

De toekomst van natte schraallanden in de Krimpenerwaard



Een ecohydrologische systeemanalyse op hooilandjes van het Zuid-Hollands Landschap

Colofon

Afstudeeronderzoek

De toekomst van natte schraallanden in de Krimpenerwaard.

Auteur

Sander Rijfers

Contactgegevens

*sander.rijfers@hvhl.nl
+31 6 22821063*

Foto omslag

Schraalland in de Middelblokboezem

Foto's rapport

Sander Rijfers

Opleverdatum

3 oktober 2019

Versie

Definitief

Onderwijsinstelling

Hogeschool Van Hall Larenstein

Studierichting

Bos- en natuurbeheer, specialisatie Toegepaste ecologie

Afstudeerbegeleider

Mevr. H. van Loon

Opdrachtgever

*Zuid-Hollands Landschap
Dhr. M. Breedveld*

**Het is niet toegestaan dit document zonder bronvermelding te gebruiken.*



Zuid-Hollands Landschap



Voorwoord

Voor u ligt mijn bachelorscriptie ter afronding van mijn vierjarige studie Bos- en natuurbeheer aan de Hogeschool van Hall Larenstein te Velp. Het afstuderen is een leerzaam proces geweest waarin ik de kennis en vaardigheden die ik heb opgedaan tijdens mijn studie heb kunnen benutten in mijn onderzoek. Ook heb ik nieuwe vaardigheden ontwikkeld. Het schrijven van mijn afstudeerrapport en daarmee de afronding van de studie was nooit mogelijk geweest zonder de steun van vrienden, familie en docenten. Allereerst wil ik mijn afstudeerbegeleider Hedwig van Loon bedanken voor haar begeleiding en feedback die zij mij met veel deskundigheid gaf. Daarnaast wil ik ook graag de medewerkers van het Zuid-Holland Landschap bedanken voor hun hulp en bereidheidwilligheid tijdens mijn onderzoek. In het bijzonder wil ik mijn stagebegeleider Maarten Breedveld bedanken voor zijn support, kritische kijk en verhelderende feedback op de juiste momenten. Tenslotte wil ik mijn familie en vrienden bedanken voor hun steun tijdens alle stadia van mijn studie.

Ik wens u veel plezier bij het lezen van deze scriptie!

Sander Rijfers

Rotterdam, 2 oktober 2019

Samenvatting

Dit rapport is het resultaat van een ecohydrologisch onderzoek in schraallanden van de Stolwijkse Boezem, Middelblokboezem en rondom Kooilust in opdracht van het Zuid-Hollands Landschap (ZHL). Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van een afstudeeropdracht van de studie Bos- en natuurbeheer - specialisatie Toegepaste ecologie aan de Hogeschool Van Hall Larenstein

Het ZHL constateert al decennialang een achteruitgang van typische soorten in de onderzoeksgebieden. Soorten van zwakzure omstandigheden zoals Welriekende nachtorchis, Gevlekte orchis en Vlozegge zijn nagenoeg verdwenen en Rietorchis/Brede orchis en Spaanse ruiter nemen sterk af. De vegetaties die overblijven bestaan grotendeels uit soorten die wijzen op (zeer) voedselarme, verzuurde en verdroogde omstandigheden: o.a. Pijpenstrootje, Veenpluis, veenmossen en haarmossen. Het doel van dit onderzoek is het verkennen en in beeld brengen van de knelpunten in het functioneren van de hooilandjes. Hiervoor is de volgende hoofdvraag opgesteld: *"Welke knelpunten in het functioneren van het systeem liggen ten grondslag aan de verdwijning van typische soorten in de hooilandjes?"*. De hoofdvraag is onderverdeeld in de volgende deelvragen:

1. Wat is de huidige situatie en het ecohydrologisch functioneren van het systeem, inclusief bijbehorende vegetaties en huidig beheer?
2. Hoe ontwikkelen de hooilandjes zich wanneer geen actie ondernomen wordt?
3. Wat is het gewenste functioneren?

Om antwoord te kunnen geven op de hoofdvraag is een beperkte ecohydrologische systeemanalyse uitgevoerd. Er heeft literatuurstudie plaatsgevonden aangaande de geo(morfo)logie, hydrologie, bodem, vegetatie, stikstofdepositie en beheer. Aanvullend veldwerk heeft zich gericht op het verzamelen van gegevens met betrekking tot bodemzuurgraad, oppervlaktewaterkwaliteit en vegetatie. De milieueisen van SNL-typevorm N10.01 Nat schraalland zijn als referentiekader gebruikt.

Uit de systeemanalyses blijkt dat alle studiegebieden te maken hebben met verdroging, verzuring en (zeer) voedselarme omstandigheden. Tevens is de stikstofdepositie gelijk aan of hoger dan de kritische depositiewaardes. Het gevoerde waterpeil is alleen in kleine delen van de Middelblokboezem optimaal. In de zuidoostelijke percelen bij Kooilust is de situatie suboptimaal. Het peil in de andere gebieden is aanzienlijk te laag. De zuurgraad van de bovengrond is in alle gebieden meestal te zuur en ligt overwegend tussen pH 3,5 en 4,5. Uit de vegetatie (Ellenbergwaarden) blijkt dat de voedingstoestand in de schraallanden meestal suboptimaal is.

Alhoewel de onderzoeksgebieden alle een unieke ligging, bodemsamenstelling en vegetatie vertegenwoordigen, zijn de knelpunten zeer vergelijkbaar. Een combinatie van verzuring, verschraling en te droge toestanden wordt verantwoordelijk gehouden voor de achteruitgang en verdwijning van typische soorten in de hooilandjes. Bij ongewijzigd beheer zullen de omstandigheden voor de typisch schraallandvegetaties in alle onderzoeksgebieden verslechteren.

Om het systeem weer optimaal te laten functioneren zijn herstelmaatregelen noodzakelijk. De zuurgraad kan verhoogd worden door het buffercomplex te herstellen. Hoewel er meerdere mogelijkheden zijn, liggen waarschijnlijk goede kansen bij het aanbrengen van een laagje slootbagger. Naast voedingsstoffen bevat bagger ook bufferstoffen. Om de vochttoestand te optimaliseren dient men een peilverhoging uit te voeren die in het voorjaar tot ≤ 5 cm onder het maaiveld reikt. Tevens zijn herstel van de zaadbank en het creëren van kiemplekken aandachtspunten. Het herstel van de onderzoeksgebieden vereist maatwerk en het verdient de aanbeveling herstelmaatregelen eerst te testen door middel van een proef. Verder onderzoek naar de kwaliteit en kwantiteit van middelen (e.g. bagger) is gewenst.

Inhoudsopgave

1.	INLEIDING	5
1.1.	ACHTERGROND	5
1.2.	AANLEIDING	5
1.3.	ONDERZOEKSGBIED	6
1.4.	PROBLEEMBESCHRIJVING	7
1.5.	DOEL EN BEOOGD PRODUCT	9
1.6.	ONDERZOEKSVRAGEN	9
1.7.	AFBAKENING	9
1.8.	LEESWIJZER	10
2.	ONDERZOEKSMETHODE.....	11
2.1.	STAPPENPLAN	11
2.2.	BEANTWOORDING VAN DE DEELVRAGEN	13
2.3.	SYNTHESE	17
2.4.	ONDERZOEKSLOCATIES	17
2.5.	MATERIALEN	18
3.	WAT IS NAT SCHRAALLAND?.....	19
4.	REGIONALE SYSTEEMANALYSE: KRIMPENERWAARD	21
4.1.	GEOLOGIE	21
4.2.	GEOMORFOLOGIE	22
4.3.	BODEM	23
4.4.	REGIONALE HYDROLOGIE	24
4.5.	STIKSTOFDEPOSITIE	25
5.	LOKALE SYSTEEMANALYSE: STOLWIJKSE BOEZEM	27
5.1.	HET ONDERZOEKSTERREIN	27
5.2.	RELIËF	28
5.3.	BODEM	28
5.4.	LOKALE HYDROLOGIE	30
5.5.	VEGETATIE	31
5.6.	BEHEER	35
5.7.	SYNTHESE	35
5.8.	VERWACHTE ONTWIKKELINGEN BIJ ONGEWIJZIGD BEHEER.....	35
6.	LOKALE SYSTEEMANALYSE: SCHRAALLANDEN BIJ KOOILUST.....	37
6.1.	HET ONDERZOEKSTERREIN	37
6.2.	RELIËF	38
6.3.	BODEM	38
6.4.	LOKALE HYDROLOGIE	40
6.5.	VEGETATIE	41
6.6.	BEHEER	45
6.7.	SYNTHESE	46
6.8.	VERWACHTE ONTWIKKELINGEN BIJ ONGEWIJZIGD BEHEER.....	46
7.	LOKALE SYSTEEMANALYSE: MIDDELBLOKBOEZEM.....	47
7.1.	HET ONDERZOEKSTERREIN	47
7.2.	RELIËF	48
7.3.	BODEM	48
7.4.	LOKALE HYDROLOGIE	50

7.5.	VEGETATIE	52
7.6.	BEHEER	56
7.7.	SYNTHESE	56
7.8.	VERWACHTE ONTWIKKELINGEN BIJ ONGEWIJZIGD BEHEER.....	57
8.	CONCLUSIE.....	58
9.	DISCUSSIE	59
10.	AANBEVELINGEN	60
10.1.	AANBEVELINGEN VOOR BEHEER EN INRICHTING.....	60
10.2.	AANBEVELINGEN VOOR VERVOLGONDERZOEK.....	62
	BIBLIOGRAFIE.....	63

1. Inleiding

1.1. Achtergrond

De Krimpenerwaard was ooit een bolwerk van de natte schraallanden in Zuid-Holland. Rond 1900 lagen in de polder duizenden hectaren blauwgrasland. Vanaf 1930 nam het gebruik van mest sterk toe en grote delen schraalland transformeerden in voedselrijke graslanden. In 2006 resteerde nog slechts drie hectare blauwgrasland (Kerkhof, 2006).

De boezems van de polder, die dienstdeden als tijdelijke opslagplaats voor overtollig polderwater, raakten sinds de introductie van grote gemalen in 1872 in ongebruik. Westhoff et al. (1974) beschrijven hoe hier in korte tijd de verlanding doorzette en trilvenen ontstonden met een soortenrijkdom die bijna nergens anders in Nederland kon worden gevonden. Dit is grotendeels het gevolg van de unieke ligging van de boezems, vlak achter de dijk van de Hollandse IJssel, waar een overgang van voedselrijk tot zeer voedselarm gelegen is.

Vanaf 1950 was het ook hier gedaan met de soortenrijkdom. De terreinen verruigden en met name elzen verspreidden zich in rap tempo door de boezems. Deze verandering werd grotendeels veroorzaakt door inadequaat maaibeheer (Westhoff et al., 1974). Tegenwoordig liggen tussen de elzenbossen nog enkele schrale graslandjes (Figuur 1). Ook op andere plekken in de Krimpenerwaard liggen enkele relictten, zoals de blauwgraslanden bij Kooilust.

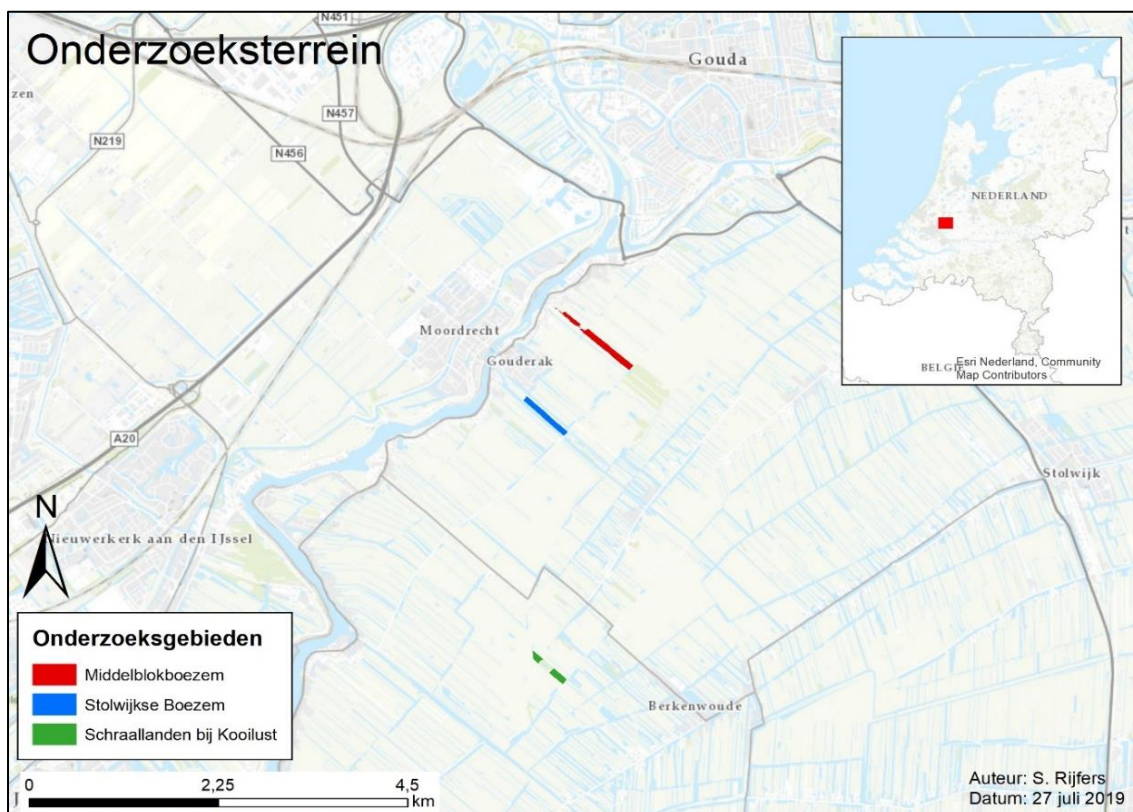


Figuur 1 Brede orchis/Rietorchis op de lange kade in de Middelblokboezem Datum: 15 mei 2019.

1.2. Aanleiding

Drie schraallandrelictten zijn te vinden in de Stolwijkse Boezem, Middelblokboezem en rondom eendenkooi Kooilust. De huidige vegetaties in deze gebieden zijn het best te omschrijven als een afwisseling tussen blauwgrasland, heischraal grasland en veenmosrietland. Het Zuid-Hollands Landschap (ZHL), eigenaar en beheerder van de schraallandjes, constateert al decennialang een achteruitgang van soortenrijkdom in de vegetatie. ZHL heeft het vermoeden dat verdroging, verrijking en verzuring een belangrijke rol spelen in de achteruitgang. De hydrologie is in deze processen waarschijnlijk het meest sturende onderdeel.

Het is cruciaal dat de soortenrijkdom in de hooilandjes niet verder afneemt om het voortbestaan van schraallanden met haar bijzondere flora in de regio veilig te stellen. Dit type natuur gaat in Nederland (en daarbuiten) sterk achteruit in kwaliteit en omvang (Natuurkennis, 2019). Voor het ZHL is behoud of verbetering van de kwaliteit van de schraallanden een groot belang. Ook om toekomstige uitbreiding te kunnen realiseren is het wenselijk dat herkolonisatie op lokale schaal mogelijk blijft. De schraallandreligten vallen onder de vroegere Ecologische Hoofdstructuur (EHS) en maken deel uit van het nieuwe Natuurnetwerk Nederland (NNN). Op dit moment is de realisatie van het NNN nog in volle gang. De inrichting van de NNN omvat ook de ontwikkeling van nieuwe schraallanden in de nabije omgeving (Gemeente Krimpenerwaard, 2019). Zolang het NNN nog niet definitief is afgerond, zijn er nog ruimte en financiële middelen beschikbaar om de problematiek in de schraallandjes aan te pakken. Het ZHL wil door middel van een ecohydrologische systeemanalyse (ESA) de hooilandjes laten onderzoeken. Zo kan inzicht verkregen worden in de waterhuishouding, zuurgraad, voedselvoorziening, vegetatie en bodem. Op basis van de ESA kan een evaluatie uitgevoerd worden en een beschrijving van de problematiek geformuleerd worden. Naar aanleiding van de ESA ontstaat ook de mogelijkheid om aanbevelingen te doen ten aanzien van inrichting en beheer.



Figuur 2 De onderzoeksgebieden, gelegen in de Krimpenerwaard.

1.3. Onderzoeksgebied

Het te onderzoeken gebied omvat een drietal terreinen die allen gelegen zijn in de Krimpenerwaard en beheerd worden door het Zuid-Hollands Landschap. De onderzoeksgebieden zijn percelen behorend tot het Natuurtype N10.01 Nat schraalland en zijn gelegen in de Middelblokboezem en de Stolwijkse Boezem. Tevens maken twee schraallanden ten noordwesten en zuidoosten van Kooilust ook deel uit van het onderzoeksgebied (Figuur 2). De Krimpenerwaard is een streek ten zuiden van de stad Gouda en wordt omsloten door drie rivieren: de Hollandse IJssel in het noorden, de Lek in het zuiden en de Vlist in het oosten. De streek herbergt meerdere polders waar het landgebruik overwegend melkveehouderij is.

1.4. Probleembeschrijving

Alle onderzoeksterreinen vallen onder Natuurtype N.10.01 Nat schraalland. Dergelijke schraallanden zijn afhankelijk van vochtige tot natte, voedselarme omstandigheden waarin stikstof en fosfaat limiterend zijn. Ook is het van belang dat er een bepaalde mate van buffering is. Het Zuid-Hollands Landschap neemt al tientallen jaren een achteruitgang van kenmerkende soorten waar in de onderzoeksgebieden. Orchideeën en andere typische soorten zoals Spaanse ruiter en Vlozegge nemen af, terwijl soorten zoals Pijpenstrootje en Veenpluis toenemen. Op sommige locaties, met name in de Stolwijkse boezem, is ook massale kieming van berken waar te nemen (S. Kleinjan, persoonlijke communicatie, 14 maart 2019). De ontwikkelingen in de hooilandjes duiden op een toenemende mate van verzuring en mogelijk ook verdroging en verrijking.

Kenschets van de onderzoeksgebieden

De vegetatie in de onderzoeksgebieden indiceert een gradiënt van zeer voedselarm naar matig voedselrijk. Dat blijkt uit de aanwezigheid van voedselarme soorten zoals Blauwe zegge en Klokjesgentiaan en soorten van voedselrijkere omstandigheden zoals Gewone dotterbloem en Kamgras. In de onderzoeksgebieden lijkt geen kwel of een andere vorm van aanvoer van bufferstoffen aanwezig. In de lagere delen blijft regelmatig regenwater op het maaiveld staan (G. Dekker, persoonlijke communicatie, 16 mei 2019). Buffering vindt waarschijnlijk plaats vanuit het bodemmateriaal of aanliggende sloten. Buffering uit kwel vindt alleen plaats in een smalle strook langs de Hollandse IJssel (Arts et al., 2004). De terreinen worden allen beheerd volgens het hooilandbeheer; er wordt eenmaal per jaar gemaaid in augustus en het maaisel wordt afgevoerd. Dit type beheer zorgt ervoor dat er geen verbossing optreedt, met name door elzen en berken. De hooilandjes zijn open en schraal door een constante nutriëntenafvoer.

Verdroging, verrijking en verzuring

De landelijke thema's verdroging, verrijking en verzuring spelen al decennialang in natuurgebieden. Deze processen zijn vaak met elkaar verweven en kunnen elkaar sterk beïnvloeden. Bijvoorbeeld wanneer een weinig gebufferde veenbodem verdroogt komen voedingsstoffen vrij; de afbraak van organische stof zorgt voor een toename van zuren; daarmee daalt de pH en wordt verzuring in de hand gewerkt (Sival & Runhaar, 2009). In dit onderzoek zijn verdroging, verrijking en verzuring zeer relevante thema's omdat deze het milieu van de standplaats nadelig kunnen beïnvloeden en daarmee tot achteruitgang van gevoelige soorten leiden. Daarom wordt beknopt omschreven hoe deze processen de gebieden beïnvloeden.

Verdroging

In de onderzoeksgebieden wordt een relatief laag, agrarisch peil gehanteerd. Behalve in de zuidoostelijke schraallandpercelen bij Kooilust. Daar hebben de percelen tot 2017 op agrarisch peil gestaan, maar sindsdien is het peil verhoogd. De hoogste waterstand komt echter nog steeds niet tot aan het maaiveld. Omdat veenpluis in de afgelopen twee jaar is toegenomen (Figuur 3) wordt vermoed dat door de peilverhoging vooral regenwater vast wordt gehouden (S. Kleinjan, persoonlijke communicatie, 14 maart 2019). In de Stolwijkse Boezem en delen van de Middelblokboezem lijkt verdroging problematisch. De vegetaties zijn vaak soortenarm en verzuurd. Het agrarisch peil zou hier een oorzaak van kunnen zijn. Het grondwater staat meestal ruim onder het maaiveld en reikt zelden boven het maaiveld (HHSK, 2019).

Voor de peilverhoging in de schraallanden bij Kooilust liep de soortenrijkdom overigens ook al terug. Spaanse ruiter, Vlozegge en Blonde zegge namen af of zijn verdwenen. Over het noordwestelijke perceel is ca. 10 jaar geleden als herstelmaatregel een dun laagje slootbagger opgebracht. De variatie in de vegetatiestructuur is nadien weer wat toegenomen. Nieuwe soorten hebben zich echter niet gevestigd. Omdat de situatie na de peilverhoging weer is veranderd, is men terughoudend in het toepassen van deze methode op de rest van de blauwgraslanden (N. Vermeer, persoonlijke communicatie, 14 maart 2019).



Figuur 3 Veenpluis (witte pluisjes) is waarschijnlijk sinds de peilverhoging toegenomen in de schraallanden nabij Kooilust (links). In de Stolwijkse Boezem (rechts) slaan berken op is de vegetatie meestal soortenarm. Datum: 6 mei 2019.

Verzuring

In de Stolwijkse Boezem nemen soorten van (zwak) gebufferde omstandigheden af, zoals Gevlekte orchis. Ook in de schraallanden bij Kooilust en in delen van de Middelblokboezem zijn de vegetaties soortenarmer geworden. Soorten die overblijven of toenemen zijn zuurtolerant: Pijpenstrootje, Gewoon reukgras, Veenpluis en Tormentil. In de lagere delen blijft regenwater juist staan. Hier domineren veenmossen, die in staat zijn het milieu verder te verzuren (D. Kerkhof, Persoonlijke communicatie, 17 juni 2019). Omdat aanvoer van bufferstoffen waarschijnlijk niet plaatsvindt, zijn de gebieden gevoelig voor verzuring en heeft regenwater een groter wordende invloed. Vermoedelijk is het gehanteerde peil in de gebieden te laag, wat verdroging veroorzaakt en indirect ook de zuurgraad verlaagd. Daarnaast is de ammoniakdepositie in de regio hoog (RIVM, 2018). Ammoniak draagt naast verrijking ook bij aan verzuring (de Vries, 2008).

Verrijking

Hoewel de onderzoeksgebieden nooit bewust zijn bemest is het toch mogelijk dat meststoffen de percelen bereiken. Doordat de omgeving overwegend melkveehouderij is, is er veel kans op te hoge stikstofdepositie in de vorm van ammoniak (NH_3). Uit historische vegetatieopnamen en beheerverslagen is op te maken dat de problematiek in de hooilandjes zich vooral concentreert rondom stikstof. Soorten die op de voorgrond zijn getreden zoals pijpenstrootje en gewone braam reageren gewoonlijk sterk op stikstof. Soorten die reageren op fosfaat zoals pitrus en liesgras komen maar heel beperkt voor. Daarnaast blijkt uit meerjarig onderzoek in de nabijgelegen Veerstaalblokboezem dat fosfaat uit het oppervlaktewater nauwelijks de hooilandjes binnendringt (Zuid-Hollands Landschap, 2010). Zelfs niet wanneer het peil in de sloten veel hoger is dan het peil in de hooilandjes.

Probleemstelling

Het vermoeden is dat verzuring, verrijking en verdroging de grootste oorzaken zijn van de achteruitgang van soorten. De toegenomen soorten indiceren een toename van verzuring en verrijking veroorzaakt door stikstof (m.n. NH_3). Een gebrek aan buffercapaciteit en aanvoer van bufferstoffen (bv. kwel) in combinatie met de verzurende effecten van verdroging en stikstofdepositie is waarschijnlijk het onderliggende probleem. Door verzuring, maar ook door ruim 80 jaar verschraling, is de buffer vermoedelijk uitgeput.

Exacte en actuele gegevens van (grond)waterkwaliteit en de bodem in het onderzoeksgebied ontbreken. Ook is er in de afgelopen twee tot drie jaar geen vegetatieonderzoek (bv. vegetatieopname) meer uitgevoerd. ZHL heeft daardoor geen goede handvatten om te anticiperen op de achteruitgang van typische soorten in de schraallanden en maatregelen te nemen. Het probleem is daarom tweeledig: een tekort aan recente gebiedsinformatie en een gebrek aan overzicht van de mogelijke maatregelen om de problemen op te lossen.

Ecohydrologische systeemanalyse

Veranderingen in één of meerdere componenten brengen onvermijdelijk veranderingen in de standplaatscondities. Met name de hydrologie is sterk sturend in het ecologisch functioneren. Om zicht te krijgen op de huidige en potentiële standplaatscondities is gekozen om een beperkte ecohydrologische systeemanalyse (ESA) uit te voeren. Met behulp van een ESA kan men grip krijgen op de ecohydrologische processen die achter de standplaatscondities liggen. Daarmee kunnen sturende aspecten, die het voorkomen van planten (en dieren) bepalen, vastgesteld worden (Van der Molen et al., 2010). De ESA gaat in op geo(morfo)logie, bodem, hydrologie, de huidige en historische vegetatie, en het huidige beheer. Deze componenten bepalen gezamenlijk de standplaatscondities voor de vegetatie.

1.5. Doel en beoogd product

Het doel van dit onderzoek is het inzichtelijk maken van de knelpunten in het functioneren van de hooilandjes. Voor het ZHL staat behoud en herstel van de natte schraallanden voorop. Daarom is het wenselijk om op basis van het onderzoek advies en aanbevelingen te geven ten aanzien van beheer en inrichting. Hierdoor kan het ZHL maatregelen treffen om de achteruitgang van typische soorten een halt toe te roepen. Het beoogde product is een onderzoeksrapport waarin de knelpunten van het systeem geanalyseerd en beschreven worden. Met dit onderzoek wordt tevens gestreefd naar een bijdrage aan duurzaam herstel en instandhouding van de schraallanden. Hiertoe wordt rekening gehouden met de natuurlijke potenties, wordt zo min mogelijk gebruik van systeemvreemde stoffen aanbevolen en staat systeemversterking voorop, zodat herkolonisatie vanuit- en zaaduitwisseling tussen (potentiële) natte schraallanden mogelijk blijft.

1.6. Onderzoeksvragen

ZHL is bezorgd over de afname van typische soorten in de natte schraallanden en wil graag onderzoek naar de oorzaken van de achteruitgang. Daarnaast wil men advies ten aanzien van mogelijke maatregelen. Uit de probleembeschrijving volgt daarom de volgende hoofdvraag:

"Welke knelpunten in het functioneren van het systeem liggen ten grondslag aan de verdwijning van typische soorten in de hooilandjes?"

De hoofdvraag is onderverdeeld in drie deelvragen die gezamenlijk een antwoord op de hoofdvraag mogelijk maken:

1. Wat is de huidige situatie en het ecohydrologisch functioneren van het systeem, inclusief bijbehorende vegetaties en huidig beheer?
2. Hoe ontwikkelen de schraallanden zich wanneer geen actie ondernomen wordt?
3. Wat is het gewenste functioneren?

1.7. Afbakening

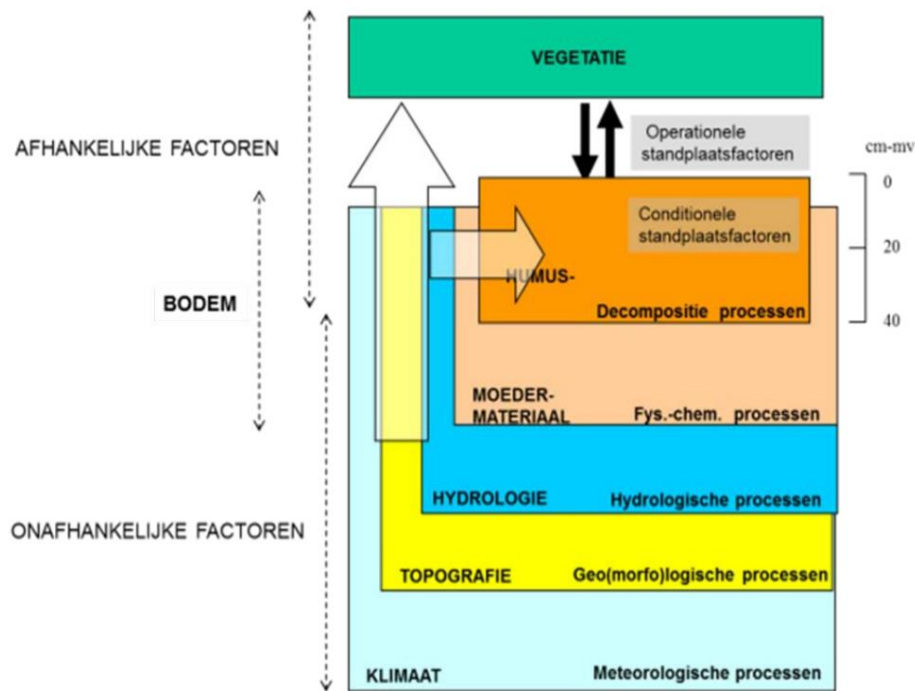
- In dit onderzoek is uitsluitend veldonderzoek gedaan naar vegetatie, bodem en waterkwaliteit. Fauna vormt geen onderdeel van het onderzoek.
- In dit onderzoek is geen laboratoriumanalyse uitgevoerd, maar er wordt gewerkt met veldkitjes en veld-meetapparatuur (fosfaat, chloride, bicarbonaat, calcium, pH en EGV).
- Om het onderzoek overzichtelijk en handelbaar te houden wordt is tot circa 25 jaar terug (1993) in historische gegevens gekeken.

