

ontwikkeling+beheer natuurkwaliteit

o+bn

Kennisnetwerk OBN

Onderzoek naar de effecten van stikstof in overgangs- en trilvenen

*Ten behoeve van het behoud en herstel van
habitattype H7140 (Natura 2000)*



Onderzoek naar de effecten van stikstof in overgangs- en trilvenen

Ten behoeve van het behoud en herstel van habitattype H7140 (Natura 2000)



Altenburg & Wymenga



UNIVERSITEIT VAN AMSTERDAM

Radboud Universiteit Nijmegen



ontwikkeling+beheer natuurkwaliteit



© 2018 VBNE, Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren

Rapport nr. 2018/OBN220-LZ
Driebergen, 2018

Deze publicatie is tot stand gekomen met een financiële bijdrage van BII12 en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

Teksten mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

Deze uitgave kan schriftelijk of per e-mail worden besteld bij de VBNE onder vermelding van code 2018/OBN220-LZ en het aantal exemplaren.

Oplage	50 exemplaren
Samenstelling	J.M.H. van Diggelen, Onderzoekcentrum B-WARE G. van Dijk, Onderzoekcentrum B-WARE C. Cusell, Witteveen en Bos J. van Belle, VanHall Larenstein A. Kooijman, Universiteit van Amsterdam T. van den Broek, RoyalHaskoningDHV R. Bobbink, Onderzoekcentrum B-WARE I.S. Mettrop, Altenburg&Wymenga L.P.M. Lamers, Radboud Universiteit Nijmegen A.J.P. Smolders, Onderzoekcentrum B-WARE
Foto voorkant	G. van Dijk. Foto: Rood schorpioenmos (<i>Scorpidium scorpioides</i>), Sparrig veenmos (<i>Sphagnum teres</i>), Veenknikmos (<i>Bryum pseudotriquetrum</i>) en Ronde zonnedauw (<i>Drosera rotundifolia</i>).
Druk	KNNV Uitgeverij/KNNV Publishing
Productie	Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren (VBNE) Adres : Princenhof Park 9, 3972 NG Driebergen Telefoon : 0343-745250 E-mail : info@vbne.nl

Voorwoord

Het doel van het Kennisnetwerk Ontwikkeling en Beheer Natuurkwaliteit (OBN) is het ontwikkelen, verspreiden en benutten van kennis voor terreinbeheerders over natuurherstel, Natura 2000, PAS, leefgebiedenbenadering en ontwikkeling van nieuwe natuur.

In het kader van Natura 2000 worden in Europees perspectief zeldzame soorten en vegetatietypen in Nederland beschermd. Het Nederlandse laagveengebied vormt, binnen het habitattype Overgangs- en trilvenen (H7140), een zwaartepunt in het NW-Europese laagland voor de subhabitattypen Trilvenen (H7140A) en Veenmosrietlanden (H7140B). Van deze laagveengebieden zijn de meeste bovendien aangewezen als Natura 2000-gebied.

Het landelijke en Europese doel van Natura 2000 is om het oppervlakte en de kwaliteit van aanwezige habitattypen en bijbehorende soorten in stand te houden of te vergroten, terwijl er voor veel gebieden juist verslechtering dreigt. Een van de oorzaken is de te hoge atmosferische stikstof (N) belasting voor beide subhabitat-typen in Nederland.

In dit onderzoek is getracht om inzicht te krijgen wat de bijdrage van de (nog steeds te) hoge N-depositie is op de huidige kwaliteit en ontwikkeling van Overgangs- en trilvenen in Nederland. Daarbij is tevens beoordeeld hoe deze effecten zich verhouden tot de aanwezige standplaatsfactoren, zoals hydrologie en nutriëntenhuishouding, en het beheer van het habitattype Overgangs- en trilvenen (H7140).

Uit het onderzoek blijkt dat de hoge N-depositie in Nederland leidt tot effecten die zijn gerelateerd aan versnelde verzuring in zowel trilvenen als overgangsvennen, en tot effecten op de eutrofiering door een verhoogde nutriëntenbeschikbaarheid in overgangsvennen en veenmosrietlanden. Het is gezien de versnelde verzuring in zowel trilvenen als overgangsvennen en de stimulatie van veenmossen in overgangsvennen bij hoge N-depositie aannemelijk dat de successie hierdoor wordt versneld.

Aangezien de nutriëntenbeschikbaarheid een belangrijke factor is voor de kwaliteit van trilvenen en/of overgangsvennen, zal het beheer ook hierop gericht moeten zijn. Maaien in de zomer (juli tot en met september) leidt tot een grotere afvoer van nutriënten uit het systeem dan winter- en herfstmaaien. Bovendien bevordert zomermaaien de biomassa van de moslaag, terwijl de vaatplantenbiomassa juist relatief lager blijft. Dit kan de kwaliteit van de vegetaties ten gunste komen. Naast maaibeheer zijn er andere maatregelen die toepasbaar zijn. Lees alles over deze maatregelen en effecten in hoofdstuk 5 en verder.

Ik wens u veel leesplezier

Teo Wams

Voorzitter van de OBN Adviescommissie

Woord vooraf

Naar aanleiding van kennislacunes in het kader van Natura 2000 en Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) omtrent het habitatype Overgangs- en Trilvenen (H7140) is er begin 2015 een OBN onderzoek gestart. Het doel van dit onderzoek was om de rol van atmosferische stikstofdepositie in trilvenen en veenmosrietlanden beter te begrijpen en vast te stellen in hoeverre, en hoe, de Natura 2000 doelen bij de huidige stikstofdepositie beheersmatig haalbaar zijn. In de voorliggende eindrapportage worden de resultaten en uitkomsten besproken die volgen uit dit OBN onderzoek dat heeft plaatsgevonden van 2015 - 2017.

Inhoudsopgave

Voorwoord	2
Woord vooraf	4
Samenvatting	9
Summary	13
Dankwoord	17
1 Inleiding	18
1.1 Aanleiding onderzoek	18
1.2 Doel van het onderzoek	18
1.3 Onderzoeksvragen	19
1.4 Aanpak en strategie	19
1.5 Onderzoeksteam	19
1.6 Leeswijzer	20
2 Theoretische achtergrond	21
2.1 Terminologie habitatype H7140	21
2.1.1 Habitatype Overgangs- en trilvenen (H7140)	21
2.1.2 Subtype H7140A Overgangs- en trilvenen (Trilvenen)	22
2.1.3 Subtype H7140B Overgangs- en trilvenen (Veenmosrietland)	24
2.2 Vegetatie en successie in overgangsvenen	25
2.3 Atmosferische N-depositie	27
2.4 Effecten N op biosfeer	30
2.4.1 Verzuring	30
2.4.2 Eutrofiëring	32
2.4.3 Toxiciteit	32
3 Huidige status van de vegetatie in Nederlandse trilvenen en veenmosrietlanden	33
3.1 Samenvatting	33
3.2 Opzet	34
3.3 Onderzoeksmethode	35
3.3.1 Selectie locaties	35
3.3.2 Veldonderzoek NL	36
3.3.1 Aanvullende referentiedata in Nederland en buitenland	36
3.3.2 Indeling vegetatie-opnames volgens Associa	37

3.4	Resultaten & discussie: Vegetatie	38
3.4.1	Clusteranalyse vegetatie opnames Nederlandse locaties	38
3.4.2	Associa analyse voor indeling vegetatietypen	41
3.4.3	Typische soorten en Rode Lijst soorten	43
3.4.4	Clusteranalyse vegetatie Nederland vs. buitenlandse referenties	45
4	Effecten van N-depositie en overige standplaatsfactoren op de vegetatie	48
4.1	Samenvatting	48
4.2	Onderzoeksmethode	49
4.2.1	Veldonderzoek en monsternamen	50
4.2.2	Analyse porievocht, grond- en oppervlaktewater	51
4.2.3	Analyse bodems	51
4.2.4	Analyse vegetatie	53
4.2.5	Elementanalyse	53
4.3	Resultaten: N-depositie	54
4.3.1	Actuele en cumulatieve N-depositie in Nederland	54
4.3.2	Nederland vs. referentielanden in Europa	56
4.4	Resultaten: N-depositie en verzuring	57
4.4.1	Relatie pH-buffering en vegetatie in Nederland	57
4.4.2	Effect N-depositie op buffering en vegetatie in Nederland	64
4.4.3	Effect N-depositie op buffering en vegetatie NL vs. Europa	65
4.5	Resultaten: N-depositie en eutrofiëring	67
4.5.1	Relatie nutriëntenrijkdom en vegetatie in Nederland	67
4.5.2	Effect N-depositie op nutriëntenrijkdom en vegetatie in Nederland	73
4.5.3	Effect N-depositie op karakteristieke soorten	78
4.5.4	Effect N-depositie op nutriëntenrijkdom en vegetatie NL vs. Europa	80
4.6	Resultaten: N-depositie & toxiciteit	81
4.6.1	Relatie ammoniumtoxiciteit en vegetatie in Nederland	81
4.7	Resultaten: Analyse sturende factoren	82
4.7.1	Nederlandse veengebieden: sturende factoren	82
4.7.2	Nederland vs. Europese referentie veengebieden: sturende factoren	84
5	Effecten van beheer en toepassen maatregelen	86
5.1	Samenvatting	86
5.2	Opzet	87
5.3	Onderzoeksmethode	87
5.4	Resultaten: Interviews met beheerders	88
5.5	Resultaten: Literatuur & analyses beheer	90
5.5.1	Noodzaak en toepassing van beheermaatregelen	90
5.5.2	Maaibeheer	91
5.5.3	Plaggen toplaag (kragge)bodem	93
5.5.4	Inundatie met basenrijk water & begreppelen	95
5.5.5	Bekalken	97
5.5.6	Veenmos trekken	97

6	Zijn er verschillen in de successie?	98
6.1	Samenvatting	98
6.1.1	Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge	98
6.1.2	Associatie Veenmosrietland	99
6.2	Opzet	100
6.3	Onderzochte gebieden	100
6.3.1	Gebiedskeuze	100
6.3.2	Water- en vegetatiebeheer in de gebieden	103
6.4	Onderzoeksmethode	106
6.4.1	Onzekerheden	109
6.5	Vegetatieontwikkeling van en naar trilveen en Veenmosrietland	110
6.5.1	Trilveen: de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge	110
6.5.2	Veenmosrietland: de Associatie Veenmosrietland	119
6.5.3	Conclusies en discussie van de hoofdlijnen van de successie	125
6.6	Relaties met stikstofdepositie en maaibeheer	127
6.6.1	Trilveen: de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge	127
6.6.2	Veenmosrietland	132
7	Synthese en conclusies	137
7.1	Effecten van N-depositie in relatie tot standplaatsfactoren en beheer	137
7.2	Slaapmosgedomineerde systemen (trilvenen)	139
7.2.1	Huidige status trilvenen in Nederland	139
7.2.2	Effect N-depositie op trilvenen	140
7.2.3	Beheer mogelijkheden ondanks een hoge N-depositie	140
7.3	Veenmosgedomineerde systemen (overgangsveen en veenmosrietland)	141
7.3.1	Huidige status veenmosrietlanden en overgangsvenen in Nederland	141
7.3.2	Effect van N-depositie op veenmosgedomineerde venen	142
7.3.3	Beheer mogelijkheden ondanks een hoge N-depositie	143
7.4	Conclusies en aanbevelingen voor het beheer	143
8	Literatuur	147
9	Bijlagen	152
9.1	Overzicht van landen en locaties die in dit onderzoek meegenomen zijn, maar eerder verzameld door derden	152
9.2	Vegetatie OBN N in trilvenen en veenmosrietlanden	155
9.3	Voorkomende Rode Lijst soorten per onderscheiden vegetatiegroep	158
9.4	Bedekkingen van voorkomende soorten in trilvenen en veenmosrietlanden bij verschillende N-depositie waarden	159
9.5	Ass. Schorpioenmos en Ronde zegge in de Nieuwkoopse Plassen (1996-97 & 2007-09)	160

9.6	Ass. Schorpioenmos en Ronde zegge in de Rottige Meenthe (1993, 2001 & 2013)	162
9.7	Checklist sturende factoren per gebied	165
9.7.1	Overzicht sturende factoren alle gebieden	165
9.7.2	Alde Feanen	167
9.7.3	Binnenveld	168
9.7.4	Botshol	169
9.7.5	De Mieden	170
9.7.6	Het Hol	171
9.7.7	Ilperveld	172
9.7.8	Langstraat	173
9.7.9	Oostelijke Vechtplassen: Molenpolder en Westbroekse Zodden	174
9.7.10	Naardermeer	175
9.7.11	Nieuwkoopse plassen	175
9.7.12	Rottige Meenthe	177
9.7.13	Stadsgaten van Hasselt en Olde Maten	178
9.7.14	Tienhoven	179
9.7.15	Weerribben	180
9.7.16	Wieden	181
9.7.17	Wormer Jisperveld	182
9.7.18	Zuidlaardermeer en Onlanden	183

Samenvatting

Het Nederlandse laagveengebied vormt, binnen het habitatype Overgangs- en trilvenen (H7140), een zwaartepunt in het NW-Europese laagland voor de subhabitattypen Trilvenen (H7140A) en Veenmosrietlanden (H7140B). Van deze laagveengebieden zijn de meeste bovendien aangewezen als Natura 2000-gebied. Het landelijke en Europese doel van Natura 2000 is om het oppervlakte en de kwaliteit van aanwezige habitattypen en bijbehorende soorten in stand te houden of te vergroten, terwijl er voor veel gebieden juist verslechtering dreigt. Een van de oorzaken is de te hoge atmosferische stikstof (N) belasting voor beide subhabitattypen in Nederland. De PAS (Programmatische Aanpak Stikstof) is opgesteld om de achteruitgang van biodiversiteit en beschermde habitattypen in Natura 2000-gebieden te stoppen en waar mogelijk te herstellen via verlaging van de atmosferische N-depositie en het uitvoeren van aanvullende herstel- en beheermaatregelen in de natuurgebieden.



Regen op komst in 'de Wieden' (foto G. van Dijk)

Door diverse landelijke inspanningen is de atmosferische N-depositie in Nederland al flink gedaald sinds de jaren '80 van de vorige eeuw. Op dit moment neemt het echter niet meer verder af terwijl de huidige N-depositie nog steeds veel te hoog is voor veel gevoelige habitattypen. De vastgestelde kritische depositie waarden (KDW) die voor de subhabitattypen Trilvenen en Veenmosrietlanden zijn vastgesteld (respectievelijk 17 kg N/ha/jaar (1214 mol N/ha/jr) en 10 kg N/ha/jr (714 mol N/ha/jr)) worden nog steeds ruimschoots overschreden. De negatieve effecten van atmosferische N-depositie kunnen op verschillende manieren plaatsvinden; direct of indirect via verzuring van de bodem, via vermessing, en/of in de vorm van ammonium (NH_4) toxiciteit voor de vegetatie.

In dit onderzoek hebben we getracht om inzicht te krijgen wat de bijdrage van de (nog steeds te) hoge N-depositie is op de huidige kwaliteit en ontwikkeling van Overgangs- en trilvenen in Nederland. Daarbij is tevens beoordeeld hoe deze effecten zich verhouden tot de aanwezige standplaatsfactoren, zoals hydrologie en nutriëntenhuishouding, en het beheer van het habitatype Overgangs- en trilvenen (H7140). Op deze wijze kunnen niet alleen gerichte beheersadviezen genomen worden, maar ook ingeschat worden waar de beste kansen liggen voor herstel en ontwikkeling van beide subhabitattypen. In de voorliggende eindrapportage worden de resultaten gepresenteerd uit het, door een uitgebreid consortium uitgevoerde, OBN-onderzoek 'Effecten van stikstof in overgangs- en trilvenen' dat heeft plaatsgevonden in de periode 2015 – 2017.

Huidige kwaliteit van de vegetatie in overgangs- en trilvenen in Nederland

Op basis van de 110 locaties in de Nederlandse laagveengebieden die voor dit onderzoek zijn geselecteerd en geanalyseerd, konden binnen het habitatype 'Overgangs- en trilvenen' zes verschillende vegetatiegroepen onderscheiden worden met een duidelijke overgang van basenrijke trilvenen naar basenarme veenmosrietlanden. Grofweg is er een scheiding te

maken tussen jonge successiestadia (slaapmosgedomineerde systemen) waarbinnen het subhabitatype Trilveen valt, en oudere successie stadia (veenmosgedomineerde systemen) waar het subhabitatype Veenmosrietland onder valt.

Binnen de slaapmosgedomineerde vegetaties zijn er twee trilveengroepen onderscheiden via clusteranalyse. De trilveengroep met de beste biotische kwaliteit (groep 6; mesotroof trilveen) wordt gekenmerkt door Veenknikmos, Sterrengoudmos, Reuzenpuntmos, Rood en



Overgangsveen met
veenmos en waterdrieblad
(foto G. van Dijk)

Groen schorpioenmos en Gewoon puntmos, en vele Zeggen waaronder Ronde zegge en nog een aantal andere rode lijst soorten. De andere groep trilvenen met kwalitatief matige vegetatie (groep 5; eutroof trilveen) wordt vooral gekenmerkt door een dominantie van Gewoon puntmos. Vergeleken met Europese referentievenen in Polen, Zweden en Ierland blijken echter ook de 'goede' Nederlandse trilvenen van relatief mindere kwaliteit. Dit komt vooral door de relatief hoge bedekkingen van Gewoon puntmos en verlies van karakteristieke soorten die vroeger wel in Nederlandse trilvenen voorkwamen.

Binnen de overgangsvennen worden de veenmosgedomineerde vegetaties onderscheiden, die op basis van clusteranalyse kunnen worden verdeeld in vier vegetatiegroepen. Deze groepen worden sterk gestuurd door de pH in de bodem. Het subhabitatype Veenmosrietland komt vooral voor in de meest zure groep 1 (verzuurd veenmosrietland), welke wordt gekenmerkt door Riet, Gewoon veenmos en Fraai veenmos. In mindere mate komt Veenmosrietland ook voor in groep 3 (basenarm veenmosrietland), welke wordt gekenmerkt door

soorten die ook in groep 1 veel voorkomen, in combinatie met een aantal basenminnende maar ook eutrafente soorten als Koninginnenkruid, Moeraszegge en Wolfspoot.

Groep 2 (verzuurd overgangsveen) en groep 4 (basenarm overgangsveen) bevatten vooral verzuurde en verzurende trilvenen, oftewel overgangsvennen. Vegetatiegroep 2 wordt gekenmerkt door Gewoon veenmos, Moerasstruisgras en Gewone waternavel en groep 4 door een hoge bedekking van Fraai veenmos samen met Gewoon veenmos en Riet, in combinatie met meer basenrijke soorten als Wateraardbei en Watermunt. Een vergelijking met buitenlandse referenties kon niet worden gemaakt, omdat veenmosrietlanden in het buitenland vrijwel niet voorkomen en alle buitenlandse venen onder de groep van basenrijke trilvenen vielen.

Gezien het hoge aandeel van verzuurde trilvenen en overgangsvennen, en de stimulatie van veenmosgroei bij hogere N-depositie waarden in deze venen, is het zeer aannemelijk dat de successie wordt versneld door de hoge atmosferische N-depositie in Nederland. De snelheid van successie richting zuurdere vegetaties wordt echter o.a. bepaald door de mate van buffering in de bodem, die verschillend is tussen de onderscheiden vegetatiegroepen. Behalve de heersende hoge N-depositieniveaus (ver boven de kritische depositiewaarden) zijn dus ook andere factoren (hydrologie, waterkwaliteit, beheer) bepalend voor de vegetatieontwikkeling in het gebied.

Sturende factoren en de invloed van N-depositie

De mate van buffering en het type buffering in de veenbodem blijken het meest bepalend te zijn die leidt tot de variatie in de vegetatiesamenstelling van Overgangs- en trilvenen. Ook blijkt dit het meest sturend voor de scheiding tussen trilvenen en overgangsvennen. Hierbij zijn de pH, grondwaterstand, de buffercapaciteit van de bodem en de hoeveelheid HCO_3 en Ca in het bodemvocht belangrijke factoren. Daarnaast is ook de toename van veenmossen, vanwege de actieve bijdrage aan verzuring, een essentiële factor.

De trilvenen hebben een relatief hoge pH en de buffercapaciteit verloopt via HCO_3 , terwijl de overgangsvenen (inclusief veenmosrietlanden) voorkomen bij een lagere pH, en vooral gebufferd worden via het zwakkere kationuitwisselingmechanisme in de bodem. De buffering van de trilvenen en overgangsvenen wordt, behalve door de geohydrologische situatie en grondwaterstand, ook beïnvloed door de verzurende werking van een hoge N-depositie. In basenrijke trilvenen is de buffercapaciteit (nog) hoog genoeg om een hoge zuurlast te compenseren, maar in Nederlandse trilvenen is de pH bij dezelfde buffercapaciteit wel al lager dan in buitenlandse referentievenen. Dit wijst op een sterke verzuring en een grote noodzaak voor de aanvoer en bodeminfiltratie van (voedselarm) basenrijk water in Nederlandse trilvenen. In de overgangsvenen, die een lagere buffercapaciteit hebben, heeft een hoge N-depositie ook direct invloed op de pH door afname van de basenverzadiging, wat leidt tot lagere pH bij hogere N-depositie. Per 100 mol N/ha/jaar (1,4 kg N/ha/jaar) vindt er een gemiddelde afname van 6% van de kationbufferrange in de overgangsvenen plaats. Ook neemt bij hogere N-depositie de gemiddelde veenmosbedekking toe, wat vervolgens weer een versterkend effect heeft op de verzuring van het systeem.



Boven: Waterdrieblad tussen schorpioenmos
Onder: Veenpluis
(foto's G. van Dijk)

De nutriëntenbeschikbaarheid en de aard van de nutriëntlimitatie blijken sterk bepalend voor de kwaliteit van de aanwezige vegetaties, vooral binnen de trilvenen, maar ook binnen de overgangsvenen. De trilvenen van goede kwaliteit, met karakteristieke trilveenmossen, worden gekenmerkt door een lage fosfor (P) beschikbaarheid met P als limiterende factor voor de productie. Doordat P limiterend is in de Nederlandse trilvenen zijn ze minder gevoelig voor het eutrofiërende effect van een hoge N-depositie. Zoals hierboven beschreven, speelt het verzurende effect van een hoge N-depositie echter wel een rol in Nederlandse trilvenen. In de overgangsvenen (groep 1 t/m 4) zijn P en K over het algemeen geen beperkende factor, waardoor naast het verzurende effect, ook het eutrofiërende aspect van een hoge N-depositie een belangrijke rol speelt en leidt tot een hoge biomassa van veenmossen. Vegetatiegroep 3 (basenarm veenmosrietland) herbergt meer eutrofe vaatplanten, mogelijk door een hogere nutriënt beschikbaarheid dieper in de bodem.

Mogelijke beheermaatregelen bij een hoge N-depositie

De hoge N-depositie in Nederland leidt tot effecten die zijn gerelateerd aan versnelde verzuring in zowel trilvenen als overgangsvenen, en tot effecten op de eutrofiering door een verhoogde nutriëntenbeschikbaarheid in overgangsvenen en veenmosrietlanden. Het is gezien de versnelde verzuring in zowel trilvenen als overgangsvenen en de stimulatie van veenmossen in overgangsvenen bij hoge N-depositie aannemelijk dat de successie hierdoor wordt versneld. In de uitgevoerde GIS-studie zijn er duidelijke verschillen tussen de gebieden Rottige Meenthe en de Nieuwkoopse plassen, die mogelijk kunnen samenhangen met een verschil in N-depositie. Het is echter niet mogelijk dit direct aan elkaar te koppelen. Incidentele en lokale hydrologische maatregelen die in de gebieden worden getroffen bleken, in zowel de analyse van de onderzochte veldlocaties als ook in de GIS-studie naar de snelheden van successie, een gunstige invloed te hebben op de ontwikkeling van de vegetaties.

Beheer dat gericht is op het herstel van hydrologie en buffering van de bodem zal in potentie de instandhouding, dan wel ontwikkeling, van basenrijke trilvenen en overgangsvenen moeten stimuleren. Dit kan ook onder invloed van de heersende hoge N-depositie in Nederland, zolang er voor het verzurende effect wordt gecompenseerd. Hiervoor is de aanvoer en infiltratie van Ca en HCO_3 via grond- of oppervlaktewater noodzakelijk. Bij het

behoud of de ontwikkeling van trilveen is hierbij wel belangrijk dat met name de P-concentraties in het water voldoende laag zijn ($<1 \mu\text{mol/L}$), terwijl de Ca en HCO_3 concentraties in het oppervlaktewater minimaal resp. 2000 en 4000 $\mu\text{mol/L}$ zouden moeten zijn om voldoende buffering aan te voeren. Voor overgangsvennen is het directe effect van een hoge N-depositie nog groter, omdat het daar zowel tot extra verzuring als tot eutrofiëring leidt.

Herstel van de buffercapaciteit wordt al op diverse manieren in verschillende Nederlandse veengebieden toegepast, zoals o.a. lokale inundatie, aanvoer van oppervlaktewater via bijvoorbeeld frezen of greppels, of het verhogen van (grond)waterpeilen. De resultaten kunnen echter verschillen per locatie, gebied en regio. Uit eerder OBN-onderzoek kwam naar



Met hulp van de beheerders een plot uitzetten voor vegetatieopname en monsternamen in 'de Mieden' (foto G. van Dijk)

voren dat dit te maken heeft met de mate van infiltratie van het bufferende water in de veenbodem, gerelateerd aan de lokale hydrologie, karakteristieken van het veen, het seizoen, en het weer (via neerslag en verdamping).

Een andere maatregel is plaggen, wat leidt tot een relatief hogere grondwaterstand en hiermee meer gebufferde condities in de kraggebodem. Bovendien zet het de successie van vegetatie direct terug naar een pionierstadium. Door de gecreëerde openheid kan de moslaag profiteren, en kan aanvoer van voldoende gebufferd, relatief

nutriëntenarm water in potentie leiden tot ontwikkeling van jonge successiestadia. De lange-termijn effectiviteit in het veld blijkt veelal wisselend, en in deze correlatieve studie is over het exacte effect van plaggen geen duidelijke uitspraak te doen. Hiervoor zijn gerichte experimenten noodzakelijk.

Aangezien de nutriëntenbeschikbaarheid een belangrijke factor is voor de kwaliteit van trilvenen en/of overgangsvennen, zal het beheer ook hierop gericht moeten zijn. Met name als de hydrologische condities op orde zijn zal dit een noodzakelijke aanvulling zijn in het beheer. Maaibeheer wordt vrijwel overal toegepast om nutriënten af te voeren en om de opslag van bomen tegen te gaan. Maaibeheer lijkt volgens de GIS-studie echter geen directe invloed te hebben op de successiesnelheid, wat waarschijnlijk komt omdat dit juist gestuurd wordt door verzuring. Maaien in de zomer (juli tot en met september) leidt wel tot een grotere afvoer van nutriënten uit het systeem dan winter- en herfstmaaien. Bovendien bevordert zomermaaien de biomassa van de moslaag, terwijl de vaatplantenbiomassa juist relatief lager blijft. Dit kan de kwaliteit van de vegetaties ten gunste komen.

Door vooraf onderzoek uit te voeren op standplaats- én regionaal niveau, kan met de in dit OBN-rapport gepresenteerde kennis niet alleen ingeschat worden of herstelmaatregelen al dan niet mogelijk zijn, maar ook welke delen van het beheergebied de meeste potentie hebben voor beheer, herstel of ontwikkeling van veenmosrietland- of trilveenvegetaties. Op deze wijze kunnen beheermaatregelen op een kostenefficiënte wijze ingezet worden, zeker met de huidige niveaus van atmosferische stikstofdepositie in Nederland die nog steeds extra beheerinspanningen eisen voor ontwikkeling en beheer van trilvenen en veenmosrietlanden.

Summary

Among NW-European lowlands, the Dutch peatlands inhabit a relatively large share of rich fens (H7140A) and poor fens (H7140B). Most of these Dutch peatlands are indicated as Natura 2000 areas. Both the national and European goal of Natura 2000 is to maintain or increase the surface and quality of habitat types (e.g. H7140) and associated species. However, several protected habitat types and species are still decreasing in many areas. One of the reasons for deterioration of both rich and poor fens in the Netherlands is the excessive atmospheric nitrogen (N) deposition load. The PAS policy (Programmatic Approach to Nitrogen) was aimed to stop and, where possible, to restore the decline of biodiversity and protected habitat types in Natura 2000 areas by reducing the atmospheric N-deposition and adopting additional restoration and management measures in the nature reserves. Due to several national and local efforts, the atmospheric N-deposition has declined considerably since the 1980s in the Netherlands. However, this decline has currently stopped, while N-deposition values are still far too high. The critical deposition values (KDW) determined for the subhabitat types 'rich fens' and 'poor fens' (respectively 17 kg N/ha/year (1214 mol N/ha/yr) and 10 kg N/ha/yr (714 mol N/ha/yr)) are still exceeded. Negative effects of atmospheric N-deposition can be expected directly or indirectly through acidification, eutrophication, and/or ammonium (NH₄) toxicity to the vegetation.

In this research we tried to gain insight in the contribution of a high atmospheric N-deposition to the current quality and development of rich and poor fens in the Netherlands. We also studied how these effects relate to local conditions, such as hydrology, nutrient concentrations and management of habitat type H7140. By doing this, we aim to advise on specific management measures, and to optimise possibilities for recovery and development of both subhabitat types with high atmospheric N-deposition.

Results from the OBN study on 'Effects of atmospheric nitrogen deposition in rich and poor fens', that took place in the period 2015 – 2017, are presented in this report, and was conducted by an extensive consortium.



Members of the research consortium
(photo J. van Diggelen)

Current quality of rich and poor fens in the Netherlands

Based on a selection of 110 sites in most of the Dutch peatlands that were analyzed in this research, 6 different vegetation groups within habitat type H7140 could be distinguished via cluster analysis. A clear succession from base-rich to base-poor fens was found, where the groups can roughly be divided into young succession groups (brown moss-dominated vegetations), and older succession groups that include poor fens (peat moss-dominated vegetations). Two of the distinguished vegetation groups fit in the brown moss-dominated vegetations (rich fens; H7140A). The rich fen group with the best biotic quality (group 6) is characterized by *Bryum pseudotriquetum*, *Campylium stellatum*, *Calliergon giganteum*, *Scorpidium scorpioides*, *Scorpidium cossonii* and *Calliergonella cuspidata*, many sedges and several red list species. The other rich fen group (5) represents a moderate vegetation quality, and is mainly characterized by dominance of *Calliergonella cuspidata*. Compared to European rich fen references in Poland, Sweden and Ireland, the Dutch rich fens are often of relatively poor quality. Particularly due to a relatively high cover of *Calliergonella cuspidata* and the loss of characteristic species that used to occur in Dutch rich fens.

The peat moss-dominated vegetations can be divided into the 4 remaining vegetation groups that were distinguished by cluster analysis. These groups are strongly controlled by soil pH. The subhabitat type 'poor fen' (H7140B) mainly occurs in the most acidic group 1, which is characterized by *Phragmites australis*, *Sphagnum palustre* and *Sphagnum fallax*. To a lesser extent, poor fens also occur in the base-poor group 3. This group is characterized by species that are also common in group 1, in combination with a few slightly base-rich, but also eutrophic, species such as *Eupatorium cannabinum*, *Carex acutiformis* and *Lycopus europaeus*. The acidic group 2 and base-poor group 4 mainly contain acidified rich- and poor fens. Vegetation group 2 is characterized by *Calliergonella cuspidata*, *Agrostis canina* and *Hydrocotyle vulgaris* and group 4 by a high cover of *Sphagnum fallax*, *Calliergonella cuspidata* and *Phragmites australis*, in combination with more base-rich species such as *Potentilla palustris* and *Mentha aquatica*. Good European reference sites for poor fens could not be found, as this vegetation type (in larger surface areas) seems typical for Dutch peatlands.

Given the relatively high share of acidified rich- and poor fens in the Netherlands and the observed increase of *Sphagnum* growth at higher N-deposition values, it seems plausible that a high N-deposition accelerated vegetation succession in the Netherlands. Nevertheless, the rate of succession towards more acidic vegetations is also controlled by e.g. differences in soil buffering. Therefore, other factors such as hydrology, water quality, and management are just as important for vegetation development, in addition to high N-deposition levels (far above the critical deposition values).

Driving factors and the effects of a high N-deposition

The type of buffering and buffer capacity in the peat soil appears to be the most important factor to explain the variation in vegetation composition, and distinguishes between rich fens and poor fens. Therefore, soil pH, groundwater level, the buffer capacity of the soil and the amount of Ca and HCO₃ in pore water are important driving factors. In addition, the increase in *Sphagnum* mosses, (partly) due to their internal acidifying capacity, is also an essential factor. Rich fens have a relatively high pH and buffer capacity via HCO₃, while poor fens



Fieldwork in nature reserve 'de Wieden' (photo G. van Dijk)

occur at a lower pH, and are mainly buffered by a cation exchange mechanism in the soil. In addition to geohydrological settings, the buffering of rich and poor fens is also influenced by the acidifying effect of a high N-deposition. The buffer capacity is (still) high enough to compensate high acid loads in base-rich fens, but in Dutch rich fens a lower pH is found at the same buffer capacity compared to European rich fen references. This indicates a stronger acidification in Dutch rich fens and therefore a high need for the supply of (nutrient-poor) base-rich water to compensate for this

acidification. In poor fens, which have a lower soil buffer capacity, a high N-deposition directly leads to a lower pH by decreasing the base saturation. Per 100 mol N/ha/year (1.4 kg N/ha/year) of N-deposition, an average decrease of 6% in the cation buffering of poor fens was found. In addition, the average cover of *Sphagnum* moss increases with a higher N-deposition, which in turn strengthens acidification in the system.

The nutrient availability and type of nutrient limitation seem to be important for the quality of the present vegetation, especially within rich fens, but also within poor fens. The rich fens with typical brown mosses (group 6) are characterized by a low phosphorus (P) availability,

with P as the limiting factor for primary production. Therefore, rich fens are less sensitive to the eutrophying effect of high N-deposition. Acidification due to high N-deposition, however, does affect rich fens as described earlier. For poor fens and transitional fens (group 1 – 4), P and K are generally not limiting. Therefore, in addition to acidification, eutrophication due to a high N-deposition also plays a significant role here, as it leads to an increase of *Sphagnum* moss biomass. Poor fens in group 3 contain more eutrophic vascular species, possibly due to a higher nutrient availability deeper in the soil.

Possible management measures despite a high N-deposition

High atmospheric N-deposition in the Netherlands leads to accelerated acidification in both rich and poor fens, and to an increased nutrient availability in poor fens. Given the accelerated acidification, and enhanced *Sphagnum* mosses in poor fens as a result of high N-deposition, it seems likely that vegetation succession is also accelerated. Clear differences in succession rates between the nature reserves 'Rottige Meenthe' and 'Nieuwkoopse plassen', that may be related to differences in N-deposition, were found with GIS analysis. Both the field data analysis and the GIS-analysis in this study showed that incidental and local hydrological measures have a positive impact on vegetation development. Conservation or development of base-rich fens might be enhanced by management measures as long as they compensate for the acidifying effect of continued high N-deposition rates. To do so, management measures should aim at the restoration of hydrology and buffering of the soil, via the supply and infiltration of Ca- and HCO₃⁻ rich groundwater or surface water. In addition, it is important that P-concentrations are sufficiently low (<1 µmol/L), and Ca and HCO₃⁻ concentrations in the surface water should be high enough to provide sufficient buffering (resp. 2000 and 4000 µmol/L).

For poor fens the continued high N-deposition rates lead to both acidification and eutrophication. Several measures to restore the buffer capacity in the soil are already taken in various Dutch peatlands, such as local inundation, supply of surface water by, for example, small ditches or drains, or by raising (ground)water levels. However, success of these measures varies per location, area and region. Earlier OBN-research showed that this is largely related to the amount of infiltrating buffered water in the peat soil, which in turn is related to local hydrology, peat characteristics, seasons, and the weather (via precipitation and evaporation).

Another possible measure is top soil removal, which may lead to relatively higher groundwater levels and thus more buffered conditions in the soil, and immediately resets the vegetation succession into pioneer stage. The open conditions that are created by this measure may be beneficial for mosses, and the supply of sufficiently buffered, relatively nutrient-poor water may potentially lead to the development of young successional stages. However, variable long-term results on effectiveness have been found in field experiments. Furthermore, no clear conclusions about the effects of top soil removal can be drawn from this correlative study as this requires specific experiments.



Supply of surface water by small ditches in nature reserve 'Het Hol' (photo G. van Dijk)

Since nutrient availability is an important factor for the quality of rich and poor fens, this should always be taken into account for management. Especially if hydrological conditions are sufficient, nutrient management will be a necessary addition. In almost all study sites in the Dutch peatlands, mowing management is applied to remove nutrients and to slow down succession. Mowing in summer (July to September) leads to a higher discharge of nutrients from the system than mowing in winter and autumn. Moreover, summer mowing promotes moss biomass, while biomass of vascular plants remains relatively low. This may promote

the preservation or development of (characteristic) moss species and to slow down vegetation succession rates. However, according to the GIS study mowing does not seem to have a direct influence on the succession rate from rich fens towards poor fens, which is probably due to high acidification rates in the Netherlands. Nevertheless, a mowing regime is an essential measure to prevent growth and dominance of tree species, and summer mowing is more beneficial than winter mowing.

The results presented in this OBN-report can be useful to estimate effective and possible measures for future management of Dutch rich fens and poor fens by performing research at a local and regional level. In addition, it may help to predict which areas in nature reserves have the best potential for restoration or development of rich- and poor fens. In this way, management measures can be used in a cost-efficient manner, especially with the ongoing high atmospheric N-deposition levels in the Netherlands that still require additional management efforts to enhance development and restoration of rich- and poor fens.

Dankwoord

Dit rapport is tot stand gekomen met financiering van het Kennisnetwerk Ontwikkeling en Beheer Natuurkwaliteit (OBN). Wij danken hen hartelijk voor de financiële bijdragen. In het bijzonder willen wij graag het Deskundigenteam Laagveen- en Zeekleilandschap van OBN bedanken voor hun bijdrage aan de totstandkoming van deze eindrapportage.

Bovendien hebben er, naast de auteurs en consortiumleden van dit project, vele mensen meegewerkt aan en meegedacht over dit onderzoek. Daarom willen we graag even stil staan bij eenieder die dit onderzoek mogelijk heeft gemaakt en/of eraan heeft bijgedragen. Voor de uitvoering van dit OBN-onderzoek zijn veel van de Nederlandse laagveengebieden in Nederland bezocht, waar vrijwel overal een ander team van landeigenaren en beheerorganisaties actief zijn. Daarom willen we alle betrokken personen graag apart bedanken voor het verlenen van toegang tot hun gebieden, voor de antwoorden en hulp bij beheersvragen, voor de hulp bij het selecteren van geschikte locaties en soms zelfs bij het uitvoeren van ons veldwerk! Hartelijke dank aan: Germ van den Burg, Fokke Jan de Jong, Sietske Rintjema en Anton Huitema van It Fryske Gea en familie Postma (Alde Feanen), Roel Vriesema, Berco Hoegen, Emiel Beijck en Alexander Rozema van Staatsbosbeheer (Rottige Meenthe), Jakob Hanenburg en Henk Hut van Staatsbosbeheer (de Mieden), Jeroen Bredenbeek en Piet Nijmeijer van Staatsbosbeheer (Weerribben, Olde Maten en Stadsgaten van Hasselt), Rosalie Martens, Ronald Messemaker en Bart de Haan van Natuurmonumenten (Wieden), Bert van Dijk en Jan Verkerk van Staatsbosbeheer (Westbroekse Zodden), Erik de Haan en Jurjen Annen van Natuurmonumenten (Tienhoven, Botshol en Het Hol), Annemieke Ouwehand van Natuurmonumenten (Naardermeer), Jelle Abma en Martin Witteveldt van Landschap Noord-Holland (Ilperveld), Miriam ten Haaf en Hessel Zoer van Natuurmonumenten (Wormer- en Jisperveld), Martijn van Schie en Willem Wansick van Natuurmonumenten (Nieuwkoopse plassen en de Haeck), Michel Krol van Groninger Landschap (Zuidlaardermeer), Jacob de Bruin van Natuurmonumenten (Onlanden), Frank Klinge, Wanda Floor-Zwart en Allard van Leerdam van Staatsbosbeheer (Binnenveld; Bennekomse Meent en de Hel), en tot slot Hans Backx van Staatsbosbeheer (Langstraat).

Voor de initiele keuze van de onderzoeklocaties waren vegetatiekarteringen en gebiedsdocumenten van groot belang welke we hebben verkregen via Nelleke Cornips (Natuurmonumenten) en Rutger Zeijpveld (Staatsbosbeheer), dank hiervoor. Bovendien gaat onze hartelijke dank uit naar Erik Noorddijk en Addo van Pul van RIVM, van wie we de gedetailleerde dataset van geaccumuleerde N-depositie waarden in Nederland hebben mogen ontvangen om te gebruiken voor dit onderzoek. Ook zouden we graag de mensen bedanken die hun waardevolle onderzoeksdata hebben gedeeld om extra mee te nemen in dit onderzoek, aanvullend op de extra data die beschikbaar was via onze eigen consortiumleden. Hiervoor danken wij Willem-Jan Emsens, Camiel Aggenbach en Ruurd van Diggelen voor trilveendata in Nederlandse beekdalen, Pawell Pawlikowski en Jeroen Geurts voor buitenlandse trilveen referentiedata verzameld in Polen.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding onderzoek

Het Nederlandse laagveengebied vormt een zwaartepunt in het NW-Europese laagland voor trilvenen (H7140A) en veenmosrietlanden (H7140B). Verscheidene van deze laagveengebieden zijn aangewezen als Natura 2000-gebied. Voor deze gebieden zijn beheerplannen opgesteld met als doelstelling het behoud of verbetering van de natuurdoelen. Het landelijk en Europese doel van Natura 2000 is om de aanwezige habitattypen en soorten in een gunstige staat van instandhouding te houden of te brengen, terwijl er voor veel gebieden nu nog verslechtering dreigt. Hiervoor bestaan meerdere oorzaken, waarvan de te hoge atmosferische stikstof (N) belasting een belangrijke is. Het voorliggend onderzoek is opgezet naar aanleiding van kennislacunes in het kader van Natura 2000 en Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) omtrent trilvenen en veenmosrietlanden, ten behoeve van het behoud en mogelijke uitbreiding van het habitatype Overgangs- en trilvenen (H7140).

De PAS is opgesteld om de achteruitgang van biodiversiteit en beschermde habitattypen in Natura 2000-gebieden te stoppen en waar mogelijk te herstellen via verlaging van de atmosferische N-depositie en het uitvoeren van herstel- en beheermaatregelen in de natuurgebieden. Dit herstel is echter alleen mogelijk wanneer er voldoende inzicht is in de effecten van bepaalde depositieniveaus op specifieke habitattypen, en vooral in de effecten van maatregelen hierop. Zonder deze kennis kunnen de PAS-maatregelen onmogelijk op een ecologisch- en economisch effectieve wijze worden uitgevoerd. In het laagveen- en zeekleigebied zijn voor het habitatype Overgangs- en trilvenen in totaal 16 herstelmaatregelen opgesomd, waarvan slechts 7 maatregelen zijn bewezen. Bij de bewezen maatregelen gaat het feitelijk maar om twee zaken: het verbeteren van de oppervlaktewaterkwaliteit en het vermijden van verbossing (**Van Dobben et al. 2010a; 2010b**). Dat houdt in dat voor meer dan 50% van de PAS-maatregelen nog onvoldoende kennis beschikbaar is. Het betreft niet alleen inzicht in mogelijke effecten van de maatregelen, maar ook inzicht in de sturende factoren en processen in de overgangs- en trilvenen. De effecten van maatregelen zullen per situatie verschillen door verschillen in N-depositie, maar met name ook door verschillen in lokale standplaatscondities. Door deze kennishiaten is het momenteel moeilijk om het effect van specifieke maatregelen op specifieke locaties in overgangs- en trilvenen te voorspellen.

1.2 Doel van het onderzoek

Het doel van dit OBN-onderzoek is om de rol van stikstofdepositie in trilvenen en veenmosrietlanden beter te begrijpen, en in hoeverre de Natura 2000 doelen bij de huidige en in de nabije toekomst te verwachten stikstof (N) depositie haalbaar zijn. Ook de rol die andere factoren daarbij spelen is van groot belang, waarbij gedacht moet worden aan o.a. nutriëntenhuishouding (zoals fosfor), grondwaterstand en basenhuishouding in de bodem. In het onderzoek worden tevens beheermethoden geëvalueerd, waarmee de doelen mogelijk makkelijker behaald kunnen worden. Het uiteindelijke doel is een effectiever en efficiënter beheer van verlandingsvegetaties met als resultaat het behoud, en mogelijk uitbreiding, van het habitatype Overgangs- en trilvenen (H7140) met een hogere biodiversiteit.

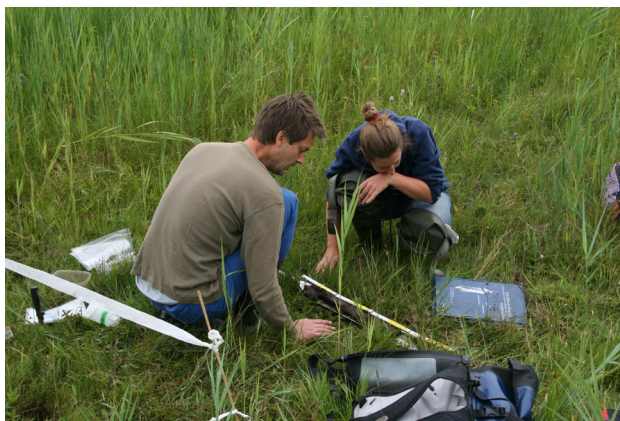
1.3 Onderzoeksvragen

Elk van de onderstaande onderzoeksvragen zullen in de volgende hoofdstukken aan bod komen in deze rapportage:

- Welke biotische kwaliteit van overgangs- en trilvenen is in de Nederlandse laagveengebieden aanwezig?
- Is er een relatie tussen de biotische kwaliteit en de abiotiek (o.a. stikstofdepositie) van de standplaats?
- Is er een relatie tussen de (a)biotische kwaliteit en het gevoerde beheer?
- Zijn er aanwijsbare verschillen in de snelheid en het verloop van de successie?
- Welke beheermaatregelen hebben welke effecten en zijn onder welke omstandigheden het beste toepasbaar?

1.4 Aanpak en strategie

De huidige kwaliteit en ontwikkeling van overgangs- en trilvenen in Nederlandse laagveengebieden (o.a. Natura 2000) in relatie tot atmosferische N-depositie, standplaatsfactoren en beheer is onderzocht met behulp van een inventariserend veldonderzoek. Er is een landelijke analyse uitgevoerd naar de huidige diversiteit en standplaatscondities in Trilvenen en Veenmosrietlanden in gebieden waar deze subhabitattypen een instandhoudingsdoelstelling hebben. Dit onderzoek is over een periode van 2 jaar (2015 & 2016) uitgevoerd en aangevuld met data uit recent onderzoek in Nederlandse gebieden die niet in deze studie konden worden meegenomen. De Nederlandse dataset is bovendien vergeleken met referentiedata uit het buitenland waar de stikstofdepositie nog een stuk lager is dan in Nederland.



Uitvoering monsternamen in de Rottige Meenthe (foto G. van Dijk)

Tevens is er een casestudy uitgevoerd voor twee Nederlandse laagveen- gebieden met behulp van GIS om te onderzoeken hoe de successie van trilvenen en veenmosrietlanden is verlopen in de afgelopen decennia onder invloed van stikstofdepositie en maaibeheer. De bestaande kennis over de effecten van onder andere N-depositie op de ontwikkeling van trilvenen en veenmosrietlanden en het gebruik van specifieke herstel- en beheermaatregelen is geëvalueerd d.m.v. een literatuurstudie en interviews met natuurbeheerders.

1.5 Onderzoeksteam

Dit kennisoverzicht 'Onderzoek naar de effecten van stikstof in overgangs- en trilvenen Ten behoeve van het behoud en herstel van habitattypen H7140 (Natura 2000)' is opgesteld in het kader van het kennisnetwerk Ontwikkeling en Beheer Natuurkwaliteit (OBN). Het OBN-netwerk werkt aan de volgende thema's: Herstel en beheer natuurgebieden, ontwikkeling PAS-herstelstrategieën, soortgericht beheer en het Natuurnetwerk Nederland. Het Kennisnetwerk OBN heeft per landschapstype een deskundigenteam (DT) als fundament. Dit kennisdocument is tot stand gekomen in opdracht en onder begeleiding van het Deskundigenteam Laagveen- en Zeekleilandschap. Het OBN-onderzoek naar de rol van

effecten van stikstof in overgangs- en trilvenen is uitgevoerd door een consortium van onderzoekcentrum B-WARE, Witteveen+Bos, de Universiteit van Amsterdam, de Radboud Universiteit Nijmegen, Royal Haskoning DHV, Van Hall Larenstein (door overstap oud-Altenburg&Wymenga-medewerker Jasper van Belle), Altenburg & Wymenga (Tabel 1.1).

Tabel 1.1. De samenstelling van het projectteam.

Table 1.1. Composition of the project team.

Naam	Organisatie	Deskundigheid, rol in het project
dr. C. Cusell	Witteveen+Bos	Fysisch geograaf, ecooloog
dr. J.M.H. van Diggelen	B-WARE	Biogeochemicus, ecooloog
drs. G. van Dijk	B-WARE	Biogeochemicus, ecooloog
prof. dr. A.J.P. Smolders	B-WARE / RU	Biogeochemicus, ecooloog, kwaliteitsborging RU
dr. R. Bobbink	B-WARE	Biogeochemicus, ecooloog, expert N-depositie
mw. dr. A.M. Kooijman	UvA	Landschapsecoloog, kwaliteitsborging UvA
drs. J. van Belle	Van Hall Larenstein	Landschapsecoloog
drs. T. van den Broek	Royal Haskoning DHV	Landschapsecoloog
drs. I.S. Mettrop	Altenburg & Wymenga	Fysisch geograaf, ecooloog
prof. dr. L.P.M. Lamers	RU	Biogeochemicus, kwaliteitsborging RU

1.6 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 wordt eerst een theoretische achtergrond gegeven over de bestaande kennis en problematiek over atmosferische stikstofdepositie, specifiek met betrekking tot trilvenen en overgangsvenen. Vervolgens wordt in Hoofdstuk 3 beschreven wat de huidige status en kwaliteit is van de Nederlandse Overgangs- en Trilvenen gebaseerd op de uitkomsten in dit onderzoek. In Hoofdstuk 4 worden de effecten van diverse factoren, zoals stikstofdepositie en standplaatsfactoren, en het belang van deze factoren op de biotische kwaliteit van Overgangs- en Trilvenen in Nederland geanalyseerd en uitgelegd. In Hoofdstuk 5 worden de mogelijke effecten van huidige beheermaatregelen besproken, waarbij wordt afgewogen wat mogelijk de meest effectieve en succesvolle maatregelen zijn die getroffen kunnen worden ten behoeve van de instandhouding en verbetering van Overgangs- en Trilvenen. In Hoofdstuk 6 wordt aan de hand van praktijkvoorbeelden geanalyseerd en beschreven hoe de verschillende vegetatietypen in elkaar kunnen overgaan, en welk effect stikstofdepositie en beheer hierop heeft. Tot slot wordt alle informatie die beschreven staat in de voorgaande hoofdstukken samengenomen en bediscussieerd in Hoofdstuk 7, om uiteindelijk tot duidelijke en effectieve beheersmogelijkheden te komen voor de Overgangs- en Trilvenen onder de huidige hoge stikstofdepositie in Nederland. Hierbij wordt onderscheidt gemaakt tussen de subhabitattypen 'H7140A - Trilvenen' (slaapmosgedomineerde systemen) en 'H7140B - Veenmosrietlanden' (veenmosgedomineerde systemen).

2 Theoretische achtergrond

2.1 Terminologie habitatype H7140

Over de termen trilveen en veenmosrietland is binnen de ecologische natuurbeheerwereld vaak onduidelijkheid. Beide termen komen voor in de benaming van habitat- en natuurbeheertypen, en helaas zijn de termen binnen deze systemen niet eenduidig gedefinieerd. Door het gebruik van verschillende methodieken in het voorliggende onderzoek wordt ook in deze rapportage niet op een eenduidige wijze omgegaan met de termen trilveen en veenmosrietland. Om misverstanden te voorkomen, wordt hier omschreven wat onder beide termen wordt verstaan in de verschillende hoofdstukken.

In de hoofdstukken 2 tot en met 5 worden de termen trilveen en veenmosrietland gebruikt bij vegetatiegroepen die volgen uit een clusteranalyse van de verzamelde vegetatie-opnames in dit onderzoek. Deze vegetatiegroepen staan beschreven in paragraaf 3.3.1, en kunnen dus afwijken van de definities voor het vegetatie- of subhabitatype zoals die binnen Natura 2000 zijn gedefinieerd (Vegetatie van Nederland). Er is bewust gekozen voor het gebruik van deze onderscheiden vegetatiegroepen nadat ze zijn vergeleken met de vegetatietypen die volgden uit de Associa-analyse, de motivatie hiervoor staat beschreven in paragraaf 3.3.2.

In met name hoofdstuk 6 worden wel de definities voor de associaties en (sub)habitattypen gebruikt zoals ze beschreven worden in de Vegetatie van Nederland. Wanneer het definities van (sub)habitattypen betreft in de tekst staat het expliciet genoemd, bovendien zijn deze altijd met hoofdletter geschreven in de gehele rapportage. Onderstaande tekst beschrijft de kenschets van het habitatype en de subhabitattypen (**Natura 2000 profielen, september 2014**).

2.1.1 Habitatype Overgangs- en trilvenen (H7140)

Het habitatype H7140 betreft soortenrijke veenvormende vegetaties van betrekkelijk voedselarme tot matig voedselrijke omstandigheden. De plantengemeenschappen van de Overgangs- en trilvenen vormen ontwikkelingsstadia in de verlanding die begint in het open water van sloten, plassen en petgaten (**den Held et al., 1992; Schaminée et al., 1995; Loeb et al., 2016**). In Nederland komen ze vooral voor in het laagveengebied. Verder kunnen Overgangs- en trilvenen ook ontstaan in veenvormende systemen in de middenlopen van beekdalen, op de overgangen van de hogere (pleistocene) zandgronden naar laagveen en in zeekleilandschappen. Uitgaande van het verlandingsproces worden de Overgangs- en trilvenen van dit habitatype voorafgegaan door begroeiingen van het open water, zoals drijftil- en krabbenscheer-gemeenschappen (habitatype H3150). De Overgangs- en trilvenen worden in de successiereeks opgevolgd door struweel of bos, en onder bepaalde omstandigheden ook door moerasheiden (habitatype H4010). Veenmosrietland dat is dichtgegroeid met wilgen, berken of elzen behoort niet tot het habitatype, alhoewel de soorten van trilvenen en veenmosrietlanden hier nog wel plaatselijk met lage bedekkingen aanwezig kunnen zijn. Verzuring die door toenemende regenwaterinvloed en vestiging van veenmossen aan de oppervlakte begint, is een natuurlijk proces in laagveensystemen. Daarbij wordt de vegetatiemat heel geleidelijk dikker en eenvormiger en gaan Trilvenen, subtype A, over in Veenmosrietland, subtype B, of Moerasheide, habitatype H4010B Vochtige heiden (laagveengebied). Voor zowel het subhabitatype Trilvenen (H7140A) als Veenmosrietlanden (H7140B) zijn een aantal typische plantensoorten (mossen en vaatplanten) vastgelegd in profielfragmenten (tabel 2.1).

Tabel 2.1. Typische soorten voor de subhabitattypen H7140A (Trilvenen) en H7140B (Veenmosrietlanden). Voor de kolom met categorie geldt: K = karakteristieke soort; Ca = constante soort goede abiotische toestand; E = exclusieve soort (Bron en uitleg: Profieldocument H7140 Overgangs- en trilvenen).

Table 2.1. Typical species for subhabitat types H7140A (Rich fens) and H7140B (Poor fens). In the column 'Categorie': K = characteristic species; Ca = constant species for good abiotic conditions; E = exclusive species (Source: profieldocument H7140 Overgangs- en trilvenen).

H7140_A (TV)

Soort	NL naamgeving	Categorie
Riccardia multifida	Gevind moerasvorkje	K
Rhizomnium pseudopunctatum	Kwelviltsterrenmos	K
Scorpidium scorpioides	Rood schorpioenmos	K
Sphagnum contortum	Trilveenveenmos	K
Carex diandra	Ronde zegge	K + Ca
Eriophorum gracile	Slank wollegras	E
Hammarbya paludosa	Veenmosorchis	K

H7140_B (VMR)

Soort	NL naamgeving	Categorie
Pallavicinia lyellii	Elzenmos	K
Sphagnum subnitens	Glanzend veenmos	Ca
Dryopteris cristata	Kamvaren	Ca
Drosera rotundifolia	Ronde zonnedaauw	Ca
Hammarbya paludosa	Veenmosorchis	K

2.1.2 Subtype H7140A Overgangs- en trilvenen (Trilvenen)

Trilvenen bestaan uit mosrijke, vaak op het water drijvende, plantenmatten. Van de vaatplanten voeren schijngrassen de boventoon en in de moslaag domineren slaapmossen. In trilvenen kunnen zeldzame orchideeën groeien.



V.I.n.r. Rood schorpioenmos; Groenknolorchis; Waterdrieblad, Wateraardbei en Holpijp; Rietorchis met Sint-Jans vlinder (foto's G. van Dijk)

Tabel 2.2. Overzicht van vegetatietypen die behoren tot het subhabitatype H7140A (trilvenen), en de beperkende criteria die daarvoor gelden. Per vegetatietype is aangegeven of het een goede of matige kwaliteit van het habitatype vertegenwoordigt (bron en uitleg: profieldocument H7140 Overgangs- en trilvenen).

Table 2.2. Overview of the vegetation types that belong to subhabitatype H7140A (rich fens), and the limiting criteria. Per vegetation type is indicated whether it is a good (G) or poor (M) quality (source: profieldocument H7140 Overgangs- en trilvenen).

H7140_A Overgangs- en trilvenen (*trilvenen*)

Code vegetatie - type	Nederlandse naam vegetatietype	wetenschappelijke naam vegetatietype	Goed/Matig	beperkende criteria	alleen in mozaïek
8-RG6-[8B]	Rompgemeenschap met Holpijp van de Riet-orde	<i>RG Equisetum fluviatile-Phragmitetalia</i>	G		alleen in mozaïek met zelfstandige vegetaties van H7140_A
8-RG7-[8B]	Rompgemeenschap met Padderus van de Riet-orde	<i>RG Juncus subnodulosus-Phragmitetalia</i>	G		alleen in mozaïek met zelfstandige vegetaties van H7140_A
9Aa3a	Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge (typische subassociatie)	<i>Carici curtae-Agrostietum caninae typicum</i>	G	mits in kwelgebied	
9Aa3b	Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge (subassociatie met Ronde zegge)	<i>Carici curtae-Agrostietum caninae caricetosum diandrae</i>	G	mits geen onderdeel van H7110_A	
9Ba1	Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge	<i>Scorpidio-Caricetum diandrae</i>	G		
9-RG2-[9Aa]	Rompgemeenschap met Zwarte zegge en Moerasstruisgras van het Verbond van Zwarte zegge	<i>RG Carex nigra-Agrostis canina-Caricion nigrae</i>	M		alleen in mozaïek met zelfstandige vegetaties van H7140_A
10-RG2-[10]	Rompgemeenschap met Snavelzegge van de Klasse der hoogveenslenken	<i>RG Carex rostrata-Scheuchzerietea</i>	M		alleen in mozaïek met zelfstandige vegetaties van H7140_A
10-RG3-[10]	Rompgemeenschap met Veenpluis en Veenmos van de Klasse der hoogveenslenken	<i>RG Eriophorum angustifolium-Sphagnum-Scheuchzerietea</i>	M		alleen in mozaïek met zelfstandige vegetaties van H7140_A
SBB-09/c	DG Gewoon haarmos-[Klasse der kleine Zeggen]	<i>DG Polytrichum commune-Parvocaricetea</i>	M		alleen in mozaïek met zelfstandige vegetaties van H7140_A
SBB-09B2a	Associatie van Draadzegge en Veenpluis, typische subassociatie	<i>Eriophoro-Caricetum lasiocarpae typicum</i>	G	mits in kwelgebied en niet in vennen	
SBB-09B-b	RG Waterdrieblad-[Verbond van Draadzegge]	<i>RG Menyanthes trifoliata-Caricion lasiocarpae</i>	G	mits in kwelgebied	

SBB-09-f	RG Snavelzegge-Wateraardbei-[Klasse der kleine Zeggen]	RG <i>Carex rostrata-Potentilla palustris-[Parvocaricetea]</i>	G	mits in kwelgebied	
SBB-09-i	RG Pijpestrootje-Gewoon veenmos-[Klasse der kleine Zeggen/Verbond van Biezenknoppen en Pijpestrootje]	RG <i>Molinia caerulea-Sphagnum palustre-[Parvocaricetea/Junc-Molinion]</i>	M		alleen in mozaïek met zelfstandige vegetaties van H7140_A

2.1.3 Subtype H7140B Overgangs- en trilvenen (Veenmosrietland)

Veenmosrietlanden ontwikkelen zich met verdere stabilisering van de veenlaag. Kenmerkend is een gesloten moslaag met dominantie van veenmossoorten, een varenrijke kruidlaag en een ijle rietlaag.



V.l.n.r. Gewoon veenmos en Fraai veenmos; Kamvaren; Ronde zonnedaauw; Veenmosorchis (foto's G. van Dijk)

Tabel 2.3. Overzicht van vegetatietypen die behoren tot het subhabitatype H7140B (veenmosrietland), en de beperkende criteria die daarvoor gelden. Per vegetatietype is aangegeven of het een goede of matige kwaliteit van het habitatype vertegenwoordigt (bron en uitleg: profielfdocument H7140 Overgangs- en trilvenen).

Table 2.3. Overview of the vegetation types that belong to subhabitatype H7140B (poor fens), and the limiting criteria. Per vegetation type is indicated whether it is a good (G) or poor (M) quality (source: profielfdocument H7140 Overgangs- en trilvenen).

