen)
- Oeverzone van Haarsloot, Oekense Beek en Rhienderense Beek
- Natte en vochtige graslanden
- Plas-dras graslanden

De nulmeting geeft alleen een beeld van de aantallen op genusniveau in de situatie vooraf. Voor het beschrijven van de potentiële beheermaatregelen i.r.t. steekmuggen en knutten is de nulmeting niet meegenomen omdat 1.) genusniveau onvoldoende informatie verschaft en 2.) de potentiële beheermaatregelen zich richten op een potentiële toename van stekende insecten die optreden bij een nieuwe inrichting vanuit het project WaardeVOL Brummen.

2.6 De beoogde inrichting en ontwikkelingskansen steekmuggen en knutten

Landschapsecologisch zijn op basis van de voorgaande paragrafen een aantal voor de ontwikkeling van steekmuggen en knutten belangrijke landschapselementen te onderscheiden. Dit betreft de volgende elementen:

- Open stilstaand, permanent water (poelen);
- Open stilstaand en droogvallend water (sloten, greppels);
- Open stromend, permanent water (beken);
- Oeverzone;
- Slenk;
- Moerasbos (elzenbroekbos);
- Nat bos (nat vogelkers-essen bos);
- Nat grasland, (matig) voedselarm (blauwgrasland, nat heischraalgrasland);
- Nat grasland, voedselverrijkt (associatie van geknikte vossenstaart);
- Nat-vochtig grasland, (matig) voedselrijk (intermediaire typen en nat kamgrasland).

3 Aanvullende inrichtings- en beheermaatregelen

3.1 Aanvullende maatregelen

3.1.1 Inleiding

In paragraaf 2.6 zijn op basis van het beschikbare materiaal een aantal beoogde landschapselementen benoemd. Voor ieder van deze elementen wordt hierna een beschrijving opgenomen van potentiële maatregelen t.a.v. inrichting en/of beheer die helpen bij het verminderen of voorkomen van overlast door steekmuggen en knutten. Hierbij wordt ook rekening gehouden met de doelen van het project WaardeVOL Brummen. Deze doelen zijn gericht op het vasthouden van meer water in het gebied en het verbeteren van de milieu-omstandigheden voor blauwgrasland en alluviaal bos. Dit betekent dat water langer moet worden vastgehouden en dat het grondwaterpeil in het voorjaar niet mag uitzakken t.b.v. de natte natuur en nat bos.

Rekening houdend met de doelen van het project WaardeVOL zijn in het algemeen een aantal maatregelen generiek van toepassing om het risico op toename muggen en knutten te beperken:

- Voorkom al te sterke wisselingen in oppervlaktewaterpeil en laat (langdurig) tijdelijk water in voorjaar oppervlakkig afstromen (met andere woorden allen het water dat op het maaiveld langdurig achterblijft). Dit betekent dat een stabiel (grond)waterpeil in het watersysteem moet worden gecreëerd door het verwijderen van te diepe ontwatering.
- Laat waar de gewenste natuurwaarden dat toelaten bij (zeer) natte gronden het peil in voorjaar iets wegzakken.
- Plan, indien mogelijk, bij herinrichting bufferzones in tussen gebied en bewoning en doorbreek corridors voor stekende insecten. Vaak zal het in dit kleinschalige gebied betekenen dat de zone rondom woningen vrij van nieuwe bosschages wordt gehouden en dat in deze zone de vegetatie kort wordt gehouden om geen corridors voor steekmuggen en knutten te creëren.
- Richt waar mogelijk concentratiegebieden (bosschages los/veraf van bewoning) voor stekende insecten in.
- Beheer in de richting van (matig) voedselarme situaties.
- Laat geen beweiding toe op natte percelen omdat dit kan leiden tot een voetsporen waar knutten en steekmuggen zich kunnen vestigen. Op droge percelen blijft beweiding een optie.
- Verwijder op nieuw aan te leggen nat grasland op voormalige landbouwgronden eerst de voedselrijke toplaag. Hiermee wordt verruiging beperkt en vernatting bevorderd.