1.8. Leeswijzer

Het rapport is op de volgende manier ingedeeld. In hoofdstuk 2 is de onderzoeksmethode beschreven. In hoofdstuk 3 wordt aandacht besteed het gewenste functioneren van de natte schraallanden. In hoofdstuk 4 komt de regionale analyse van de Krimpenerwaard aan bod. In hoofdstuk 5, 6 & 7 komen de lokale systeemanalyses van respectievelijk de Stolwijkse Boezem, de schraallanden bij Kooilust en de Middelblokboezem aan de orde. In hoofdstuk 8 wordt de conclusie behandeld en in hoofdstuk 9 is de discussie uiteengezet. De aanbevelingen zijn in hoofdstuk 10 terug te vinden. De bijlagen zijn in het aparte bijlagendocument opgenomen.

2. Onderzoeksmethode

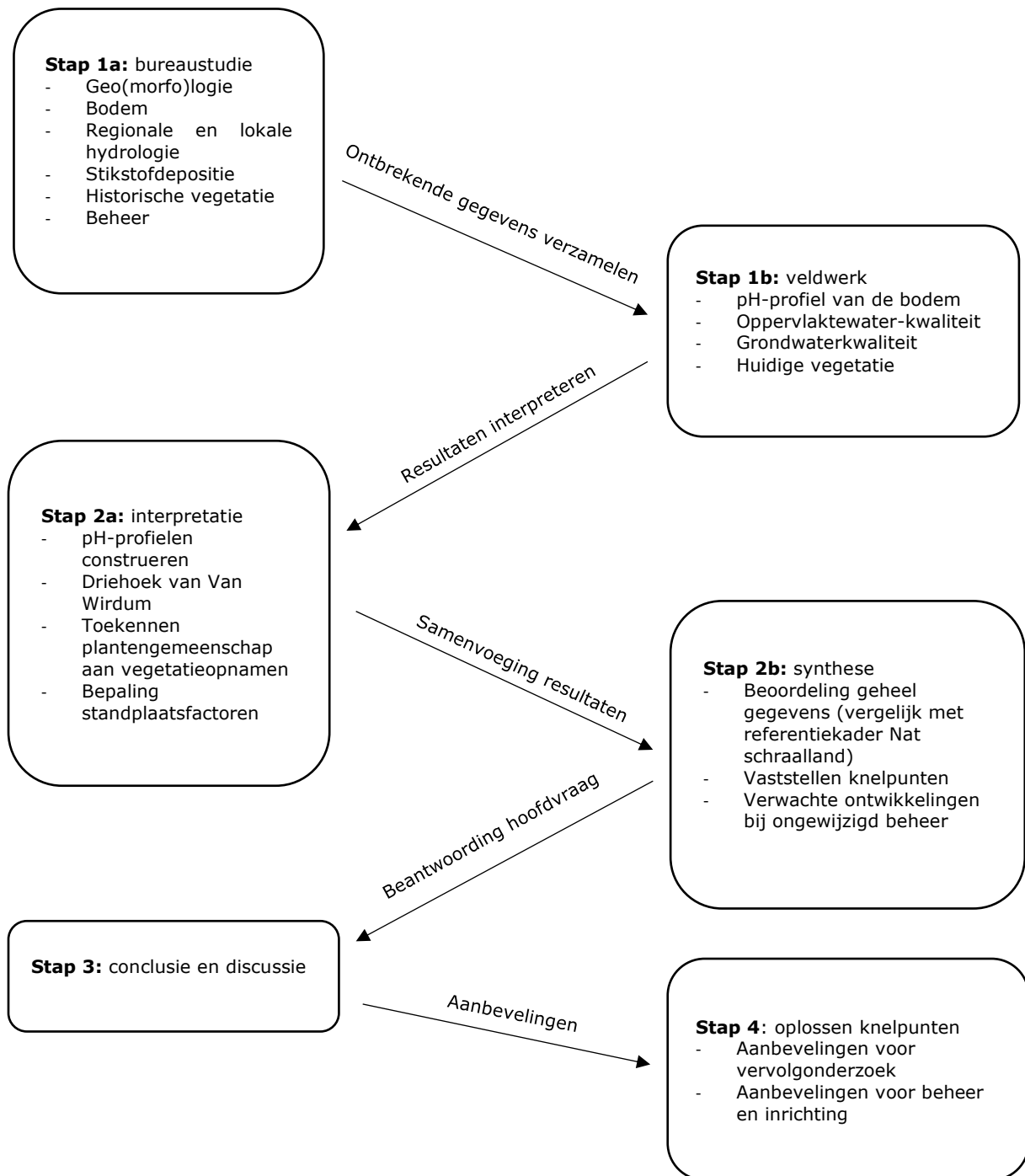
Om grip te krijgen op de sturende processen in de onderzoeksgebieden is er een ecohydrologische systeemanalyse (ESA) uitgevoerd. De ESA bestaat enerzijds uit een studie van bestaande gegevens en literatuur en anderzijds uit een onderzoek naar ontbrekende, gebiedsspecifieke gegevens, die met behulp van veldwerk vergaard zijn.



Figuur 4 Stelsel van afhankelijke- en onafhankelijke processen die inzichtelijk maken hoe verschillende componenten zich van landschapsschaal tot standplaats beïnvloeden (Kemmers & de Waal, 1999).

2.1. Stappenplan

In Figuur 4 is een model weergegeven waarin verschillende componenten en processen, van het functioneren op landschapsschaal tot standplaats, elkaar beïnvloeden. Meerdere componenten zijn dus van belang om de drie deelvragen, (1) het huidige ecohydrologisch functioneren, (2) het verwachte functioneren en (3) het gewenste functioneren te kunnen beantwoorden. Het onderzoek bestaat uit vijf verschillende (deel)stappen die weergegeven zijn in het stappenplan (Figuur 5): verzamelen van gegevens, interpretatie van gegevens, samenvoeging van de resultaten, beantwoording van de hoofdvraag en het doen van aanbevelingen.



Figuur 5 Stappenplan van het onderzoek

2.2. Beantwoording van de deelvragen

Om een antwoord op de hoofdvraag te kunnen bieden is eerst antwoord op de deelvragen nodig. In het kort zijn de deelvragen bedoeld om het huidige-, toekomstige-, en gewenste ecohydrologisch functioneren te onderzoeken. Hieruit kan afgeleid worden of de huidige situatie voldoet aan het gewenste functioneren en wat de ontwikkelingen zijn wanneer geen (of beperkt) maatregelen genomen worden, met andere woorden: wat zijn de trends? Het wordt dan ook duidelijk waar in het systeem zich knelpunten bevinden. In deze paragraaf wordt beschreven om welke redenen en op welke manier bepaalde componenten onderzocht worden.

Deelvraag 1: de huidige situatie en het ecohydrologisch functioneren

Om de huidige situatie en het ecohydrologisch functioneren in beeld te brengen wordt onderzoek verricht naar de volgende componenten:

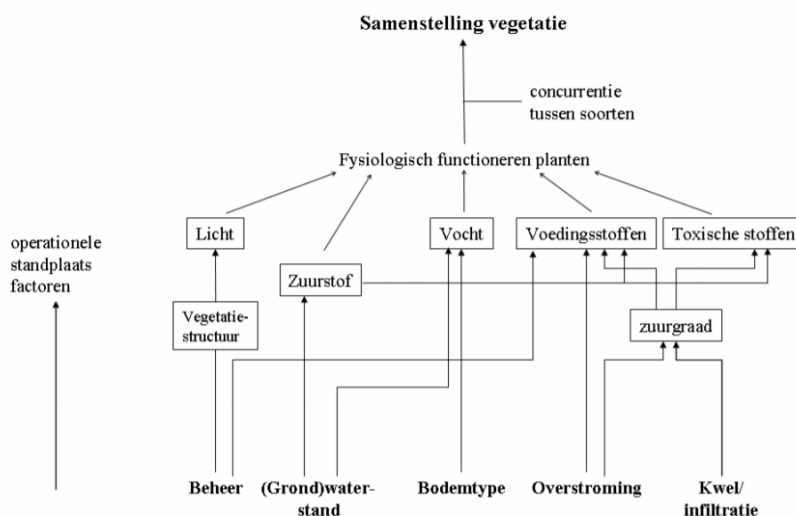
- Geo(morfo)logie
- Bodem
- Regionale en lokale hydrologie
- Stikstofdepositie
- (Historische) vegetatie
- Beheer

Geologie en geomorfologie

Zoals blijkt uit Figuur 4 zijn geologie, geomorfologie en de hieraan koppelde processen zeer bepalend voor de hydrologische processen, die uiteindelijk weer invloed op de standplaats en daarmee op de vegetatie uitoefenen. Bij de uitwerking van de geologie is gebruik van de gegevens van Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond, de grootste databank van de Nederlandse ondergrond (DINOloket, 2018). Hieruit is een dwarsdoorsnede ontworpen die inzicht geeft in de gelaagdheid van de ondergrond. Voor de geologische en geomorfologische beschrijving is gebruik gemaakt van de Systeemverkenning Krimpenerwaard (Arts et al., 2004). De geomorfologie is geanalyseerd door de reliëfverschillen in het landschap vast te stellen, met behulp van het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN, 2019). Verder is gebruik gemaakt van (oude) beschrijvingen van de Krimpenerwaard (Bakker et al., 1995) (van Groningen, 1996).

Bodem

De samenstelling en zuurgraad van de bodem zijn een waardevol gegeven in de onderzoeksgebieden. De samenstelling (e.g. veen) kan iets zeggen over de bijvoorbeeld de verdrogingsgevoeligheid, wat indirect effect heeft op de voedingstoestand en zuurgraad. De zuurgraad heeft direct invloed op de beschikbaarheid van nutriënten en het vrijkomen van giftige stoffen. Verder kan uit de zuurgraad afgeleid worden of er (beperkt) aanvoer van basen is en welke type water (e.g. regenwater) waarschijnlijk de grootste invloed heeft (Tabel 6).

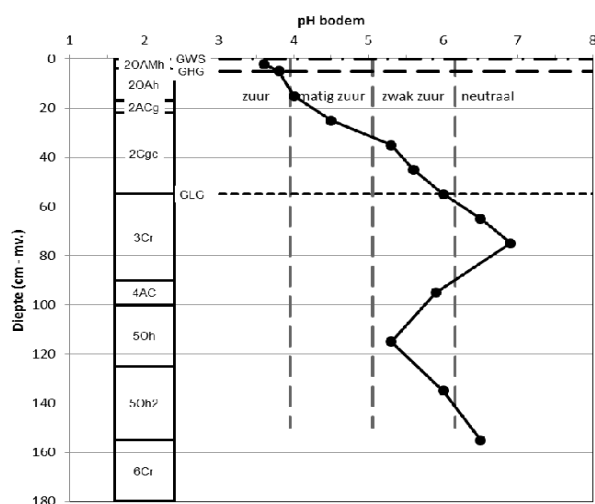


Figuur 6 De invloed van omgevingsfactoren op de soortensamenstelling van de vegetatie (Cools et al., 2006).

Het bodemonderzoek bestaat deels uit literatuurstudie en deels uit veldwerk. Bij de literatuurstudie is aandacht besteed aan de Nederlandse Bodemkaart, schaal 1:50.000 en beschrijvingen van bodemtypes (PDOK, 2019) (Arts et al., 2004) (Stouthamer et al., 2008). Het veldwerk bestaat uit het achterhalen van de samenstelling van de bodem en het pH-profiel. Dit heeft plaatsgevonden door in totaal 13 bodemboringen uit te voeren. Met dit aantal heeft in elk onderzocht vegetatietype in elk geval één boring plaatsgevonden. De boringen zijn uitgevoerd met een grondboor en gaan tot maximaal 120 cm diepte. Op 5, 10, 15, 25, 35, 55 en 70 cm diepte wordt de pH van de bodem vastgesteld m.b.v. pH-strips. Tijdens de uitvoering is gebleken dat bij een groot deel van de boringen de bodem erg slap was en na ca. 55 cm geen samenhangend materiaal meer opgeboord kon worden.

Bij de samenstelling van de bodem is onderscheidt gemaakt tussen ≤ 30 cm diepte en > 30 cm diepte, omdat hier vaak de grootste verschillen bleken te zitten tussen veraarding en kleiaandeel. Bij de samenstelling is verder gekeken naar het aandeel veen en klei of een mengsel hiervan. Ook is de mate van veraarding bestudeerd, door te kijken naar de aanwezigheid van plantenresten. Wanneer plantresten (deels) afwezig of aanwezig waren is de bodem respectievelijk benoemd als (deels) veraard of niet veraard (Bokhorst, 2019).

Door middel van een pH-profiel kan worden laten zien wat de zuurgraad van de bodem op een bepaalde diepte is (Figuur 7). Daarmee is het mogelijk te beoordelen hoe diep de verzuring reikt en of het hier gaat om een infiltratieprofiel, profiel met kwelinvloed of een mengprofiel. Om dit vast te stellen is gebruik gemaakt van de sleutel voor hydrotypen van Kemmers et al., (2008) (Figuur 8).



Figuur 7 Voorbeeld van een pH-profiel (Van Possen, 2017).

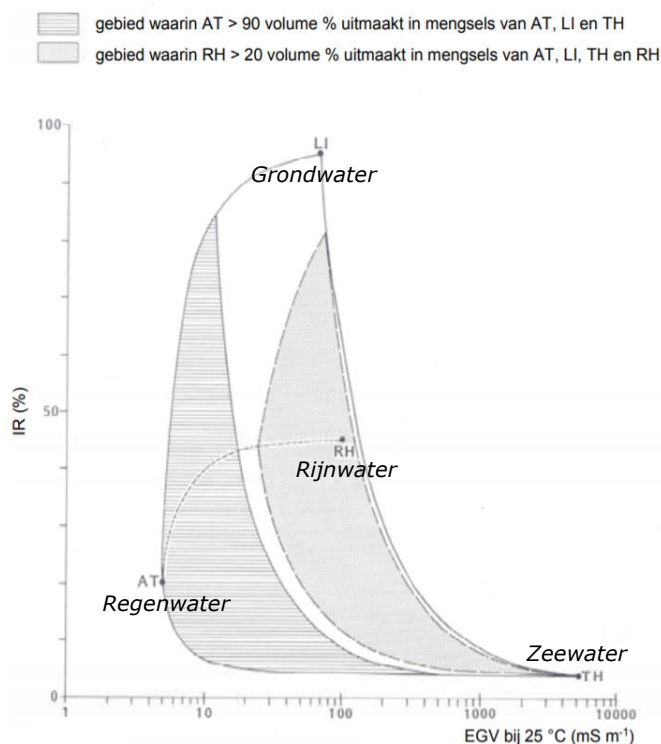
Hydrotype	pH profiel (bodem)			Omschrijving
	pH max	pH 0 - 20	pH 20 - GLG	
Kw	$\geq 5,2$	$\geq 5,0$	$\geq 5,2$	Kwelinvloed in wortelzone
Ro	$\geq 5,2$	$< 5,0$	$\geq 5,2$	Kwelinvloed aanwezig, ondiepe regenwaterlens
Rd	$\geq 5,2$	$< 5,0$	$< 5,2$	Kwelinvloed aanwezig, diepe regenwaterlens
Me	$\geq 5,2$	$\geq 5,0$	$< 5,2$	Mengwater
In	$< 5,2$	$< 5,0$	$< 5,2$	Infiltratieprofiel

Figuur 8 Sleutel voor hydrotypen op basis van aandeel lithotroof water en veldmeting van de pH (Kemmers et al., 2008).

Regionale en lokale hydrologie

De hydrologische aspecten, zoals het gevoerde peil, de grondwaterstand ten opzichte van het maaiveld en de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater, hebben veel invloed op de standplaatscondities (Figuur 6). Zo kan aanvoer van basenhoudend water het buffercomplex opladen en verzuring beperken of voorkomen. Om erachter te komen in welke hydrologisch toestand de onderzoeksterreinen zich bevinden is er zowel op regionale als lokale schaal gekeken.

De regionale hydrologische analyse bestaat uit een literatuurstudie van Arts et al., (2004). De lokale analyses (van de studiegebieden) bestaan deels uit literatuurstudie en deels uit veldwerk. Informatie met betrekking tot het gevoerde peil en de grondwaterstand is gebruik gemaakt van de peilbesluiten en de online viewer van het Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard en het Actueel Hoogtebestand Nederland (HHSK, 2018) (HHSK, 2019) (AHN, 2019). Het grond- en oppervlaktewater is bemonsterd op de volgende stoffen: calcium, chloride, bicarbonaat en fosfaat. Verder zijn de pH en het elektrisch geleidend vermogen (EGV; een maat voor de hoeveelheid opgeloste ionen) gemeten. Met het calcium- en chloridegehalte kan de ionenratio berekend worden. In combinatie met de EGV kunnen de monsters vervolgens in de Driehoek van Van Wirdum geplaatst worden (Figuur 9). Hiermee kan de meest waarschijnlijke herkomst van het water (regen, grond, Rijn of zee) bepaald worden.



Figuur 9 Van Wirdums diagram waarin het elektrisch geleidend vermogen (EGV) en de ionenratio (IR) tegen elkaar uit zijn gezet. Uit (Van Wirdum, 1991)

Het fosfaatgehalte geeft aan hoe voedselrijk het water is. Door een vergelijking in fosfaatgehalte tussen het oppervlaktewater en grondwater in de hooilandjes kan de invloed van het oppervlaktewater op de hooilandjes worden ingeschat. De fosfaatwaardes zijn gekwalificeerd volgens Tabel 1. Het bicarbonaatgehalte laat zien wat de hoeveelheid opgelost kalk in het water is. Hiermee wordt een indicatie gegeven van de basenrijkdom. Het leverde tevens vergelijkingsmateriaal voor de toestand van het grondwater in de hooilandjes.

Helaas bleek het grondwater in de onderzoekgebieden te troebel (door opgelost bagger) voor verdere analyse. Het vergelijking tussen het oppervlaktewater en de hooilandjes heeft daarom plaatsgevonden vanuit de bodemzuurgraad en vegetatie.

PO4 mg/l	voedingstoestand
≤0,06	zeer voedselarm
0,06-0,11	voedselarm
0,11 – 0,22	matig voedselrijk
0,22 – 0,33	voedselrijk
> 0,33	zeer voedselrijk

Tabel 1 beoordeling van fosfaatgehalten (Van der Molen et al., 2010).

Stikstofdepositie

Stikstof is een voedingstof voor planten en komt in de bodem in ammonium- en nitraatvorm voor. Echter, veel planten hebben een voorkeur voor ammonium of nitraat. De aanwezige vorm van stikstof heeft dus invloed op het soort planten die zich daarbij kan handhaven. Daarnaast kunnen grote hoeveelheden ammonium toxisch zijn voor veel planten (Kros, et al., 2008). Ook kan stikstof effect hebben op bodemverzuring en de snelheid ervan. Het gaat dan met name om depositie van stikstof. Vanwege het grote effect van stikstof is het belangrijk dat dit in de onderzoeksgebieden goed in beeld wordt gebracht.

Omdat het ammonium-veldkitje onbruikbaar bleek, is gekozen om uitsluitend met de depositiegegevens van het RIVM te werken (RIVM, 2018). Er is een stikstofanalyse uitgevoerd met behulp van gegevens van het RIVM en de Kritische Depositie Waarden voor habitattypen, die beschreven zijn in de herstelstrategieën van het Programma Aanpak Stikstof (Beltman, et al., 2015) (Smits et al., 2015) (Van Dobben & Van Hinsberg, 2008). Hieruit is afgeleid of de stikstofdepositie in de onderzoeksgebieden een risico vormt en daarmee een knelpunt kan zijn in de ontwikkeling van de vegetatie.

Huidige en historische vegetatie

De huidige vegetatie is van groot belang bij het bepalen van de kwaliteit van de vegetatie, maar kan ook veelzeggend zijn met betrekking tot de bodem. Alle planten hebben bepaalde ranges in het voorkomen aangaande zuurgraad, voedselrijkdom en vochttoestand. Heinz Ellenberg heeft veel duidelijkheid weten te scheppen over deze specifieke ranges. Ellenberg heeft voor veel plantensoorten indicatiewaarden ontwikkeld die het onderling vergelijken van zuurgraad, voedselrijkdom en vochttoestand mogelijk maken (zie bijlage 5). (Schaminée et al., 2013). De ranges voor licht en saliniteit worden hier buiten beschouwing gelaten. Ook de historische vegetatie is waardevol. In alle onderzoeksgebieden zijn Permanente Kwadraten (PQ's) aanwezig. Dit zijn vlakken waar om de aantal jaar een vegetatieopname wordt gemaakt. Op die manier wordt de vegetatiesamenstelling- en ontwikkeling door de tijd heen inzichtelijk. De historische opnamen zijn geanalyseerd door de Ellenbergwaarden voor zuurgraad, voedselrijkdom en vochttoestand door de tijd heen te vergelijken. Hiertoe zijn tabellen ontworpen met behulp van Excel. Uit de tabellen zijn trends af te leiden die o.a. verzuring, verdroging en verschraling indiceren. Verder zijn uit de opnamen de verdwijning of verschijning van specifieke soorten onderzocht.

De huidige vegetatie is bepaald door vegetatieopnamen te maken volgens de methode zoals beschreven in het Handboek Vegetatiekunde (Janssen et al., 2019). Hierbij worden telkens vlakken van 2 bij 2 meter uitgezet in een homogeen vegetatievlak. In het vlak worden alle planten- en (zo veel mogelijk) mossoorten opgenomen. De opname geldt dan als representatief voor het vegetatietype. De opname is uitgevoerd volgens de Braun/Blanquet-methode (aangepaste schaal van Br-BI volgens Barkman, Doing en Segal) (bijlage 7). Door gebrek aan GPS-apparatuur konden de vegetatieopnamen uit dit onderzoek niet direct één op één vergeleken worden met de historische opnamen, die wel exacte coördinaten bezitten. De historische opnamen zijn onderling wel met elkaar te vergeleken vanwege het feit het hier PQ's betreft. Overigens ontbreken wel één of meerdere jaren in een sommige tijdreeksen.

De opnamen zijn geïdentificeerd met behulp van de programma's Turboveg (Associa) (Hennekens & Schaminée, 2001) en SynBioSys (Hennekes et al., 2010). Het uiteindelijke oordeel over de best passende plantengemeenschap is door de student zelf geveld. Dit heeft plaatsgevonden door de gemaakte opnamen te vergelijken met de vegetatietabellen in Synbiosys. De soortenrijkdom is bepaald volgens Tabel 2.

Aantal soorten	Kwalificatie
5-10	Zeer soortenarm
11-15	Soortenarm
16-25	Matig soortenrijk
26-30	Soortenrijk
>30	Zeer soortenrijk

Tabel 2 Kwalificatie van het aantal soorten op 25 m² (Schippers & Bax, 1998).

Beheer

Schraallanden vragen een specifiek beheer (zie deelvraag 3). Het beheer van de studiegebieden is geanalyseerd door bestudering van de bijbehorende beheerplannen. Hierbij is gekeken naar de beheervorm, beheerperiode, mate van begrazing en eventuele bemesting/bekalking.

Deelvraag 2: verwachte ontwikkelingen bij ongewijzigd beheer

Als duidelijk is wat de ontwikkelingen in de hooilandjes zijn, kunnen trends uit de ontwikkelingen worden afgeleid. Hier vormen de Ellenbergwaarden in de PQ's een belangrijke basis voor. Verder is gebruik gemaakt van het programma Synbiosys waarmee contactgemeenschappen en successiestadia ingezien kunnen worden. Er is ook specifiek gekeken naar welke soorten waarschijnlijk zullen toenemen en welke verdwijnen.

Deelvraag 3: het gewenste functioneren

Om te bepalen wat nat schraalland is en het gewenste functioneren ervan, heeft een literatuurstudie plaatsgevonden. Hier is onder andere gebruik gemaakt van het platform Natuurkennis (Natuurkennis, 2019). Om een vergelijk te kunnen maken met een optimale situatie is het noodzakelijk dat er een maatlat beschikbaar is, met daarin de belangrijkste milieueisen. De maatlat van het platform BIJ12 heeft hierin een grote rol in gespeeld (BIJ12, 2019).

2.3. Synthese

In de syntheses zijn alle geanalyseerde gegevens samengevoegd en als geheel beoordeeld. Daartoe is gekeken naar waar gegevens elkaar tegenspreken of juist versterken. Hier is tevens een vergelijk gemaakt met het gewenste functioneren (N10.01 Nat schraalland) en getoetst of de onderzoeksgebieden zich binnen de optimale ranges bevinden. Uit deze beoordeling is afgeleid welke processen nu de oorzaak zijn voor de achteruitgang van typische soorten. In de conclusie zijn de beoordelingen uit de syntheses gebundeld waarmee een antwoord op de hoofd- en deelvragen mogelijk wordt.

2.4. Onderzoekslocaties

Er zijn in totaal 28 locaties onderzocht: 8 locaties voor oppervlaktewatermonsters en 20 locaties voor vegetatieopnamen. Vanwege tijdgebrek hebben er minder bodemboringen plaatsgevonden dan gepland; er hebben 13 bodemboringen plaatsgevonden. De boringen zijn altijd op een locatie uitgevoerd waar ook een vegetatieopname plaats heeft gevonden. Met de vegetatieopnamen is geprobeerd in ieder geval alle vegetatietypen van de onderzoeksterreinen in beeld te brengen. Hierbij geldt in het algemeen: hoe groter het onderzoeksgebied, hoe meer onderzoekslocaties.

2.5. Materialen

Voor het veldonderzoek zijn de volgende materialen gebruikt:

Materiaal	Bron/leverancier
pH-strips van (range pH 2,5-4,5 en 4,0-7,0)	MColorpHast™ (Van Hall Larenstein)
Veldkitjes (calcium, chloride, bicarbonaat, fosfaat)	Van Hall Larenstein
Grondboor 1,20 m	Van Hall Larenstein
Bodemboring kistje (demiwater, guts, matje)	Van Hall Larenstein
EGV-meter	Van Hall Larenstein
Invulformulieren Braun-Blanquet methode (bijlage 7)	Van Hall Larenstein
Plastic flessen 0,5 L	Eigen materiaal
Fototoestel	Eigen materiaal
Meetlint 2,0 m	Eigen materiaal
Flora van Nederland	(van der Meijden, 2005)
Plantengemeenschappen van Nederland	(Schaminée et al., 2010)
Veldgids rompgemeenschappen	(Schaminée, et al., 2015)

3. Wat is nat schraalland?

Nat schraalland is een soortenrijk, maar tegenwoordig een zeldzaam Natuurtype (Weeda & Schaminée, 2001). Het type kwam vroeger veelvuldig voor in de grote veengebieden van Holland, Utrecht en Friesland en is sindsdien met naar schatting 99% afgenomen. De schaalvergroting in de landbouw en de daarmee gepaard gaande milieuproblematiek staan aan de basis van de sterke achteruitgang (Natuurkennis, 2019). Kenmerkend voor nat schraalland zijn natte- en voedselarme omstandigheden. In dit hoofdstuk wordt dieper ingegaan op het optimale en gewenste functioneren van nat schraalland-systemen.

Vegetatie

N10.01 Nat schraalland omvat meerdere vegetatietypen. Voorbeelden zijn blauwgrasland, klein zegge- en kalkmoeras (Tabel 3). Er komen veel typische- en rode-lijstsoorten voor in nat schraalland. Het type is vaak rijk aan zegges zoals Blonde zegge, Vlozegge, Blauwe zegge en Tweehuizige zegge. Verder zijn orchideeën zoals Brede orchis, Gevlekte orchis en op de kalkrijkere plekken Groenknolorchis karakteristiek. Kleine hoogteverschillen kunnen bijdragen aan de soortenrijkdom door een grotere variatie in vochttoestand en zuurgraad op de standplaats (Jansen et al., 1993).

9Aa3	Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge
9Ba2	Associatie van Vetblad en Vlozegge
9Ba5	Associatie van Bonte paardestaart en Moeraswespenorchis
16Aa1	Blauwgrasland (alle subassociaties)
16RG1-[16Aa]	Rompgemeenschap met Blauwe zegge en Blauwe knoop [van het Verbond van Biezeknoppen en Pijpenstrootje]
19Aa2	Associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras
28Aa1	Draadgentiaan-associatie

Tabel 3 Een selectie belangrijke plantengemeenschappen van nat schraalland (Bal, et al., 2001).