H7140_B Overgangs- en trilvenen (veenmosrietlanden)

Code vegetatie-type	Nederlandse naam vegetatietype	wetenschappelijke naam vegetatietype	Goed/Matig	beperkende criteria	alleen in mozaïek
9Aa2	Veenmosrietland	<i>Pallavicinio-Sphagnetum</i>	G		
9-RG2-[9Aa]	Rompgemeenschap met Zwarte zegge en Moerasstruisgras van het Verbond van Zwarte zegge	RG <i>Carex nigra-Agrostis canina-[Caricion nigrae]</i>	M		alleen in mozaïek met zelfstandige vegetaties van H7140_B

10-RG3-[10]	Rompgemeenschap met Veenpluis en Veenmos van de Klasse der hoogveenslenken	RG <i>Eriophorum angustifolium-Sphagnum-[Scheuchzerietea]</i>	M	mits in FGR Laagveengebied	
16Ab3	Associatie van Echte koekoeksbloem en Gevleugeld hertshooi	Lychnido-Hypericetum tetrapterii	G		alleen in mozaïek met zelfstandige vegetaties van H7140_B
SBB-09/c	DG Gewoon haarmos-[Klasse der kleine Zeggen]	DG <i>Polytrichum commune-[Parvocaricetea]</i>	M		alleen in mozaïek met zelfstandige vegetaties van H7140_B
SBB-09-i	RG Pijpestrootje-Gewoon veenmos-[Klasse der kleine Zeggen/Verbond van Biezenknoppen en Pijpestrootje]	RG <i>Molinia caerulea-Sphagnum palustre-[Parvocaricetea/Junc-Molinion]</i>	M		alleen in mozaïek met zelfstandige vegetaties van H7140_B

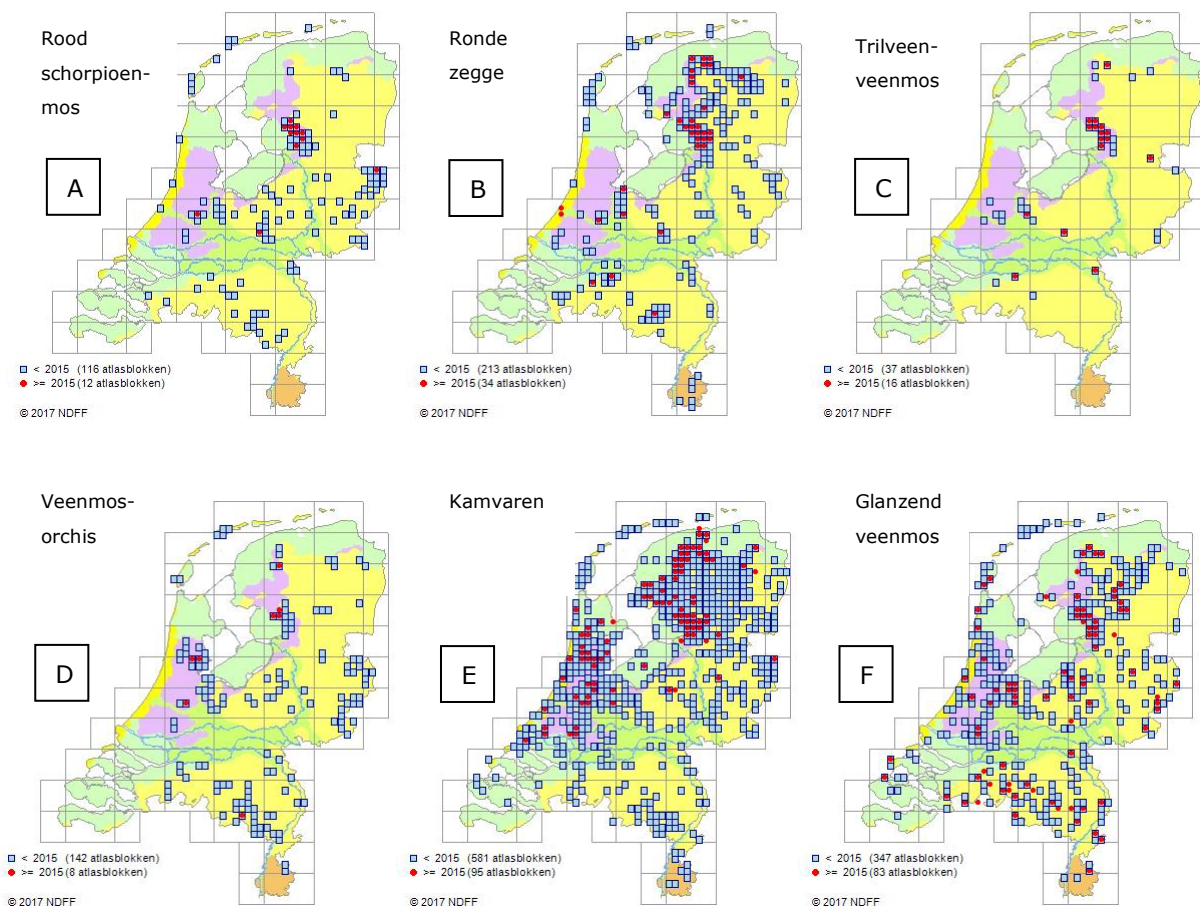
2.2 Vegetatie en successie in overgangsvennen

De actuele totale oppervlakte in Nederland aan voorkomende overgangs- en trilvenen (H7140A en B) wordt geschat op circa 15 km², waarbij het oppervlakte in de afgelopen 60 jaar is afgenomen met 0,8% per jaar (**Bijlsma et al., 2014**). Oorspronkelijk kwam trilveen voor in laagvenen en in beekdalen onder invloed van een sterke toestroom van grondwater. In de veengebieden van Noord-Holland, Zuid-Holland en Utrecht, de noordelijke Gelderse Vallei, Noordwest-Overijssel, Friesland en Groningen stonden polders in de winter en het vroege voorjaar vaak onder water. Het ging hierbij om een mengsel van gebiedseigen grond- en regenwater en oppervlaktewater uit veenbeken en kleine rivieren. Behalve overstrooming trad in sommige delen van het laagveengebied van nature ook kwel op met name op de overgang van de hogere zandgronden naar het laagveengebied, vergelijkbaar met de randen van beekdalen in het zandlandschap.

Tegenwoordig komt Trilveen (Zegge-slaapmostrilveen, met als centrale plantengemeenschap het *Scorpidio-Caricetum diandrae*) in het laagveengebied nog voor in verlandende petgaten in zeer zoete laagveenplassengebieden op de grens van holocene met pleistocene gebieden (**Westhoff et al. 1971**), en plaatselijk nog in Beekdalvenen met basenrijke kwel en ondiepe overstroomde laagten in beekdalen in de pleistocene streken. Door strooiselophoping en het dikker worden van de kragge neemt de invloed van regenwater toe en kunnen veenmossen zich vestigen. Hierbij treedt er als gevolg van (lichte) verzuring successie op van Zegge-slaapmostrilveen naar Zegge-veenmostrilveen (behorend tot het *Carici curtae-Agrostietum caninae*, in het bijzonder de subassociatie *caricetosum diandrae*), die ook nog tot Trilveen wordt gerekend. De structuurvariatie en micro-reliëf van poeltjes met waterplanten en bruinmossen tot de wat hogere veenmosbultjes, zorgt voor veel gradiëntrijke overgangen en verklaart de hoge biodiversiteit van gebieden met trilvenen. **Faber et al. (2016)** tonen middels een paleoecologische studie aan dat na vervening c.q. het graven van meer of minder diepe petgaten zich op zowel vaste als op drijvende bodem, trilveenvegetaties kunnen vestigen maar ook op de noodzaak van aanvullende maatregelen zoals inundatie met basenrijk en voedselarm water, om zo de levensduur van trilvenen te verlengen. Bijzonder soortenrijk zijn ook de overgangen van trilveen naar schrale graslanden op vaste(re) bodem. Door verdere verzuring en natuurlijke successie ontstaan er veenmosrietlanden uit Zegge-veenmostrilvenen. Ook veranderingen in de waterkwaliteit, onder andere door minder grondwater invloed en een toenemende invloed van geëutrofeerd boezemwater, hebben

invloed op een (versnelde) successie van trilveen naar veenmosrietland (**Van Wirdum 1991**). Veenmosrietlanden kunnen bovendien ontstaan door successie uit soortenarme riet- of biezingemeenschappen in brakwatervenen (**Weeda et al. 2000**).

Veel karakteristieke soorten voor het subhabitatype Trilvenen (H7140A) als ook voor Veenmosrietlanden (H7140B) zijn in de afgelopen eeuw op heel veel locaties in Nederland flink afgenomen in aantallen en/of abundantie of zelfs volledig uitgestorven. Bepaalde kenmerkende soorten voor Trilvenen zoals *Cinclidium stygium* (Koepelmos), *Helodium blandowii* (Schansmos), *Meesia triquetra* (Veenlangsteelmos), *Paludella squarrosa* (Harlekijnmos) en *Tomentypnum nitens* (Viltnerfmos) zijn verdwenen uit Nederland. In figuur 2.1 worden verspreidingskaarten van een aantal kenmerkende soorten voor respectievelijk Trilvenen en Veenmosrietlanden weergegeven die (nog) wel in Nederland voorkomen. De blauwe tekens geven aan waar de soort voorkwam in Nederland omtrent 1850 en met rode tekens is aangegeven waar dezelfde soort in 2015 nog wordt waargenomen. Met name vanaf 1980 is er een grote achteruitgang van veel soorten waargenomen. Karakteristieke soorten worden veelal vervangen door veel algemenere soorten zoals *Calliergonella cuspidata* (Gewoon puntmos) in Trilvenen, en in de zuurdere Veenmosrietlanden door *Sphagnum palustre* (Gewoon veenmos) en *S. fallax* (Fraai veenmos).

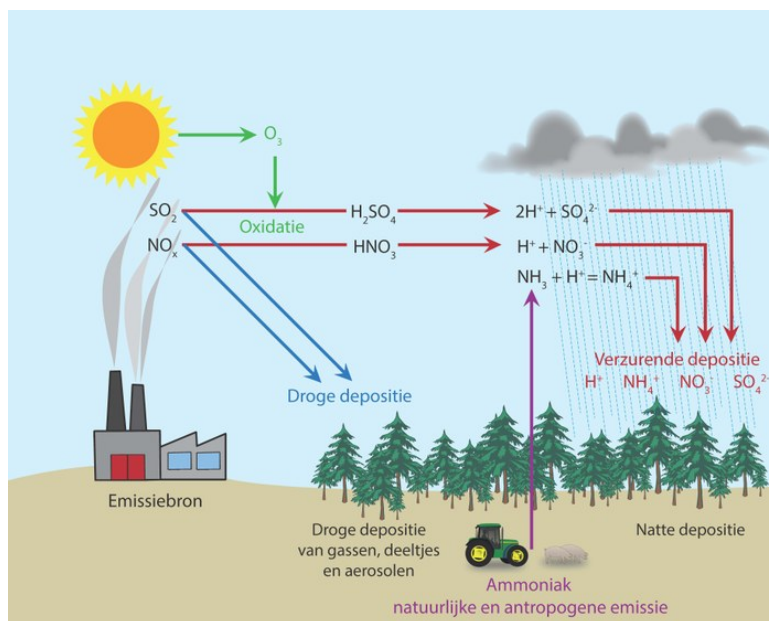


Figuur 2.1. Verspreidingskaarten van karakteristieke trilveensoorten zoals Rood schorpioenmos (A), Ronde zegge (B) en Trilveenveenmos (C), en van karakteristieke veenmosrietlandsoorten zoals Veenmosorchis (D), Kamvaren (E) en Glanzend veenmos (F) in 2015 (rode tekens) vs. 1850 (blauwe tekens, staat in legenda aangegeven als <2015). Bron: BLWG Verspreidingsatlas.

Figure 2.1. Distribution maps of characteristic rich fen species such as *Scorpidium scorpioides* (A), *Carex diandra* (B) and *Sphagnum contortum* (C), and of characteristic poor fen species such as *Hammarbya paludosa* (D), *Dryopteris cristata* (E) and *Sphagnum subnitens* (F) in 2015 (red dots) vs. 1850 (blue signs, indicated in legend as <2015). Source: BLWG Verspreidingsatlas.

2.3 Atmosferische N-depositie

De atmosfeer bestaat voor $\pm 80\%$ uit stikstofgas (N_2). In deze vorm is stikstof (N) niet rechtstreeks beschikbaar voor planten en dieren in de biosfeer, maar wanneer het in een reactieve vorm (geoxideerd of gereduceerd) voorkomt heeft N wel een belangrijke rol in het leven op aarde. Het element N is een essentiële bouwsteen in o.a. eiwitten, en kan via fixatie van N_2 uit de atmosfeer door bacteriën en/of schimmels naar een reactieve vorm worden omgezet zodat het beschikbaar komt voor de biosfeer. Dit is een belangrijke stap in de globale kringloop van N. In de biosfeer is N in zowel organische (ingebouwd in o.a. planten) als anorganische (nitraat: NO_3^- en ammonium: NH_4^+) vorm aanwezig, waarbij N via diverse natuurlijke processen weer terug in de atmosfeer terecht kan komen (als N_2 of als reactieve gasvormige verbindingen zoals N_2O en NH_3). Een aanvullende bron van reactief atmosferisch N is de door de mens geïnitieerde emissie van gereduceerd en geoxideerd N door de verbranding van fossiele brandstoffen, industrie en door emissies vanuit de landbouw. Dit kan in de biosfeer terecht komen via droge depositie van gasen zoals geoxideerd NO_x (stikstofoxiden zoals NO , NO_2 en HNO_3) en N_2O (lachgas) en gereduceerd NH_x (o.a. ammonia), maar ook via natte depositie tijdens regenval (figuur 2.2). Voor de totale N-depositie in Nederland is de bijdrage van droge depositie grofweg 75%, en die van natte depositie 25% (voor zowel NO_x en NH_x) (**Velders et al., 2010**). De uitstoot van geoxideerd reactief N (NO_x) komt vooral uit de verbranding van fossiele brandstoffen, terwijl gereduceerd NH_x vooral van agrarische bronnen afkomstig is (**Erisman & Fowler, 2009**).

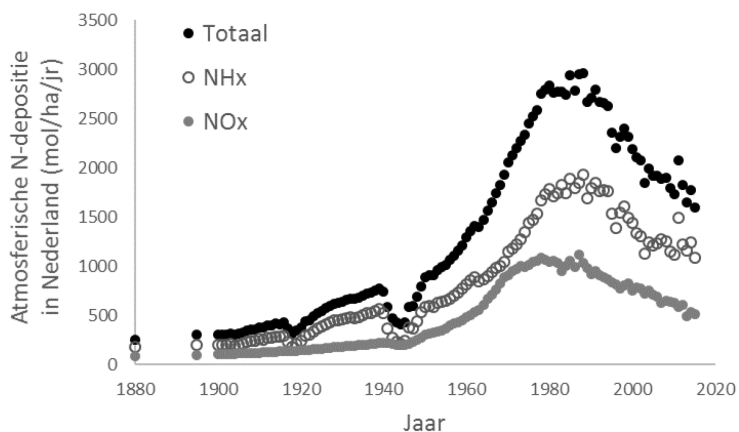


Figuur 2.2. Droge en natte atmosferische depositie van stikstof (en zwavel) die zuren kunnen vormen als ze in contact komen met water of neerslaan op de bodem (Bron figuur: Vlaamse milieumaatschappij).

Figure 2.2. Dry and wet atmospheric deposition of nitrogen (and sulphur) that may form acids when precipitated or in contact with water (source: Vlaamse milieumaatschappij).

In de afgelopen tientallen jaren is er hard gewerkt in Europa om de door de mens beïnvloede uitstoot van reactief N te verminderen. Verschillende componenten in geoxideerde vorm zoals N_2O en NO_x , en de gereduceerde vorm NH_3 zijn in Europa tussen 1990 en 2002 afgenomen met respectievelijk 8%, 30% en 9% (**Erisman & Fowler, 2009**). Het gas N_2O heeft geen direct effect op de biosfeer, maar is wel een belangrijk broeikasgas. Ondanks dat de uitstoot van N_2O (als gevolg van hoge N-depositie) dus een negatief effect heeft op klimaatverandering, zal er in dit onderzoekrapport verder niet op worden ingegaan.

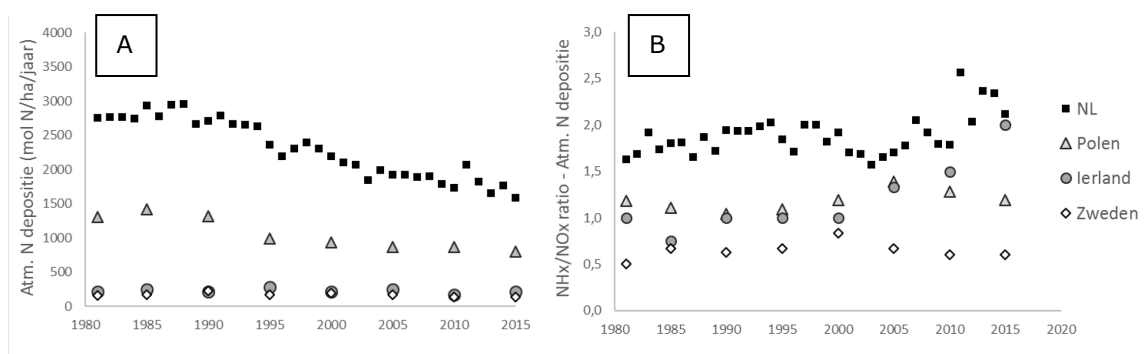
In Nederland heeft er tussen 1945 en 1980 een flinke toename plaatsgevonden in atmosferische N-depositie, waarbij in de jaren 80 het besef kwam dat er serieuze maatregelen genomen moesten worden om de N-depositie terug te dringen. Als gevolg van de genomen maatregelen is er tussen 1980 en 2015 sprake van een behoorlijke afname van de totale atmosferische N-depositie, maar de depositie is nog lang niet terug op het niveau van rond 1900 (figuur 2.3). De afname over de afgelopen 35 jaar is zowel te danken aan het terugdringen van de verbranding van fossiele brandstoffen (51% reductie van NO_x uitstoot) als ook een verminderde uitstoot uit agrarische bronnen (37% reductie van NH_x uitstoot) (data RIVM). De Nederlandse N-depositie is, ondanks de afname, in 2015 nog steeds een stuk hoger dan in andere Europese landen zoals Ierland, Zweden en Polen (figuur 2.4A).



Figuur 2.3. Atmosferische N-depositie in Nederland van 1880 tot en met 2015, weergegeven in totale N-depositie (bijdrage van $\text{NO}_x + \text{NH}_x$; zwarte symbolen), NH_x (open symbolen), NO_x (grijze symbolen). Brongegevens: RIVM.

Figure 2.3. Atmospheric N-deposition in the Netherlands from 1880 until 2015, shown in total N-deposition ($\text{NO}_x + \text{NH}_x$; black symbols), NH_x (open symbols), NO_x (grey symbols). Sources: RIVM.

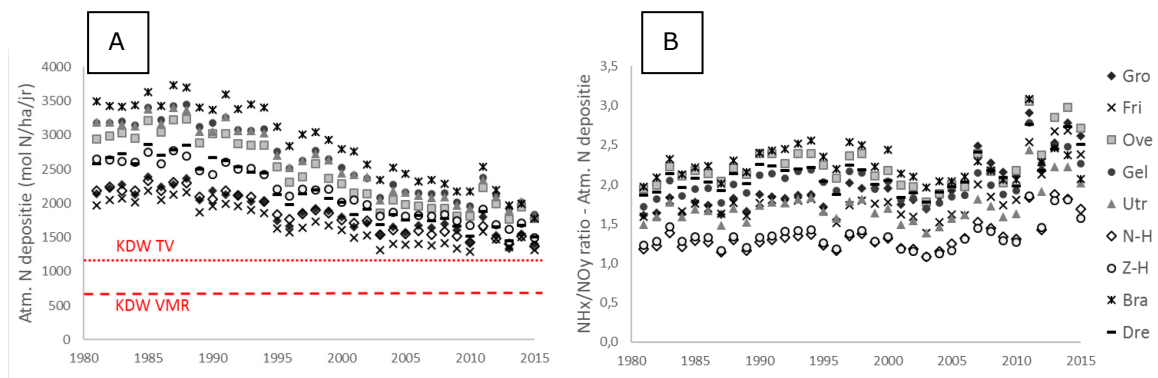
Doordat in Nederland de uitstoot van NO_x relatief sterker is afgenomen dan de uitstoot van NH_x , is er sinds 2005 een toename te zien van de NH_x/NO_x ratio (figuur 2.4B). In Nederland is op dit moment nog ruim 66% van de totale N-depositie aanwezig in de gereduceerde (NH_3 en NH_4^+) vorm. In heischrale vegetaties is aangetoond dat een toename van de NH_x/NO_x ratio leidt tot een afname van doelsoorten (van den Berg et al., 2005), wat mogelijk ook voor het habitatype H7140 zou kunnen gelden. Deze toename van de NH_x/NO_x ratio is ook te zien voor Ierland, en in mindere mate voor Polen en Zweden.



Figuur 2.4. Atmosferische N-depositie (A) en NH_x/NO_x ratio (B) van 1980 tot en met 2015 in Nederland (zwart vierkant), Polen (grijs driehoek), Ierland (grijs rond) en Zweden (wit ruit). Brongegevens: RIVM (NL) en EMEP.

Figure 2.4. Atmospheric N-deposition (A) and NH_x/NO_x ratio (B) from 1980 until 2015 in the Netherlands, Poland, Ireland, and Sweden. Source: RIVM (NL) and EMEP.

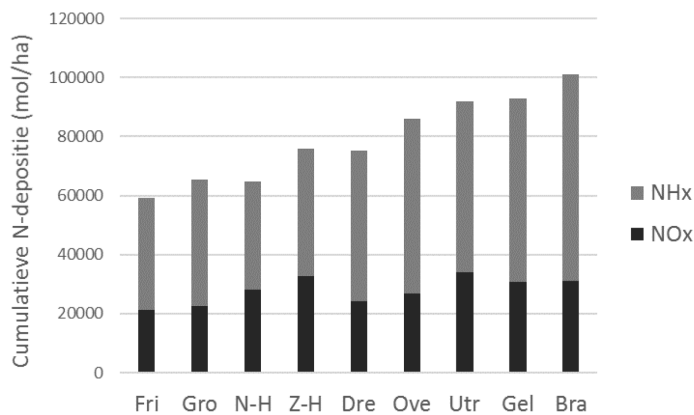
Ondanks de inspanningen en afname van de verschillende reactieve atmosferische N-componenten, zijn de N-depositie waarden voor veel ecosystemen nog steeds (veel) te hoog in Nederland. Om de negatieve effecten van een hoge N-depositie op diverse ecosystemen te beperken, en om tot een vertaling naar beleidsdoeleinden te komen, zijn er voor alle Natura 2000 habitattypen in Nederland kritische depositie waarden voor stikstof vastgesteld (KDW; **Van Dobben et al., 2012**). Boven deze grenzen bestaat het risico dat de kwaliteit van het habitattype significant wordt aangetast als gevolg van de verzurende en/of vermestende invloed van atmosferische N-depositie. Op basis van modellering en expert judgement is de KDW voor de Nederlandse situatie voor het subhabitattype H7140A (Trilvenen) vastgesteld op 17 kg N/ha/jaar (1214 mol N/ha/jr), en voor het subhabitattype H7140B (Veenmosrietlanden) op 10 kg N/ha/jr (714 mol N/ha/jr). De vastgestelde KDW-normen die voor beide subhabitattypen zijn vastgesteld worden heden ten dage nog steeds ruimschoots overschreden, ondanks de afname van de N-depositie die in de afgelopen 35 jaar heeft plaatsgevonden (figuur 2.5A).



Figuur 2.5. Atmosferische N-depositie (A) en NH_x/NO_x ratio (B) van 1980 tot en met 2015 in 9 Nederlandse provincies waar habitattype H7140 voorkomt. Brongegevens: RIVM. KDW = kritische depositie waarde, TV = trilveen, VMR = veenmosrietland.

Figure 2.5. Atmospheric N-deposition (A) and NH_x/NO_x ratio (B) from 1980 until 2015 in 9 provinces in the Netherlands where habitattype H7140 occurs. Source: RIVM. KDW = critical deposition load, TV = rich fen, VMR = poor fen.

De in figuur 2.3 gepresenteerde resultaten zijn de gemiddelde N-depositie waarden van Nederland. Tussen de Nederlandse provincies bestaan er echter ook verschillen in N-depositie (figuur 2.5). Deze variëren in de periode 1980-2015 tussen maximaal 3700 (in Brabant in de jaren 80) en minimaal 1300 mol/ha/jr (in Friesland in 2003). Omdat het habitattype H7140 in 9 verschillende provincies voorkomt, heeft dit habitattype zich in de afgelopen 35 jaar dus ontwikkeld bij verschillende hoeveelheden N-depositie. Daarom zullen we in deze studie, naast de actuele N-depositie waarden, ook kijken naar effecten van de cumulatieve N-depositie (tussen 1980 en 2015) per provincie (figuur 2.6) in combinatie met de huidige kwaliteit van het vegetatietype H7140.



Figuur 2.6. Cumulatieve atmosferische N-depositie waarden (periode 1980-2015) in 9 Nederlandse provincies waar habitattypen H7140 voorkomt. Brongegevens: RIVM.

Figure 2.6. Cumulative atmospheric N-deposition values (period 1980-2015) in 9 provinces in the Netherlands where habitat type H7140 occurs. Source: RIVM.

2.4 Effecten N op biosfeer

Voor trilvenen en overgangsvennen is bekend dat een hoge atmosferische N-depositie door de eutrofiërende, verzurende en/of toxische effecten de successie(snelheid) sterk kan verstoren (Gorham *et al.*, 1987; Gunnarsson *et al.*, 2000; Verhoeven *et al.*, 2010; Kooijman, 2012). Hierdoor kunnen diverse problemen ontstaan of versterkt worden zoals o.a. concurrentie en verschuivingen in dominantie tussen plantensoorten wat leidt tot een afname van de biodiversiteit op zowel leefgemeenschaps- als op gebiedsniveau.

2.4.1 Verzuring

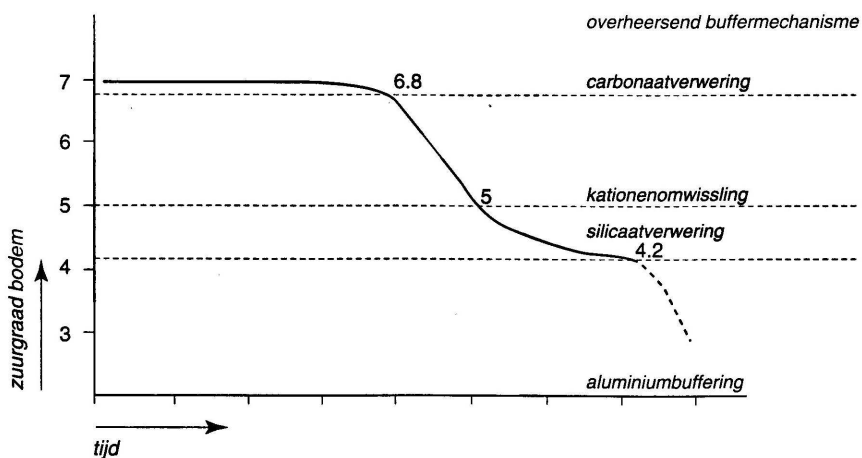
Wanneer er verlanding plaatsvindt door de ontwikkeling van een kragge vanuit open water treedt er als er geen of minder aanvoer van basenrijk water (meer) is van nature een geleidelijke verzuring op, wat gepaard gaat met een verandering in de soortensamenstelling (successie). Als gevolg van hoge atmosferische N-depositie wordt deze natuurlijke verzuring echter versneld, wat o.a. heeft geleid tot een sterke achteruitgang van de jonge successiestadia (trilvenen) (o.a. profieldocument H7140 Overgangs- en trilvenen). Hoewel de N-depositie in de afgelopen decennia al fors is afgenomen, zijn de depositie waarden nog altijd te hoog voor gevoelige vegetatietypen. Depositie van gereduceerd NH_x wordt, wanneer het in de biosfeer terecht komt, geoxideerd tot NO_x, wat leidt tot het vrijkomen van protonen (zuur; H⁺) in de bodem. Omdat in Nederland de atmosferische N-depositie voor ruim 66% bestaat uit de gereduceerde vorm (data RIVM), is het risico op extra verzuring als gevolg van N-depositie dus zeer reëel. De mate van verzuring in de toplaag van veenbodems wordt voornamelijk bepaald door de werking van de aanwezige bufferings-mechanismen, de waterstand en de al dan niet aanwezige toestroom van (basenrijk) grond- en/of oppervlaktewater.

Afhankelijk van de pH-range zijn er verschillende mechanismen bekend waarmee de toevoer van protonen gebufferd kunnen worden (figuur 2.7). Boven een pH van 6,8 vindt er buffering plaats doordat zuur reageert met kalk (CaCO₃) dat in de bodem aanwezig is. Bij dit proces wordt er calcium (Ca) en bicarbonaat (HCO₃) gevormd, welke oplossen in het grondwater en kunnen uitspoelen. Als het kalkgehalte in een bodem lager is of wordt dan ca. 0,3%, is de buffercapaciteit door carbonaatverwerking nagenoeg afwezig. Dit is voor veel Nederlandse veenbodems het geval. Nederlandse veenbodems kunnen echter wel heel basisch zijn, waarbij HCO₃ concentraties doorgaans relatief hoog zijn onder natte omstandigheden omdat het wordt geproduceerd bij reductieprocessen. Ook kan er toevoer van HCO₃ plaatsvinden

door opkwellend grondwater of overstrooming met oppervlaktewater, waarbij bovendien Ca (of andere basische kationen) worden aangevoerd.

Boven een pH van 6 vindt er vooral buffering door het aanwezige HCO_3^- plaats in de bodem. Wanneer de bodem pH tussen 6 en 4,2 ligt, wordt het buffermechanisme steeds meer bepaald door de kationenuitwisseling met het bodemadsorptiecomplex. Onder pH 5 is er geen HCO_3^- meer in oplossing (maar is anorganisch koolstof aanwezig in de vorm van CO_2), tussen pH 6 en 5 vindt er een overgang plaats waarbij zowel het HCO_3^- als het kationuitwisselings-buffermechanisme een rol spelen. De buffering door kationenuitwisseling is een snel proces, maar de capaciteit wordt steeds verder verlaagd door de binding van protonen aan het bodemcomplex. De aanvoer van kationen kan hierbij dus een belangrijke rol spelen om het bodemcomplex weer op te laden en (te sterke) verzuring te voorkomen.

In kalkloze gronden wordt er bij $\text{pH} < 6,5$ ook buffercapaciteit gegenereerd door de verwerking van silicaatmineralen, maar deze reactie verloopt veel langzamer en speelt in veenbodems sowieso een ondergeschikte rol. Voor verzuring lijkt dit proces op korte termijn (duurt jaren, zo niet decennia) daarom niet zo belangrijk. Onder een pH van ongeveer 4,5 is de aluminiumbufferrange het volgende mechanisme. Hierbij komt steeds meer aluminium (Al) in de bodemoplossing terecht, terwijl Al bij een hogere pH vrijwel alleen in niet-opgeloste vorm in de bodem aanwezig is. Ook andere metalen kunnen in oplossing gaan wanneer de pH lager wordt dan 4. Ook dit buffermechanisme speelt een ondergeschikte rol in laagveengebieden omdat de pH meestal (nog) niet onder 4,5 komt.



Figuur 2.7. Schematisch verloop van de pH (zuurgraad) met de bijbehorende buffer-mechanismen in een kalkrijke bodem tijdens toevoeging van zuur (bron: naar **Ulrich, 1981**).

Figure 2.7. Schematic overview of the pH drop in time, with the corresponding buffer mechanisms in a calcium-rich soil during the addition of acid (source: by Ulrich, 1981).

Los van het direct verzurende effect van N-depositie op de veenbodem, kan het ook extra verzuring stimuleren via het zuuruitwisselingsmechanisme in veenmossoorten, die protonen kunnen uitwisselen tegen andere kationen (**Clymo 1963, 1973; Kooijman & Bakker 1994; Kooijman, 2012**). Veenmossen kunnen grote hoeveelheden organische zuren produceren die ook als kationuitwisselingsplaats dienen, en daarmee protonen afgeven aan de omgeving. Dit zal als een extra bron van protonen en dus verzuring vormen. Wanneer veenmossen zich als gevolg van een initiële verzuring vestigen in de vegetatie kan hierdoor de verzuring worden versneld. Andere mossoorten uit basische milieus, zoals bijvoorbeeld schorpioenmossen, hebben dit kationuitwisseling mechanisme ook, maar deze zijn vooral gebonden met basische kationen zoals Ca en werken dus eerder bufferend doordat ze Ca afgeven aan de omgeving (**Brown, 1982; Soudzilovskaia et al., 2010**).

2.4.2 Eutrofiëring

Of er sprake is van, en ook de mate van, eutrofiëring is afhankelijk van de nutriëntenbeschikbaarheid voor de vegetatie. De beschikbaarheid van N wordt bepaald door diverse bronnen/factoren zoals de aanwezige NO_3 en NH_4 concentraties in het bodemvocht, de snelheid van N-mineralisatie in de bodem, aanvoer via kwel van grondwater en atmosferische N-depositie. In de Nederlandse laagveengebieden is de aanvoer van grondwater via kwel echter nagenoeg overal verdwenen in de afgelopen decennia door veranderingen in hydrologie (**van Wirdum, 1991; Lamers et al., 2002**). De voorraad aan anorganisch N bleek in trilvenen van Nederlandse beekdalen veel hoger dan in ongestoorde referenties in Polen, wat waarschijnlijk komt door een versnelde afbraak van organisch materiaal (N-mineralisatie) en een hoge atmosferische N-depositie (**Aggenbach et al., 2010**).

Direct en indirect kan een hoge N-depositie de N-beschikbaarheid en eutrofiëring dus stimuleren. Hierdoor kunnen planten harder gaan groeien waardoor de biomassa toeneemt, mits ze niet in de groei worden gelimiteerd door andere nutriënten. Om een mogelijke nutriëntenlimitatie te bepalen wordt veelal aangehouden dat er sprake is van N-limitatie wanneer de N:P ratio in de vaatplanten lager dan 10 is, en van P-limitatie als deze waarde hoger is dan 20 (**Koerselman & Meuleman, 1996; Güsewell, 2004**). Een hoge N-depositie kan dus, als de beschikbaarheid van andere nutriënten niet limiterend is, leiden tot meer biomassa wat zich kan uiten in een dichtere en hogere vegetatie. Hierdoor vindt er bij een hoge N-beschikbaarheid vaak een verandering plaats in de vegetatiesamenstelling als gevolg van een toegenomen competitie, zowel bij vaatplanten als mossen (**Olde Venterink et al., 2003**). Voor mossen geldt dat dit veelal ten koste gaat van de biomassa en bedekking, bij vaatplanten neemt de dominantie van algemene, snelgroeiende grassen vaak flink toe. Dit heeft als gevolg dat zowel de bedekking van doelsoorten in mos- en kruidlaag als ook de totale diversiteit van de vegetatie afneemt (**o.a. Lamers et al., 2002; 2015**).

Wanneer er eutrofiëring optreedt in het vroege successiestadia (trilvenen) kan dit mogelijk ook de successiesnelheid beïnvloeden. In een vergelijkende studie naar veranderingen in de moslaag tussen 1940 en 2000 is aangetoond dat er, op meerdere hydrologische schaalniveaus, als gevolg van veranderingen in nutriëntenbeschikbaarheid een verschuiving plaatsvindt van mossen van vroege successiestadia naar mossen van late successiestadia (**Paulissen et al., 2014**). De kwaliteit en soortenrijkdom van de subhabitattypen trilvenen en veenmosrietlanden hangt dus sterk af van de aanvoer van kalkrijk water met een lage nutriëntenlast (**Sjörs, 1950; Van Wirdum, 1991; Kooijman, 1993; Wheeler & Proctor, 2000**).

2.4.3 Toxiciteit

Meer dan 66% van de totale N-depositie in Nederland is op dit moment aanwezig in de gereduceerde (NH_x) vorm. Een ander negatief effect van N-depositie is mogelijk direct gerelateerd aan de verhoogde ammonium (NH_4) concentraties. Karakteristieke mossoorten uit basenrijke milieus zijn namelijk zeer gevoelig voor NH_4 toxiciteit (**Paulissen et al., 2004; 2014; Kooijman & Paulissen, 2006; Verhoeven et al., 2010**). Zolang er sprake is van basenrijke condities zal een deel van het NH_4 worden omgezet naar nitraat (NO_3), omdat nitrificatie wordt gestimuleerd bij hogere pH. Wanneer er echter verzuring optreedt en de pH daalt, kan NH_4 toxiciteit een grotere rol gaan spelen.

3 Huidige status van de vegetatie in Nederlandse trilvenen en veenmosrietlanden

3.1 Samenvatting

Op basis van een clusteranalyse van de vegetatiesamenstelling van de 110 Nederlandse onderzoekslocaties zijn zes vegetatiegroepen onderscheiden, waarvan de eerste vier de zuurdere overgangsvennen en veenmosrietlanden betreffen (groepen 1 t/m 4) en de laatste twee de basenrijkere trilvenen (groepen 5 en 6). Vegetatiegroep 1 (verzuurd veenmosrietland) wordt gekenmerkt door hoge bedekkingen van Riet, Gewoon veenmos en Fraai veenmos, die vaak samengaan met het voorkomen van soorten als Veenpluis, Rood viltmos, Zachte berk en Gewoon haarmos. Vegetatiegroep 2 (verzuurd overgangsveen) wordt gekenmerkt door Gewoon veenmos, Moerasstruisgras en Gewone waternavel en heeft meer vaatplanten die een lichte basenaanrijking en ook nattere omstandigheden indiceren zoals Paddenrus, Wateraardbei en Holpijp. In vegetatiegroep 3 (basenarm veenmosrietland) komen veel soorten voor die ook in groep 1 voorkomen, in combinatie met wat eutrafentere soorten zoals Koninginnenkruid, Moeraszegge en Wolfspoot. Verder komen soorten van een zuurder milieu (zoals Veenpluis en Sterzegge) minder in vegetatiegroep 3 voor. Haakveenmos en Moerasvaren komen vooral veel in groep 3 voor. Vegetatiegroep 4 (basenarm overgangsveen) wordt gekenmerkt door een hoge bedekking van Fraai veenmos, terwijl groepen 1 t/m 3 met name gedomineerd worden door Gewoon veenmos. In vegetatiegroep 4 groeit Fraai veenmos samen met Gewoon veenmos en Riet, in combinatie met soorten als Hennegrass, Wateraardbei, Watermunt, Waterdrieblad en enkele kleine zeggen. Vegetatiegroep 5 (eutroof trilveen) is een kleine groep die vooral gekenmerkt wordt door een hoge bedekking van Gewoon puntmos en een lage veenmosbedekking. Vegetatiegroep 6 (mesotroof trilveen) wordt gekenmerkt door Veenknikmos, Sterrengoudmos, Reuzenpuntmos en Gewoon puntmos. Tevens zijn Rood en Groen schorpioenmos en een groot aantal zeggen, waaronder Ronde zegge, abundant in deze groep.

Bij de clusteranalyse waarin ook buitenlandse referentiepunten zijn meegenomen, blijkt dat er een splitsing ontstaat met vier groepen met basenrijke venen en vier groepen met zuurdere overgangsvennen en veenmosrietlanden. Het merendeel van de Nederlandse locaties valt onder de zuurdere vier groepen. De basenrijke venen bevatten een groep met dominantie van Gewoon puntmos, waar het merendeel van de Nederlandse basenrijke venen in clusteren, inclusief veel van de Nederlandse Schorpioenmos-gedomineerde locaties. Een andere groep binnen de trilvenen wordt gekenmerkt door Rood schorpioenmos en bevat een breed scala aan locaties, waaronder enkele Nederlandse schorpioenmoslocaties die weinig of geen Gewoon puntmos bevatten. Andere basenrijke vegetatietypen, gekenmerkt door Geel of Groen schorpioenmos, Schubzegge en Armbloemige waterbies, komen in Nederland nagenoeg niet (meer) voor. Het merendeel van de Nederlandse gebufferde Schorpioenmos-rijke locaties wordt niet ingedeeld bij de buitenlandse groepen met goed ontwikkelde Schorpioenmos, door het voorkomen van eutrafentere soorten zoals Gewoon puntmos. Er zijn nagenoeg geen buitenlandse referentielocaties die overeenkomsten vertonen met de zuurdere Nederlandse overgangsvennen en veenmosrietlanden. Deze typen blijken in het buitenland op minder grote schaal voor te komen en vaak in smalle zones in overgangen tussen basenrijkere en zuurdere venen. Op Europese schaal heeft Nederland hiermee dan ook een belangrijke taak bij het behouden van Veenmosrietland met een goede kwaliteit.

Op basis van de indeling van vegetatieopnames in vegetatiegemeenschappen (die gekoppeld is aan de kwaliteit van habitattypen in de profieldocumenten) valt 82% van de opnames onder een vegetatietype dat als "goed" wordt gekwalificeerd voor het subhabitattype Veenmosrietland (H7140B) of Trilveen (H7140A). De vegetatiegemeenschappen Veenmosrietland (9Aa2) en de Associatie van Echte koekoeksbloem en Gevleugeld hertshooi (16Ab3) welke "goed" kwalificeren voor het subhabitattype Veenmosrietland lijken onderscheidend voor de vegetatiegroepen 1 en 3 van de clusteranalyse. De Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge (9Ba1) welke "goed" kwalificeert voor subhabitattype Trilveen is (met enkele uitzonderingen) onderscheidend voor vegetatiegroep 6 uit de clusteranalyse. De Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge (subassociatie met Ronde zegge) (9Aa3b), die ook als "goed" kwalificeert voor het subhabitattype Trilveen, blijkt echter over de volle breedte van alle zes de groepen van de clusteranalyse voor te komen. De Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge (subassociatie met Ronde zegge) (9Aa3b)



is daarmee niet onderscheidend voor een "goed" ontwikkeld subhabitattype Trilveen. Locaties die op basis van dit vegetatietype tot het subhabitattype Trilveen (H7140A) worden gerekend, hoeven daarmee dan ook zeker geen mesotrofe trilvenen met schorpioenmosvegetaties te zijn.

Bij de in de profieldocumenten opgenomen typische soorten van beide subhabitattypen blijken de typische soorten van subhabitattype Trilveen inderdaad te clusteren in de vegetatiegroepen 5 en 6 binnen dit onderzoek. De typische soorten van subhabitattype Veenmosrietland vertonen echter een brede spreiding over de 4 groepen van de clusteranalyse, en zijn hiermee minder kenmerkend voor het subhabitattype Veenmosrietland dan verondersteld.

3.2 Opzet

Om de huidige kwaliteit van het habitaattype Overgangs- en trilvenen (H7140; zowel het subhabitattype Trilvenen als Veenmosrietlanden) landelijk vast te stellen, heeft er een inventariserend veldonderzoek plaats gevonden. Hiervoor zijn gedurende de twee onderzoeksjaren (2015 en 2016) vegetatieopnames gemaakt op locaties waar deze vegetatietypen en overgangssituaties voorkomen. Bij de selectie van de onderzoekslocaties is specifiek rekening gehouden met verschillen in N-depositie, de ligging van de natuurgebieden in Nederland, de ligging van de locaties binnen het natuurgebied, en het gevoerde beheer, om een zo reëel mogelijk beeld te krijgen van de Nederlandse situatie. Deze resultaten zullen worden behandeld in paragraaf 3.3.1.

Naast deze zelf verzamelde set aan vegetatieopnames is er bovendien gebruik gemaakt van opnames die verschillende onderzoekers de afgelopen jaren al verzameld hebben in Nederlandse trilvenen en veenmosrietlanden op diverse andere locaties. Op deze wijze is er een grotere dataset van opnames verzameld waarin (vrijwel) alle Nederlandse laagveengebieden met trilvenen en/of veenmosrietlanden zijn meegenomen. Deze totale dataset met de huidige soortensamenstelling van Nederlandse trilvenen en

veenmosrietlanden wordt tevens vergeleken met vegetatieopnames die andere onderzoekers de afgelopen jaren hebben verzameld in Europese referentiegebieden (Polen, Zweden en Ierland), waar de N-depositie (veel) lager is dan in Nederland. Hoewel de geohydrologische uitgangssituatie vaak niet hetzelfde is, kan deze vergelijking toch een inzicht geven in de huidige kwaliteit van de Nederlandse trilvenen en veenmosrietlanden. Deze aanvullende vegetatiedataset (incl. buitenlandse referentielocaties) zal worden behandeld in paragraaf 3.3.4.

3.3 Onderzoeksmethode

3.3.1 Selectie locaties

De selectie van de onderzoekslocaties is voor de start van het groeiseizoen voor elk gebied bepaald op basis van de aanwezige vegetatiekarteringen en PAS-gebiedsdocumenten, en in overleg met de lokale beheerders. De karteringen zijn gebruikt om aanwezige trilvenen en veenmosrietlanden te selecteren, waarbij op basis van aangegeven vegetatie(sub)typen onderscheid is gemaakt tussen locaties waar een goede dan wel matige kwaliteit verwacht kon worden. Voor aanvang van het veldwerk zijn de locaties ter controle nog afgestemd met de lokale beheerders. In figuur 3.1 wordt de topografische ligging van de 18 bemonsterde laagveengebieden in Nederland weergegeven. Er zijn in het onderzoek ook een paar gebieden meegenomen dat geen Natura 2000-status heeft (de Mieden, Stadsgaten van Hasselt, (deel van) Onlanden), maar waar wel mooie trilveenvegetaties voorkomen. Het streven was om per gebied zoveel mogelijk locaties met alle aanwezige criteria (subhabitattype Veenmosrietland/Trilveen; kwaliteit goed/matig; N-depositie hoog/laag op basis van de AERIUS-calculator) mee te nemen in het onderzoek. Bij het bepalen van de exacte meetlocaties in een gebied is er ook rekening gehouden met andere (recent gebruikte) onderzoekslocaties om te voorkomen dat deze locaties opnieuw meegenomen zouden worden in het huidige onderzoek. Deze reeds eerder bemonsterde locaties zijn namelijk toegevoegd aan de verzamelde dataset uit dit onderzoek.



Figuur 3.1. De laagveengebieden in Nederland die zijn opgenomen in dit onderzoek (zie ook tabel 3.1).

Figure 3.1. The Dutch peatlands that were included in this study (table 3.1).

3.3.2 Veldonderzoek NL

Het veldwerk heeft in 2015 en 2016 gedurende het groeiseizoen (mei tot en met augustus) plaatsgevonden, waarbij in totaal 110 locaties zijn bemonsterd. Op iedere locatie is een representatief en homogeen plot van 2x2m (PQ) gekozen, waarvan een vegetatieopname is gemaakt van de aanwezige mossen en vaatplanten. Bovendien is er op iedere plot bodemvocht, bodem- en plantenmateriaal verzameld voor chemische analyses (zie hoofdstuk 4). Uit een clusteranalyse in Wintwins (TWINSpan, versie 2.3) is gebleken dat de verzamelde vegetatiegegevens kunnen worden onderverdeeld in 6 vegetatiegroepen (tabel 3.1). We hanteren deze indeling van vegetatiegroepen op basis van vegetatiesamenstelling in hoofdstukken 3 tot en met 5 van deze rapportage voor de Nederlandse situatie, tenzij anders aangegeven.

Tabel 3.1. Overzicht van de 110 onderzoekslocaties die gedurende dit onderzoek (2015 en 2016) zijn bemonsterd in de Nederlandse laagveengebieden, onderverdeeld in de 6 onderscheiden vegetatiegroepen voortkomend uit de clusteranalyse op basis van vegetatiesamenstelling (zie figuur 3.2).

Table 3.1. Overview of the 110 locations that were sampled in this study (2015-2016) in Dutch fens, subdivided in the 6 distinguished vegetation groups by the clusteranalysis based on vegetation composition (figure 3.2).

Provincie	Gebied	1	2	3	4	5	6	Totaal
Vegetatiegroep								
Groningen	Zuidlaardermeer	1			2			3
	Onlanden					1		1
Friesland	Alde Feanen	5	1	3	2			11
	de Mieden		1	1	1		5	8
	Rottige Meenthe	7		4				11
Overijssel	Wieden		3	2	2		4	11
	Weerribben	3					2	5
	Olde Maten	1						1
	SG van Hasselt	1	1		1			3
Utrecht	Botshol	3						3
	Oost. VP: Tienhoven	1					2	3
	Oost. VP: Westbroekse Zodden		5			3		8
	Oost. VP: Molenpolder	2	1					3
	Binnenveld: De Hel						1	1
Zuid-Holland	Nieuwkoopse plassen	5		3			1	9
Noord-Holland	Het Hol	2	1	1	2			6
	Naardermeer	3		3	1			7
	Ilperveld	7		1				8
	Wormer Jisperveld			3				3
Gelderland	Binnenveld: Bennekomse Meent					1	1	2
Noord-Brabant	Langstraat	1			1		1	3
	Totaal	42	13	21	12	5	17	110

3.3.1 Aanvullende referentiedata in Nederland en buitenland

Aanvullend op de 110 in Nederland verzamelde locaties is er een referentie dataset samengesteld met gegevens uit eerdere studies. Deze referentie dataset bevat gegevens van binnenlandse en buitenlandse veenmosrietlanden en trilvenen. Ook deze gehele dataset (inclusief de 110 binnen het huidige onderzoek verzamelde locaties) zijn geanalyseerd door middel van een clusteranalyse (Wintwins (TWINSpan, versie 2.3)). Ondanks dat het zwaartepunt in het huidige onderzoek ligt op de analyse van binnenlandse locaties biedt deze clusteranalyse een goede mogelijkheid om de vegetatiesamenstelling van Nederlandse veenmosrietlanden, overgangsvenen en trilvenen in een Europese context te plaatsen. Aanvullend op de 110 Nederlandse locaties zijn er 29 extra Nederlandse locaties meegenomen en 77 buitenlandse locaties waarvan Polen (54), Ierland (10) en Zweden (13) (zie bijlage 9.1 voor details).

3.3.2 Indeling vegetatie-opnames volgens Associa

Zoals in de voorgaande paragrafen is toegelicht is de vegetatiesamenstelling van de onderzochte locaties met behulp van clusteranalyse in groepen ingedeeld. De clusteranalyse houdt echter enkel rekening met de gegevens die er als input in worden gestopt, terwijl er in het verleden veel meer vegetatiegegevens over overgangs- en trilvenen zijn verzameld. Om dit te ondervangen en een vergelijking te maken met vegetatietypen en syntaxonomische overzichten van de Vegetatie van Nederland (**Schaminée et al., 1995**) en de Nederlandse plantengemeenschappen (**Weeda et al., 2000**) zijn de verzamelde gegevens ook geanalyseerd met het programma Associa in SynBioSys. Binnen het programma Associa worden vegetatieopnames toegedeeld tot de vegetatietypen uit de plantengemeenschappen van Nederland. De analyse is gebaseerd op kwantitatieve (presentie-absentie van soorten) en kwalitatieve data (bedekking per soort). Een vegetatietype wordt hierbij toegekend aan een opname op basis van de berekende maximum likelyhood, waarbij de dissimilariteit tussen de opname en referentie-eenheid wordt gebruikt om een waarschijnlijkheidsindex te berekenen (**Hennekens et al., 2010**). ASSOCIA berekent tevens een 'incompleteheids-index' en 'vreemde soortenindex' van de opname om meer inzicht geven in de opbouw van de waarschijnlijkheidsindex. De incompleteheidsindex geeft informatie over de mate waarin een opname overeenkomt met de geselecteerde eenheid uit de referentieset. De vreemde soortenindex geeft informatie over de mate waarin de opname vreemde soorten bevat in relatie tot de geselecteerde referentie-eenheid.

Naast de meest waarschijnlijke diagnose (het meest waarschijnlijke vegetatietype) geeft Associa ook een aantal alternatieven. In SynBioSys worden zowel de meest waarschijnlijke diagnose als de alternatieven weergegeven, waarbij de bewuste vegetatietypen van een kleur worden voorzien (**van Tongeren et al., 2008**):

- groen: erg betrouwbaar = waarschijnlijkheidsindex ≤ 0 ;
- oranje: matig betrouwbaar = waarschijnlijkheidsindex > 0 en $\leq 0,5$;
- rood: onbetrouwbaar = waarschijnlijkheidsindex $> 0,5$.

Bij het toekennen van vegetatietypen (op het niveau van Associaties) aan opnameplots is steeds op consequente wijze uitgegaan van de volgende uitgangspunten, waarbij eventuele classificaties als bos- en struweeltypen sowieso buiten beschouwing zijn gelaten:

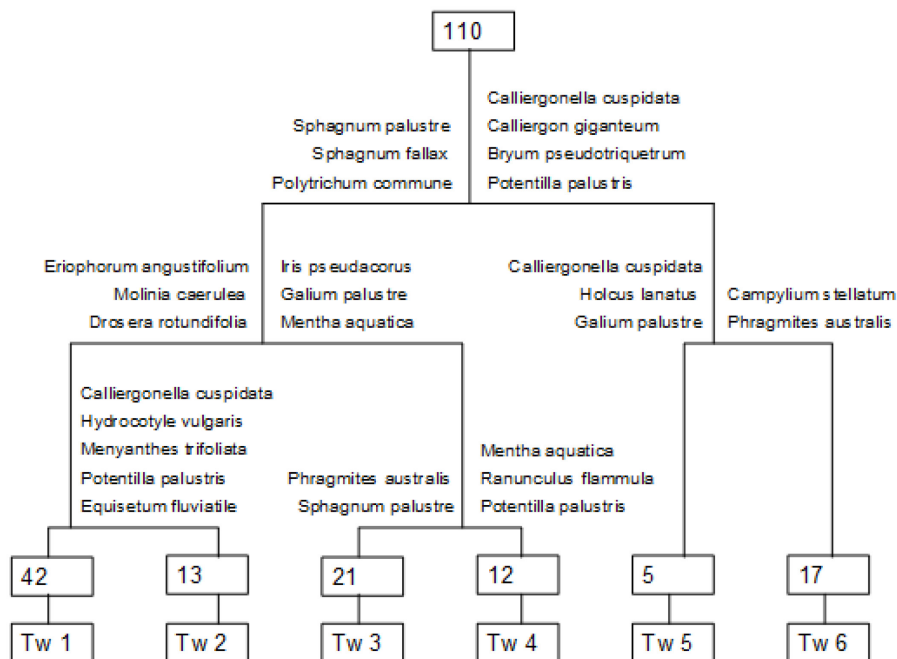
- meerdere 'groene' vegetatietypen voor een opname: elk 'groen' vegetatietype is gescoord, waarbij de totaal score per opname op 1 uitkomt (dus bij twee 'groene' vegetatietypen voor beide typen een score van 0,5);
- één 'groen' vegetatietype voor een opname: dit 'groene' vegetatietype heeft een 1 als score gekregen;
- geen 'groene' maar wel meerdere 'oranje' vegetatietypen voor een opname: elk 'oranje' vegetatietype is gescoord, waarbij de totaal score per opname op 1 uitkomt (dus bij twee 'oranje' vegetatietypen voor beide typen een score van 0,5);
- geen 'groene' maar wel één 'oranje' vegetatietype voor een opname: dit 'oranje' vegetatietype heeft een 1 als score gekregen.

Met behulp van deze toekenningsmethodiek van vegetatietypen aan de opnameplots kan gekeken worden in hoeverre verschillende manieren van indeling en clustering van elkaar verschillen (de clustering volgens TWINSpan versus Associa). Dit is met name van belang omdat beheer en beleidsmaatregelen via de kwaliteit en het kwalificeren van een soortensamenstelling tot vegetatiegemeenschap en habitatype gekoppeld zijn aan de indeling van de vegetatiegemeenschappen van Nederland en niet aan de op TWINSpan gebaseerde vegetatiegroepen die wij in hoofdstukken 3 tot met 5 gebruiken.

3.4 Resultaten & discussie: Vegetatie

3.4.1 Clusteranalyse vegetatie opnames Nederlandse locaties

Met behulp van clusteranalyse zijn de 110 Nederlandse locaties ingedeeld in 6 vegetatiegroepen. In figuur 3.2 is een boomdiagram weergegeven met de indeling in deze 6 vegetatiegroepen met hierbij de soorten op basis waarvan de groepen onderscheiden zijn. In bijlage 9.2 is een tabel opgenomen met hierin de verspreiding van een selectie van soorten over de verschillende vegetatiegroepen. Tevens is in tabel 3.1 (paragraaf 3.3.2) opgenomen wat de verdeling is van de bemonsterde locaties over de verschillende vegetatiegroepen.



Figuur 3.2. Boomdiagram resultaat van TWINSpan-analyse van de 110 opnames in trilvenen en veenmosrietlanden binnen dit project. Per stap zijn de soorten welke onderscheidend zijn aan beide zijden van het boomdiagram weergegeven. In de analyse zijn 6 vegetatiegroepen onderscheiden, die zijn genummerd van Tw 1 t/m Tw 6. Het aantal locaties per groep is weergegeven in het blokje boven het groepnummer. Groep Tw 1 (n=42): verzuurd veenmosrietland; Groep Tw 2 (n=13): verzuurd overgangsvveen; Groep Tw 3 (n=21): basenarm veenmosrietland; Groep Tw 4 (n=12): basenarm overgangsvveen; Groep Tw 5 (n=5): eutroof trilveen; Groep Tw 6 (n=17): mesotroof trilveen.

Figure 3.2. Tree diagram as a result of a TWINSpan-analysis based upon 110 vegetation relevés in rich and poor fens collected within the present project. For the divisions between groups species are mentioned distinctive for the group. The analyses distinguished 6 vegetation groups which were labelled Tw 1 – Tw 6. The number of locations within every group is mentioned above the group number. Group Tw 1 (n=42): acidified poor fen; Group Tw 2 (n=13): acidified transitional fen; Group Tw 3 (n=21): poor fen; Group Tw 4 (n=12): base-poor transitional fen; Group Tw 5 (n=5): eutrophic rich fen; Group Tw 6 (n=17): mesotrophic rich fen.

Ten eerste blijkt er een onderscheid te zijn tussen locaties (vegetatiegroepen 5 en 6, rechts in figuur 3.2) die een vegetatiesamenstelling hebben met het voorkomen van soorten als Gewoon puntmos (*Calliergonella cuspidata*), Reuzenpuntmos (*Calliergon giganteum*), Veenknikmos (*Bryum pseudotriquetrum*) en Wateraardbei (*Potentilla palustris*) tegenover locaties (vegetatiegroep 1 t/m 4, links in figuur 3.2) met Gewoon veenmos (*Sphagnum palustre*), Fraai veenmos (*Sphagnum fallax*) en Gewoon haarmos (*Polytrichum commune*) als dominante mossen. Hieronder worden alle zes de vegetatiegroepen kort beschreven aan de hand van soorten die in meer dan 50% van de locaties in een groep voorkomen, hier en daar aangevuld met opvallende verschillen op basis van de gemiddelde bedekking van de soorten per groep.

Vegetatiegroep 1: Verzuurd veenmosrietland

In totaal zijn 42 locaties toegedeeld tot vegetatiegroep 1. Deze groep betreft locaties waarin in meer dan 90% van de locaties zowel Riet (*Phragmites australis*), Gewoon veenmos als Fraai veenmos voorkomen. Andere soorten welke veel in deze groep voorkomen zijn Veenpluis (*Eriophorum angustifolium*), Roodviltmos (*Aulacomnium palustre*), Zachte berk (*Betula pubescens*), Gewoon haarmos, Ronde Zonnedaauw (*Drosera rotundifolia*) en Pijpenstrootje (*Molinia caerulea*). Op basis van gemiddelde bedekking heeft Pitrus (*Juncus effusus*) naast de bovengenoemde soorten ook een hoge gemiddelde bedekking in groep 1 t.o.v. de andere groepen. Groepen 1 en 2 hebben beide in verhouding tot de andere groepen een relatief hoge gemiddelde bedekking van mossen (> 85%) welke grotendeels uit veenmossen bestaat (> 75%). De gemiddelde bedekking van de kruidlaag is in groepen 1 en 2 het laagst (< 60%).



Vegetatiegroep 2: Verzuurd overgangsvveen

Er zijn 13 locaties toegedeeld aan vegetatiegroep 2. In groep 2 zijn Gewoon veenmos, Moerasstruisgras (*Agrostis canina*) en Gewone waternavel (*Hydrocotyle vulgaris*) de soorten die in een groot percentage van de locaties van de groep voorkomen. Andere soorten welke tevens vaak op locaties uit deze groep voorkomen betreffen Fraai veenmos, Gewoon haarmos, Gewoon reukgras (*Anthoxanthum odoratum*), Paddenrus (*Juncus subnodulosus*), Moeras struisgras (*Agrostis canina*), Wateraardbei en Holpijp (*Equisetum fluviatile*). Op basis van gemiddelde bedekking hebben de soorten Glanzend veenmos (*Sphagnum subnitens*), Moerasviooltje (*Viola palustris*) en Paddenrus (*Juncus subnodulosus*) gemiddeld de hoogste bedekking in groep 2. Holpijp (*Equisetum fluviatile*) heeft gemiddeld een wat hogere bedekking in groep 2 in vergelijking met de groepen 1, 3 en 4. Naast de hiervoor al benoemde soorten onderscheidt groep 2 zich van groep 1 door een hogere gemiddelde bedekking van Gewoon puntmos en Gewimperd veenmos (*Sphagnum fimbriatum*). Groepen 1 en 2 hebben beide in verhouding tot de andere groepen een relatief hoge gemiddelde bedekking van mossen (> 85%) welke grotendeels uit veenmossen bestaat (> 75%).



Vegetatiegroep 3: Basenarm veenmosrietland

Er zijn 21 locaties toegeedeeld aan vegetatiegroep 3. Binnen groep 3 zijn er weinig soorten die in een groot deel van alle locaties in deze groep voorkomen. Soorten die vaak op deze locaties voorkomen zijn Riet, Fraai veenmos en Gewoon veenmos. Er zijn wel enkele soorten die met name op locaties voorkomen welke tot deze groep zijn toegeedeeld, dit betreffen Koninginnenkruid (*Eupatorium cannabinum*), Moeraszegge (*Carex*



acutiformis) en Wolfspoot (*Lycopus europaeus*). Groep 3 onderscheidt zich met name van de groepen 1 en 2 door een gemiddeld hogere bedekking van Riet. Andere soorten welke in groep 3 een gemiddeld hogere bedekking hebben in vergelijking tot groepen 1 en 2 zijn Gewoon haakmos (*Rhytidadelphus squarrosus*), Haakveenmos (*Sphagnum squarrosum*) en Moerasvaren (*Thelypteris palustris*). Soorten als Glanzend veenmos (*Sphagnum subnitens*), Pijpenstrootje, Sterzegge (*Carex echinata*) en Veenpluis (*Eriophorum angustifolium*) hebben juist gemiddeld een lagere bedekking in groep 3 in vergelijking met de groepen 1 en 2.