3.1.2 Open stilstaand, permanent water (poelen)

Inrichting

Open stilstaand, permanent water heeft geen aanvullende inrichtingsmaatregelen nodig. Hier houdt de aanwezige fauna (predatoren) het aantal steekmuggen onder controle en kunnen ze niet tot (talrijke) ontwikkeling komen. Dit geldt zolang de waterkwaliteit goed is. Indien door sterke voedselverrijking kroosontwikkeling optreedt dan krijgen slootsteekmuggen kansen omdat door de krooslaag de sloot een slechte zuurstofhuishouding geeft en er nog maar weinig rovers kunnen leven. Het betreft vaak wel slechts een beperkt oppervlak.

Indien een rijke emergente (zachte) vegetatie ontwikkelt krijgen plantenboorsteekmuggen kansen omdat die hier talrijk kunnen voorkomen en hun zuurstof uit de plantenstengels halen. Het betreft vaak wel slechts een beperkt oppervlak. De oeverzone wordt hierna apart beschreven.

Beheer

→Voor een nieuw aan te leggen poel in de zone rondom woningen gelden aanvullende beheermaatregelen die helpen bij het verminderen of voorkomen van overlast door steekmuggen en knutten. De aanvullende beheermaatregelen zijn gericht op het tegengaan van voedselverrijking (baggerbeheer) en verlanding (maaibeheer 1x jaar).

3.1.3 Open stilstaand en droogvallend water (sloten, greppels)

Inrichting

Open stilstaand, droogvallend water is vooral bij langdurige watervoering (>10 dagen) in het voorjaar geschikt voor moerassteekmuggen en na intensieve regen en watervoering van >10 dagen in de zomer voor huissteekmuggen.

Beheer

→ Voor een nieuw aan te leggen open stilstaand, droogvallend water in de zone rondom woningen gelden aanvullende beheermaatregelen die helpen bij het verminderen of voorkomen van overlast door steekmuggen en knutten. De aanvullende beheermaatregelen zijn gericht op het tegengaan van voedselverrijking (baggerbeheer) en verlanding (maaibeheer 1x jaar).

3.1.4 Open stromend, permanent water

Inrichting

Open stromend, permanent water heeft geen aanvullende inrichtingsmaatregelen nodig. Hier zorgt de stroming ervoor dat de larven niet kunnen ontwikkelen. Ze kunnen niet aan het bewegende wateroppervlak blijven hangen en dus kunnen geen ademen. De oeverzone wordt apart beschreven.

Beheer

→ Voor een nieuw aan te leggen Open stromend, permanent water is geen aanvullend onderhoud nodig.

3.1.5 Oeverzone

Inrichting

Tussen de oevervegetatie kunnen modderige zones optreden wat geschikte broedplaatsen kan zijn voor verschillende groepen steekmuggen en knutten. Bij hogere voedselrijkdom is er ook voldoende voedsel beschikbaar.

In dit oevermilieu gedijen predatoren, zoals roofkevers, libellenlarven en amfibieën slecht en kunnen ze de steekmuggen en knutten moeilijk in aantallen beperken.

Beheer

→ Voor een nieuw aan te leggen droogvallende oeverzones in de zone rondom woningen gelden aanvullende beheermaatregelen die helpen bij het verminderen of voorkomen van overlast door steekmuggen en knutten. De aanvullende beheermaatregelen zijn gericht op het tegengaan van voedselverrijking (baggerbeheer) en verlanding (maaibeheer 1x jaar).

3.1.6 Slenk

Inrichting

In de slenken kan kwel- en regenwater oppervlakkig afvloeien naar het laagste punt in de slenk en wordt de vorming van (mini-)horsten in de flanken en dus de ontwikkeling van steekmuggen en knutten voorkomen. Slenken zijn zeer ondiep met flauwe taluds.

Beheer

→ Voor een nieuw aan te leggen slenken in de zone rondom woningen gelden aanvullende beheermaatregelen die helpen bij het verminderen of voorkomen van overlast door steekmuggen en knutten. De aanvullende beheermaatregelen zijn gericht op het tegengaan van voedselverrijking (baggerbeheer) en verlanding (1x per jaar maaien).