Milieueisen

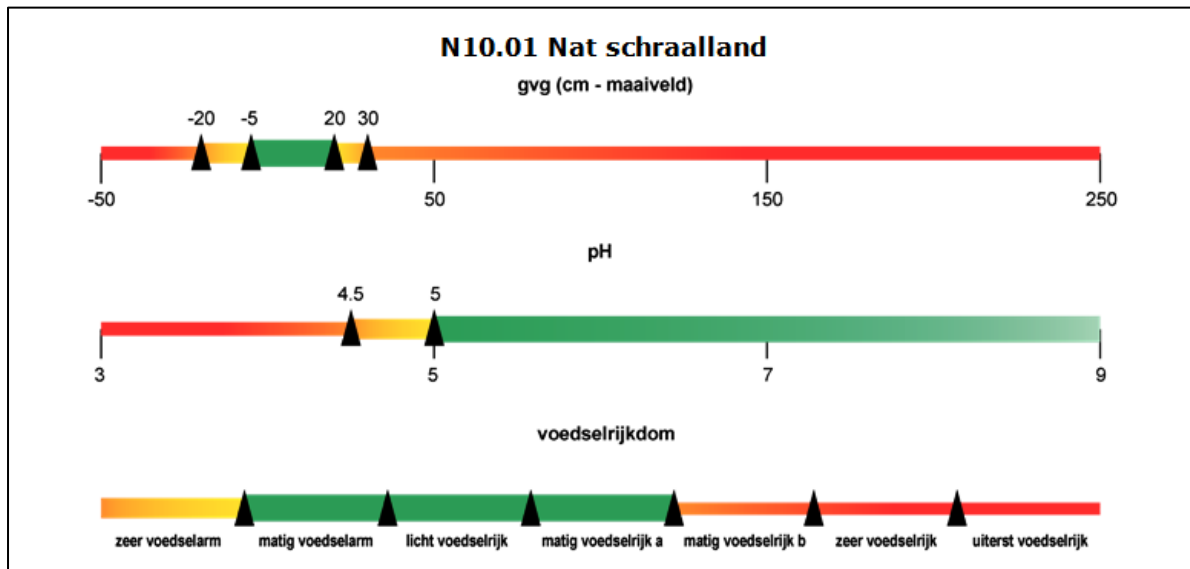
Voor het voortbestaan is nat schraalland afhankelijk van verschillende essentiële factoren (Figuur 10). Ten eerste is een redelijk constante vochtigheid belangrijk. Met name in het voorjaar is het van belang dat het grondwater aan of boven het maaiveld komt. Het water zal dan minimaal 20 cm beneden maaiveld moeten staan, maar 5 cm beneden maaiveld of minder is optimaal (Natuurkennis, 2019). Ten tweede dient de nutriëntenbeschikbaarheid in de bodem laag te zijn. Hierdoor draait de concurrentie tussen plantensoorten niet om licht, maar om nutriënten. Een dominantie van enkele soorten wordt zo voorkomen, wat leidt tot een hogere soortenrijkdom (Barendrecht & Beltman, 2007). Ten derde is het cruciaal dat de bodem beschikt over een buffercomplex. Dit kan al in de bodem aanwezig zijn, maar wordt meestal aangevoerd door oppervlakte- of grondwater (Schipper & van Tooren, 2007). De zuurgraad moet minimaal pH 4,5 zijn, maar een pH van ≥ 5 is ideaal. Deze factoren maken dat dit Natuurtype kwetsbaar is, omdat ze vaak omringt wordt door intensief agrarisch landgebruik met min of meer tegengestelde belangen.

Ligging in het landschap

Natte schraallanden komen op meerdere plekken in het landschap voor zoals beekdalen, laagveengebieden en heideslenken. De vegetaties vormen vaak een overgang naar heide, rietlanden of struweel. In beekdalen en heideterreinen is meestal aanvoer van (zwak) gebufferd grondwater, die het buffercomplex oplaadt. In de laagveengebieden zijn inundaties of hoge grondwaterstanden vaak verantwoordelijk voor de aanvoer van bufferstoffen (Beije et al., 2015). De bodems zijn gevoelig voor verzuring, waardoor de ligging in het landschap van groot belang is. Wanneer het landschap veranderd, door bijvoorbeeld het wegvallen van kwel door ontwatering of het hanteren van een vast peil, heeft dit desastreuze gevolgen voor natte schraallanden. Het landschap kan irreversibel veranderen, bijvoorbeeld door inklinking van veen (Jalink, et al., 2003).

Beheer

Eeuwenlang hebben boeren ervoor gezorgd dat de omstandigheden voor natte schraallanden gunstig bleven. De waterstand was relatief hoog door beperkte ontwateringsmogelijkheden en door eenmaal per jaar te hooien bleef de bodem schraal en het landschap open. Doorgaans vond er weinig tot geen bemesting plaats (Natuurkennis, 2019). Om de schraallanden te behouden is het imiteren van dergelijk beheer een minimaal vereiste.



Figuur 10 N10.01 Nat schraalland. Ranges waarbij voor Nat schraalgrasland kenmerkende vegetaties kunnen voorkomen voor gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) zuurgraad (pH) en voedselrijkdom. Groen = optimaal, oranje = suboptimaal en rood = ongeschikt. Bron: (BIJ12, 2019)

Contactgemeenschappen in het laagveengebied

Er vindt soms overlap plaats met N10.02 Vochtig hooiland, een iets voedselrijker Natuurtype. Vaak is dit type vochtiger en minder zuur (bijlage 6). Hieronder vallen onder meer dotterbloemhooilanden en veldrusschraallanden (Natuurkennis, 2019). Andere contactgemeenschappen vormen de veenmosrietlanden. Hier is de waterstand echter vaak hoger en stabiel, waardoor de ontwikkeling van veenmos mogelijk wordt en het terrein zuurder wordt (bijlage 6). Bij verdroging ontstaat meestal de Rompgemeenschap van Pijpenstrootje en bij sterke verdroging de Rompgemeenschap van Gewoon haarmos (Schaminée, et al., 2015).

Bedreigingen

Natte schraallanden zijn bijzonder kwetsbaar voor verdroging, verzuring en verrijking (Cools et al., 2006). Vaak zijn er meerdere oorzaken voor achteruitgang. De meest voorkomende bedreigingen zijn ontwatering (verdroging, verzuring en verrijking), depositie van stikstof (verzuring en verrijking) en vermesting van grondwater (verrijking). Daarnaast vormt versnippering van natuurgebieden een probleem. Hierdoor worden de overlevings- en verspreidingskansen van kenmerkende soorten belemmerd (Natuurkennis, 2019).

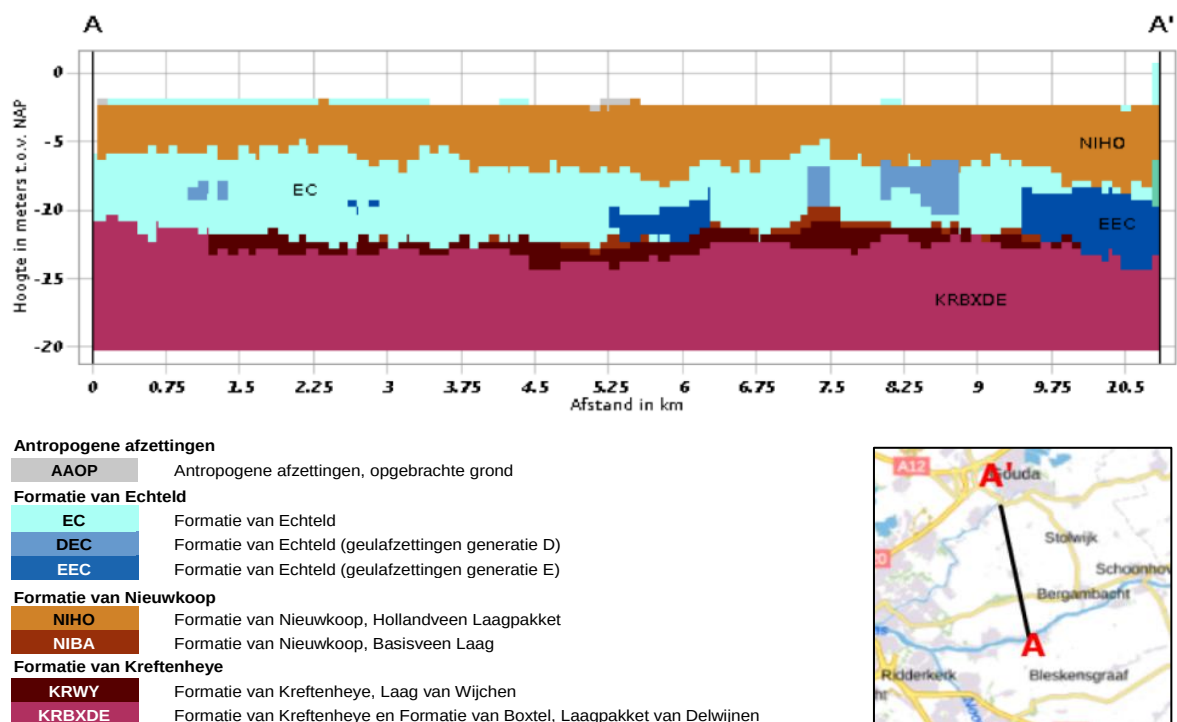
4. Regionale systeemanalyse: Krimpenerwaard

In dit hoofdstuk wordt het abiotisch functioneren van het systeem op regionale schaal uiteengezet. Het is van belang helder te krijgen hoe de Krimpenerwaard is ontstaan, welke vormen het landschap kent, welke bodems voorkomen en wat de rol van stikstofdepositie is. Op die manier wordt duidelijk wat de abiotische toestand- en processen zijn die veelal de studiegebieden overstijgen. Hierin is doorgaans gebruik gemaakt van de Systeemverkenning Krimpenerwaard (Arts et al., 2004). Achtereenvolgens komen de geologie, geomorfologie, bodem, regionale hydrologie en stikstofdepositie aan bod.

4.1. Geologie

In de Krimpenerwaard bestaat de Pleistocene ondergrond overwegend uit variatie van zand, grind en klei en deze wordt gerekend tot de Formatie van Kreftenheije (Figuur 11). Dichtbij de rivieren liggen afzettingen van de Formatie van Echteld boven de Pleistocene ondergrond (Arts et al., 2004). Deze formatie bestaat overwegend uit kalkloze of kalkhoudende klei en is 5-10 meter dik. Hierboven ligt een veenpakket wat behoort tot het laagpakket Hollandveen van de Formatie van Nieuwkoop. Dit pakket bestaat meestal uit kalkloos, mineraalarm veen en ligt grotendeels aan de oppervlakte (Weerts & Busschers, 2019). De bovenlaag van het veen is meestal vermengd met kleiig materiaal.

De veenvorming is begonnen in het holoceen (10.000 BP tot heden). Na de ijstijden brak een warmere periode aan en steeg de zeespiegel. De rivieren stegen mee waardoor het gebied regelmatig onder water stond. Door de relatief stabiele natte omstandigheden kon veenvorming plaatsvinden. Het veen heeft een gemiddelde dikte van 3-7 meter, maar kan plaatselijk nog dikker zijn (Arts et al., 2004).

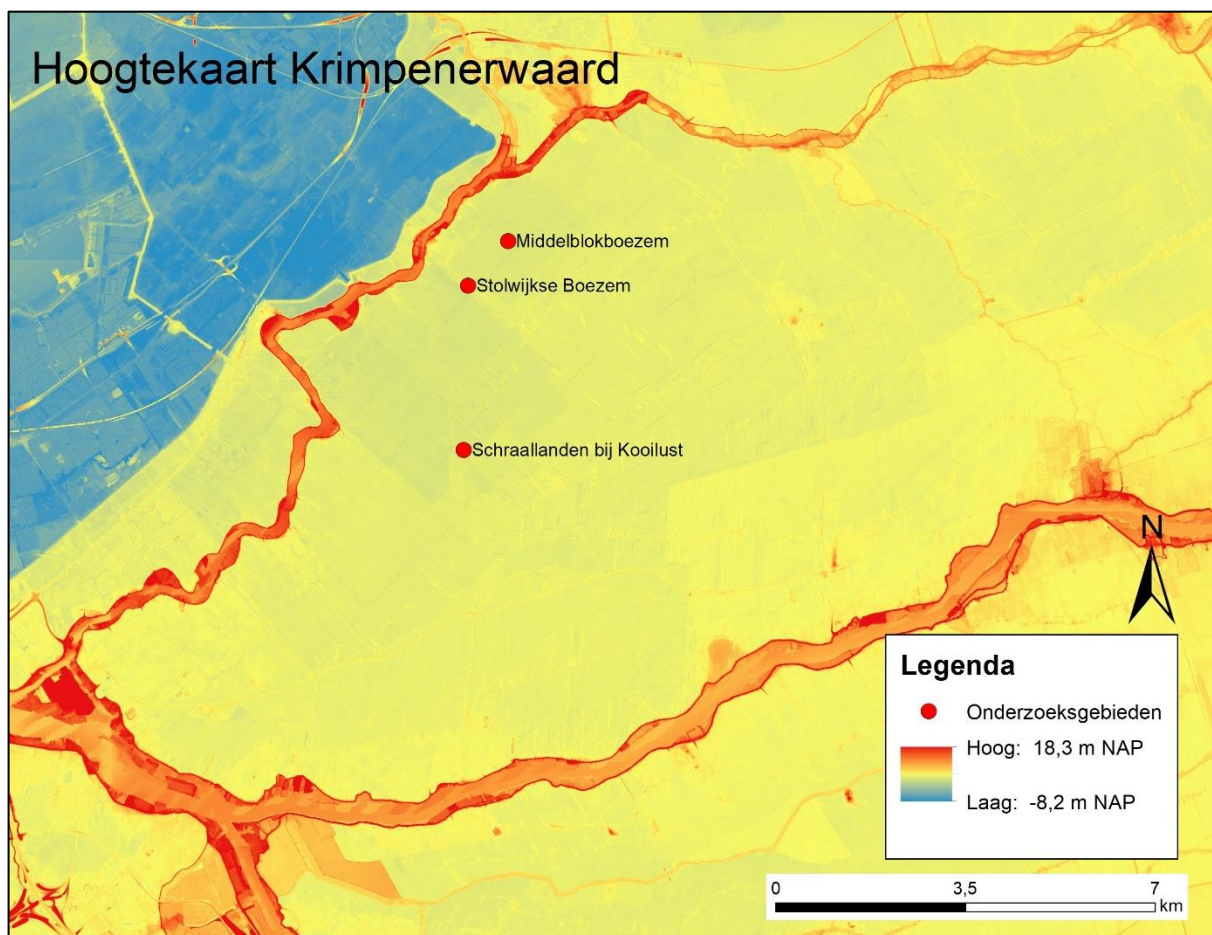


Figuur 11 Geologisch dwarsprofiel ter hoogte van Berkenwoude (DINOloket, 2018).

4.2. Geomorfologie

De Krimpenerwaard is een reliëfarm gebied (Figuur 12). Langs de rivieren is een zeer zwak reliëf te vinden die oude kreekruigen voorstellen. Lokaal komen donken en een enkele stroomrug voor. Het overige reliëf is te vinden in de vorm van onder andere dijken, klei- en veenputten en afgegraven percelen (Arts et al., 2004).

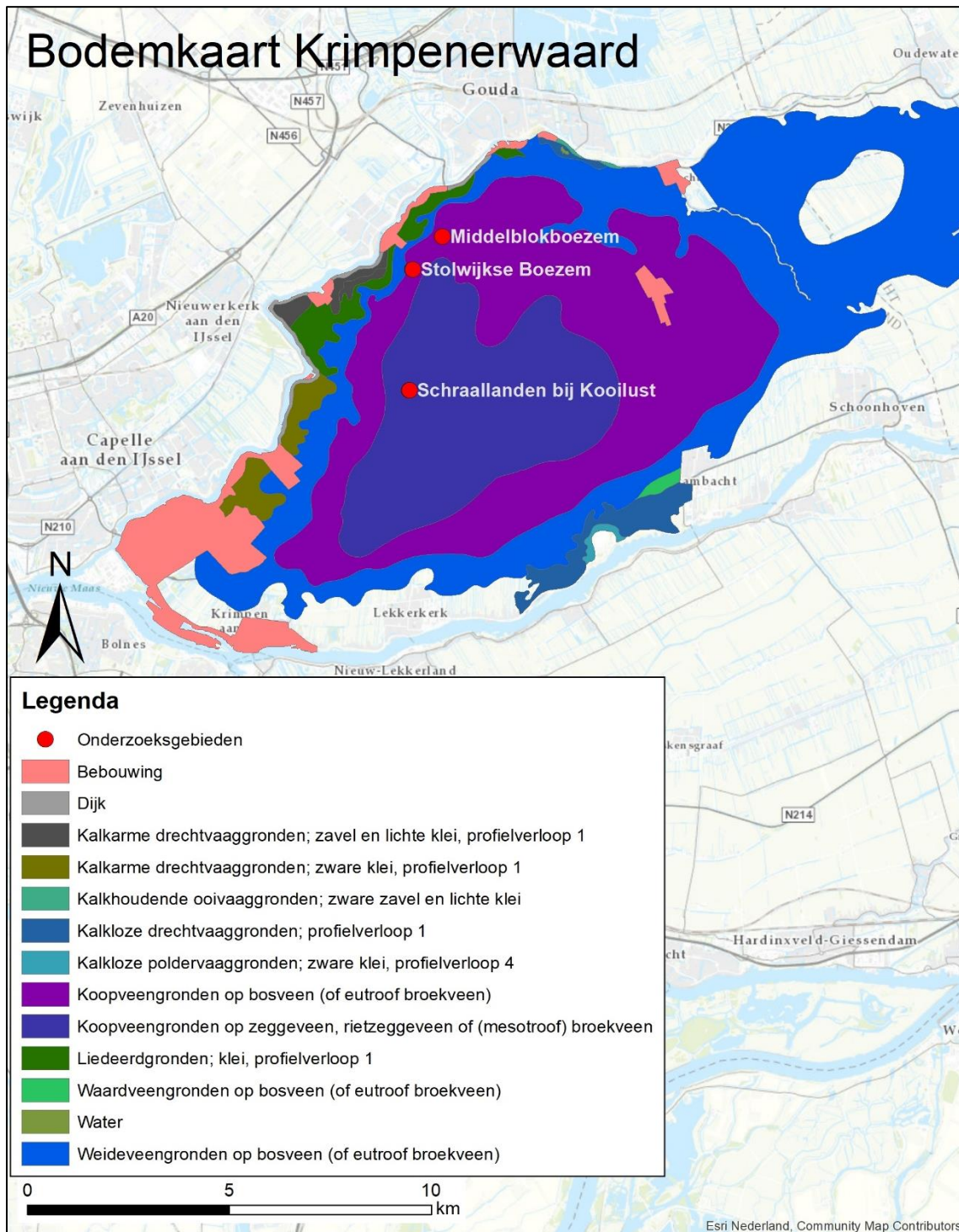
Ondanks de ruime aanwezigheid van veen heeft er nooit grootschalige vervening plaatsgevonden in de Krimpenerwaard. Het veen bleek veelal uit voedselrijk bosveen te bestaan en was niet geschikt voor verbranding (van Groningen, 1996). Dichtbij de rivieren is een laagje klei over het veen afgezet. In de Stolkwijkse Boezem en delen van de Middelblokkboezem was van oorsprong ook een kleilaag aanwezig. Deze is echter vanwege de boezemfunctie afgegraven. Voor de vervening lag de Krimpenerwaard relatief hoog, zelfs boven NAP. Door afgravingen en ontwatering is het veen ingeklonken en ligt het overgrote deel nu 1 á 2 m onder NAP (Bakker et al., 1995).



Figuur 12 Hoogtekaart van de Krimpenerwaard en de ligging van de onderzoeksgebieden (AHN, 2019).

4.3. Bodem

Het grootste deel van de Krimpenerwaard heeft een bodem die bestaat uit eutroof broekveen, al dan niet met een veraarde met klei vermengde bovenlaag (Figuur 13). Deze bodems worden overwegend gerekend tot de koopveengronden en weideveengronden. Een koopveengrond wordt gekenmerkt door een veraarde bovenlaag <50 cm bestaand uit een mengsel van veen en klei. Een weideveengrond is een veengrond met een dun klei- of zaveldek (Stouthamer et al., 2008). Dichtbij de rivieren is meer klei aanwezig, soms tot wel 80 cm dikte, dat geleidelijk afneemt richting de kern van het gebied (Arts et al., 2004).



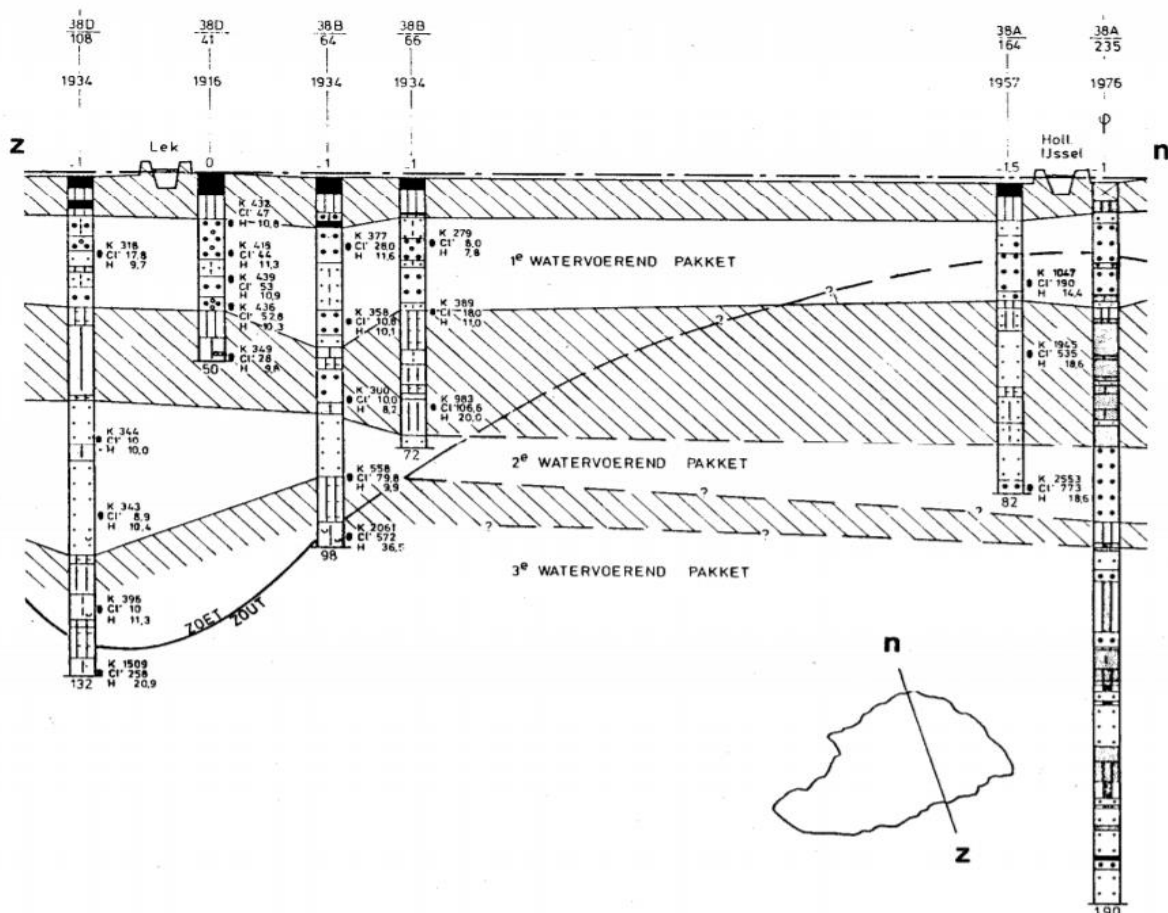
Figuur 13 De bodemkaart 1:50.000 van de Krimpenerwaard. Het grootste deel bestaat uit koop- en weideveengronden.

4.4. Regionale hydrologie

In de Krimpenerwaard als geheel is grotendeels sprake van lichte wegzijging (0.1 mm/dag). Het water in de sloten is afkomstig uit neerslag (80%), rivierwater (12%), kwel (6%) en stedelijk water (2%). Uitsluitend in een smalle strook langs de Hollandse IJssel is lichte kwel aanwezig. Het water verlaat het gebied door verdamping (52%), lozingen op de rivieren (45%) en wegzijging (3%). In de zomer wordt rivierwater ingelaten en in de winter wordt water op de rivier geloosd, zodat het agrarische peil gehandhaafd blijft (Arts et al., 2004).

De wegzijging is te wijten aan het feit dat de ten noorden gelegen Zuidplaspolder, met ca. -6 m NAP het laagstgelegen gebied in Nederland, ongeveer 4 m lager ligt dan de Krimpenerwaard. Omdat grondwater in het algemeen naar het laagstgelegen deel stroomt en daar in de vorm van kwel uittreedt, wordt er grondwater aan de Krimpenerwaard onttrokken. Hieruit kan opgemaakt worden dat vóór de ontginning van de Zuidplaspolder er in de Krimpenerwaard vermoedelijk meer kwel aanwezig is geweest, vooral dicht bij de rivieren. De aanvoer van basen kan daarmee in het verleden een stuk hoger zijn geweest.

Er zijn meerdere watervoerende pakketten in het gebied aanwezig (Figuur 14). Het eerste pakket begint op zo'n 12 m diepte en eindigt op ca. 40 m diepte (in 't Veld, 2013). Onder deze laag bevinden zich nog zeker twee watervoerende pakketten. Met name in het noorden kan het bovenste pakket lokaal zout bevatten (Arts et al., 2004).



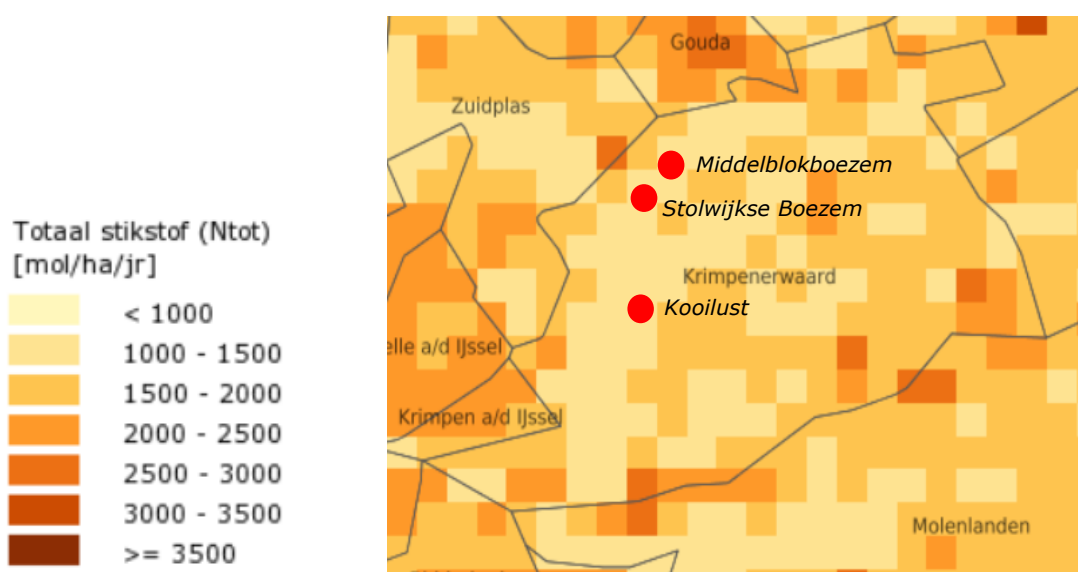
Figuur 14 Geohydrologisch dwarsprofiel ter hoogte van Bergambacht (Maas, 1988).

4.5. Stikstofdepositie

Stikstofverbindingen zoals stikstofoxiden (NO_x) en ammoniak (NH_3) hebben in schrale natuurgebieden een vermestende en verzurende werking (Kros, et al., 2008). Voor de meeste natuurtypen geldt een kritische depositiewaarde (KDW), oftewel de maximaal toelaatbare hoeveelheid stikstof waarbij het systeem nog goed kan functioneren (Tabel 4). In de onderzoeksgebieden is dotterbloemhooiland (Middelblokboezem) het meest tolerante natuurtype en vochtig heischraal grasland (schraallanden bij Kooilust) het meest gevoelige natuurtype (zie §5.5, 6.5 en 7.5). In Figuur 15 is de totale stikstofdepositie in 2018 in de Krimperwaard te zien. Wat opvalt is dat alle onderzoeksgebieden in de range 1000-1500 mol/ha/jr of (deels) in de range 1500-2000 mol/ha/jr zitten. Alle gebieden zitten daarmee in de risicozone. De depositie voor heischrale graslanden en veenmosrietlanden is ruim te hoog.

Depositie van stikstof, met name ammonium (NH_4^+), is schadelijk voor heischrale- en blauwgraslanden (Smits et al., 2015). De typische soorten in deze vegetaties zijn afhankelijk van de geoxideerde vorm van stikstof: nitraat (NO_3^-). Wanneer de zuurgraad lager dan pH 4,5 daalt vindt omzetting van ammonium naar nitraat nauwelijks meer plaats (Bobbink & Lamers, 1999). Vervolgens hoopt ammonium op in de bodem, waardoor een toxisch overschot kan ontstaan (Kros, et al., 2008). Uit eerder onderzoek in een verdroogd (en daardoor verzuurd) blauwgrasland met een hoge stikstofdepositie is gebleken dat wanneer fosfaat limiterend is de productie van biomassa niet snel zal verhogen, maar de soortensamenstelling drastisch kan veranderen. Kenmerkende zeggesoorten verdwenen en grassen als Gestreepte witbol en Moerasstruisgras namen toe (Grootjans et al., 1986). In goed ontwikkelde blauwgraslanden met een hogere basenverzadiging, leidt extra stikstof waarschijnlijk niet tot achteruitgang van kenmerkende soorten. Omdat de pH hier hoger ligt vindt relatief weinig ammoniumophoping plaats en blijft nitraat de belangrijkste stikstofaanbieder (Kros, et al., 2008). Wanneer de ammonium/nitraat ratio daarentegen wordt verhoogd, leidt dit tot sterke afname van Rode-lijst soorten (Kleijn et al., 2008).