Vegetatiegroep 4: Basenarm overgangsveen

Er zijn in totaal 12 locaties toegeedeeld tot vegetatiegroep 4. De soorten Fraai veenmos, Gewoon veenmos en Riet komen veel voor in de locaties binnen deze groep. Kenmerkend voor deze groep is dat Fraai veenmos hier gemiddeld een hogere bedekking heeft dan Gewoon veenmos: in groepen 1 tot en met 3 voert Gewoon veenmos de boventoon. Andere soorten welke vaak in deze groep aangetroffen worden zijn Hennegrass (*Calamagrostis canescens*), Moeraswaltro (*Galium palustre*), Gewone wederik (*Lysimachia vulgaris*), Moerasstruisgras, Gewone waternavel, Gewoon puntmos, Wateraardbei en Watermunt (*Mentha aquatica*). Groep 4 bevat op basis van de gemiddelde bedekking relatief hoge bedekkingen van enkele kleinere zeggen (Zwarte zegge (*Carex nigra*), Dwergzegge (*Carex oederi* subsp. *oederi*) en Blauwe zegge (*Carex panicea*)) en Waterdrieblad (*Menyanthes trifoliata*) ten opzichte van de groepen 1 tot en met 3.



Vegetatiegroep 5: Eutroof trilveen

Vegetatiegroep 5 omvat in vergelijking met de andere groepen een klein aantal locaties (n=5). Op alle locaties binnen deze groep komt Gewoon puntmos veelvuldig voor, in drie van de vijf met een bedekkingsklasse dominant. Andere soorten welke veel voorkomen op locaties binnen groep 5 zijn Hennegras, Moeraswalstro, Holpijp, Wateraardbei en Lidrus. Daarnaast heeft deze groep gemiddeld de hoogste bedekking van kruiden (gemiddeld 88%). Deze groep heeft tevens een relatief lage bedekking van veenmossen (17% in groep 5, terwijl deze bij groep 1 t/m 4 varieert tussen de 50-80%). Binnen de veenmossen voert Haakveenmos de boventoon.



Vegetatiegroep 6: Mesotroof trilveen

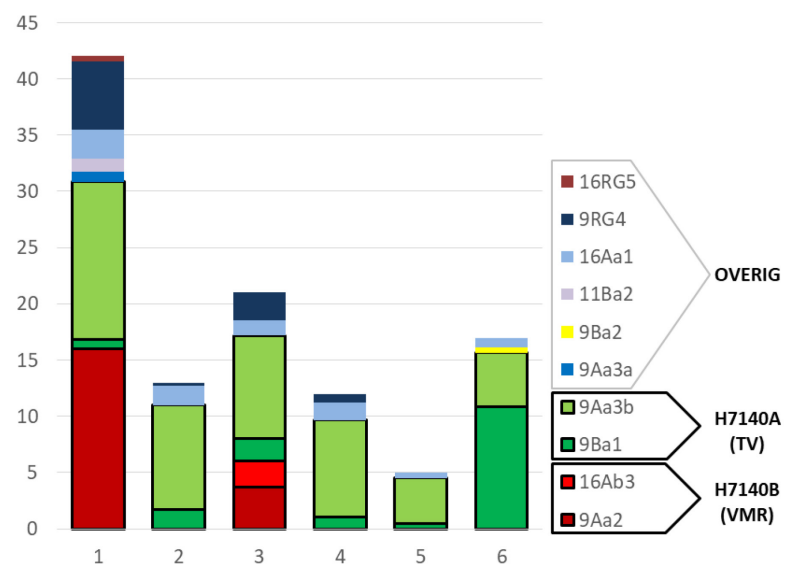
Vegetatiegroep 6 bevat in totaal 17 locaties. Een soort die op veel van de locaties in deze groep voorkomt is Veenknikmos. Andere soorten welke veel op locaties in deze groep voorkomen zijn de mossen Sterrengoudmos (*Campylium stellatum*), Reuzenpuntmos en Gewoon puntmos. Daarnaast worden Rood schorpioenmos (*Scorpidium scorpioides*) en Groen schorpioenmos (*Scorpidium cossonii*) (vrijwel) alleen in deze groep aangetroffen. Tevens wordt deze groep gekenmerkt door de laagste gemiddelde bedekking van veenmossen (4% in groep 6, terwijl dit bij groep 1 t/m 4 varieert tussen de 50-80%). Vaatplanten welke veel op locaties in deze groep aangetroffen worden zijn Wateraardbei en Zeggen (*Carex sp.*). De totale gemiddelde bedekking van Zeggen is in deze groep het hoogst. Zeggen soorten welke in een groot aandeel van deze locaties worden aangetroffen zijn Scherpe zegge (*Carex acuta*), Draadzegge (*Carex lasiocarpa*) en Ronde zegge (*Carex diandra*).



3.4.2 Associa analyse voor indeling vegetatietypen

Met behulp van het programma Associa zijn de vegetatieopname van de 110 onderzoek locaties ingedeeld in vegetatiegemeenschappen volgens de Vegetatie van Nederland. Omdat het programma Associa opgezet is om de vegetatie van Nederland te classificeren, is besloten de qua vegetatiesamenstelling en soorten eventueel afwijkende buitenlandse referentie-opnames niet te analyseren met Associa. Uit de analyse van de 110 Nederlandse locaties blijkt dat het merendeel van de locaties wordt ingedeeld bij één van de vegetatiegemeenschappen welke volgens het profieldocument als "goed" kwalificeren voor subhabitatype Veenmosrietland dan wel subhabitatype Trilveen (figuur 3.3). Dit betreffen de vegetatiegemeenschappen Veenmosrietland (9Aa2) en de Associatie van Echte koekoeksbloem en Gevleugeld hertshooi (16Ab3) voor subhabitatype Veenmosrietland

(H7140B) en de Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge (subassociatie met Ronde zegge) (9Aa3b) en de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge (9Ba1) voor het subhabitattype Trilveen (H7140A). De Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge (typische subassociatie) (9Aa3a) kan ook onder het habitattype Trilveen (H7140A) vallen indien deze in een kwelgebied voorkomt, maar dat was in de huidige studie niet het geval. De rest van de onderzochte locaties wordt bij andere vegetatiegemeenschappen ingedeeld, te weten; Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge (typische subassociatie) (9Aa3a), de Associatie van Vetblad en Vlozegge (9Ba2), Moerasheide (11Ba2), Blauwgrasland (16Aa1), de Associatie van Gewone engelwortel en Moeraszegge (16Ab6) en de rompgemeenschap van Wilde gagel (9RG4) en de rompgemeenschap van soortenarm Pijpenstrootjeschraalland (16RG5).



Figuur 3.3. De 110 onderzoekslocaties ingedeeld in vegetatietypen op basis van vegetatiesamenstelling met behulp van Associa. Alle locaties zijn ingedeeld in vegetatietype (rood en omrand voor typen die in het profielendocument als goed omschreven worden voor het subhabitattype Veenmosrietland, groen en omrand voor typen die in het profielendocument als goed omschreven worden voor het subhabitattype Trilveen en overige kleuren voor typen die tot geen van beide subhabitattypen behoren). De locaties zijn weergegeven in de zes vegetatiegroepen die uit de TWINSpan-clusteranalyse zijn gekomen (x-as). (Veenmosrietland (9Aa2), de Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge (9Aa3a), de Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge (subassociatie met Ronde zegge) (9Aa3b), de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge (9Ba1), de Associatie van Vetblad en Vlozegge (9Ba2), Moerasheide (11Ba2), Blauwgrasland (16Aa1), de Associatie van Echte koekoeksbloem en Gevleugeld hertschooi (16Ab3), de Associatie van Gewone engelwortel en Moeraszegge (16Ab6), de rompgemeenschap van Wilde gagel (9RG4) en de rompgemeenschap van soortenarm Pijpenstrootjeschraalland (16RG5).

Figure 3.3. All 110 vegetation relevés classified in plant communities based on the vegetation composition with the program Associa. All locations are classified in a plant community (red bars for plant communities which are listed for the habitattype poor fen (H7140B) and green bars for plant communities which are listed for the habitattype rich fen (H7140A), all other plant communities are not listed for one of the both habitattypes). All locations are presented on the x-axes within the groups which resulted from the TWINSpan analyses. Plant communities based on Schaminée et al. (1995 – 1998).

Uit de analyse blijkt dat 20% van de locaties onder vegetatiegemeenschappen vallen welke als goed worden gecategoriseerd voor het subhabitatype Veenmosrietland volgens het profieldocument. En dat 61% van de locaties onder vegetatiegemeenschappen vallen welke als goed worden gecategoriseerd voor subhabitatype Trilveen volgens het profieldocument. De overige 19% van de locaties worden dus aan vegetatiegemeenschappen toegekend welke niet onder de criteria van één van beide subhabitattypen vallen volgens het profieldocument.

Uit de analyse blijkt verder dat de vegetatiegemeenschappen die als “goed” gekarakteriseerd worden voor het subhabitatype Veenmosrietland enkel in de vegetatiegroepen 1 en 3 van de clusteranalyse vallen. De vegetatiegemeenschappen die als “goed” gekarakteriseerd worden voor het subhabitatype Trilveen worden echter aangetroffen over alle zes de groepen uit de clusteranalyse. De Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge (subassociatie met Ronde zegge) (9Aa3b) komt veel voor en blijkt niet karakteriserend te zijn binnen het spectrum van trilvenen en overgangsvenen. Ook het type Blauwgrasland (16Aa1) komt over alle zes de groepen uit de clusteranalyse voor en lijkt hiermee tevens niet karakteriserend te zijn binnen het spectrum van het habitatype Overgangs- en trilvenen. Voor een deel komt dit door de spreiding waarvan altijd sprake is in clusteranalyses. Zo is de verdeling van de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge (9Ba1) deels te verklaren door afwijkende onderzoekslocaties welke weinig homogeen zijn, terwijl dit type duidelijk wel kenmerkend is voor groep 6 uit de clusteranalyse. De Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge (subassociatie met Ronde zegge) (9Aa3b) blijkt echter over de volle breedte van alle zes de vegetatiegroepen voor te komen en lijkt dan ook, binnen dit onderzoek, totaal niet onderscheidend. Locaties die op basis van dit vegetatietype tot het subhabitatype Trilveen (H7140A) worden gerekend, zijn dan ook zeker geen mesotrofe trilvenen met schorpioenmosvegetaties.

3.4.3 Typische soorten en Rode Lijst soorten

Voor het subhabitatype Trilveen (H7140A) en het subhabitatype Veenmosrietland (H7140B) zijn typische soorten benoemd en beschreven in het profieldocument. Een aantal van de typische soorten zijn niet in de 110 onderzoekslocaties aangetroffen (tabel 3.2). Het kan niet worden uitgesloten dat deze soorten niet zijn opgemerkt, maar ze zijn in ieder geval niet aangetroffen in de onderzochte locaties. Het is mogelijk dat deze soorten vroeger meer voorkwamen. Over of dit zo is en waardoor dit eventueel wordt veroorzaakt kunnen we echter op grond van ons onderzoek geen conclusies trekken. Soorten als Gevind moerasvorkje (*Riccardia multifida*) en Kweluiltsterrenmos (*Rhizomnium pseudopunctatum*) blijken volgens verspreidingsgegevens wel afgenomen te zijn sinds 1990 (verspreidingsatlas.nl). Ook uit gegevens van de Stobbenribben (van 1988 en 2013) blijkt dat deze soorten in 1988 nog wel werden waargenomen, en in 2013 niet meer (ongepubliceerde gegevens van A. Kooijman). Van de typische soorten van het subhabitatype Trilveen zijn enkele soorten op meerdere locaties aangetroffen; Rood schorpioenmos (8 plots), Trilveenveenmos (7 plots) en Ronde zegge (11 plots). De Veenmosorchis is ook aangetroffen maar enkel op 2 locaties. De andere typische soorten zijn niet aangetroffen. Het zwaartepunt van voorkomen van deze typische soorten is in de vegetatiegroepen 5 en 6 (trilvenen; tabel 3.2). De voor het subhabitatype Trilveen beschreven typische soorten blijken dus behoorlijk typerend te zijn voor dit type op basis van de uit dit onderzoek voortgekomen indeling in vegetatiegroepen. Voor het subhabitatype



Paddenstoel Moerasmosoortje (*Arrhenia lobata*) kenmerkend voor trilvenen, groeiend bij 4 Rode Lijst soorten in De Wieden: *Scorpidium scorpiodes*, *S. cossonii*, *Campylium stellatum* (Foto: G. van Dijk)

Veenmosrietland vertonen de benoemde typische soorten echter een grotere verspreiding. Hoewel de soorten Glanzend veenmos en Ronde zonnedaauw wel wat meer in de vegetatiegroepen 1 en 2 voorkomen zijn ze over de gehele breedte van vegetatietypen aangetroffen (tabel 3.2). Ze lijken dus weinig typisch voor Veenmosrietland. De soorten Kamvaren en Veenmosorchis komen wel enkel voor in de zuurdere en veenmosgedomineerde vegetatiegroepen, maar vaak met erg lage bedekkingen en soms maar met 1 tot enkele individuen (zie noot over de Veenmosorchis). Elzenmos is op geen van de locaties waargenomen.

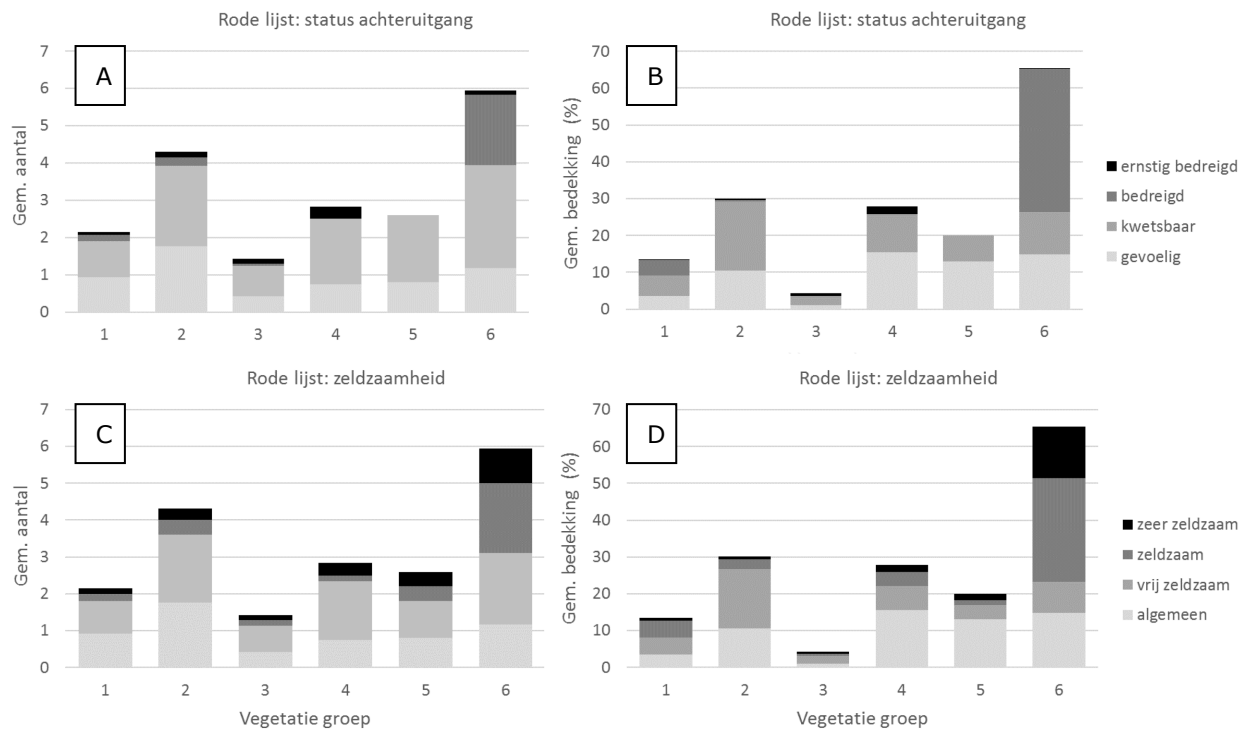
Tabel 3.2. De benoemde typische soorten voor subhabitatype Trilveen (TV) en subhabitatype Veenmosrietland (VMR) en hun procentuele voorkomen en gemiddelde bedekking binnen de zes vegetatiegroepen uit de clusteranalyse.

Table 3.2. The typical species listed for subhabitatype poor fen (H7140B) and subhabitatype rich fen (H7140A) and their procentual occurrence and average cover within the six groups (based on the TWINSpan analysis).

H7140_A (TV)		% voorkomen						% gem. bedekking					
Soort	NL naamgeving	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Riccardia multifida	Gevind moerasvorkje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhizomnium pseudopunctatum	Kwelviltsterrenmos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scorpidium scorpioides	Rood schorpioenmos	5	0	0	0	0	35	1,1	0	0	0	0	18,1
Sphagnum contortum	Trilveenveenmos	7	8	0	0	0	18	0,5	0,2	0	0	0	0,7
Carex diandra	Ronde zegge	0	0	0	0	40	53	0	0	0	0	1,2	1,9
Eriophorum gracile	Slank wollegras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hammarbya paludosa	Veenmosorchis	2	8	0	0	0	0	0,02	0,2	0	0	0	0
H7140_B (VMR)		% voorkomen						% gem. bedekking					
Soort	NL naamgeving	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Pallavicinia lyellii	Elzenmos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sphagnum subnitens	Glanzend veenmos	17	46	0	33	0	6	2,3	12,2	0	2,2	0	0,5
Dryopteris cristata	Kamvaren	21	8	19	0	0	0	0,5	0,1	0,3	0	0	0
Drosera rotundifolia	Ronde zonnedaauw	76	85	38	33	0	24	2,8	2,6	1,0	1,3	0	0,5
Hammarbya paludosa	Veenmosorchis	2	8	0	0	0	0	0,02	0,2	0	0	0	0

Noot: De soort Veenmosorchis (Hammarbya paludosa) is zowel voor het subhabitatype Trilveen als voor subhabitatype Veenmosrietland opgenomen als typische soort. In het huidige onderzoek is de soort maar op twee locaties waargenomen (de Alde Feanen), die beide kenmerkend zijn voor een wat zuurder en veenmos gedomineerd milieu. Uit eerder onderzoek is dan ook gebleken dat deze soort bij uitstek een indicator is voor een lichte aanrijking van basen in een over het algemeen zuur en veenmos gedomineerd milieu (Weeda et al., 1994, Van Dijk et al., 2015). Deze soort lijkt hierom meer karakteriserend voor een goed ontwikkeld veenmosrietland met nog enige invloed van basen dan voor het subhabitatype Trilveen.

Naast de voor het habitatype kenmerkende soorten is ook het voorkomen van Rode Lijst soorten en zeldzame soorten van belang. Uit het huidige onderzoek blijkt dat in alle onderscheiden vegetatiegroepen (over de hele gradiënt van basenrijk trilveen; groep 6, tot zuur veenmosrietland; groep 1) zowel Rode Lijst- als zeldzame soorten voorkomen (figuur 3.4). De vegetatiegroepen 1 en 3 bevatten gemiddeld het laagste aantal en de laagste bedekking van zeldzame soorten en ook de laagste bedekking van soorten die op de Rode Lijst staan. In figuur 3.4 worden alleen gemiddelden gepresenteerd, in bijlage 9.3 is een lijst opgenomen van de voorkomende Rode Lijst soorten per vegetatiegroep voor de geïnteresseerden. Bij de vegetatiegroepen 2, 4, 5 en 6 is 3-10 % van de soorten omschreven als kwetsbare, bedreigde of ernstig bedreigde soort. Deze vegetatiegroepen hebben tevens de meeste Rode Lijst soorten (gemiddeld genomen 3 tot 5), waarbij de bedekking veruit het hoogst is bij vegetatiegroep 6 (mesotrofe trlvenen). Verhoudingsgewijs bevat vegetatiegroep 6 tevens de hoogste aantallen zeldzame en zeer zeldzame soorten. De bedekking van deze soorten is hier ook het hoogst.

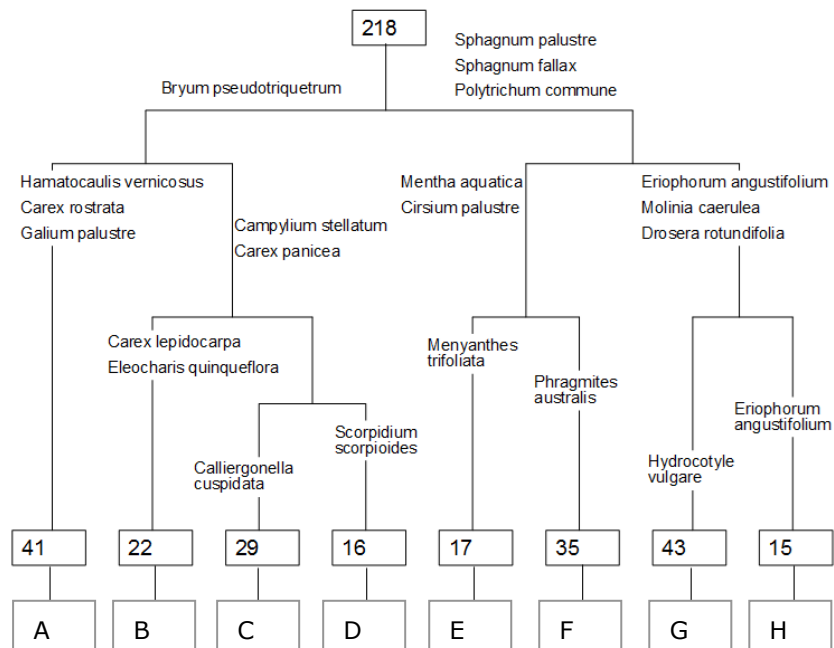


Figuur 3.4. Het gemiddelde aantal soorten met Rode Lijst status per vegetatiegroep (A), de gemiddelde bedekking van soorten met een Rode Lijst status per vegetatiegroep (B), het gemiddelde aantal soorten met een zeldzaamheid status per vegetatiegroep (C), de gemiddelde bedekking van soorten een zeldzaamheid status per vegetatiegroep (D).

Figure 3.4. Average number of Red list species per group (A), average cover of Red list species per group (B), average number species listed as rare per group (C), average cover of species listed as rare per group (D).

3.4.4 Clusteranalyse vegetatie Nederland vs. buitenlandse referenties

Uit de analyse waarin zowel Nederlandse als buitenlandse locaties zijn meegenomen, blijkt allereerst een onderscheid naar voren te komen van 4 vegetatiegroepen die een vegetatiesamenstelling hebben met soorten die indicatief zijn voor basenrijke omstandigheden (vier linker groepen in figuur 3.5) en 4 vegetatiegroepen met soorten die indicatief zijn voor zuurdere omstandigheden (de rechter 4 groepen in figuur 3.5). Het onderscheid wordt vooral gemaakt op basis van indicatieve soorten als Veenknikmos en (lager in de groepsindeling) Geel schorpioenmos, Goudsterrenmos en Rood schorpioenmos voor de basenrijke venen. Aan de zure kant staan hier soorten als Gewoon veenmos, Fraai veenmos en Gewoon haarmos tegenover. Het merendeel van de Nederlandse locaties is in de rechter vier vegetatiegroepen (5-8) van zuurdere milieus ingedeeld, terwijl het merendeel van de buitenlandse locaties is ingedeeld in de linker vier vegetatiegroepen (1-4) van basenrijkere venen. De uit de clusteranalyse van de combinatie van gegevens binnen dit onderzoek verzameld en aanvullende binnenlandse en buitenlandse referentiemonsters wordt enkel in een aantal paragraaf besproken, en dit wordt expliciet aangegeven. In het grootste deel van de rapportage wordt, indien er wordt gerefereerd naar vegetatiegroepen, gerefereerd naar de clusteranalyse van de Nederlandse (binnen het huidige onderzoek verzamelde) gegevens.



Veg. groep	A	B	C	D	E	F	G	H
Polen	32	20	1	1				
Zweden	6	2		5				
Ierland			2	8				2
Nederland	3		26	2	17	35	43	13

Figuur 3.5. Boomdiagram van TWINSpan-analyse van in totaal 218 opnames; de 110 opnames in trilvenen en veenmosrietlanden binnen dit project en nog 106 referentieopnames (29 extra in Nederland en 77 binnen Europa (Polen, Zweden en Ierland)). Per stap zijn de soorten die onderscheidend zijn aan beide zijden van het boomdiagram weergegeven. De clusteranalyse heeft 8 groepen onderscheiden, welke A-H zijn genummerd. Het aantal locaties per groep (n) is weergegeven in het blokje boven het groepnummer.

Figure 3.5. Tree diagram resulting from a TWINSpan-analysis based upon a total of 218 relevées; the 110 vegetation relevées in rich and poor fens collected within the present project, and another 106 reference relevées (29 extra within the Netherlands and 77 from other European countries (Poland, Sweden and Ireland)). For each division, distinctive species for the group are mentioned. The cluster analysis resulted in 8 groups, which were labelled A-H. The number of locations (n) within every group is mentioned above the group number.

Basenrijke trilvenen (vegetatiegroep A t/m D)

Vegetatiegroep A (TV met Geel schorpioenmos) wordt gekenmerkt door Geel schorpioenmos en bevat vaak ook wat Gewoon puntmos. Deze groep komt met name voor bij de Poolse locaties, maar er zijn ook enkele Zweedse locaties en drie Nederlandse locaties. Vegetatiegroep B (TV met Groen schorpioenmos) wordt gekenmerkt door Schubzegge (*Carex lepidocarpa*) en Armbloemige waterbies (*Eleocharis quinqueflora*). De moslaag bevat veelal Groen schorpioenmos en weinig Gewoon puntmos. Deze locaties zijn alleen in Polen en Zweden gevonden. Vegetatiegroep C (TV met Gewoon puntmos) bevat daarentegen juist veel Nederlandse basenrijke venen (verspreid over een groot aantal gebieden) en enkele locaties uit Ierland en Polen. Deze vegetatiegroep wordt gekenmerkt door Gewoon puntmos,

maar de locaties kunnen naast Gewoon puntmos ook andere basenrijke soorten bevatten zoals schorpioenmossen. Vegetatiegroep D (TV met Rood schorpioenmos) wordt gekenmerkt door hoge bedekkingen van Rood schorpioenmos en lage bedekking van Gewoon puntmos. Deze vegetatiegroep bevat twee Nederlandse als ook een aantal buitenlandse locaties van de andere landen. Binnen de basenrijke groep met Schorpioenmosvegetaties blijkt dat de meeste Nederlandse locaties met vegetaties met Schorpioenmossen door hun vrij hoge bedekking aan Gewoon puntmos toch in vegetatiegroep C terecht komen. Op basis van deze resultaten kan dus gesteld worden dat de trilvenen met de best ontwikkelde Schorpioenmosvegetaties (groepen B en D) vrijwel niet meer in Nederland voorkomen en dat vrijwel alle Nederlandse Schorpioenmos-gedomineerde trilvenen (behalve die met Geel schorpioenmos) in groep C vallen door het gelijktijdig voorkomen van iets eutrofere soorten zoals Gewoon puntmos.

Zuurdere overgangsvenen en veenmosrietlanden (vegetatiegroepen E t/m H)

De vegetatiegroepen E-H bevatten hoofdzakelijk Nederlandse locaties die door veenmossen worden gedomineerd. Het gaat om de locaties die in de clusteranalyse van Nederlandse locaties voornamelijk onder de vegetatiegroepen 1 t/m 4 (paragraaf 3.4.1) vielen. Deze groepen worden hier niet in detail behandeld, omdat ze weinig toevoegen aan de reeds uitgevoerde analyse van enkel de Nederlandse locaties. De dataset met buitenlandse referentielocaties bevat vooral locaties uit basenrijkere venen, locaties in de zuurdere overgangsvenen en veenmosrietlanden zijn dus ondervertegenwoordigd in deze dataset. Tijdens het project is er door verschillende consortiumleden actief gezocht naar referentielocaties voor buitenlandse zuurdere overgangsvenen en veenmosrietlanden. Zowel in Vlaamse, Zweedse als Duitse datasets zijn echter geen goed vergelijkbare gegevens gevonden. Het grootschalig voorkomen van zuurdere overgangsvenen en veenmosrietlandvegetaties lijkt een typisch Nederlands verschijnsel dat vermoedelijk sterk gebonden is aan ons cultuurhistorische gebruik van het veenlandschap met een sterk antropogene invloed zoals het graven van petgaten en de hierin gestimuleerde successie van verlanding. Nederland lijkt hiermee dan ook een belangrijke Europese taak te hebben bij het behouden van veenmosrietlanden met een goede kwaliteit. Het is overigens bekend dat veenmosrietlandachtige vegetaties hier en daar wel voorkomen in het buitenland, maar het gaat dan vaak om smalle zones in overgangen waar wij geen opnames van konden vinden. Grotere zones met zuurdere, door veenmossen gedomineerde, veensystemen komen natuurlijk veelvuldig voor in het buitenland, maar deze venen kunnen niet als veenmosrietland gekarakteriseerd worden en betreffen vaak ofwel basenrijkere rietlanden ofwel zijn veenmos gedomineerd en hebben eigenschappen van veenheides en/of hoogvenen.

4 Effecten van N-depositie en overige standplaatsfactoren op de vegetatie

4.1 Samenvatting

Ondanks een groot aantal gerichte maatregelen in het verleden zijn de actuele N-depositiewaarden in heel Nederland nog steeds te hoog, en boven de kritische depositiegrens voor de subhabitattypen van Trilvenen en Veenmosrietlanden (respectievelijk 17 kg N/ha/jaar (1214 mol N/ha/jr) en 10 kg N/ha/jr (714 mol N/ha/jr)). Er is geen verschil gevonden in de actuele N-depositiewaarden tussen de 6 vegetatiegroepen in Nederland die in dit onderzoek zijn onderscheiden binnen het habitatype Overgangs- en trilvenen. Dit maakt het des te belangrijker dat de sturende (standplaats)factoren voor de verschillende habitatype duidelijk in beeld worden gebracht, en de relatieve bijdrage van de huidige hoge N-depositie in relatie tot deze factoren wordt ingeschat. Om deze inschatting goed te kunnen maken is tevens een vergelijking gemaakt met buitenlandse trilvenen van goede kwaliteit, waar (nog) sprake is van lage N-depositiewaarden. Voor veenmosrietlanden kon geen vergelijking met buitenlandse referenties worden gemaakt, omdat deze onvoldoende aanwezig zijn. De successie van basenrijke, slaapmosgedomineerde vegetaties (trilvenen) richting zuurdere veenmosgedomineerde vegetaties (o.a. veenmosrietlanden) is deels een natuurlijk proces dat door verzuring, gerelateerd aan een afname van de invloed van basenaanvoer, wordt gestuurd. De onderscheiden vegetatiegroepen vertonen dan ook een duidelijke correlatie met de pH in de toplaag van de bodem.

Trilvenen

De Nederlandse trilvenen hebben een gemiddelde pH-waarde van 6,5 in de toplaag van de bodem. Hierbij is het bicarbonaat (HCO_3)-buffermechanisme in de toplaag van de bodem vooral dominant om verzuring en pH-daling te voorkomen. Het HCO_3 (en hiermee gerelateerde Ca) dat hiervoor nodig is wordt vooral aangevoerd via laterale of verticale infiltratie van gebufferd oppervlaktewater in de (kragge)bodem. Doordat grondwaterinvloed in de meeste laagveengebieden in Nederland tegenwoordig is verdwenen, en er vaak zelfs sprake is van wegzijging, is de aanvoer van oppervlaktewater een belangrijke bron geworden voor de instandhouding van hoge grondwaterstanden. Voor de kwaliteit van de trilvenen speelt de nutriëntenbeschikbaarheid een belangrijke rol. De 'goede' trilvenen (vegetatiegroep 6) waar o.a. nog schorpioenmossen voorkomen lijken vooral P gelimiteerd. Bij de 'matige' trilvenen (vegetatiegroep 5) waar puntmossen dominant zijn en schorpioenmossen niet (meer) voorkomen, lijkt er een verschuiving op te treden naar (co-)limitatie door K. Atmosferische N-depositie heeft door deze P- (en mogelijke K-) limitatie over het algemeen geen direct vermestend effect op trilvenen. Vanwege de hoge N-depositie in Nederland is het echter wel van belang om de limitatie door P in stand te houden, om de nog aanwezige trilvenen in de huidige goede kwaliteit te behouden. Hierbij is het belangrijk dat in het oppervlaktewater, dat wordt aangevoerd om hoge waterstanden te behouden, de PO_4 -concentratie lager dan 2 $\mu\text{mol/l}$, maar liever nog onder de 1 $\mu\text{mol/l}$ (0,03 mg $\text{PO}_4\text{-P/l}$) blijft. In de bodem van trilveenvegetaties blijkt het water-extraheerbare P-gehalte lager te zijn dan 3-5 $\mu\text{mol/l}$ verse bodem.

Bij de 'matige' trilvenen (vegetatiegroep 5) is de buffering al wat lager dan bij de 'goede' trilvenen; hier zijn de grondwaterstanden ook wat lager. Als er geen sprake meer is van kwelwater aanvoer zijn gunstige hydrologische omstandigheden zoals een hoge grondwaterstand tot op maaiveld, en de aanvoer van voldoende basen (HCO_3 en Ca) om het

bodembuffermechanisme op peil te houden, de meest belangrijke factoren voor de aanwezigheid en instandhouding van trilvenen. Van het oppervlaktewater is echter bij ruim 90% van de locaties in dit onderzoek de Ca concentratie lager dan 1500 $\mu\text{mol/l}$ terwijl dit ten minste ca. 2000 $\mu\text{mol/l}$ (80 mg/l) zou moeten zijn om ook voldoende buffering aan te voeren in trilvenen. Daarnaast moet er voldoende infiltratie in de bodem optreden. Zolang er voldoende aanvoer is van gebufferd (en P-arm) oppervlaktewater die de optredende verzuring (zowel natuurlijke verzuring als gevolg van drogere perioden, als de extra verzuring via N-depositie) kan compenseren, is het mogelijk de nog aanwezige trilvenen in Nederland in stand te houden ondanks de hoge N-depositiewaarden. Dit neemt echter niet weg dat de hoge atmosferische N-depositie wel voor een extra zuurlast in trilvenen zorgt, die dus zo wie so gecompenseerd dient te worden. De aanwezige 'goede' trilvenen in Nederland (vegetatiegroep 6) hebben, bij dezelfde mate van buffering, een pH die een halve tot een hele eenheid lager is dan de kwalitatief goede referentie-trilvenen uit Zweden en Polen. In vergelijking met de buitenlandse trilvenen is de vegetatiekwaliteit ook matig vanwege een hoge puntmosdominantie in Nederland. Verder heeft de extra verzuring via N-depositie waarschijnlijk bijgedragen aan het verdwijnen van zwak gebufferde trilvenen in Nederland.

Veenmosrietlanden

De (versnelde) successie vanuit het trilveenstadium (vegetatiegroepen 5 en 6) richting overgangsvenen (vegetatiegroep 4) wordt vooral bepaald door een lagere grondwaterstand, een afname van de buffercapaciteit en een toename van veenmossen. Ook het opheffen van P-limitatie zal aan deze overgang bijdragen. In de vegetatiegroepen 4 t/m 1 (overgangsvenen, inclusief veenmosrietlanden) neemt de pH steeds verder af van resp. gemiddeld pH 6 tot 4,5. Hierbij is het buffermechanisme via kationuitwisseling het meest dominant, en is er (vrijwel) geen sprake meer van HCO_3 -buffering met een lagere pH in de bodem. Als gevolg van verzuring wordt Ca uitgewisseld tegen zuur (H^+) en kan het uitspoelen. Hierdoor neemt het bufferend vermogen van de bodem af, zeker in combinatie met een geringe aanvoer van Ca via grond- en/of oppervlaktewater. Dit maakt de veenmosgedomineerde vegetatiegroepen 1 t/m 4 zeer gevoelig voor verzurende processen, waaronder hoge atmosferische N-depositie. Uit dit onderzoek blijkt dat een (relatief kleine) toename in N-depositie van 100 mol/ha/jaar leidt tot een 5-7% afname van de buffering in de bodem voor deze veenmosgedomineerde vegetatiegroepen.

De vestiging van veenmossen blijkt het meest te worden bevorderd door het uitzakken van de grondwaterstanden en de verzuring als gevolg hiervan, en minder door de extra verzurende bijdrage via N-depositie. Na de vestiging van veenmossen lijkt een hoge N-depositie echter wel een vermestende rol te spelen doordat het (met name verticale) groei en biomassa van de veenmossen stimuleert, en nutriëntenratio's in de mossen beïnvloedt (hogere N:P en N:K ratio's). Behalve bij veenmossen lijkt een hoge N-depositie ook de bedekking van andere mossoorten te stimuleren. Bij een N-depositie van meer dan 1500 mol N/ha/jaar worden de hoogste bedekkingen van haarmos en puntmos gevonden. In tegenstelling tot de mossen lijkt er bij de vaatplanten geen direct vermestingseffect als gevolg van een hoge N-depositie, maar lijkt de biomassa vooral bepaald te worden door een hogere nutriëntenbeschikbaarheid als gevolg van mineralisatie dieper in de bodem. Dit is met name het geval voor vegetatiegroep 3, waarbinnen de meer basenrijke veenmosrietlanden vallen, en de biomassa vooral wordt gedomineerd door vaatplanten.

4.2 Onderzoeksmethode

Op de 110 onderzoekslocaties waar Nederlandse vegetatieopnames van zijn gemaakt (paragraaf 3.2.1), zijn ook overal standplaatsfactoren gemeten. Hierdoor kan er een koppeling gemaakt worden tussen de huidige biotische kwaliteit (op basis van de soortensamenstelling en biodiversiteit) van Nederlandse trilvenen en overgangsvenen en de standplaatsfactoren. De mate waarin de vegetaties beïnvloed worden door N-depositie zal

afhangen van de hoogte van de atmosferische depositie, maar zeer waarschijnlijk ook van andere standplaatsfactoren. Er kan onder andere gedacht worden aan de mate waarin het systeem in staat is om P te binden en de mate waarin het systeem en/of de bodem nog gebufferd wordt. Uiteindelijk bepalen deze biogeochemische processen en interacties of de vegetatie nutriënten (N, P en/of K) gelimiteerd is, en of de standplaatsen gevoelig zijn voor bijvoorbeeld verzuring. Een gedegen onderzoek van de standplaatsfactoren gekoppeld aan de kwaliteiten van het habitatype ter plaatse, is dus van belang om de gevoeligheid van het systeem voor een hoge N-depositie en de onderliggende oorzaak voor de huidige kwaliteit van de subhabitattypen in te schatten.

Tevens is er een vergelijking gemaakt tussen de gemeten (a)biotische kwaliteit van de Nederlandse veengebieden met een verzamelde dataset van Europese referentiegebieden in Ierland, Polen, en Zweden (paragraaf 4.7.2). Deze vergelijking is met name gedaan omdat de N-depositie in deze landen veel lager is dan in Nederland. Aangezien er in deze buitenlandse referentiedataset geen veenmosrietlanden konden worden meegenomen ligt in de volgende paragrafen de focus op de vergelijking tussen de Nederlandse en buitenlandse trilveenvegetaties, die bij een verschillende N-depositie zijn ontwikkeld. Hierbij moet direct worden opgemerkt dat de referentielocaties van trilvenen die we uit het buitenland beschikbaar hadden veelal mooie en goed ontwikkelde, mesotrofe trilveenvegetaties zijn, en daarom mogelijk geen goede weerspiegeling zijn van de algemene status van de trilveenkwaliteit in de desbetreffende landen. Het doel is echter om inzicht te krijgen in hoe de aanwezige kwaliteit van Nederlandse trilvenen (ontwikkeld bij een hoge N-depositie) zich verhoudt ten opzichte van goed ontwikkelde trilvenen in het buitenland (ontwikkeld bij een lage(re) N-depositie).

4.2.1 Veldonderzoek en monsternamen

De belangrijkste standplaatsfactoren voor trilvenen en veenmosrietlanden zijn gemeten, zoals de geohydrologische condities (positionele factor, bijv. grondwaterstand en EGV), bodemchemische condities die de basenhuishouding beschrijven (conditionele factoren, bijv. pH en buffering) en variabelen die de nutriënten-beschikbaarheid beschrijven (operationele factoren, bijv. N- en P-concentraties). Tijdens het veldonderzoek zijn er op alle 110 locaties in het plot van 2x2m, waarvan ook vegetatieopnames zijn gemaakt (paragraaf 3.2.1), metingen en analyses uitgevoerd aan zowel het porie-, grond-, en oppervlaktewater, alsmede de kraggebodem en vegetatie (tabel 4.1). De dikte van de levende moslaag en de hoogte van de vaatplanten is bepaald in het plot, en er is een bodembeschrijving gemaakt tot 50cm diepte. Tevens is op iedere locatie de EGV en temperatuur m.b.v. een prikstok gemeten op verschillende dieptes in de kragge. Waar mogelijk zijn er prikstokmetingen uitgevoerd in een raai van open water naar de plot.



Plot uitgezet voor vegetatieopname en monsternamen in de Nieuwkoopse plassen (foto G. van Dijk)

De actuele N-depositie voor de Nederlandse situatie is voor iedere locatie afzonderlijk bepaald met behulp van gemodelleerde data uit AERIUS Calculator (online-versie 2015), en voor de actuele N-depositie op Europees niveau zijn gemodelleerde data uit EMEP (online-versie) gebruikt. Bovendien is er per provincie in Nederland de jaarlijks geaccumuleerde (cumulatieve) N-depositie data sinds 1950 verkregen via het RIVM.

Tabel 4.1. Overzicht van de monstername en analyses op iedere locatie
 Table 4.1. Overview of the sampling methods and analyses for each location

Type monster	Monstername	Analyse
Vegetatiemonster	Biomassa vaatplanten	Nutriënten in plant & opbrengst
Vegetatiemonster	Biomassa moslaag	Nutriënten in plant & opbrengst
Bodemmonster	Kragge/bodem (0-10cm, direct onder levende moslaag)	Basenverzadiging & Nutriënten
Watermonster	Bodemvocht (0-10cm, direct onder levende moslaag)	Buffering & Nutriënten
Watermonster	Grondwater/Bodemvocht (50-60cm diepte in de kragge/bodem)	Buffering & Nutriënten
Watermonster	Oppervlaktewater	Buffering & Nutriënten

4.2.2 Analyse porievocht, grond- en oppervlaktewater

Bemonstering in het veld

Binnen het onderzoeksplot werd er porievocht verzameld op 0-10 cm diepte (direct onder de levende moslaag) met behulp van teflon Rhizon porievochtmonsteraars (Eijkkelkamp Agrisearch Equipment) waaraan vacuum getrokken spuiten van 50 ml werden bevestigd. Tevens werd er op 50-60 cm diepte grondwater bemonsterd met behulp van een keramische cup waaraan eveneens vacuum getrokken spuiten van 50 ml werden bevestigd. Ook werden er watermonsters van het meest nabijgelegen oppervlaktewater genomen.

Analyse waterkwaliteit

Van zowel de porievocht-, grond- en oppervlaktewatermonsters werden de pH en alkaliniteit (zuurbufferend vermogen) bepaald met behulp van een Orion pH-electrode in combinatie met een Autoburette van Titration Manager Titralab. Door titratie van het watermonster met verdund zoutzuur tot pH 4,2 werd de alkaliniteit bepaald. De toegevoegde hoeveelheid equivalenten zuur per liter is hierbij gedefinieerd als de alkaliniteit. Van de ongefilterde oppervlaktewatermonsters werd de turbiditeit bepaald met een Dentan Turbidimeter (model FN-5). Totaal anorganisch koolstof (TIC) in alle watermonsters werd gemeten met behulp van infrarood gasanalyse (ABB-advance optima IRGA), waarna met behulp van pH de verhouding tussen kooldioxide (CO_2) en bicarbonaat (HCO_3^-) werd bepaald. Hierna zijn de oppervlaktewatermonsters gefilterd over een Whatman microfiberfilter (GF/C; 45 μm). Van alle oppervlakte-, porievocht-, grondwatermonsters werden vervolgens twee subsamples genomen, een subsample werd aangezuurd om metalen in oplossing te houden en vervolgens bewaard bij 4°C voor verdere elementanalyse op ICP (paragraaf 4.2.5). Het tweede subsample werd direct ingevroren bij -18°C en bewaard voor verdere elementanalyse op Auto Analyzers (paragraaf 4.2.5).



Bodem monstername (foto G. van Dijk)

4.2.3 Analyse bodems

Bemonstering in het veld

Bij ieder onderzoeksplot werden twee verse en representatieve bodemonsters uitgestoken, waarvan één met behulp van een dichtheidsbodeming met vaste inhoud.

Vochtpercentage/ organisch stof

De dichtheidsbodeming werd gedroogd bij een temperatuur van 60°C gedurende minimaal 48 uur (Heraeus droogstoof) om het vochtpercentage en de bodemdichtheid te bepalen. Het gloeiverlies (maat voor het organisch stofgehalte) werd vervolgens bepaald door de gedroogde monsters gedurende 4 uur in een verbrandingsoven van 550°C (Nabertherm) te verassen.

Bodemdestructie

Door de bodem te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de totale concentratie van bepaalde elementen (inclusief nutriënten) in het bodemmateriaal te bepalen. Dit gebeurde door het bodemmateriaal na het drogen te vermalen en te verzamelen in pillenpotjes van 100 ml. Van het bodemmateriaal werd per monster nauwkeurig 200 mg afgewogen en in teflon destructievaatjes overgebracht. Aan het bodemmateriaal werd 5 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO_3 , 65%) en 2 ml waterstofperoxide (H_2O_2 , 30%) toegevoegd, waarna ze in een destructie-magnetron werden geplaatst (Milestone microwave type mls 1200 mega). Na destructie werden de monsters afgekoeld tot kamertemperatuur in een koelkast, waarna ze werden overgegoten in 100 ml maatcilinders en aangevuld tot 100 ml door toevoeging van milli-Q. Vervolgens werd het geheel gekoeld bewaard bij 4°C tot elementanalyse op de ICP (paragraaf 4.2.5).

Zout-extract

De zoutextractie is uitgevoerd ter bepaling van de hoeveelheid biologisch beschikbaar stikstof (ammonium en nitraat) en kalium die goed uitwisselbaar zijn in de bodem en dus relatief goed opneembaar zijn voor planten. Hiertoe is 17,5 gram verse bodem met 50 ml zoutextractant (0,2M NaCl) gedurende 2 uur uitgeschud op een schudmachine bij 105 rpm waarna de pH werd gemeten. Het supernatant werd onder vacuüm verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars en bewaard tot verdere elementanalyse (paragraaf 4.2.5) bij 4°C (ICP) en bij -18°C (Auto Analyzers).

Water-extract

Vrij beschikbare nutriënten en kationen en de $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ werden bepaald met behulp van een waterextractie. Hiervoor werd aan 17,5 gram verse bodem 50 ml milli-Q water toegevoegd. Gedurende 2 uur werden de monsters uitgeschud op een schudmachine (105 rpm) waarna de pH werd gemeten. Het supernatant werd onder vacuüm verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars en bewaard tot verdere elementanalyse (paragraaf 4.2.5) bij 4°C (ICP) en bij -18°C (Auto Analyzers).

Strontium-extract

Met behulp van het strontiumextract worden alle kationen die gebonden zitten aan het bodemadsorptiecomplex los gemaakt. De hoeveelheid ingewogen vers materiaal is gelijk aan 5 gram drooggewicht. Allereerst wordt dus het vochtgehalte bepaald en vervolgens kan de hoeveelheid in te wegen vers materiaal voor het strontiumextract bepaald worden. Vervolgens wordt er 200 ml anaeroob 0,2M SrCl_2 -oplossing toegevoegd en hierna wordt het extract nog 10 minuten met stikstofgas doorborreld. Vervolgens werden de monsters gedurende 1 uur uitgeschud op een schudmachine (105 rpm) waarna de pH werd gemeten. Het supernatant werd onder vacuüm verzameld met behulp van teflon poriewaterbemonsteraars en bewaard tot verdere elementanalyse (paragraaf 4.2.5) bij 4°C (ICP) en bij -18°C (Auto Analyzers).

Berekenen basenverzadiging

Met behulp van de resultaten die zijn verkregen via het strontium- en waterextract kan de totale uitwisselingscapaciteit van kationen (CEC) en de basenverzadiging in een bodem worden berekend. Per element kan berekend worden hoeveel hiervan is geadsorbeerd aan het bodemcomplex door de concentratie die vrij in het bodemvocht aanwezig is (H_2O -extraheerbare fractie) af te trekken van de concentratie die totaal aanwezig is aan het bodemcomplex (SrCl_2 -extraheerbare fractie). Organische deeltjes en kleideeltjes hebben een

negatief geladen oppervlak dat positief geladen ionen (als Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , H^+ en Al^{3+}) aantrekt. De CEC is de capaciteit van de bodem om positief geladen ionen uit te wisselen met de bodemoplossing. De basenverzadiging geeft het percentage van de bezetting van basische kationen (Ca^{2+} , Mg^{2+} en K^+) ten opzichte van het totale aantal kationen (CEC) dat aan het bodemcomplex is geadsorbeerd. De formules voor het berekenen van de uitwisselbare kation capaciteit (CEC) en de basenverzadiging is:

$$\text{CEC } (\mu\text{mol/g DW}) = [3 \cdot (\text{Al}_{\text{Sr}} - \text{Al}_{\text{w}}) + 2 \cdot (\text{Ca}_{\text{Sr}} - \text{Ca}_{\text{w}}) + 2 \cdot (\text{Mg}_{\text{Sr}} - \text{Mg}_{\text{w}}) + 2 \cdot (\text{Mn}_{\text{Sr}} - \text{Mn}_{\text{w}}) + 2 \cdot (\text{Zn}_{\text{Sr}} - \text{Zn}_{\text{w}}) + (\text{Na}_{\text{Sr}} - \text{Na}_{\text{w}}) + 2 \cdot (\text{Fe}_{\text{Sr}} - \text{Fe}_{\text{w}}) + (\text{K}_{\text{Sr}} - \text{K}_{\text{w}}) + (\text{H}_{\text{Sr}} - \text{H}_{\text{w}}) + (\text{NH}_{4\text{Sr}} - \text{NH}_{4\text{w}})]$$

$$\text{Basenverzadiging (\%)} = [2 \cdot (\text{Ca}_{\text{Sr}} - \text{Ca}_{\text{w}}) + 2 \cdot (\text{Mg}_{\text{Sr}} - \text{Mg}_{\text{w}}) + (\text{K}_{\text{Sr}} - \text{K}_{\text{w}})] / [\text{CEC}] \times 100\%$$

4.2.4 Analyse vegetatie

Bemonstering in het veld

Van alle locaties werd binnen het onderzoeksplot de levende moslaag direct geoogst met behulp van een mal (13x13cm). De vaatplanten zijn op alle locaties apart geoogst aan het einde van het groeiseizoen (eind juli tot en met augustus) in een subplot van 50x50cm binnen het onderzoeksplot. De opbrengst van de mossen en vaatplanten kon worden bepaald aan de hand van de geoogste biomassa binnen een vast oppervlakte.

Vochtpercentage

De geoogste vegetatiemonsters (vaatplanten en mossen afzonderlijk) werden in het geheel gedroogd bij een temperatuur van 60°C gedurende minimaal 48 uur (Heraeus droogstoof) en gewogen om de biomassa en het vochtpercentage te bepalen. Hierna werd het geheel voor ieder monster apart kortgeknijpt en gehomogeniseerd, waarvan een subsample vervolgens werd fijn gemalen. Het subsample van de gedroogde vaatplanten en mossen werd gebruikt voor destructie en C:N bepaling.

C:N bepaling

Circa 3 mg fijngemalen droog plantenmateriaal werd ingewogen in tinnen cupjes. Vervolgens is de vegetatie geanalyseerd op de verhouding koolstof (C) en stikstof (N) met behulp van de IRMS (EA1110 Thermo Fisher Scientific gekoppeld aan ConFlo III interface en massaspectrometer Finnigan DeltaPlus).

Destructie

Door het plantmateriaal te destrueren is het mogelijk de totale concentratie van bepaalde elementen (inclusief nutriënten) te bepalen. Dit gebeurde op dezelfde manier als hierboven beschreven voor de bodemdestructie.

4.2.5 Elementanalyse

De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S), silicium (Si) en zink (Zn) werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ICP Thermo Electron corporation IRIS Intrepid II XDL). De concentraties nitraat (NO_3) en ammonium (NH_4) werden colorimetrisch bepaald met een Traacs 800+ auto-analyzer met behulp van respectievelijk salicylaatreagens en hydrazinesulfaat (Technicon Corporation, 1969). Chloride (Cl) en fosfaat (PO_4) werden colorimetrisch bepaald met een Technicon auto-analyzer II systeem met behulp van respectievelijk mercuritiocyanide (Technicon Corporation, 1968) en ammoniummolybdaat en ascorbinezuur. Natrium (Na) en kalium (K) werden vlamfotometrisch bepaald met een Technicon Flame Photometer IV Control (Technicon Corporation, 1966).

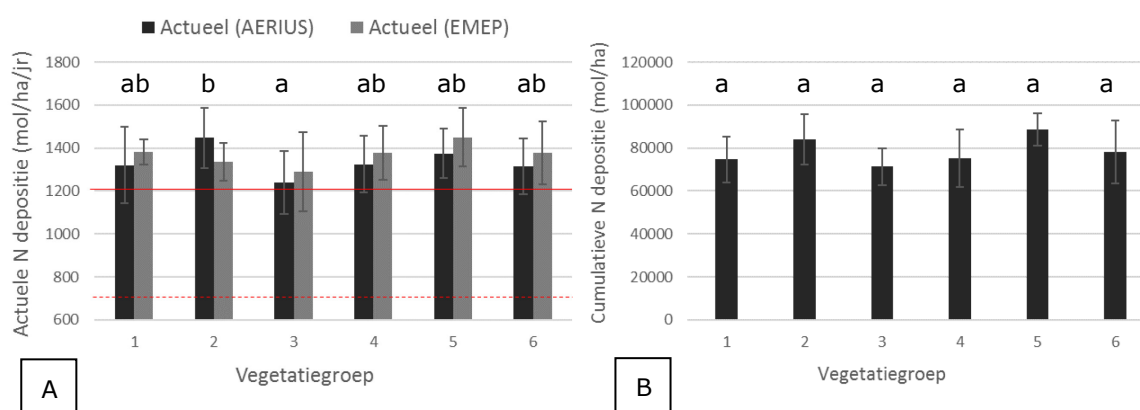
4.3 Resultaten: N-depositie

4.3.1 Actuele en cumulatieve N-depositie in Nederland

Met behulp van AERIUS en EMEP zijn voor alle onderzoekslocaties gemodelleerde waarden van de actuele N-depositie in 2015 opgezocht. Vervolgens is per vegetatiegroep die is onderscheiden in dit onderzoek (paragraaf 3.3.1) de gemiddelde actuele N-depositie berekend (figuur 4.1A). De gemiddelde waarden en spreiding van de N-depositie zijn, zoals verwacht, nagenoeg gelijk voor alle vegetatiegroepen. Oftewel, er is geen duidelijk verschil in de actuele N-depositie tussen de verschillende vegetatiegroepen. Tevens is er vrijwel geen verschil tussen de gemodelleerde resultaten uit de AERIUS- of EMEP-database.

Er is sprake van een forse overschreiding van de actuele N-depositie wanneer de gemodelleerde waarden meer dan twee keer zo hoog zijn dan de KDW, wat met name het geval is voor veenmosrietlanden (KDW = 714 mol N/ha/jaar; rode stippellijn lijn figuur 4.1). Wanneer de waarden hoger zijn dan de KDW, maar nog niet twee keer zo hoog, dan is er sprake van een matige overschreiding. Dit is meestal het geval voor trilvenen (KDW = 1214 mol N/ha/jaar, doorgetrokken rode lijn in figuur 4.1). Voor alle onderscheiden Nederlandse vegetatiegroepen in dit onderzoek geldt dus dat de actuele N-depositie waarden te hoog zijn. De actuele depositie waarden die volgen uit AERIUS (en EMEP) hebben echter een grote onzekerheid, die afhankelijk is van de detailinformatie die beschikbaar is rondom natuurgebieden. De onzekerheid binnen AERIUS kan variëren van enkele tientallen procenten tot wel 70% (**Velders et al., 2011**). Deze onzekerheid wordt bepaald door onzekerheden in de emissies, het landgebruik, de verspreidingsberekening en de depositieberekening. De depositieberekening betreft het jaargemiddelde droge en natte depositie op 1 km², waarvan de onzekerheid in de droge depositiesnelheid voornamelijk wordt bepaald door de ruwheid van het oppervlak en kennis van de mate waarin vegetaties ammoniak en stikstofoxiden opnemen. Deze input voor de ruwheid van de vegetatie wordt gehaald uit de Landelijk Grondgebruik Nederland, versie 6 (LGN6).

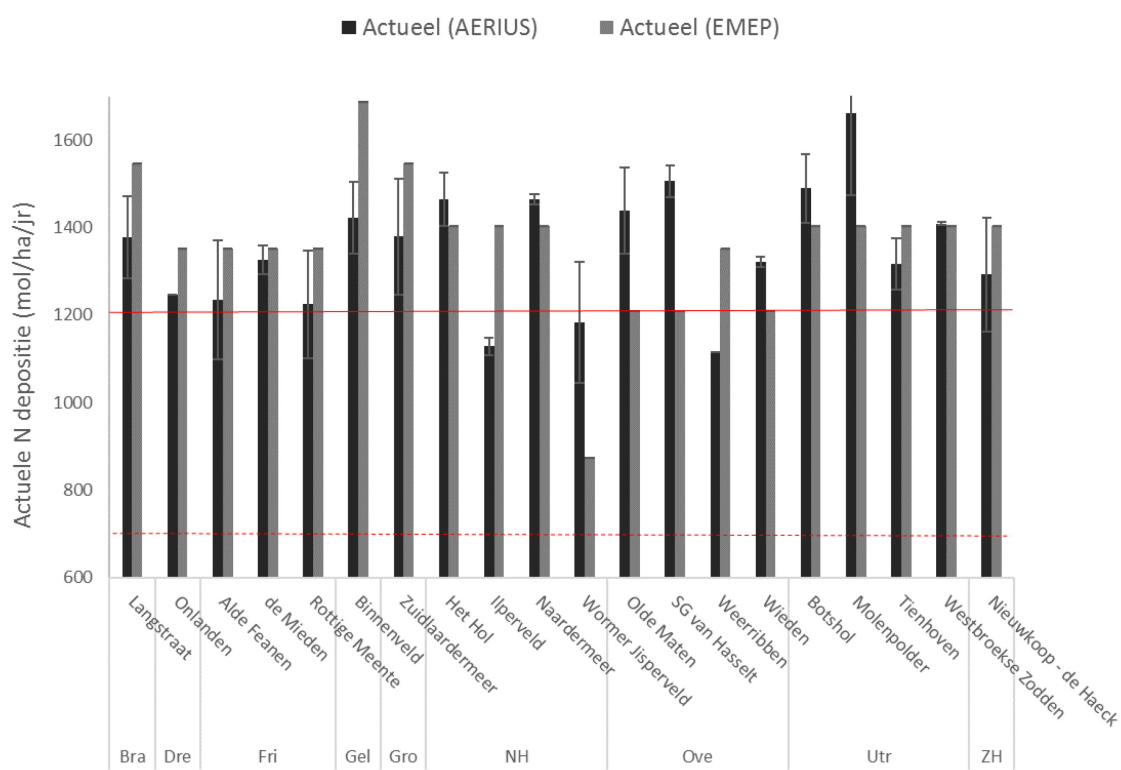
Net als bij de actuele N-depositie, is er ook relatief weinig verschil in de cumulatieve N-depositie tussen de vegetatiegroepen (figuur 4.1B). Hierbij moet worden opgemerkt dat de beschikbare cumulatieve data slechts op een heel groot schaalniveau (provincie-niveau) kan worden bepaald, en dat alle onderscheiden vegetatiegroepen ruimtelijk verdeeld zijn over de verschillende provincies.



Figuur 4.1. De gemiddelde actuele (mol/ha/jaar; figuur A) en cumulatieve (mol/ha van 1980-2015; figuur B) stikstof (N) depositie voor de verschillende vegetatiegroepen die zijn onderscheiden in dit onderzoek. Groep 1 (n=42): verzuurd veenmosrietland; Groep 2 (n=13): verzuurd overgangsveen; Groep 3 (n=21): basenarm veenmosrietland; Groep 4 (n=12): basenarm overgangsveen; Groep 5 (n=5): eutroof trilveen; Groep 6 (n=17): mesotroof trilveen. De rode doorgetrokken lijn geeft de KDW voor de actuele N-depositie in trilvenen, en de rode stippellijn voor veenmosrietlanden aan. Significante verschillen voor AERIUS zijn met verschillende letters aangegeven. (Brongegevens AERIUS en EMEP (actueel); RIVM (cumulatief)).

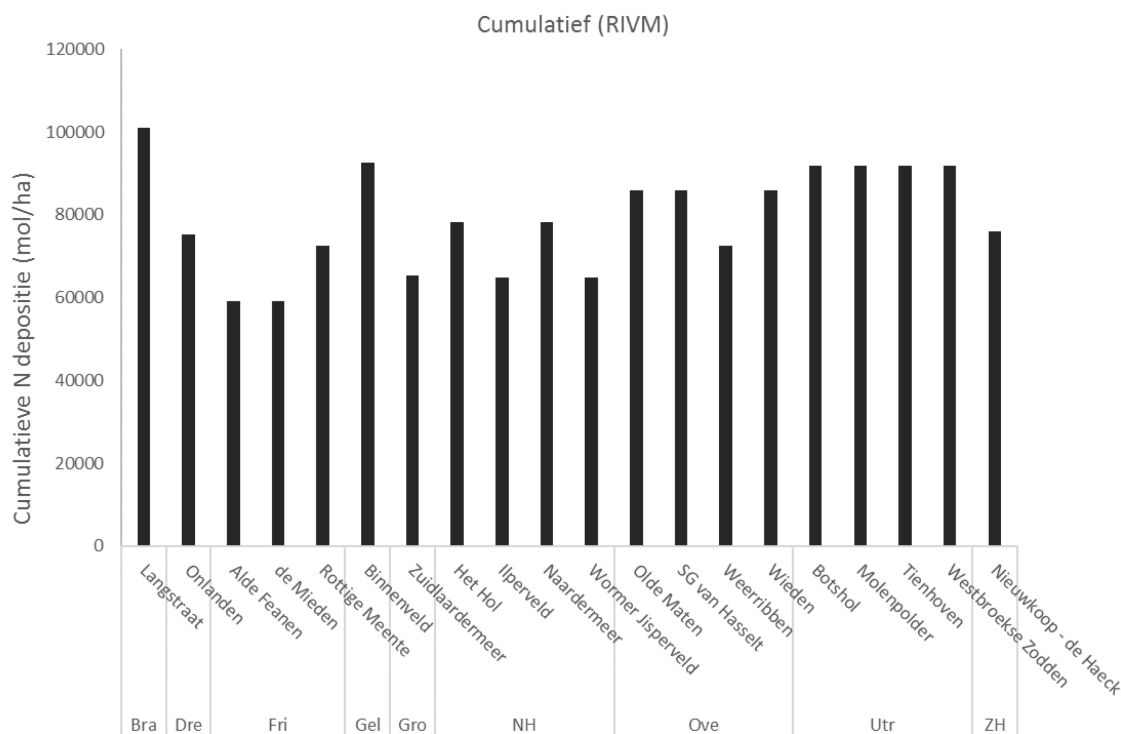
Figure 4.2. Average actual (mol/ha/year; figure A) and cumulative (mol/ha from 1980-2015; figure B) N-deposition values as measured for the different vegetation groups distinguished in this study. Group 1 (n=42): acidified poor fen; Group 2 (n=13): acidified transitional fen; Group 3 (n=21): poor fen; Group 4 (n=12): base-poor transitional fen; Group 5 (n=5): eutrophic rich fen; Group 6 (n=17): mesotrophic rich fen. The red straight line shows the critical value for rich fens, the red dotted line for poor fens. Different letters show significant differences. (Sources: AERIUS and EMEP (actual); RIVM (cumulative)).