→ Tegelijk is het zaak de bodem op te houden (geen zware materieel of beweiding) om de bodem.

3.1.7 Moerasbos (elzenbroekbos)

Inrichting

Open (grazig) en gesloten (bos) moerassen kenmerken zich door een sterke afwisseling tussen droog en nat in ruimte en tijd. In combinatie met de ontwikkeling van hogere vegetatie (hogere luchtvochtigheid en windluwte) is dit een gunstige uitgangssituatie voor hoge(re) aantallen steekmuggen en knutten. Daarnaast kan bos voor volwassen muggen als vliegroute gaan dienen naar woningen.

→ Voor een nieuw aan te leggen Moerasbos rondom woningen geldt: houdt de zone rondom woningen vrij van nieuwe bosschages en houdt in deze zone de vegetatie kort (creëer geen corridors voor steekmuggen en knutten);

Beheer

→ Voor een nieuw aan te leggen Moerasbos in de zone rondom woningen gelden aanvullende beheermaatregelen die helpen bij het verminderen of voorkomen van overlast door steekmuggen en

knutten. De aanvullende beheermaatregelen zijn gericht op het tegengaan van voedselverrijking (maaibeheer).

3.1.8 Nat bos (nat vogelkers-essen bos)

Inrichting

Natte bossen kunnen aanleiding geven tot de ontwikkeling van moerassteekmuggen en knutten. De moerassteekmuggen krijgen alleen de kans zich te ontwikkelen indien het natte bos tot in het voorjaar langdurig-tijdelijk water bevat (>10 dagen). Dan gedraagt het natte bos zich als een moerasbos en gelden dezelfde adviezen. De abiotische inrichtingsvoorwaarden voor nat bos betreft een langjarige voorjaarsgrondwaterstand tussen de 15-28 cm beneden maaiveld. Uitgaande van deze abiotische inrichtingsvoorwaarden is geen sprake van langdurig-tijdelijk water in het voorjaar.

→Voor een nieuw aan te leggen Nat bos rondom woningen geldt in de zomer dat inundatie niet langdurig mag optreden (<10 dagen).

Beheer

→Voor een nieuw aan te nat bos in de zone rondom woningen gelden geen aanvullende beheermaatregelen. Op basis van de abiotische inrichtingsvoorwaarden is geen sprake van langdurig-tijdelijk water in het voorjaar.

3.1.9 Nat grasland, (matig) voedselarm (blauwgrasland, nat heischraalgrasland)

Inrichting

Bij nat grasland treden moerassteekmuggen alleen op als langer durende inundatie (> 10 dagen) optreedt in afwisseling met droogval (hydrologische dynamiek) en bij langduriger grondwater (> 10 dagen) aan maaiveld treden juist meer knutten op. Het risico wordt groter indien het terrein de kenmerken gaat dragen van bulten-slenken, verruigd of wordt beweide.

→Voor een nieuw aan te leggen nat grasland op voormalige landbouwgronden wordt eerst de voedselrijke toplaag verwijderd. Hiermee wordt verruiging beperkt.

Beheer

→Bij te hoge (grond)waterstand kan met peilbeheer gestuurd worden door het peil iets te laten dalen. Uiteraard dient maaibeheer niet te leiden tot bodemverdichting noch tot onregelmatig reliëf. Geen beweiding toepassen. Voor een nieuw aan te leggen nat grasland in de zone rondom woningen gelden aanvullende beheermaatregelen die helpen bij het verminderen of voorkomen van overlast door steekmuggen en knutten. De aanvullende beheermaatregelen zijn gericht op het tegengaan van tot bodemverdichting noch tot onregelmatig reliëf. Geen beweiding toepassen.