Hieruit kan afgeleid worden dat in de onderzoeksgebieden stikstofdepositie waarschijnlijk een belangrijke katalysator is in de verzuringsnelheid en ammoniumophoping. De terreinen bevinden zich namelijk overwegend in een zuur milieu met pH's lager dan 4,5 (zie §5.5, 6.3 en 7.3). Een vermestende invloed door stikstof is niet direct terug te zien in de hooilandjes. De hooilandjes verkeren meestal in (zeer) voedselarme toestand (zie §5.5, 6.5 en 7.5). Het is echter ook goed mogelijk zijn dat de fosfaatvoorraad beperkt is en fosfaat daarmee de limiterende factor vormt. Door afvoer van maaisel wordt zowel stikstof als fosfaat uit het systeem afgevoerd, terwijl alleen stikstof (door depositie) aangevoerd wordt.



Figuur 15 Totale stikstofdepositie in de Krimperwaard in 2018 met de ligging van de onderzoeksgebieden (RIVM, 2018).

Graslandtype	KDW in kg N/ha/jr	KDW in mol N/ha/jr
Dotterbloemhooiland	20	1429
Blauwgrasland	15	1071
Heischraal droog	12	857
Heischraal vochtig	10	714
Veenmosrietland	10	714

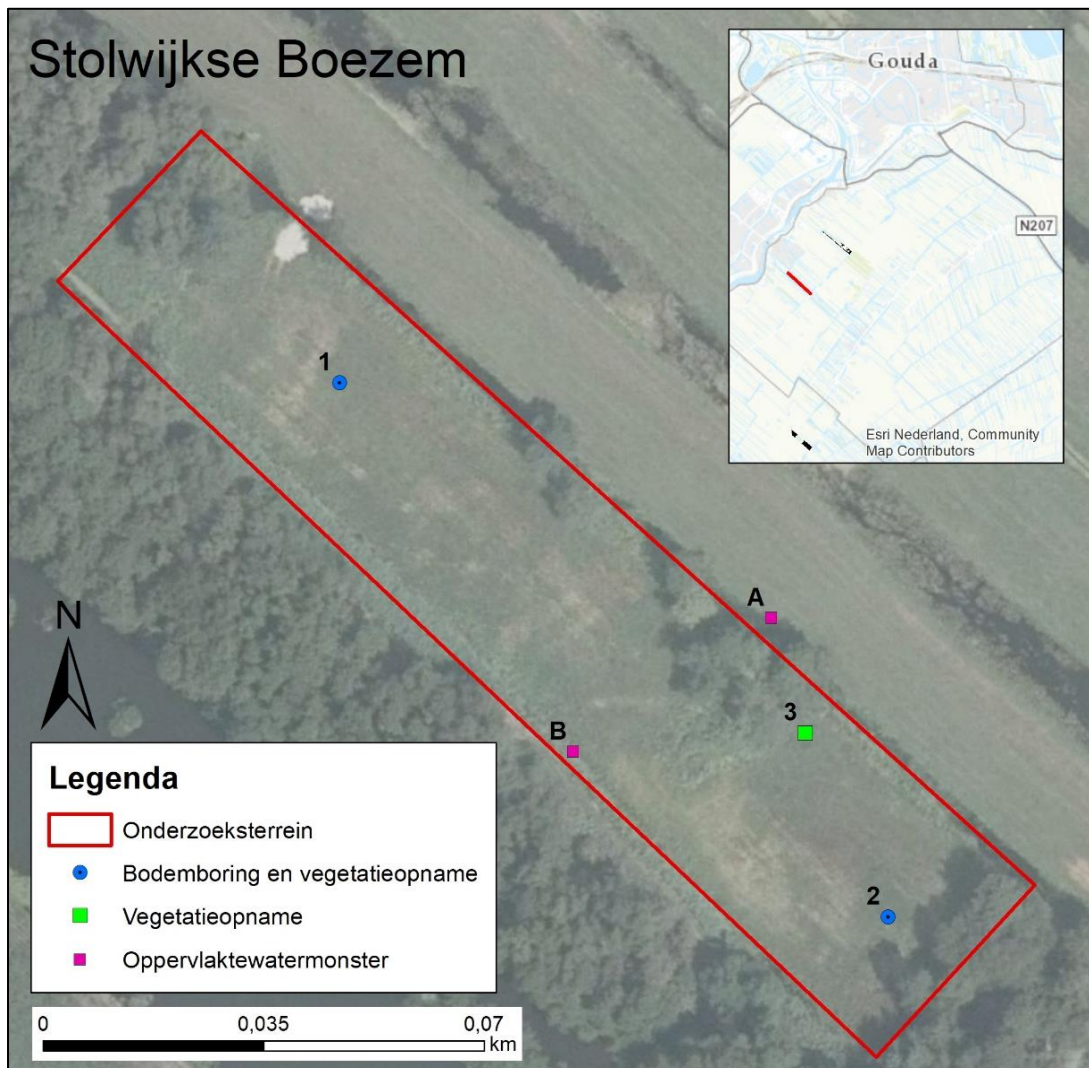
Tabel 4 De voorkomende graslandtypen en de bijbehorende kritische depositiewaarde (Van Dobben & Van Hinsberg, 2008).

5. Lokale systeemanalyse: Stolwijkse Boezem

Om grip te krijgen op het lokale ecohydrologisch functioneren van het schraalland in de Stolwijkse Boezem, is een combinatie van literatuurstudie en veldwerk uitgevoerd. Hierbij is voortgebouwd op de regionale analyse van de Krimpenerwaard uit hoofdstuk 4. Om te bepalen welke processen sturend zijn, zijn meerdere componenten onderzocht. Achtereenvolgens wordt aandacht besteed aan het reliëf, de bodem, de hydrologie en de vegetatie. Ten slotte wordt gekeken hoe het terrein waarschijnlijk ontwikkeld bij ongewijzigd beheer.

5.1. Het onderzoeksterrein

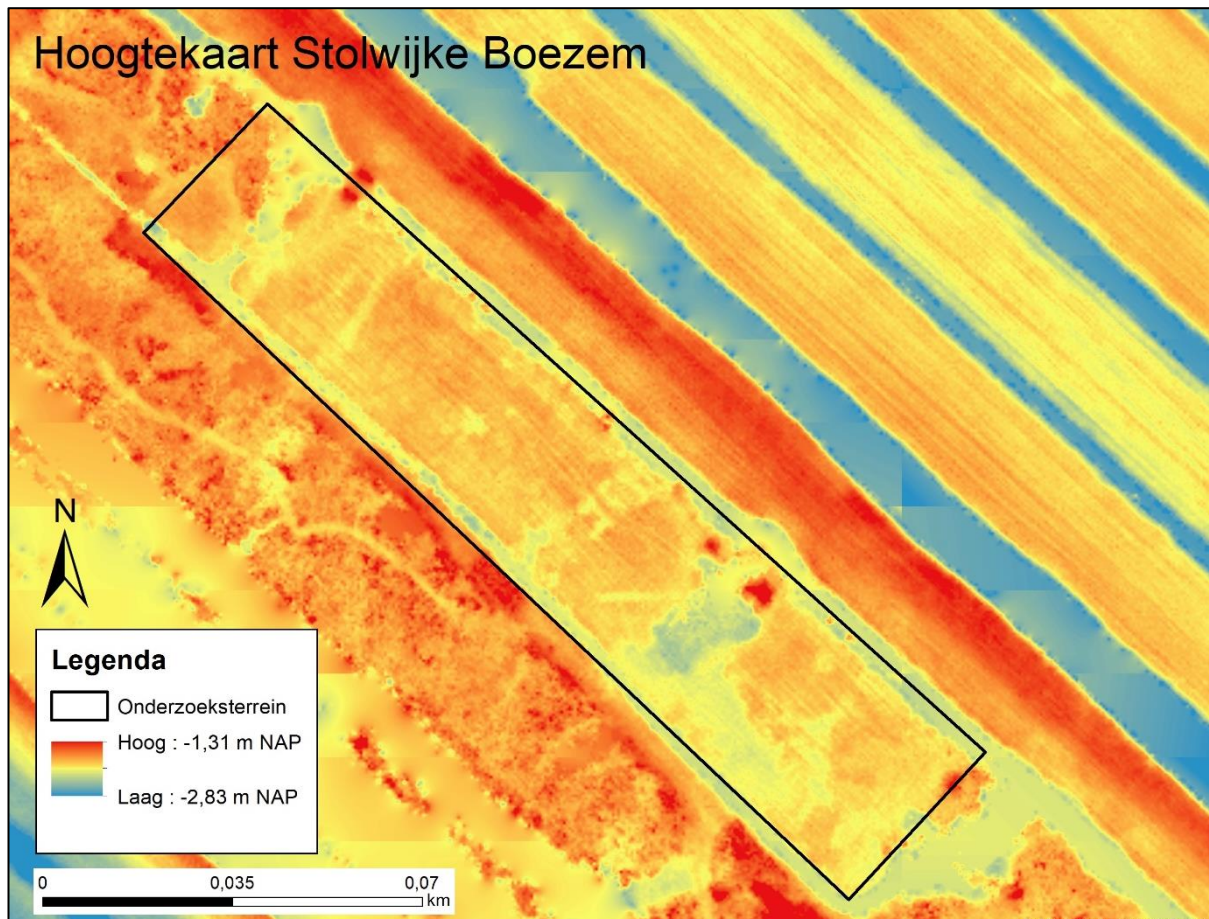
Het Natuurtype N10.01 Nat schraalland vormt het onderzoeksgebied in de Stolwijkse Boezem. De oppervlakte van het onderzoeksterrein is iets minder dan 0,5 ha. Het terrein is omgeven door sloten en bestaat uit een noordwestelijk deel en een zuidoostelijk deel. Deze delen worden gescheiden door een deels verlande dwarsloot (iets boven locatie 3, Figuur 16). In het terrein hebben meerdere vegetatieopnamen, bodemboringen en monsternamen van oppervlaktewater plaatsgevonden (Figuur 16).



Figuur 16 Het onderzoeksterrein- en locaties in de Stolwijkse Boezem.

5.2. Reliëf

In het terrein is duidelijk een bulten- en slenkenpatroon te herkennen (Figuur 17). Het hoogste punt in het terrein ligt rond -1,80 m NAP en het laagste punt op ruim -2,20 m NAP. Het laagste deel ligt rondom de deels verlande dwarsloot. Het terrein ligt overwegend op een hoogte van ca. -1,90 m NAP (AHN, 2019).



Figuur 17 Hoogtekaart van het onderzoeksterrein in de Stolwijkse Boezem (AHN, 2019).

5.3. Bodem

De bodem van het hooilandje in de Stolwijkse boezem is onderzocht door middel van twee bodemboringen op de locaties 1 en 2. Bij de boringen zijn twee aspecten bepaald: de samenstelling van het bodemmateriaal en het pH-profiel.

Bodemsamenstelling

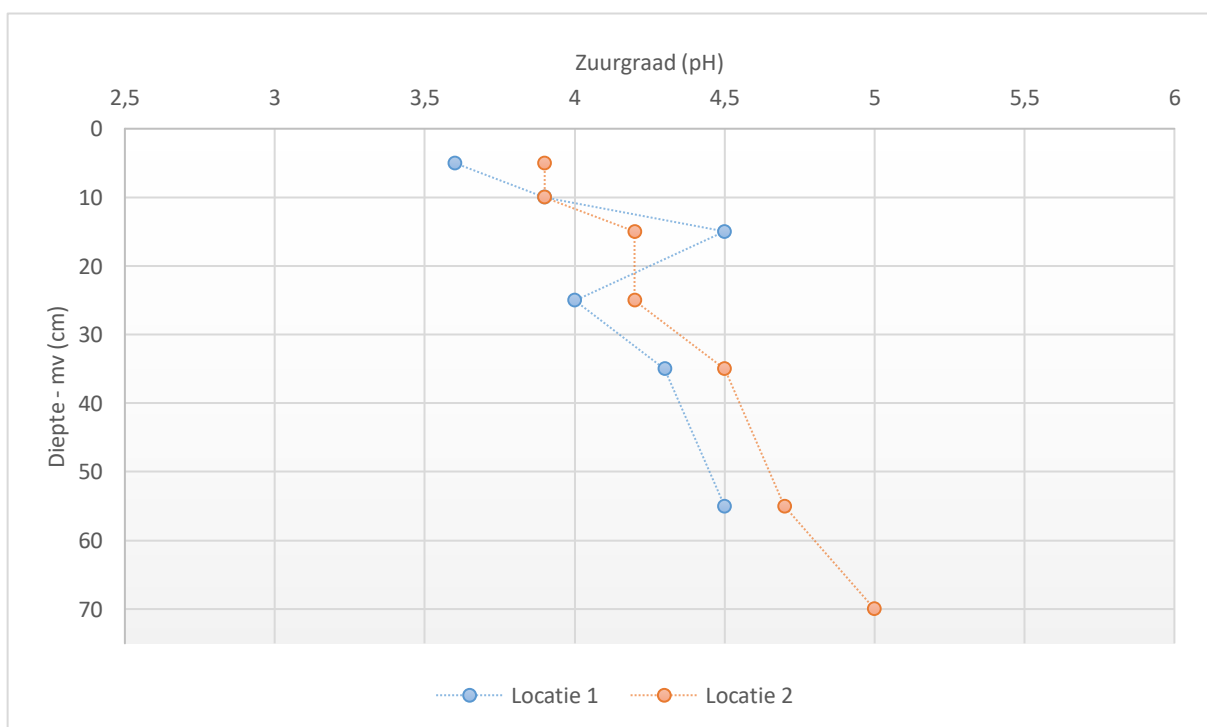
Omwille van de boezemfunctie is bij de aanleg van de boezems de bovenlaag afgegraven en is dit materiaal gebruikt voor de vorming van de omliggende kaden. Om deze reden bestaat de bodem van de Stolwijkse boezem bijna uitsluitend uit veen (Scheygrond, 1931). De boringen op de locaties 1 en 2 bevestigen dat de bodem volledig uit veen bestaat. Op beide locaties was de bovengrond (deels) veraard. Als gevolg van de slappe bodem was 55 cm de maximale diepte van de boring op locatie 1 (zie Figuur 18). Het grondwater stond op beide locaties zo'n 25 cm onder het maaiveld (12 juni 2019). Omdat de kleilaag verdwenen is behoort de bodem niet meer toe aan de koopveengronden, maar eerder tot de madeveengronden en in de natste delen waarschijnlijk tot vlietveengronden.



Figuur 18 Foto's van de boringen en boringslocaties 1 (links) en 2 (rechts). Het bodemmateriaal bestaat uit veen en is vanaf 50 cm diepte zeer slap. Datum: 12 juni 2019

pH-profielen

De resultaten zijn in schematisch weergegeven in Figuur 19. Beide boringen geven een pH onder de 4,0 aan in de bovenste 10 cm. Boring 1 heeft een grillig profiel wat start op pH 3,6. Boring 2 laat een geleidelijker profiel zien. Het profiel start op pH 3,9 en eindigt met pH 5,0 op 70 cm diepte. Beide pH-profielen kunnen op basis van de 'sleutel voor hydrotypen' (Figuur 8) geassocieerd worden als een infiltratieprofiel. Kwelinvloed is volgens deze sleutel afwezig, omdat de zuurgraad op geen enkel punt in het profiel boven pH 5 komt.



Figuur 19 De pH-profielen van de locaties 1 en 2 in de Stolwijkse Boezem.

5.4. Lokale hydrologie

De hydrologie is in het onderzoeksgebied onderzocht door het waterpeil in het gebied vast te stellen en de herkomst van het oppervlaktewater te bepalen. Het laatste heeft plaatsgevonden door twee monsternamen (locaties A en B) van het oppervlaktewater te nemen en onder meer de zuurgraad, ionenratio en het elektrisch geleidend vermogen (EGV) vast te leggen.

Waterpeil

Het landgebruik in de Krimpenerwaard is grotendeels intensieve melkveehouderij. Het gehanteerde waterpeil dient dan ook grotendeels agrarische doelen. Dit houdt in dat de waterstand over het algemeen relatief laag gehouden wordt, om beweiding en machinale bewerking van het land mogelijk te houden. Het peil in de Stolwijkse boezem heeft jaarrond een constant peil. Wel is er sprake van een licht verhoogd, flexibel peil: -2,20 tot -2,25 m NAP. De gemiddelde hoogte van het terrein is -1,90 m NAP wat neerkomt op een waterstand van ruim 30-35 cm onder het maaiveld. Vanwege de hoogteverschillen van ± 40 cm binnen het terrein bestaat er een afwisseling tussen overwegend droge en soms zeer drassige omstandigheden.

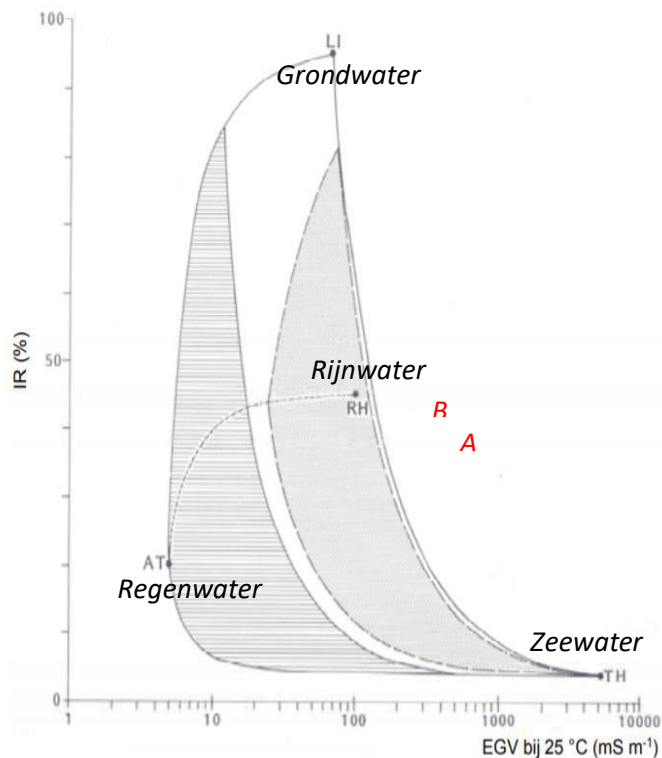
Oppervlaktewaterkwaliteit

In de buitensloot (A) en binnensloot (B) zijn watermonsters genomen. De resultaten zijn opgenomen in Tabel 5. De binnensloot en buitensloot zijn met elkaar verbonden. De binnensloot is een doodlopende, min of meer stilstaande watergang. De onderzochte waarden lagen in de buitensloot op nagenoeg alle fronten hoger. De ionenratio ligt iets lager, wat het gevolg is van de calcium/chloride berekening die hieraan ten grondslag ligt. Het fosfaat- en fosforgehalte was in de buitensloot hoger dan met de bijbehorende test gemeten kon worden. Het water is in de buitensloot dus zeer voedselrijk. In de binnensloot bevat het water minder fosfaat, maar is nog steeds voedselrijk. Het feit dat de binnensloot doodlopend is zorgt waarschijnlijk voor bezinking van veel stoffen waaronder calcium, bicarbonaat en fosfaat. Daarnaast is de binnensloot verder verwijderd van agrarische activiteiten (e.g. bemesting) wat ook een oorzaak kan zijn van de lagere gevonden waarden. Hoewel er relatief veel chloride in de buitensloot zit is dit waarschijnlijk niet afkomstig van zilte invloed. De terreinen liggen namelijk grotendeels in inzigtig gebied. Maar zilte invloed wordt niet uitgesloten; het bovenste watervoerende pakket kan plaatselijk zout water bevatten (§4.4). De monsters liggen overigens nog ver onder de brakwatergrens (< 300 mg/l). Ondanks de hoge presentie van vermestende, basische en verontreinigende stoffen in het oppervlaktewater heeft het onderzoeksgebied een zuur en voedselarm karakter. De invloed van het oppervlaktewater op zuurgraad en voedselrijkdom kan daarmee vrijwel uitgesloten worden. De metingen zijn opgenomen in De Driehoek van Van Wirdum in Figuur 20. Hieruit blijkt dat de punten het dichtst bij de referentie Rijnwater (RH) liggen en bevestigt daarmee het beeld dat het water relatief hoge concentraties verontreinigende, vermestende en basische stoffen bevat.

Stolwijkse Boezem	Buitensloot (A)	Binnensloot (B)
calcium (mg/l)	75	57
chloride (mg/l)	61	39
fosfaat (PO ₄) (mg/l)	>0,43	0,25
fosfor (P) (mg/l)	>0,14	0,08
bicarbonaat (mmol/l)	37	18
pH	6,7	6,1
EGV (mS/cm)	614	406
Ionenratio	0,38	0,42

Tabel 5 Resultaten van de watermonsters in de Stolwijkse Boezem.

-  gebied waarin AT > 90 volume % uitmaakt in mengsels van AT, LI en TH
-  gebied waarin RH > 20 volume % uitmaakt in mengsels van AT, LI, TH en RH



Figuur 20 De Driehoek van Van Wirdum, waarmee de herkomst van het water kan worden bepaald, geeft de monsterpunten A en B in de grafiek weer. De punten liggen het dichtst bij het referentiepunt Rijnwater.

5.5. Vegetatie

In dit onderdeel wordt beschreven hoe de vegetatie veranderd is in de periode 1993-2017. Er zijn in het kader van dit onderzoek drie vegetatieopnamen (niet te verwarren met de PQ-locaties) gemaakt met als doel de huidige vegetatie in beeld te brengen. Deze opnamen zijn met behulp van het programma Turboveg (Associa) geïdentificeerd en op naam van de best passende plantengemeenschap gebracht. In het gebied zijn meerdere PQ's aanwezig (Figuur 21), die in ieder geval in de periode 1996-2016 consequent zijn opgenomen. Er zijn in totaal 49 opnamen gemaakt verdeeld over 7 PQ's. Met de PQ's kunnen de ontwikkelingen in de vegetatie door de tijd heen inzichtelijk gemaakt worden, met behulp van een Ellenbergwaarden-analyse.

Huidige vegetatie

De vegetaties in het hooilandje worden bepaald door soorten van zure en voedselarme omstandigheden (Figuur 22 en Figuur 23). Pijpenstrootje, Veenpluis, Tormentil, veenmossen en haarmossen komen veelvuldig voor. Op een strook vanaf de dwarssloot via de binnensloot naar het zuidelijke deel komen nog een aantal soorten van het blauwgrasland voor: Spaanse Ruiter, Blauwe zegge en Kale jonker. Ook Rietorchis/Brede orchis komt hier nog met zeven exemplaren voor. Op de iets lagere (en nattere) delen komen oeverzegge en sporadisch Wateraardbei voor. Volgens Kerkhof, 2010 betreft het hier een jonger stadium in de verlanding. De vegetatie past volgens de drie vegetatieopnamen het best bij de Rompgemeenschap van Pijpenstrootje (09RG02). De opnamen 1 en 3 missen onder andere Riet, Blauwe zegge en Gewoon haarmos, waardoor de vegetatie zich kwalificeert als slecht ontwikkeld. In opname 2 zijn Blauwe zegge, Spaanse ruiter, Riet en Kale jonker aanwezig. De plantengemeenschap is hier relatief goed ontwikkeld en indiceert een iets minder zuur en vochtiger milieu (zie vergelijk bijlage 1.1). De vegetatieopnamen zijn vastgelegd in een vegetatietabel die opgenomen is in bijlage 1.3.



Figuur 21 Ligging van de zeven PQ's in de Stolwijkse Boezem

Opname nr.	Associatie	Naam associatie
1	09RG02	Rompgemeenschap van Pijpenstrootje
2	09RG02	Rompgemeenschap van Pijpenstrootje
3	09RG02	Rompgemeenschap van Pijpenstrootje

Tabel 6 De plantengemeenschappen die aan de vegetatieopnamen zijn toegekend. Groen = goed ontwikkeld, rood = slecht ontwikkeld.



Figuur 23 Het zuidoostelijk perceel van de Stolwijkse Boezem. Op de voorgrond: Oeverzegge, Tormantil en veenmossen. Op de voor- en achtergrond is Veenpluis te zien. Datum: 4 juni 2019



Figuur 22 Het noordwestelijke perceel in de Stolwijkse boezem. Het vegetatiebeeld wordt grotendeels bepaald door Pijpenstrootje, Gewoon Reukgras, Veelbloemige veldbies, Tormantil en Berkenopslag. Datum: 9 juli 2019

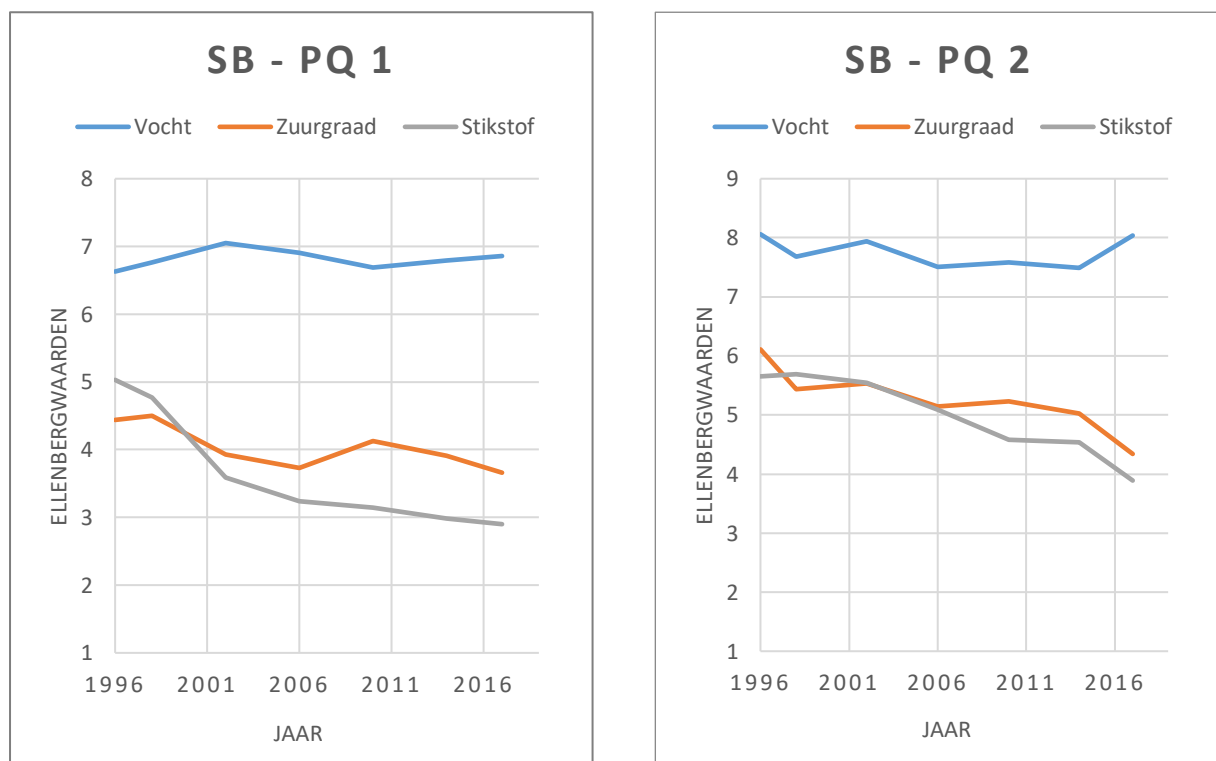
Ontwikkeling 1996-2016

Vegetatie

De flora heeft sinds 1996 een flinke verandering ondergaan. Meerdere typische (zwakzure) soorten zijn in de periode 1996-2016 verdwenen: Welriekende nachtorchis, Gevlekte Orchis en Sterzegge. Rietorchis/Brede orchis is sterk afgenomen. Andere soorten die in het begin van deze periode nog veel voorkwamen, zoals Grote kattenstaart, Oeverzegge, Grote lisdodde en Biezenknoppen suggereren een destijds basenrijker (en vochtiger) milieu. Tegelijkertijd zijn Veelbloemige veldbies, Tormentil en Gewoon Haarmos toegenomen. Dit is ook eerder vastgesteld door Kerkhof (2010). Over het algemeen behoren de plantengemeenschappen uit de PQ's in het begin van de periode 1996-2016 meer tot blauwgraslanden en kleine-zeggevegetaties en aan het eind van deze periode meer tot de rompgemeenschap- van Pijpenstrootje of Gewoon haarmos (bijlage 1.4).

Standplaatsfactoren

De standplaatsfactoren zuurgraad en voedselrijkdom (stikstof) zijn in de periode 1996-2016 in meerdere PQ's veranderd (Tabel 7). De PQ's 1 en 2 laten een sterke afname zien op de schaal van Ellenberg (Figuur 24). PQ 3 laat een lichte daling van de zuurgraad en voedselrijkdom zien van respectievelijk 4,7 naar 4,1 en 3,8 naar 3,0. In PQ 6 is alleen de voedselrijkdom licht gedaald van 4,0 naar 3,4. In de overige PQ's 4, 5 en 7 zijn geen duidelijke veranderingen vast te stellen. Het vochtgetal laat in geen enkel PQ een duidelijke trend zien. De overige grafieken en Ellenbergwaarden van de PQ's zijn opgenomen in bijlage 3. In de PQ's ligt de vochttoestand in 2016 (laatste opnamen) over het algemeen tussen 7 en 8 en kan getypeerd worden als 'vocht-indicator/nat-indicator'. De zuurgraad bevindt zich rond de 4 en is daarmee 'zuur tot zwak zuur'. De voedselrijkdom heeft meestal een waarde rond de 3, wat staat voor 'voedselarm'.