Als er wordt gekeken naar de actuele N-depositie per natuurgebied dat is meegenomen in dit onderzoek, dan is er wel variatie tussen de gebieden te zien (figuur 4.2). Ondanks de onzekerheden over de gedetailleerdheid en betrouwbaarheid van de actuele depositiewaarden, laten de data die volgen uit de afzonderlijke modellen in AERIUS en EMEP in grote lijnen dezelfde trends zien, met uitzondering van de kop van Noord-Holland (Ilperveld en Wormer-Jisperveld) en Overijssel (Olde Maten, Stadsgaten van Hasselt & Wieden). De data van AERIUS zijn echter op een kleiner schaalniveau beschikbaar (km²) dan de data van EMEP (op provincie-niveau), daarom zijn de data verkregen via AERIUS gebruikt in deze studie voor de actuele N-depositie waarden van de onderzoekslocaties binnen Nederland. Alleen voor de vergelijking van de Nederlandse locaties met de Europese referentielocaties is gebruik gemaakt van de gemodelleerde N-depositie waarden verkregen via EMEP, omdat voor de Europese referentielocaties uitsluitend EMEP-waarden beschikbaar zijn.



Figuur 4.2. De actuele N-depositie waarden (mol/ha/jaar) voor de verschillende natuurgebieden (AERIUS zijn gemiddelde waarden van de bemonsterde locaties per gebied) die zijn bemonsterd in dit onderzoek (brongegevens AERIUS en EMEP). De doorgetrokken lijn geeft de KDW voor trilvenen, en de stippellijn voor veenmosrietlanden.

Figure 4.2. Actual N-deposition values (mol/ha/year) as measured for the different peatlands included in this study (source: AERIUS and EMEP) (AERIUS shows averages values of the locations in each peatland). The red straight line shows the critical value for rich fens, the red dotted line for poor fens.



Figuur 4.3. De cumulatieve N-depositie waarden (mol/ha) over de periode 1980-2015 voor de verschillende natuurgebieden die zijn bemonsterd in dit onderzoek (brongegevens RIVM).

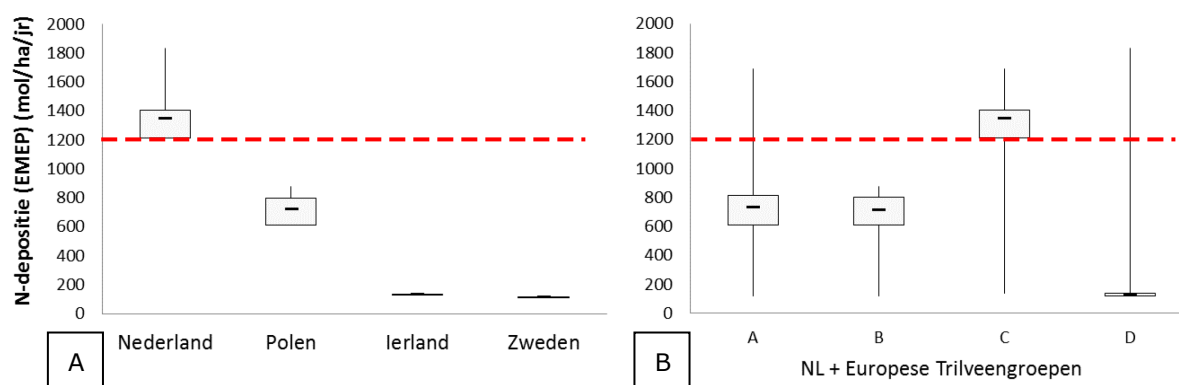
Figure 4.3. Cumulative N-deposition values (mol/ha) in the period 1980-2015 as measured in the different peatlands that are included in this study (source: RIVM).

De gebieden in de kop van Noord-Holland hebben relatief lagere N-depositiewaarden volgens het AERIUS (Wormer-Jisperveld, Ilperveld) en EMEP (alleen WJveld) model. In deze gebieden komt alleen het subhabittatype Veenmosrietland voor, en hiervoor zijn de N-depositiewaarden echter nog steeds te hoog (figuur 4.2; stippellijn). Voor het subhabittatype Trilvenen liggen de N-depositie waarden in de Weerribben volgens AERIUS nog net onder de KDW (figuur 4.2; doorgetrokken lijn). Dit is ook het geval voor een aantal locaties in de Wieden, Alde Feanen, Rottige Meenthe, en Nieuwkoopse plassen – de Haeck.

In de periode 1980-2015 is er in totaal 60000 mol N/ha in Friesland (Alde Feanen; de Mieden) tot wel 100000 mol N/ha in Brabant (Langstraat) op de vegetatie terecht gekomen (figuur 4.3). Dit laat zien dat er tussen de veengebieden die in dit onderzoek zijn meegenomen behoorlijke verschillen kunnen zijn in de cumulatieve N-depositie over de afgelopen 35 jaar. Dit heeft mogelijk effect gehad op de ontwikkeling van het habitatype H7140 in de verschillende gebieden, wat in dit onderzoek wordt bekeken.

4.3.2 Nederland vs. referentielanden in Europa

Wanneer de actuele N-depositie waarden (EMEP) per land worden berekend, liggen de Nederlandse depositiewaarden veel hoger dan in de Europese landen met de referentie veensystemen zoals Polen, Zweden en Ierland (figuur 4.4A). De kritische depositie waarde (KDW) voor trilvenen wordt op dit moment alleen voor Nederland overschreden (zie rode stippellijn in figuur 4.4). Wanneer wordt gekeken naar de range van N-depositie bij de trilveenvegetatiegroepen die volgen uit de clusteranalyse met Nederlandse en buitenlandse locaties, zoals beschreven in paragraaf 3.3.4 (groepen A t/m D), is te zien dat er veel spreiding is in N-depositie binnen deze groepen (figuur 4.4B). Dit komt omdat de afzonderlijke locaties binnen de groepen in verschillende landen voorkomen. Het grootste deel van de Nederlandse trilveenlocaties vallen in groep C (welke dus ook duidelijk de hoogste N-depositie heeft), maar een klein deel ook in de groepen A en D.



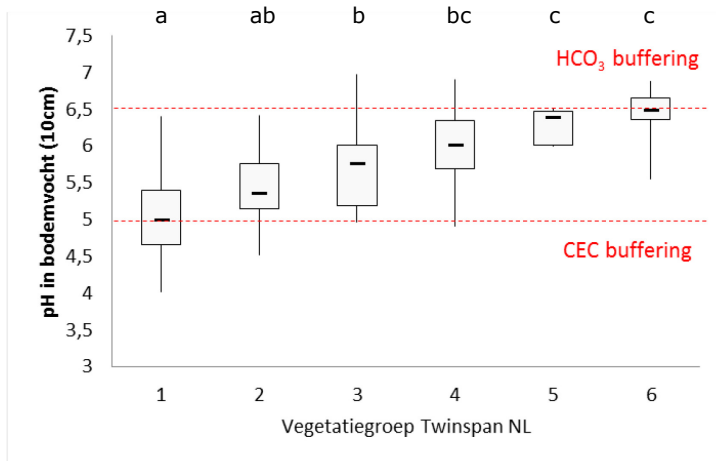
Figuur 4.4. De gemiddelde actuele N-depositie voor alléén trilvenen in Nederland, Polen, Ierland en Zweden die in dit onderzoek zijn meegenomen. Weergegeven per land (figuur A) of per onderscheiden vegetatiegroep binnen de Europese trilvenen (TV) (figuur B); Groep A: TV met Geel schorpioenmos ($n=41$), Groep B: TV met Groen schorpioenmos ($n=22$), Groep C: TV met Gewoon puntmos ($n=29$), Groep D: TV met Rood schorpioenmos ($n=16$).

Figure 4.4 Average N-deposition for the rich fens in the Netherlands, Poland, Ireland and Sweden that are analysed in this study. Shown per country (figure A) or per distinguished group within European rich fens (RF) (figure B); Group A: RF with *H. vernicosus* ($n=41$), Group B: RF with *S. cossonii* ($n=22$), Group C: RF with *C. cuspidata* ($n=29$), Group D: RF with *S. scorpioides* ($n=16$).

4.4 Resultaten: N-depositie en verzuring

4.4.1 Relatie pH-buffering en vegetatie in Nederland

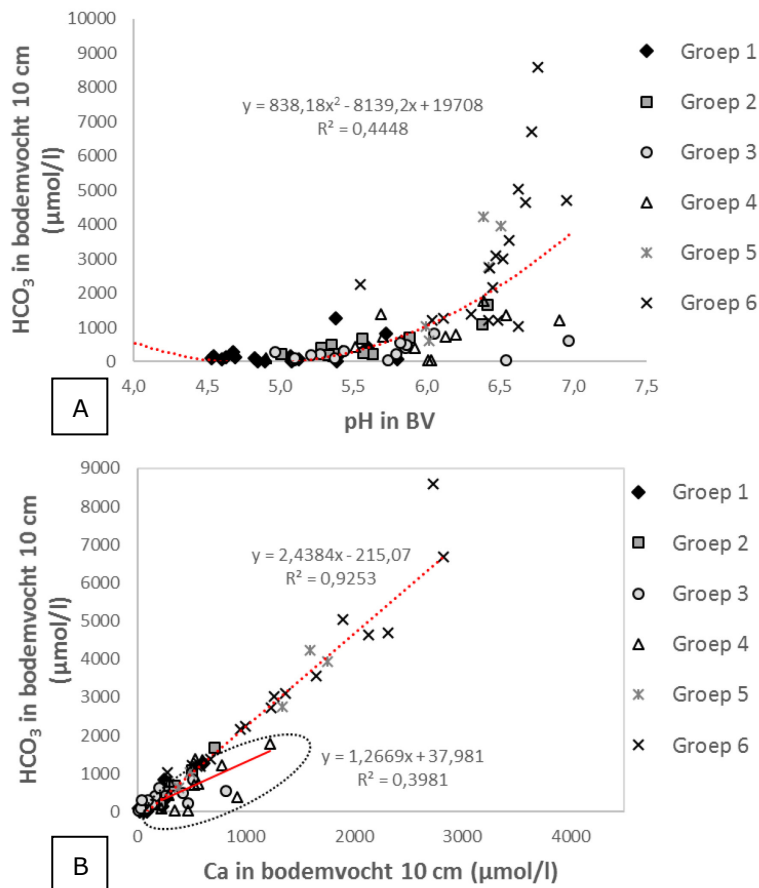
Zoals uitgelegd in hoofdstuk 2 kan N-depositie leiden tot verzuring van de bodem. Voordat de mogelijke verzuringseffecten als gevolg van N-depositie worden besproken (paragraaf 4.4.2 & 4.4.3), zal hieronder eerst worden beschreven hoe, en in welke mate, de in dit onderzoek onderscheiden vegetatiegroepen worden beïnvloed door bodembuffering en -verzuring. De successie van basische slaapmosgedomineerde vegetaties (trilvenen) richting zuurdere veenmosgedomineerde vegetaties (o.a. veenmosrietlanden) is een natuurlijk proces dat door verzuring wordt gestuurd. Bodemverzuring is een continu proces waarbij de hoeveelheid zuur (protonen; oftewel H^+ -ionen) in de bodem toeneemt, en de pH-waarde in de bodem kan dalen. Zoals figuur 4.5 laat zien, is er een duidelijk verloop in pH van het bodemvocht tussen de verschillende vegetatiegroepen die zijn onderscheiden in dit onderzoek. De actuele pH-waarde wordt bepaald door enerzijds de hoeveelheid H^+ die vrijkomt door verzurende processen en anderzijds door de mate waarin de bodem kan bufferen tegen verzuring (H^+ kan consumeren cq. immobiliseren). Deze laatste wordt bepaald door de buffercapaciteit van de bodem. Wanneer de H^+ productie in het systeem toeneemt op de korte termijn kan dit worden geneutraliseerd door de aanwezige buffermechanismen. Op de langere termijn wordt de pH in een bodem bepaald door het evenwicht tussen de aanvoer en productie van zuren, bijvoorbeeld door atmosferische N-depositie en door oxidatieprocessen als gevolg van verdroging enerzijds en door de aanvoer en productie van bufferende elementen, bijvoorbeeld door de aanvoer van gebufferd grond- of oppervlaktewater en zuurconsumerende reductieprocessen als gevolg van vernatting, anderzijds. De vegetatiegroepen 6 en 5 (trilvenen) hebben een gemiddelde pH van 6,5, waarbij vermoedelijk vooral het HCO_3^- buffermechanisme dominant is in de toplaag. In de vegetatiegroepen 4 tot en met 1 (overgangsvennen en veenmosrietlanden) neemt de pH steeds verder af van gemiddeld pH 6 tot 4,5, waarbij het buffermechanisme via kationuitwisseling (CEC) een steeds belangrijkere rol gaat spelen (figuur 4.5).



Figuur 4.5. Gemiddelde pH in het bodemvocht van de toplaag van de bodem bij de verschillende vegetatiegroepen die zijn onderscheiden in dit onderzoek. Groep 1 (n=42): verzuurd veenmosrietland; Groep 2 (n=13): verzuurd overgangsveen; Groep 3 (n=21): basenarm veenmosrietland; Groep 4 (n=12): basenarm overgangsveen; Groep 5 (n=5): eutroof trilveen; Groep 6 (n=17): mesotroof trilveen. Significante verschillen zijn aangegeven met verschillende letters.

Figure 4.5 Average pH in pore water of the top soil of the different vegetation groups that were distinguished in this study. Group 1 (n=42): acidified poor fen; Group 2 (n=13): acidified transitional fen; Group 3 (n=21): poor fen; Group 4 (n=12): base-poor transitional fen; Group 5 (n=5): eutrophic rich fen; Group 6 (n=17): mesotrophic rich fen. Significant differences are shown with different letters.

Wanneer de pH onder 6,5 daalt neemt de HCO_3 concentratie zeer snel af, terwijl deze nog relatief hoog is bij de trilveengroepen 5 en 6 (figuur 4.6A). Dit laat zien dat voor de trilveengroepen inderdaad het HCO_3 buffermechanisme nog belangrijk is. Zowel de HCO_3 als Ca concentratie zijn sterk afhankelijk van de pH in de bodem, en het valt op dat ze in een evenwichtige 2:1 verhouding voorkomen in het bodemvocht (figuur 4.6; onder). Dat deze twee elementen nauw met elkaar verbonden zijn komt doordat HCO_3 en Ca in veel veensystemen in deze verhouding worden aangevoerd via gebufferd grond- en/of oppervlaktewater. De HCO_3 en Ca concentraties in het nabijgelegen oppervlaktewater vertonen voor de trilvenen (groep 5 en 6) dan ook een positief verband met de HCO_3 en Ca concentraties in het bodemvocht in de bovenste 10 cm van de bodem (figuur 4.7). Dit doet vermoeden dat oppervlaktewater dat lateraal of verticaal via inundatie in de (kragge)bodem binnendringt het meest dominante proces is dat de buffering op peil houdt in de onderzochte trilvenen. Met name voor de groepen 5 en 6 (trilvenen) is te zien dat de HCO_3 concentraties soms afwijken naar boven (t.o.v. de Ca concentratie), wat zeer waarschijnlijk komt door anaerobe mineralisatieprocessen die leiden tot extra productie van o.a. HCO_3 (figuur 4.6B). Dit geeft aan dat voor trilvenen aanvoer van oppervlaktewater niet de enige factor is die zorgt voor de aanvoer van buffering van de bodem, maar dat hoge waterstanden (anaerobe omstandigheden) ook belangrijk zijn (figuur 4.10).



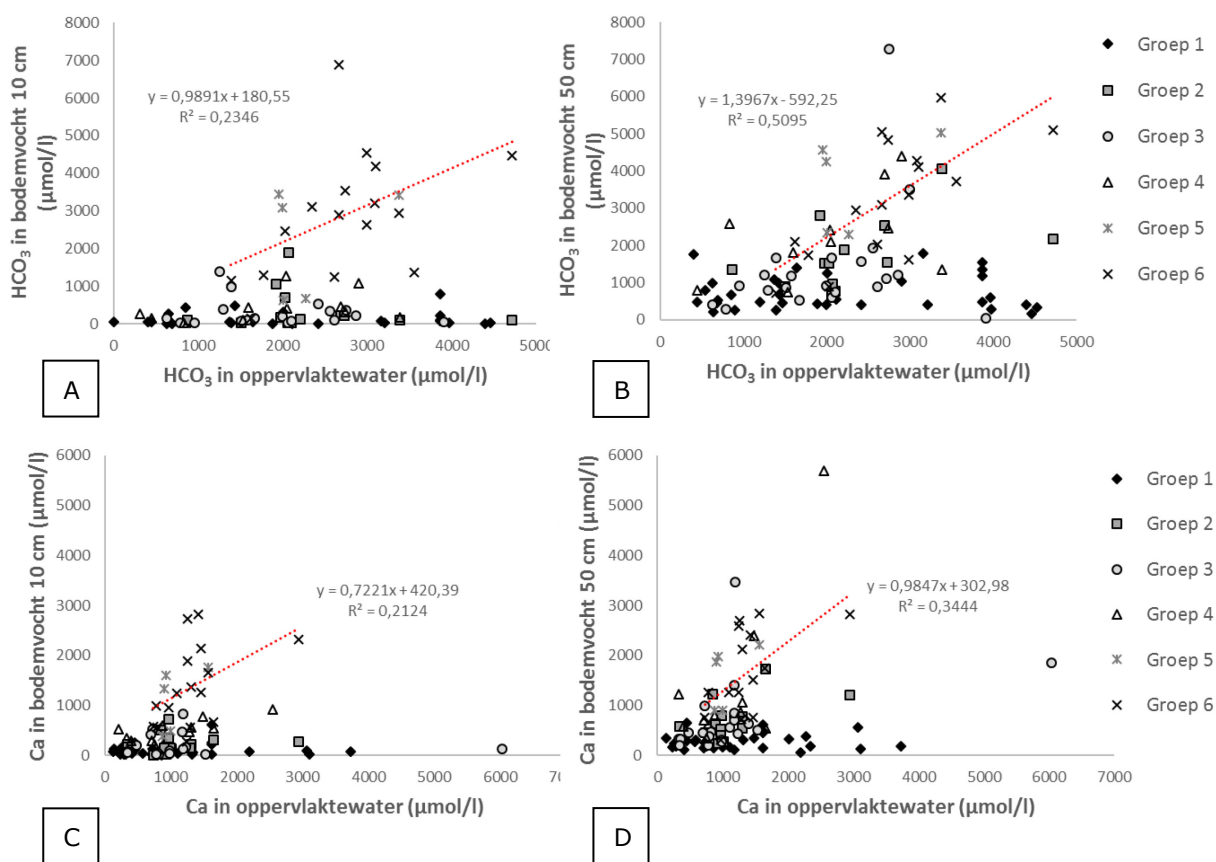
Figuur 4.6. Correlaties tussen de pH en bicarbonaat (HCO_3) concentraties (figuur A) en tussen de concentraties opgelost Ca en HCO_3 in het bodemvocht van de toplaag van de bodem (figuur B). Weergegeven per vegetatiegroep; Groep 1 ($n=42$): verzuurd veenmosrietland; Groep 2 ($n=13$): verzuurd overgangsvveen; Groep 3 ($n=21$): basenarm veenmosrietland; Groep 4 ($n=12$): basenarm overgangsvveen; Groep 5 ($n=5$): eutroof trilveen; Groep 6 ($n=17$): mesotroof trilveen. De rode stippellijnen geven de trendlijn van de polynome (figuur A) en lineaire (figuur B) regressie weer voor alle groepen samen. De doorgetrokken rode trendlijn (figuur B) geeft lineaire regressie weer van alleen groep 4 (omcirkeld met zwart).

Figure 4.6. Correlations between pH and bicarbonate (HCO_3) concentrations (figure A) and between concentrations of dissolved Ca and HCO_3 in pore water of the top soil (figure B). Shown per vegetation group; Group 1 ($n=42$): acidified poor fen; Group 2 ($n=13$): acidified transitional fen; Group 3 ($n=21$): poor fen; Group 4 ($n=12$): base-poor transitional fen; Group 5 ($n=5$): eutrophic rich fen; Group 6 ($n=17$): mesotrophic rich fen. The red dotted lines present trendlines of the polynomial (figure A) and linear regression for all groups together. The straight red line (figure B) shows the linear regression of group 4 only (in the black circle).

Infiltratie van oppervlaktewater via laterale of verticale toestroming in de kragge lijkt op 50 cm diepte ook een belangrijke bijdrage te leveren aan de HCO_3 en Ca concentraties, niet alleen voor de trilvenen, maar ook bij (een groot deel van) de veenmosgedomineerde vegetatiegroepen 2, 3 en 4 (figuur 4.7B). Voor deze vegetatiegroepen is op 10 cm diepte echter geen enkel verband te zien, waarschijnlijk omdat bij deze locaties geen (tijdelijke) inundatie plaatsvindt met oppervlaktewater. Voor vegetatiegroep 1 wordt voor beide dieptes geen relatie gevonden met de HCO_3 en/of Ca concentratie (buffering) van het oppervlaktewater.

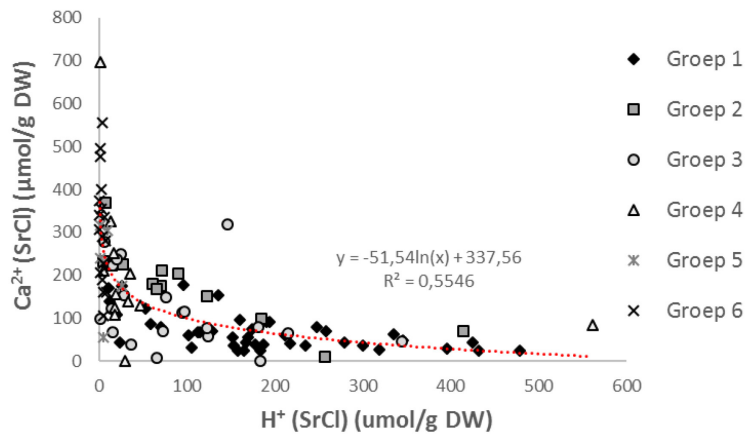
Wanneer de pH in het bodemvocht onder de 6 komt, en steeds verder afneemt, begint de bodembuffering via kationuitwisseling een steeds belangrijkere rol te spelen. Dit is het geval bij de veenmosgedomineerde vegetatiegroepen 1 t/m 4 (figuur 4.8). De totale hoeveelheid

aanwezig Ca in de bodem vertoont een sterk verband met de hoeveelheid uitwisselbaar Ca dat in de bodem aanwezig is (SrCl_2). Dit geeft aan dat, onafhankelijk van de pH, vrijwel alle Ca in de bodem aanwezig is in de geadsorbeerde vorm aan het kationuitwisselingscomplex. De bodems bevatten dus nagenoeg geen kalk waar Ca (of HCO_3) uit kan worden vrijgemaakt. De hoeveelheid geadsorbeerd Ca (die dus gelijk is aan de totale hoeveelheid Ca in de bodem) is bovendien sterk afhankelijk van de pH van de bodem; bij een lagere pH bevat het adsorptiecomplex van de bodem minder Ca en meer protonen (H^+) (figuur 4.8). Als gevolg van verzuring en verminderde aanvoer van Ca wordt onder pH 6 het geadsorbeerde Ca uitgewisseld voor zure elementen zoals H^+ en aluminium (Al). Wanneer Ca in oplossing komt na uitwisseling met protonen, kan het uitspoelen, waardoor het bufferend vermogen van de bodem afneemt. Deze uitspoeling, zeker in combinatie met de geringe aanvoer van Ca via grond en/of oppervlaktewater, maakt de veenmosgedomineerde vegetatiegroepen 1 t/m 4 zeer gevoelig voor verdere verzuring.



Figuur 4.7. Correlaties van bicarbonaat (HCO_3 ; figuren A-B) en calcium (Ca; figuren C-D) concentraties tussen het oppervlaktewater en het bodemvocht op 10cm diepte (figuren A en C) en 50cm diepte (figuren B en D). Weergegeven per vegetatiegroep; 1: verzuurd veenmosrietland; 2: verzuurd overgangsvveen; 3: basenarm veenmosrietland; 4: basenarm overgangsvveen; 5: eutroof trilveen; 6: mesotroof trilveen. De stippellijnen geven de trendlijnen van de lineaire regressie in groep 6 weer (figuur A-D).

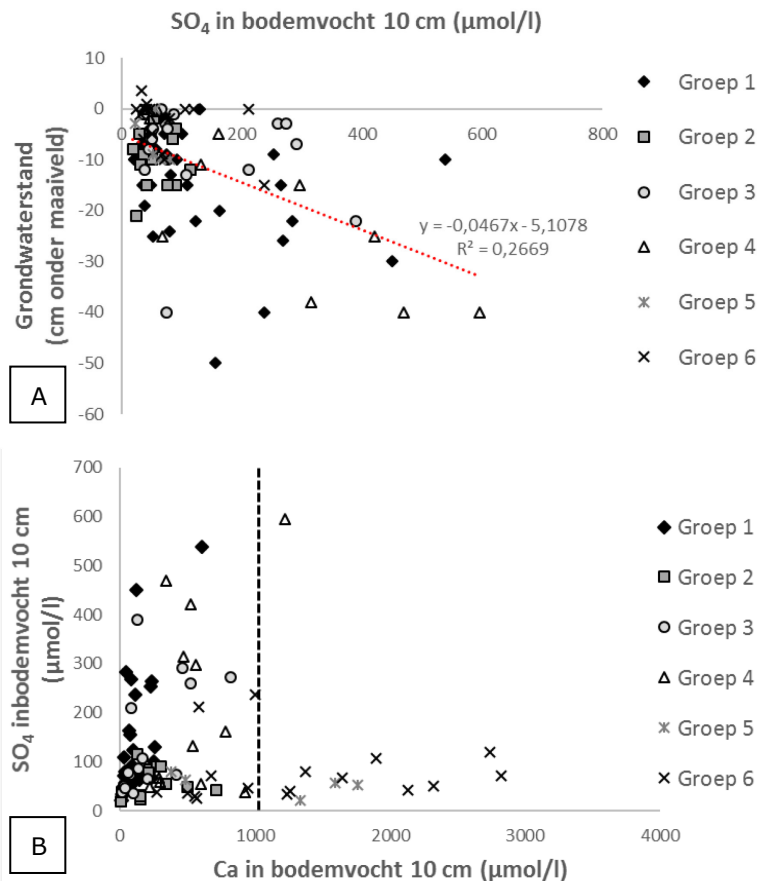
Figure 4.7. Correlations of bicarbonate (A-B; HCO_3) and calcium (C-D; Ca) concentrations in surface water and pore water at 10 cm depth (figures A and C) and at 50 cm depth (figures B and D). Shown per vegetation group; Group 1 ($n=42$): acidified poor fen; Group 2 ($n=13$): acidified transitional fen; Group 3 ($n=21$): poor fen; Group 4 ($n=12$): base-poor transitional fen; Group 5 ($n=5$): eutrophic rich fen; Group 6 ($n=17$): mesotrophic rich fen. The black dotted lines present trendlines of the linear regression only for group 6.



Figuur 4.8. Correlatie tussen de hoeveelheid gebonden protonen (H^+) en gebonden calcium (Ca) aan het bodemadsorptiecomplex. Weergegeven per vegetatiegroep; Groep 1 ($n=42$): verzuurd veenmosrietland; Groep 2 ($n=13$): verzuurd overgangsveen; Groep 3 ($n=21$): basenarm veenmosrietland; Groep 4 ($n=12$): basenarm overgangsveen; Groep 5 ($n=5$): eutroof trilveen; Groep 6 ($n=17$): mesotroof trilveen. De rode trendlijn geeft de exponentiële regressie weer voor alle groepen samen.

Figure 4.8. Correlation of the amount of bound protons (H^+) and bound calcium (Ca) to the soil adsorption complex. Shown per vegetation group; Group 1 ($n=42$): acidified poor fen; Group 2 ($n=13$): acidified transitional fen; Group 3 ($n=21$): poor fen; Group 4 ($n=12$): base-poor transitional fen; Group 5 ($n=5$): eutrophic rich fen; Group 6 ($n=17$): mesotrophic rich fen. The red dotted trendline shows the exponential regression for all groups together.

In figuur 4.6 valt op dat een aantal punten van vegetatiegroep 4 (en 3) afwijken aan de onderkant van de stippellijn (met rood omcirkeld). Bij vegetatiegroep 4 zijn ook de grondwaterstanden vaak zeer laag (figuur 4.11B), wat leidt tot verdroging van de veenbodem. Bij oxidatieprocessen (o.a. oxidatie van gereduceerd zwavel en ijzer in de bodem) die tijdens het uitzakken van grondwaterstanden plaatsvinden, wordt zuur geproduceerd. Deze zuurproductie leidt tot de consumptie van HCO_3^- en/of de verdringing van Ca van het adsorptiecomplex. Een goede indicator voor verdroging is de toename van sulfaat (SO_4) in het bodemvocht, dat wordt gevormd tijdens de oxidatie van gereduceerd zwavel in de bodem (figuur 4.9). Door de extra verzuring als gevolg van verdroging en de verminderde aanvoer van buffering via oppervlakte- en/of grondwater die hier direct gekoppeld is aan verdroging kan er een versnelde uitspoeling van Ca (basische kationen) plaatsvinden. Veel locaties uit de vegetatiegroepen 1, (3) en 4 worden gekenmerkt door dieper (>20 cm) uitzakkende grondwaterstanden, hogere sulfaatconcentraties en Ca concentraties in het bodemvocht die steeds lager zijn dan $1000 \mu\text{mol/l}$ voor zowel in de vegetatiegroep 4 als 1 (figuur 4.9). **Cusell et al. (2013)** toonden al aan dat verlaagde waterstanden in de zomerperiode in trilvenen en veenmosrietlanden leiden tot een verlaagde alkaliniteit en tot een lagere fitness van trilveenmossen. De resultaten voor vegetatiegroep 4 (de groep die de overgang van trilveen-vegetaties naar veenmosgedomineerde vegetaties vertegenwoordigt) laten zien dat de overgang van trilveen naar zuurdere vegetaties gestuurd lijkt te worden door het uitzakken van de grondwaterstand en een verlaagde buffering in de bodem als gevolg van de waarschijnlijk langdurig optredende verdroging. Een lagere grondwaterstand over een korte periode van 2 weken (in niet-drijvende) trilvenen hoeft echter niet direct tot negatieve effecten te leiden, noch in de zomer- als winterperiode. In de zomer kan dit zelfs een daaropvolgende periode van inundatie versterken omdat er meer (gebufferd) water in de bodem kan dringen omdat deze minder verzadigd is. Bovendien kan bij hogere temperaturen de microbiële activiteit worden gestimuleerd, wat tevens kan bijdragen aan een hogere alkaliniteit (**Cusell et al. 2015**).



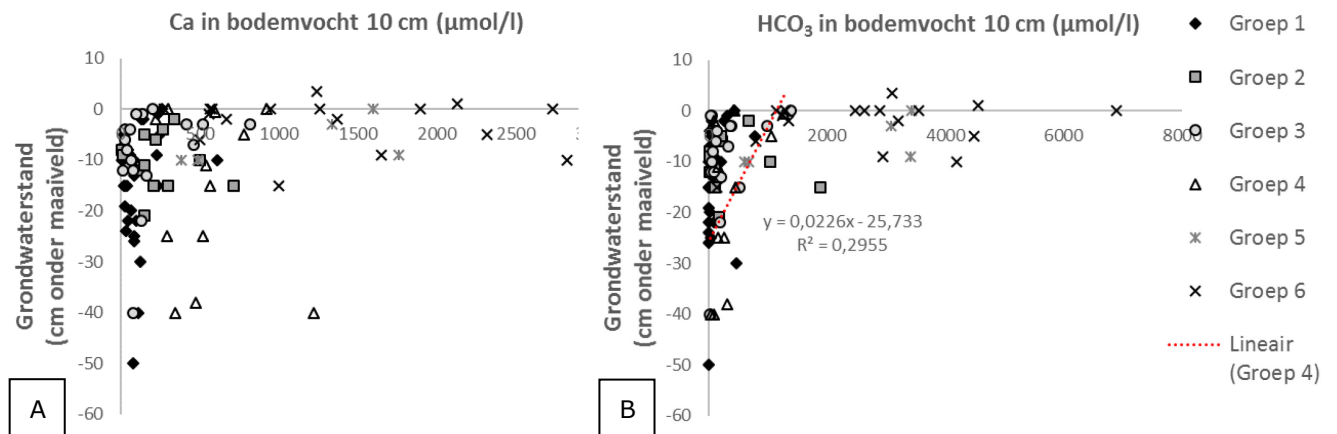
Figuur 4.9. Correlaties van sulfaat concentratie (SO_4) met de grondwaterstand (figuur A), en SO_4 met Ca in het bodemvocht op 10cm diepte (figuur B). Weergegeven per vegetatiegroep; Groep 1 ($n=42$): verzuurd veenmosrietland; Groep 2 ($n=13$): verzuurd overgangsveen; Groep 3 ($n=21$): basenarm veenmosrietland; Groep 4 ($n=12$): basenarm overgangsveen; Groep 5 ($n=5$): eutroof trilveen; Groep 6 ($n=17$): mesotroof trilveen. De rode trendlijn (figuur A) geeft de lineaire regressie van alle groepen samen weer.

Figure 4.9. Correlations of sulphate (SO_4) and the groundwater level (figure A), and SO_4 with Ca concentrations in pore water at 10 cm depth (figure B). Shown per vegetation group; Group 1 ($n=42$): acidified poor fen; Group 2 ($n=13$): acidified transitional fen; Group 3 ($n=21$): poor fen; Group 4 ($n=12$): base-poor transitional fen; Group 5 ($n=5$): eutrophic rich fen; Group 6 ($n=17$): mesotrophic rich fen. The red trendline (figure A) shows the linear regression for all groups together.

De in het groeiseizoen gemeten grondwaterstanden zijn het hoogst (rond maaiveldniveau) in de mesotrofe trilvenen (vegetatiegroep 6). In de overgangsvenen (vegetatiegroep 1 t/m 4) kunnen de grondwaterstanden ook hoog zijn, maar de gemiddelde grondwaterstand is hier circa 10-20 cm lager in het groeiseizoen (figuur 4.11). Dit lijkt een klein verschil in grondwaterstand, maar kan cruciaal zijn voor de bodembuffering. Als gevolg van zuurproductie door lagere grondwaterstanden en bijbehorende oxidatieprocessen is in vegetatiegroep 4 een duidelijke afname te zien van de HCO_3 concentratie (R^2 : 29%). Door verzuring als gevolg van een daling van de grondwaterstand met 7 cm neemt de HCO_3 buffering met 30% af (figuur 4.10B).

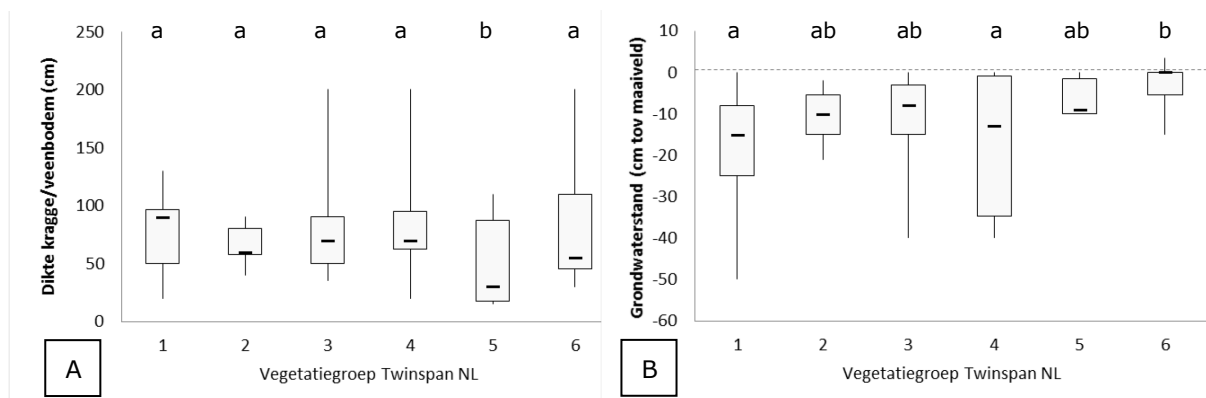
Bij het dikker worden van de kragge wordt veelal aangenomen dat de invloed van grond- en/of oppervlaktewater steeds verder afneemt, wat zowel de grondwaterstand als de aanvoer van bufferende elementen kan beïnvloeden. Deze factoren sturen de natuurlijke successie van jonge successievegetaties op dunne en/of drijvende kragges waar een grote invloed van gebufferd water is richting oudere successievegetaties op dikkere kragges (bij zuurdere condities) die al dan niet vastgroeien aan de vaste bodem. De gemiddelde

kraggedikte lijkt in dit onderzoek bij de trilveengroepen (vegetatiegroep 5 en 6) wel wat lager, maar er is geen significant verschil met de kraggedikte van de overgangsvenen (groep 1 t/m 4; figuur 4.11). Dit komt vermoedelijk doordat de overgangs- en trilvenen in Nederland allemaal al decennia oud zijn, waardoor de kraggen en/of veenbodems in vrijwel alle gevallen (dus ook bij trilvenen) relatief dik zijn. Dit betekent echter wel dat trilveenvegetaties ook kunnen blijven bestaan op dikkere (kragge)bodems, zolang de gunstige standplaatscondities gehandhaafd en/of gecreeërd kunnen worden.



Figuur 4.10. Correlaties van de grondwaterstand met de calcium concentratie (Ca; figuur A) en met de bicarbonaat concentratie (HCO_3 ; figuur B) in het bodemvocht op 10 cm diepte. Weergegeven per vegetatiegroep; Groep 1 (n=42): verzuurd veenmosrietland; Groep 2 (n=13): verzuurd overgangsvveen; Groep 3 (n=21): basenarm veenmosrietland; Groep 4 (n=12): basenarm overgangsvveen; Groep 5 (n=5): eutroof trilveen; Groep 6 (n=17): mesotroof trilveen. De rode trendlijn geeft de lineaire regressie weer voor alleen groep 4.

Figure 4.10. Correlations of the groundwater level and calcium (Ca, figure A) concentrations and with bicarbonate (HCO_3 ; figure B) in pore water at 10 cm depth. Shown per vegetation group; Group 1 (n=42): acidified poor fen; Group 2 (n=13): acidified transitional fen; Group 3 (n=21): poor fen; Group 4 (n=12): base-poor transitional fen; Group 5 (n=5): eutrophic rich fen; Group 6 (n=17): mesotrophic rich fen. The red trendline shows the linear regression for only group 4.



Figuur 4.11. De dikte van de kragge/veenbodem (figuur A), en actuele grondwaterstand (GWS) (figuur B). Weergegeven per vegetatiegroep; Groep 1 (n=42): verzuurd veenmosrietland; Groep 2 (n=13): verzuurd overgangsvveen; Groep 3 (n=21): basenarm veenmosrietland; Groep 4 (n=12): basenarm overgangsvveen; Groep 5 (n=5): eutroof trilveen; Groep 6 (n=17): mesotroof trilveen. Significante verschillen zijn aangegeven met verschillende letters.

Figure 4.11. Thickness of the peat soil (figure A), and the actual groundwater level (GWS; figure B). Shown per vegetation group; Group 1 (n=42): acidified poor fen; Group 2 (n=13): acidified transitional fen; Group 3 (n=21): poor fen; Group 4 (n=12): base-poor transitional fen; Group 5 (n=5): eutrophic rich fen; Group 6 (n=17): mesotrophic rich fen. Significant differences are shown by different letters.

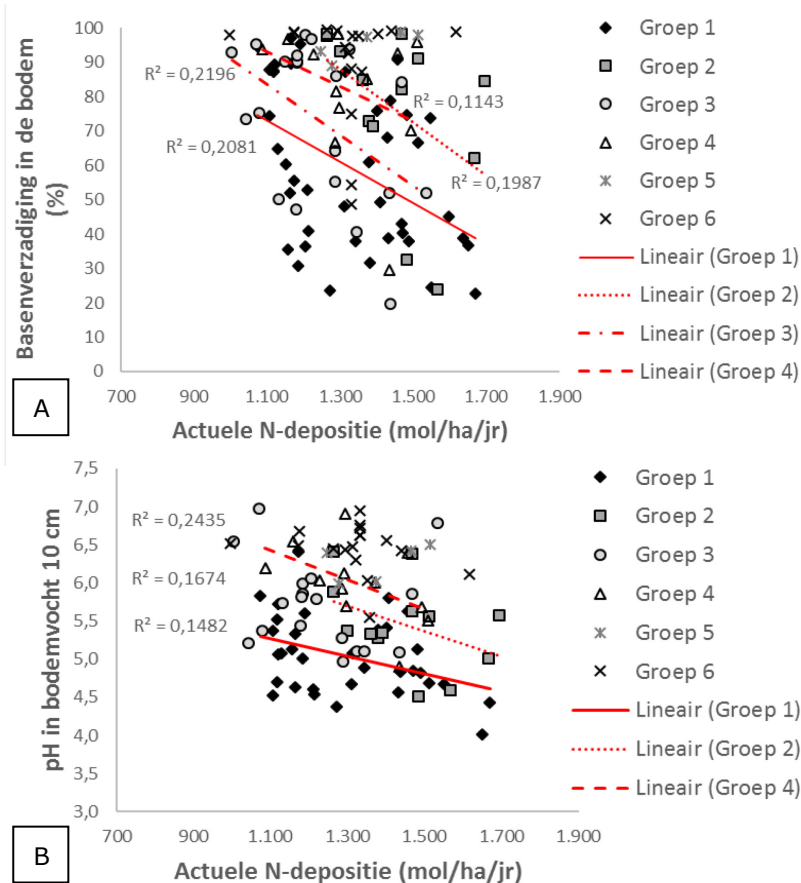
4.4.2 Effect N-depositie op buffering en vegetatie in Nederland

Atmosferische N-depositie kan naast de 'natuurlijke' verzuring die optreedt in overgangsvelden een extra verzurend effect hebben, waarbij het effect afhangt van de vorm waarin de depositie plaatsvindt. Depositie van gereduceerd NH_x wordt, wanneer het in de biosfeer terecht komt, geoxideerd tot NO_x , wat leidt tot het vrijkomen van protonen (zuur; H^+) in de bodem. Wanneer er H^+ (zuur) in het systeem komt wordt dit geneutraliseerd door de aanwezige buffermechanismen (paragraaf 2.4.1 en 4.4.1). Afhankelijk van de pH in de bodem zal dit gebeuren door HCO_3^- buffering (boven pH 6) en/of door uitwisseling met kationen aan het bodemadsorptiecomplex (onder pH 6). Omdat de KDW voor N-depositie bij zowel trilvenen als veenmosrietlanden in Nederland al ruim 50 jaar wordt overschreden (figuur 2.3), kan deze extra verzuring zeker een belangrijke rol hebben gehad in de historische achteruitgang in Nederland en de huidige relatief slechte biotische kwaliteit ten opzichte van buitenlandse referenties (paragraaf 3.4.4). In deze correlatieve studie kunnen we echter alleen trends zoeken in de effecten van N-depositie op de huidige situatie zoals die in Nederland wordt aangetroffen, waarvan de resultaten in deze paragraaf zullen worden beschreven.

Vanwege de nog steeds hoge N-emissies in Nederland is de range van de actuele N-depositie waarden (AERIUS) niet heel groot in de onderzochte veengebieden. Desondanks worden er relaties gevonden tussen buffering en de pH van de bodem en de actuele N-depositie in de Nederlandse veengebieden. Een (relatief kleine) toename van 100 mol/ha/jaar N-depositie leidt tot een 5-7% afname van de basenverzadiging in de bodem van de veenmosgedomineerde vegetatiegroepen 1 t/m 4, terwijl deze relatie bij de trilveengroepen 5 & 6 niet gevonden wordt (figuur 4.12A). Omdat de groepen 1 t/m 4 alleen worden gebufferd via het kationuitwisselingsmechanisme leidt een hoge N-depositie in deze veenmosgedomineerde vegetaties tot een afname van kationen in de bodem, en dus tot verzuring. Deze verzuring is inderdaad terug te zien in een afname van de pH in de toplaag van de bodem bij een hoge N-depositie, met name bij de vegetatiegroepen 1, 2 en 4 (figuur 4.12B). Bij de slaamosgedomineerde vegetatiegroepen 5 & 6 (trilvenen), daarentegen, lijkt er nog (net) voldoende buffercapaciteit (via HCO_3^-) aanwezig in het systeem om een hoge zuurlast te neutraliseren, zelfs onder de huidige hoge N-depositie waarden.

Hoewel het hier om correlatieve verbanden gaat lijken deze resultaten de hypothese te onderbouwen dat de veenmosgedomineerde vegetatiegroepen 1 t/m 4 een meer direct negatief effect ondervinden door extra verzuring als gevolg van N-depositie, bovenop de natuurlijke verzuring die toch al plaatsvindt in de successie van deze vegetaties. Voor de trilveengroepen 5 & 6 is het verzurend effect minder zichtbaar, zolang de HCO_3^- buffering nog voldoende is om de verzuring te neutraliseren. Dit wil echter niet zeggen dat N-depositie in deze systemen geen invloed heeft, want het blijft natuurlijk een extra bron van verzuring. Zoals ook uit paragraaf 4.4.1 blijkt, is de aanvoer van gebufferd water van belang voor de aanvulling van zowel HCO_3^- als ook basen (o.a. Ca) die kunnen binden aan het bodemadsorptiecomplex om voldoende buffercapaciteit in het systeem te behouden.

De cumulatieve N-depositiewaarden van 1980-2015 laten geen duidelijke verbanden zien met parameters die betrokken zijn bij de buffering van het systeem (figuren niet weergegeven). Dit heeft waarschijnlijk te maken met het feit dat de cumulatieve N-depositie waarden slechts op provinciaal niveau bekend zijn. Dit is veel te grof. Niet te min laten de resultaten zien dat er verbanden lijken te zijn tussen de actuele N-depositie en de actuele buffercapaciteit van de bodem. Langdurige blootstelling aan N-depositie zal zeer waarschijnlijk hebben bijgedragen aan een versnelde successie van de vegetatie richting de zuurdere overgangsvegetaties. Dit effect is echter op basis van deze eenmalige metingen niet te bepalen. Op de snelheden van successie zal in hoofdstuk 6 verder worden ingegaan.



Figuur 4.12. Correlaties tussen de actuele N-depositie in Nederland met de basenverzadiging van de bodem (figuur A), en met de pH in de toplaag van de bodem (figuur B). Weergegeven per vegetatiegroep; Groep 1 (n=42): verzuurd veenmosrietland; Groep 2 (n=13): verzuurd overgangsveen; Groep 3 (n=21): basenarm veenmosrietland; Groep 4 (n=12): basenarm overgangsveen; Groep 5 (n=5): eutroof trilveen; Groep 6 (n=17): mesotroof trilveen. De rode trendlijnen geven de lineaire regressie voor alleen groep 1 tm 4 weer.

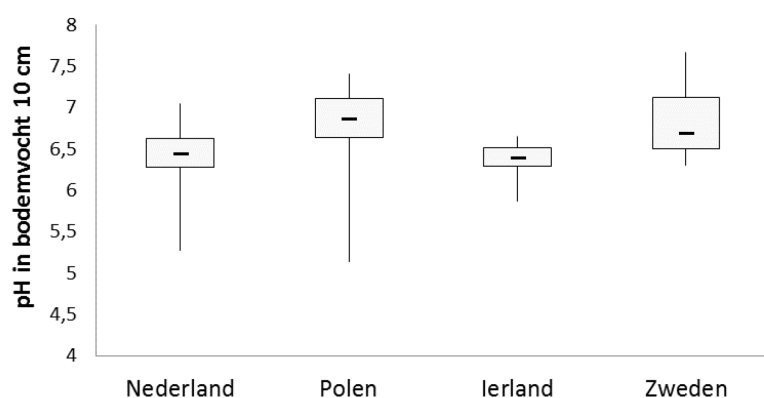
Figure 4.12 Correlations between the actual N-deposition in the Netherlands and the base saturation of the top soil (figure A), and the pH in the top soil (figure B). Shown per vegetation group; Group 1 (n=42): acidified poor fen; Group 2 (n=13): acidified transitional fen; Group 3 (n=21): poor fen; Group 4 (n=12): base-poor transitional fen; Group 5 (n=5): eutrophic rich fen; Group 6 (n=17): mesotrophic rich fen. The red lines show trendlines of the linear regression-analysis for only groups 1-4.

4.4.3 Effect N-depositie op buffering en vegetatie NL vs. Europa

In Nederland komen zwak gebufferde trilvenen al lang niet meer voor, mogelijk als gevolg van het verzurende effect door de hoge N-depositie, terwijl zwak gebufferde trilvenen in Ierland, Zweden en Polen nog wel voorkomen, waarschijnlijk door de lage(re) N-depositie. In het bodemvocht op 10 cm diepte van de Nederlandse en Ierse trilvenen is er sprake van een lagere pH (gemiddeld pH 6,4) vergeleken met Zweden en Polen (gemiddeld pH 6,8; figuur 4.13). In voorgaand onderzoek bleek de pH in Nederlandse trilvenen significant lager dan in Zweden, terwijl het bufferend vermogen in de bodem min of meer vergelijkbaar was (Kooijman, 2012). Hierbij werd gesuggereerd dat dit mogelijk het gevolg is van verzuring door een hoge atmosferische N-depositie in Nederland, waarvoor wordt gecompenseerd via een grotere aanvoer van basenrijk water om de pH hoog genoeg te houden voor de instandhouding van basenrijkere trilvenen. In Zweden en Polen is inderdaad de pH-waarde een halve tot een hele eenheid hoger dan in Nederland en Ierland bij dezelfde HCO_3^- concentratie (figuur 4.14). Opvallend is echter de lage pH in de toplaag van Ierlandse trilvenen, die juist vergelijkbaar is met de Nederlandse situatie (gemiddeld pH 6,4), terwijl de atmosferische N-depositie in Ierland laag is (vergelijkbaar met Zweden). Waar de lagere

pH in Nederland verklaard zou kunnen worden door een hogere aanvoer van protonen (zuur) door een hoge N-depositie, is dit in Ierland dus niet het geval.

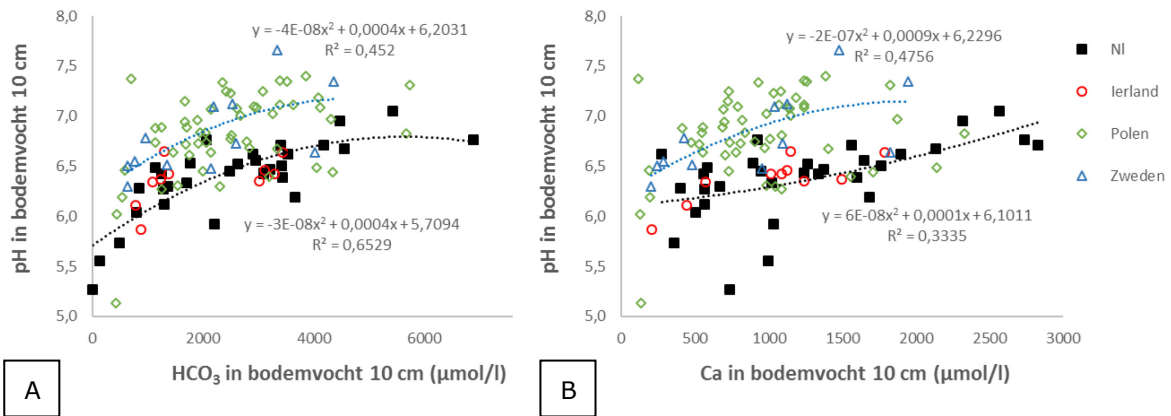
De kalkrijkdom van de veenbodems in de landen kan bovendien bijdragen aan het geobserveerde verschil in pH tussen de landen. Veel veengebieden in Nederland en Ierland zijn kalkarm, terwijl deze in Polen en Zweden veelal kalkrijk(er) zijn. In kalkrijke gronden ($\text{pH} > 6.8$) vindt buffering plaats door de reactie van zuur met de aanwezige kalk in de bodem (carbonaatverwerking; CaCO_3 – vaste fase). De buffering en de pH in de bodem wordt o.a. bepaald door de hoeveelheid CO_2 die oplost. Door bijvoorbeeld afbraakprocessen komt CO_2 vrij dat in kalkrijke systemen zal reageren met kalk (CaCO_3). Bij dit proces wordt er calcium (Ca) en tweemaal bicarbonaat (HCO_3) gevormd terwijl CO_2 wordt geconsumeerd. Hierdoor blijft de CO_2 concentratie lager en de pH hoger in kalkrijke systemen. Met andere woorden; ten opzichte van kalkarme systemen levert onder kalkrijke omstandigheden eenzelfde concentratie HCO_3 en Ca een hogere pH op omdat er minder CO_2 in het water terecht komt vanwege de consumptie door de reactie met kalk. Eventueel zou ook nog mee kunnen spelen dat er minder afbraak plaatsvindt in de Poolse en Zweedse venen waardoor er minder CO_2 wordt geproduceerd, maar dit lijkt minder waarschijnlijk. Dit maakt de kalkarme veensystemen (zoals in Nederland en Ierland) extra gevoelig voor een hoge N-depositie, wat dus in Nederland ook terug te zien is door o.a. de verdwenen zwakgebufferde trilvenen.



Figuur 4.13. De pH in het bodemvocht van de bovenste 10cm van de kragge/veenbodem in Nederlandse, Ierse, Poolse en Zweedse trilvenen.

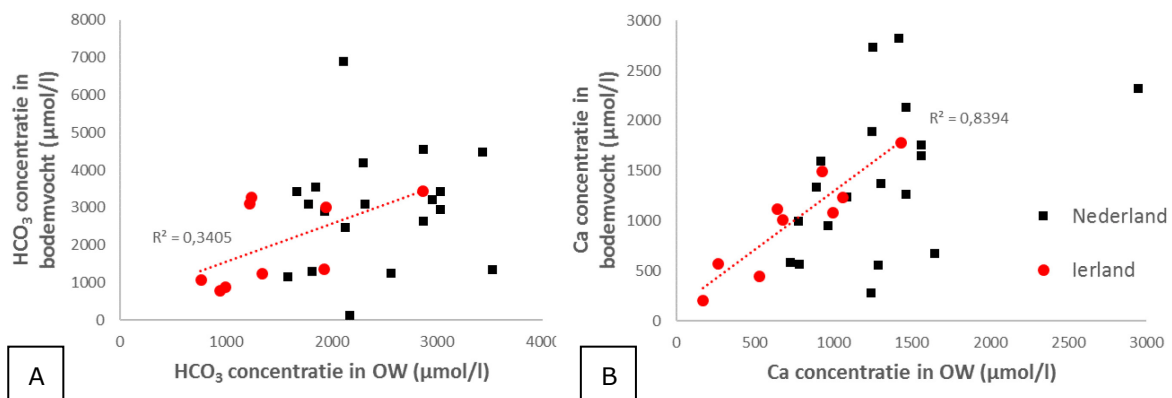
Figure 4.13. The pH in pore water of the top soil (upper 10 cm) in Dutch, Irish, Polish and Swedish rich fens.

Kalkarme Nederlandse veenbodems kunnen echter wel heel basisch zijn, waarbij HCO_3 concentraties doorgaans relatief hoog zijn onder natte omstandigheden omdat het wordt geproduceerd bij anaerobe reductieprocessen. Ook worden trilveenvegetaties in Nederland regelmatig actief met aanvoer van sterk gebufferd (oppervlakte-) water in stand gehouden, waardoor de pH (net) voldoende hoog blijft voor de instandhouding van trilvenen ondanks de hoge N-depositie. Het lijkt erop dat de buffering van Ierse trilvenen ook voor een groot deel bepaald wordt door oppervlaktewater, dat in de Ierse situatie vaak minder Ca- en HCO_3 -rijk is dan in Nederland (figuur 4.15). In de Ierse trilvenen is de HCO_3 concentratie gemiddeld $2000 \mu\text{mol/L}$, wat lager is dan de gemiddeld HCO_3 concentratie van $2500 \mu\text{mol/L}$ in Nederland, Zweden en Polen. Het nog voorkomen van zwakker gebufferde trilvenen in Ierland maakt de gevoeligheid bij een eventuele toekomstige toename van de N-depositie in Ierland echter wel extra groot.



Figuur 4.14. Correlatie tussen de HCO₃ en pH-waarde (figuur A) en Ca concentratie en pH-waarde (figuur B) in het bodemvocht van de toplaag (bovenste 10cm) van de bodem. Weergegeven per land; Nederland (zwart), Ierland (rood), Polen (groen), Zweden (blauw). De trendlijnen geven de polynome regressie weer van de Nederlandse (NL) and Zweedse locaties.

Figure 4.14. Correlation between HCO₃ concentrations and pH (figure A) and between Ca concentrations and pH (figure B) in pore water of the top soil (upper 10 cm). Shown per country; the Netherlands (black), Ireland (red), Poland (green), Sweden (blue). The trendlines show the polynomial regression for the Dutch (NL) and Swedish (Zweden) locations.



Figuur 4.15. Correlatie tussen de HCO₃ concentratie in het bodemvocht en oppervlaktewater in Nederland en Ierland (figuur A), en tussen de Ca concentratie in het bodemvocht en oppervlaktewater in Nederland en Ierland (figuur B). De rode trendlijn geeft de lineaire regressie weer van de Ierse locaties.

Figure 4.15. Correlation between the HCO₃ concentration in pore water and surface water in the Netherlands and Ireland (figure A), and between Ca concentrations in pore water and surface water in the Netherlands and Ireland (figure B). The red dotted trendline shows the linear regression-analysis for the Irish locations only.

4.5 Resultaten: N-depositie en eutrofiëring

4.5.1 Relatie nutriëntenrijkdom en vegetatie in Nederland

De nutriëntenbeschikbaarheid speelt een belangrijke rol in de biodiversiteit en soortensamenstelling van een ecosysteem. In figuur 4.16 zijn zowel de actuele concentraties van N, P en K in het bodemvocht, als ook de potentiële hoeveelheid voor planten beschikbare nutriënten (N, P en K) in de toplaag van de bodem weergegeven. Hierin is te zien dat de beschikbaarheid van N voor alle onderscheiden vegetatiegroepen hoog is in de bodem, terwijl er in het bodemvocht significant hogere NH₄ concentraties worden gemeten bij vegetatiegroepen 3 en 4. Ook de P- en K-concentratie in het bodemvocht zijn bij deze twee groepen veelal verhoogd. Mogelijk komt dit door een hogere mineralisatie door het verder

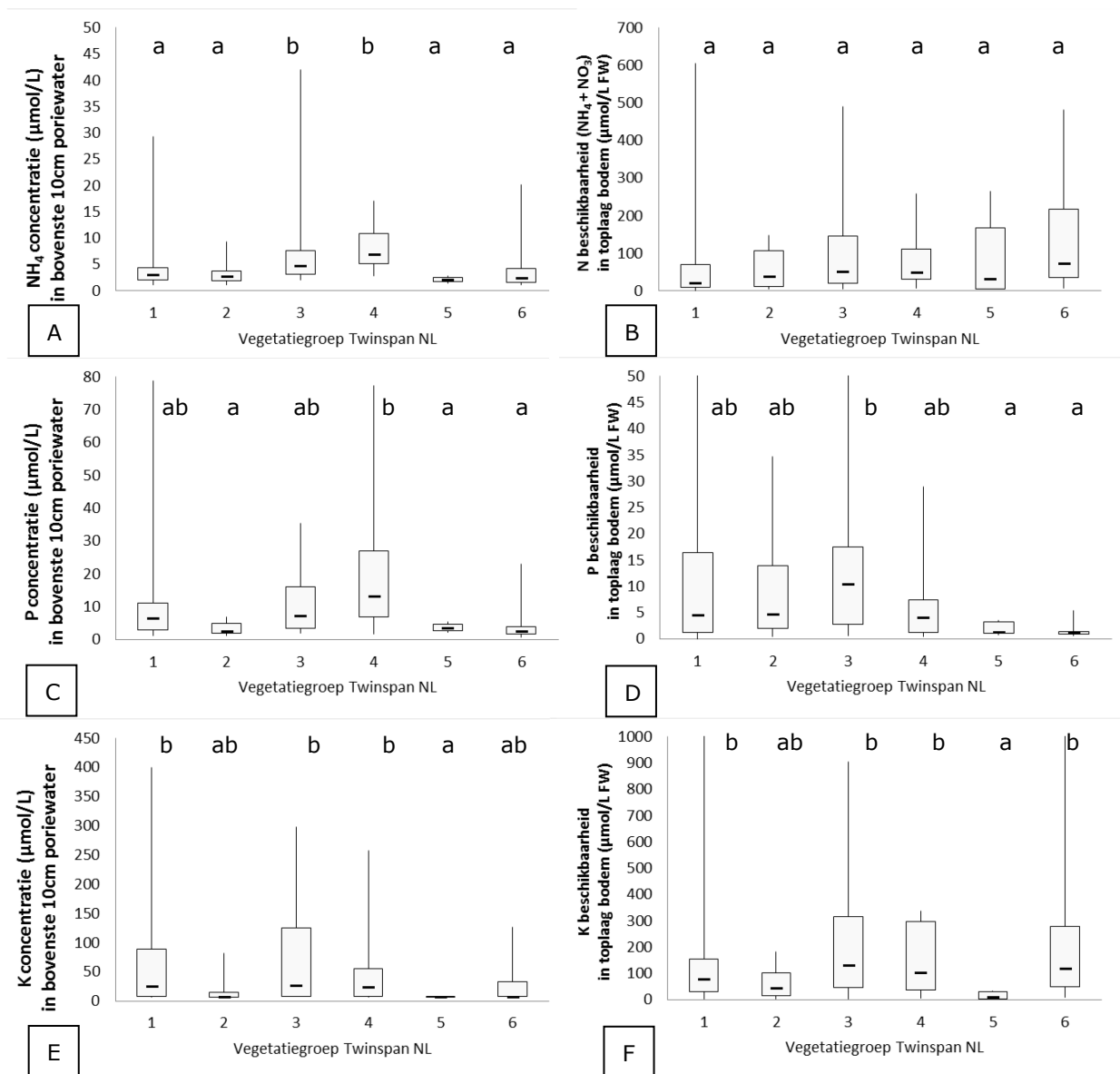
uitzakken van de grondwaterstanden, met name in vegetatiegroep 4 (figuur 4.11; paragraaf 4.4.1). De lagere P-beschikbaarheid in de bodem van de trilvenen (vegetatiegroepen 5 en 6; figuur 4.16D) suggereert dat P-limitatie een grotere rol speelt dan de beschikbaarheid van N voor de instandhouding van mesotrofe trilveenvegetaties (**Kooijman & Paulissen, 2006**). Behalve de lage P-beschikbaarheid voor de trilvenen, valt op dat de K-beschikbaarheid in vegetatiegroep 5 tevens significant lager is (figuur 4.16F). Een lage nutriëntenbeschikbaarheid kan leiden tot (co-)limitatie van nutriënten, wat een belangrijke rol speelt bij de productiviteit van een vegetatie en daarmee de soortensamenstelling en soortenrijkdom (**Olde Venterink et al., 2003**). Het begrip co-limitatie is moeilijk te interpreteren, omdat in essentie alleen het nutriënt met de laagste beschikbaarheid limiterend is. De term co-limitatie betekent dat een ander nutriënt met een tevens lage beschikbaarheid de rol van het limiterend nutriënt kan overnemen als hiervan de beschikbaarheid (iets) zou toenemen.