3.1.10 Nat grasland, voedselverrijkt (associatie van geknikte vossenstaart)

Inrichting

Bij nat, voedselverrijkt grasland is de kans op knutten groter dan op moeras- of huissteekmuggen. Alleen langdurig tijdelijke inundatie, vooral in de zomer, kan aanleiding geven voor een piek in aantallen huissteekmuggen. Inundatie in de zomer (>10 dagen) is niet te verwachten. De abiotische inrichtingsvoorwaarden voor nat grasland associatie van geknikte vossenstaart betreft een langjarige voorjaarsgrondwaterstand tussen de 35-50 cm beneden maaiveld. Uitgaande van deze abiotische inrichtingsvoorwaarden is geen sprake van langdurig-tijdelijk water in het voorjaar.

Beheer

→Voor een nieuw aan te leggen nat grasland in de zone rondom woningen gelden aanvullende beheermaatregelen die helpen bij het verminderen of voorkomen van overlast door steekmuggen en knutten. De aanvullende beheermaatregelen zijn gericht op het tegengaan van tot bodemverdichting noch tot onregelmatig reliëf door beweiding.

3.1.11 Nat-vochtig grasland, (matig) voedselrijk (intermediaire typen en nat kamgrasland))

Inrichting

De abiotische inrichtingsvoorwaarden voor nat-vochtig grasland intermediaire typen en nat kamgrasland betreft een langjarige voorjaarsgrondwaterstand tussen de 35-50 cm beneden maaiveld. Uitgaande van deze abiotische inrichtingsvoorwaarden is geen sprake van langdurig-tijdelijk water in het voorjaar. Daarnaast is inundatie in de zomer (>10 dagen) niet te verwachten. De grondwaterstanden zijn in de zomer laag en de bodem is goed doorlatend.

Beheer

Voor een nieuw aan te leggen Nat-vochtig grasland in de zone rondom woningen gelden aanvullende beheermaatregelen die helpen bij het verminderen of voorkomen van overlast door steekmuggen en knutten. De aanvullende beheermaatregelen zijn gericht op het tegengaan van tot bodemverdichting noch tot onregelmatig reliëf door beweiding.

3.2 Overige aanvullende maatregelen

3.2.1 Bos en bosschages behoud en/of aanleg

Het behoud, de aanleg en het toestaan van opslag van bos en bosschage (struwelen) als mitigerende maatregel tegen overlast door steekmuggen en knutten, de zogenaamde muggenbulten, heeft als doel volwassen steekmuggen en knutten na het uitvliegen aan te trekken zodat het verspreiden naar de omgeving wordt verminderd. Omdat dergelijke begroeiingen verwijderd liggen van bewoning worden de volwassen steekmuggen en knutten als het ware weggeleid van de menselijke prooi. In dergelijke begroeiing zijn de omstandigheden gunstig voor deze dieren en kunnen ook prooien worden gevonden, zoals reeën, muizen en hagedissen, die bij voldoende prooi het verder vliegen van steekmuggen en knutten sterk beperken.

Deze aanvullende maatregel is alleen mogelijk indien de opslag voldoende oppervlak heeft en ver genoeg verwijderd is van bewoning (zie ook hoofdstuk 4). Anders blijven of gaan ze functioneren als corridors indien ze grenzen aan broedplaatsen mits deze aldaar ontstaan.

Bosjes en bosschages die te dicht bij bewoning liggen maar gehandhaafd (moeten) worden dienen, omdat ze kunnen werken als corridor voor steekmuggen en knutten, een sterk open karakter (een structuur waar de wind vrij spel heeft) te krijgen. Een dergelijke open structuur kan invloed hebben op de gewenste toestand van aanwezige natuurwaarden.

3.2.2 Afplaggen voedselrijke grond

Het afplaggen van voedselrijke grond op voormalig agrarische percelen leidt tot een verlaging van het maaiveld. Of deze ingreep leidt tot vernatting hangt af van de toekomstige grondwaterstand.

Na afplaggen ontstaat een schrale en bodem. Hiermee wordt verruiging beperkt.