Figuur 24 De Ellenbergwaarden van de PQ's 1 en 2 in de Stolwijkse Boezem. Beide figuren laten een daling van de zuurgraad en de voedselrijkdom (stikstof) zien. De vochttoestand is nauwelijks veranderd.

	Vocht	Zuurgraad	Stikstof
PQ 1	X	- -	- -
PQ 2	X	- -	- -
PQ 3	X	-	-
PQ 4	X	X	X
PQ 5	X	X	-
PQ 6	X	X	X
PQ 7	X	X	X

Tabel 7 Ellenbergwaarden van vocht, zuurgraad en stikstof in PQ's van de Stolwijkse Boezem. '- -' = sterke afname, '-' = lichte afname en 'X' = geen verandering.

5.6. Beheer

Het beheer van het hooilandje bestaat uit het eenmaal jaarlijks maaien en afvoeren van de vegetatie in de periode half juli t/m eind augustus. Eventuele beweiding is toegestaan van 1 juli tot 1 april met maximaal 3 GVE/ha en van 1 april tot 1 juli met 1,5 GVE/ha (Zuid-Hollands Landschap, 2003). In de praktijk heeft er echter, sinds het terrein in beheer bij ZHL is, nooit beweiding plaatsgevonden.

5.7. Synthese

Het natte schraalland in de Stolwijkse Boezem behoorde eens tot de meest waardevolle en soortenrijke schraallanden in de regio. Met name in het zuidelijke deel kwamen volop orchideeën voor. Ook andere soorten van het blauwgrasland (e.g. Spaanse ruiter, Sterzegge) waren goed vertegenwoordigd. Tegenwoordig zijn de meeste typische soorten verdwenen en bestaat een blauwgraslandachtige vegetatie nog maar op enkele vierkante meters. Alle genoemde soorten kunnen enige mate van verdere verzuring en verschraling verdragen. Welriekende nachtorchis kan zich zelfs op uitgesproken basenarme standplaatsen lange tijd handhaven. Maar ook zij verdwijnt op den duur (Weeda et al., 1994). Hun eerdere aanwezigheid duidt daarom op een in het verleden meer gebufferd milieu. De achteruitgang van typische soorten is waarschijnlijk het gevolg van meerdere factoren. Allereerst is de vochttoestand in het terrein te droog volgens het referentiekader van nat schraalland (Figuur 10). Omdat er geen duidelijke veranderingen in de vochttoestand zijn gevonden, staat het terrein waarschijnlijk al sinds 1996 te droog. Ten tweede is het terrein sterk verzuurd. In de bovengrond ligt de pH tussen 3,6 en 3,9 en in meerdere PQ's is de verzuringstrend duidelijk terug te zijn. De PQ's waarin veranderingen optreden zijn zowel op de hogere als lagere delen gelegen. De verzuring lijkt daarom niet direct gebonden aan de hoogteligging. Het is zeer waarschijnlijk dat de droge omstandigheden extra verzuring in de hand hebben gewerkt. Verdroging veroorzaakt veenoxidatie waarbij humuszuren vrijkomen. Echter, ook in de lagere, vochtige delen heeft de verzuring doorgewerkt. Hier ontstaan regenwaterlenzen wat veenmosgroei en zo indirecte verzuring heeft veroorzaakt. Daarnaast kan stikstofdepositie de algehele verzuring hebben versneld. De depositie in het gebied is hoog en waarschijnlijk te hoog voor blauwgrasland. Daar kan nog aan toegevoegd worden dat wanneer de zuurgraad onder pH 4 komt, veel giftige stoffen vrijkomen waaronder aluminium. De zuurgraad is in ieder geval volgens het referentiekader veel te laag. Ten derde is het terrein te sterk verschaald. De soorten die zich nog handhaven indiceren (zeer) voedselarme omstandigheden. Al deze componenten samen laten zien dat de huidige omstandigheden voor nat schraalland op alle fronten zeer ongunstig zijn. Dit heeft geresulteerd in de ontwikkeling van een vegetatie die niet tot nat schraalland gerekend kan worden: een overwegend slecht ontwikkelde rompgemeenschap van Pijpenstrootje (09RG02).

5.8. Verwachte ontwikkelingen bij ongewijzigd beheer

Vochttoestand

De Stolwijkse Boezem maakt geen deel uit van de peilverhogingen uit het NNN-inrichtingsplan. Ook op basis van de hydrologische analyse worden geen veranderingen in de vochttoestand verwacht; de Ellenbergwaarden laten geen duidelijke trend zien in vochtindicatie. Dit betekent dat de (te) droge omstandigheden zullen blijven bestaan en herstel van de typische natte schraalland vegetaties bemoeilijkt wordt. Zelfs wanneer het peil

en daarmee de grondwaterstand wordt verhoogd, is het grondwater in de hooilandjes afkomstig van regenwater. Zijwaartse doordringing van oppervlaktewater in de bodem vindt namelijk nauwelijks plaats. Het peil dusdanig verhogen dat inundatie plaats gaat vinden zou gunstige effecten kunnen hebben, maar werkt mogelijk ook eutrofiërend. Het oppervlaktewater is door het agrarische karakter (voedselrijk en kalkrijk) systeemvreemd en vormt daarmee een risico.

Zuurgraad

Wanneer het terrein verder verdroogt komen nog meer humuszuren vrij, die verdere verzuring in de hand werken. Wordt het terrein vernat, dan is het water dat wordt vastgehouden in de hooilandjes voornamelijk regenwater. Verder neemt door stikstofdepositie de verzuring (ammoniumconcentratie) toe. Omdat het systeem geen basenaanvoer kent, zal de invloed van regenwater vergroten en zal de verzuring verder doorzetten.

Voedselrijkdom

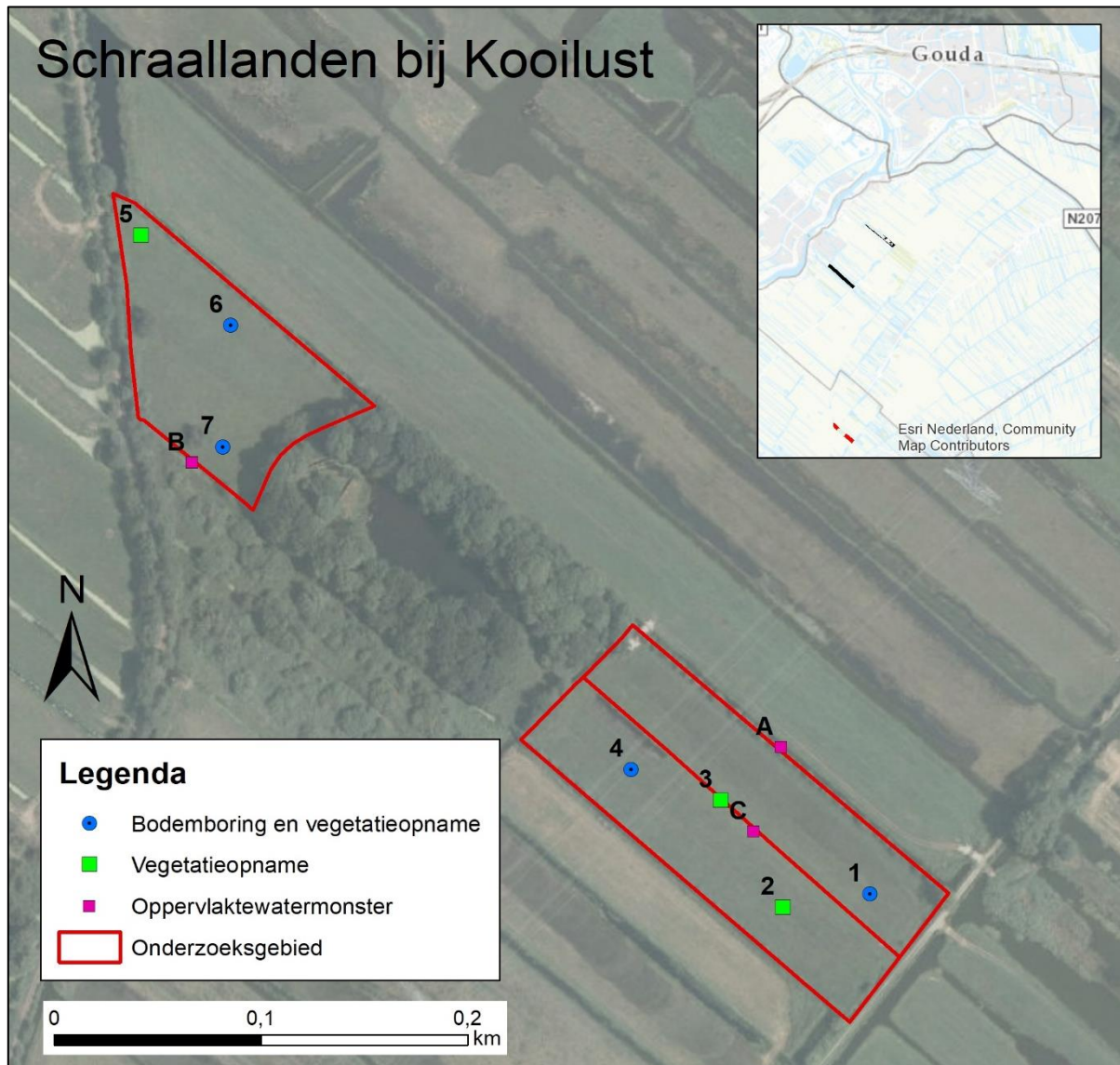
De enige manier waarop bemesting zou kunnen optreden is via depositie van stikstof. De Ellenbergwaarden van de PQ's geven echter een verlaging van de stikstofconcentratie aan, geen verhoging. De afvoer van stikstof in het terrein is dus mogelijk meer van betekenis dan de aanvoer via depositie. Een andere mogelijkheid is fosfaat-limitatie. Door een beperkte en afnemende beschikbaarheid van fosfaat blijft de productie van biomassa dan grotendeels achterwege, terwijl er wel veel stikstof aanwezig is. De verwachting is in ieder geval dat het terrein verder zal verarmen bij voorgezet verschrallingsbeheer.

Vegetatie

Door verdere verzuring zullen steeds meer ammonium, aluminium en andere giftige metalen ophopen, wat in grote hoeveelheden toxisch is voor veel planten (de Vries, 2008). Hiermee hangt de verdere afname van typische soorten zoals Spaanse ruiter samen (de Graaf et al., 1997) (Lucassen et al., 2002). De huidige dominante soorten zoals Pijpenstrootje, Tormenti en Gewoon reukgras zijn degenen die profiteren van het verzuringsproces en zijn ongevoelig voor ammonium en aluminium (Smolders et al., 2011). Wanneer de droge omstandigheden blijven bestaan kan geen terugkeer van typische (zwak zure) soorten (bv. orchideeën) verwacht worden. Indien het terrein vernat wordt, zonder de zuurgraad of voedselrijkdom te herstellen, is de ontwikkeling van veenmosrijke vegetaties mogelijk, mits de waterstand stabiel blijft.

6. Lokale systeemanalyse: schraallanden bij Kooilust

Om grip te krijgen op het lokale ecohydrologisch functioneren van de schraallanden bij Kooilust, is een combinatie van literatuurstudie en veldwerk uitgevoerd. Hierbij is voortgebouwd op de regionale analyse van de Krimpenerwaard uit hoofdstuk 4. Om te bepalen welke processen sturend zijn, zijn meerdere componenten onderzocht. Achtereenvolgens wordt aandacht besteed aan het reliëf, de bodem, de hydrologie en de vegetatie. Ten slotte wordt gekeken hoe het terrein waarschijnlijk ontwikkeld bij ongewijzigd beheer.



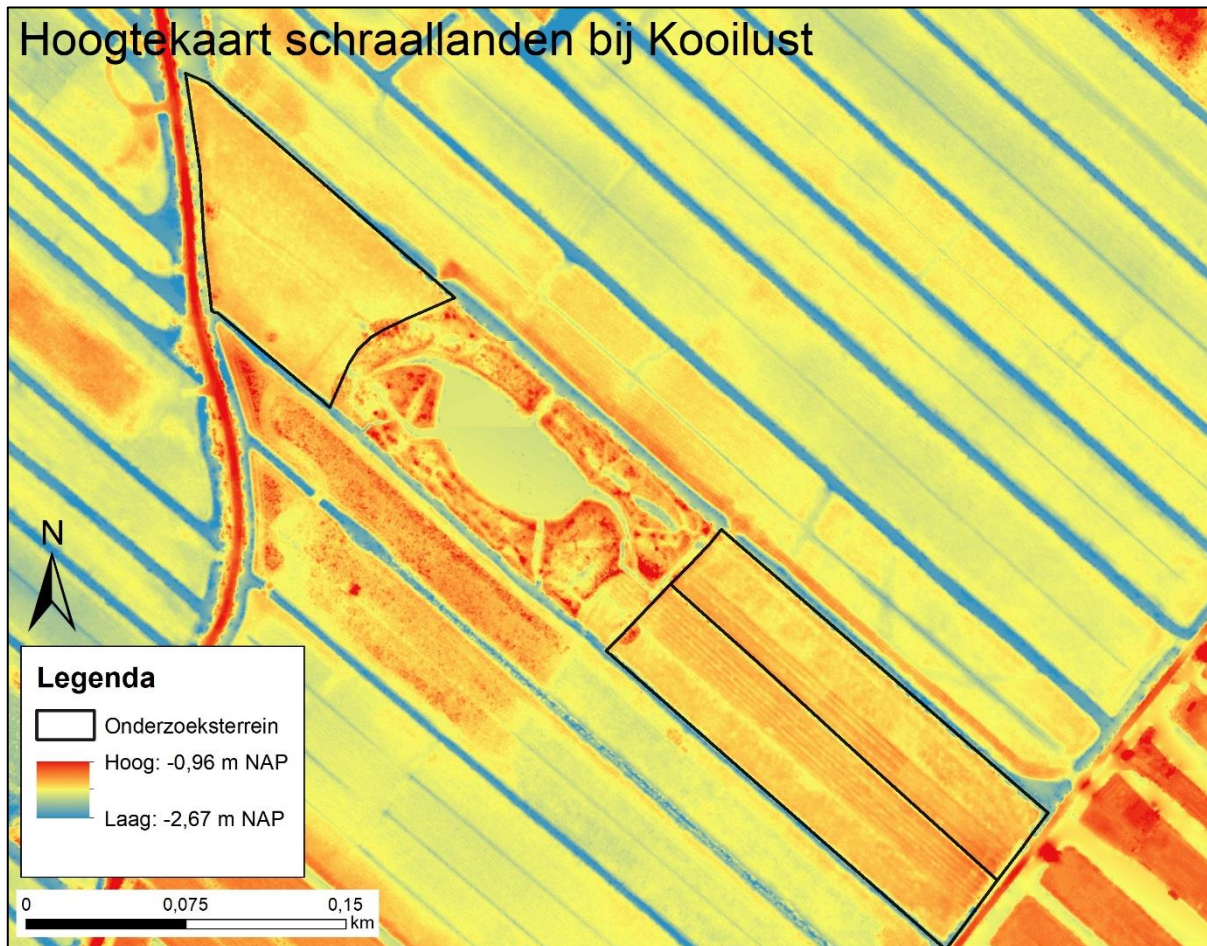
Figuur 25 Onderzoeksgebied en onderzoekslocaties in de Schraallanden bij Kooilust

6.1. Het onderzoeksterrein

Het onderzoeksgebied bestaat uit een noordwestelijk en een zuidoostelijk deel en valt volledig onder het SNL-type N10.01 Nat schraalland (Figuur 25). De noordwestelijke en zuidoostelijke delen worden gescheiden door de eendenkooi Kooilust. Het zuidoostelijke deel is gesplitst door een middensloot en bestaat uit twee percelen.

6.2. Reliëf

Binnen de terreinen komen hoogteverschillen voor van ongeveer 20 cm. De hoogte van het terrein varieert van ongeveer -1,90 m tot -2,10 m NAP. De gemiddelde hoogte is ca. -1,97 m NAP (AHN, 2019). In het zuidelijkste perceel is een langgerekt, iets hoger gelegen ruggetje aanwezig (Figuur 25, locatie 2) wat een gedempte greppel voorstelt.



Figuur 26 Hoogtekaart van de schraallanden bij Kooilust (AHN, 2019).

6.3. Bodem

De bodem van de schraallandjes is onderzocht door middel van vier bodemboringen op de locaties 1, 4, 6 en 7. Bij de boringen zijn twee aspecten bepaald: de samenstelling van de bodem en het pH-profiel.

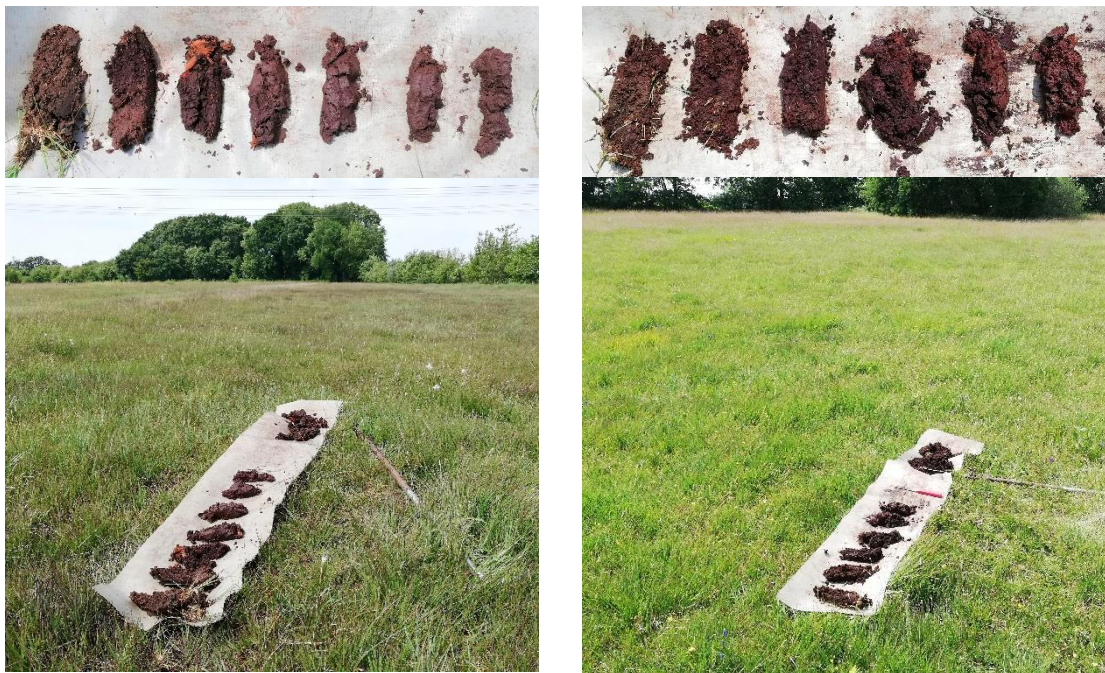
Bodemsamenstelling

De bodem op de locaties 1 en 4 bestaat uit kleiig veen. Op locatie 6 is de bovenlaag tot 35 cm diepte veraard kleiig veen. Daaronder bevindt zich vochtig veen met plantenresten. Locatie 7 is een stuk kleiiger. De bovenlaag daar bestaat tot 30 cm diepte uit humeuze klei. Verder naar beneden bestaat het bodemmateriaal uit venige en vochtige klei. Op alle locaties is de bodem vanaf 55-80 cm diepte slap. Dit beeld komt overeen met de beschrijving van een koopveengrond.

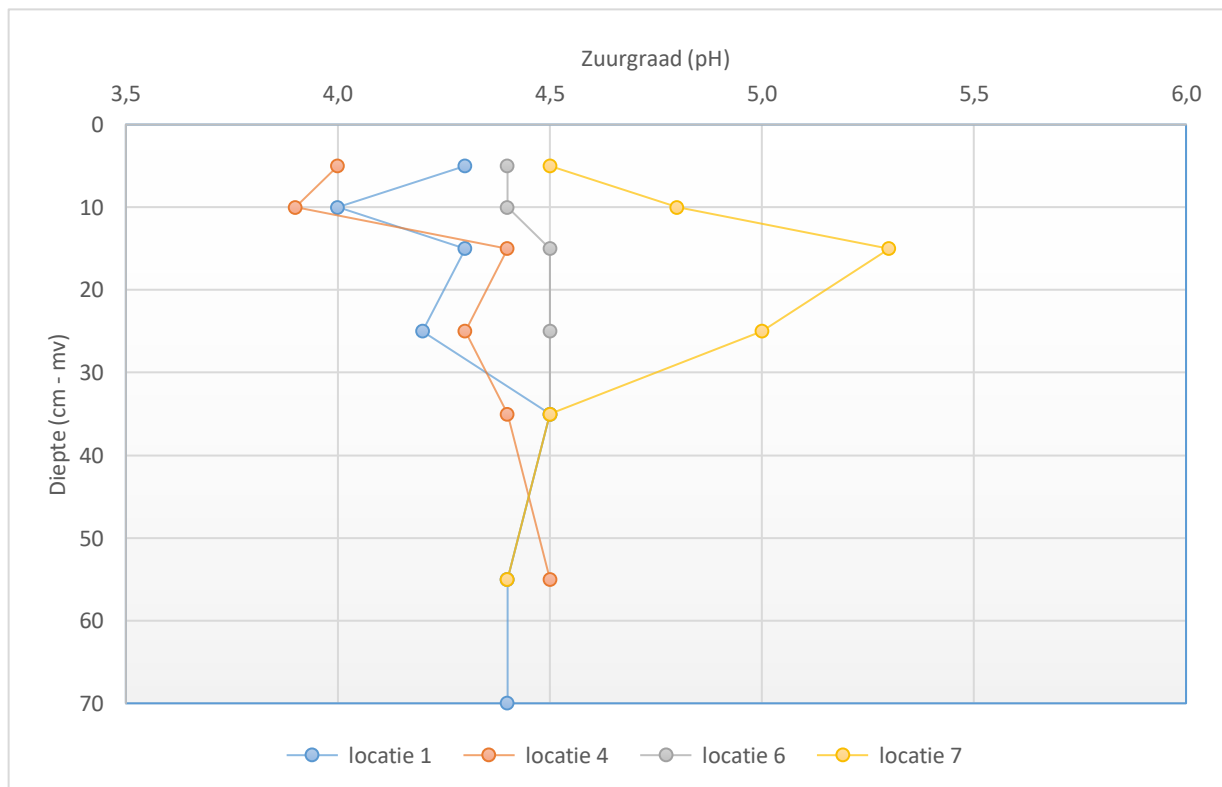
pH-profielen

Er zijn vier pH-profielen ontwikkeld die worden weergegeven in Figuur 28. De boringen op locatie 1, 4 en 6 bewegen nagenoeg tussen pH 4 en 4,5 en kunnen gekwalificeerd worden als

matig zuur. Locatie 7 heeft een duidelijk basischer karakter. Dit profiel start op pH 4,5 en bereikt op 15 cm diepte pH 5,3. Vervolgens daalt de zuurgraad weer tot pH 4,4 op 55 cm. Het pH-profiel op locatie 7 kan gekwalificeerd worden als zwakzuur tot lokaal neutraal.



Figuur 27 Boringen op locatie 1 (links) en 6 (rechts). De bodemprofielen lopen respectievelijk van links naar rechts en van boven naar onder. Datum: 24 juni 2019



Figuur 28 pH-profielen van de boringen in de schraallanden bij Kooilust.

De profielen op de locaties 1, 4 en 6 kunnen op basis van de 'sleutel voor hydrotypen' (Figuur 8) geassocieerd worden als een infiltratieprofiel. Omdat de pH op geen enkel punt boven de 5 komt is kwelinvloed uitgesloten. Locatie 7 past het profiel het beste bij het hydrotype 'mengwater'. Hier kan enige kwelinvloed aanwezig zijn, maar dit wordt sterk beïnvloed door regenwater waardoor een mengprofiel ontstaat. Waarschijnlijk treedt de buffering hier op uit het bodemmateriaal, omdat kwel uitsluitend in een smalle strook langs de Hollandse IJssel voorkomt.

6.4. Lokale hydrologie

De hydrologie in het onderzoeksgebied is onderzocht door het waterpeil in het gebied vast te stellen en de herkomst van het oppervlaktewater te bepalen. Het laatste heeft plaatsgevonden door drie monsternamen van het oppervlaktewater te nemen en onder meer de zuurgraad, ionenratio en het elektrisch geleidend vermogen (EGV) vast te leggen.

Waterpeil

De hooilandjes maken deel uit van natuurgebied de Berkenwoudse Driehoek dat onderdeel is van peilgebied De Nesse. De hooilandjes liggen relatief hoog ten opzichte van het peilgebied. De gemiddelde maaiveldhoogte van de hooilandjes is -1,97 m NAP, terwijl de gemiddelde maaiveldhoogte van De Nesse -2,09 m NAP is (Osorio, 2011). Om verdroging tegen te gaan is er een verhoogd peil ingesteld rondom de zuidoostelijke hooilandjes. Het peil is er flexibel en kan variëren van -2.24 tot -2,09 m NAP (HHSK, 2019). Het oppervlaktewater staat dan respectievelijk 27 tot 12 cm onder het maaiveld. Rondom het noordwestelijke hooilandje wordt een ander peil gehanteerd. Het peil is eveneens flexibel en is ingesteld van -2.46 en -2.31 m NAP (HHSK, 2019). Het oppervlaktewater staat daar respectievelijk 49 tot 34 cm onder het maaiveld. Het flexibele peil kan tijdens de hooibouw verlaagd worden, zodat machines het terrein op kunnen.

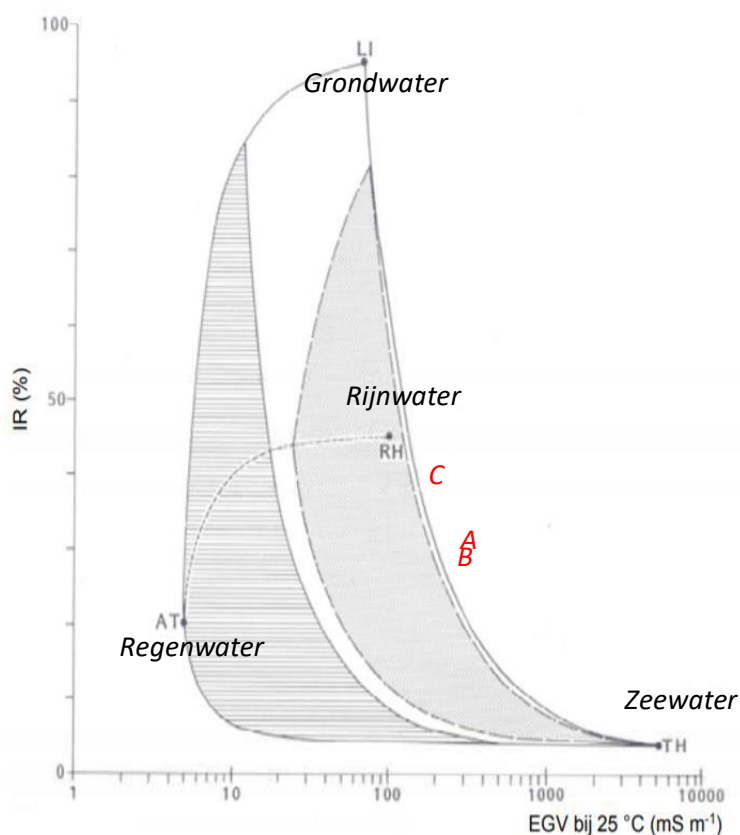
Oppervlaktewaterkwaliteit

Op de locaties A, B en C zijn watermonsters genomen. De resultaten zijn opgenomen in Tabel 8. De locaties A en B zijn beide buitensloten, locatie C is de binnensloot gelegen tussen de zuidoostelijke percelen. De buitensloten hebben duidelijk een hoger chloride-, bicarbonaat- en fosfaatgehalte en een hogere EGV en pH. De buitensloten kunnen gekwalificeerd worden als matig voedselrijk. Het fosfaatgehalte in de binnensloot was lager dan met de veldkit gemeten kon worden en is daarmee voedselarm. De relatief lage concentraties aan opgeloste stoffen in de binnensloot suggereert dat regenwater uit de hooilandjes hier een relatief grote invloed heeft en/of dat de grotere afstand van agrarische activiteiten het verschil maakt. Het zure en (zeer) voedselarme karakter van de hooilandjes suggereert weinig tot geen invloed van het matig voedselrijke en basische oppervlaktewater in de buitensloten. De metingen zijn opgenomen in De Driehoek van Van Wirdum in Figuur 29. Hieruit blijkt dat de punten het dichtst bij de referentie Rijnwater (RH) liggen en het water relatief hoge concentraties verontreinigende en basische stoffen bevat. Omdat indringing van het oppervlaktewater nauwelijks plaatsvindt, vormt dit geen direct risico. Wanneer er sprake is van inundatie met oppervlaktewater mogelijk wel.

Schraallanden Kooilust	Buitensloot noord (A)	Buitensloot west (B)	Binnensloot oost (C)
calcium (mg/l)	36	50	37
chloride (mg/l)	43	64	29
fosfaat (PO ₄) (mg/l)	0,14	0,18	<0,046
fosfor (P) (mg/l)	0,045	0,06	<0,015
bicarbonaat (mmol/l)	22	25	15
pH	6	6,7	5
EGV (mS/cm)	350	320	233
Ionenratio	0,30	0,28	0,39

Tabel 8 Resultaten van de oppervlaktewateranalyses bij Kooilust

-  gebied waarin AT > 90 volume % uitmaakt in mengsels van AT, LI en TH
-  gebied waarin RH > 20 volume % uitmaakt in mengsels van AT, LI, TH en RH



Figuur 29 De resultaten van de oppervlaktewateranalyses in de Driehoek van Van Wirdum.