Trilvenen staan bekend om de hoge biodiversiteit en het grote aantal Rode Lijst soorten die hier voorkomen, ondanks de lagere bovengrondse productiviteit. Dit gaat gepaard met P-limitatie, die waarschijnlijk wordt veroorzaakt door binding (immobilisatie) van P in relatief Ca en/of Fe rijke bodems (**Grootjans & Van Diggelen, 1995; Wassen et al., 1995**). In dit onderzoek is inderdaad te zien dat de productiviteit van de vegetatie het laagst is (max. 500 gram DW/m²) bij de twee trilveengroepen 5 en 6, en bij het overgangsveen van de vroege naar late successiestadia (vegetatiegroep 4; figuur 4.17). Bovendien blijken de mesotrofe trilvenen met schorpioenmossen (groep 6) ook P-gelimiteerd (figuur 4.18), wat goed aansluit bij voorgaand onderzoek (**Kooijman & Paulissen, 2006; Cusell et al., 2014; Mettrop et al., 2015a**). Voor de matige trilvenen met puntmossen (vegetatiegroep 5), daarentegen, lijkt er mogelijk een verschuiving naar K (co-)limitatie plaats te vinden. Er lijkt geen sprake van een afname in de P-beschikbaarheid in deze groep, maar wel een behoorlijke afname (tot <20 µmol/l) van de K-aanvoer via oppervlaktewater (figuur 4.19). De productiviteit en bedekking van de vegetatie is in de matige trilvenen (groep 5) gelijk aan de goede, mesotrofe trilvenen (groep 6), terwijl er wel een duidelijke afname van bedekking en aantal Rode Lijst soorten te zien is (figuur 4.17). Een verschuiving van P- richting K-limitatie kan mogelijk bijdragen aan deze afname bij de matige trilvenen (groep 5). Het gaat echter om een klein aantal locaties in deze groep (n=5), waardoor aanvullend onderzoek wenselijk zou zijn om dit verder te testen. Mogelijk zijn de Rode Lijst soorten van trilvenen extra gevoelig voor concurrentie bij een verschuiving in nutriëntenlimitatie, omdat deze soorten specifiek aangepast zijn aan P-limitatie en slecht kunnen omgaan met een tekort aan kalium (**Olde Venterink et al., 2003**).

De totale biomassa neemt duidelijk toe voor de zuurdere vegetatiegroepen 1, 2 en 3. Bij de vegetatiegroepen 1 en 2 komt dit omdat de mosproductie significant is toegenomen (figuur 4.17A), voor deze zuurdere vegetatiegroepen lijkt er geen sprake van nutriëntenlimitatie te zijn. De hogere biomassa in deze groepen zou mogelijk gestimuleerd kunnen zijn door de lagere grondwaterstanden en hiermee samenhangende mineralisatie. Diverse studies hebben aangetoond dat onder verlaagde waterstanden in de zomerperiode de biomassaproductie fors verhoogd wordt, en dat dit een meer dominante factor vormt dan een hogere nutriënten aanvoer (zoals een verhoogde N-depositie of via aanvoer van oppervlaktewater) (o.a. **Van Dijk et al., 2012; Mettrop et al., 2015a**).

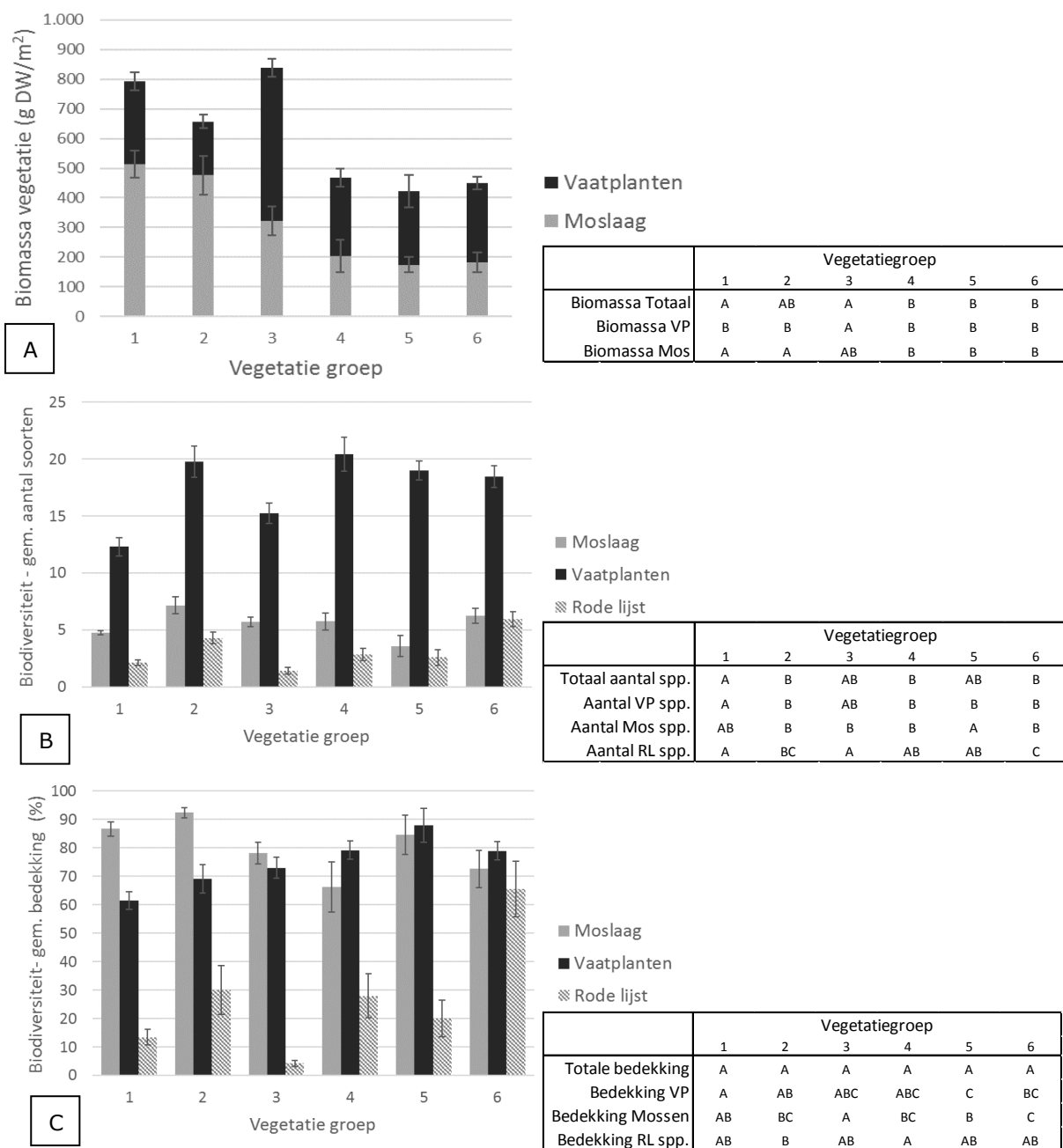
Vegetatiegroep 2 en 4 hebben een hogere biodiversiteit en meer Rode Lijst soorten terwijl de totale biodiversiteit het laagst is bij vegetatiegroep 1 en 3 met significant minder soorten in totaal, als ook Rode Lijst soorten (figuur 4.17). Deze laatste vegetatiegroepen omvatten de basische (groep 3) en meest zure (groep 1) veenmosrietlanden, die ook bekend staan om een lagere biodiversiteit (profieldocument H7140B). Vegetatiegroep 3 is echter wel de enige groep die een hogere productiviteit kent door een significant hogere vaatplantenbiomassa. Dit suggereert dat de nutriëntenbeschikbaarheid in groep 3 vooral dieper in de bodem hoog is, waar de vaatplanten wortelen. De totaal-P en K-concentraties in het poriewater blijken op 50 cm diepte inderdaad hoog te zijn voor vegetatiegroep 3 (data niet weergegeven). Dit

hangt zeer waarschijnlijk samen met het wintermaaibeheer, zie paragraaf 5.5.2 voor verdere uitleg en discussie. Voor vegetatiegroep 3, die ook de basische veenmosrietlanden omvat, lijkt er bovendien mogelijk sprake te zijn van N-limitatie (figuur 4.18).



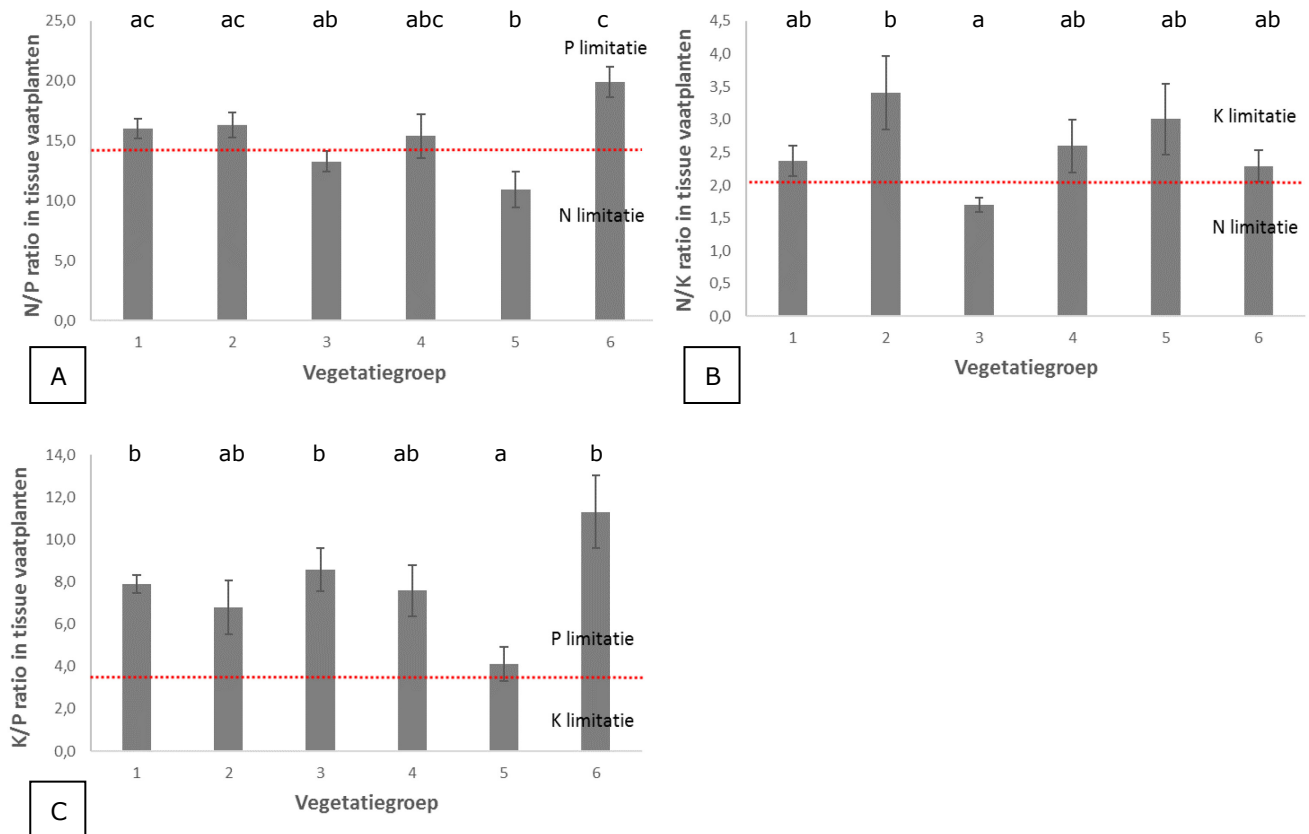
Figuur 4.16. Actuele nutriëntenconcentraties (NH₄, P en K) in het poriewater op 10 cm diepte (figuren A, C, E), en de potentiële nutriëntenbeschikbaarheid (N, P, K) in de bodem op 10 cm diepte (figuren B, D, F). Weergegeven per onderscheiden vegetatiegroep; Groep 1 (n=42): verzuurd veenmosrietland; Groep 2 (n=13): verzuurd overgangsveen; Groep 3 (n=21): basenarm veenmosrietland; Groep 4 (n=12): basenarm overgangsveen; Groep 5 (n=5): eutroof trilveen; Groep 6 (n=17): mesotroof trilveen. Significante verschillen worden weergegeven met verschillende letters.

Figure 4.16. Actual nutrient (NH₄, P, K) concentrations in pore water at 10 cm depth (figures A, C, E), and potential nutrient availability (N, P, K) in the top soil (upper 10 cm) (figures B, D, F). Shown per vegetation group; Group 1 (n=42): acidified poor fen; Group 2 (n=13): acidified transitional fen; Group 3 (n=21): poor fen; Group 4 (n=12): base-poor transitional fen; Group 5 (n=5): eutrophic rich fen; Group 6 (n=17): mesotrophic rich fen. Significant differences are shown by different letters.



Figuur 4.17. Productiviteit uitgedrukt in totale biomassa (figuur A), biodiversiteit uitgedrukt in het gemiddeld aantal soorten (figuur B), en de gemiddelde bedekking van de moslaag, vaatplanten en de Rode Lijst soorten (figuur C). Weergegeven per onderscheiden vegetatiegroep; Groep 1 (n=42): verzuurd veenmosrietland; Groep 2 (n=13): verzuurd overgangsveen; Groep 3 (n=21): basenarm veenmosrietland; Groep 4 (n=12): basenarm overgangsveen; Groep 5 (n=5): eutroof trilveen; Groep 6 (n=17): mesotroof trilveen. Significante verschillen zijn aangegeven met verschillende letters.

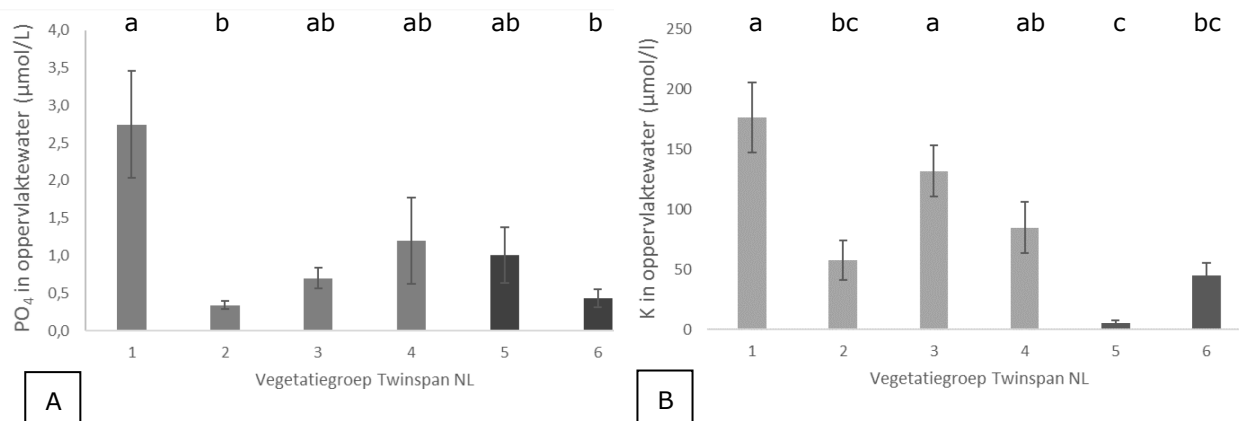
Figure 4.17. Productivity expressed in total biomass (figure A), biodiversity expressed in average number of species (figure B), and average cover by mosses, vascular plants and endangered species (figure C). Shown per vegetation group; Group 1 (n=42): acidified poor fen; Group 2 (n=13): acidified transitional fen; Group 3 (n=21): poor fen; Group 4 (n=12): base-poor transitional fen; Group 5 (n=5): eutrophic rich fen; Group 6 (n=17): mesotrophic rich fen. Significant differences are shown by different letters.



Figuur 4.18. N:P (figuur A), N:K (figuur B) en K:P (figuur C) ratio's in de bovengrondse biomassa van de vaatplanten in de verschillende vegetatiegroepen. Groep 1 (n=42): verzuurd veenmosrietland; Groep 2 (n=13): verzuurd overgangsvveen; Groep 3 (n=21): basenarm veenmosrietland; Groep 4 (n=12): basenarm overgangsvveen; Groep 5 (n=5): eutroof trilveen; Groep 6 (n=17): mesotroof trilveen. De rode stippellijnen geven de grens aan van N-limitatie: N:P ratio <14.5 en N:K ratio <2.1; van P- (of P+N) (co-)limitatie: N:P ratio >14.5 en K:P ratio >3.4; en van K- (of K+N) (co-)limitatie: N:K ratio >2.1 en K:P ratio <3.4 (Olde Venterink et al., 2003). Significante verschillende zijn aangegeven met verschillende letters.

Figure 4.18. N:P (figure A), N:K (figure B) and K:P (figure C) ratios in the aboveground biomass of vascular plants in the different vegetation groups. Group 1 (n=42): acidified poor fen; Group 2 (n=13): acidified transitional fen; Group 3 (n=21): poor fen; Group 4 (n=12): base-poor transitional fen; Group 5 (n=5): eutrophic rich fen; Group 6 (n=17): mesotrophic rich fen. Red dotted lines show the threshold of N-limitation: N:P ratio <14.5 and N:K ratio <2.1; of P- (or P+N) (co-)limitation: N:P ratio >14.5 and K:P ratio >3.4; and of K- (or K+N) (co-)limitation: N:K ratio >2.1 and K:P ratio <3.4 (Olde Venterink et al., 2003). Significant differences are shown by different letters.

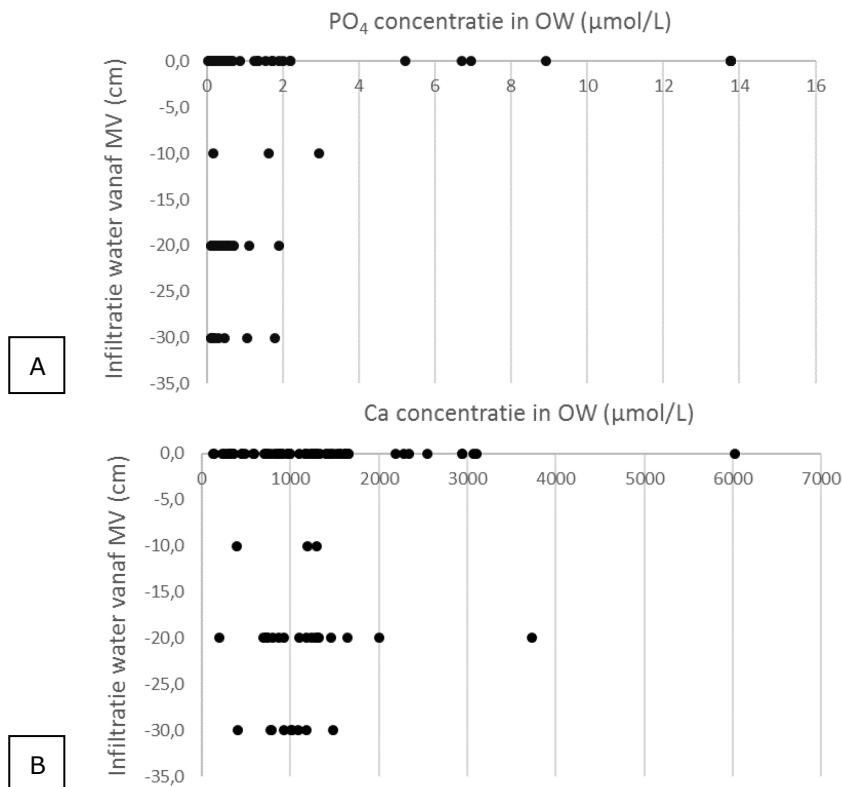
Doordat grondwaterinvloed in de meeste laagveengebieden in Nederland tegenwoordig is verdwenen, en er vaak zelfs sprake is van wegzijging, is de aanvoer van oppervlaktewater een belangrijke bron geworden voor de instandhouding van hoge grondwaterstanden in overgangs- en trilvenen. Hierbij is voor (met name trilveen-) vegetaties belangrijk dat de PO₄-concentratie in het oppervlaktewater lager dan 2 µmol/l, maar liever nog onder de 1 µmol/l blijft, zodat de aanwezige P-gelimeerde condities in stand blijven (Cusell et al., 2014). In figuur 4.19 is te zien dat de concentraties in het oppervlaktewater voor bijna alle vegetatiegroepen onder deze grens blijven, met uitzondering van de meest zure vegetatiegroep 1. Bovendien valt op, zoals eerder in deze paragraaf besproken, dat in vegetatiegroep 5 (matige trilvenen) de K-concentraties zeer laag zijn in het oppervlaktewater.



Figuur 4.19. PO₄ (figuur A) en K (figuur B) concentratie in het oppervlaktewater in aangrenzende sloten of greppels. Weergegeven per vegetatiegroep; Groep 1 (n=42): verzuurd veenmosrietland; Groep 2 (n=13): verzuurd overgangsvveen; Groep 3 (n=21): basenarm veenmosrietland; Groep 4 (n=12): basenarm overgangsvveen; Groep 5 (n=5): eutroof trilveen; Groep 6 (n=17): mesotroof trilveen. Significante verschillen worden met verschillende letters weergegeven.

Figure 4.19. PO₄ (figure A) and K (figure B) concentrations in surface water of adjacent water ways. Shown per vegetation group; Group 1 (n=42): acidified poor fen; Group 2 (n=13): acidified transitional fen; Group 3 (n=21): poor fen; Group 4 (n=12): base-poor transitional fen; Group 5 (n=5): eutrophic rich fen; Group 6 (n=17): mesotrophic rich fen. Significant differences are shown by different letters.

In dit onderzoek is bovendien gemeten of, en hoe diep, het oppervlaktewater infiltreert in de veenbodems, en welke PO₄ en Ca concentraties dit water bevat (figuur 4.20). Als er inderdaad sprake is van verticale indringing (infiltratie) van oppervlaktewater vanaf maaiveld in de veenbodem, blijkt bij 15% van de locaties de PO₄ concentratie in het oppervlaktewater tussen 1 en 2 µmol/l te liggen, en bij de overige 85% is de concentratie lager dan 1 µmol/l. Het lijkt er dus op dat er al behoorlijk rekening wordt gehouden met de oppervlaktewaterkwaliteit wanneer deze wordt gebruikt voor inundatie van percelen ten behoeve van overgangsvveen- en trilveenvegetaties. Om PO₄ concentraties in het oppervlaktewater omlaag te krijgen worden (delen van) gebieden vaak geïsoleerd van het, doorgaans veel voedselrijkere, boezemwater. Of er worden lange aanvoerroutes gecreëerd, zodat nutriënten (P, K) concentraties afnemen doordat de relatieve bijdrage van nutriëntenarm regenwater steeds groter wordt. Regenwater bevat echter ook hele lage kationenconcentraties waardoor het bufferend vermogen van het oppervlaktewater ook afneemt bij deze maatregelen. Van het oppervlaktewater dat infiltreert in veenbodems is bij ruim 90% van de locaties de Ca concentratie lager dan 1500 µmol/l, en de HCO₃ concentratie lager dan 3000 µmol/l (data niet weergegeven). Uit voorgaand onderzoek bleek echter dat de Ca en HCO₃ concentraties in het oppervlaktewater minimaal resp. 2000 en 4000 µmol/l zouden moeten zijn om voldoende buffering aan te voeren in trilvenen (**Cusell et al., 2013**).



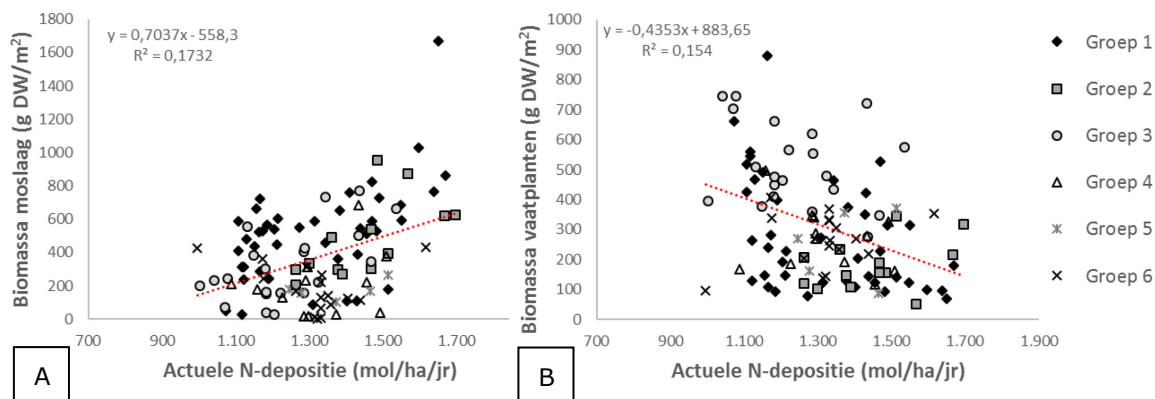
Figuur 4.20. De relatie tussen de verticale infiltratiediepte van het oppervlaktewater in de veenbodem (cm onder maaiveld (MV)) en de concentraties PO₄ (figuur A) of Ca (figuur B) in het oppervlaktewater.

Figure 4.20. Relation between the vertical infiltration depth of the surface water into the peat soil (cm below surface level (MV)) and PO₄ (figure A) or Ca concentrations (figure B) in the surface water.

4.5.2 Effect N-depositie op nutriëntenrijkdom en vegetatie in Nederland

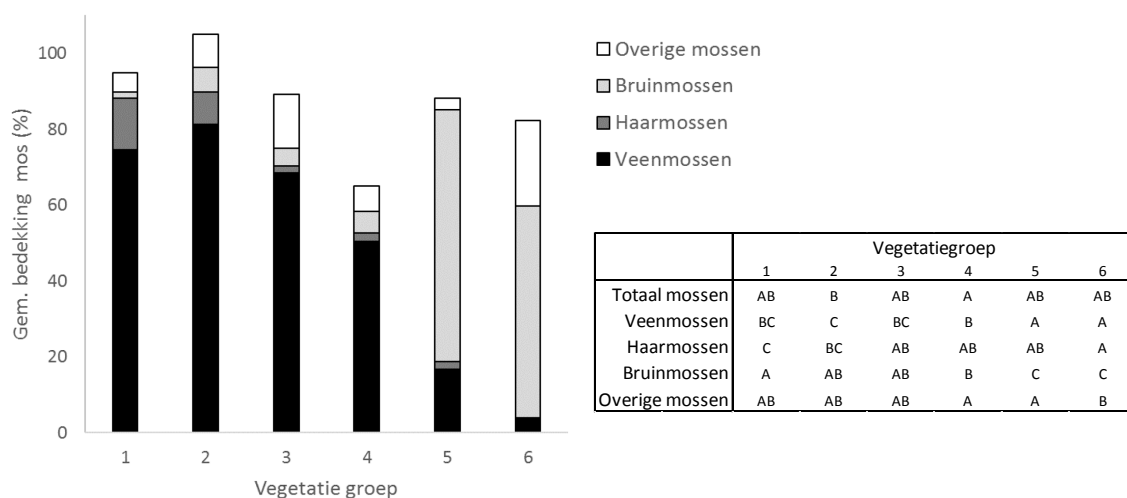
Een hoge N-depositie kan leiden tot een verhoogde nutriëntenbeschikbaarheid omdat zowel nitraat (NO₃) als ammonium (NH₄) voedingsstoffen zijn voor de aanwezige vegetatie. Via deze weg kan N-depositie, behalve een verzurend effect, ook een vermestend effect hebben. Wanneer er sprake is van vermessing is dit veelal terug te zien aan verhoogde nutriëntenconcentraties in het plantenweefsel, aan een hogere plantbiomassa & -productie en kwalitatieve veranderingen in soortensamenstelling en biodiversiteit. Atmosferische N-depositie komt in eerste instantie terecht op de moslaag, die bovenop de kragge en/of veenbodem volop aanwezig is (in alle groepen is de mosbedekking >60%; figuur 4.17). Naast een hoge bedekking, vertoont de moslaag bovendien een sterke toename in biomassa bij de verschillende vegetatiegroepen, wat lijkt te worden bevorderd door een hogere N-depositie (figuur 4.21). Daarentegen lijkt de vaatplantenbiomassa juist af te nemen bij een hogere N-depositie, wat ook een indirect effect zou kunnen zijn door de toenemende dominantie van mossen mits de nutriëntenbeschikbaarheid voor vaatplanten relatief laag is.

Als er in meer detail wordt gekeken naar de samenstelling van de moslaag, is te zien dat er een duidelijke toename van de bedekking van veenmossen (*Sphagnaceae*) plaatsvindt in de successie van basenrijke vegetaties (groep 6) richting steeds zuurdere vegetaties (groep 1; figuur 4.22). Ondanks dat deze vegetatie-ontwikkeling deels een natuurlijk proces is, kan een toenemende dominantie van veenmossen worden bevorderd door verdroging, verzuring en vermessing (o.a. **Kooijman, 2012; Lamers et al., 2014**).



Figuur 4.21. De correlatie tussen de atmosferische N-depositie en de biomassa van de moslaag (figuur A) en de biomassa van de vaatplanten (figuur B). Weergegeven per onderscheiden vegetatiegroep; Groep 1 (n=42): verzuurd veenmosrietland; Groep 2 (n=13): verzuurd overgangsveen; Groep 3 (n=21): basenarm veenmosrietland; Groep 4 (n=12): basenarm overgangsveen; Groep 5 (n=5): eutroof trilveen; Groep 6 (n=17): mesotroof trilveen. De rode trendlijnen geven de lineaire regressie weer van alle punten in de vegetatiegroepen samen.

Figure 4.21. Correlation between the atmospheric N-deposition and moss layer biomass (figure A) and vascular plant biomass (figure B). Shown per vegetation group; Group 1 (n=42): acidified poor fen; Group 2 (n=13): acidified transitional fen; Group 3 (n=21): poor fen; Group 4 (n=12): base-poor transitional fen; Group 5 (n=5): eutrophic rich fen; Group 6 (n=17): mesotrophic rich fen. Red trendlines show linear regression analyses for all groups and locations together.

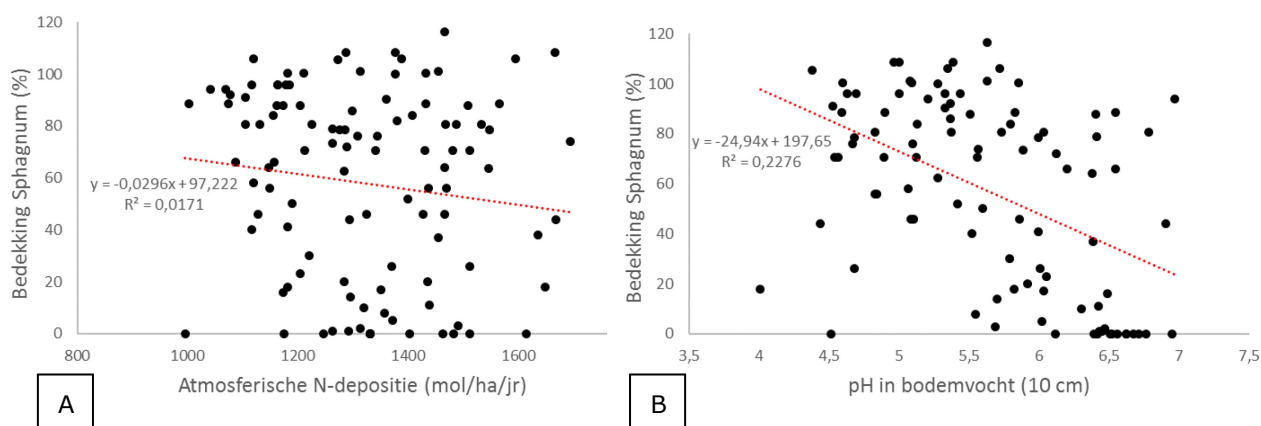


Figuur 4.22. De gemiddelde bedekking van de moslaag, onderverdeeld in veenmossen, haarmossen, bruinmossen en overige mossoorten. Weergegeven per vegetatiegroep; Groep 1 (n=42): verzuurd veenmosrietland; Groep 2 (n=13): verzuurd overgangsveen; Groep 3 (n=21): basenarm veenmosrietland; Groep 4 (n=12): basenarm overgangsveen; Groep 5 (n=5): eutroof trilveen; Groep 6 (n=17): mesotroof trilveen. Significante verschillen zijn weergegeven met verschillende letters.

Figure 4.22. Average total moss cover, subdivided in the share of several moss species. Shown per vegetation group; Group 1 (n=42): acidified poor fen; Group 2 (n=13): acidified transitional fen; Group 3 (n=21): poor fen; Group 4 (n=12): base-poor transitional fen; Group 5 (n=5): eutrophic rich fen; Group 6 (n=17): mesotrophic rich fen. Significant differences are shown by different letters.

In het trilveenstadium (groep 5 en 6) is de bedekking van de moslaag hoog, waar voornamelijk slaapmossen dominant zijn (paragraaf 3.4.1). Bij de overgang naar vegetatiegroep 4 vindt een significante toename in veenmosdominantie plaats (figuur 4.22). Hier zakken de grondwaterstanden flink uit, en neemt de pH ook verder af (resp. figuur 4.11

en 4.5; paragraaf 4.4.1). Veenmossen staan erom bekend zeer effectief water op te nemen en intern hun milieu extra te verzuren, waardoor ze een voordeel hebben bij lagere grondwaterstanden en zuurdere condities ten opzichte van (bruin)mossen die zijn aangepast aan basische milieus. Veenmossen kunnen grote hoeveelheden organische zuren produceren die ook als kationuitwisselingplaats dienen en die protonen kunnen uitwisselen tegen andere kationen en afgeven aan de omgeving (Clymo 1963, 1973; Kooijman & Bakker 1994; Kooijman, 2012). Veenmossen zijn bovendien slecht bestand tegen hoge HCO_3^- concentraties, de twee algemene veenmossoorten *S. palustre* en *S. fallax* vertonen dan ook alleen hoge bedekkingen bij een HCO_3^- concentratie lager dan 2000 $\mu\text{mol/l}$ en een Ca concentratie lager dan 1000 $\mu\text{mol/l}$ in de toplaag van de bodem. Een afname in de buffering (die wordt bevorderd door verzuring) lijkt de vestiging van deze algemene veenmossen dus te stimuleren. De bedekking van *Sphagnum* is negatief gecorreleerd (R^2 : 23%) met de pH in het bodemvocht van de toplaag van de veenbodem, maar niet direct gecorreleerd met de atmosferische N-depositie (figuur 4.23). Dit doet vermoeden dat 'natuurlijke' verzuring een belangrijkere rol speelt in de vestiging van veenmossen dan de extra verzurende bijdrage via N-depositie. Eerder werd echter ook een correlatie gevonden tussen de pH en atmosferische N-depositie (paragraaf 4.4.2). Deze processen van pH, N-depositie en de vestiging van veenmossen beïnvloeden elkaar dus allemaal, waardoor het moeilijk te bepalen is welk proces leidend is.

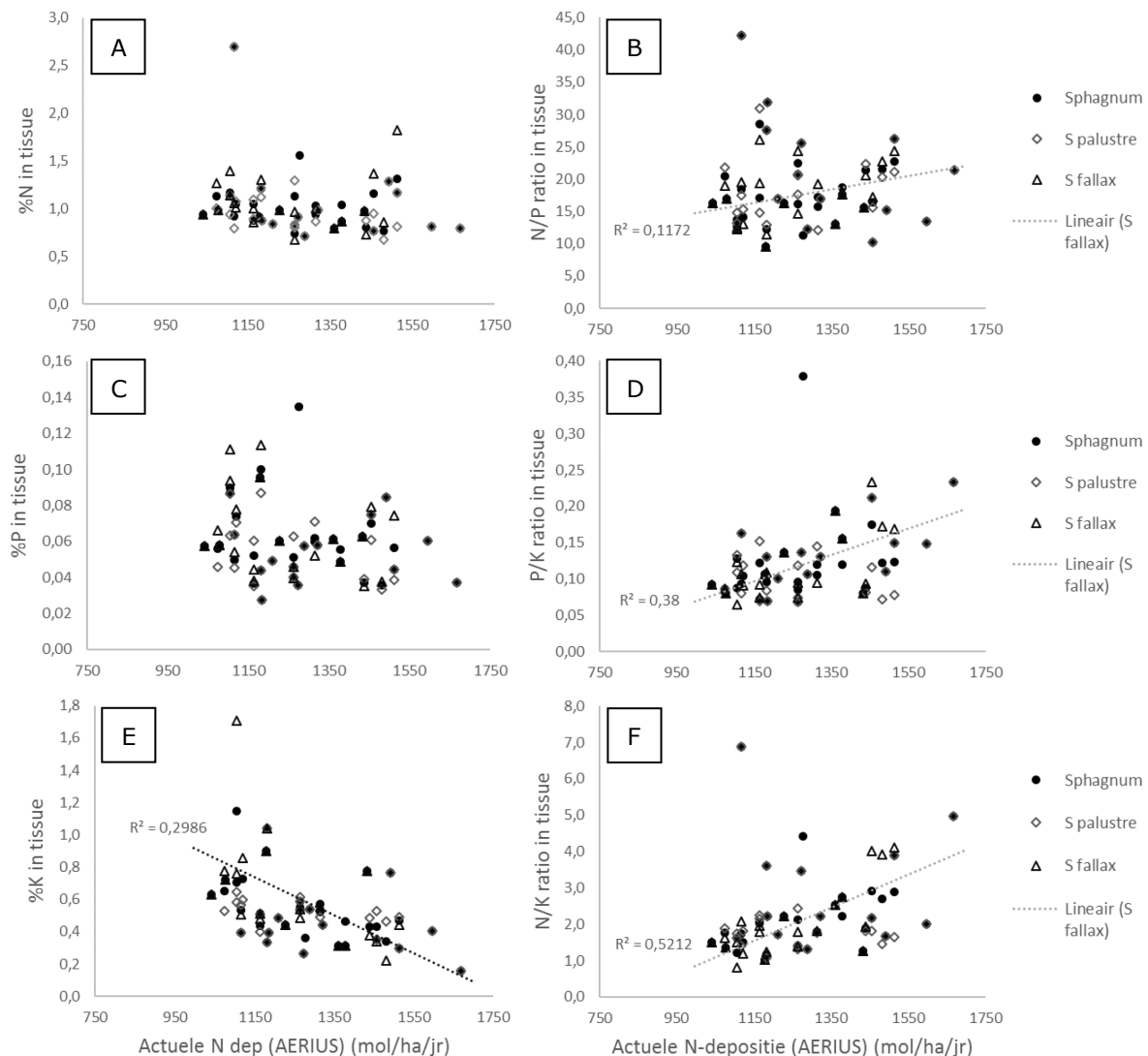


Figuur 4.23. De relatie tussen de atmosferische N-depositie en de *Sphagnum* bedekking (figuur A), en tussen de pH in de bovenste 10cm van bodemvocht en de *Sphagnum* bedekking (figuur B). De gestippelde trendlijn geeft de lineaire regressie weer van alle punten samen.

Figure 4.23. Relation between the atmospheric N-deposition and *Sphagnum* cover (figure A) or between pH in pore water of the top soil (upper 10 cm) and *Sphagnum* cover (figure B). The trendline shows the linear regression of all locations together.

Na de vestiging lijkt vermeting als gevolg van N-depositie echter wel een direct stimulerende rol in de (met name verticale) groei van de veenmossen te hebben, aangezien de mosbiomassa wordt bevorderd door een hoge N-depositie (R^2 : 17%; figuur 4.21). Veenmossen uit ombrotrofe milieus staan erom bekend effectief N uit de atmosfeer te kunnen filteren in hun biomassa door de specifieke aanpassingen aan een van origine zeer nutriëntenarm milieu. Hierdoor kunnen ze zelf profiteren, en blijft de N-beschikbaarheid laag voor dieper wortelende vegetatie (o.a. Lamers *et al.*, 2000). Wanneer deze veenmossen meer dan 9-12 mg N/g in het weefsel bevatten raken ze verzadigd, waardoor het filterende vermogen afneemt en de N-concentraties ook dieper in de bodem kunnen toenemen. De toename van de N-concentratie in ombrotrofe veenmossen wordt veelal in verband gebracht met een hoge atmosferische N-depositie (o.a. Lamers *et al.*, 2000). In dit onderzoek bleken de gemiddelde concentraties in het weefsel van de mossen in alle onderscheiden vegetatiegroepen hoger te zijn dan de grenswaarde van 9 mg N/g, zowel voor de bulk aan

mossoorten als ook voor een aantal algemeen voorkomende (niet-ombrotrofe) veenmossoorten (*S. palustre* en *S. fallax*; figuur 4.24). In het verlengde van deze N-verzadiging neemt het gehalte aan N, en ook het gehalte aan P in het weefsel, niet duidelijk toe bij een hogere N-depositie. De N:P ratio in de mossen neemt wel lichtjes toe bij een toename van de N-depositie ($R^2=12\%$). Het gebrek aan de toename van N en P in het weefsel kan mogelijk komen door de duidelijke afname van het K-gehalte in de veenmossen bij een toenemende N-depositie ($R^2=30\%$).



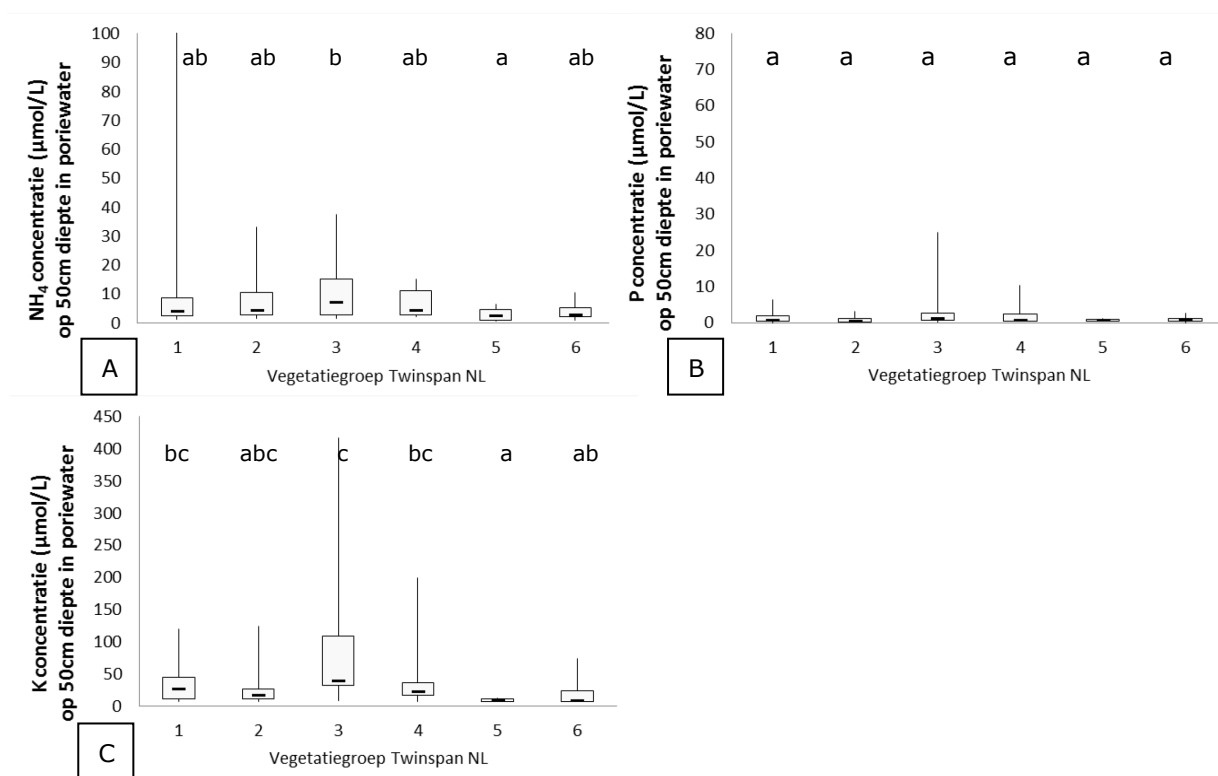
Figuur 4.24. De relatie tussen de actuele N-depositie en het nutriëntengehalte (%N, %P en %K; figuren A, C, E) en de nutriëntenratio's (N:P, P:K en N:K; figuren B, D, F) in het weefsel van veenmossen. De trendlijnen geven de lineaire regressie weer van *S. fallax*.

Figure 4.24. Relation between the actual N-deposition and amount of nutrients (%N, %P and %K; figure A, C, E) or nutriëntenratio's (N:P, P:K and N:K; figures B, D, F) in *Sphagnum* tissue. The trendlines show the linear regression for *S. fallax*.

De opname van NH_4 (de dominante vorm in natte veenbodems) en NO_3 gebeurt bij veenmossen over hun hele oppervlakte, en wordt intern efficiënt naar de bovenste delen van de mossen getransporteerd (**Malmer et al., 1994**). De opname van NH_4 verloopt vooral via passieve diffusie en leidt tot extra verzuring, omdat het wordt uitgewisseld tegen protonen

(H⁺). Wanneer de concentraties NH₄ hoog zijn, kunnen er ook andere kationen zoals K⁺ worden uitgewisseld, waardoor er K-limitatie kan ontstaan in de vegetatie. Dit indirecte effect van een hoge N-depositie is zeer waarschijnlijk ook de oorzaak van de toenemende N:K- en de P:K-ratio's in veenmossen (figuur 4.24). Er werd geen verband gevonden tussen een hogere biomassa van de moslaag en lagere K-concentraties in het weefsel (data niet weergegeven), dus het is niet te verklaren door verdunning. De toenemende N:K- en de P:K-ratio's zijn in dit onderzoek het sterkst voor *Sphagnum fallax*, deze veenmossoort staat erom bekend sterk te reageren op een toename in N, maar *S. palustre* en de bulk van diverse veenmossoorten vertonen dezelfde trend.

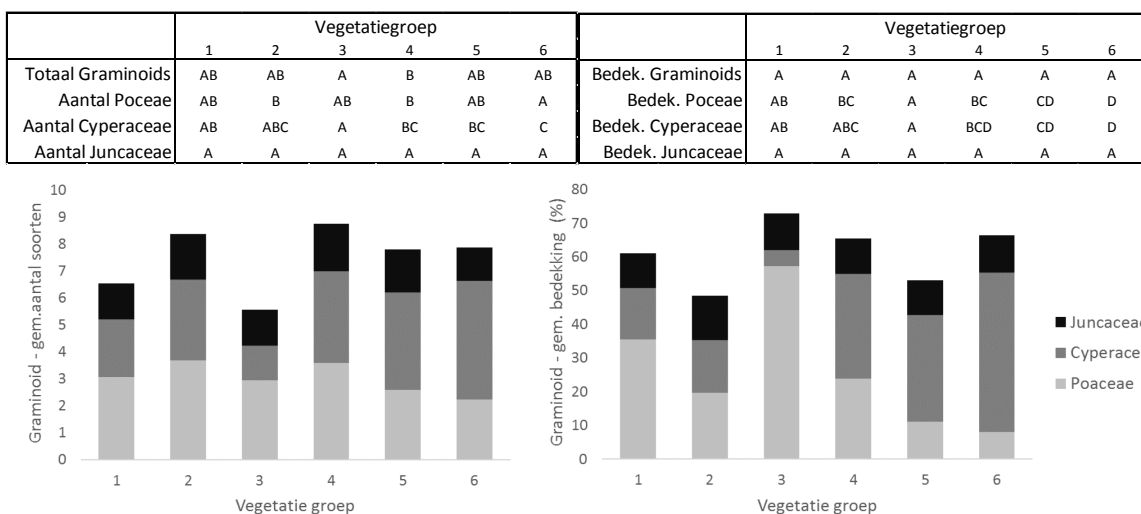
Omdat de veenmoslaag in alle vegetatiegroepen zeer waarschijnlijk verzadigd is met N, is te verwachten dat de N-beschikbaarheid dieper in de bodem hoog is. Er was echter geen enkel verband tussen de N-depositie en opgeloste NH₄ of NO₃ concentraties in het bodemvocht op 50 cm diepte (data niet weergegeven), en alleen een significant verschil in de N-concentratie op 50 cm diepte tussen vegetatiegroep 3 en 5 (figuur 4.25). Bovendien neemt de biomassa van de dieper wortelende vaatplanten juist af met een toenemende N-depositie (figuur 4.21B). In tegenstelling tot de mossen lijkt er voor de vaatplanten dus geen direct vermessingseffect op de biomassa als gevolg van een hoge N-depositie. De hoge N-depositie kan echter wel een effect hebben op de soortensamenstelling, hier wordt in de volgende paragraaf verder op ingegaan.



Figuur 4.25. Actuele nutriëntenconcentraties (NH₄, P, K; figuren A, B, C) in het poriewater op 50 cm diepte. Weergegeven per vegetatiegroep; Groep 1 (n=42): verzuurd veenmosrietland; Groep 2 (n=13): verzuurd overgangsveen; Groep 3 (n=21): basenarm veenmosrietland; Groep 4 (n=12): basenarm overgangsveen; Groep 5 (n=5): eutroof trilveen; Groep 6 (n=17): mesotroof trilveen. Significante verschillen zijn aangegeven met verschillende letters.

Figure 4.25. Actual nutrient (NH₄, P, K; figures A, B, C) concentrations in pore water at 50 cm depth. Shown per vegetation group; Group 1 (n=42): acidified poor fen; Group 2 (n=13): acidified transitional fen; Group 3 (n=21): poor fen; Group 4 (n=12): base-poor transitional fen; Group 5 (n=5): eutrophic rich fen; Group 6 (n=17): mesotrophic rich fen. Significant differences are shown by different letters.

De significant hogere vaatplantenbiomassa in vegetatiegroep 3 (figuur 4.17) zou mogelijk te maken kunnen hebben met de bij deze groep gevonden verhoogde nutriëntenconcentraties in de bodems (figuur 4.25). Mogelijk is hier sprake van een hogere mineralisatie die leidt tot een hogere nutriëntenbeschikbaarheid in de bodem, wat kan leiden tot dominantie van enkele soorten. Binnen vegetatiegroep 3 vallen de basenrijkere veenmosrietlanden; wanneer in meer detail naar de vegetatiesamenstelling wordt gekeken valt op dat de hogere biomassa vooral wordt veroorzaakt door een hoge bedekking van Riet (hoort bij Poaceae), terwijl het totale aantal soorten laag is (figuur 4.26). Opvallend is dat voor vegetatiegroep 3 met name de K-concentratie in de bodem hoger is dan voor de andere groepen. Het is dan ook goed mogelijk dat een verhoogde beschikbaarheid van nutrienten (waaronder K) hier leidt tot een hogere biomassa productie van Riet. Deze veenmosrietlandvegetaties (groep 3 en 1) zitten veelal in wintermaaibeheer, wat waarschijnlijk sterk bijdraagt aan de relatief hogere nutriëntenbeschikbaarheid in de bodem (paragraaf 5.2.2).

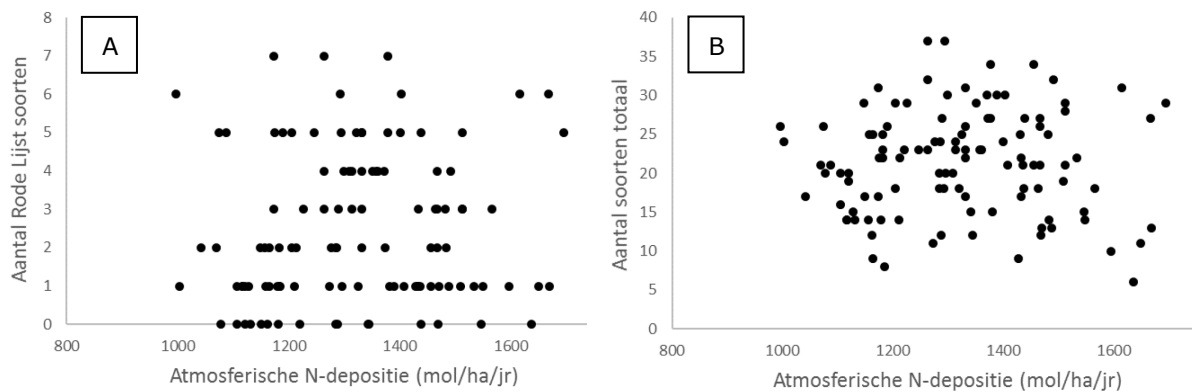


Figuur 4.26. Het gemiddeld aantal soorten grasachtigen (Graminoiden) (figuur A) en de gemiddelde bedekking van Graminoiden (figuur B) onderverdeeld in Juncaceae (russen), Cyperaceae (zegges) en Poaceae (grassen, waaronder Riet). Weergegeven per vegetatiegroep; Groep 1 (n=42): verzuurd veenmosrietland; Groep 2 (n=13): verzuurd overgangsvveen; Groep 3 (n=21): basenarm veenmosrietland; Groep 4 (n=12): basenarm overgangsvveen; Groep 5 (n=5): eutroof trilveen; Groep 6 (n=17): mesotroof trilveen. Significante verschillen zijn aangegeven met verschillende letters.

Figure 4.26. Average number of grass species (Graminoids) (figure A) and average cover of Graminoids (figure B), subdivided in Juncaceae, Cyperaceae and Poaceae. Shown per vegetation group; Group 1 (n=42): acidified poor fen; Group 2 (n=13): acidified transitional fen; Group 3 (n=21): poor fen; Group 4 (n=12): base-poor transitional fen; Group 5 (n=5): eutrophic rich fen; Group 6 (n=17): mesotrophic rich fen. Significant differences are shown by different letters.

4.5.3 Effect N-depositie op karakteristieke soorten

Het aantal rode-lijst soorten en het totale aantal aanwezige soorten laten geen duidelijk verband zien met de huidige N-depositie waarden (figuur 4.27). Het lijkt er dus op dat verschillen in atmosferische N-depositie binnen Nederland geen directe invloed hebben op de biodiversiteit. Veel Rode Lijst soorten blijken met name gevoelig voor een toename in de P-beschikbaarheid, terwijl dit voor de algemene soortenrijkdom niet per definitie geldt (Olde Venterink et al., 2003).



Figuur 4.27. Relatie tussen de huidige range in atmosferische N-depositie en de huidige biodiversiteit in Nederlandse overgangs- en trilvenen, uitgedrukt in aantal Rode Lijst soorten (figuur A) of het totale aantal soorten (figuur B).

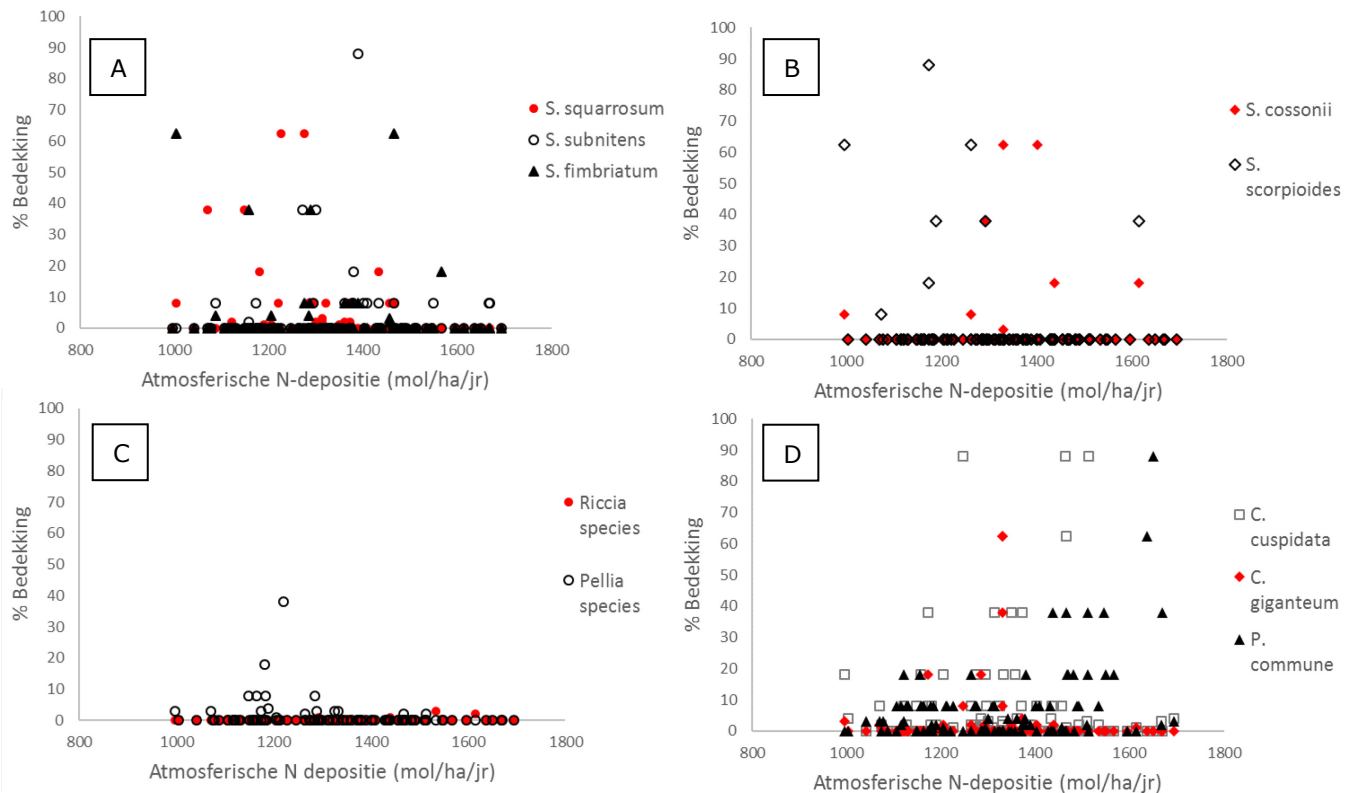
Figure 4.27. Relation between the current range of atmospheric N-deposition and the current biodiversity in Dutch fens, expressed as number of endangered species (figure A) or the total number of species (figure B).

De meest dominante en algemenere veenmossoorten *S. palustre* en *S. fallax* halen over de hele range van N-depositiewaarden in Nederland hoge bedekkingen (bijlage 9.4). Voor een aantal minder dominante, maar kenmerkende mossoorten zijn echter wel verschillen in bedekkingen te zien bij bepaalde N-depositie waarden. Voor zowel langzamer groeiende veenmossen *S. subnitens* en *S. fimbriatum* en de snelgroeiende *S. squarrosus*, als ook de schorpioenmossen *S. scorpioides* en *S. cossonii* geldt dat ze vooral hogere bedekkingen (>25%) halen bij een N-depositie lager dan 1400 mol N/ha/jaar (figuur 4.28A-B). Bij hogere N-depositie waarden (1300-1500 mol N/ha/jaar) is te zien dat puntmossen een hogere bedekking bereiken (figuur 4.28D; *C. cuspidata* en *C. giganteum*). Bij een nog hogere N-depositie (>1500 mol N/ha/jaar) komen de hoogste bedekking van haarmos (*P. commune*) juist voor (figuur 4.28D). Uit eerdere experimenten (Paulissen *et al.*, 2004; 2005) bleek inderdaad dat haarmos goed bestand is tegen hoge depositie van NH_4 .

Ook voor levermossen is bekend dat ze gevoelig zijn voor hoge N-depositie. In dit onderzoek bleek de bedekking van Riccia soorten in de opnamen overal laag te zijn, en vertonen Pellia soorten alleen wat hogere bedekkingen wanneer de N-depositie lager is dan 1300 mol N/ha/jaar (figuur 4.28C). Deze resultaten laten zien dat een verdere toename van atmosferische N-depositie, zelfs wanneer alle waarden al boven de kritische depositie waarden uitkomen, wel degelijk een effect heeft op bedekking van bepaalde mossoorten. Dit kan de competitie van bepaalde soorten beïnvloeden, waardoor de dominantie in de moslaag verschuift richting zuurdere soorten zoals haarmos ten koste van doelsoorten uit basische milieus.