3.2.3 Toelichting op maaibeheer

Het maaien van de vegetatie is vanuit het oogpunt van steekmuggen en knutten bedoeld om verdichting en/of verlanding in oppervlaktewater te voorkomen. Op land is het bedoeld om te voorkomen dat hoger opgroeiende vegetatie als corridor van broedplaats naar bewoning gaat werken. Steekmuggen en knutten prefereren zones met lagere temperaturen en hogere luchtvochtigheid. Deze ontstaan bijvoorbeeld tussen hoge pollens, struikopslag en ruigtevegetatie. Maaien brengt de begroeiing terug naar korte, lage sprietten die veel minder beschutting geven. Het is daarbij van belang dat in de vliegmaanden van de moerassteekmug (maanden mei-juni) de vegetatie kort is. Het maaien is echter zeer negatief voor veel andere dieren. Maaien is daarom alleen een noodmaatregel indien sprake is van hoge aantallen Steekmuggen en knutten in de nabijheid van bewoning.

Tegelijk is het zaak bij de graslanden de bodem open te houden (geen zware materieel of beweiding).

3.2.4 Toelichting op begrazen

Ook met begrazen kan lokaal de vegetatie kort worden gehouden. Bij begrazing moet echter wel rekening worden gehouden met de natheid van de bodem. In een te natte bodem die door vee belopen wordt ontstaan pootputjes die als habitat voor steekmuggen kunnen gaan dienen. Vooral huissteekmuggen maken hier gebruik van en afhankelijk van het totale oppervlak kan dit tot hoge aantallen leiden. Dit moet worden vermeden. Daarnaast kan bij te hoge graasdruk er teveel mest op de bodem terecht komen. In de bodem onder de mest gedijen knutten uitstekend. Ook dit dient te worden voorkomen. Het is daarom aan te bevelen om op natte, hydrologisch instabiele gebiedsdelen in de nabijheid van bewoning begrazen achterwege te laten.

3.2.5 Temporele aspecten

Tenslotte zal kort na de aanleg de kans op hoge aantallen zich ontwikkelende steekmuggen en knutten groter zijn dan jaren later wanneer het ecosysteem hersteld is en een nieuw evenwicht is ingesteld omdat voedselrijkdom is afgenomen en dynamiek is verminderd (geen vorming van langdurig stilstaand

tijdelijk water op het land). Dan kunnen predatoren (zoals rovende insecten (b.v. roofkevers, libellelarven, amfibieën)) de larven deels verminderen. Hierbij zijn de te nemen maatregelen moeilijker te bepalen. Wel kan plaggen en of afgraven beter in het najaar worden uitgevoerd zodat het systeem nog een aantal maanden heeft om te ontwikkelen.

4 Afstand tussen broedgebieden en bewoning

Een ruime afstand tussen mogelijke broedgebieden van steekmuggen en knutten en bewoning (de plaats waar de volwassen steekmuggen naar toe vliegen) kan effectief zijn om overlast te beperken. Broedgebieden zijn de plaatsen waar steekmuggen/knutten hun eitjes afzetten (op natte grond of op water) en waar de larven zich ontwikkelen (in de waterkolom) om via popstadium (in de waterkolom levend) te komen tot volwassen steekmuggen/knutten (die uit het water uitvliegen). Wanneer het tussenliggend gebied steekmug en knut onvriendelijk wordt ingericht gaat het tussenliggende gebied als barrière werken.

Steekmuggen zijn in 4 groepen vliegers zijn te verdelen: sterke, goede, matige en zwakke vliegers (Verdonschot & Lototskaya 2014). Barrières verminderen het aantal steekmuggen en knutten dat woningen bereikt altijd. Knutten behoren tot de sterke vliegers. De effectiviteit van barrières hangt samen met verschillende aspecten:

- de soort (ecologie), incl. de vliegcapaciteit
- de populatiegrootte van de soort in het betreffende gebied
- de te verwachten omvang van de overlast wat samenhangt met het oppervlak van het broedgebied en de afstand tot bewoning
- de aanwezigheid prooien voor en in barrière
- de lokale topografie en milieuomstandigheden (inrichting) van de barrière
- de oriëntatie t.o.v. de heersende windrichting
- het begroeiingstype
- de tolerantie van de omgeving/gebruikers