6.5. Vegetatie

In dit onderdeel wordt gekeken hoe de vegetatie veranderd is in de periode 1993-2017 met behulp van een Ellenbergwaarden-analyse. Er zijn zeven vegetatieopnamen gemaakt om de huidige vegetatie in beeld te brengen. De opnamen 1 t/m 4 zijn in het zuidoostelijk deel uitgevoerd. Opname 3 is een oeveropname van de binnensloot. De opnamen 5 t/m 7 zijn in het noordwestelijk deel uitgevoerd. Deze opnamen zijn met behulp van het programma Turboveg (Associa) geïdentificeerd en op naam van de best passende plantengemeenschap gebracht. De vegetatieopnamen zijn opgenomen in een vegetatietabel in bijlage 2. In de schraallandjes zijn meerdere PQ's aanwezig, die in ieder geval in de periode 1993-2017 elke 2-4 jaar zijn opgenomen. Er zijn in totaal 71 opnamen gemaakt verdeeld over 8 PQ's. De PQ-locaties zijn afgebeeld op Figuur 30.

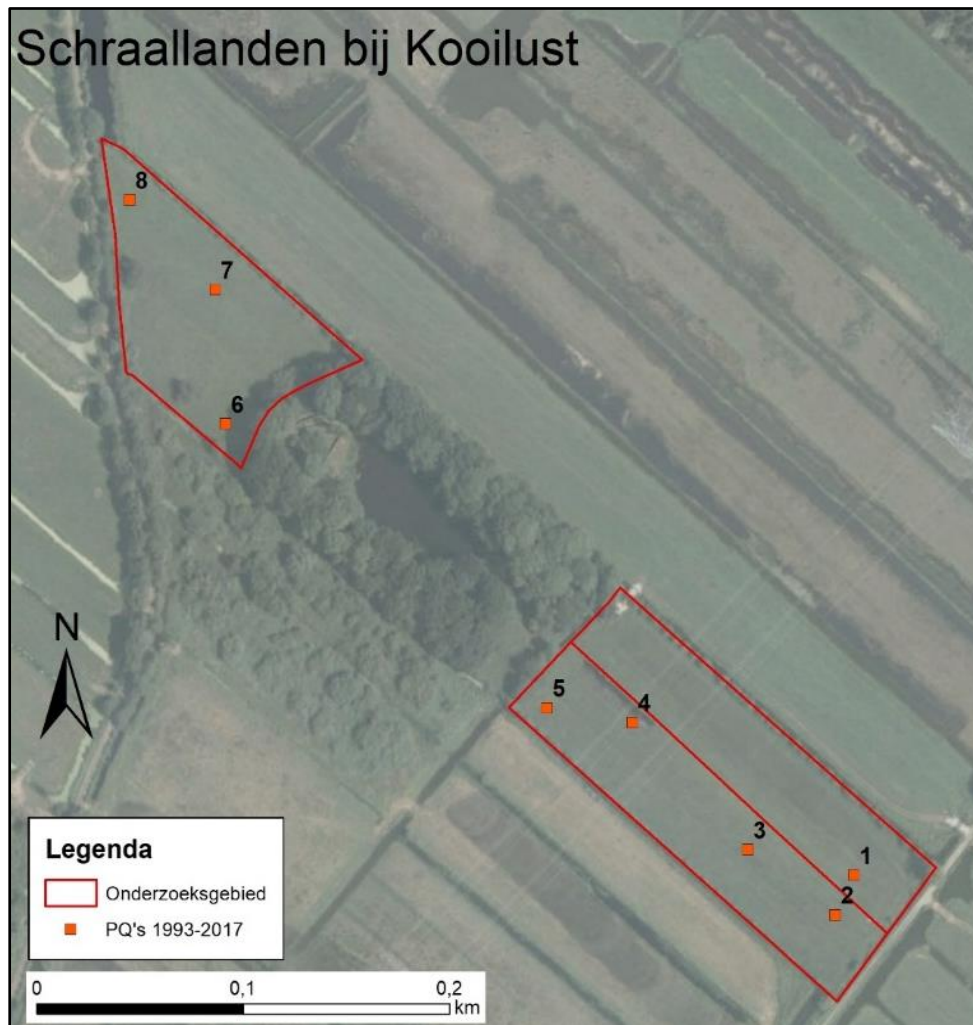
Huidige vegetatie

De vegetatie in het zuidoostelijk deel geeft een ander beeld dan het noordwestelijk deel. In het noordwestelijk deel is de vegetatie over het algemeen productiever en iets soortenrijker. In het zuidoostelijk deel heeft de vegetatie zo'n lage productie van biomassa dat enkele overstaande stroken (die een jaar niet gemaaid zijn) zich nauwelijks onderscheiden van de overige vegetatie. Opvallend is dat Klokjesgentiaan in beide delen veelvuldig voorkomt.

Zuidoostelijk deel

De vegetatie in het zuidoostelijk deel is grofweg in te delen in drie categorieën. (1) Het grootste deel kan omschreven worden als een soortenarme schraallandvegetatie. Pijpenstrootje, Blauwe zegge, Tormetil, Veenpluis en Klokjesgentiaan vormen hier het vegetatiebeeld (Figuur 32). (2) Rondom de middensloot komt een oevervegetatie voor met veel Pluimzegge en Moerasspirea (Figuur 31). Hier komen ook Echte koekoeksbloem en zelfs

Kleine valeriaan voor. Op de overgang naar schraalland zijn Spaanse ruiter, Grote ratelaar en Kale Jonker aanwezig. (3) Op het ruggetje in het zuidelijk perceel is de productie iets hoger dan het overige schraalland en komen Spaanse ruiter en Biezenknoppen voor.



Figuur 30 De PQ's in de schraallanden bij Kooilust.

Noordwestelijk deel

In het noordwestelijk deel komen grofweg twee verschillende vegetatietypen voor (Figuur 33). (1) In het noorden lijkt de vegetatie enigszins op het zuidwestelijke schraalland. Nu komen echter ook Knoopkruid en Hondsviooltje vaker voor. Veenpluis is in het hele noordwestelijk deel vrijwel afwezig. (2) In het zuiden en westen is een stuk meer productiviteit en zijn Gewone margriet, Grote ratelaar, Gewoon biggenkruid en Moeraszegge ruimschoots aanwezig.



Figuur 31 De middensloot in het zuidoostelijk deel. Pluimzegge en Echte koekoeksbloem staan op de oever. Op de overgang naar schraalland zijn Grote ratelaar, Spaanse ruiter en Kale jonker te vinden. Datum: 3 juni 2019.



Figuur 32 Het zuidoostelijk deel. Links is te zien is dat Blauwe zegge en Pijpenstrootje een vlekkenpatroon vormen. Op de rechterfoto staat het ruggetje met Biezenknoppen en Spaanse ruiter. Datum: 3 juni 2019.



Figuur 33 Het noordwestelijk deel is plaatselijk voedselrijker (opname 5 en 7). Op dergelijke plekken komen Grote ratelaar, Gewone margriet en Gewoon biggenkruid voor (links). De rest van de vegetatie lijkt veel op het zuidoostelijke schraalland (rechts, opname 6). Datum: 3 juni 2019.

Bepaling associaties

De vegetatie is voor drie van de zes (oeveropname niet meegerekend) opnamen geclassificeerd als heischraal grasland: de associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras (19Aa02). De 2^e opname houdt het midden tussen blauwgrasland en heischraal grasland en is gelegen op het ruggetje in het zuidelijk deel. Door de aanwezigheid van Spaanse ruiter, Blauwe zegge, Biezenknoppen en Kale jonker oogt de vegetatie hier enigszins als een blauwgrasland. De abiotische omstandigheden lijken hier echter veel sterker op heischraal grasland; het terrein is te zuur, te droog en te voedselarm voor blauwgrasland (zie vergelijk bijlage 2.3). Opname 5 en 7 vertonen wel enige gelijkenis met de abiotische omstandigheden van blauwgrasland, maar zijn te droog. Alle vegetaties in de opnamen zijn matig tot slecht ontwikkeld. Met name door het ontbreken van de kensoorten van blauwgrasland (o.a. Blonde zegge en Vlozegge) of van de associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras (Heidekartelblad, Gevlekte orchis en Liggende vleugeltjesbloem).

Opname nr.	Associatie	Naam Associatie
1	r19Aa02	Ass. van klokjesgentiaan en borstelgras
2	r16Aa01a en r19Aa02	Blauwgrasland, subass. met Borstelgras en Ass. van klokjesgentiaan en borstelgras
3	r09Aa03	Ass. van Moerasstruisgras en Zompzegge
4	r19Aa02	Ass. van klokjesgentiaan en borstelgras
5	r16Aa01a	Blauwgrasland, subass. met Borstelgras
6	r19Aa02	Ass. van klokjesgentiaan en borstelgras
7	r16RG01	RG Blauwe knoop en Blauwe zegge

Tabel 9 De associaties behorend bij de vegetatieopnamen. Oranje = matig ontwikkeld, rood = slecht ontwikkeld.

Ontwikkeling 1993-2017

Vegetatie

De schraallandjes vertonen sinds 1993 weinig verandering in soortensamenstelling. Op het ruggetje in het zuidoostelijk deel kwamen in 2002 en 2010 wel nog Blonde zegge en Vlozegge voor (kensoorten blauwgrasland). In 2010 hadden beide soorten een bedekking van minder dan 5%, terwijl in 2002 de bedekking nog meer dan 25% was (Zuid-Hollands Landschap, 2012). Sindsdien zijn beide soorten waarschijnlijk uit het terrein verdwenen. Blonde zegge en Vlozegge zijn soorten die minder bestand zijn tegen verzuring en voedselschaarste dan Blauwe zegge en Pijpenstrootje, die beide nog volop aanwezig zijn. In 2010 is het noordwestelijk perceel voorzien van een laagje slootbagger. Hierdoor zijn de voedselrijkdom, zuurgraad en het vochtgetal toegenomen. De vegetatie werd een stuk productiever, maar vestiging van nieuwe soorten bleef uit (G. Dekker, persoonlijke communicatie, 30 mei 2019).

De plantengemeenschappen in de PQ's behoren aan het begin van de periode 1993-2017 overwegend tot blauwgrasland. In de loop van en aan het eind deze periode kunnen de plantengemeenschappen het beste bij het heischrale grasland (19Aa02) ingedeeld worden. De rompgemeenschap Kussentjesmos (16RG30) en de rompgemeenschap Pijpenstrootje (09RG02) vertonen soms ook enige gelijkenis met de vegetatie (bijlage 2.4).

Standplaatsfactoren

In de Ellenbergwaarden van de PQ's is - net als in de soortensamenstelling - weinig verandering te bemerken (bijlage 2.2). De meest opvallende PQ's 1, 4 en 8 zijn weergegeven in Figuur 34. In PQ 1 is het vochtgetal sinds 1993 licht aan het dalen (verdroging). PQ 4 is rond 2014 kleinschalig geplagd en heeft daardoor duidelijk veranderingen ondergaan in alle abiotische omstandigheden. Door het afgraven van de zure, voedselarme toplaag is dit deel dicht bij het grondwater komen te liggen. In PQ 8 is in 2010 een toename van alle standplaatsfactoren terug te zien, als reactie op het aanbrengen van een laagje slootbagger. In de overige PQ's zijn geen duidelijke trends of veranderingen op te merken. De zuurgraad en vocht- en voedingstoestand zijn dus waarschijnlijk al lange tijd weinig veranderd.

De vochttoestand ligt grotendeels tussen de waarden 6 en 7 en indiceert daarmee een vochtige bodem. De zuurgraad ligt grotendeels rond of iets onder de 3, wat wijst op een zure bodem. Uitzondering hierop vormen PQ 6 en 8, daar ligt de zuurgraad rond de 4 wat staat voor een zure tot matig zure bodem. De voedselrijkdom ligt over het algemeen rond de 2 of iets daarboven. De bodems zijn dus allemaal zeer voedselarm tot voedselarm.



Figuur 34 Een selectie van de meest opvallende PQ's van de schraallanden bij Kooilust.

6.6. Beheer

Het beheer is gericht op verschraving van de bodem en bestaat uit het eenmaal jaarlijks maaien en afvoeren van de vegetatie vanaf half juli. In het zuidoostelijk deel wordt elk jaar een strook niet gemaaid ten behoeve van o.a. insecten. Het zuidoostelijk deel is nooit op enige wijze bemest, wat past in het beeld van een voedselarme en zure toestand. Het noordwestelijk deel is iets voedselrijker en minder zure. Dit kan verklaard worden door de aanwezigheid van een hoger aandeel klei en het aanbrengen van een laagje bagger ca. 10 jaar geleden.

6.7. Synthese

De schraallanden bij Kooilust vormen de eerste aankopen van het ZHL omstreeks 1936. De vegetatie werd destijds aangeduid als blauwgrasland. Tegenwoordig dekt het heischrale grasland, de associatie van Klokjesgentiaan en Borstelgras (19Aa02) het grootste gedeelte van de opnamen. De plantengemeenschap is echter matig tot slecht ontwikkeld door het ontbreken van kensoorten en is meestal soortenarm. Uit de PQ's is af te leiden dat de kensoorten in de afgelopen 25 jaar niet in het terrein aanwezig zijn geweest. Soorten van het blauwgrasland (e.g. Biezenknoppen, Spaanse ruiter, Sterzegge) komen nog wel voor op de iets aangerijkte delen, zoals gedempte greppels en slootkanten. Het recente verdwijnen van Vlozegge en Blonde zegge uit deze delen is veelzeggend. Deze soorten gedijen het beste bij zwakzure, voedselarme (niet zéér voedselarme) en relatief natte omstandigheden. De huidige vegetatie indiceert hier een achteruitgang op alle milieuomstandigheden. Het terrein is te droog, te voedselarm en te zuur voor de ideale omstandigheden van blauwgrasland. Een vergelijk in SynBioSys tussen 19Aa02 en de opnamen geeft aan dat de vegetatie zich wel in de juiste (abiotische) ranges van 19Aa02 bevindt (bijlage 2.1). Maar een blik op de vegetatiesamenstelling laat duidelijk zien dat de vegetatie verre van optimaal ontwikkeld is. Een vergelijk met het referentiekader van N10.01 Nat schraalland geeft een ander beeld van de milieuomstandigheden. Ten eerste is de vochttoestand in het terrein te droog. Het zuidoostelijk deel heeft weliswaar een verhoogd peil, maar dit zijn nog steeds geen optimale omstandigheden. Ten tweede is de bodem van het terrein te zuur. De zuurgraad in de bovengrond ligt overwegend tussen 3,9 en 4,5. Hier zijn meerdere oorzaken voor aan te wijzen. De terreinen vormen een regenwater gevoed systeem. Uit de pH-profielen blijkt namelijk dat bijna alle onderzoekslocaties een infiltratieprofiel hebben. Ook verdroging speelt zeer waarschijnlijk een rol, doordat bij dit proces zuren vrijkomen. Daarnaast is de stikstofdepositie in de regio hoog, wat katalyserend werkt voor verzuring. Ten derde zijn de terreinen te voedselarm. Vooral in het zuidoosten is nauwelijks productie van biomassa meer. Het veelvuldig voorkomen van Klokjesgentiaan bevestigt het beeld van zure en voedselarme omstandigheden. Het uitblijven van vestiging van de typische soorten van heischraal grasland zou te wijten kunnen zijn aan de geïsoleerde ligging van de terreinen. Maar de ongunstige milieuomstandigheden zijn een stuk overtuigender en lijken leidend te zijn.

6.8. Verwachte ontwikkelingen bij ongewijzigd beheer

Vochttoestand

De vochttoestand in het terrein is vanuit de PQ's weinig veranderd. Er zijn geen ontwikkelingen die wijzen op verdere verdroging of vernatting van het terrein. De verwachting is dat er geen veranderingen in de vochttoestand zullen optreden.

Zuurgraad

In het terrein is geen sprake van bufferaanvoer. Omdat het gebied onder sterke invloed staat van regenwater, zal verzuring een steeds grotere rol gaan spelen. Verdere verzuring van het terrein zal uiteindelijk leiden tot het verdwijnen van de resterende typische (zwakzure) soorten zoals Spaanse ruiter, Hondsviooltje en Kale Jonker, die zich nu alleen op de iets aangerijkte delen handhaven. Bovendien is de stikstofdepositie waarschijnlijk (veel) te hoog, waardoor de ammoniumconcentratie, als gevolg van de lage pH, verder toe zal nemen en de toxische invloed daarvan ook.

Voedselrijkdom

Verschraling van het terrein heeft geleid tot een geleidelijke afname van de voedselrijkdom. Het zuidoostelijke deel is zeer voedselarm en heeft een bijzonder lage productie van biomassa. Het noordwestelijke deel heeft gedeeltelijk een hogere productie, maar bij verdere verschraling zal het ook deze weg volgen. De terreinen zullen dus nog verder verarmen, waardoor typische soorten nog verder onder druk komen te staan en uiteindelijk zullen verdwijnen.

Vegetatie

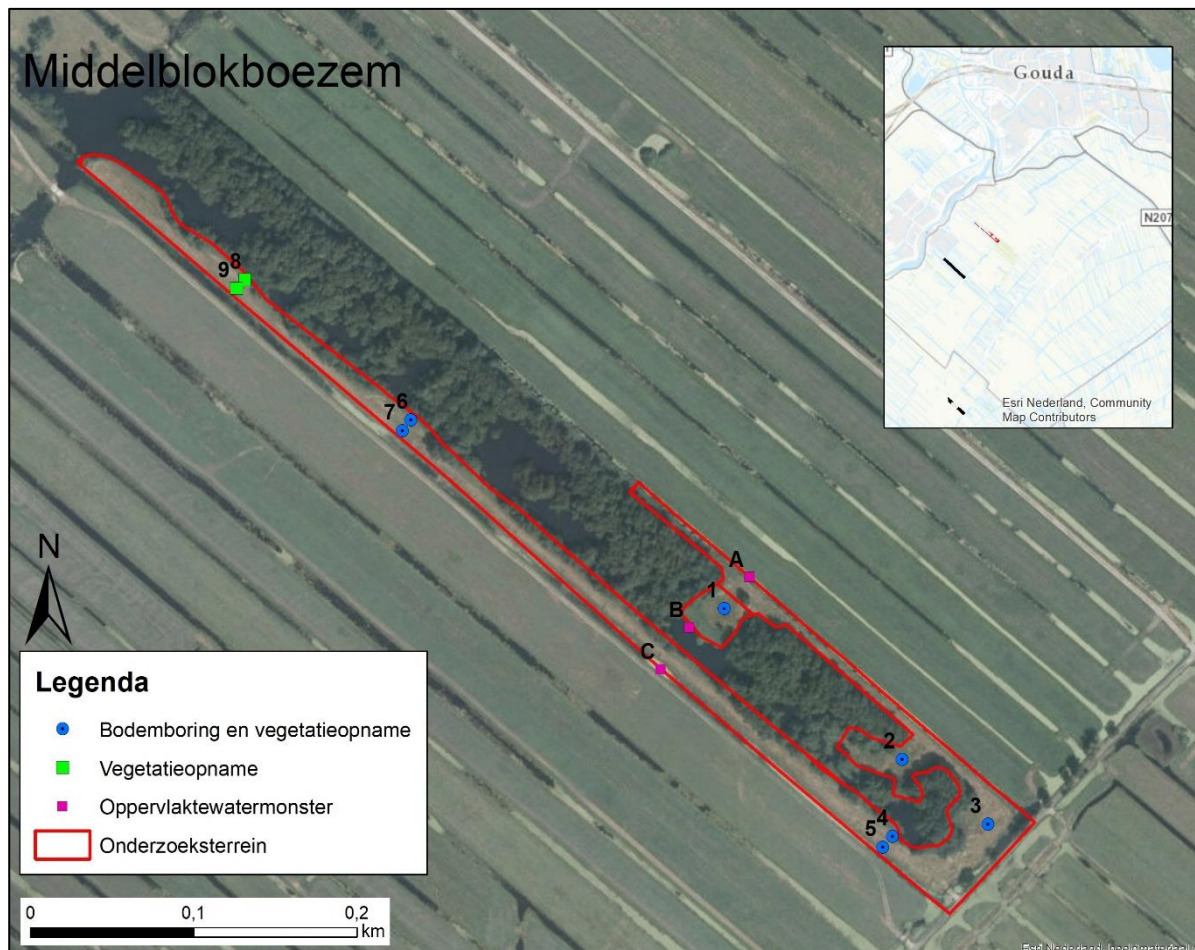
Bij verdere verzuring en verschraling zullen waarschijnlijk (vochtige) heidesoorten hun intrede doen (Ministerie van LNV, 2008). De vegetatie zal echter slecht ontwikkeld blijven door de relatief droge omstandigheden.

7. Lokale systeemanalyse: Middelblokboezem

Om grip te krijgen op het lokale ecohydrologisch functioneren van het schraalland in de Middelblokboezem, is een combinatie van literatuurstudie en veldwerk uitgevoerd. Hierbij is voortgebouwd op de regionale analyse van de Krimpenerwaard uit hoofdstuk 4. Om te bepalen welke processen sturend zijn, zijn meerdere componenten onderzocht. Achtereenvolgens wordt aandacht besteed aan het reliëf, de bodem, de hydrologie en de vegetatie. Ten slotte wordt gekeken hoe het terrein waarschijnlijk ontwikkeld bij ongewijzigd beheer.

7.1. Het onderzoeksterrein

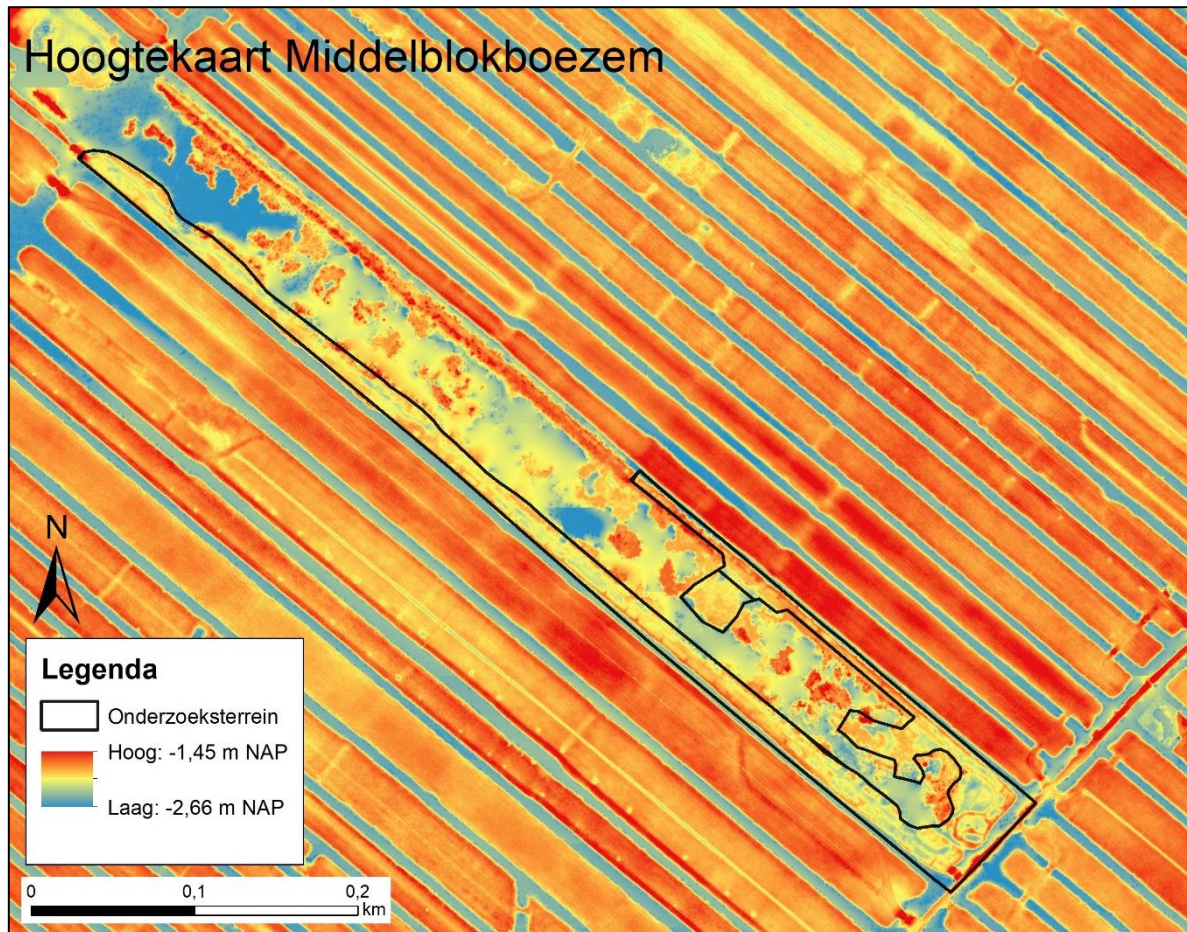
De Middelblokboezem is ruim 6,5 ha groot en omvat de SNL-typen Hoog- en laagveenbos, Zoete plas en Nat schraalland. Het onderzoek richt zich op de circa 1,8 ha van het type Nat schraalland, dat enigszins als U-vorm rondom het type Zoete plas ligt (Figuur 35). Het onderzoeksterrein is in drie delen te onderscheiden: twee schraallandjes in het zuidoosten (locatie 1 & 2), de boezemkop in het zuiden (locatie 3) en de lange kade (locatie 4 t/m 9).



Figuur 35 Het onderzoeksterrein in de Middelblokboezem met onderzoekslocaties.

7.2. Reliëf

Het onderzoeksgebied kent relatief grote hoogteverschillen. De verschillen kunnen op korte afstand van elkaar voorkomen, tot wel 55 cm (Figuur 36). De hoogteverschillen op de boezemkop zijn mogelijk te wijden aan puinstortingen (zie §1.4.1). De lange kade bevat in de lengterichting een hoger en een lagergelegen deel. Dicht bij de buitensloot ligt een kleikade waar het maaiveld een stuk hoger is dan aan de zijde van het oude boezemreservoir.



Figuur 36 Hoogtekaart van de Middelblokboezem (AHN, 2019).

7.3. Bodem

De bodem van het hooilandje in de Stolkwijkse boezem is onderzocht behulp van zeven bodemboringen op de locaties 1 t/m 7. Bij de boringen zijn twee aspecten bepaald: de samenstelling van de bodem het pH-profiel.

Locatie	Samenstelling bovengrond ≤30 cm diepte	Samenstelling bodem 30-50(-70) cm diepte
1 & 2	Kleiig veen	Kleiig veen (met plantenresten)
3	Humeuze klei (met puinresten)	Klei
4	Kleiig veen	Kleiig veen
5	Venige klei	Zware klei
6	Humeuze klei	Humeuze klei
7	Venige tot humeuze klei	Venige tot humeuze klei

Tabel 10 Samenstelling van de bodem op de locaties 1-7.

Bodemsamenstelling

De bodemsamenstelling is schematisch weergegeven in Tabel 10. Op de drogere locaties 3, 5 en 6 is het profiel tot 70 cm diepte in beeld gebracht. Op de overige locaties was bemonstering van de bodem >50 cm diepte niet mogelijk door het slappe karakter. Wat opvalt is dat een voedselrijker en basischer karakter verband lijkt te houden met een hoger aandeel klei.



Figuur 37 Boringen op locatie 2 (links) en 3 (rechts). Datum: 21 juni 2019

pH-profielen

Alle boringen zijn bemonsterd door de zuurgraad te meten op 5, 10, 15, 25, 35, 55 en 70 cm diepte met behulp van pH-strips. Op de locaties 2, 4 en 6 was bemonstering tot maximaal 55 cm mogelijk door de slappe, onsamenvangende bodem. De resultaten zijn schematisch uitgewerkt in Figuur 38.

De noordoostelijke schraallandjes

Locatie 1 & 2 hebben een zure bovengrond met een pH tussen 3,5 en 4,0. Vanaf 25 cm loopt de pH op tot 5,0 op 70 cm.

De boezemkop

Locatie 3 is duidelijk basischer, hoewel het profiel een grillig verloop heeft. Het profiel start matig zuur (pH 4,8) en loopt op tot neutraal (pH 6,1) op 10 cm. Vervolgens zakt de pH terug naar 5,0 op 55 cm. Op 70 cm is de toestand neutraal.