Behalve bij mossoorten kan ook de bedekking en dominantie van bepaalde vaatplanten negatief worden beïnvloed door een hogere N-depositie. Karakteristieke soorten als ronde zonnedaauw (*Drosera rotundifolia*), kamvaren (*Dryopteris cristata*), ronde zegge (*Carex diandra*) of veenmosorchis (*Hammarbya paludosa*) vertonen echter over de gehele gradient van N-depositie waarden in Nederland nagenoeg dezelfde (relatief lage) bedekkingen (bijlage 9.4). Dit wil echter niet zeggen dat ze niet gevoelig zijn voor N-depositie (o.a. Bobbink & Hettelingh, 2010), het is alleen in deze correlatieve studie met slechts hoge N-depositie waarden in Nederland niet aan te tonen. Hiervoor zijn gerichte experimenten noodzakelijk. Dit geldt ook voor grasachtigen of boomsoorten, die erom bekend staan toe te nemen bij een hogere beschikbaarheid van N. Wanneer er wordt gekeken naar de bedekkingen van grassoorten zoals o.a. pijpenstrootje (*Molinia caerulea*) of moerasstruisgras (*Agrostis canina*) wordt er geen duidelijke toename gevonden bij een hogere N-depositie. Hetzelfde geldt voor

boomopslag van bijv. zachte berk (*Betula pubescens*) of wilg (*Salix* spp.) waarbij er geen duidelijke toename te zien met de N-depositie (bijlage 9.4). Over de hele range van de Nederlandse N-depositie waarden worden vergelijkbare bedekkingen gehaald van deze soorten, wat erop duidt dat andere factoren waarschijnlijk een belangrijkere rol spelen.

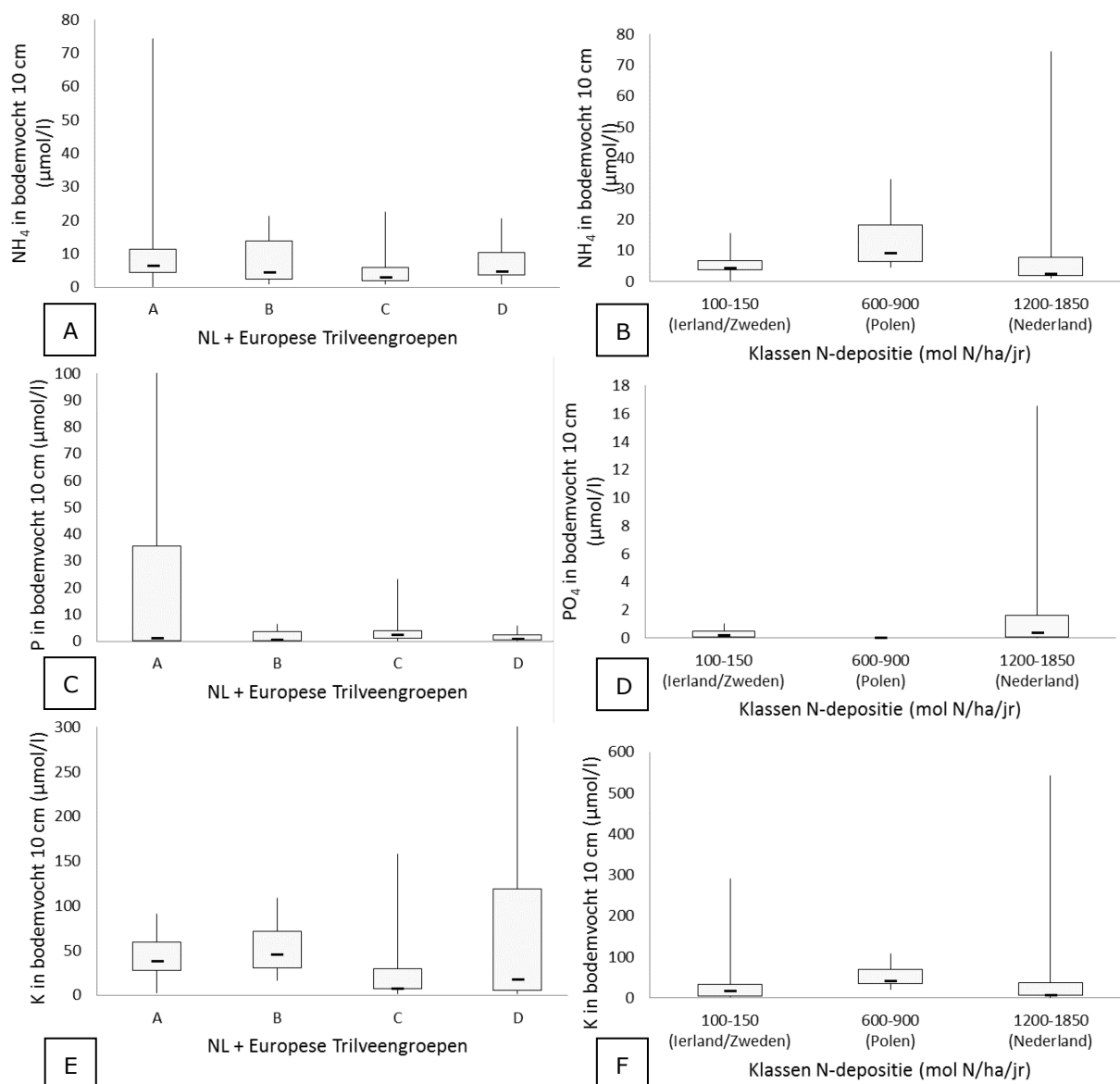


Figuur 4.28. Relatie tussen de huidige range in atmosferische N-depositie en de bedekking van een aantal karakteristieke mossoorten zoals veenmossen (*S. squarrosum*, *S. subnitens* & *S. fimbriatum*; figuur A), schorpioenmossen (*S. cossonii* & *S. scorpioides*; figuur B) levermossen (*Riccia* en *Pellia* spp; figuur C), puntmossen (*C. cuspidata* & *C. giganteum*; figuur D) en haarmos (*P. commune*; figuur D) die worden aangetroffen in de Nederlandse Trilvenen en Overgangsvennen.

Figure 4.28. Relation between the current range of atmospheric N-deposition and the cover of some characteristic moss species such as Sphagnum spp. (*S. squarrosum*, *S. subnitens* & *S. fimbriatum*; figure A), Scorpidium spp. (*S. cossonii* & *S. scorpioides*; figure B), liverworts (*Riccia* en *Pellia* spp; figure C), Calliergonella spp. (*C. cuspidata* & *C. giganteum*; figure D) and Politrichum spp. (*P. commune*; figure D), that are found in Dutch fens.

4.5.4 Effect N-depositie op nutriëntenrijkdom en vegetatie NL vs. Europa

Er is in dit onderzoek ook gekeken hoe de nutriëntenrijkdom in de nog in Nederland aanwezige trilvenen zich verhoudt tot de buitenlandse trilveenreferenties. Voor de nutriëntenconcentraties in het bodemvocht van de trilvenen, zijn er geen duidelijke verschillen tussen de vegetatiegroepen te onderscheiden voor wat betreft de NH_4 en PO_4 concentraties (figuur 4.29A en C). Het gaat sowieso om lage NH_4 concentraties (gemiddeld $<20 \mu\text{mol/l}$), als gevolg van opname door de vegetatie en biogeochemische processen. Er zijn echter wel relatieve verschillen te zien in de concentraties tussen de verschillende N-depositie klassen (dus tussen de landen; figuur 4.29B). Voor de NH_4 concentratie is er een toename te zien bij een N-depositie van 600-900 mol/ha/jr (Polen), terwijl deze weer afneemt bij de hoogste N-depositie waarden (Nederland). Deze lagere concentraties van NH_4 zouden kunnen samenhangen met de hogere PO_4 concentraties in het bodemvocht van de Nederlandse trilvenen waardoor de biomassa productie hoger is en er ook meer N kan worden opgenomen door de vegetaties. Daarnaast kunnen stikstofverliezen door andere processen (o.a. nitrificatie en denitrificatie) anders zijn.



Figuur 4.29. Concentraties NH₄, PO₄, K in het bodemvocht van de bovenste 10cm van de bodem, inclusief de Europese referentiedatasets (Polen, Ierland en Zweden). Weergegeven per Trilveengroep binnen de Europese trilvenen (figuren A, C, E). Groep A: TV met Geel schorpioenmos (n=41), Groep B: TV met Groen schorpioenmos (n=22), Groep C: TV met Gewoon puntmos (n=29), Groep D: TV met Rood schorpioenmos (n=16). Rechts wordt het weergegeven per N-depositieklasse (figuren B, D, F).

Figure 4.29. Pore water concentrations of NH₄, PO₄ and K in the top soil (upper 10 cm), including the European reference datasets. Shown per group of European rich fens (figure A, C, E). Group A: RF with *H. vernicosus* (n=41), Group B: RF with *S. cossonii* (n=22), Group C: RF with *C. cuspidata* (n=29), Group D: RF with *S. scorpioides* (n=16). On the right it is shown per N-deposition range (figure B, D, F).

4.6 Resultaten: N-depositie & toxiciteit

4.6.1 Relatie ammoniumtoxiciteit en vegetatie in Nederland

Atmosferische N-depositie kan tot accumulatie van ammonium (NH₄) leiden wat, behalve dat het een nutriënt is, in hoge concentraties ook toxisch kan zijn voor de vegetatie (zoals beschreven in paragraaf 2.4.3). Hoewel eerder in experimenten is aangetoond dat slaapmossen inderdaad toxische effecten kunnen ondervinden van N-depositie (**Kooijman & Paulissen, 2006; Paulissen et al., 2004**), waren de gemeten NH₄ concentraties in het bodemvocht overal (veel) lager dan 50 μmol/l (figuur 4.16; paragraaf 4.5.1). Bij concentraties van 100 μmol/l is er sprake van NH₄ toxiciteit voor *S. scorpioides* aangetoond

(Paulissen *et al.*, 2004). Het lijkt er dus op dat de beschikbare concentraties in het veld laag genoeg blijven dat er in de Nederlandse trilvenen vermoedelijk geen sprake is van NH_4 toxiciteit. Dit kan echter niet met zekerheid worden gezegd, mogelijk kunnen de concentraties lokaal (tijdelijk) hoger zijn omdat de gemeten concentraties een netto resultante zijn van diverse processen (o.a. aanvoer van nutriënten, opname door planten en microbiële omzettingen in de bodem). Bovendien is de correlatieve opzet van dit onderzoek niet voldoende om hier duidelijke uitspraken over te doen, daar zijn gerichte experimenten voor nodig.

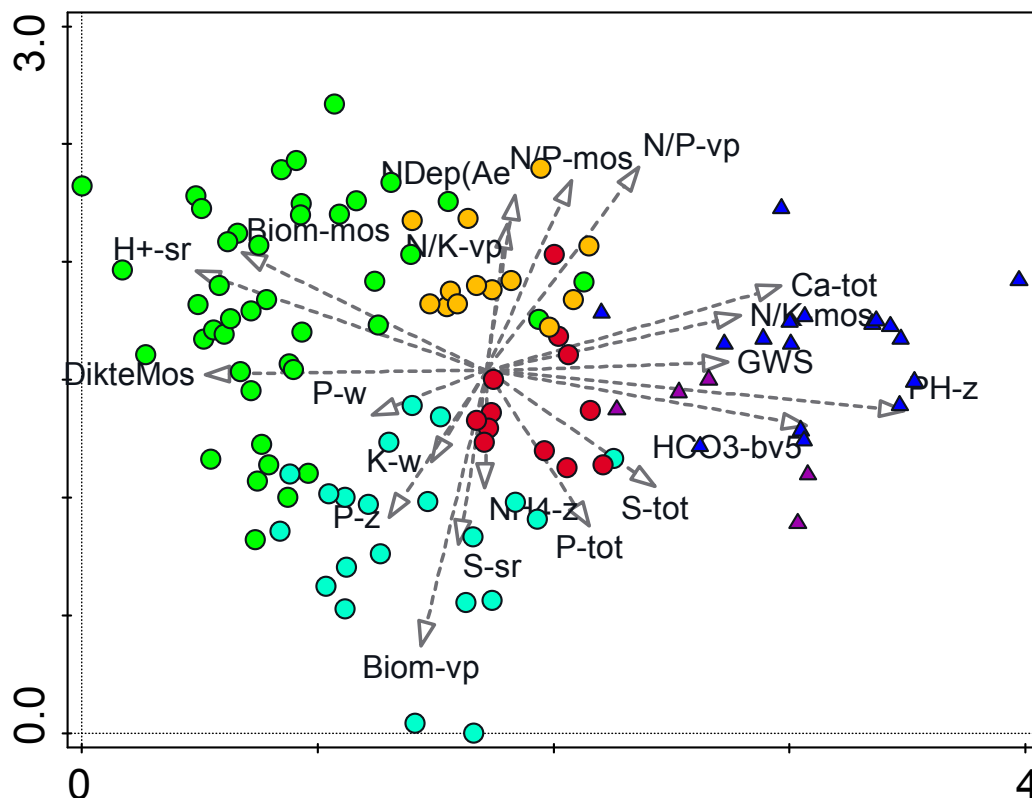
4.7 Resultaten: Analyse sturende factoren

4.7.1 Nederlandse veengebieden: sturende factoren

Wanneer de gemeten standplaatsfactoren via statische analyse (CANOCO) in clusters worden uitgezet op twee assen, zijn er een aantal patronen te onderscheiden tussen de verschillende vegetatiegroepen (figuur 4.30). De eerste (horizontale), en meest bepalende, as wordt bepaald door de buffering van het systeem. De pijlen van de pH, HCO_3 concentratie in het bodemvocht, totaal-Ca in de bovenste 10 cm van de bodem en de grondwaterstand wijzen allen richting de trilveenvegetaties, wat wil zeggen dat deze variabelen het hoogst zijn in de trilveenvegetaties (groep 5 en 6). Vegetatiegroep 1 ligt hier recht tegenover en wordt juist gekenmerkt wordt door hoge H^+ concentraties in de bodem, en een dikke laag, oftewel hoge, biomassa van (met name) veenmos en haarmos. De vegetatiegroepen 2, 3 en 4 nemen een intermediaire positie in, waarbij andere variabelen sturend zijn.

De tweede (verticale) as lijkt vooral bepaald te worden door de beschikbaarheid van nutriënten (figuur 4.30). Helemaal onderin ligt vegetatiegroep 3, waarbinnen de basische veenmosrietlanden veelal worden aangetroffen, waar de biomassa van de vaatplanten het meest verklarend is. Deze groep wordt ook gekenmerkt door een wat nutriënt-rijkere vegetatie met relatief veel grasachtigen (zie paragraaf 4.5.2). De nutriëntenbeschikbaarheid is in deze bodems hoger, mogelijk omdat er nutriënten extern binnenkomen en/of dat de mineralisatie hoger is binnen deze groep. Het lijkt er dus op dat de hogere biomassa van vaatplanten vooral samenhangt met een verhoogde nutriëntenbeschikbaarheid, en minder met de N-depositie. Hiertegenover ligt vegetatiegroep 2, welke vooral wordt gekenmerkt door relatief hoge N:P (en N:K) ratio's in de vegetatie. Ook de N-depositie waarden wijzen deze kant op en er lijkt dus sprake van een relatief hogere N-beschikbaarheid, waardoor andere nutriënten beperkend kunnen worden. Deze groep lijkt dus vooral te worden onderscheiden door een lagere P- en K-beschikbaarheid, in combinatie met een hogere N-depositie.

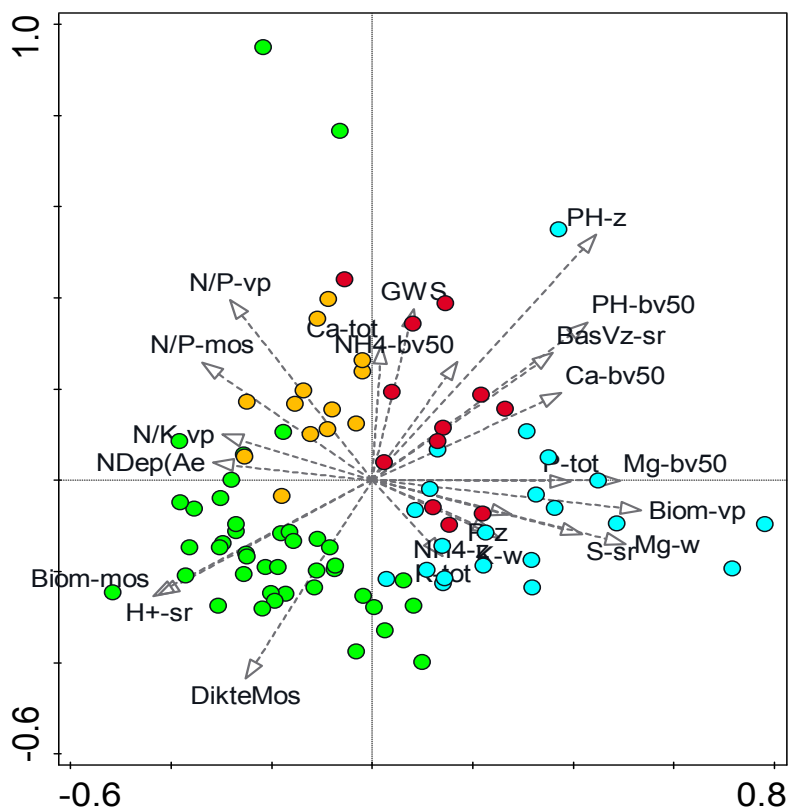
Vegetatiegroep 4 ligt in het midden van figuur 4.30. Deze groep lijkt ten opzichte van een trilveenstadium (groepen 5 en 6) vooral zuurder te zijn, en daardoor vooral een overgangsvorm (overgangsveen) tussen trilvenen en de zuurdere veenmosgedomineerde vegetatiegroepen. Een lagere pH en basenarmere condities onderscheidt dit overgangsveen van de trilvenen, en zal bij een verbetering van de gebufferde condities mogelijk (weer) deel uit gaan maken van de trilvenen. Onder relatief P-rijkere condities zal een overgangsveen waarschijnlijk deel uitmaken van vegetatiegroep 3, terwijl onder relatief N-rijkere condities (o.a. als gevolg van een hogere N-depositie) het overgangsveen waarschijnlijk onderdeel uitmaakt van groep 2. Bij nog verdere verzuring zullen al deze groepen zich ontwikkelen richting een ouder successiestadia in vegetatiegroep 1 (figuur 4.31).



Figuur 4.30. DCA diagram (1^e en 2^e as) voor de Nederlandse vegetatiegroepen die zijn onderscheiden in dit onderzoek. De overgangsvennen en veenmosrietlanden (ronde tekens): Groep 1 (groen), 2 (geel), 3 (lichtblauw) en 4 (rood), en trilvenen (driehoek): Groep 5 (paars) en 6 (blauw). Totale variatie is 6.02561, variabelen verklaren 50.2%. De berekende verklarende variatie is 15.1%.

Figure 4.30. DCA diagram (1th and 2nd axis) for the Dutch vegetation groups that were distinguished in this study. Transitional and poor fens (round signs): group 1 (green), group 2 (yellow), group 3 (light blue) and group 4 (red), and rich fens: group 5 (purple) and group 6 (dark blue). Total variation is 6.02561, variables explain 50.2%. Calculated explained variation is 15.1%.

Statistic	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 4
Eigenvalues	0.4570	0.2308	0.1969	0.1562
Explained variation (cumulative)	7.59	11.42	14.68	17.28
Gradient length	3.97	2.67	2.29	2.73
Pseudo-canonical correlation (suppl.)	0.9542	0.9142	0.8933	0.6283



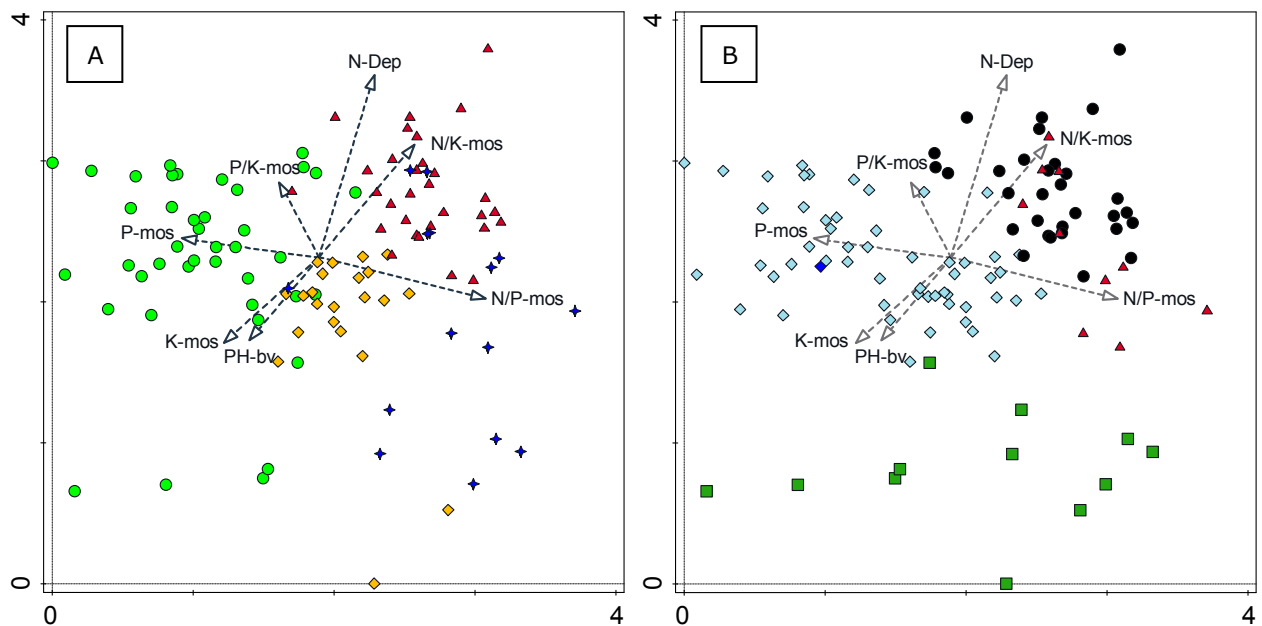
Figuur 4.31. DCA diagram (1^e en 2^e as) voor de Nederlandse overgangsvennen en veenmosrietland groepen die zijn onderscheiden in dit onderzoek, zonder de Nederlandse trilveengroepen: De (ronde tekens): Groep 1 (groen), 2 (geel), 3 (lichtblauw) en 4 (rood). Totale variatie is 5.25484, variabelen verklaren 52.9%. De berekende verklarende variatie is 14.5%.

Figure 4.31. DCA diagram (1th and 2nd axis) for the Dutch vegetation groups that were distinguished in this study, without the rich fens. Transitional and poor fens (round signs): group 1 (green), group 2 (yellow), group 3 (light blue) and group 4 (red). Total variation is 5.25484, variables explain 52.9%. Calculated explained variation is 14.5%.

Statistic	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 4
Eigenvalues	0.2806	0.2614	0.2458	0.1989
Explained variation (cumulative)	5.34	10.31	14.99	18.78
Pseudo-canonical correlation (suppl.)	0.9473	0.8117	0.8562	0.7838

4.7.2 Nederland vs. Europese referentie veengebieden: sturende factoren

De trilvenen in Polen en Zweden vallen vooral in de meest basenrijke vegetatiegroepen 1 en 2 (figuur 4.32A), en de vegetatiesamenstelling in deze twee landen wordt bovendien sterk onderscheiden van de Nederlandse en Ierse trilvenen (figuur 4.32B). Voor vegetatiegroep 1 blijkt een hoger P- (en K-) gehalte in de moslaag het meest verklarend (groene tekens; figuur 4.32A). Ook de pH in het bodemvocht van de toplaag van de bodem wijst in dezelfde richting, wat aangeeft dat deze hoger is in groep 1 (Polen en Zweden). Bijna recht hiertegenover liggen de hogere N:K- en N:P-ratio's in de moslaag die wijzen naar resp. groep 3 en groep 4. De N-depositie wijst bovendien richting groep 3 omdat hier de meeste Nederlandse plots in aanwezig zijn. Mogelijk heeft een hogere N-depositie geleid tot hogere N:K- en N:P-ratio's in de mos vegetatie, en richting de ontwikkeling naar minder basenrijke vegetatiegroepen 3 en 4. Met name groep 4 bestaat echter uit locaties in Ierland en Zweden, waar nog steeds sprake is van een lage N-depositie. Een relatief lage P- of K-beschikbaarheid (nutriënten-limitatie) heeft hier mogelijk bijgedragen aan de hogere N:P- of N:K-ratio's.



Figuur 4.32. DCA diagram (1^e en 2^e as) voor de trilvenen in Nederland en buitenland die zijn onderscheiden in dit onderzoek. Weergegeven per vegetatiegroep (Figuur A); Groep A: TV met Geel schorpioenmos (groen) (n=41), Groep B: TV met Groen schorpioenmos (geel) (n=22), Groep C: TV met Gewoon puntmos (rood) (n=29), Groep D: TV met Rood schorpioenmos (blauw) (n=16). Weergegeven per land (Figuur B); Nederland (zwart), Ierland (rood), Polen (blauw), Zweden (groen). Totale variatie is 7.13985, variabelen verklaren 22.8%. De berekende verklarende variatie is 11.0%.

Figure 4.32. DCA diagram (1th and 2nd axis) for the European rich fen groups that were distinguished in this study (including the European reference dataset). Shown per European rich fen group (Figure A); Group A: RF with *H. vernicosus* (green) (n=41), Group B: RF with *S. cossonii* (yellow) (n=22), Group C: RF with *C. cuspidata* (red) (n=29), Group D: RF with *S. scorpioides* (blue) (n=16). Shown per country (Figure B); Netherlands (black), Ireland (red), Poland (blue) and Sweden (green). Total variation is 7.13985, variables explain 22.8%. Calculated explained variation is 11.0%.

Statistic	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 4
Eigenvalues	0.4272	0.3709	0.2112	0.1748
Explained variation (cumulative)	5.98	11.18	14.13	16.58
Gradient length	3.71	3.79	2.68	2.87
Pseudo-canonical correlation (suppl.)	0.9014	0.8369	0.7705	0.6631

5 Effecten van beheer en toepassen maatregelen

5.1 Samenvatting

Aan de hand van een literatuurstudie en interviews met beheerders is in dit hoofdstuk een overzicht gemaakt van diverse beheersmaatregelen die worden toegepast in de Nederlandse laagveengebieden en de effecten van deze herstelmaatregelen op de kwaliteit en het functioneren van trilvenen en veenmosrietlanden (H7140). Hierbij is vooral de focus gelegd op maatregelen die volgens het profieldocument voor dit habitatype nog niet als bewezen zijn beschouwd. In alle laagveengebieden die zijn opgenomen in dit onderzoek blijkt dat regulier maaibeheer, met name voor het subhabitatype Trilvenen, tegenwoordig vooral in de zomer uitgevoerd. Dit lijkt een goede periode van maaaien om vermessing tegen te gaan, omdat zomer- en zomer/herfstmaaaien (nazomermaaaien) leidt tot verschraling in de bodem, terwijl maaaien laat in de herfst of wintermaaaien dit in veel mindere mate doet. Dit wordt aangetoond door lagere nutriëntengehaltes in de vaatplanten, en lagere P-concentraties op 50 cm diepte in het bodemvocht van vegetaties waar (na)zomermaaibeheer plaatsvindt.

Maaibeheer is echter geen maatregel die de negatieve effecten van verzuring tegengaat; hiervoor zijn aanvullende maatregelen noodzakelijk. Plaggen kan mogelijk een gunstig effect hebben op de buffering van de bodem (verdubbeling van de Ca-bezetting), doordat er in principe relatief hogere grondwaterstanden mee gecreëerd worden. Het lijkt er echter op dat plaggen vaak maar een tijdelijk effect heeft. Er is alleen een langdurig positief effect indien er weer voldoende kweldruk ontstaat om grondwater tot in de wortelzone te brengen. Plaggen kan ook juist negatief werken, omdat er een neerslaglens gevormd kan worden waardoor het systeem verder verzuurt door gebrek aan buffering. In dit geval is het van belang dat het veen kan overstromen met oppervlaktewater, en dat dit water voldoende infiltreert. De aanleg van greppels kan bijdragen aan de tijdelijke overstroming of inundatie van percelen in de zomerperiode. Het is hierbij uiteraard wel van belang dat het aangevoerde oppervlaktewater voldoende basenrijk en (matig) voedselarm is. In veel gebieden worden greppels echter vooral gebruikt als afvoer van overtollig regenwater, en dragen ze weinig bij aan de aanvoer van basenrijk oppervlaktewater. Het is aangetoond dat inundatie in de zomerperiode met basenrijk oppervlaktewater kan leiden tot herstel van het bufferend vermogen van de bodem in trilvenen. Dit stimuleert herstel van de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge binnen het subhabitatype Trilvenen. Bij overstroming alleen in de winterperiode geldt dit over het algemeen niet doordat infiltratie nauwelijks plaatsvindt. De periode van inundatie is dus cruciaal bij herstelmaatregelen.

Voor veenmosrietlanden kan een dynamisch (seizoensmatig) peilbeheer bijdragen aan behoud, mits het inundatiewater basenrijk is. Door de periodieke aanvoer van basenrijk oppervlaktewater kan het kationuitwisselingsmechanisme in zowel bodem als in mossen worden opgeladen met basische kationen (met name Ca), om zodoende de buffering in de bodem op peil te houden. Met aanvoer en infiltratie van basen kan het verzurende effect van N-depositie in de veenmosgedomineerde vegetaties mogelijk worden gecompenseerd, waardoor versnelde successie richting zuurdere vegetaties wordt afgeremd. Behalve greppels voor de aanvoer van water, kan frezen van de veenbodem de infiltratie van oppervlaktewater mogelijk stimuleren, over de effectiviteit hiervan is echter weinig bekend. Bekalken en veenmos trekken blijken beide maatregelen die niet of nauwelijks worden uitgevoerd in laagveengebieden. Bovendien lijkt de werking van bekalking slechts tijdelijk, en kan het zelfs de mineralisatie bevorderen bij hoge doseringen. Veenmos trekken dient niet te vroeg in de

successie uitgevoerd te worden, omdat veenmossen meer competitief zijn dan trilveenmossen, en trekken juist resulteert in versnelde veenmosgroei.

5.2 Opzet

Ook voor de beantwoording van deze vraag zal worden aangesloten op de locaties waar vegetatieopnames zijn gemaakt en standplaatsfactoren zijn bepaald, zoals beschreven in de vorige hoofdstukken. Voor deze locaties is het type beheer van de afgelopen jaren bepaald m.b.v. rapporten, beheerkaarten en vooral door interviews met natuurbeheerders. Hiermee kan een eerste inzicht verkregen worden in het effect dat beheer en herstelmaatregelen hebben op de kwaliteit van de Nederlandse trilvenen en veenmosrietlanden. Op deze manier wordt getracht om de relatieve bijdragen van standplaatsfactoren, N-depositie en beheer aan de kwaliteit/biodiversiteit van trilvenen en veenmosrietlanden te bepalen. Bovendien kan inzicht verkregen worden in hoeverre bepaalde maatregelen de standplaatscondities (buffering, nutriënten) op een positieve manier zouden kunnen beïnvloeden, waarmee de weerbaarheid voor de negatieve effecten van N-depositie vergroot kunnen worden.

Om te bepalen welke maatregelen onder welke omstandigheden effectief zijn, levert het vergelijkende veldonderzoek in de beschreven hoofdstukken 3, 4 en 6 al veel informatie op over de effectiviteit van beheermaatregelen die relatief veel worden toegepast. Aanvullend hierop zijn in dit onderzoek de volgende studies uitgevoerd:

- Een literatuurstudie waar specifiek is ingegaan op experimenten en veldstudies verschenen tussen 2012-2017, die aandacht besteden aan de effecten van de herstelmaatregelen op de kwaliteit en het functioneren van trilvenen en veenmosrietlanden (H7140).
- Aan de hand van vraaglijsten is bij natuur- en waterbeheerders geïnventariseerd welke, en hoe, verschillende maatregelen in de praktijk uitgevoerd worden. Maatregelen worden in de praktijk lang niet altijd zo uitgevoerd als het in de beheerplannen staat. Via de interviews kan inzicht verkregen worden op (onverwachte) effecten van bepaalde maatregelen, al dan niet in combinatie met N-depositie.

5.3 Onderzoeksmethode

Er is gedurende het onderzoek rekening gehouden met diverse maatregelen die reeds worden uitgevoerd, die nog niet als bewezen worden beschouwd. Het gaat hierbij idealiter om de volgende maatregelen:

Maaien (zomer/winter maaien)

In de verzamelde dataset is voldoende variatie in maaibeheer aanwezig om een uitspraak te kunnen doen over de invloed van het type maaibeheer (in afhankelijkheid van de hoogte van N-depositie) op de ontwikkeling van trilvenen en veenmosrietlanden (tabel 5.1).

Plaggen

In de verzamelde dataset zitten een aantal trilveen- en veenmoslocaties die geplagd zijn (tabel 5.1). Deze, samen met referentielocaties waar de maatregel niet is toegepast, zijn in het onderzoek bemonsterd om mogelijk uitspraken te doen over de effectiviteit van plaggen op de ontwikkeling van trilvenen en veenmosrietlanden.

Begreppelen

In de verzamelde dataset zitten een aantal trilveen- en veenmoslocaties in een aantal van de onderzoeksgebieden waar begreppeling is toegepast (tabel 5.1). Deze, samen met

referentielocaties waar de maatregel niet is toegepast, zijn in het onderzoek bemonsterd om mogelijk uitspraken te doen over de effectiviteit van begreppelen op trilvenen en veenmosrietlanden.

Bekalken

Er waren niet genoeg locaties waar bekalking wordt uitgevoerd zodat dit getoetst kon worden (tabel 5.1). Daarom zal deze maatregel niet verder in het onderzoek worden meegenomen.

Veenmos trekken

Er waren niet voldoende locaties waar veenmos trekken wordt uitgevoerd zodat dit getoetst kon worden (tabel 5.1). Daarom zal deze maatregel niet verder in het onderzoek worden meegenomen.

5.4 Resultaten: Interviews met beheerders

Er is aan alle beheerders gevraagd een enquête/vragenlijst in te vullen over het beheer dat wordt toegepast in hun gebied(en), ten behoeve van de instandhouding van trilveen en veenmosrietlandontwikkeling. We hebben in deze vragenlijst met name gefocust op de maatregelen die, zoals in paragraaf 5.2 worden beschreven, als niet-bewezen worden beschouwd in het PAS-profieldocument. In tabel 5.1 is het overzicht te zien van de verschillende beheermaatregelen die worden toegepast in de diverse laagveengebieden in Nederland ten behoeve van de instandhouding, dan wel ontwikkeling, van trilveen- en veenmosrietlandvegetaties. Hierin is te zien dat er vrijwel overal maaibeheer wordt toegepast in de vorm van zomermaaien, terwijl wintermaaien lang niet overal (meer) wordt toegepast. Wanneer wintermaaien wel wordt uitgevoerd is dat vooral in de zuurdere, late-successie vegetaties (o.a. veenmosrietlanden), en niet in de vroege-successie vegetatietypen (trilvenen). Maaibeheer wordt vrijwel overal uitgevoerd met een 1-asser of met rupsvoertuigen, waarbij relatief weinig insporing optreedt (behalve op draaipunten bij rupsvoertuigen) en de moslaag incidenteel beschadigd raakt.

Maaibeheer is de enige maatregel die echt in alle laagveengebieden wordt toegepast, terwijl alle andere maatregelen veel minder vaak of zelfs niet worden uitgevoerd. In figuur 5.1 staat een overzicht van een aantal beheermaatregelen die minder vaak worden uitgevoerd bij de onderzochte locaties. Hierin is te zien hoe deze maatregelen zijn verdeeld over de verschillende vegetatiegroepen die zijn onderscheiden in dit onderzoek (paragraaf 3.4.1). Het blijkt dat er vooral veel maatregelen worden getroffen in vegetatiegroep 6 (goede trilvenen), vegetatiegroep 5 (matige trilvenen) en vegetatiegroep 4 (overgangsveen/verzuurde trilvenen).



Geleidelijke overgangen van zuurdere en basische vegetaties op een kragge in laagveengebied Naardermeer (foto G. van Dijk)

Tabel 5.1. Overzicht van het beheer dat wordt toegepast bij de verschillende onderzoeksgebieden in Nederland t.b.v. trilveen en veenmosrietlandontwikkeling.

Table 5.1. Overview of management types that are used in the different study areas to enhance development of rich and poor fens in the Netherlands.

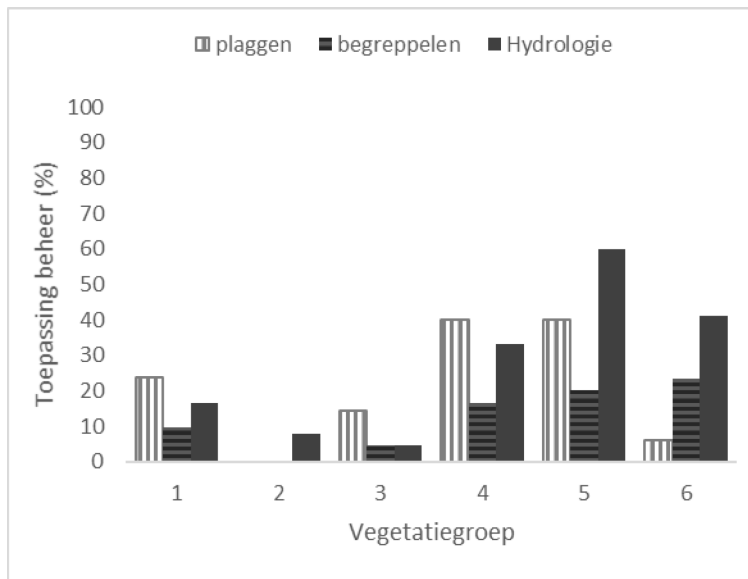
Prov.	Gebied	Winter maaien	Zomer maaien	Plaggen	Greppels	Bekalken	Veenmos trekken	Lokale bevloeiing	Opmerkingen
Ove	Olde Maten & SG Hasselt	nee	ja	ja	ja	nee	nee	nee *	* wel lokale inundatie
	Wieden	ja	ja	nee *	ja	nee **	nee	ja	* mss lang geleden ** alleen hooiland
	Weerribben	ja	ja	ja	nee	nee	nee	ja	
Fri	Rottige Meente	ja	ja	ja	ja	nee	nee	nee	
	Alde Feanen	ja	ja	ja	nee *	nee	nee	ja	* wel waterlopen
	de Mieden	nee	ja	nee	nee	nee	nee	nee *	* (grond)waterpeil flink verhoogd
Gro	Onlanden	nee	ja	ja	nee	nee	nee	nee *	* (grond)waterpeil flink verhoogd
	Zuidlaardermeer	nee	ja	ja	nee	nee	nee	nee *	* wel lokale inundatie
NH	Wormer Jisperveld	nee	ja	ja	ja *	nee	nee	nee **	* experimenteel ** plasdras op grasland
	Ilperveld	ja	ja	ja	ja	nee	nee *	nee **	* eenmalig ** Isolatie peilvakken
	Naardermeer	ja	ja	nee	nee	ja *	nee	nee	* jaarlijks tegen haarmos
	Het Hol	ja	ja	nee	ja	nee	nee	nee	
ZH	Nieuwkoop & de Haeck	ja	ja	ja	ja	nee	nee *	ja *	* wel moscontract ** onregelmatig
Utr	Binnenveld (Blauwe Hel)	nee	ja	ja	ja *	nee	nee	nee **	* behoud bestaande ** hoog (grond)waterpeil
	VP: Westbroekse Zodden	nee	ja	ja	nee *	nee	nee	ja **	* wel waterlopen ** alleen experimenteel
	VP: Molenpolder	nee	ja	nee	nee *	nee	nee	nee	* wel waterlopen
	VP: Tienhoven	?	?	?	?	?	?	?	
	Botshol	?	?	?	?	?	?	?	
Gel	Binnenveld (Ben. Meent)	nee	ja	nee	nee *	nee	nee	nee **	* wel waterlopen ** wel lokale inundatie
Bra	Langstraat	nee	ja	ja	nee *	nee	nee **	nee	* wel waterlopen ** jaarlijks veenmos maaien

Plaggen wordt relatief veel toegepast in vegetatiegroep 5 (eutroof trilveen) en vegetatiegroep 4 (basenarm overgangsveen/verzuurd trilveen), maar ook in vegetatiegroep 3 (basenarm veenmosrietland) en vegetatiegroep 1 (zuur veenmosrietland). Plaggen leidt tot de afvoer van een (eventueel voedselrijke) toplaag van de kraggebodem, en zet hiermee de vegetatie terug in het pionier stadium. Het doel is hierbij om de successie terug te zetten in de ontwikkeling door het creëren van nutriënt-armere condities in de bodem en een open vegetatie, met een relatief hogere waterstand. Dit wordt in vrij veel laagveengebieden als beheermaatregel toegepast (tabel 5.1).

Greppels komen zowel voor in (verzuurde) trilveen- (vegetatiegroepen 4, 5 en 6) als veenmosrietlandvegetaties (vegetatiegroep 1 en 3) in Nederland, en hebben meestal vooral een afvoerende functie van overtollig (regen)water. Als afvoerfunctie kan het water in de greppels worden belast met o.a. hoge P-concentraties door bijv. uitspoeling uit veenmosrietlanden, waar op gelet dient te worden wanneer dit water elders in het gebied terecht komt. In sommige situaties kunnen greppels tevens dienen als een aanvoerfunctie van oppervlaktewater, waarbij vaak al rekening wordt gehouden met de aanwezige nutriëntenconcentraties. Dan wordt het aanvoerwater via een lange aanlooproute geleid, zodat er nutriëntenarm maar kationenrijk water wordt aangevoerd ten behoeve van trilveenvegetaties. Hierbij moet echter wel worden opgelet dat het aanvoerwater inderdaad rijk blijft aan kationen, omdat in de haarvaten van een systeem veelal lagere Ca concentraties worden gemeten (**Cusell et al., 2015**). Lokale bevloeiing, of andere maatregelen om de hydrologie te verbeteren zoals incidentele lokale inundatie, het verhogen van (grond)waterpeilen of het isoleren van peilvakken om meer regenwater vast te houden wordt vooral toegepast in de vegetatiegroepen 4, 5 en 6 (figuur 5.1). Dit zijn echter vaak maatregelen die zeer lokaal worden toegepast, en de effecten ervan zijn afhankelijk van diverse factoren die in de volgende paragraaf zullen worden besproken.

Bekalken en veenmos trekken om de successie te vertragen zijn beide maatregelen die nauwelijks tot niet worden toegepast in de veengebieden. Het strooien van kalkkorrels ter bestrijding van haarmosdominantie wordt in sommige gebieden wel in zure vegetaties

uitgevoerd. Veenmos trekken is in het Ilperveld eenmalig (incidenteel) uitgevoerd, en er wordt in Botshol commercieel getrokken. In de Langstraat wordt veenmos jaarlijks gemaaid. Door deze beperkte toepassing is er ook weinig te zeggen over de effecten van deze maatregelen, behalve wat er bekend is uit de literatuur.



Figuur 5.1. Overzicht van beheersmaatregelen (plaggen, begreppelen of waar hydrologische maatregelen plaatsvinden) die zijn toegepast in de onderscheiden vegetatiegroepen in dit onderzoek. Groep 1 (n=42): verzuurd veenmosrietland; Groep 2 (n=13): verzuurd overgangsveen; Groep 3 (n=21): basenarm veenmosrietland; Groep 4 (n=12): basenarm overgangsveen; Groep 5 (n=5): eutroof trilveen; Groep 6 (n=17): mesotroof trilveen. Het percentage (y-as) geeft aan bij hoeveel van de locaties per groep het beheer wordt toegepast (dus bij 100% wordt de maatregel toegepast bij alle locaties (n) in de desbetreffende groep).

Figure 5.1. Overview of different management strategies (top soil removal, creating trenches, hydrological measures) that are used in the distinguished vegetation groups in this study. Group 1 (n=42): acidified poor fen; Group 2 (n=13): acidified transitional fen; Group 3 (n=21): poor fen; Group 4 (n=12): base-poor transitional fen; Group 5 (n=5): eutrophic rich fen; Group 6 (n=17): mesotrophic rich fen. The percentage (y-axis) shows in how many locations of the group this measure is used (so 100% means that a measure is used in all locations of that specific group)

5.5 Resultaten: Literatuur & analyses beheer

5.5.1 Noodzaak en toepassing van beheermaatregelen

Vanwege de voortgaande, en tegenwoordig vaak versnelde, successie van trilveen en soortenrijke veenmosrietlanden naar verdroogde en soortenarme veenmosrietland of bos, worden deze soortenrijke en bijzondere vegetaties ernstig bedreigd. Zaken als een veranderd landgebruik in de omgeving en drainage hebben een grote negatieve invloed op trilvenen en veenmosrietlanden. **Lamers et al. (2015)** tonen aan dat die invloed zich op verschillende schaalniveaus in het landschap uit. Het gaat daarbij niet alleen om veranderingen in het hydrologische systeem en een veranderende waterkwaliteit, maar ook om zaken als fragmentatie en het gebrek aan verbindend vermogen in het landschap waardoor soorten geïsoleerd raken en nieuwe plekken niet meer kunnen bereiken. In een review toonden **Lamers et al. (2015)** aan dat voor het behoud en herstel van trilvenen (en belangrijke ecosysteemdiensten) het belangrijk is om systeemkennis te hebben van verschillende schaalniveaus in het landschap. **Schrautzer et al. (2013)** waarschuwen dan ook voor een tegenvallend succes van herstelmaatregelen indien het systeem en de reden van achteruitgang onvoldoende begrepen wordt.

Een belangrijk fenomeen in die systeemkennis is bijvoorbeeld inzicht in het type van nutriëntenlimitatie voor de groei en daarmee de respons op verhoogde input van nutriënten, bijvoorbeeld als gevolg van N-depositie. **Cusell et al. (2014)** tonen aan dat de aard van een trilveen binnen het hydrologisch systeem bepalend is voor wat de groei limiteert. Die aard kan drijvend, overstromend of niet-drijvend zijn. Dit inzicht is belangrijk omdat daarmee beter voorspeld kan worden wat de respons zal zijn wanneer de beschikbaarheid van een bepaald nutriënt in het hydrologisch systeem toeneemt. Met dit inzicht kan vervolgens een gerichtere keuze gemaakt worden voor herstelmaatregelen, zelfs nog voordat de verhoogde beschikbaarheid daadwerkelijk heeft geleid tot een versnelde successie. Dit inzicht hangt mede samen met de landschappelijke positie en hydrologie – dus het grotere systeem – waarin het trilveen of veenmosrietland ligt. Deze regionale component dient zeer goed bekend te zijn voordat men gaat sturen op nutriëntbeschikbaarheden.

Hieronder wordt ingegaan op de kennis die op dit moment bekend is over verschillende maatregelen waarmee de kwaliteit van trilvenen en veenmosrietlanden in potentie behouden of verbeterd kan worden. Hierbij dient er altijd rekening mee gehouden te worden dat het effect van een bepaalde maatregel zal verschillen per situatie en dat de werkelijke effectiviteit alleen bepaald kan worden als men het functioneren (zowel biogeochemisch als ecohydrologisch) van het gebied echt goed begrijpt.

5.5.2 Maaibeheer

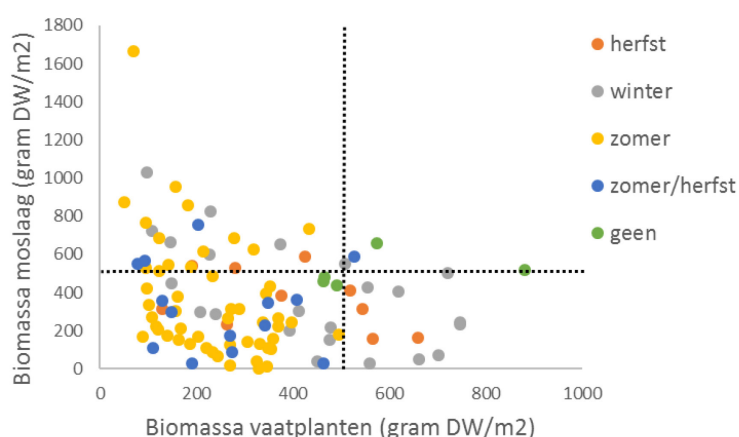
Veelal wordt maaibeheer niet slechts in de zomer- of winterperiode toegepast, maar is dit verder onderverdeeld in diverse perioden van maaien (zoals bijvoorbeeld herfstmaaien). Gebaseerd op de verkregen data van beheerders is in deze paragraaf onderscheidt gemaakt in 5 perioden van maaibeheer in de overgangs- en trilvenen in Nederland, om de effecten van het tijdstip van maaien beter te kunnen beoordelen. De indeling in perioden van maaibeheer is als volgt: Wintermaaien loopt van december t/m april, Zomermaaien van juli t/m september (en 1x in mei), Zomer/Herfstmaaien is de periode van augustus t/m oktober, Herfstmaaien van oktober t/m november, en tot slot was er soms geen maaibeheer. Zowel de goede als matige trilveenvegetaties (vegetatiegroepen 5 en 6) zitten in het zomermaaien en zomer/herfstmaaien beheer, maar dit maaibeheer wordt ook toegepast bij de zuurdere overgangsveen vegetaties (dus over hele gradient van basenrijke – basenarme vegetaties). Daarentegen wordt herfst- en wintermaaien vooral toegepast bij de basische veenmosrietlanden en nutriëntrijkere vegetaties (vegetatiegroep 3) (tabel 5.2).

Tabel 5.2. Overzicht van het maaibeheer dat wordt toegepast op de onderzochte locaties, ingedeeld per vegetatiegroep zoals onderscheiden in dit onderzoek. Groep 1 (n=42): verzuurd veenmosrietland; Groep 2 (n=13): verzuurd overgangsveen; Groep 3 (n=21): basenarm veenmosrietland; Groep 4 (n=12): basenarm overgangsveen; Groep 5 (n=5): eutroof trilveen; Groep 6 (n=17): mesotroof trilveen. De indeling van het maaibeheer is als volgt: Herfst = okt-nov, Winter = dec-apr, Zomer = jul-sep (1x mei), Zomer/Herfst = aug-okt, Geen = geen maaibeheer.

Table 5.2. Overview of the mowing regime that is used in the study sites, subdivided in the different vegetation groups. Group 1 (n=42): acidified poor fen; Group 2 (n=13): acidified transitional fen; Group 3 (n=21): poor fen; Group 4 (n=12): base-poor transitional fen; Group 5 (n=5): eutrophic rich fen; Group 6 (n=17): mesotrophic rich fen. The different mowing regimes are: Fall (Herfst) = oct-nov, Winter = dec-apr, Summer (Zomer) = jul-sep (1x May), Summer/Fall (Zomer/Herfst) = aug-oct, None (geen) = no mowing regime.

Maaibeheer	Groep 1	Groep 2	Groep 3	Groep 4	Groep 5	Groep 6
herfst	7	0	3	0	0	0
winter	10	1	12	0	0	0
zomer	10	11	2	10	4	14
zomer/herfst	7	1	2	2	1	1
geen	4	0	1	0	0	0

Een goed maaibeheer op de juiste momenten kan zorgen voor voldoende openheid van de vegetatie, waardoor de moslaag meer ruimte en licht krijgt om te ontwikkelen. Wanneer we kijken naar de timing van het maaien is te zien dat zomermaaien gepaard gaat met een vaatplantenbiomassa die onder 500 gram/m² blijft, en een toename van mossenbiomassa (figuur 5.2). Een vaatplanten biomassaproductie van meer dan 500 gram/m² lijkt bovendien een belangrijke oorzaak voor het verdwijnen en/of gebrek aan voorkomen van Rode Lijst soorten in wetlands (**Olde Venterink et al., 2003**). Zomermaaien leidt dus tot een lage tot middelhoge productiviteit van vaatplanten, en heeft daarmee ook nog een gunstige invloed op de biodiversiteit. Hoe later er in het seizoen wordt gemaaid, hoe meer de verhouding verschuift naar meer biomassa van vaatplanten, ten koste van de mosbiomassa.



Figuur 5.2. De relatie tussen de biomassa van de vaatplanten en de mossen, onderverdeeld in de verschillende perioden van maaibeheer.

Figure 5.2. Relation between vascular plant biomass and moss biomass subdivided by different mowing regimes.

Bij zomermaaien en zomer/herfstmaaien worden er relatief meer nutriënten afgevoerd via het verwijderen van de biomassa aan het einde van het groeiseizoen, wanneer alle nutriënten nog in de bovengrondse delen van de plant aanwezig zijn. Als de gemaaide biomassa uit het systeem wordt afgevoerd kan dit leiden tot verschraling en nutriënt-armere condities. De significant lagere N-, P- en K-gehalten in de vaatplanten van vegetaties die in zomer- of zomer/herfstmaai-beheer zitten, en de significant lagere P-concentraties op 50 cm diepte in het bodemvocht, bevestigen de hypothese dat er verschraling in de bodem plaatsvindt met maaibeheer aan het einde van het groeiseizoen (tabel 5.3). Bij een lage aanvoer van K in het oppervlaktewater lijkt er in trilvenen echter een verschuiving van P-naar K-limitatie plaats te vinden (groep 5; zie paragraaf 4.5.2), wat dus lijkt te leiden tot een afname van de biotische kwaliteit in trilvenen. Dit is een ongunstige ontwikkeling voor het behoud van trilvenen, wat door zomermaaien extra versterkt kan worden en waar rekening mee gehouden dient te worden. In trilvenen dient verschraling gericht te zijn op P-limitatie, niet K-limitatie. Dit is te realiseren door de K-beschikbaarheid en concentraties in deze systemen hoger te houden dan die van P. Voorgaand onderzoek laat zien dat zomermaaien op lange termijn inderdaad niet in staat lijkt de overgang van trilveen richting overgangsvennen tegen te gaan, maar wel leidt tot een goed ontwikkelde moslaag met *Sphagnum* soorten en toename van de biodiversiteit inclusief Rode Lijst soorten (**van Diggelen et al., 2015**). Door laat in het herfstseizoen of in de winterperiode te maaien worden minder nutriënten afgevoerd omdat de vegetatie al veel nutriënten heeft teruggetrokken uit de bovengrondse biomassa tijdens het maaien. Daarmee kan winter of herfstmaaien de nutriëntrijkere condities in stand houden of zelfs stimuleren (door mineralisatie), en is het vermoedelijk geen beheermaatregel die zal leiden tot verschraling van het systeem.

Tabel 5.3. De gemiddelde (GEM) hoeveelheid aan voedingsstoffen (N, P, K) die aanwezig is in de vaatplanten en in de bodem gedurende het groeiseizoen, verdeeld in groepen van maaibeheer (periode van maaien). De gele kleuren geven significante verschillen aan met de vakjes zonder kleur.

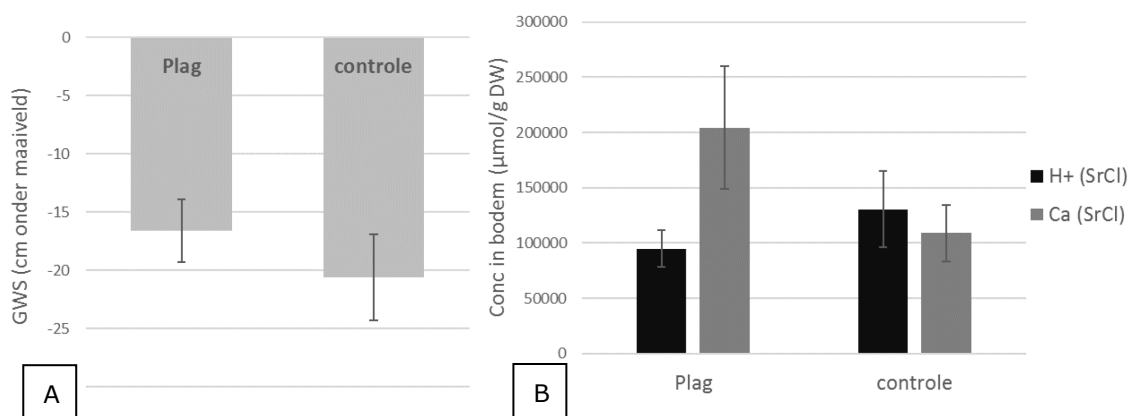
Table 5.3. The average amount of nutrients (N, P, K) that are present in vascular plants and in the top soil during the growth season, subdivided in different mowing regimes. De gele kleuren show significant differences.

		Vaatplant	Vaatplant	Vaatplant	50cm	50cm	50cm	50cm
		mmol/m ²	mmol/m ²	mmol/m ²	μmol/L	μmol/L	μmol/L	μmol/L
		N	P	K	NO ₃	NH ₄	P	K
GEM	zomer	208,0	6,5	44,5	1,2	6,3	1,3	31,5
GEM	zomer/herfst	212,0	5,6	49,2	1,2	45,9	1,1	30,7
GEM	herfst	338,6	11,5	91,5	0,6	6,4	1,4	50,4
GEM	winter	364,3	13,0	98,8	1,1	5,9	2,0	64,2
GEM	geen	483,6	19,0	133,2	0,6	5,2	3,1	28,2

5.5.3 Plaggen toplaag (kragge)bodem

In drijvende systemen kan de indringing van basenrijk water van onder de kragge tot in de wortelzone en op maaiveld worden versterkt door in gedegradeerde trilvenen en veenmosrietlanden de verzuurde (en meer voedselrijke) toplaag van de bodem te verwijderen (plaggen) en daarmee de weerstand tegen capillaire opstijging te verminderen. In dit onderzoek zijn een 10-tal geplagde locaties (tijdstip van plaggen is hierin variabel tussen 1-10 jaar geleden) vergeleken met controle locaties die goed vergelijkbaar waren (bijvoorbeeld gespaarde delen van hetzelfde perceel of een aangrenzend perceel in hetzelfde gebied; tabel 5.4). Uit deze resultaten lijkt plaggen te leiden tot iets hogere grondwaterstanden (niet significant; figuur 5.3A), wat waarschijnlijk komt omdat het maaiveld 5-10 cm lager komt te liggen bij niet-drijvende veenbodems die worden geplagd. De hoeveelheid gebonden protonen (H⁺) aan het bodemadsorptiecomplex blijft gelijk, terwijl het aandeel Ca aan het adsorptiecomplex wat lijkt toe te nemen na plaggen (niet significant; figuur 5.3B).

De relatief nattere condities hebben zeer waarschijnlijk bijgedragen aan de beter gebufferde condities in de toplaag van de bodem na plaggen. Er werden echter geen lagere nutriëntconcentraties in de bodem of in het bodemvocht gemeten, en ook bodemeigenschappen zoals de dichtheid of het organische stofgehalte veranderden niet na plaggen (data niet weergegeven). Dit komt mogelijk omdat het merendeel van de locaties die zijn geplagd nog niet heel sterk waren gedegradeerd, waardoor er ook geen enorme ophoping van P in de toplaag heeft plaatsgevonden, en veenbodems van nature al relatief arm aan nutriënten zijn.



Figuur 5.3. De gemiddelde grondwaterstand (figuur A) en concentraties van H^+ en Ca die gebonden zijn aan het bodemadsorptiecomplex (figuur B) in geplagde en niet-geplagde (controle) locaties van Nederlandse overgangs- en trilvenen.

Figure 5.3. Average groundwater tables (A) and concentrations of H^+ and Ca that are bound to the soil adsorption complex (B) in locations with (plag) and without (control) top soil removal in Dutch fens.

Als er wordt gekeken binnen welke vegetatiegroepen de geplagde locaties voorkomen t.o.v. de controle locaties, zijn er 6 geplagde locaties in dezelfde groep gebleven, 2 locaties in zuurdere vegetatiegroepen terecht gekomen en 2 locaties in basenrijkere groepen terecht gekomen. Hierbij moet worden opgemerkt dat de locaties die gelijk zijn gebleven in kwaliteit de locaties zijn die vaak of meer dan 10 jaar geleden zijn geplagd, of juist relatief kort (1-2 jaar) geleden. Om de plageffecten op de kwaliteit van de vegetatie goed in te kunnen schatten is het tijdstip van plaggen dus een cruciale factor. **Emsens et al. (2015)** tonen in een vergelijkend onderzoek in zes gedegradeerde trilvenen, die 3 tot 18 jaar daarvoor geplagd waren, aan dat plaggen leidde tot herstel van een voedselarme en basenrijke bodem. Dit leidde tot voldoende licht doordringing en behoud van trilveenvegetaties. Dit kan alleen in systemen waar zich onder de kragge basenrijk (grond)water bevindt. Indien dit laatste aanwezig is, kan plaggen dus een goede herstelstrategie zijn. Ook schrapen (verwijdering van organisch materiaal) lijkt in sommige gebieden te voldoen om de stagnatie van regenwater te verminderen, maar bij deze maatregel wordt niet de nutriëntrijke toplaag verwijderd. Wel lijkt de reset van de vegetatie naar een pionier stadium een gunstig effect te hebben op trilveensoorten, mits de aanvoer van basen voldoende is (**Backx & van Diggelen, 2010**).

Cirkel et al. (2014) tonen aan dat onder deze voorwaarde (zolang er kwel optreedt van basenrijk water) basenrijke veensystemen een zekere robuustheid hebben voor de negatieve effecten van vermisting (van het grondwater) en pyrietoxidatie van de veenbodem. Plaggen van drijvende veensystemen heeft alleen een (langdurig) positief effect indien de kweldruk voldoende is om (grond)water tot in de wortelzone te brengen en wanneer dit water basenrijk en (matig) voedselarm is. Bij zodanig kleinschalige plagwerkzaamheden dat de kragge niet op gaat drijven en er geen overstroming plaatsvindt, zijn de resultaten minder hoopgevend omdat dit kan leiden tot een situatie waarin zich gemakkelijk een neerslaglens vormt en het systeem juist verder kan verzuren. Bij kleinschalige plagwerkzaamheden in

niet-drijvende systemen is het van belang dat het hydrologisch systeem zodanig is ingericht dat het veen kan overstromen. De kwaliteit van het oppervlaktewater is natuurlijk bepalend voor de mate van succes van het herstel. Veelal blijken positieve effecten van relatief kortdurende aard.

Tabel 5.4. Aantal geplagde (n=10) en niet-geplagde (n=10) locaties die zijn meegenomen in dit onderzoek, verdeeld over de in dit onderzoek onderscheiden vegetatiegroepen.

Table 5.4. Locations with (geplagd; n=10) and without (controle; n=10) top soil removal that were included in this study, subdivided in the distinguished vegetation groups.

Veg. Groep	Geplagd	Controle
1	6	6
2	0	1
3	1	2
4	3	0
5	0	0
6	0	1

5.5.4 Inundatie met basenrijk water & begreppelen

Naarmate de kragge dikker wordt, neemt de doordringing van de wortelzone af voor basenrijk water dat zich onder de kragge bevindt. Op dat moment ontwikkelt de trilveenvegetatie zich als gevolg van successie tot een basenarm veenmosrietland of tot verder verzuurde vegetaties. Af en toe optredende inundaties als gevolg van hogere waterstanden met basenrijk water vanuit de aanliggende sloot kunnen dan leiden tot langduriger behoud en zelfs hervestiging van typische trilveenmossen (**Kooijman et al., 2016**). Dit positieve effect wordt ook gevonden door **Hedberg et al. (2012)**. Het belang van aanvoer van basenrijk oppervlaktewater tot aan/op het maaiveld is daarmee aangetoond.