De drie belangrijkste aspecten worden hierna nader toegelicht:

Vliegcapaciteit van steekmuggen en knutten

Van veel Nederlandse soorten steekmuggen en knutten is de vliegcapaciteit niet bekend. Van sommige knutten is bekend dat het zeer goede vliegers zijn. Er is een mismatch tussen ecologische groepen van huissteekmuggen, slootsteekmuggen, moerassteekmuggen, boomholtsteekmuggen en plantenboorsteekmuggen en de vier vlieggroepen. Met andere woorden: binnen iedere ecologische groep van steekmuggen kunnen zowel zwakke als sterke vliegers zitten. Dit laatste resultaat betekent dat het van de lokale milieu-omstandigheden afhangt of een barrière zin heeft, omdat het van deze omstandigheden afhangt welke soort zich ontwikkelt. Wanneer bekend is welke soort of soorten zich ontwikkelen of kunnen ontwikkelen en welke vliegcapaciteit die hebben, kan pas aangegeven worden of een barrière meer of minder effectief zal zijn. Bosmoerassteekmuggen bijvoorbeeld zijn zwakke vliegers en daar kan een smalle barrière al veel effect oogsten.

Afstand en inrichting van het tussenliggende gebied

De overlast veroorzaakt door zwakke en matige vliegers kan met smallere barrières die op een juiste manier zijn ingericht worden beperkt. Een barrière van 50-70 m geeft een 90% vermindering in aantallen zwakke vliegers terwijl dit bij matige vliegers met 140- 200 m wordt bereikt. Voor de goede en sterke vliegers zijn veel bredere barrières nodig om een 90% vermindering te bereiken. Echter zoals eerdergenoemd afstand is niet de enige factor die de barrièrewerking bepaald en kan niet zomaar als maat worden gehanteerd.

Omgekeerd als het broedgebied verre van optimaal is en er dus maar heel lage aantallen steekmuggen optreden is een 90% reductie niet nodig om toch geen overlast te krijgen. De inrichting van een barrière is gericht op het bereiken van een lage luchtvochtigheid (te bereiken met zeer korte vegetatie of open water), vrijheid voor windwerking (wind beperkt de vliegmogelijkheden sterk) en ontbreken van corridors in de vorm van linten van bosschages of ruigten. Een extra versterking van een barrière is het aanleggen van bosschages aan de binnenzijde van het broedgebied om volwassen steekmuggen en knutten juist het gebied in te trekken i.p.v. het gebied uit, richting woningen, te laten vliegen. Deze zogenoemde muggenbosjes (ook wel muggenbulten genoemd) versterken de barrièrewerking.

We weten inmiddels dat de gewone moerassteekmug bij een hoge dichtheid over een afstand van 500 m met 70% in aantal afneemt.

Hoe deze afstanden relateren tot de aanwezige soorten in het gebied kan niet worden geduoid omdat de nulmeting tot genusniveau beperkt was en onvoldoende jaarrond dekking aan de voorkomende soorten gaf.

Aard, het oppervlak en de kwaliteit van het broedgebied

De habitatkwaliteit en het oppervlak van broedplaatsen is van groot belang bij de inschatting van potentiële overlast. Dit is een belangrijk onderdeel van een risico-inschatting. Het ligt voor de hand dat hoe groter de oppervlakken aan potentieel broedgebied zijn, hoe groter de kans op overlast omdat er dan meer larven volwassen worden. Als dan ook de habitatkwaliteit van de specifieke broedplek optimaal is dan kunnen zich nog hogere aantallen steekmuggen en knutten ontwikkelen. Vaak zijn wisselend droog-natte oftewel dynamische landschapstypen de belangrijkste bon voor overlast van steekmuggen, omdat daar kwaliteit en kwantiteit van broedgebied het hoogst zijn. Voor knutten is het moeilijker te definiëren wanneer de kwaliteit van het broedgebied het hoogst is maar het hangt samen met grondwater aan maaiveld en voedselrijkdom.