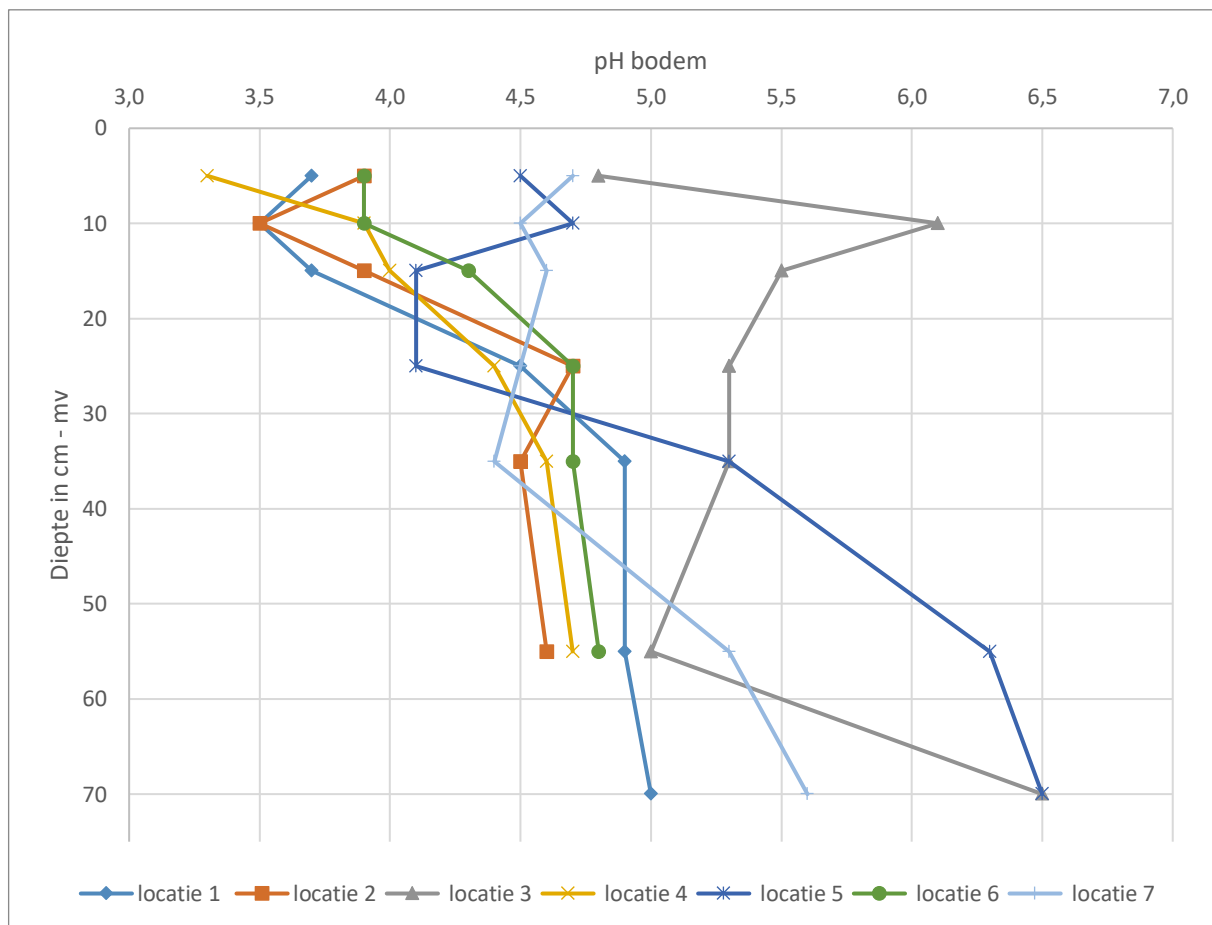
Lange kade

Locatie 4 & 6 liggen ruim 20 cm lager en hebben (zeer) zure bovenste laag (pH 3,3-3,9). De profielen zijn verder naar beneden grotendeels matig zuur. De hoger gelegen locaties 5 & 7 zijn een stuk minder zuur en starten met matig zure bovengrond. Onderin de profielen is de toestand zwak zuur tot neutraal.

Sleutel voor hydrotypen

Volgens de sleutel voor hydrotypen (Figuur 8) hebben de locaties 1, 2, 4 en 6 een infiltratieprofiel. Locatie 3 heeft kwelinvloed in de wortelzone. De locaties 5 en 7 hebben een diepe regenwaterlens, maar kwelinvloed is aanwezig. Kwel zou op basis van deze sleutel

aanwezig kunnen zijn. Het is echter de vraag of de buffering ook vanuit het oppervlaktewater zou kunnen optreden, of dat het bufferend vermogen uit de kleideeltjes van de bodem afkomstig is.



Figuur 38 pH-profielen van de Middelblokbuezem

7.4. Lokale hydrologie

Waterpeil

De Middelblokbuezem maakt onderdeel uit van het peilgebied Polder Middelblok. Het peil is ingesteld op een flexibel peil tussen -2,53 en -2,48 m NAP (HHSK, 2019). Het peil in de Polder Middelblok wordt waarschijnlijk binnen enkele jaren verhoogd om NNN-doelen te halen en funderingen van dichtbijgelegen bebouwing te beschermen. In het nat schraalland van de Middelblokbuezem varieert de maaiveldhoogte ongeveer van -2,43 m tot -1,90 NAP. Het grondwater komt daarmee in het uiterste geval respectievelijk 5 tot 63 cm beneden het maaiveld te staan. De bodemdaling in Polder Middelblok is de sterkste van de hele Krimpenerwaard, gemiddeld 9 mm/jaar. De oorzaak hiervan ligt in het wegzijgingproces, waardoor de kans op verdroging en oxidatie hier het hoogst is. Door de komende peilverhoging zal de bodemdaling in ieder geval vertraagd worden (Holshof et al., 2011). Gedeelten van de Middelblokbuezem, zoals de boezemkade en de boezemkop, bestaan deels of geheel uit klei. Hier is de inklinking een stuk zwakker, waardoor er waarschijnlijk nóg grotere hoogteverschillen in de boezem zullen ontstaan (Osorio, 2011).

Oppervlaktewaterkwaliteit

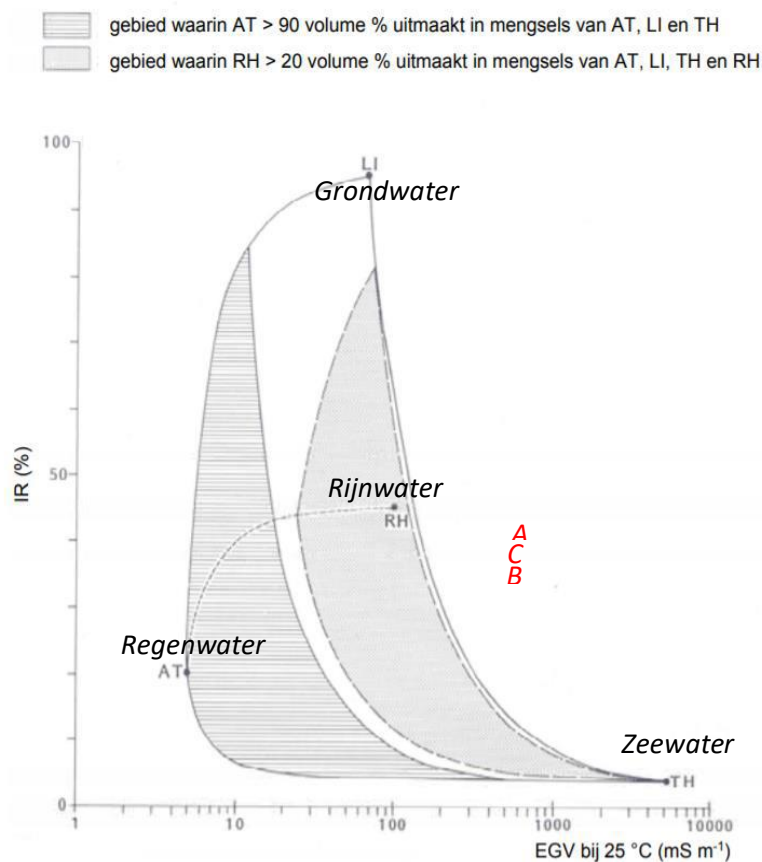
Op de locaties A, B en C zijn watermonsters genomen. De resultaten zijn opgenomen in Tabel 11. De locaties A en C zijn beide buitensloten. Locatie B ligt in de doodlopende binnensloot gelegen in het midden van de Middelblokbuezem. De binnensloot staat in het noordwesten in verbinding met andere sloten. Alle watermonsters hebben een agrarisch karakter; de

concentraties calcium en chloride en de EGV en PH zijn relatief hoog. Hoewel de binnensloot doodlopend is en lagere concentraties te verwachten zijn, zijn de gevonden waarden vergelijkbaar met de buitensloten. De locaties A en B zijn met een fosfaatgehalte van 0,30 mg/l voedselrijk, maar niet extreem voedselrijk. Locatie C is matig voedselrijk.

De metingen zijn opgenomen in De Driehoek van Van Wirdum in Figuur 39. Hieruit blijkt dat de punten bij geen enkele referentie in de buurt komen, maar het dichtst bij de referentie Rijnwater (RH) liggen. Het water bevat daarom waarschijnlijk verhoogde concentraties verontreinigende, vermestende en basische stoffen. De resultaten van de analyse zijn opgenomen in Tabel 11.

Middelblokboezem	Buitensloot noord (A)	Binnensloot (B)	Buitensloot zuid (C)
calcium (mg/l)	84	76	78
chloride (mg/l)	62	74	63
fosfaat (PO ₄) (mg/l)	0,3	0,3	0,18
fosfor (P) (mg/l)	0,095	0,095	0,06
bicarbonaat (mmol/l)	34	34	32
pH	6,5	6,5	6,5
EGV (mS/cm)	620	614	616
Ionenratio	0,40	0,34	0,38

Tabel 11 Resultaten van de watermonsters uit de binnen- en buitensloten van de Middelblokboezem.



Figuur 39 De driehoek van Van Wirdum met daarin de resultaten van de watermonsters.

7.5. Vegetatie

Huidige vegetatie

In de Middelblokboezem is de vegetatie te onderscheiden in drie delen. De beide schraallandjes in het noordoosten (1), de boezemkop (2) en de lange kade (3). De vegetaties variëren van voedselarm en zuur tot matig voedselrijk en zwak zuur. In de schraallandjes zijn meerdere PQ's aanwezig, die in ieder geval in de periode 1993-2017 elke 2-4 jaar zijn opgenomen (Figuur 40). Er zijn in totaal 71 opnamen gemaakt verdeeld over 8 PQ's.



Figuur 40 PQ's in de Middelblokboezem

Noordoostelijke schraallandjes

De locaties 1 en 2 vallen onder het verlande of drooggevalle boezemreservoir. Hier wordt het vegetatiebeeld voornamelijk bepaald door schraallandvegetaties met Pijpenstrootje, Gewoon reukgras, Blauwe zegge en Tormentil (Figuur 41). Deze soorten indiceren een zuur en voedselarm milieu. In mindere mate (niet in de opname) komen ook Tandjesgras, Veelbloemige veldbies, Zwarte zegge en Sterzegge voor (Kerkhof, 2011). Dit zou kunnen duiden op stagnatie van regenwater. De vegetaties zijn verder soortenarm en weinig productief. Op de lagere, vochtige delen kunnen veenmossen en paddenrus domineren. Nabij de binnen- en buitensloten is riet aanwezig.



Figuur 41 Het schraallandje op locatie 1. De binnensloot is gelegen aan de rechterkant.
Datum: 12 juni 2019

Boezemkop

De vegetatie op de boezemkop is soortenrijk, grazig en zeer productief (Figuur 42). Vooral op de drogere delen kan de vegetatie hoger dan een meter opschieten. Het vegetatiebeeld wordt bepaald door een grassenmix van Gestreepte witbol, Engels raaigras, Rood Zwenkgras, Zachte dravik, Kamgras en Grote vossenstaart. In de kruidlaag zijn Gewone hoornbloem, Moerasrolklaver, Kale jonker en Scherpe boterbloem belangrijke vertegenwoordigers. Op de vochtige delen komen egelboterbloem, Moerasviooltje en sporadisch Holpijp voor.



Figuur 42 De vegetatie op de boezemkop is productief en bevat veel hoog opschietende grassen.

Lange kade

De vegetatie onderscheidt zich duidelijk tussen een hoger- en lagergelegen deel. De hooggelegen vegetatie heeft veel weg van de vegetatie van de boezemkop; ze is ruig en grazig. Zij is echter niet altijd even soortenrijk. Gestreepte witbol, Moerasstruisgras, Gewoon reukgras Kamgras en plaatselijk Engels raaigras vertegenwoordigen de grassen. De kruidlaag wordt meestal samengesteld door Gewone hoornbloem, Moeras- en Gewone rolklaver, Smalle weegbree en in mindere mate door Grote ratelaar en Kale jonker. Gewone dotterbloem komt sporadisch voor. Echte koekoeksbloem komt massaal voor aan de slootkant. Exemplaren van de Rietorchis/Brede orchis komen verspreid over de kade voor (ca. 255 stuks in 2019), maar zij bereikt haar hoogtepunt rond locatie 7.



Figuur 43 De hooggelegen kade (links) met Kale Jonker en Grote ratelaar en het lagergelegen deel (rechts) met Pijpenstrootje en Veenmossen.

De lagergelegen delen doen veelal een stuk zuurder en voedselarmmer aan. Op locatie 4 komen soorten van het veenmosrietland voor: Gewoon veenmos, Waternaardbei, Moerasstruisgras, Gewone waternavel, Ronde zonnedaauw en Moerasviooltje. De overige delen (locatie 6 en 8) zijn soortenarme vegetaties, waar Pijpenstrootje de belangrijkste bedekker is. Andere soorten die aldaar voorkomen zijn Gewoon veenmos, Moerasviooltje, Moerasstruisgras, Gewoon reukgras en Paddenrus.



Figuur 44 Moerasviooltje, Paddenrus en een ondergroei van veenmossen op locatie 4 (links). Op locatie 7 (rechts) is een vegetatie met uitgebloeide Rietorchis/Brede orchis, Kamgras en Grote ratelaar te zien.

Bepaling associaties

De noordoostelijke schraallandjes op locatie 1 en 2 omvatten fragmentair, slecht ontwikkeld blauwgrasland, waarin alle kensoorten ontbreken. De vegetatieopnamen zijn te droog voor blauwgrasland (zie voor vergelijk bijlage 3.1). De vegetatie van locatie 3 op de boezemkop past het beste bij een goed ontwikkelde 16RG07 (Rompgemeenschap Gestreepte witbol en Echte koekoeksbloem). Deze opname komt overigens ook in de buurt van een Kamgrasweide, maar de opname is wat vochtig hiervoor. De laaggelegen delen van de lange kade (locaties 4, 6 en 8) passen het beste bij Veenmosrietland, Rompgemeenschap Pijpenstrootje of de Rompgemeenschap Gewoon haarmos. Deze delen zijn slecht ontwikkeld door het ontbreken van alle kensoorten. De hooggelegen kade (locaties 5, 7 en 9) kunnen het best getypeerd worden als Dotterbloemhooiland (16AB03b) of Kamgrasweide (16BC01b). De vegetatie houdt vaak het midden tussen de twee genoemde associaties.

Locatie	Associatie	Naam associatie
1	r16RG01	RG Blauwe knoop en Blauwe zegge
2	r16Aa01a	Blauwgrasland, subass. met Borstelgras
3	r16RG07	RG Gestreepte witbol en Echte koekoeksbloem
4	r09RG02	RG Pijpenstrootje
5	r16Ab03b	Ass. van boterbloemen en waterkruiskruid, subass. met Blauwe zegge
6	r09RG03	RG Gewoon haarmos
7	r16Bc01b	Kamgrasweide, subass. met Moerasrolklaver
8	r09RG02	RG Pijpenstrootje
9	r16Bc01b	Kamgrasweide, subass. met Moerasrolklaver

Tabel 12 Bepaling van de associaties die bij de vegetatieopnamen horen. Groen = goed ontwikkeld, oranje = matig ontwikkeld en rood = slecht ontwikkeld.

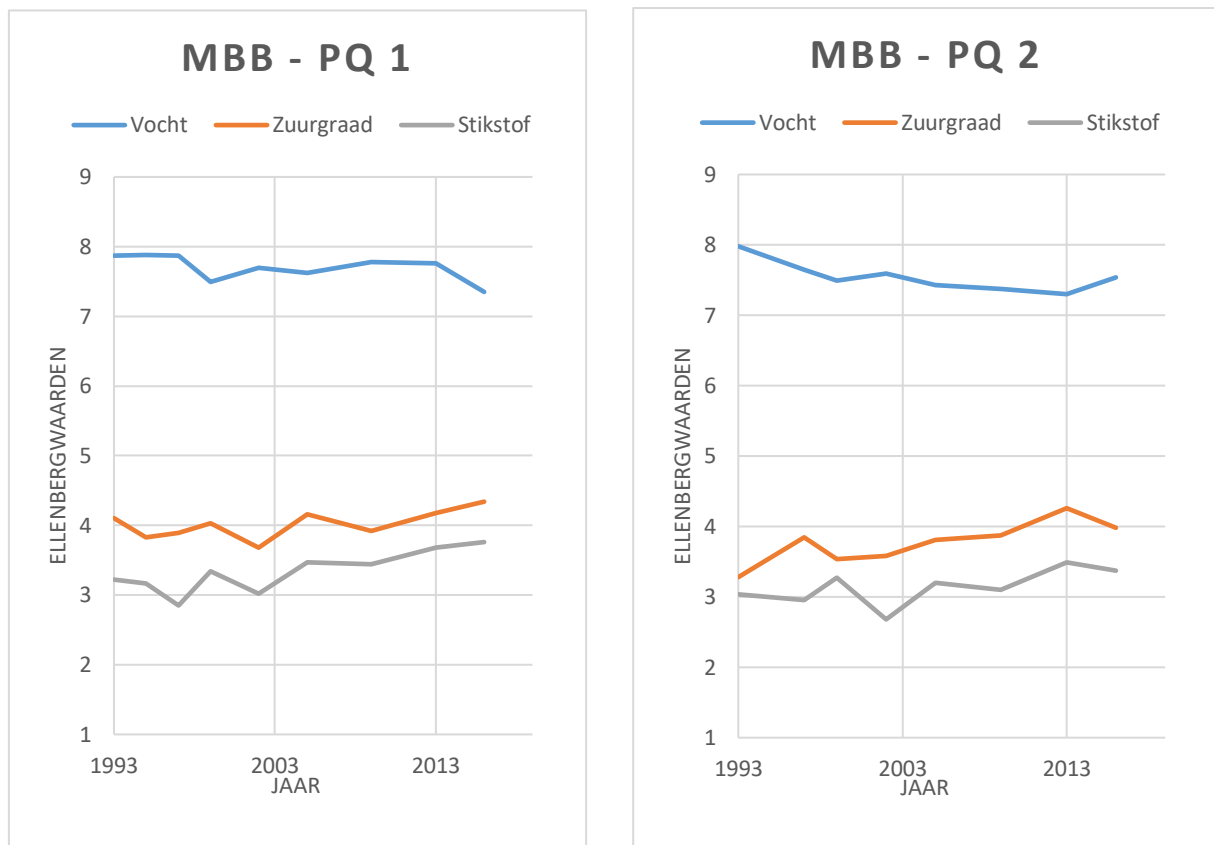
Ontwikkeling 1993-2017

Vegetatie

De vegetatie is niet veel in samenstelling veranderd in de periode 1993-2017. De meeste veranderingen hebben plaatsgevonden op de lange kade. Kleine valeriaan is daar in de periode 2005-2010 verdwenen. In dezelfde tijd is Trosdravik verschenen en zijn Moerasviooltje, Blauwe zegge, Tandjesgras, Sterzegge, Veenpluis en ook Tormentil en Gewoon veenmos toegenomen. Dit wijst op een afname van voedingsstoffen en een beweging richting een schraler en zuurder vegetatietype (Kerkhof, 2011). Dit suggereert ook de ontwikkeling van de associatie van moerasstruisgras en zompzegge (09Aa3), een kleine zeggevegetatie die onder nat schraalland valt. Deze trends zijn niet terug te zien in de Ellenbergwaarden van de PQ's. De PQ's beslaan echter maar een klein deel van het terrein en het is goed mogelijk dat de ontwikkelingen plaatselijk verschillen. Er is opvallend weinig ontwikkeling in plantengemeenschappen door de jaren heen. De vegetaties in de PQ's worden meestal gerekend tot de Rompgemeenschap Gewoon haarmos (09RG03) een indicator van chronisch verdrogende omstandigheden.

Standplaatsfactoren

De Ellenbergwaarden in de PQ's hebben weinig veranderingen ondergaan. De enige verschuivingen hebben plaatsgevonden in PQ's 1 en 2. In PQ 1 is een lichte toename van het stikstofgetal op te merken. PQ 2 laat een lichte toename van het stikstofgetal en de zuurgraad zien. Tegelijkertijd is in dit PQ het vochtgetal om laag gegaan. Deze ontwikkelingen duiden op een lichte (lokale) toename van de voedselrijkdom en zuurgraad en een droger wordend milieu. De bodems zijn op basis van de Ellenbergwaarden over het algemeen zuur tot zwak zuur, voedselarm en vochtig tot nat. PQ 3 is de laatste jaren natter geworden en indiceert nu waterplanten (oeveropname) en een rijker en basischer milieu.



Figuur 45 De Ellenbergwaarden van PQ 1 en 2 in de Middelblokboezem.

7.6. Beheer

Het beheer van de Middelblokboezem is gericht behoud van de botanische waarden. Hiertoe wordt jaarlijks gemaaid en het maaisel wordt afgevoerd. De graslanden mogen nabeweide worden van 1 juli tot in april met 3 GVE/ha. Buiten deze periode is maximaal 1,5 GVE/ha toegestaan. In de praktijk komt de begrazing neer op nabeweiding met 3 koeien vanaf augustus. Bemesting met ruige mest of een kalkgift is toegestaan wanneer dit voor het beheer noodzakelijk is (Zuid-Hollands Landschap, 2004). In de praktijk is dit echter nog niet voorgekomen.

7.7. Synthese

In de Middelblokboezem loopt de vegetatie meer uiteen dan in de Stolwijkse Boezem en de schraallanden bij Kooilust. De oorzaak hiervoor lijkt te liggen in de relatief grote hoogteverschillen (ca. 55 cm). De hogere, kleiige delen zijn duidelijk meer gebufferd, meestal met een matig zure bovenlaag. In de lagere, venige delen is de toestand in de bovenlaag (zeer) zuur (pH 3,3 – 3,9). De zuurgraad is overwegend te laag volgens het referentiekader van nat schraalland. Het verschil in zuurgraad is waarschijnlijk tweeledig. De klei heeft vermoedelijk een hogere buffercapaciteit dan het (kalkloze) veen. Daarnaast vindt er verzuring plaats in de lagere delen, doordat regenwater zich daar verzamelt, regenwaterlenzen op het maaiveld vormt en zich in de bovenlaag concentreert. Dat stimuleert de ontwikkeling van veenmossen, die het milieu nog verder verzuren. Daar waar de bodems relatief droog zijn, maar voornamelijk uit veen bestaat, is de toestand ook zuur. Waarschijnlijk door verdroging en depositie van stikstof. De vegetatie versterkt het beeld van de gevonden resultaten. Op de lagere delen komen zure, slecht ontwikkelde veenmosrietlanden, blauwgraslandfragmenten en daar aan verbonden rompgemeenschappen voor. Op de hogere delen laat de vegetatie zich zien als ruige (iets meer gebufferde) kamgrasweides of dotterbloemhooilanden. De laatste twee genoemde typen kunnen niet ingedeeld worden bij nat schraalland, maar eerder bij het voedselrijkere Natuurtype N10.02

Vochtig hooiland. Echter, uit dit referentiekader blijkt dat de vegetaties dan nog steeds in te zure en te droge omstandigheden verkeren (bijlage 6). Ook de andere voorkomende plantengemeenschappen kunnen niet ingedeeld worden bij nat schraalland, met uitzondering van een slecht ontwikkeld blauwgraslandfragment op locatie 2. De vochttoestand is het terrein is veelal te droog, hoewel het peil recent verhoogd is. Door de grote hoogteverschillen blijft het lastig een ideaal peil te realiseren.

7.8. Verwachte ontwikkelingen bij ongewijzigd beheer

Vochttoestand

Op basis van de PQ's is geen ontwikkeling richting een natter of droger type te verwachten. Het peil in de Polder Middelblok is wel recent verhoogd, maar de gevolgen van de verhoging zijn waarschijnlijk nog niet zichtbaar in de vegetatie. Het verhoogde peil is een gunstige ontwikkeling voor de vegetatie. Wanneer uitsluitend het peil verhoogd wordt en constant blijft, is een ontwikkeling richting veenmosrietland of moerasheide vermoedelijk aanstaande. Sterk zure omstandigheden kunnen echter wel zorgen dat de standplaatscondities niet optimaal zijn voor dergelijke vegetaties. Tevens is de relatief hoge stikstofdepositie in de Krimpenerwaard problematisch voor beide vegetaties (Beltman, et al., 2015).

Zuurgraad

Wanneer het buffercomplex niet hersteld wordt zal, ondanks de peilverhoging, de verzuring doorzetten. Mede omdat neerslagwater, wat de belangrijkste wateraanvoer blijft, nauwelijks bufferstoffen bevat. Het nieuwe peil is dan vooral een vertraging van de bodemdaling. De verzuring zal het waarschijnlijk het sterkste optreden in de lage, reeds verzuurde delen. Hier verzamelt het zuur neerslagwater zich op of vlak onder het maaiveld. Maar ook de drogere delen zullen verder verzuren door mineralisatie van veen en afwezigheid van buffercapaciteit.

Voedselrijkdom

Het systeem kent geen aanvoer van voedingsstoffen, behalve depositie van stikstof. Wel kan er binnen het systeem verplaatsing van nutriënten plaatsvinden, als gevolg van bemesting door begrazing. De veronderstelling is dat het vee zich met name op de voedselrijkere plekken zal concentreren, en de bemesting bijgevolg ook. Het systeem zal door de afvoer van maaisel verder verschaald worden. Het zal nog wel enige tijd duren voordat dit zichtbaar wordt in de hogere delen. De lagere delen zijn al voedselarm en zullen een zeer voedselarme toestand tegemoet gaan.

Vegetatie

Op de hogere delen bestaat de vegetatie grotendeels uit een grassenmix met onder meer Kamgras, Gestreepte witbol en Engels raaigras. Het is te verwachten dat de rijkere grassen door verschraling af zullen nemen en plaatsmaken voor meer kruidenrijkdom, wat gunstig is voor dotterbloemhooilandsoorten (Bouwman et al., 2014). Echter, op de lange termijn kunnen de omstandigheden ook hier te zuur en voedselarm worden. In de lagere delen zijn de meeste waardevolle en typische soorten zoals Blonde zegge en Spaanse ruit al verdwenen. Verdere verschraling zal hier leiden tot een nog eenzijdiger vegetatiebeeld met Pijpenstrootje, Tormantil, Veenpluis en Gewoon reukgras in de hoofdrol. Afhankelijk van de lokale vochttoestand kunnen veenmossen of haarmossen gaan domineren.

8. Conclusie

In dit onderzoek is door middel van een ESA onderzocht welke knelpunten ten grondslag liggen aan de verdwijning van typische soorten in de natte schraallanden van de Stolwijkse Boezem, Middelblokboezem en de schraallanden bij Kooilust. Hierbij is gefocust op het ecohydrologisch functioneren van het systeem. Alhoewel de onderzoeksgebieden alle een unieke ligging, bodemsamenstelling en vegetatie vertegenwoordigen, zijn de knelpunten zeer vergelijkbaar. Een combinatie van verzuring, verschraling en te droge toestanden worden verantwoordelijk gehouden voor de achteruitgang en verdwijning van typische soorten in de natte schraallanden (Tabel 13).

Onderzoeksterrein	Zuurgraad	Vochttoestand	Voedingstoestand
Stolwijkse Boezem	XX	XX	X
Middelblokboezem hooggelegen	V/X	XX	V
Middelblokboezem laaggelegen	XX	V/X	X
Schraalland bij Kooilust noordwest	XX	XX	X
Schraalland bij Kooilust zuidoost	XX	X	X

Tabel 13 Totaaloverzicht van de toestand in de onderzoeksgebieden, ten opzichte van de milieueisen van N10.01 Nat schraalland. V = optimaal, X = suboptimaal en XX = onvoldoende.

Door lage waterstanden en het wegvallen van inundatie zijn de standplaatscondities van typische schraallandsoorten geleidelijk verslechterd. Veel soorten zijn verdwenen of staan op het punt van uitsterven. De veranderingen betreffen overwegend verschuivingen van een zwakzuur en (matig) voedselarm naar een zuur en (zeer) voedselarm milieu. De verzuring wordt veroorzaakt door een aanvoer van zuur neerslagwater en tegelijkertijd de afwezigheid van buffercapaciteit en bufferaanvoer. Alle terreinen vormen daarmee een regenwater gevoed systeem. Tevens speelt stikstof door een hoge depositie vermoedelijk een grote rol in de verzuring en mogelijk in ammoniumtoxiciteit. De bodems zijn ook sterk verarmd. Door ruim 80 jaar verschraling zijn de voedingsstoffen, waarschijnlijk vooral fosfaat, grotendeels uit het systeem afgevoerd. Alhoewel er plaatselijk sprake is van een licht verhoogd peil staan de meeste terreinen al circa 20-25 jaar chronisch te droog. Deze ontwikkelingen samen hebben geresulteerd in het ontstaan van meestal slecht ontwikkelde vegetaties.

Bij ongewijzigd beheer zullen de omstandigheden voor de typisch schraallandvegetaties in alle onderzoeksgebieden verslechteren. Er worden geen veranderingen verwacht in de vochttoestand. Door de afwezigheid van basen zal de zuurgraad verder dalen. Ook zullen de terreinen door de afvoer van maaisel voedselarmer worden. Deze ontwikkelingen zullen leiden tot het verdwijnen van typische soorten uit de schraallanden.

Voor optimale milieuomstandigheden moet de waterstand in het voorjaar tussen -5 en +20 cm ten opzichte van het maaiveld reiken. De zuurgraad dient minimaal pH 5 te zijn en de voedingstoestand moet matig voedselarm tot matig voedselrijk zijn.

9. Discussie

Reflectie ten aanzien van de resultaten en methodiek

Een ecohydrologische systeemanalyse was een praktische aanvliegroute om de natuurgebieden te onderzoeken. In de praktijk bleken sommige belangrijke componenten echter lastig te onderzoeken.

Allereerst was het ammonium-veldkitje onbruikbaar. Het ontbrak tevens aan onderzoeksmogelijkheden voor ammoniak en nitraat. Daardoor was het niet mogelijk één van de belangrijkste componenten, stikstof, te meten.