Cusell et al. (2015) tonen aan dat (zelfs kortdurende) inundatie (door peilopzet) in de zomerperiode met basenrijk oppervlaktewater leidt tot herstel van het zuurneutraliserend vermogen van de bodem en daarmee het behoud van de preferente standplaats van typische trilveenmossen. Kortdurende inundatie in de winterperiode had dit effect niet, doordat de bodem dan (neerslag)verzadigd is. In drijvende systemen wordt inundatie voorkomen omdat de kragge meebeweegt met het peil. Een dynamischer seizoensmatig peilbeheer lijkt daarmee dus een goede herstelstrategie, mits de waterkwaliteit op orde is (herstel van de regionale hydrologie) en het trilveen ook daadwerkelijk overstroomd kan worden. Mogelijk dat ook langdurige winterinundatie met basenrijk water succesvol kan zijn wanneer de duur voldoende lang is om de neerslag in de bodem te vervangen door het inundatiewater. De aanvangswaarde van de basenrijkdom in het inundatiewater moet dan echter wel hoog zijn omdat er verdunning op zal treden (eindconcentratie na verdunning: $\text{Ca} > 2000 \mu\text{mol/l}$ en $\text{HCO}_3 > 4000 \mu\text{mol/l}$). Dergelijke langdurige winterinundaties zijn echter nog niet op veldschaal getest.

Het lijkt er wel op dat kortdurende zomerinundatie van niet-drijvende trilvenen (door peilopzet) met basenrijk oppervlaktewater alleen tot herstel van het zuurneutraliserend vermogen van de bodem (en daarmee het behoud van de preferente standplaats van typische trilveenmossen) leidt op locaties waar nog niet uitgebreid veenmossen zijn gevestigd (**Mettrop et al., 2015b; Cusell et al. 2015**). Het adsorptiecomplex moet hier namelijk eerst opgevuld worden met basen voordat de gewenste pH-buffering kan ontstaan. Op theoretische gronden hebben **Achenbach et al. (2016)** aangetoond dat dit enkele tot tientallen jaren kan duren in afhankelijkheid van het bodemtype, de verzuringsgraad van de bodem en de basenrijkdom van het inundatiewater. In een lopend OBN-onderzoek wordt dan

ook bepaald hoe effectief de maatregel actief bevoelen kan zijn voor verzurende trilvenen en veenmosrietlanden.

Kortdurende zomerinundatie van veenmosrietlanden kan overigens wel bijdragen aan het behoud van een lage P-beschikbaarheid, mits het inundatiewater calciumrijk ($>2000 \mu\text{mol/l}$) is, en daarmee tot een langduriger behoud van de eerste stadia ervan omdat verzuring en verrijking wordt geremd. Ook voor veenmosrietlanden kan een dynamisch (seizoensmatig) peilbeheer bijdragen aan behoud, mits het inundatiewater niet voedselrijk (en liefst basenrijk) is. Door de (periodieke) aanvoer van basenrijk (oppervlakte)water kan het kationuitwisseling-mechanisme in zowel bodem als in mossen worden opgeladen met kationen in plaats van protonen. Atmosferische N-depositie kan, los van het direct verzurende effect op de veenbodem, ook extra verzuring stimuleren via het zuuruitwisselingsmechanisme in veenmossoorten. Dit is per veenmossoort echter weer verschillend; de langzamer groeiende veenmos *Sphagnum subnitens* heeft een lagere verzuringscapaciteit via het kationuitwisselingmechanisme dan *S. squarrosum* and *S. fallax* (**Kooijman, 2012**). Andere mossoorten uit basische milieus, zoals bijvoorbeeld *Scorpidium scorpioides* (*Rood schorpioenmos*), hebben dit kationuitwisselingmechanisme ook, maar deze zijn vooral gebonden met basische kationen zoals Ca en werken dus eerder bufferend (**Brown, 1982; Soudzilovskaia et al., 2010; Kooijman, 2012**), wat gunstig kan zijn bij een hogere N-depositie. Hiermee kan het verzuringseffect van de hoge N-depositie (deels) worden tegengegaan.

De aanleg van greppels (begreppelen) kan in sommige situaties bijdragen aan de aanvoer van oppervlaktewater om infiltratie of inundatie te bevorderen, al dan niet in combinatie met plaggen. Uit onderzoek van **Beltman et al. (2001)** blijkt dat dit vaak slechts op een smalle zone effect heeft omdat de doordringbaarheid van veel venen niet hoog is. Mogelijk kan het frezen van de grond helpen bij herstel, doordat de toplaag van de (kragge)bodem beter doordringbaar wordt voor oppervlaktewater. Dit wordt in het veld ook wel waargenomen bij lokale verlaging of scheuren in de wortelmat (vaak als gevolg van werkzaamheden), die insijpeling van oppervlaktewater bevorderen en waar gewenste doelsoorten (tijdelijk) verschijnen. Het opzetten van waterpeilen kan echter ook leiden tot veranderingen in de lokale hydrologie van een perceel, waar vantevoren rekening mee gehouden dient te worden. Zo kan in een kwel-situatie de greppel juist leiden tot versnelde afvoer van het grondwater, en werkt het juist nadelig omdat er drooglegging mee wordt veroorzaakt.

Aggenbach et al. (2013) wijzen juist op een fenomeen dat zich voor kan doen op bodemniveau en dat bepalend kan zijn voor het herstel van gedegradeerde trilvenen. Sterk gedraineerde en daarmee meer of minder verdroogde venen vertonen verhoogde ijzerwaarden en daarmee samenhangende verhoogde fosfaatwaarden en lagere calcium-, magnesium- en sulfaatwaarden en een lagere pH (o.a. **Mettrop et al., 2015a**). Dit kan leiden tot onomkeerbare bodemchemische karakteristieken, ook na vernatting. En wel zodanig dat deze venen eerder een bron van koolstof en nutriënten blijft dan dat het weer een sink wordt (**Emsens et al. 2016**). Wanneer vernatting op grote schaal wordt toegepast in een gebied, moet er tevens rekening mee gehouden worden dat dit de nutriëntenrijkdom in het oppervlaktewater juist kan bevorderen door afspoelend inundatiewater uit (voormalig) gedraineerde venen. In venen met lage ijzerwaarden lijkt de kans op herstel na vernatting groter, zoals wordt aangetoond door **Aggenbach et al. (2013), Mettrop et al. (2015)** en **Emsens et al. (2016)**. Plaggen van gedraineerde trilvenen, alvorens vernatting, kan hierbij mogelijk een optie zijn.

In het verlengde hiervan kan gesteld worden dat in venen met hoge ijzerwaarden de kans op herstel alleen aanwezig is indien het water waarmee vernat wordt, hoge tot zeer hoge concentraties calcium en magnesium heeft om de buffercapaciteit te herstellen en het vrijgekomen fosfaat te binden. **Mettrop et al. (2015a)** wijzen eveneens op het belang van een hoge calciumwaarde in de te vernatten bodem, of een hoge calciumwaarde in het inundatiewater, zeker wanneer het inundatiewater verhoogde fosfaatwaarden ($>1 \mu\text{mol/l}$)

kent. Waterstandverlaging in trilvenen met een ijzerrijke bodem dient te worden vermeden. Ook in trilvenen met een kalkrijke bodem dient dit te worden vermeden in verband met de kans op een verhoogde stikstofmineralisatie.

5.5.5 Bekalken

Waar deze waterkwaliteit afwezig is en herstel van het hydrologische systeem niet mogelijk is of onvoldoende soelaas biedt, zou bekalken een alternatieve methode kunnen zijn om de noodzakelijk basenrijkdom te herstellen c.q. te behouden. **Van Diggelen et al. (2015)** tonen echter aan dat dit alleen op de korte termijn leidde tot verbetering van de trilveencondities en niet tot een bestendig herstel, omdat hervestiging en dominantie van veenmossen het herstel van de trilveenvegetatie voorkwam. Eenmaal gevestigd blijken veenmossen – ook onder meer trilveencondities – competitiekrachtiger te zijn dan trilveenmossen c.q. –vegetaties. Iets wat ook in een competitie-experiment aangetoond wordt door **Udd et al. (2016)**. Bekalken als eigenstandige maatregel lijkt dus geen alternatief voor de aanvoer van basen vanuit het watersysteem en daarmee behoudt van de standplaats van een trilveenvegetatie. Mogelijk dat bekalken zelfs leidt tot een hogere beschikbaarheid van nutriënten door een versnelde afbraak.

5.5.6 Veenmos trekken

In het herstelstrategieën-document wordt de hypothese geformuleerd dat veenmostrekken een positieve maatregel kan zijn voor herstel c.q. behoud van veenmostrietland. Met het trekken van veenmossen moet echter niet te vroeg in de successie begonnen worden. Uit competitie-experimenten met mossen blijkt dat veenmossen meer competitief zijn dan trilveenmossen en dat trekken juist resulteert in versnelde groei (**Udd et al., 2016**). Zolang er dus sprake is van een trilveenvegetatie, kunnen de gevestigde veenmossen beter met rust gelaten worden. Onderzoek door **Vicherova et al. (2015)** toont aan dat het competitieve succes van veenmossen van vroegere successiestadia over trilveenmossen (ook) onder basenrijke condities wordt gestimuleerd door een hogere beschikbaarheid van kalium. Een hogere beschikbaarheid van kalium zou dus kunnen leiden tot een versnelde successie naar veenmosgedomineerde systemen van meer zure condities.

6 Zijn er verschillen in de successie?

6.1 Samenvatting

In dit hoofdstuk is aan de hand van vegetatiekaarten onderzocht uit welke vegetaties de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge en de Associatie Veenmosrietland zijn ontstaan, en waarin deze Associaties zich hebben ontwikkeld. In deze analyse is uitgegaan van de syntaxonomische eenheden volgens de typologie van Staatsbosbeheer (**Schipper, 2002**), zie SynBioSys (**Hennekens et al., 2001**). Dit is geanalyseerd in twee gebieden: de Rottige Meenthe en de Nieuwkoopse Plassen. De resultaten van deze analyse zijn beschreven in sectie 5.4. De verspreiding van de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge in de beide gebieden is op kaart weergegeven in de figuren 6.7 t/m 6.8. De belangrijkste vegetatieontwikkelingen zijn per gebied in successieschema's samengevat in de figuren 6.12 en 6.13. De analyse leidt tot verschillende conclusies voor de beide gebieden. De vegetatieontwikkelingen zijn gerelateerd aan het gevoerde maaibeheer en de stikstofdepositie in sectie 6.6. Deze relaties zijn samengevat in de figuren 6.14 t/m 6.18.

6.1.1 Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge

Nieuwkoopse Plassen

In de Nieuwkoopse Plassen wist de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge in deelgebied De Haak geen stand te houden in de periode 1996/97 – 2009, ondanks verschillende beheeringrepen om de achteruitgang te stoppen. Waardoor deze vegetatie hier is verdwenen, is onduidelijk. In deelgebied de Centrale Zudden is de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge dezelfde periode nieuw ontstaan. Dit is echter alleen opgetreden op percelen waar rietlanden en matig voedselrijke graslanden zijn geplagd rond de eeuwwisseling. Dat deze ontwikkeling alleen is waargenomen in de Centrale Zudden, suggereert dat de oppervlaktewaterkwaliteit van belang is: binnen de Nieuwkoopse Plassen is dit het deelgebied met de beste oppervlaktewaterkwaliteit (mond. med. M. van Schie, Natuurmonumenten). Verder is het waarschijnlijk dat de maaiveldverlaging door het plaggen de invloed van basenhoudend grondwater heeft vergroot. Tijdens een veldbezoek in november 2016 bleek Rood schorpioenmos (*Scorpidium scorpioides*) nog volop aanwezig te zijn op de nieuwe groeiplaatsen. Of de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge op deze nieuwe groeiplaatsen stand weet te houden, zal moeten blijken uit de volgende vegetatiekartering.

Rottige Meenthe

In de Rottige Meenthe blijkt de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge zich sinds 1993 te hebben uitgebreid, vooral in de 'kern' van het gebied. De Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge is hier vooral ontstaan uit de Associatie Veenmosrietland subassociatie van Pijpenstrootje (vermoedelijk onder invloed van vernatting), en in mindere mate uit vegetaties van de Riet-klassen. De Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge heeft op een aantal plaatsen standgehouden in de periode 2001 – 2013, zodat deze groeiplaatsen tenminste 12 jaar oud zijn. Dit zijn gunstige ontwikkelingen. Ook in de Rottige Meenthe zijn deze ontwikkelingen een gevolg van ingrepen in het systeem. Vanaf 1996 is het waterpeil in de Rottige Meenthe fors omhoog gegaan (lokaal tot 1,5 m) en is een oppervlaktewatersysteem met lange aanvoerwegen gecreëerd, waardoor de waterkwaliteit is verbeterd. Deze maatregelen hebben juist in de kern van het gebied geleid tot verbetering van de waterkwaliteit. Bovendien is hier waarschijnlijk sprake van zogenaamde 'polderkwel': ondergrondse toestroom van water uit het naastgelegen peilvak met een hoger waterpeil.

6.1.2 Associatie Veenmosrietland

Nieuwkoopse Plassen

Bij de Associatie Veenmosrietland zien we vergelijkbare verschillen tussen beide onderzochte gebieden. In de Nieuwkoopse Plassen komt de typische vorm van de Associatie Veenmosrietland maar weinig voor. Het merendeel van de in 1996/97 aanwezige typische subassociatie heeft zich in 2007/09 ontwikkeld tot de de in botanisch opzicht minder goed ontwikkelde subassociatie van Pijpenstrootje. In 2007/09 is de typische subassociatie beperkt tot de Centrale Zudden.

Het grootste deel van de Associatie Veenmosrietland bestaat uit de subassociatie van Pijpenstrootje. Deze heeft lokaal standgehouden in de periode 1996/97 – 2009, maar het merendeel heeft zich ontwikkeld tot de Rompgemeenschap Pijpenstrootje-Gewoon veenmos of tot andere rompgemeenschappen van de zure kleine zeggenvegetaties. Lokaal heeft de subassociatie van Pijpenstrootje zich ontwikkeld tot de typische vorm van het Veenmosrietland, wat een gunstige ontwikkeling is. Uit overleg met de beheerder blijkt echter dat dit vrijwel steeds het gevolg was van het doorfrozen van verdroogd Veenmosrietland. Verder valt op dat de typische vorm van het Veenmosrietland vrijwel uitsluitend voorkomt in de Centrale Zudden – waar ook de nieuwe groeiplaatsen van de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge liggen.

Rottige Meenthe

In de Rottige Meenthe is het Veenmosrietland in 1993 en 2001 alleen gekarteerd in de vorm van de licht verdroogde subassociatie van Pijpenstrootje. In 2013 is ook de typische vorm aangetroffen. In de periode 1993 – 2001 hield het overgrote deel (80%) van de subassociatie van Pijpenstrootje stand. In de periode 2001 – 2013 hield bijna de helft van de subassociatie van Pijpenstrootje stand, terwijl nog eens 16% zich ontwikkelde tot de typische subassociatie van het Veenmosrietland. Dat is een gunstige ontwikkeling. Verder heeft het Veenmosrietland in de Rottige Meenthe zich ontwikkeld tot verschillende (romp)gemeenschappen van de zuurminnende kleine zeggen, wat geen gunstige ontwikkeling is. Ook zijn minder veenmosrijke vegetaties van de Riet-klasse ontstaan, wat vermoedelijk het gevolg is van de vernatting in dit gebied.

Relatie met maaibeheer en stikstofdepositie

Er zijn hiermee dus duidelijke verschillen aangetroffen tussen de beide onderzochte gebieden. Zowel de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge als de Associatie Veenmosrietland lijkt zich beter te ontwikkelen in de Rottige Meenthe. Het is echter de vraag of deze het gevolg zijn van verschillen in stikstofdepositie, of dat ze het gevolg zijn van verschillen in beheer of andere gebiedskenmerken. Om dit te achterhalen is in sectie 6.6 de variatie in vegetatieontwikkelingen gerelateerd aan de stikstofdepositie en het gevoerde maaibeheer. Het toegepaste maaibeheer blijkt weinig te verschillen tussen beide gebieden. Het grootste verschil is dat in de Nieuwkoopse Plassen lokaal één of twee sneden worden gemaaid in de zomer, wat in de Rottige Meenthe vrijwel niet wordt toegepast. In beide gebieden blijken vrijwel alle aangetroffen vegetatieontwikkelingen voor te komen bij alle in het gebied aanwezige depositieniveaus. Hiermee lijkt de N-depositie dus niet de belangrijkste bepalende factor te zijn voor de ontwikkeling.

Het grootste verschil tussen de beide gebieden dat in deze analyse naar voren is gekomen, is de aard van incidentele ingrepen. In de Rottige Meenthe heeft peilopzet en verbetering van de kwaliteit van het inlaatwater het landschapsecologische systeem sterk verbeterd sinds 1996. In de Nieuwkoopse Plassen is de waterkwaliteit wel sterk verbeterd door de ingebruikname van een defosfateringsinstallatie, maar is weinig verbeterd aan de grondwatersituatie.

6.2 Opzet

In ArcGIS zijn vegetatiekaarten uit de afgelopen decennia over elkaar heen gelegd. Zo is bepaald uit welke vegetatietypen trilveen en veenmosrietland zijn ontstaan, en in welke vegetatietypen ze zijn veranderd. Deze analyse is uitgevoerd op twee Natura 2000-gebieden, te weten de Rottige Meenthe & Brandemeer en Nieuwkoopse Plassen & De Haeck. De analyse is uitgevoerd op het niveau van Associaties volgens de vegetatietypologie van Staatsbosbeheer (zie SynBioSys; **Hennekens et al., 2001**). Waar het beschikbare kaartmateriaal het toeliet is geanalyseerd op het niveau van subassociaties. Deze analyse is dus uitgevoerd op andere vegetatiekundige eenheden dan de clusters die zijn gebruikt in het standplaatsonderzoek!

De analyse is beperkt tot de best ontwikkelde vormen van het habitatype H7140 Overgangs- en trilvenen, te weten de vegetatietypen Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge (*Scorpidio-Caricetum diandrae*, onderdeel van H7140A) en het vegetatietype Veenmosrietland (*Pallavicinio-Sphagnetum*, onderdeel van H7140B). Door de focus op deze twee vegetatietypen geeft deze analyse geen inzicht in de ontwikkeling van het totale areaal van het habitatype Overgangs- en trilvenen.

Omdat werd verwacht dat vegetatiebeheer een grote invloed heeft op de vegetatieontwikkeling, zijn de ontwikkelingen gerelateerd aan het vegetatiebeheer dat in de betreffende percelen wordt gevoerd. Om ook eventuele effecten van stikstofdepositie in beeld te krijgen, zijn de ontwikkelingen tevens gerelateerd aan de door Aerius berekende stikstofdepositie in beide gebieden. De onderzoeksvragen zijn:

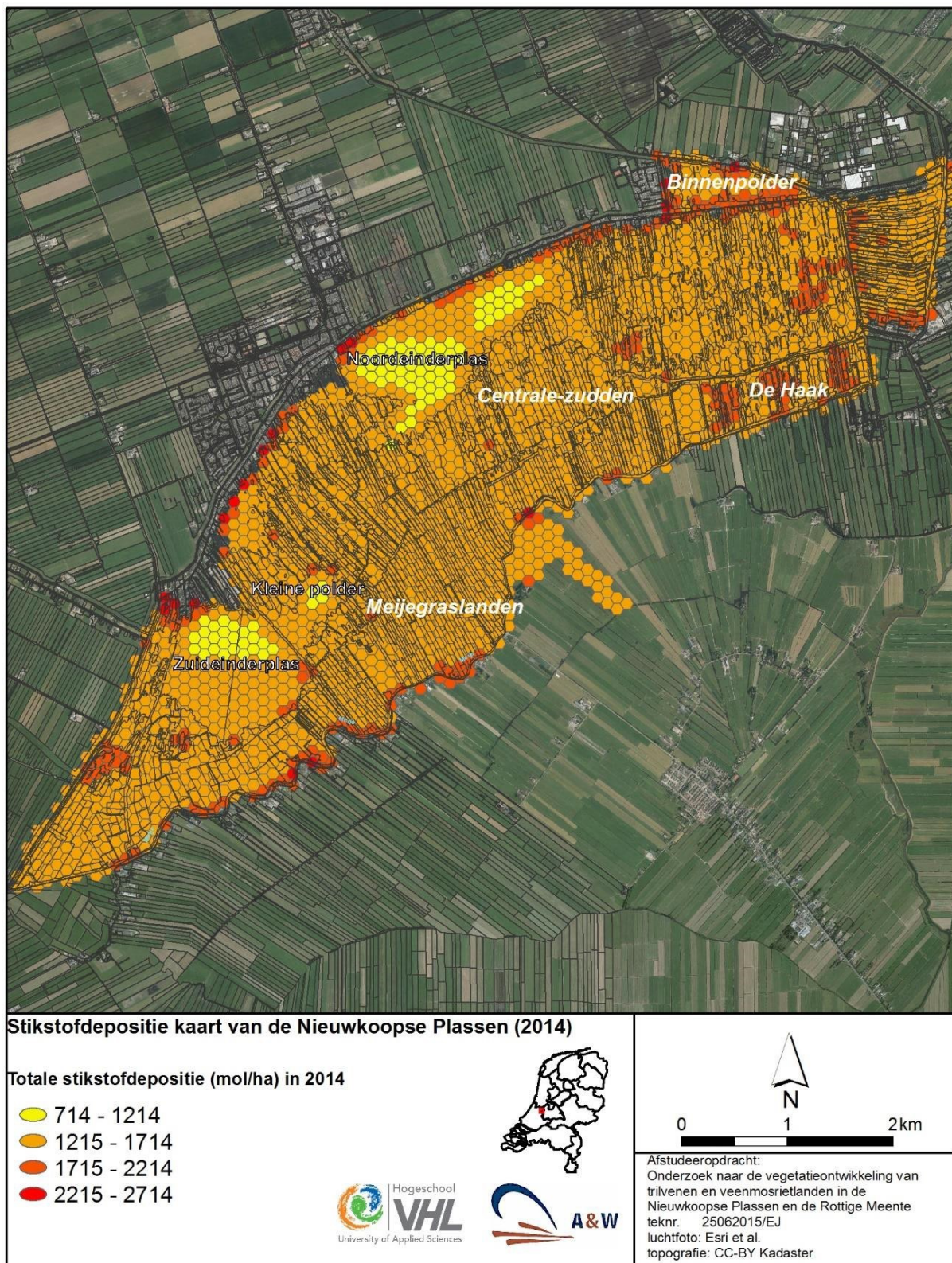
1. Uit welke vegetatietypen ontstaat de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge in beide gebieden?
2. Welke vegetatietypen ontstaan uit de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge in beide gebieden?
3. Uit welke vegetatietypen ontstaat de Associatie Veenmosrietland in beide gebieden?
4. Welke vegetatietypen ontstaan uit de Associatie Veenmosrietland in beide gebieden?
5. Verschillen deze vegetatieontwikkelingen tussen vormen van vegetatiebeheer?
6. Verschillen deze vegetatieontwikkelingen met de mate van stikstofdepositie?

In deze rapportage worden eerst de onderzochte gebieden en de gehanteerde methode beschreven. Daarna worden de hoofdlijnen van de successie weergegeven, zonder dit te relateren aan het gevoerde maaibeheer en de berekende stikstofdepositie. Vervolgens wordt de successie gerelateerd aan het maaibeheer en de stikstofdepositie, waarna de resultaten worden geïnterpreteerd.

6.3 Onderzochte gebieden

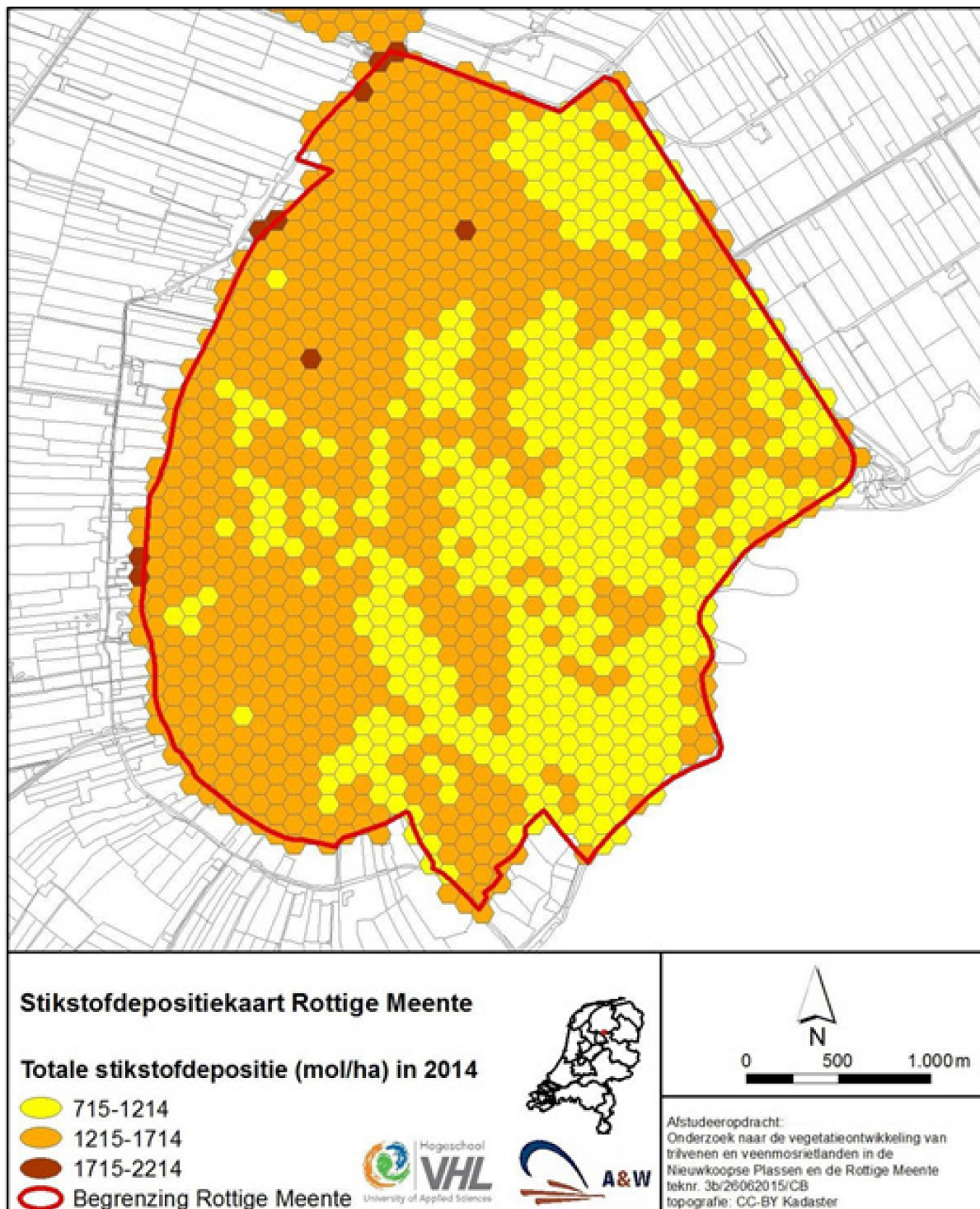
6.3.1 Gebiedskeuze

De analyse is uitgevoerd voor de Natura 2000-gebieden Rottige Meenthe & Brandemeer in Friesland en de Nieuwkoopse Plassen & De Haeck in Zuid-Holland. In het vervolg van dit hoofdstuk wordt naar deze gebieden verwezen als Rottige Meenthe, respectievelijk Nieuwkoopse Plassen.



Figuur 6.1. Door AERIUS berekende stikstofdepositie (mol/ha/jaar) in de Nieuwkoopse Plassen & De Haek in 2014.

Figure 6.1. N-deposition values (mol/ha/year) calculated by AERIUS for the Nieuwkoopse Plassen & De Haek in 2014.



Figuur 6.2. Door AERIUS berekende stikstofdepositie (mol/ha/jaar) in de Rottige Meente in 2014. De Brandemeer ligt ten noorden van het afgebeelde gebied.

Figure 6.2. N-deposition values (mol/ha/year) calculated by AERIUS for the Rottige Meente in 2014. The Brandemeer is located North of the shown area.

De keuze voor deze gebieden is gebaseerd op de vergelijkbaarheid van de ecosystemen, de beschikbaarheid van geschikte vegetatiekaarten en het verwachte verschil in stikstofdepositie. De vergelijkbaarheid wordt bevorderd doordat beide gebieden hydrologisch afhankelijk zijn van oppervlaktewater, met nauwelijks invloed van grondwater. De vegetatieontwikkeling in beide gebieden kan worden gereconstrueerd doordat gedetailleerde vegetatiekaarten beschikbaar van een periode van tenminste 10 jaar.

Door de ligging van de gebieden in Zuidwest Friesland en in Zuid-Holland was de verwachting dat ze relatief sterk zouden verschillen in de hoeveelheid N-depositie. Uit de analyse van stikstofdepositie op Nederlandse veengebieden elders in dit rapport, blijkt echter dat beide gebieden qua stikstofdepositie tot de middencategorie van Nederlandse laagveengebieden behoren. De stikstofdepositie is in de Nieuwkoopse Plassen wel iets hoger dan in de Rottige Meenthe. In de figuren 6.1 en 6.2 is de door AERIUS berekende stikstofdepositie op de Nieuwkoopse Plassen, respectievelijk op de Rottige Meenthe op kaart weergegeven.

6.3.2 Water- en vegetatiebeheer in de gebieden

Nieuwkoopse Plassen

De Nieuwkoopse Plassen bestaan uit plassen, rietlanden en schraalgraslanden. De huidige rietlanden zijn deels ontstaan na hernieuwde verlandings van uitgeveende petgaten, en deels op niet verveende bodem. Langs de rand van het gebied stroomt het riviertje de Meije. In het plassengebied wordt een aanzienlijk hoger oppervlaktewaterpeil gehanteerd dan in de omliggende polders (**Prov. Zuid-Holland, 2015**). In het oosten van het plassengebied ligt het deelgebied De Haak (figuur 6.3), dat een eigen peilbeheer kent. De oppervlaktewaterpeilen hier houden het midden tussen die in het plassengebied en die in de omringende landbouwpolders. Door het peilverschil tussen de Nieuwkoopse Plassen en haar omgeving sijgt grondwater weg naar de omgeving. De Nieuwkoopse Plassen is dus een wegzijgingsgebied, waar aanvoer van oppervlaktewater nodig is. Dit water wordt in het zuidwesten van het gebied ingelaten vanuit de Meije. Het inlaatwater wordt hier gedefosfateerd. Mede daardoor is het fosfaatgehalte in het oppervlaktewater in de afgelopen decennia afgenomen (**Prov. Zuid-Holland, 2015**). Vanuit het inlaatpunt wordt het water via de grote plassen naar de haarvaten van het systeem gevoerd. De Centrale Zudden (figuur 6.3) worden hierdoor gevoed door regenwater en oppervlaktewater dat via een zeer lange aanvoerweg in dit deel van het gebied terecht komt.

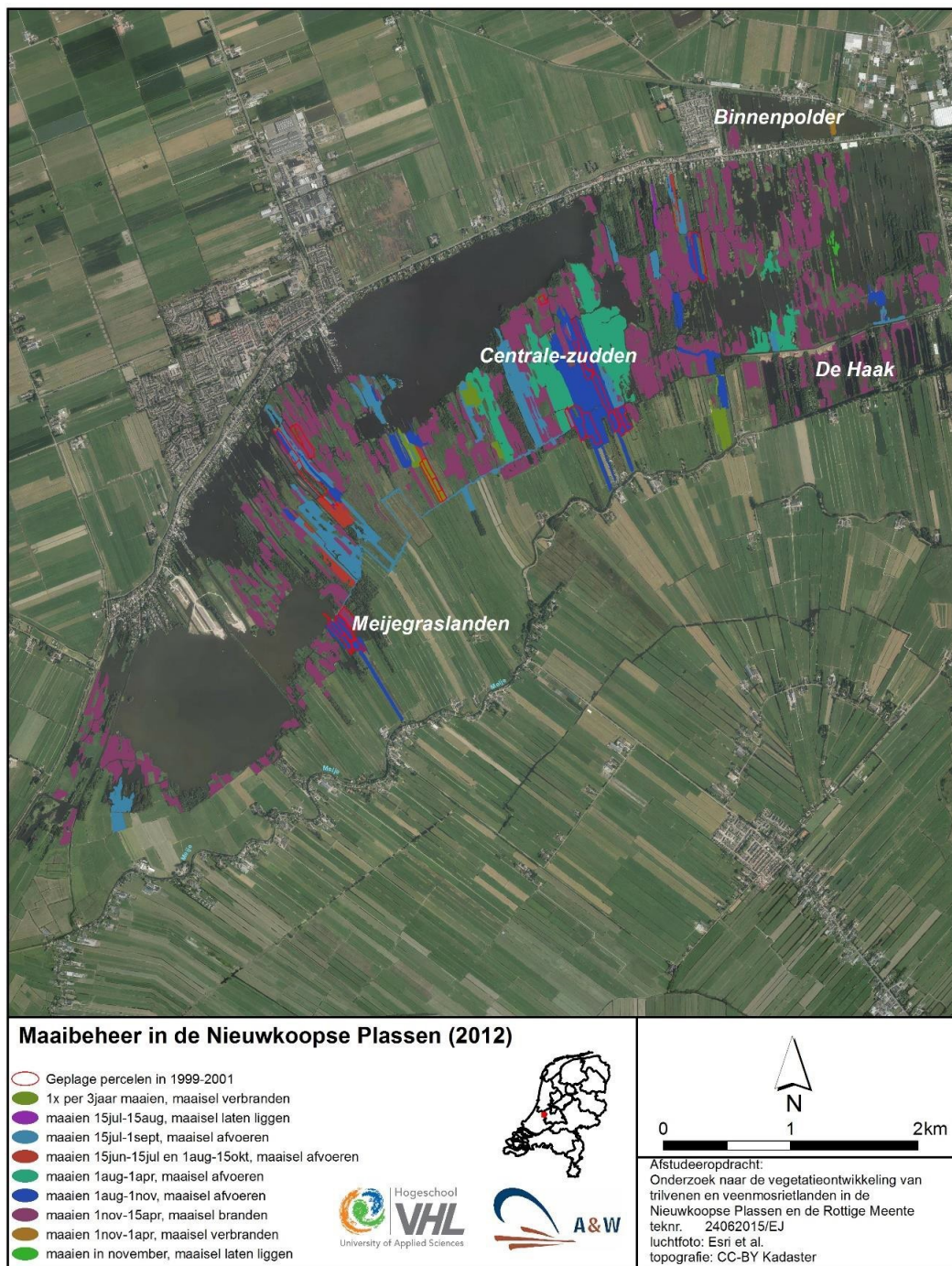
De Nieuwkoopse Plassen zijn in eigendom en beheer bij Natuurmonumenten. In de graslanden en een deel van de rietlanden wordt maaibeheer uitgevoerd. De belangrijkste varianten van het maaibeheer zijn weergegeven in tabel 6.1, figuur 6.3 geeft de verdeling van maaivarianten (gedetailleerder) weer op kaart.

Tabel 6.1. Maaibeheer in de Nieuwkoopse Plassen (**Soomers & Van Schie, 2013**).

Table 6.1. Mowing regime in the Nieuwkoopse plassen (**Soomers & Van Schie, 2013**).

Beheervorm	Omschrijving
Nazomer-maaien	Jaarlijks maaien tussen 1 augustus en 1 november; maaisel en sluk afvoeren
Wintermaaien	Jaarlijks maaien tussen 1 november en 1/15 april; maaisel afvoeren, sluk verbranden
Zomermaaien twee sneden	Jaarlijks maaien tussen 15 juni en 15 juli en tussen 1 augustus en 15 oktober; maaisel en sluk afvoeren (verschrallings-beheer)
Zomermaaien één snede	15 juli tot 1 september; maaisel en sluk afvoeren
Niet jaarlijks maaien	1x per drie jaar maaien tussen 1 november en 15 maart; maaisel afvoeren, sluk verbranden

Rond de eeuwwisseling is een aantal verdroogde veenmosrietlanden in de Centrale Zudden doorgefreesd en daarna geplagd. In De Haak is vanaf ca. 2008 eerst kleinschalig geplagd, vervolgens begreppeld, en uiteindelijk bevoeid. Dit had tot doel voorheen aanwezige vegetaties met Rood schorpioenmos (*Scorpidium scorpioides*) te herstellen (med. M. van Schie, Natuurmonumenten).



Figuur 6.3. Maaibeheer en plaggen in de Nieuwkoopse Plassen (bron: Vereniging Natuurmonumenten).

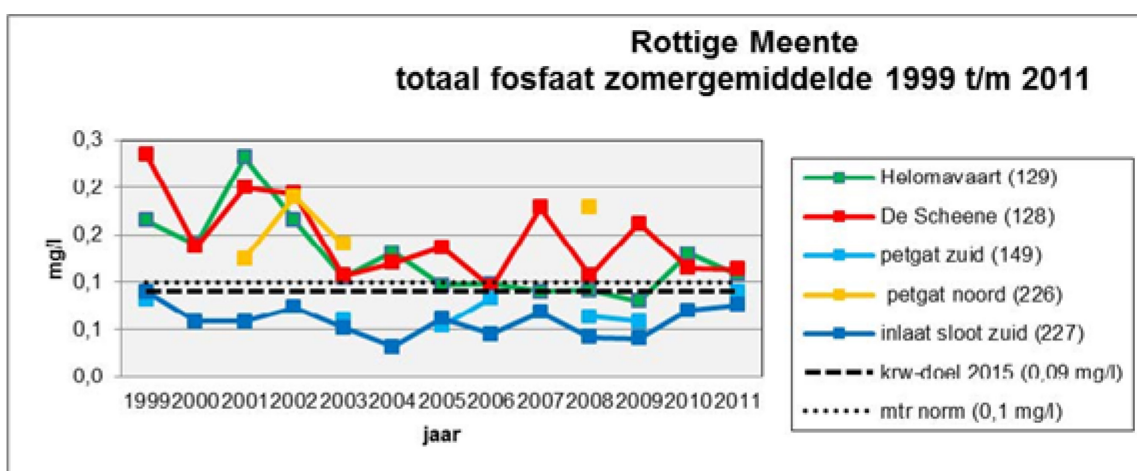
Figure 6.3. Mowing regime and top soil removal in the Nieuwkoopse plassen (source: Vereniging Natuurmonumenten).

Rottige Meenthe

De Rottige Meenthe is in eigendom en beheer bij Staatsbosbeheer. Het gebied ligt tussen het Friese zandgebied en het IJsselmeer, en tussen de beken de Tjonger en de Linde. In het gebied worden hogere oppervlaktewaterpeilen gehanteerd dan in de omringende landbouwpolders. Bovendien hebben deze landbouwpolders en de Noordoostpolder een lager maaiveld. Hierdoor is sprake van wegzijging van het grondwater naar de veenpolders en de Noordoostpolder. Daarom wordt 's zomers oppervlaktewater ingelaten vanuit het omringende oppervlaktewatersysteem. In de periode 1996 – 2000 is de interne waterhuishouding van de Rottige Meenthe sterk veranderd, waarbij lokaal peilverhogingen tot 1,5 m zijn doorgevoerd (Molenaar *et al.*, 2015). Hierdoor nam echter de hoeveelheid ingelaten water sterk toe, wat negatieve gevolgen had voor de waterkwaliteit in het gebied. Daarom is het

waterbeheerssysteem na 2000 verder geoptimaliseerd. Tegenwoordig worden in het gebied verschillende peilen gehanteerd en wordt 's zomers water ingelaten op vier plaatsen, waarna het via lange aanvoerwegen naar de kern van het gebied wordt geleid.

De Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge is beperkt tot de kern van het gebied (figuur 6.5). Hier kan van drie kanten water ingelaten worden: via een sloot in het zuidwesten, vanuit de trekaten ten oosten van de kern en vanuit de rietlanden ten noorden van de kern. Van het zuidelijke en oostelijke inlaatpunt zijn gegevens beschikbaar over het totaal-fosforgehalte van het water sinds 1999, zie figuur 6.4 (Molenaar *et al.*, 2015). De zomergemiddelde concentratie totaal-fosfor bij het zuidelijke inlaatpunt (meetpunt 227) varieert rond 0,05 mg P/l, dat in de petgaten ten oosten van het kerngebied (meetpunt 149) ligt tussen 0,05 en 0,1 mg P/l. Deze concentraties blijven sinds 1999 ongeveer op hetzelfde niveau. Verder is het gehanteerde peil in het kerngebied lager (winterpeil -1,15 en zomerpeil -0,95 m NAP) dan in de er naast gelegen petgaten (winterpeil -0,85 m NAP; zomerpeil -1,10 m NAP). In de graslanden en een deel van de rietlanden wordt maaibeheer uitgevoerd, zie figuur 6.5. De belangrijkste varianten van het maaibeheer zijn weergegeven in tabel 6.2.



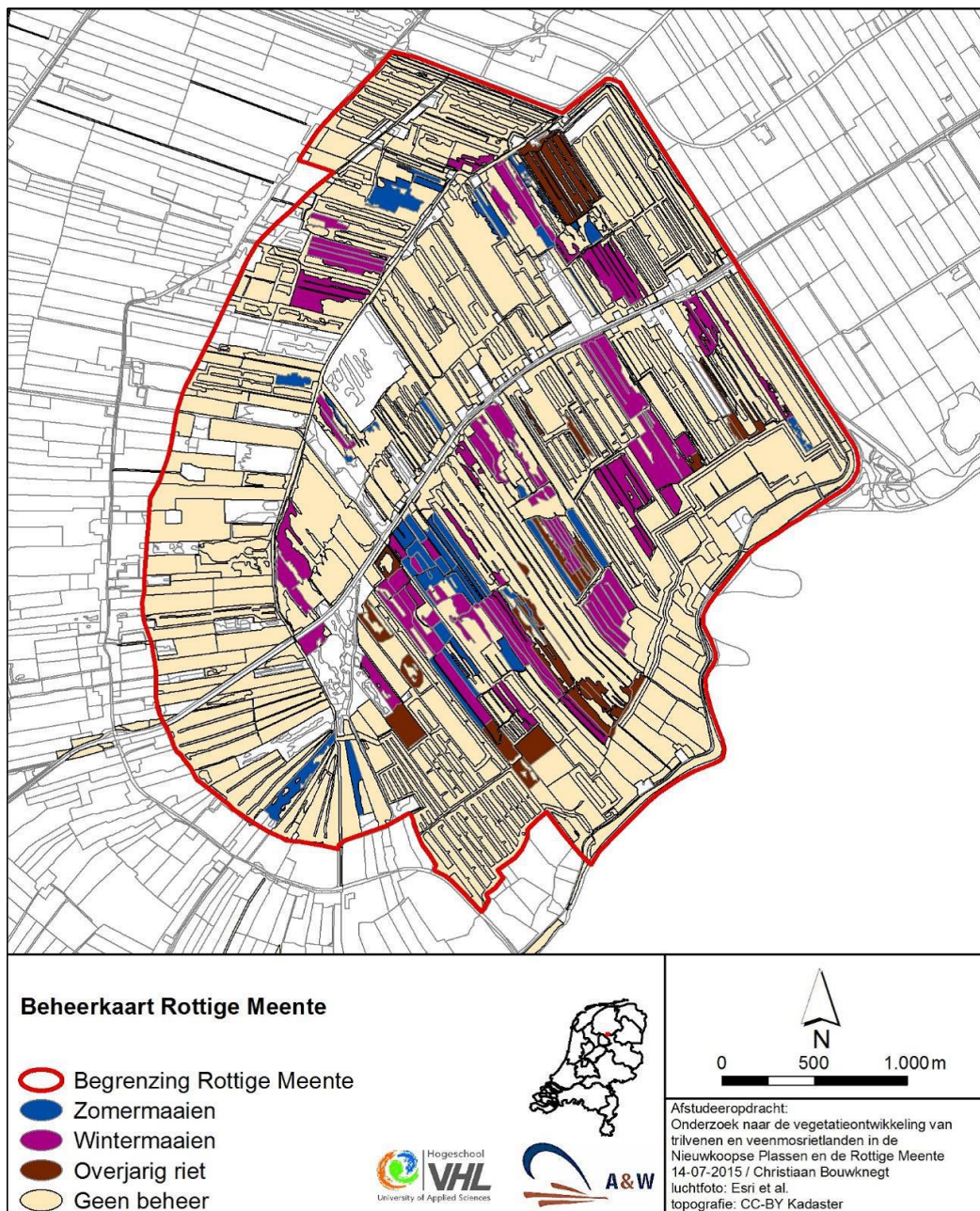
Figuur 6.4. Ontwikkeling van zomergemiddelde fosfaatgehalten op enkele punten in de Rottige Meenthe (Molenaar *et al.*, 2015).

Figure 6.4. Development of the P-concentrations (average in summer) at some locations in the Rottige Meenthe (Molenaar *et al.*, 2015).

Tabel 6.2. Vormen van maaibeheer in de Rottige Meenthe (mond. med. A. Rozema; Staatsbosbeheer, 2004).

Table 6.2. Different mowing regimes in the Rottige Meenthe (pers. communication A. Rozema; Staatsbosbeheer, 2004).

Beheervorm	Omschrijving
Nazomer-maaien (hooilandbeheer)	Maaien in augustus/september, waarbij het maaisel indien mogelijk wordt afgevoerd. Indien de draagkracht van de kragge te gering wordt, wordt enige jaren overgegaan op wintermaaieren totdat de draagkracht weer voldoende is voor hooilandbeheer.
Wintermaaieren	Maaieren tussen 1 november en 15 maart, met een éénasser met kooiwielen. Vooral toegepast op rietlanden, maaisel (riet) wordt afgevoerd, sluk wordt op vaste plaatsen verbrand.
Niet jaarlijks maaieren	Gefaseerd maaibeheer in rietlanden, waarbij tenminste 3 jaar op rij niet wordt gemaaid.

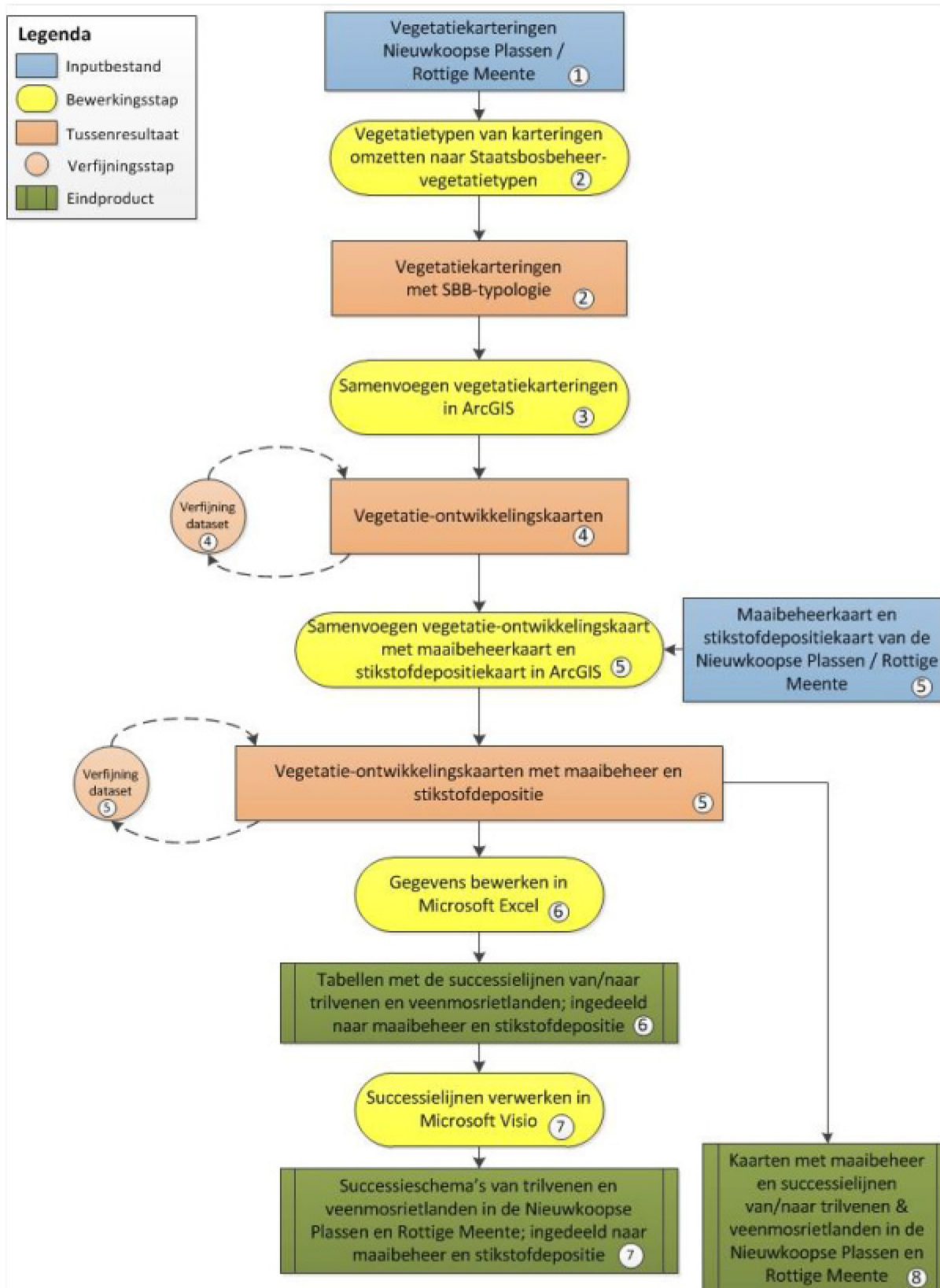


Figuur 6.5. Maaibeheer in de Rottige Meente (Staatsbosbeheer, 2004). Het kerngebied, waarin de Associatie Schorpioenmos en Ronde zegge aanwezig is, is met rood omcirkeld.

Figure 6.5. Mowing regime in the Rottige Meente (Staatsbosbeheer, 2004). The main area where the Association of Schorpioenmos en Ronde zegge occurs, is highlighted with red.

6.4 Onderzoeksmethode

Het onderzoek is uitgevoerd door in een GIS (ESRI ArcGIS 10.3) kaartlagen te combineren. De werkwijze is grafisch weergegeven in figuur 6.6. Het uitgangspunt van de analyse bestaat uit bestaande vegetatiekarteringen met een detailniveau van 1:5.000 of kleiner (tabel 6.3; stap 1 in figuur 6.6). Bij een karteerschaal van 1:5.000 is het kleinste op kaart uitgetekende vlak 0,5 x 0,5 cm groot, wat overeenkomt met 25 x 25 m in het veld. Voor langgerechte vlakken wordt uitgegaan van minimaal 10 x 50 m in het veld. Variatie in de vegetatiesamenstelling binnen deze vlakken (mozaïeken) wordt weergegeven door meerdere typen toe te kennen.



Figuur 6.6. Werkwijze van de GIS-analyse. De nummers komen terug in de tekst.

Figure 6.6. Procedure of the GIS-analysis. The numbers are used in the text.

In alle gebruikte vegetatiekaarten van de Rottige Meenthe zijn de vegetatietypen weergegeven als syntaxonomische eenheden volgens de SBB-typologie (**Schipper, 2002; Hennekens et al., 2001**). Voor de meeste jaren zijn de in het veld gekarteerde karteertypen door de karteerders zelf vertaald naar de SBB-typologie. Alleen de vegetatiekaart uit 1993 is later (begin jaren '00) vertaald naar de SBB-typologie. In de

vegetatiekaarten zijn per vlak maximaal drie karteertypen aangegeven, plus een bedekkingspercentage per type. Het komt voor dat de som van deze bedekkingspercentages meer dan 100% is. Dit is een artefact van de standaard gehanteerde klassegrenzen van bedekkingsklassen in SBB-karteringen. Waar dit het geval is, zijn de bedekkingspercentages per bedekkingsklasse iteratief naar beneden bijgesteld tot de bedekking 100% bedroeg. Deze werkwijze wordt ook gehanteerd bij de vertaling van SBB-vegetatiekaarten naar Natura 2000-habitattypenkaarten.

De kaarten van de Nieuwkoopse Plassen zijn gekarteerd in een lokale typologie volgens een systeem van Natuurmonumenten. In de beide kaarten is zoveel mogelijk dezelfde typologie gehanteerd, maar voor de 2009-kaart is de typologie uit 1996/97 verfijnd en aangevuld. De typologie van de 1996/97-kartering is in het bijbehorende rapport geplaatst in de syntaxonomische systemen van **Westhoff & Den Held (1969)** en **Schaminée et al. (1995-98)**. De typologie uit de kartering uit 2009 is in de rapportage vertaald naar syntaxonomische eenheden conform de SBB-typologie (**Damm & Van 't Veer 2010**). Om vergelijking tussen de vegetatiekaarten mogelijk te maken is de typologie uit 1996/97 door ons vertaald naar de SBB-typologie, waarbij we uit zijn gegaan van de vertalingen door **Van Tweel & Douwes (1998)** en **Damm & Van 't Veer (2010)**. Dit is stap 2 in figuur 5.5. Waar nodig zijn deze vertalingen uit Damm & Van 't Veer aangevuld op basis van de in de typebeschrijving door **Van Tweel & Douwes (1998)** genoemde soorten en de ondersteunende vegetatieopnames. In de vegetatiekaarten is zoveel mogelijk vermeden om meer dan één type per vlak aan te geven. Desondanks zijn soms twee typen per vlak gekarteerd, zonder opgave van de bedekking. In dergelijke gevallen is de bedekking per type gesteld op 50%.

Tabel 6.3. Karakteristieken van de gebruikte vegetatiekaarten; * delen gedetailleerder.

Table 6.3. Characteristics of the vegetation maps that are used; *more detailed.

Gebied	Karteer- periode	Schaal	Typologie	Bron
Nieuwkoopse Plassen	1996/97	1:5.000*	Gekarteerd in locale NM-typologie.	Van Tweel & Douwes 1998
Nieuwkoopse Plassen	2007 – 2009	1:5.000	Gekarteerd in verfijnde en aangevulde versie van de typologie uit Van Tweel & Douwes; deze vertaald naar syntaxonomische eenheden.	Damm & Van 't Veer 2010
Rottige Meenthe	1993	1:5.000	Lokale karteertypologie, later vertaald naar syntaxonomische eenheden.	Altenburg & Kolkman 1995
Rottige Meenthe	2001	1:5000**	Lokale karteertypologie, vertaald naar syntaxonomische eenheden.	Aitink et al. 2003
Rottige Meenthe	2013	1:5.000	Lokale karteertypologie, vertaald naar syntaxonomische eenheden.	Bijkerk et al. 2015

Vervolgens zijn de vegetatiekaarten in ESRI ArcGIS gecombineerd tot één kaart waarin per vlak is aangegeven welk(e) vegetatietype(n) er in de verschillende jaren voorkwamen (stappen 3 en 4). De hierbij ontstaande kleine vlakken van minder dan 25 m², of smaller dan 3 m (i.e. *slivers*), zijn aan het naburige vlak toegevoegd waarmee het de langste grens deelt.

De gecombineerde vegetatiekaarten zijn samengevoegd met de maaibeheerkaarten en stikstofdepositiekaarten (voor 2014), zodat een kaart ontstond waarin per vlak bekend is welke vegetatietypen er op verschillende momenten aanwezig waren, onder welk beheer dit het geval was, en welke stikstofdepositie hier werd berekend voor 2014. Vlakken kleiner dan 25m² of smaller dan 3 m zijn wederom toegevoegd aan naburige vlakken (stap 5).

Deze informatie is in Microsoft Excel verder verwerkt (stap 6). Uit de tabellen is gedestilleerd uit welke vegetatietypen de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge en de Associatie Veenmosrietland zijn ontstaan. Voor deze analyse zijn vlakken geselecteerd die voor tenminste 50% zijn bedekt met de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge, respectievelijk Veenmosrietland. Vervolgens is gekeken welke vegetatietypen in deze vlakken aanwezig zijn op de vorige vegetatiekaart. Hierbij zijn alle vegetatietypen beschouwd, dus zonder een drempelwaarde voor het bedekkingspercentage te hanteren. De aanname is dus dat de Associatie Veenmosrietland in een vlak in 2013 is ontstaan uit de vegetatie die op dezelfde plek aanwezig was in 2001. In het geval van complexen, dus als meerdere typen aan één vlak zijn toegekend, is niet bekend waar de verschillende typen liggen binnen het vlak. Als het vlak in 2013 voor minder dan 100% is bedekt met de Associatie Veenmosrietland, is dus niet volledig duidelijk uit welke van de in 2001 aanwezige vegetatietypen de Associatie Veenmosrietland is ontstaan. Een (onbekend) deel van het vlak was in 2013 immers geen Veenmosrietland, maar daar is in de analyse wel vanuit gegaan. Dit is een bron van ruis in de analyse die samenhangt met het feit dat vegetatietypen nu eenmaal niet netjes naast elkaar maar door elkaar heen staan.

Voor de omgekeerde analyse, waarin gekeken wordt uit welke vegetatietypen de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge, respectievelijk Veenmosrietland ontstaan, zijn eveneens vlakken geselecteerd die voor tenminste 50% zijn bedekt met deze Associaties. Vervolgens is gekeken welke vegetatietypen in deze vlakken aanwezig zijn op de volgende vegetatiekaart. De aanname is dus dat de Associatie Veenmosrietland in een vlak in 2001 zich heeft ontwikkeld tot de in dat vlak aanwezige vegetaties in 2013. Als het vlak in 2001 voor minder dan 100% is bedekt met de Associatie Veenmosrietland, is dus niet duidelijk naar welke van de in 2013 aanwezige vegetatietypen de Associatie Veenmosrietland zich heeft ontwikkeld. Een deel van het gebied was in 2001 immers geen Veenmosrietland en daar is in de analyse wel vanuit gegaan. Ook hier is dit een bron van ruis in de analyse.

Beide analyses van de vegetatieontwikkeling naar en vanuit de Associaties van Schorpioenmos en Ronde zegge en Veenmosrietland zijn dus alleen uitgevoerd op vlakken met tenminste 50% bedekking van het onderzochte vegetatietype. Dit heeft als consequentie dat de analyses niet zijn uitgevoerd op het gehele areaal van deze Associaties. Een andere consequentie, is dat de analyse van de ontwikkeling naar de Associatie is uitgevoerd op een andere selectie van vegetatievlakken dan de analyse van de ontwikkeling vanuit de Associatie.

6.4.1 Onzekerheden

De gehanteerde werkwijze geeft in grote lijnen inzicht in de vegetatieontwikkeling, maar het koppelen van bestanden leidt tot onnauwkeurigheden en onzekerheden. Iedere vegetatiekaart kent onnauwkeurigheden ten aanzien van de exacte ligging van vegetatievlakken en de bedekkingspercentages van vegetatietypen. Doordat de analyse uitgaat van de vegetatiekaarten, werken eventuele fouten in deze kaarten door in de resultaten van deze analyse. De onnauwkeurigheden ten aanzien van de ligging van grenzen zijn het grootst in de kaarten uit 1993 (Rottige Meenthe) en 1996/'97 (Nieuwkoopse Plassen), omdat deze nog zijn vervaardigd zonder gebruik van GPS-apparatuur. Koppeling van dergelijke bestanden vergroot deze onnauwkeurigheden en onzekerheden, hoewel het verwijderen van *slivers* (zie stap 4) deze weer verkleinen.

In de kaarten van de Nieuwkoopse Plassen zijn per vegetatievlak minder typen onderscheiden dan in die van de Rottige Meenthe. In de Nieuwkoopse Plassen is voor een beperkt aantal vlakken een tweede type aangeven, terwijl in de Rottige Meenthe meestal meer dan één type is aangeven, en maximaal 6 typen. Dit is het gevolg van verschillen in de gehanteerde karteermethode. In de kaarten van de Nieuwkoopse Plassen zijn de (co-)dominante typen weergegeven, terwijl in de kaarten van de Rottige Meenthe ook de minder bedekkende typen in een vlak zijn weergegeven. Hierdoor genereert de uitgevoerde analyse van de vegetatieontwikkeling in de Nieuwkoopse Plassen een eenduidiger beeld, met minder typen. In de Rottige Meenthe leidt de analyse tot een complexer resultaat, met meer typen, waarvan een aantal soms maar een klein oppervlakteaandeel heeft.

Verder is het proces van vegetatiekartering niet waterdicht. Interpretatieverschillen in het veld kunnen ertoe leiden dat dezelfde vegetatie door verschillende karteerders verschillende wordt getypeerd. Bovendien kunnen vegetaties die slechts een klein deel bedekken of die weinig oppervlakte-aandeel hebben in een vlak over het hoofd gezien worden. Hierdoor kunnen de door ons gebruikte vegetatiekaarten fouten bevatten. Dergelijke fouten werken door in de resultaten van de analyse. Hoe groot deze bron van onzekerheid is, hebben we niet goed kunnen kwantificeren. We gaan ervan uit dat de vegetatiekaarten in de praktijk redelijk betrouwbaar zijn, omdat de beheerders de kwaliteit van uitgevoerde karteringen controleren.

Tenslotte vergroot de vertaling van karteertypen naar syntaxonomische SBB-typen de kans op verkeerde vegetatieclassificaties. Tijdens de kartering wordt de variatie in het veld vereenvoudigd tot karteertypen, waarbij sommige vegetaties niet eenduidig toe te wijzen zullen zijn aan één karteertype. Het karteertype wordt vervolgens vertaald tot syntaxonomische eenheden volgens de SBB-systematiek. Fouten in het veld werken door in de vertaling naar SBB-typen, en de vertaling van karteertype naar SBB-type gebeurt op het niveau van het gehele type, waardoor twijfelgevallen in het veld uiteindelijk in het verkeerde SBB-type terecht kunnen komen. Dergelijke fouten zijn zoveel mogelijk beperkt door uit te gaan van de door de karteerders aangegeven vertaling. Voor de kaarten uit 1993 en 1996/97 zijn deze vertalingen echter achteraf uitgevoerd, zodat deze kaarten ook op dit vlak de grootste onzekerheden kennen.

Om fouten zoveel mogelijk te voorkomen, zijn de resultaten van de analyse uitvoerig besproken met de beheerders van de betreffende gebieden. Hierbij zijn geen fouten aan het licht gekomen.

6.5 Vegetatieontwikkeling van en naar trilveen en Veenmosrietland

Omdat de gehanteerde methode vooral geschikt is om de hoofdlijnen van de successie in beeld te brengen, beperkt de bespreking van de resultaten zich tot deze hoofdlijnen.

6.5.1 Trilveen: de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge

De verspreiding van de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge in de Nieuwkoopse Plassen ten tijde van de verschillende karteringen is op kaart weergegeven in figuur 6.7 en 6.8. Voor de Rottige Meenthe is dit weergegeven in figuur 6.9 t/m 6.11.