Het aanleggen van barrières helpt altijd maar de effectiviteit is niet alleen afhankelijk van (1) de soort met een bepaalde vliegcapaciteit (4 vlieggroepen), maar ook van (2) de inrichting van de buffer ('Hoe onneembaar is de barrière voor de steekmug of knut?'), (3) de aard (in relatie tot de ecologische groepen steekmuggen en knutten), het oppervlak en kwaliteit van het broedgebied en (4) de ruimtelijke positionering t.o.v. bosschages en woningen. Dit betekent dat bovengenoemde 4 aspecten in relatie tot de weersomstandigheden, omdat die uiteindelijk de dynamiek van het water sturen, in de discussies rondom buffers en barrières meegenomen moeten worden. Deze complexiteit vraagt om een lokale benadering zelfs binnen het aandachtsgebied. Daarnaast is deze maatregel moeilijk uitvoerbaar wanneer het een kleinschalig, bosrijk natuurlandschap betreft waar bebouwing sterk verspreid en nabij en in het natuurgebied voorkomt. In een dergelijk geval, zoals ook in dit gebied, zal het aanleggen van brede barrières zeer ingrijpende consequenties hebben, die het behalen van o.a. Natura 2000 of andere natuur doelen onhaalbaar maken.

De belangrijkste zones tussen potentiële broedplaatsen en bewoning waarbij barrières effectief kunnen zijn, betreft percelen die voldoende breed zijn en waar of open water of kort-grazige vegetatie als barrière kan gaan functioneren. Met het pleksgewijs (geen corridor) behouden van bosschages aan de 'natuurzijde' van de barrière worden veel meer steekmuggen in het gebied 'gehouden'. De (mogelijk bloemrijke) graslanden, mits voldoende droog en niet bemest, richting bewoning zouden juist kort begraaasd of gemaaid moeten blijven om de barrière te doen functioneren. De breedte en haalbaarheid hangen af van de voorkomende soorten steekmuggen en knutten, de dichtheid hiervan en de vliegcapaciteit.

5 Steekmuggen en knutten in relatie met ziekten

5.1 Inleiding

Steekmuggen en knutten, vooral de bloedzuigende, zijn potentiële vectoren (overbrengers) van ziekten. In §6.1 wordt een korte schets gegeven van de ziekten die in Europa door steekmuggen en knutten worden overgedragen. Omdat niet iedere soort iedere ziektekiem kan overdragen wordt ook deze relatie in de eerste paragraaf belicht. In §6.2 wordt de situatie rondom malaria beschreven en in §6.3 worden enkele andere meer relevante ziekten behandeld.

5.2 Steekmuggen en knutten in relatie met pathogenen

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 brengt geen grote gezondheidsrisico's mee.

Om de meer specifieke vraag rondom het vasthouden van water in overstromingsvlaktes in relatie tot het 'terugkeren van tropische ziekten, zoals malaria en knokkelkoorts', te beantwoorden is inzicht nodig omtrent steekmuggen en pathogenen. Na het rond 1955 uitsterven van endemische malaria in Nederland was er nauwelijks belangstelling voor onderzoek vanuit medisch en ecologisch oogpunt naar steekmuggen, hoewel potentiële culicide malariavectoren, zoals *Anopheles (Anopheles) maculipennis* en *Anopheles (Anopheles) claviger* nog steeds in Nederland aanwezig zijn. Daarbij zijn steekmuggen (Culicidae) bekend als vectoren voor veel medisch belangrijke pathogenen, zoals virussen, bacteriën, protozoa en nematoden. Bekende door steekmuggen overgebrachte ziekten zijn bijvoorbeeld malaria, chikungunya, dengue en West-Nijlkoorts, en filariasis (zie Verdonschot 2009).

Door de komst van uitheemse soorten en de opkomst van nieuwe ziekten al dan niet in samenhang klimaatverandering komen de verspreidingspatronen van steekmugsoorten en hun ecologie echter weer meer in de belangstelling. De tijgermug *Aedes (Stegomyia) albopictus* wordt momenteel beschouwd als de vaakst ter wereld waargenomen invasieve mug, is afkomstig uit Zuidoost-Azië (en komt momenteel al minstens in 20 Europese landen voor. Populaties van een andere invasieve muggensoort, *Ochlerotatus (Finlaya) japonicus*, *Ochlerotatus (Ochlerotatus) atropalpus* en *Aedes (Finlaya) koreicus*, een mogelijke overbrenger van *Dirofilaria immitis* en het Japans encefalitisvirus zijn recentelijk in Europa gerapporteerd.