Een moeilijk onderdeel bij het in beeld brengen van de vegetatie zijn mossen. Met name veenmosses kunnen niet altijd in het veld op naam gebracht worden. Omdat determinatie tijdrovend is, is ervoor gekozen om bij twijfel mossen bij een hoger taxon in te delen. Het is daardoor mogelijk dat de resultaten minder scherp in beeld zijn gebracht.

Enkele kanttekeningen kunnen geplaatst worden bij de resultaten uit de pH-strips. Ze geven weliswaar duidelijk aanwijzingen, maar er moet bedacht worden dat pH-strips enigszins afwijkende metingen kunnen geven. Daarnaast bleek het, door de slappe bodem, soms erg lastig in te schatten hoe diep de grondboor was geweest. De pH-profielen moeten daarom eerder als indicatie dan als absolute meting gezien worden.

Een gebrek zijn de niet uitgevoerde metingen van calcium, chloride, fosfaat en bicarbonaat in de hooilandjes. Deze hebben niet kunnen plaatsvinden door de troebelheid van het grondwater. De relatie oppervlaktewater-grondwater is daardoor niet bewezen, en ook toepassing van de Driehoek van Van Wirdum was hier niet mogelijk. De indicatie van de vegetatie was daarentegen duidelijk en suggereerden weinig tot geen invloed van het oppervlaktewater. Uit een fosfaattest van het grondwater was mogelijk af te leiden of fosfaat de limiterende factor in de voedselrijkdom is.

De ranges voor grondwaterstanden, zuurgraad en voedselrijkdom van N10.01 Nat schraalland bleken zeer praktisch als referentiekader. Het nadeel van dit referentiekader is dat er niet specifiek ingegaan wordt op één plantengemeenschap of zelfs op schraallanden in laagveengebied. Mogelijk zijn de milieueisen van natte schraallanden in laagveengebied of de Krimpenerwaard scherper te formuleren. Het advies kan daardoor redelijk globaal zijn. Met behulp van het programma Waternood is het wel mogelijk op de (hydrologische) milieueisen van een specifieke plantengemeenschap in te gaan (Hennekes & Runhaar, 2014).

Reflectie op duurzaamheid

In dit onderzoek is zoveel mogelijk gefocust op duurzaam systeemherstel. Dat houdt in dat geprobeerd is symptoombestrijding te vermijden en in te zetten op lange termijn oplossingen, die het systeem weer veerkrachtig en robuust maken. Hierbij kan men denken aan het terugbrengen van kwel of natuurlijke inundatie. In de praktijk is dit echter lastig te realiseren. De onderzoeksgebieden zijn gevormd in andere hydrologische omstandigheden (o.a. kwelinvloed, relatief laaggelegen), die niet meer reproduceerbaar zijn. De gebieden zijn allen min of meer ondergeschikt geraakt aan agrarische doelen. Het is daarom onvermijdelijk structureel maatregelen te nemen.

Hoewel dit onderzoek focust op kleine relicten, kan herstel van deze natte schraallanden een belangrijke bijdrage leveren aan schraallandontwikkeling in de regio. In het NNN-inrichtingsplan van de Krimpenerwaard zijn meerdere plannen ontwikkeld om tientallen hectaren nieuw (nat) schraalland te realiseren. De schraallandrelicten kunnen dan dienen als lokale zaadbron.

10. Aanbevelingen

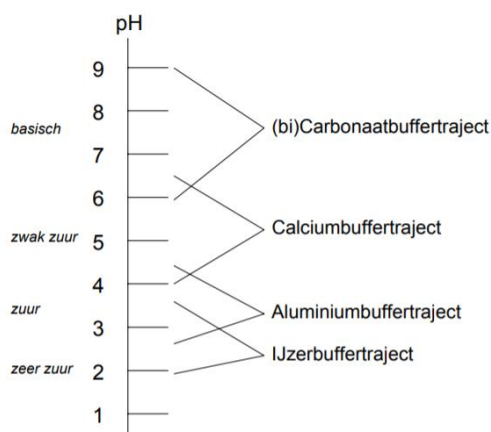
10.1. Aanbevelingen voor beheer en inrichting

Systeemherstel in natte schraallanden is een complexe onderneming. Het uitvoeren van een enkele maatregel volstaat zelden wanneer de knelpunten meerdere oorzaken hebben. In laagveengebieden blijkt herstel vaak extra moeilijk door o.a. verdicht veen en slechte afwatering van de percelen (Schipper & van Tooren, 2007). Bij herstelpogingen zijn de volgende zaken van betekenis. Het is allereerst van belang dat het verzuringsproces gekeerd wordt. Hier speelt het buffercomplex een grote rol. Daarnaast moet de hydrologische toestand hersteld worden. Vaak gaat het hier om het terugbrengen van kwel of een peilverhoging. Ten derde is optimalisatie van de voedingstoestand belangrijk. Dit kan zowel afvoer of aanvoer van voedingsstoffen betekenen. Minder opvallende, maar niet onbelangrijke zaken zijn herstel van de zaadbank en het creëren van kiemplekken. Door aanvullend literatuuronderzoek te doen, zijn meerdere mogelijkheden gevonden voor systeemherstel. Voor alle mogelijkheden geldt: Het verdient de aanbeveling voorafgaand aan grootschalige maatregelen een proef of experiment uit te voeren. Zo kan de beheerder zelf beoordelen wat de verstandigste keuze is, zonder dat er al te veel schade wordt aangericht.

Het is overigens ook mogelijk om het natuurdoel bij te stellen. Bijvoorbeeld door niet nat schraalland als uitgangpunt te nemen, maar een zuurder type zoals veenmosrietland of moerasheide. Hier zijn wel weer specifieke waterstanden en kritische depositiewaarden van stikstof aan gekoppeld. Het is hoe dan ook onmogelijk een kwaliteitsverbetering te realiseren zonder maatregelen te nemen. In de huidige staat zal de kwaliteit van de vegetatie in de studiegebieden overwegend verslechteren. In dit hoofdstuk wordt verder niet ingegaan op de genoemde alternatieven, maar wordt aandacht besteedt aan herstel van nat schraalland.

Herstel van het buffercomplex

De zuurgraad van de bovengrond zal minimaal op pH 4,5 gebracht moeten worden, maar streven naar een pH >5 is wenselijk. Dat houdt in dat er onder meer basische kationen (Ca^{2+} , Mg^{2+} en K^{+}) aan het buffercomplex toegevoegd moeten worden (Figuur 46). Er zijn meerdere mogelijkheden om de basenvoorziening op orde te brengen, met elk voor- en nadelen.



Figuur 46 Belangrijke buffertrajecten in de bodem (Aggenbach, et al., 2009).

Bekalking

Bekalken is een maatregel met een snelle response. Het is relatief eenvoudig toe te passen en de pH kan op korte termijn verhoogd worden. Dit kan echter ook een schokeffect met zich meebrengen, wat bestaat uit een versnelde mineralisatie van organisch materiaal, wat verzuuring tot gevolg kan hebben (van Duinen, et al., 2004). Mogelijk blijft dit effect beperkt wanneer fosfaat de limiterende factor is en/of een langzaam verwerende variant wordt

gebruikt. Daarnaast is kalk waarschijnlijk een systeemvreemde stof in het vrijwel kalkloze veen (Arts et al., 2004). Ook is kalk maar een enkele vertegenwoordiger van het uitgebreide buffercomplex. Bekalken van natte schraallanden in laagveen wordt meestal toegepast in combinatie met plaggen, maar geeft wisselend succes (Jansen et al., 1998).

Inundatie

Overstroming met basenrijk oppervlaktewater kan de zuurgraad relatief snel verhogen. Aandachtspunten hierbij zijn concentratie van verontreiniging en voedingsstoffen in het oppervlaktewater. Waarschijnlijk komt het aanliggende oppervlaktewater hier niet voor in aanmerking. Daarentegen is inundatie historisch gezien wel te verantwoorden. In het laagveengebied overstromden jaarlijks de boezems, maar ook de schraallanden (Kerkhof, 2006). Het is niet duidelijk hoe lang de inundatie moet duren. Beije, et al. (2015) suggereert hier <10 dagen per jaar.

Plaggen

Door te plaggen wordt de zure bovengrond afgegraven en wordt het terrein vaak natter, mits er geen veranderingen in de waterhuishouding optreden. Plaggen wordt echter door Grootjans et al., (2007) en Beije, et al. (2015) afgeraden in ijzerarm veen, omdat de nutriëntenbeschikbaarheid dan te hoog kan oplopen. Volgens Brouwer (2009) is het veen in de schraallanden bij Kooilust tamelijk arm aan ijzer. Mogelijk geldt dit ook voor de andere studiegebieden.

Steenmeel

De toepassing van steenmeel staat nog in de kinderschoenen, maar geeft wel veelbelovende resultaten. Een recent OBN-onderzoek heeft bij een driejarig praktijkonderzoek (weliswaar in heideterrainen) positieve effecten gevonden op bodembuffering (Weijters, et al., 2018). De lange termijneffecten zijn nog niet bekend, maar de mineralenafgift neemt op basis van modelberekeningen 10-15 jaar in beslag. Het voordeel van steenmeel is de grote verscheidenheid in bufferstoffen en langzame verwerking van kationen. Hierdoor wordt het gehele buffercomplex geleidelijk opgeladen en worden schokeffecten voorkomen.

Laagje bagger

Goede kansen liggen bij het aanbrengen van een dun laagje bagger over het perceel. Belangrijk hierbij is de baggersamenstelling. Waarschijnlijk is bagger uit de binnensloten een betere optie, omdat dit vermoedelijk minder vervuild is. Het voordeel van bagger is dat het meestal voorhanden is en dat het naast bufferstoffen ook voedingsstoffen bevat (van Gogh, 2014). Richtlijnen voor de frequentie van bagger aanbrengen zijn er momenteel niet. Het ZHL heeft eerder de maatregel toegepast in het noordwestelijk schraalland bij Kooilust. Hier bleek na het aanbrengen van bagger de productie van biomassa na circa 10 jaar weer af te zakken (G. Dekker, persoonlijke communicatie, 16 mei 2019).

Herstel van de voedingstoestand

Naast het toepassen van een laagje bagger is het mogelijk om een lichte mestgift op het perceel aan te brengen. Men kiest het beste voor de ruigere mestsoorten met langzame afgifte. Tevens dient de mest vrij te zijn van bestrijdingsmiddelen. Het is overigens in schraallanden van laagveengebieden een oud gebruik om soms wat organisch materiaal aan te brengen om voedingsstoffen aan te brengen en verzuring tegen te gaan (Zuidhoff et al., 1996) (Jager, 2000). Om een overmaat aan voedingsstoffen te voorkomen wordt afgeraden de maatregelen 'laagje bagger' en 'lichte mestgift' tegelijkertijd uit te voeren.

Herstel van waterhuishouding

De mogelijkheden om verdroging in de onderzoekgebieden tegen te gaan zijn beperkt. De enige reële mogelijkheden liggen in het verminderen van de drooglegging. Hiertoe kan het peil verhoogd worden. Het peil dient zodanig verhoogd te worden dat de grondwaterstand in het voorjaar tussen -5 cm en +20 cm t.o.v. het maaiveld staat, om optimale omstandigheden te bereiken. Wanneer peilverhoging in een peilgebied niet mogelijk is, kan een lokaal peilgebied gecreëerd worden. Dit nu al het geval in de zuidoostelijke schraallanden bij Kooilust. Vernatting kan tevens de beschikbaarheid van nitraat verlagen (Sival & Runhaar, 2009). Wanneer uitsluitend het peil verhoogd wordt blijft de invloed van regenwater aanwezig, waarmee de zure omstandigheden blijven bestaan.

Herstel van de zaadbank

Veel typische soorten zijn verdwenen of sterk afgenomen. De zaden van typische soorten zijn vaak kortlevend (3-5 jr) waardoor de zaadvoorraad beperkt is (Beltman & Barendregt, 2007). Bovendien is de ligging van de hooilandjes geïsoleerd en is zaadverspreiding een knelpunt. Wanneer de gewenste soorten (na de herstelmaatregelen) niet verschijnen kan het aanbrengen van maaisel vanuit een ander, goed ontwikkeld schraalland hierin een oplossing zijn (Mullekom, et al., 2013).

Creëren van kiemplekken

Als aanvulling kan nabeweid worden met jonge koeien, zodat verse trapgaten ontstaan die kiemplekken voor vegetatie vormen (Boudewijn, et al., 2015). Daarnaast kan er (lokaal) diep gemaaid worden om het dichte vegetatiedek open te krijgen. Door middel van (zeer) kleinschalig plaggen (handdoekgrootte) ontstaan er ook kiemplekken en wordt ook structuur aangebracht (Jansen, et al., 2016).

10.2. Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

Aan het einde van dit onderzoek blijven er nog een aantal vragen onbeantwoord:

1. Wat is het gehalte aan calcium, chloride, bicarbonaat en fosfaat in het grondwater van de schraallanden?
2. Is de bagger in de aanliggende sloten van voldoende kwaliteit om opgebracht te worden?
3. Hoeveel bagger mag opgebracht worden en met welke frequentie?
4. Wat is de rol van ammoniak en ammonium in de verzuring?
5. Is fosfaat een limiterende factor?
6. Wat zijn de milieueisen van natte schraallanden in laagveengebied?

Bibliografie

- Aggenbach, C., Groenendijk, D., Kemmers, R., van Kleef, H., Smolders, A., & Verberk, W. &. (2009). *Preadvies Beekdallandschappen. Knelpunten, kennislacunes en kennisvragen voor natuurherstel in beekdalen*. Ede: Directie Kennis, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit .
- AHN. (2019, september 1). *AHN-viewer*. Opgehaald van Actueel Hoogtebestand Nederland: <https://ahn.arcgisonline.nl/ahnviewer/>
- Arts, G., Groenendijk, M., & van der Bolt, F. (2004). *Systeemverkenning Krimpenerwaard*. Wageningen: Alterra.
- Bakker, N., van der Ent, L., & Blok, D. (1995). *De vegetatie van de relatienotagebieden in de Krimpenerwaard in 1994: Achterbroek, Bergambacht - Oost, Bergambacht - West, Berkenwoude, Het Beijerse, Den Hoek, Middelblok, Schuwagt, Veerstablok, Vlist - Westzijde, Zuidbroek*. LBL - Publicatie 79.
- Bal, D., Meije, H., Fellingier, M., Haveman, R., van Opstal, A., & Zadelhoff, F. (2001). *Handboek Natuurdoeltypen*. Wageningen: Expertisecentrum LNV.
- Barendrecht, A., & Beltman, B. (2007). Natte schraallanden vol met Rode Lijstsoorten. *De Levende Natuur*, 75-76.
- Beije, H., Jansen, A., Slings, Q., & Smits, N. (2015). *Herstelstrategie H6410: Blauwgraslanden*. Den Haag: Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.
- Beltman, B., & Barendregt, A. (2007). Herstelmaatregelen in verzuurde schraallanden in Laag-Nederland. *De Levende Natuur*, 87-92.
- Beltman, B., Barendregt, A., Beije, H., Smits, N., Veer, R. v., & Lamers, L. (2015). *Herstelstrategie H4010B: Vochtige heiden (laagveen)*. Den Haag: Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.
- BIJ12. (2019). *N10.01 Nat schraalland*. Opgehaald van B12: <https://www.bij12.nl/onderwerpen/natuur-en-landschap/index-natuur-en-landschap/de-index-natuur-en-landschap/natuurtypen/n10-vochtige-schraalgraslanden/n10-01-nat-schraalland/>
- Bobbink, R., & Lamers, L. (1999). *Effecten van stikstofhoudende luchtverontreiniging op vegetaties - een overzicht*. Rapportnr. . Den Haag: TCB R13 (1999).
- Bokhorst, J. (2019, september 27). *GRASLAND OP VEEN*. Opgehaald van Goed bodembeheer: <https://www.goedbodembeheer.nl/grasland-veen>
- Boudewijn, T., Smit, C., Emond, D., Liefveld, W., & Bakker, E. (2015). *Grote grazers voor veiligheid en natuur in rivieruiterwaarden*. . Driebergen: Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren (VBNE). Rapport nr. 2015/OBN202-RI.
- Bouwman, J., Nijssen, M., Adams, A., Beije, H., & Smits, D. G. (2014). *Herstelstrategie Dotterbloemgrasland van veen en klei (leefgebied 7)*. Wageningen: Alterra.
- Brouwer, E. (2009). *Evaluatie inrichtingsmaatregelen Krimpenerwaard. Ten behoeve van de omvorming van 800 ha landbouwgrond naar natuur*. Nijmegen: B-ware research centre.

- Cools, J., van der Velde, Y., Runhaar, H., & Stuurman, R. (2006). *Herstel- en Ontwikkelplan Schraallanden. TNO/EAC/Alterra-rapport*. Den Haag: TNO.
- de Graaf, C., Bobbink, R., & Verbeek, J. &. (1997). ALUMINIUM TOXICITY AND TOLERANCE IN THREE HEATHLAND SPECIES. *Water, Air, and Soil Pollution*, 229-239.
- de Vries, W. (2008). *Verzuring: oorzaken, effecten, kritische belastingen en monitoring van de gevolgen van ingezet milieubeleid. Alterra-rapport 1699*. Wageningen: Alterra.
- DINOloket. (2018). *Ondergrondmodellen*. Opgehaald van Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond: <https://www.dinoloket.nl/ondergrondmodellen>
- Gemeente Krimpenerwaard. (2019). *Bestemmingsplan Natuurgebieden Veenweiden Krimpenerwaard*. Stolwijk: Gemeente Krimpenerwaard. Afdeling Ruimtelijke Ordening.
- Grootjans, A., Kemmers, R., Everts, H., & Adema, E. (2007). Restauratie van schraallanden op veengronden door afgraven en vernatten. *De Levende Natuur*, 108-113.
- Grootjans, A., Schipper, P., & van der Windt, H. (1986). Influence of drainage on N-mineralisation and vegetation response in wet meadows. II. *Cirsio-Molinietum* stands. *Oecologia Plantarum*, 3-14.
- Hennekens, S., & Schaminée, J. (2001). Turboveg, a comprehensive database management system for vegetation data. *Journal of Vegetation Science* 12, 589-591.
- Hennekes, S., & Runhaar, H. (2014). *Waternood. Hydrologische randvoorwaarden natuur*. Wageningen: Alterra.
- Hennekes, S., Smits, N., & Schaminée, J. (2010). *SynBioSys Nederland versie 2*. Wageningen: Alterra.
- HHSK. (2016). *Toelichting peilbesluit: Natuurgebieden de Nesse, Berkenwoudse driehoek en Oudeland-zuid*. Rotterdam: Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard.
- HHSK. (2018). *Ontwerp: Toelichting- Peilbesluiten Natuurnetwerk Nederland (NNN) Krimpenerwaard-*. Rotterdam: Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard.
- HHSK. (2019). *HHSK op kaart*. Opgehaald van Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard: <https://www.schielandendekrimpenerwaard.nl/kaart/HHSKopdeKaart/>
- Holshof, G., van Houwelingen, K., & Lenssinck, F. (2011). *Landbouwkundige gevolgen van peilverhoging in het veenweidegebied. Rapport 526*. Wageningen: Wageningen UR Livestock Research.
- in 't Veld, M. (2013). *Samenwerkingsafspraken grondwater Krimpenerwaard*. Deventer: TAUW bv.
- Jager, H. (2000). Het blauwgrasland van het Unlân fan Jelsma. *Twirre*, 7-9.
- Jalink, M., Grijpstra, J., & Zuidhoff, A. (2003). *Hydro-ecologische systeemtypen met natte schraallanden in Pleistoceen Nederland. 9 Benedenlopen en andere overgangen naar het Holocene deel van Nederland*. Ede: Expertisecentrum LNV, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. Rapport EC-LNV nr. 2003/225 O.
- Jansen, A., de Blust, G., Vogels, J., & de Becker, P. (2016). *Beheerplan Vlaams Natuurterrein Teut, Tenhaagdoorn en de domeinbossen van Kelchterhoef. Beheerrapport*. Brussel: Agentschap voor Natuur en Bos.

- Jansen, A., Eysink, A., Grootjans, A., & Lammerts, E. &. (1993). Zijn hydrologische ingrepen noodzakelijk voor het herstel van verzuurde natte schraallanden? . *Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring in natuurterreinen (Cals, M., Graaf, de, M., Roelofs, J.)* (pp. 63-96). Nijmegen: K.U.Nijmegen/ L.N.V.
- Jansen, A., Schipper, P., & Opstal, S. (1998). Het herstel van natte schraallanden. *De Levende Natuur*, 242-245.
- Janssen, J., Schaminée, J., & Van Loon, H. (2019). *Handboek Vegetatiekunde*. Opgehaald van Wiki op Groen Kennisnet: <https://wiki.groenkennisnet.nl/display/HV/Handboek+Vegetatiekunde>
- Kemmers, R., Brouwe, F., Van Delft, S., Knotters, M., & Van der Werff, M. (2008). *Bodemchemisch- en geografisch onderzoek Oldematen*. Wageningen: Alterra.
- Kerkhof, D. (2006). Nieuw schraalland in de Krimpenerwaard. *De Levende Natuur*(De Levende Natuur), 162-169.
- Kerkhof, D. (2010). *Vegetatieontwikkeling Stolwijkse Boezem 1977-2010*. Gouderak: Zuid-Hollands Landschap.
- Kerkhof, D. (2011). *Vegetatieontwikkeling Middelblokboezem 1977-2010*. Gouderak: Zuid-Hollands Landschap.
- Kleijn, D., Bekker, R., Bobbink, R., de Graaf, M., & Roelofs, J. (2008). In search for key biogeochemical factors for the conservation of plant species of acidic nutrient-poor habitats: comparing growth sites of common and endangered species. *Journal of Applied Ecology*, 680-687.
- Kros, J., de Haan, B., Bobbink, R., van Jaarsveld, J., Roelofs, J., & de Vries, W. (2008). *Effecten van ammoniak op de Nederlandse natuur. Achtergrondrapport. Alterra-rapport 1698*. Wageningen: Alterra.
- Lucassen, E., & R. Bobbink, A. S. (2002). Interactive effects of low pH and high ammonium levels responsible for the decline of *Cirsium dissectum* (L.) Hill. *Plant Ecology*, 45-52.
- Maas, C. (1988). *Rapport over een onderzoek naar geschikte locaties voor de uitbreiding van de drinkwaterwinning in de Krimpenerwaard*. Rijswijk: KIWA.
- Ministerie van LNV. (2008, juli 1). *Soortenrijke heischrale graslanden op arme bodems van berggebieden (en van submontane gebieden in het binnenland van Europa) (H6230)*. Opgehaald van Synbiosys-Alterra-Natura 2000: https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/documenten/profielen/habitattypen/Profiel_habitatype_6230.pdf
- Mullekom, M., Lucassen, E., Weijters, M., Tomassen, H., Bobbink, R., & Smolders, F. (2013). Van landbouw naar natuur: gericht op zoek naar kansen! *De Levende Natuur*, 120-126.
- Natuurkennis. (2019). *N10.01 Nat schraalland*. Opgehaald van Natuurkennis: <https://www.natuurkennis.nl/natuurtypen/n10-vochtige-schraalgraslanden/n10-01-nat-schraalland/algemeen-n1001/>
- Osorio, A. (2011). *Toelichting peilbesluiten Krimpenerwaard*. Rotterdam: Hoogheemraadschap Schieland en de Krimpenerwaard.
- PDOK. (2019, september 27). *PDOK viewer. BRO - Bodemkaart 1:50.000*. Opgehaald van Publieke Dienstverlening Op de Kaart (PDOK): <https://pdokviewer.pdok.nl/>

- RIVM. (2018). *Grootschalige Concentratie- en Depositiekaarten Nederland (GCN en GDN)*. Opgehaald van Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport: <http://geodata.rivm.nl/gcn/>
- Schaminée, J., Bongers, M., van Loon, H., & van Rooijen, N. (2013). *Wegwijs in de natuur*. Wageningen-Velp: Alterra Wageningen UR - Van Hall Larenstein.
- Schaminée, J., Janssen, J., Weeda, E., Hommel, P., Haveman, R., Schipper, P., & Bal, D. (2015). *Veldgids Rompgemeenschappen*. Zeist: KNNV Uitgeverij.
- Schaminée, J., Sýkora, K., Smits, N., & Horsthuis, M. (2010). *Veldgids Plantengemeenschappen van Nederland*. Zeist: KNNV Uitgeverij.
- Scheygrond, A. (1931). *Het Plantendek van de Krimpenerwaard IV: Sociographie van het hoofd-associatiecomplex Arundinetum-sphagnetum*. Amsterdam: De Bussy.
- Schipper, P., & van Tooren, B. (2007). Restauratie van natte schraallanden is maatwerk. *De Levende Natuur*, 135-139.
- Schippers, W., & Bax, I. (1998). *Veldgids Ontwikkeling van botanisch waardevol grasland*. Utrecht: Dienst Landelijk Gebied.
- Sival, F., & Runhaar, J. (2009). *Interacties Milieuthema's verdroging met andere Ver-thema's: verzuring vermessing en verontreiniging in natuurgebieden*. Wageningen: Alterra.
- Smits, N., Bobbink, R., Jansen, A., & van Dobben, H. (2015). *Herstelstrategie H6230: Heischrale graslanden*. Den Haag: Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.
- Smolders, F., Roelofs, J., & Lucassen, E. (2011). Goede grond voor natuur. Abiotische bodemcondities sturen vegetatieontwikkeling in natuurgebieden. *Bodem*, 11-13.
- Stouthamer, E., Berendsen, H., Peeters, J., & Bouman, M. (2008). *Toelichting Bodemkaart Veengebieden, Provincie Utrecht, schaal 1:25.000*. Utrecht: Provincie Utrecht.
- van der Meijden, R. (2005). *Heukels' Flora van Nederland*. Groningen: Noordhoff Uitgevers.
- van der Molen, D., Pot, R., Evers, C., van Herpen, F., & van Nieuwerburgh, L. (2018). *REFERENTIES EN MAATLATTEN VOOR NATUURLIJKE WATERTYPEN VOOR DE KADERRICHTLIJN WATER 2021-2027*. Amersfoort: Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer.
- Van der Molen, P., Baaijens, G., Grootjans, A., & Jansen, A. (2010). *Landschapsecologische systeemanalyse*. Wageningen: Alterra.
- Van Dobben, H., & Van Hinsberg, A. (2008). *Overzicht van kritische depositiewaarden voor stikstof toegepast op habitattypen en Natura 2000-gebieden*. Wageningen: Alterra.
- van Duinen, G., Bobbink, R., van Dam, R., Hesselink, H., Hendriks, R., Klein, M., . . . Siebel, H. (2004). *Duurzaam natuurherstel voor behoud van biodiversiteit 15 jaar herstelmaatregelen in het kader van het overlevingsplan bos en natuur*. Ede: Expertisecentrum LNV, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.
- van Gogh, I. (2014). *De waterbodem in ecologisch perspectief: het onderste boven*. Amersfoort: Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer.
- van Groningen, C. (1996). *De Krimpenerwaard*. Zwolle: Rijksdienst voor monumentenzorg, Zeist / Waanders Uitgevers.

- Van Possen, J. (2017). *Herstel van de Zuid-Limburgse hellingmoerassen, het Kalkmoeras in het bijzonder*. ResearchGate.
- Van Wirdum, G. (1991). *Vegetation and hydrology of floating rich-fens*. Datawyse. Maastricht: Proefschrift, Universiteit van Amsterdam.
- Weeda, E., & Schaminée, J. (2001). *Atlas van plantengemeenschappen in Nederland. Deel 1 wateren, moerassen en natte heiden*. Utrecht: KNNV uitgeverij.
- Weeda, E., Westra, R., Westra, C., & Westra, T. (1994). *Nederlandse Oecologische FLORA: Wilde planten en hun relaties deel 5*. Amsterdam: Instituut voor natuureducatie en duurzaamheid (IVN).
- Weerts, H., & Busschers, F. (2019, mei). *Nomenclator ondiep; Formatie van Nieuwkoop*. Opgehaald van Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond (DINOloket): <https://www.dinoloket.nl/formatie-van-nieuwkoop>
- Weijters, M., Bobbink, R., Verbaarschot, E., van der Riet, B., Vogels, J., & Siepel, H. &. (2018). *Herstel van heide door middel van slow release mineralengift – resultaten van 3 jaar steenmeelonderzoek. OBN222-DZ*. Driebergen: VBNE.
- Westhoff, V., Bakker, P., Van Leeuwen, C., & Van der Voo, E. (1974). *Wilde planten: flora en vegetatie in onze natuurgebieden*. 's-Graveland: Vereniging tot behoud van natuurmonumenten in Nederland.
- Zuidhoff, A., & Schaminée, J. &. (1996). *Vegetatie van Nederland. Deel 3: graslanden, zomen en droge heiden* (Vol. Molinio-Arrhenatheretea). Leiden: Uppsala.
- Zuid-Hollands Landschap. (2003). *Beheersplan Stolwijkse Boezem 2003-2009*. Gouderak: Zuid-Hollands Landschap.
- Zuid-Hollands Landschap. (2004). *MIDDELBLOKBOEZEM: beheersplan 2004-2010 incl. beheersevaluatie*. Gouderak: Zuid-Hollands Landschap.
- Zuid-Hollands Landschap. (2010). *Beheerverslag 2006-2010 Veerstaalblokboezem*. Gouderak: ZHL.
- Zuid-Hollands Landschap. (2012). *Beheerevaluatie terreinencomplex Berkenwoude-de Nesse*. Gouderak: Zuid-Hollands Landschap.