Er zijn voor Europa negen muggen-overdraagbare virussen beschreven voor de mens, behorende tot drie families: Togaviridae (sindbis, chikungunya), Flaviviridae (West-Nijl-, dengue, usutu) en Bunyaviridae (batai, tahyna, hare inkoo). Voor een meer volledig overzicht wordt verwezen naar Verdonschot (2009). Omdat de exotische soorten alle behoren tot de boomholtesteekmuggen en vooral goed ontwikkelen in zogenaamde containermilieus, dit zijn aan de mens gebonden kleine wateren zoals autobanden, bekertjes en schotels, is het onwaarschijnlijk dat deze soorten in het aandachtsgebied kunnen en zullen ontwikkelen mits ze zich verder in de toekomst ze toch in Nederland zouden vestigen.

5.3 Malaria in Nederland

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. 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.

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*, *beklemishevi*,

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.

Het aantal meldingen van malaria in Nederland is van 569 in 2001 naar 210 in 2007 teruggelopen en betrof meestal besmettingen opgelopen in Ghana en Nigeria, en liep tot 2020 verder terug naar iets meer dan 50. 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. 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.

Voor het aandachtsgebied speelt malaria geen rol.

5.4 Samenvatting steekmuggen en knutten in relatie met ziekten

Bloedzuigende of -stekende muggen en knutten kunnen ziektekiemen zoals virussen, bacteriën, protozoa en nematoden, overdragen. Welke ziekten worden overgedragen hangt af van de soort steekmug of knut en ziektekiem. Niet iedere soort kan elke ziekte overdragen, integendeel, dat is redelijk beperkt. Alleen steekmuggen die besmet zijn geraakt en ziektekiemen dragen kunnen mensen ziek maken. De kans dat steekmuggen in Nederland ziekteverwekkers overdragen op mensen is echter zeer klein. Omdat in Nederland geen knokkelkoorts (dengue), Chikungunya en Zika voorkomt, kunnen de steekmuggen deze ziekten ook niet overdragen op de mens. Het West Nijl virus wordt overgedragen door huissteekmuggen en is sinds 2020 enkele malen in Nederland aangetroffen. Malaria wordt wel regelmatig in Nederland als ziekte gediagnosticeerd maar het gaat dan om mensen die de ziekte in (sub)tropen hebben opgelopen. De kans op vestiging en overdracht van malaria in Nederland is nihil.

6 Literatuur

- Fraanje L, Meier B, Röling Y, Schoenaker B, Spikkert E (2020). Notitie Schetsontwerp WaardeVOL Brummen. Arcadis, Amersfoort. 50 pp.
- Takken W., Geene R., Adam W. & Jetten T.H. 1999. Malariamuggen en het risico voor terugkeer van malaria in de Rijn-Maas delta. Wageningen Universiteit en Research Centrum. 47 pp.
- Terpstra M. (2021). Nulmeting steekmuggenmonitoring in WaardeVOL Brummen 2020. A&W rapport 3348. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden. 35 pp.
- Verdonschot, P. F. M. (2009). Verkenning van de steekmuggen-en knuttenproblematiek bij klimaatverandering en vernatting (No. 1856). Alterra.
- Verdonschot P.F.M. & Besse-Lototskaya A. (2012). Leidraad Risicomanagement Overlast Steekmuggen en Knutten: Toelichting op de Leidraad. Alterra-rapport 2298, 59 pp.
- Verdonschot, P. F., & Besse-Lototskaya, A. A. (2014). Flight distance of mosquitoes (Culicidae): a metadata analysis to support the management of barrier zones around rewetted and newly constructed wetlands. *Limnologica*, 45, 69-79.