In de Nieuwkoopse Plassen kwam de Associatie Schorpioenmos en Ronde zegge voor in deelgebied De Haak, en in 2007/09 in deelgebied de Centrale Zudden. In de Rottige Meenthe is deze Associatie vrijwel volledig beperkt tot de centrale kern (zie figuur 6.5).



Legenda

Ass. Schorpioenmos en Ronde zegge Nieuwkoopse Plassen - De Haeck

1996-97

 100% bedekking

2007-09

 76 - 100% bedekking

Bronnen

Vegetatie: Van Tweel en Douwes 1998
Damm en Van 't Veer 2010

Luchtfoto: CycloMedia, Aerodata, Esri
Nederland

Jasper van Belle 8-6-2016



Figuur 6.7. Verspreiding en bedekking van de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge in 1996-1997 en in 2007-2009 in de Nieuwkoopse Plassen, deelgebied De Haek.

Figure 6.7. Distribution and cover of the Association of Schorpioenmos en Ronde zegge in 1996-1997 and in 2007-2009 in the Nieuwkoopse plassen, subarea De Haeck.



Legenda

Ass. Schorpioenmos en Ronde zegge Nieuwkoopse Plassen - Centrale Zudden

Vegetatie 2007-09

-  51 - 75% bedekking
-  76 - 100% bedekking

Vegetatie 1996-97

-  100% bedekking (0 vlakken)

Beheeringreep

-  Geplagd

Bronnen

Vegetatie: Van Tweel en Douwes 1998
Damm en Van 't Veer 2010

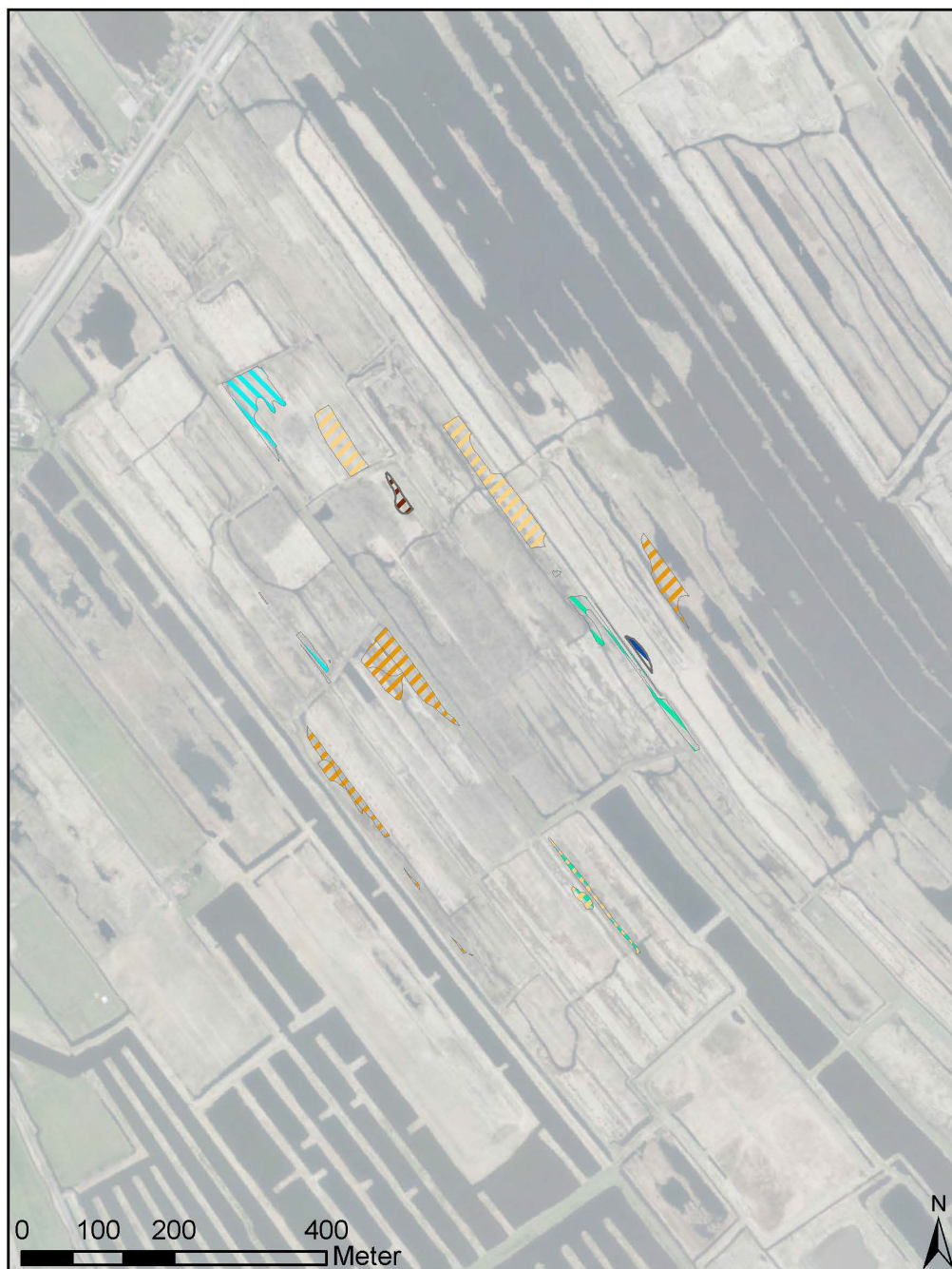
Luchtfoto: CycloMedia, Aerodata, Esri
Nederland

Jasper van Belle 8-6-2016



Figuur 6.8. Verspreiding en bedekking van de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge in 1996-1997 en in 2007-2009 in de Nieuwkoopse Plassen, deelgebied Centrale Zudden. Tevens is aangegeven waar rietlanden zijn geplagd.

Figure 6.8. Distribution and cover of the Association of Schorpioenmos en Ronde zegge in 1996-1997 and in 2007-2009 in the Nieuwkoopse plassen, subarea Centrale Zudden. Top soil removal in Reedlands are also highlighted.



Legenda

Ass. Schorpioenmos en Ronde zegge Rottige Meenthe 1993

9B3a s.a. typicum 9B3b s.a. veenmossen

 3% bedekking	 3% bedekking
 4 - 25	 4 - 25
 26 - 50	 26 - 50
 51 - 75	 51 - 75
 76 - 100	 76 - 100

Bronnen

Vegetatie: Altenburg en Kolkman 1995
Luchtfoto: Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AEX, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo, and the GIS User Community

Jasper van Belle, 7-6-2016



Figuur 6.9. Verspreiding en bedekking van de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge in 1993 in het centrale deel van de Rottige Meenthe.

Figure 6.9. Distribution and cover of the Association of Schorpioenmos en Ronde zegge in 1993 in the central area of the Rottige Meenthe.



Legenda

Ass. Schorpioenmos en Ronde zegge Rottige Meenthe 2001

9B3a s.a. typicum 9B3b s.a. veenmossen

 3% bedekking	 3% bedekking
 4 - 25	 4 - 25
 26 - 50	 26 - 50
 51 - 75	 51 - 75
 76 - 100	 76 - 100

Bronnen

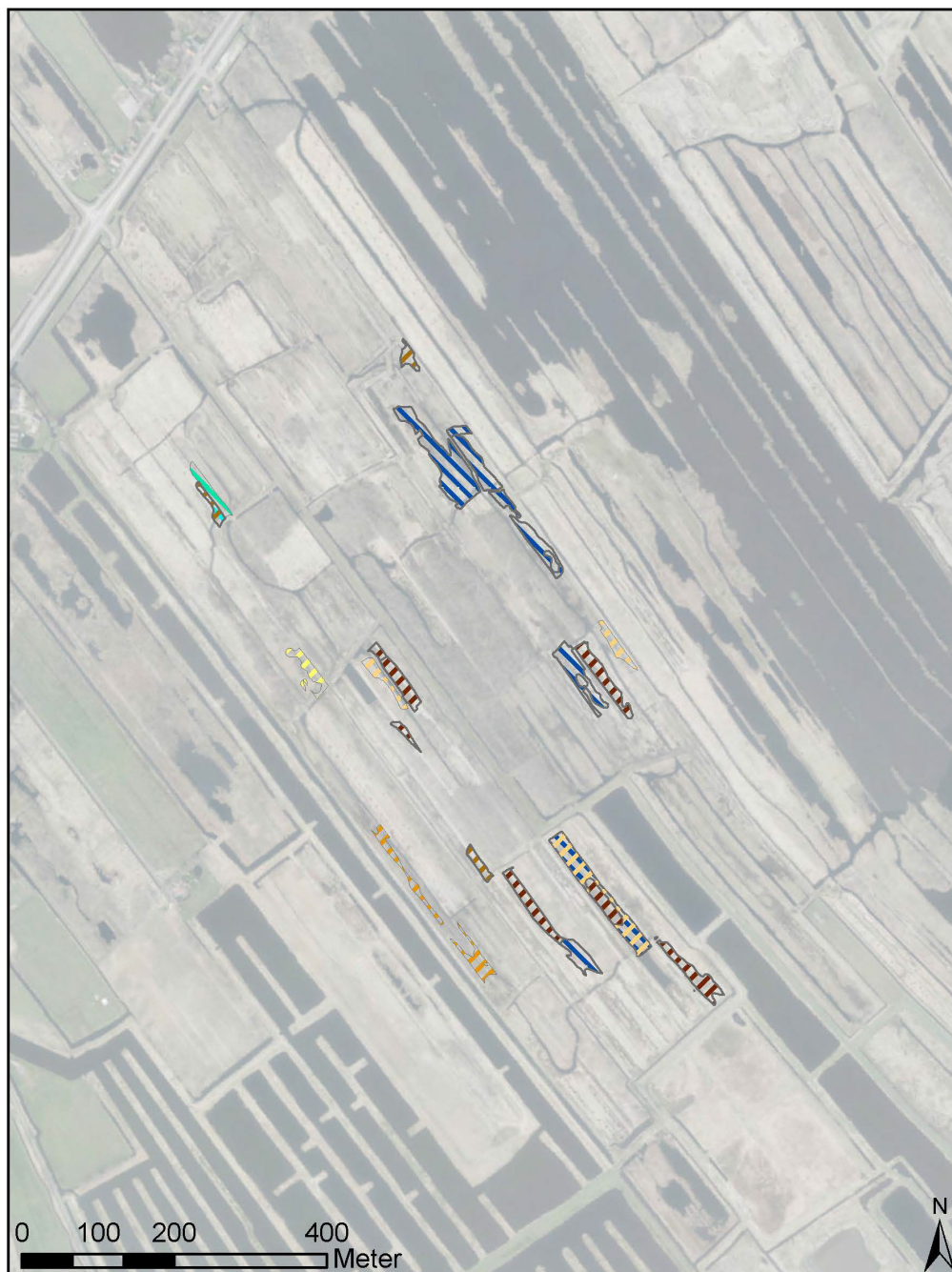
Vegetatie: Aitink *et al.* 2003
Luchtfoto: Source: Esri, DigitalGlobe,
GeoEye, Earthstar Geographics,
CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AEX,
Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo,
and the GIS User Community

Jasper van Belle, 7-6-2016



Figuur 6.10. Verspreiding en bedekking van de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge in 2001 in het centrale deel van de Rottige Meenthe.

Figure 6.10. Distribution and cover of the Association of Schorpioenmos en Ronde zegge in 2001 in the central area of the Rottige Meenthe.



Legenda

Ass. Schorpioenmos en Ronde zegge Rottige Meenthe 2013

9B3a s.a. typicum 9B3b s.a. veenmossen

	3% bedekking		3% bedekking
	4 - 25		4 - 25
	26 - 50		26 - 50
	51 - 75		51 - 75
	76 - 100		76 - 100

Bronnen

Vegetatie: Bijkerk *et al.* 2015
Luchtfoto: Source: Esri, DigitalGlobe,
GeoEye, Earthstar Geographics,
CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AEX,
Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo,
and the GIS User Community

Jasper van Belle, 7-6-2016



Figuur 6.11. Verspreiding en bedekking van de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge in 2013 in het centrale deel van de Rottige Meenthe.

Figure 6.11. Distribution and cover of the Association of Schorpioenmos en Ronde zegge in 2013 in the central area of the Rottige Meenthe.

Ontstaan van de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge

In tabel 6.4 is aangegeven waaruit de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge is ontstaan in de Nieuwkoopse Plassen. Tabel 6.5 vat het ontstaan van deze Associatie samen voor de Rottige Meenthe voor de periode 1993 – 2001, in tabel 6.6 is dit samengevat voor de periode 2001 – 2013.

Tabel 6.4. Vegetaties in 1996/97 waaruit de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge is ontstaan in 2009 in de Nieuwkoopse Plassen. Ontwikkelingen op minder dan 0,05 ha zijn cursief gedrukt.

Table 6.4. Vegetations in 1996/97 from where the Association of Schorpioenmos en Ronde zegge has developed in 2009 in the Nieuwkoopse plassen. Developments less than 0,05 ha are highlighted in Italics.

Vegetatietype	SBB-type 1996/97	ha	%
Veenmosrietland, subassociatie van Pijpenstrootje	9A2b	0,32	50%
RG Moerasrolklaver-Echte koekoeksbloem	16B-b	0,12	18%
Riet-verbond	8B	0,06	9%
Moerasheide	11B2	0,05	9%
Rompgemeenschap Hennegras	9-g/8C-f	0,05	7%
<i>Blauwgrasland</i>	<i>16A1</i>	<i>0,04</i>	<i>6%</i>
<i>Overig</i>		<i>0,01</i>	<i>2%</i>
Totaal		0,64	100%

In deelgebied de Centrale Zudden is tussen 1996/97 en 2007/09 nieuw trilveen ontstaan, maar het betreft slechts 0,6 ha (tabel 6.4). Het ontstane trilveen is vooral ontstaan uit een licht verdroogde vorm van het Veenmosrietland, te weten de subassociatie met Pijpenstrootje, en uit matig voedselrijk grasland van de rompgemeenschap Moerasrolklaver-Echte koekoeksbloem. Deze ontwikkelingen hebben zich voorgedaan op plaatsen waar is geplagd (figuur 6.8). Tijdens een veldbezoek in november 2016 leek de Associatie op een aantal van deze plagplekken nog aanwezig te zijn.

Tabel 6.5. Vegetaties in 1993 waaruit de Associatie van Schorpioenmos en Ronde Zegge is ontstaan in 2001 in de Rottige Meenthe. Ontwikkelingen op minder dan 0,05 ha zijn cursief gedrukt.

Table 6.5. Vegetations in 1993 from where the Association of Schorpioenmos en Ronde zegge has developed in 2001 in the Rottige Meenthe. Developments less than 0,05 ha are highlighted in Italics.

Vegetatietype	SBB-type 1993	ha	%
Veenmosrietland, subassociatie van Pijpenstrootje	9A2b	0,22	46%
Rompgemeenschap Riet	8-f	0,11	22%
Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge, typische subassociatie	9B3a	0,09	19%
<i>Galigaan-Associatie, subassociatie van Moerasvaren</i>	<i>8C5c</i>	<i>0,01</i>	<i>3%</i>
<i>Rompgemeenschap Gewoon struisgras-Gewoon biggenkruid</i>	<i>16-i</i>	<i>0,01</i>	<i>3%</i>
<i>Rompgemeenschap Moeraszegge</i>	<i>8C-b</i>	<i>0,01</i>	<i>2%</i>
<i>Rompgemeenschap Pluimzegge</i>	<i>8C-c</i>	<i>0,01</i>	<i>2%</i>
<i>Overig</i>		<i>0,01</i>	<i>2%</i>
Totaal		0,48	100%

Ook in de Rottige Meenthe was slechts een klein areaal van de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge aanwezig. De analyse van de ontwikkeling van 1993 tot 2001 kon op minder dan 0,5 ha worden uitgevoerd (tabel 6.5). Hiervan was 20% (0,1 ha) reeds in 1993 aanwezig als Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge, die hier dus 8 jaar lang heeft

standgehouden. Daarnaast is 20% (0,1 ha) ontstaan uit een soortenarme dominantiegemeenschap van Riet op land (SBB 8-f) en is 50% (0,2 ha) ontstaan uit de licht verdroogde subassociatie van Pijpenstrootje van het Veenmosrietland.

Tabel 6.6. Vegetaties in 2001 waaruit de Associatie van Schorpioenmos en Ronde Zegge is ontstaan in 2013 in de Rottige Meenthe. Ontwikkelingen op minder dan 0,05 ha zijn cursief gedrukt.

Table 6.6. Vegetations in 2001 from where the Association of Schorpioenmos en Ronde zegge has developed in 2013 in the Rottige Meenthe. Developments less than 0,05 ha are highlighted in Italics.

Vegetatietype	SBB-type 2001	ha	%
Niet-gekarteerd	400	0,24	16%
Veenmosrietland, subassociatie van Pijpenstrootje	9A2b	0,75	51%
Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge, subassociatie van Veenmos	9B3b	0,16	11%
Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge, typische subassociatie	9B3a	0,07	5%
Rompgemeenschap Riet	8-f	0,07	5%
Rompgemeenschap Hondsviooltje-Tandjesgras	19A-c	0,06	4%
Rompgemeenschap Pijpenstrootje-Gewoon veenmos	16A-e	0,05	4%
<i>Derivaatgemeenschap Gewoon haarmos</i>	<i>9/c</i>	<i>0,03</i>	<i>2%</i>
<i>Galigaan-Associatie, typische subassociatie</i>	<i>8C5a</i>	<i>0,02</i>	<i>1%</i>
<i>Overig</i>		<i>0,01</i>	<i>1%</i>
Totaal		1,47	100%

De analyse van de ontwikkeling van 2001 tot 2013 is uitgevoerd op ca. 1,5 ha (tabel 6.6). Op 16% van dit areaal (0,24 ha) is onbekend waaruit de vegetatie is ontstaan, omdat het in 2001 niet gekarteerd was. Dit betreft enkele percelen in het noordelijke deel van de Rottige Meenthe, plus een aantal percelen in het 'kerngebied'. Het overige areaal van de Associatie Schorpioenmos en Ronde zegge was ook in 2013 aanwezig in de kern van de Rottige Meenthe. Ongeveer 16% (0,23 ha) van het in 2013 aanwezige areaal was in 2001 ook al als zodanig gekarteerd; hiervan betrof 0,16 ha (11%) de minder basenrijke subassociatie met veenmossen (en weinig Rood schorpioenmos). Ruim 50% van het areaal (0,75 ha) is ontstaan uit Veenmosrietland, subassociatie van Pijpenstrootje.

In de Rottige Meenthe heeft de Associatie Schorpioenmos en Ronde Zegge zich in de periode 2001 – 2013 aanzienlijk uitgebreid. Dit heeft zich vooral voorgedaan langs de oostrand van het kerngebied (figuur 6.9 – 6.11).

Ontwikkeling vanuit de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge

Tabel 6.7 geeft voor de Nieuwkoopse Plassen de vegetatieontwikkeling weer vanuit de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge, tussen 1996/97 en 2009. Tabel 6.8 geeft voor de Rottige Meenthe weer welke vegetaties in 2001 zijn ontstaan op de plekken waar in 1993 de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge aanwezig was. Tabel 6.9 geeft voor de Rottige Meenthe weer welke vegetaties in 2013 zijn ontstaan op de plekken waar in 2001 de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge aanwezig was.

Tabel 6.7. Vegetaties die in 2009 zijn ontstaan uit de Associatie van Schorpioenmos en Ronde Zegge in 1996/97, in de Nieuwkoopse Plassen. Ontwikkelingen op minder dan 0,05 ha zijn cursief gedrukt.

Table 6.7. Vegetations that have developed in 2009 from the Association of Schorpioenmos en Ronde zegge in 1996/97 in the Nieuwkoopse plassen. Developments less than 0,05 ha are highlighted in Italics.

Vegetatietype	SBB-type 2009	ha	%
Veenmosrietland, subassociatie van Pijpenstrootje	9A2b	0,32	71%
Rompgemeenschap Moerasstruisgras	9A-a/16A-c/16-d	0,08	17%
<i>Veenmosrietland</i>	<i>9A2</i>	<i>0,04</i>	<i>9%</i>
<i>Rompgemeenschap Paddenrus</i>	<i>9-j</i>	<i>0,01</i>	<i>2%</i>
<i>Overig</i>		<i>0,01</i>	<i>1%</i>
Totaal		0,46	100%

In de Nieuwkoopse Plassen was de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge in 1996/97 alleen in deelgebied De Haak aanwezig (figuur 6.7 en 6.8), maar in 2007/09 was het daar verdwenen. De Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge heeft in de Nieuwkoopse Plassen dus nergens stand weten te houden tussen 1996/97 en 2007/09.

Het merendeel van het areaal waar de Associatie in 1996/97 aanwezig was, heeft zich in 2009 ontwikkeld tot de Associatie Veenmosrietland subassociatie met Pijpenstrootje (tabel 6.7; 71%). Een klein deel (17%) heeft zich ontwikkeld tot de RG Moerasstruisgras.

Tabel 6.8. Vegetaties in 2001 die zijn ontstaan uit de Associatie van Schorpioenmos en Ronde Zegge in 1993 in de Rottige Meenthe. Ontwikkelingen op minder dan 0,05 ha zijn cursief gedrukt.

Table 6.8. Vegetations that have developed in 2001 from the Association of Schorpioenmos en Ronde zegge in 1993 in the Rottige Meenthe. Developments less than 0,05 ha are highlighted in Italics.

Vegetatietype	SBB-type 2001	ha	%
<i>Niet-gekarteed</i>	<i>400</i>	<i>0,03</i>	<i>33%</i>
<i>Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge, subassociatie van Veenmos</i>	<i>9B3b</i>	<i>0,01</i>	<i>5%</i>
<i>Rompgemeenschap Moerasstruisgras</i>	<i>16A-c</i>	<i>0,00</i>	<i>1%</i>
Totaal		0,10	100%

In de Rottige Meenthe is in 1993 zeer weinig areaal van de Associatie van Schorpioenmos en Ronde Zegge aanwezig, waardoor slechts ca. 0,1 ha in de analyse is meegenomen (tabel 6.8). Dit areaal is te klein om uitspraken op te baseren.

Tabel 6.9. Vegetaties in 2013 die zijn ontstaan uit de Associatie van Schorpioenmos en Ronde Zegge in 2001 in de Rottige Meenthe. Ontwikkelingen op minder dan 0,05 ha zijn cursief gedrukt.

Table 6.9. Vegetations that have developed in 2013 from the Association of Schorpioenmos en Ronde zegge in 2001 in the Rottige Meenthe. Developments less than 0,05 ha are highlighted in Italics.

Vegetatietype	SBB-type 2013	ha	%
Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge, subassociatie van Veenmos	9B3b	0,24	54%
Veenmosrietland, subassociatie van Pijpenstrootje	9A2b	0,14	32%
<i>Rompgemeenschap Smalle weegbree-Kruipende boterbloem-Rood zwenkgras</i>	<i>16-g</i>	<i>0,03</i>	<i>6%</i>
<i>Rompgemeenschap Paddenrus</i>	<i>8C-e</i>	<i>0,02</i>	<i>5%</i>
<i>Overige vegetatietypen</i>		<i>0,01</i>	<i>2%</i>
Totaal		0,45	100%

Tabel 6.9 geeft de vegetatieontwikkeling vanuit de Ass. Schorpioenmos en Ronde zegge weer voor de Rottige Meenthe in de periode 2001 – 2013. Van het in 2001 aanwezige areaal heeft ruim de helft (0,24 ha) stand gehouden tot en met 2013, zij het in een vorm met vooral veenmossen en weinig Rood schorpioenmos. Ongeveer 1/3 deel (0,14 ha) heeft zich in deze periode ontwikkeld tot de licht verdroogde vorm van het veenmosrietland, dat is de subassociatie van Pijpenstrootje.

6.5.2 Veenmosrietland: de Associatie Veenmosrietland

De verspreiding van de Associatie Veenmosrietland is niet op kaart weergegeven, omdat deze Associatie in zeer grote delen van de onderzochte gebieden aanwezig is.

Ontstaan van de Associatie Veenmosrietland

Tabel 6.10. Vegetaties in 1996/97 waaruit de Associatie Veenmosrietland is ontstaan in 2007/09, in de Nieuwkoopse Plassen. Ontwikkelingen op minder dan 0,05 ha zijn cursief gedrukt.

Table 6.10. Vegetations in 1996/97 from where the Association Veenmosrietland has developed in 2007/09 in the Nieuwkoopse plassen. Developments less than 0,05 ha are highlighted in Italics.

Naar typische subassociatie (SBB 9A2)			
Vegetatietype	SBB-type 1996/97	ha	%
Veenmosrietland, subassociatie van Pijpenstrootje	9A2b	3,3	59%
Veenmosrietland, typicum	9A2	0,7	12%
Bossen, struwelen & ruigten		0,6	11%
Moerasheide	11B2	0,5	9%
Overig		0,5	9%
Totaal		5,6	100%

Naar subassociatie van Pijpenstrootje (SBB 9A2b)			
Vegetatietype	SBB-type 1996/97	ha	%
<u>Klasse der Kleine zeggen + Moerasheide</u>			
Veenmosrietland, subassociatie van Pijpenstrootje	9A2b	44,4	59%
Veenmosrietland, typicum	9A2	4,3	6%
Rompgemeenschap Hennegrass	9-g/8C-f	3,8	5%
Rompgemeenschap Moerasstruisgras	9A-a/16A-c/16-d	0,8	1%
Overige vegetaties van klasse 9 en Moerasheide		1,0	1%
<u>Riet-klasse + watervegetaties</u>			
Riet-verbond	8B	1,4	2%
Watervegetaties en overige vegetaties van klasse 8		0,6	1%
<u>Struweel en bos</u>			
Verbond der berkenbroekbossen	40A	1,6	2%
Associatie van Grauwe wilg	36A2	1,3	2%
<u>Graslanden</u>			
Associatie van Geknikte vossesstaart	12B1	2,0	3%
RG Moerasrolklaver-Echte koekoeksbloem	16B-b	2,0	3%
Blauwgrasland	16A1	1,0	1%
Overige graslanden		0,7	1%
Overig		10,2	14%
Totaal		75,1	100%

In tabel 6.10 staan de vegetaties waaruit de Associatie Veenmosrietland is ontstaan in de Nieuwkoopse Plassen, in de periode 1996/97 – 2007/09. In de Nieuwkoopse Plassen is in de

karteringen onderscheid gemaakt tussen een licht verdroogde vorm van Veenmosrietland, dat is SBB-type 9A2b subassociatie van Pijpenstrootje, en de Associatie zonder nadere specificatie (SBB-type 9A2). In dit laatste type treedt Pijpenstrootje minder naar voren dan in de subassociatie met Pijpenstrootje, zodat we dit interpreteren als de typische vorm van de Associatie Veenmosrietland (SBB-type 9A2a). Dat is een in botanisch opzicht beter ontwikkelde vorm, die duidt op stabielere en/of hogere grondwaterstanden. De analyse van de ontwikkeling van 1996/97 naar 2007/09 is uitgevoerd op ca. 80,5 ha, bestaande uit 5,6 ha van de typische subassociatie en 75,1 ha van de subassociatie van Pijpenstrootje (tabel 6.10). De typische vorm van het Veenmosrietland (9A2) bleek in 2007/09 vrijwel volledig beperkt te zijn tot de Centrale Zudden. Van de in 2007/09 aanwezige 5,6 ha was in 1996/97 ook al 0,7 ha (12%) aanwezig in de goed ontwikkelde vorm, die daar dus ca. 12 jaar heeft standgehouden. Ongeveer 3,3 ha (59%) van het in 2007/09 aanwezige areaal hiervan werd in 1996/97 nog gekarteerd als licht verdroogde vorm (SBB-type 9A2b), zodat hier sprake is van een kwaliteitsverbetering. De ontwikkeling naar de licht verdroogde subassociatie met Pijpenstrootje is onderzocht op 75 ha. Hiervan is 44,4 ha (59%) in 1996/97 ook al gekarteerd als subassociatie van Pijpenstrootje en 4,3 ha (6%) was in 1996/97 nog aanwezig in de typische subassociatie. Daarmee is zo'n $\frac{2}{3}$ deel van het areaal in 2009 in 1996/97 ook al Veenmosrietland. Nog eens ca. 5,6 ha Veenmosrietland is ontstaan uit andere (romp)gemeenschappen van de Klasse der Kleine zeggen.

Tabel 6.11. Vegetaties in 1993 waaruit de Associatie Veenmosrietland subassociatie van Pijpenstrootje is ontstaan in 2001 in de Rottige Meenthe. Ontwikkelingen op minder dan 0,05 ha zijn cursief gedrukt.

Table 6.11. Vegetations in 1993 from where the Association Veenmosrietland subassociation of Pijpenstrootje has developed in 2001 in the Rottige Meenthe. Developments less than 0,05 ha are highlighted in Italics.

Naar subassociatie van Pijpenstrootje (SBB 9A2b)			
Vegetatietype	SBB-type 1993	ha	%
<u>Klasse der Kleine zeggen + Moerasheide</u>			
Veenmosrietland, subassociatie van Pijpenstrootje	9A2b	43,4	59%
Derivaatgemeenschap Gewoon haarmos	9/c	3,8	5%
Rompgemeenschap Pijpenstrootje-Gewoon veenmos	9-i	1,9	3%
Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge, typische subassociatie	9A3a	0,6	1%
Overige vegetaties Klasse der kleine zeggen	9	0,5	1%
<u>Riet-klasse + watervegetaties</u>			
Rompgemeenschap Riet	8-f	11	15%
Rompgemeenschap Paddenrus	8C-e	2,5	3%
Riet-Associatie	8B3	2,2	3%
Rompgemeenschap Pluimzegge	8C-c	1,7	2%
Rompgemeenschap Rietgras	8-b	0,5	1%
Overige vegetaties van het Verbond der grote zeggen	8C	0,5	1%
<u>Struweel en bos</u>			
Overig Bossen, struwelen en ruigten		0,6	1%
<u>Graslanden</u>			
Rompgemeenschap Gewoon struisgras-Gewoon biggenkruid	16-i	1,1	2%
Overige graslanden		1,7	2%
Open water	50A	0,9	1%
Overig		0,8	1%
Totaal		73,7	100%

In tabel 6.11 is voor de Rottige Meenthe weergegeven uit welke vegetaties de Associatie Veenmosrietland is in de periode 1993 - 2001. Het onderzochte areaal Veenmosrietland in 2001 (73,7 ha) bestaat volledig uit de subassociatie van Pijpenstrootje. Ongeveer 43,3 ha (59%) hiervan was in 1993 ook al aanwezig als Veenmosrietland subassociatie van Pijpenstrootje. Daarnaast is zo'n 6,9 ha (9%) ontstaan uit verwante, maar meer regenwater gevoede vegetaties van de Klasse der Kleine zeggen. Ongeveer 17,4 ha (24%) is ontstaan uit diverse vegetaties van de Riet-klasse, vooral uit een soortenarme dominantiegemeenschap van Riet. De licht verdroogde vorm van het Veenmosrietland kan dus in 8 jaar ontstaan uit een dominantiegemeenschap van Riet waarin veenmossen nog geen belangrijke rol spelen.

Tabel 6.12. Vegetaties in 2001 waaruit de Associatie Veenmosrietland is ontstaan in 2013, in de Rottige Meenthe.

Table 6.12. Vegetations in 2001 from where the Association Veenmosrietland has developed in 2013 in the Rottige Meenthe.

Naar typische subassociatie (SBB 9A2a)			
Vegetatietype	SBB-type 2001	ha	%
<u>Klasse der Kleine zeggen + Moerasheide</u>			
Veenmosrietland, subassociatie van Pijpenstrootje	9A2b	10,5	60%
<u>Riet-klasse + watervegetaties</u>			
Riet-Associatie	8B3	2,4	14%
Rompgemeenschap Riet	8-f	2,1	12%
<u>Graslanden</u>			
Klasse der vochtige graslanden	16	0,5	3%
Overig		0,5	3%
Niet-gekarteerd	400	1,5	8%
Totaal		17,5	100%

Naar subassociatie van Pijpenstrootje (SBB 9A2b)			
Vegetatietype	SBB-type 2001	ha	%
<u>Klasse der Kleine zeggen + Moerasheide</u>			
Veenmosrietland, subassociatie van Pijpenstrootje	9A2b	35,3	80%
Derivaatgemeenschap Gewoon haarmos	9/c	1,6	4%
<u>Riet-klasse + watervegetaties</u>			
Riet-Associatie	8B3	1,8	4%
Rompgemeenschap Riet	8-f	0,9	2%
Overige vegetaties Riet-klasse	8	0,5	1%
<u>Graslanden</u>			
Rompgemeenschap Pijpenstrootje-Gewoon veenmos	16A-e	0,9	2%
Rompgemeenschap Moerasstruisgras	16A-c	0,8	2%
Overige graslanden		0,6	1%
Overig		1,4	3%
Niet-gekarteerd	400	1	2%
Totaal		43,9	100%

In tabel 6.12 staan de vegetaties waaruit de Associatie Veenmosrietland is ontstaan in de Rottige Meenthe, in de periode 2001 – 2013. In totaal is de analyse uitgevoerd op 61,4 ha. In tegenstelling tot de Nieuwkoopse Plassen, is in de Rottige Meenthe geen patroon herkenbaar in de ruimtelijke verdeling van de veenmosrietlanden. De tabel is uitgesplitst in ontwikkelingen naar de typische subassociatie van het Veenmosrietland (17,5 ha) en die naar de licht verdroogde vorm met Pijpenstrootje (43,9 ha).

In de periode 2001 – 2013 is de typische vorm het Veenmosrietland vooral ontstaan uit de subassociatie met Pijpenstrootje (10,5 ha; 60%). Verder is 4,5 ha (26%) ontstaan uit minder veenmosrijke rietlanden. Van de vorm met Pijpenstrootje is 35,3 ha (80%) in 2001 al in die vorm aanwezig. Daarnaast is nieuw areaal ontstaan uit de Derivaatgemeenschap (DG) Gewoon haarmos (1,6 ha; 4%), en minder veenmosrijke rietlanden (3,2 ha; 7%).

Ontwikkeling vanuit de Associatie Veenmosrietland

De vegetatieontwikkeling vanuit de Associatie Veenmosrietland in de Nieuwkoopse Plassen is samengevat in tabel 6.13. De ontwikkelingen zijn onderverdeeld in ontwikkelingen vanuit de beter ontwikkelde Associatie (SBB-type 9A2; totaal 12,2 ha) en de licht verdroogde subassociatie van Pijpenstrootje (SBB-type 9A2b; totaal 189,1 ha).

Op 0,7 ha (6%) van het areaal waarop in 1996/97 de typische subassociatie van Veenmosrietland (9A2) aanwezig was, is dit in 2007/09 nog steeds aanwezig. Op 4,3 ha (35%) is de subassociatie van Pijpenstrootje ontstaan. Een even groot areaal heeft zich in deze periode ontwikkeld tot verschillende rompgemeenschappen van de Klasse der Kleine zeggen (inclusief een klein areaal moerasheide).

De ontwikkeling van de Associatie Veenmosrietland subassociatie van Pijpenstrootje, is onderzocht op 189,1 ha. Hiervan heeft 3,3 ha (2%) zich in de periode 1996/97 – 2009 ontwikkeld tot de typische subassociatie. Op 44,4 ha (24%) is de vegetatie in 2009 opnieuw gekarteerd als subassociatie van Veenmosrietland. Het overgrote deel heeft zich echter ontwikkeld tot meer regenwaterafhankelijke vegetaties van de Klasse der Kleine zeggen. Hierbij valt vooral de 53,3 ha (28%) op die zich heeft ontwikkeld tot de RG Pijpenstrootje-Gewoon veenmos, en 41,0 ha (22%) die zich heeft ontwikkeld tot moeilijk plaatsbare 'overige' vegetaties van de Klasse der Kleine zeggen. Deze laatste categorie betreft veelal typen met verzuringsindicatoren als Moerasstruisgras, Hennegrass en veenmossen of Veenpluis.

In tabel 6.14 is voor de Rottige Meenthe weergegeven welke vegetaties in 2001 zijn ontstaan op plekken waar in 1993 de Associatie Veenmosrietland subassociatie van Pijpenstrootje aanwezig was. In 1993 is alleen de subassociatie van Pijpenstrootje gekarteerd. De ontwikkeling vanuit dit deze subassociatie is geanalyseerd op 51,1 ha. Hiervan is 42,4 ha (83%) in 2001 wederom gekarteerd als Veenmosrietland subassociatie van Pijpenstrootje, zodat de subassociatie 8 jaar stand heeft gehouden. Daarnaast heeft 2,8 ha (5%) zich ontwikkeld tot verarmde vegetaties van de Klasse der Kleine zeggen. Op 3,0 ha (6%) zijn vegetaties van de Riet-klasse ontstaan. Hier is het aandeel van veenmossen in de vegetatie dus afgenomen.

Tabel 6.13. Vegetaties in 2009 die zijn ontstaan uit de Associatie Veenmosrietland in 1996/97, in de Nieuwkoopse Plassen. Uitgesplitst naar ontwikkelingen vanuit een beter ontwikkelde vorm (9A2) en een verdroogde vorm (subassociatie van Pijpenstrootje).

Table 6.13. Vegetations in 2009 that have developed from the Association Veenmosrietland in 1996/97 in the Nieuwkoopse plassen. Subdivided to developments from a well developed vegetation (9A2) and a more dessicated vegetation (subassociation of Pijpenstrootje).

Uit Associatie Veenmosrietland (SBB 9A2)			
Vegetatietype	SBB-type 2009	ha	%
<u>Klasse der Kleine zeggen + Moerasheide</u>			
Veenmosrietland	9A2	0,7	6%
Veenmosrietland, subassociatie van Pijpenstrootje	9A2b	4,3	35%
Rompgemeenschap Pijpenstrootje-Gewoon veenmos	9-i/16A-e	1,9	16%
Rompgemeenschap Hennegras	9-g	0,7	6%
Overige vegetaties van klasse 9 + Moerasheide		1,7	14%
<u>Riet-klasse + watervegetaties</u>			
Rompgemeenschap Riet	8-f	0,7	6%
<u>Struweel, bos en ruigte</u>			
Derivaatgemeenschap Zwarte appelbes	40A/a	0,7	6%
Overige Bossen, struwelen & ruigten		0,5	4%
<u>Graslanden</u>			
RG Moerasrolklaver-Echte koekoeksbloem	16B-b	0,7	6%
Overig		0,3	2%
Totaal		12,2	100%

Uit subassociatie van Pijpenstrootje (SBB 9A2b)			
Vegetatietype	SBB-type 2009	ha	%
<u>Klasse der Kleine zeggen + Moerasheide</u>			
Veenmosrietland	9A2	3,3	2%
Veenmosrietland, subassociatie van Pijpenstrootje	9A2b	44,4	24%
Rompgemeenschap Pijpenstrootje-Gewoon veenmos	9-i/16A-e	53,3	28%
Rompgemeenschap Hennegras	9-g/8C-f	12,6	7%
Derivaatgemeenschap Gewoon haarmos	9/c	0,5	0%
Overige vegetaties van 9A en trilveen		0,5	0%
Overige vegetaties van klasse 9		41,0	22%
Moerasheide	11B2	3,3	2%
<u>Riet-klasse + watervegetaties</u>			
Rompgemeenschap Riet	8-f	6,3	3%
Riet-Associatie	8B3	1,1	1%
<u>Struweel, bos en ruigte</u>			
DG Zwarte appelbes	40A/a	2,1	1%
Elzen-verbond	39A	1,9	1%
RG Gewone braam	40A-c	1,0	1%
Associatie van Moerasspirea en Valeriaan	32A1	3,7	2%
Overige Bossen, struwelen & ruigten		1,5	1%
<u>Graslanden</u>			
RG Moerasrolklaver-Echte koekoeksbloem	16B-b	10,0	5%
Overig		2,6	1%
Totaal		189,1	100%

Tabel 6.14. Vegetatietypen in de Rottige Meenthe in 2001, die zijn ontstaan uit de Associatie Veenmosrietland subassociatie van Pijpenstrootje (SBB 9A2b) in 1993.

Table 6.14. Vegetation types in the Rottige Meenthe in 2001, that have developed from the Association Veenmosrietland subassociation of Pijpenstrootje (SBB 9A2b) in 1993.

Vegetatietype	SBB-type 2001	ha	%
<u>Klasse der Kleine zeggen + Moerasheide</u>			
Veenmosrietland, subassociatie van Pijpenstrootje	9A2b	42,4	83%
Rompgemeenschap Pijpenstrootje-Gewoon veenmos	9-i/16A-e	1,1	2%
Derivaatgemeenschap Gewoon haarmos	9/c	1	2%
Overige vegetaties Klasse der kleine zeggen	9	0,7	1%
<u>Riet-klasse + watervegetaties</u>			
Riet-Associatie	8B3	2,1	4%
Rompgemeenschap Riet	8-f	0,9	2%
<u>Graslanden</u>			
Overige graslanden		1,2	2%
Niet-gekarteerd	400	1,2	2%
Overig		0,4	1%
Totaal		51,1	100%

Tabel 6.15. Vegetaties in de Rottige Meenthe in 2013, die zijn ontstaan uit de Associatie Veenmosrietland subassociatie van Pijpenstrootje (SBB 9A2b) in 2001.

Table 6.15. Vegetations in the Rottige Meenthe in 2013, that have developed from the Association Veenmosrietland subassociation of Pijpenstrootje (SBB 9A2b) in 2001.

Vegetatietype	SBB-type 2013	ha	%
<u>Klasse der Kleine zeggen + Moerasheide</u>			
Veenmosrietland, typische subassociatie	9A2a	11,2	16%
Veenmosrietland, subassociatie van pijpestrootje	9A2b	34,2	48%
Rompgemeenschap Padderus	9-j	4,2	6%
Derivaatgemeenschap Gewoon haarmos	9/c	2,0	3%
Rompgemeenschap Hennegrass	9-g	1,9	3%
Rompgemeenschap Klein blaasjeskruid	9B-a	0,7	1%
Overige vegetaties van de klasse der kleine zeggen	9	2,4	3%
Moerasheide	11B2	1,2	2%
<u>Riet-klasse</u>			
Riet-Associatie	8B3	3,8	5%
Rompgemeenschap Riet	8-f	0,7	1%
Rompgemeenschap Plumzegge	8C-c	0,7	1%
Verbond der grote Zeggen	8C	0,5	1%
<u>Struweel, bos en ruigte</u>			
Rompgemeenschap Zachte berk	39A-f	2,2	3%
Rompgemeenschap Haagwinde-Riet	32-c	0,8	1%
Associatie van Grauwe wilg	36A2	0,8	1%
Overige bossen, struwelen en ruigten		0,9	1%
<u>Graslanden</u>			
Rompgemeenschap Blauwe knoop-Blauwe zegge	16A-a	0,8	1%
Overige vegetaties van de Klasse der vochtige graslanden	16	1,0	1%
Overig		0,6	1%
Niet-gekarteerd	300	1,0	1%
Totaal		71,6	100%

In tabel 6.15 staan de vegetaties in de Rottige Meenthe, die in 2013 zijn ontstaan uit de Associatie Veenmosrietland subassociatie van Pijpenstrootje. Net als in 1993 in het geval was, is in 2001 alleen de licht verdroogde subassociatie van Pijpenstrootje gekarteerd. De ontwikkeling hiervan is geanalyseerd op 71,6 ha. Hiervan is 34,2 ha (48%) in 2013 opnieuw gekarteerd als subassociatie van Pijpenstrootje. Op 11,2 ha (16%) heeft de vegetatie zich ontwikkeld tot de typische vorm van het Veenmosrietland en op 1,2 ha (2%) is moerasheide ontstaan. Op ongeveer 6,3 ha (15%) heeft zich een ontwikkeling voorgedaan naar diverse romp- en derivaatgemeenschappen van de Klasse der Kleine zeggen (SBB-9; 9-g; 9-j; 9/c). Op 4,2 ha (6%) is de Rompgemeenschap van Paddenrus ontstaan.

Op 5,7 ha (8%) heeft de vegetatie zich ontwikkeld tot minder veenmosrijke vegetaties van de Riet-klasse. Daarnaast is verruiging naar bos, struweel en rietruigten opgetreden (4,7 ha; 7%), en op een klein areaal (1,8 ha; 3%) zijn graslanden ontstaan, vooral de RG Blauwe knoop-Blauwe zegge.

6.5.3 Conclusies en discussie van de hoofdlijnen van de successie

Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge

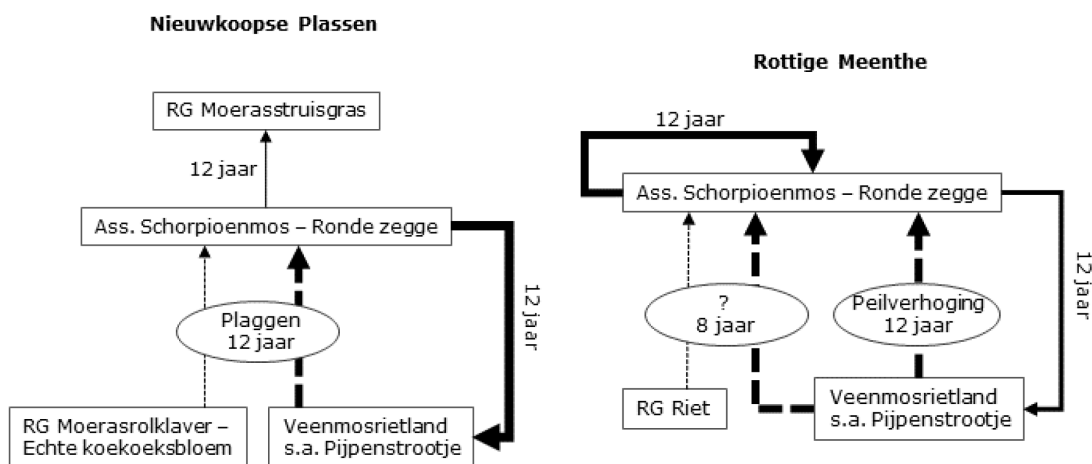
In figuur 6.12 zijn de conclusies weergegeven over de vegetatieontwikkeling naar en vanuit de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge in de beide onderzochte gebieden. In de Nieuwkoopse Plassen was de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge in 1996/97 aanwezig in deelgebied De Haak. Hier was ze vrijwel verdwenen in 2009 (figuur 6.7 en 6.8; tabel 6.7), ondanks dat met kleinschalig plaggen, begreppelen en bevoeien is gepoogd deze vegetatie te behouden (sectie 6.2). Waardoor deze vegetatie is verdwenen is onbekend. In de Centrale Zudden is de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge nieuw ontstaan tussen 1996/97 en 2009, maar alleen na het plaggen van Veenmosrietland, Moerasheide, rietland en matig voedselrijk grasland (figuur 6.8; tabel 6.4).

Het is opvallend dat deze ontwikkeling op plagplekken alleen is opgetreden in de Centrale Zudden. Hier zorgen lange aanvoerwegen van oppervlaktewater voor de laagste fosfaatgehalten in de Nieuwkoopse Plassen (mond. med. M. van Schie, Natuurmonumenten). Bovendien wordt door plaggen niet alleen de voedselrijke toplaag van de bodem verwijderd, maar wordt het maaiveld ook dichter bij het basenhoudende grond- en oppervlaktewater gebracht.

In de Rottige Meenthe heeft de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge op een aantal locaties in het kerngebied stand gehouden van 1993 t/m 2013 (figuur 6.9, 6.10 en 6.11). Doordat de Associatie in 1993 op de meeste locaties minder dan 50% van het vegetatievlak bedekte, kon de vegetatieontwikkeling vanaf 1993 niet goed worden onderzocht (tabel 6.8). Van het in 2001 aanwezige areaal van de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge heeft ongeveer de helft standgehouden tot en met 2013 (tabel 6.9). Daarnaast heeft de Associatie zich uit weten te breiden, vooral vanuit Veenmosrietland, maar ook vanuit vegetaties van de Riet-klasse en voedselarme graslanden (tabel 6.5 en 6.6).

Deze gunstige ontwikkelingen lijken het gevolg te zijn van de verbetering van de waterhuishouding vanaf 1996, waarbij forse peilverhogingen zijn gerealiseerd (tot 1,5 m) en de oppervlaktewaterkwaliteit is verbeterd door lange aanvoerwegen te realiseren (sectie 6.2). De uitbreiding van de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge is bovendien vrijwel alleen opgetreden in de kern van de Rottige Meenthe. Juist hier moet het aanvoerwater een lange weg afleggen. Bovendien wordt er 's zomers een iets lager oppervlaktewaterpeil gehanteerd dan in de omgeving, waardoor ondergrondse toestroom van basenhoudend water uit de omgeving is te verwachten. Dit lijkt zich vooral aan de oostkant van het peilvak voor te doen, waar peilverhoging in het naastgelegen petgat enkele hooilanden dusdanig heeft vernat dat zomermaai-beheer niet langer mogelijk was (mond. med. A. Rozema, Staatsbosbeheer). De Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge heeft zich inderdaad vooral hier uitgebreid.

Als het niet standhoudt, ontwikkeld de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge zich in beide gebieden vooral tot de Associatie Veenmosrietland subassociatie van Pijpenstrootje van (tabel 6.7 t/m 6.9). In de Nieuwkoopse Plassen treedt ook ontwikkeling naar de RG Moerasstruisgras, die over het algemeen in sterker regenwaterafhankelijke situaties optreedt.



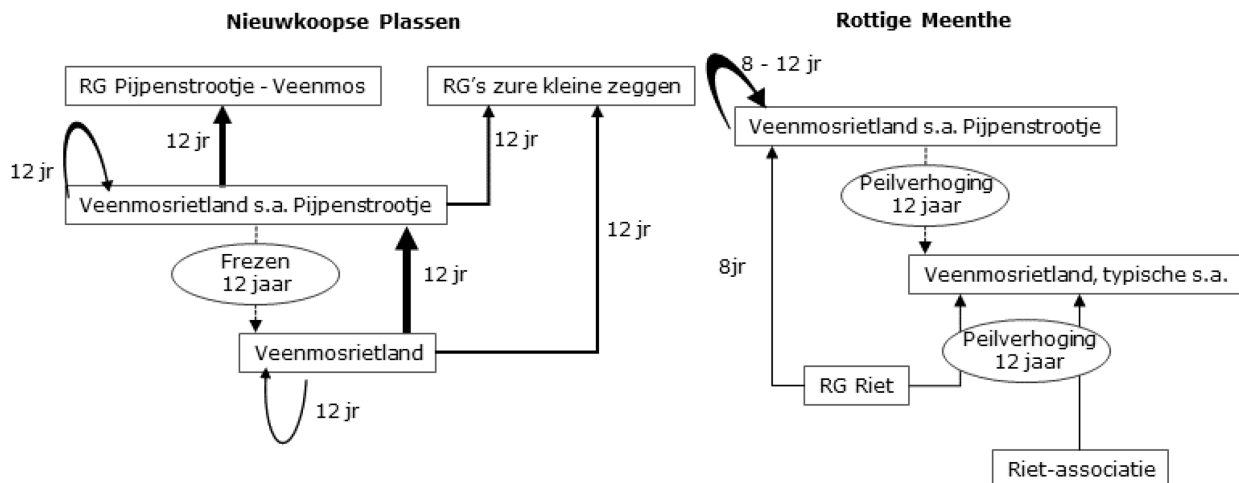
Figuur 6.12. Vegetatieontwikkelingsschema's van de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge in de beide gebieden. Ononderbroken pijlen geven veronderstelde successielijnen weer, gestippelde pijlen zijn ontwikkelingen door beheeringrepen. Hoe dikker de pijl, hoe groter het aandeel van de ontwikkeling.
Figure 6.12. Schematic presentation of the vegetation development from the Association of Schorpioenmos en Ronde zegge in both areas. Straight arrows show the presumed succession, dotted arrows developments initiated by management. Thicker arrows show a relative larger input of the development.

Associatie Veenmosrietland

In figuur 6.13 zijn de conclusies weergegeven met betrekking tot de vegetatieontwikkeling naar en vanuit de Associatie Veenmosrietland. In beide gebieden komt en kwam vooral de licht verdroogde subassociatie van Pijpenstrootje voor.

In de Nieuwkoopse Plassen ontwikkelde een aanzienlijk deel van de subassociatie van Pijpenstrootje zich naar vegetaties van sterker verzuurde en/of verdroogde omstandigheden, te weten de rompgemeenschap Pijpenstrootje-veenmos en diverse rompgemeenschappen van de zure kleine zeggen (tabel 6.13). Door frezen van botanisch verarmde veenmosrijke rietlanden heeft zich lokaal weer de beter ontwikkelde typische vorm van de Associatie Veenmosrietland ontwikkeld (tabel 6.10). De typische vorm van het Veenmosrietland heeft sterk de neiging zich weer te ontwikkelen naar het Veenmosrietland subassociatie van Pijpenstrootje en diverse rompgemeenschappen van de zure kleine zeggen (tabel 6.13). Een klein deel houdt tenminste 12 jaar stand als Associatie Veenmosrietland typische subassociatie.

In de Rottige Meenthe is tot en met 2001 alleen de subassociatie van Pijpenstrootje gekarteerd. Het merendeel hiervan is 8 of 12 jaar later tot de dezelfde subassociatie gerekend (tabel 6.14 en 6.15). Vooral in de periode 1993 – 2001 is de subassociatie van Pijpenstrootje eveneens ontstaan uit minder veenmosrijke rietlanden van de Riet-klasse (tabel 6.11). In de periode 2001 – 2013 heeft een deel van het Veenmosrietland subassociatie van Pijpenstrootje zich ontwikkeld tot de typische vorm (tabel 6.15), en ontwikkelden vegetaties van de Riet-klasse zich iets vaker tot de typische vorm van het Veenmosrietland, dan tot de subassociatie met Pijpenstrootje (tabel 6.12).



Figuur 6.13. Vegetatieontwikkelingsschema's van de Associatie van Veenmosrietland in de beide gebieden. Ononderbroken pijlen geven veronderstelde successielijnen weer, gestippelde pijlen zijn ontwikkelingen door beheeringrepen. Hoe dikker de pijl, hoe groter het aandeel van de ontwikkeling.

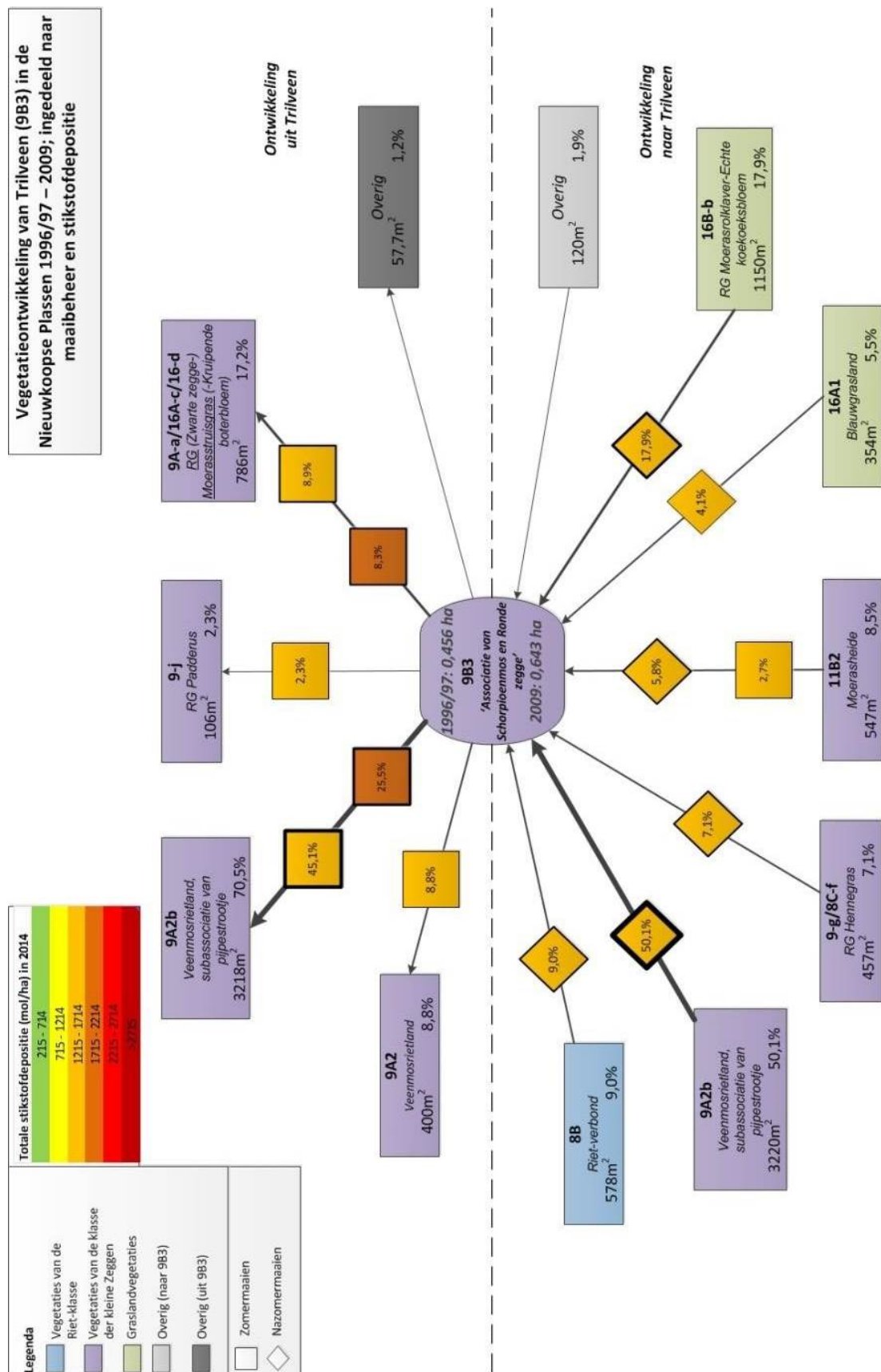
Figure 6.13. Schematic presentation of the vegetation development from the Association of Veenmosrietland in both areas. Straight arrows show the presumed succession, dotted arrows show developments initiated by management. Thicker arrows show a relative larger input of the development.

6.6 Relaties met stikstofdepositie en maaibeheer

Om te achterhalen of de vegetatieontwikkeling correleert met de mate van stikstofdepositie en het gevoerde vegetatiebeheer, zijn de vegetatieontwikkelingen (sectie 6.4) uitgesplitst naar het gevoerde maaibeheer en de door Aerius berekende stikstofdepositie in 2014 (sectie 6.2). Het resultaat hiervan wordt eerst besproken voor de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge, en vervolgens voor de Associatie Veenmosrietland.

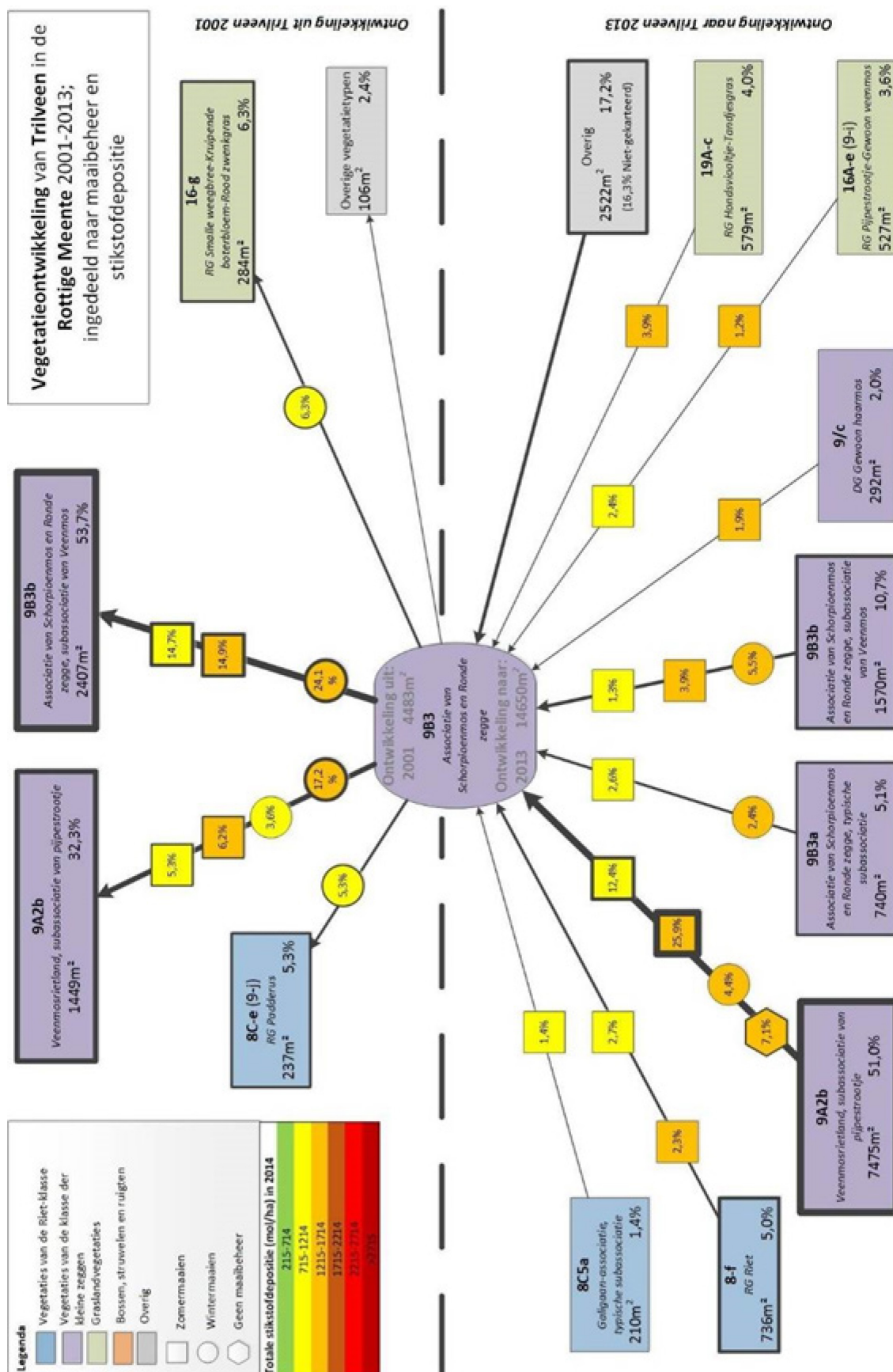
6.6.1 Trilveen: de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge

De vegetatieontwikkeling naar en vanuit de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge is samengevat in figuur 6.14 en 6.15. In figuur 6.14 staat het resultaat voor de Nieuwkoopse Plassen, en figuur 6.15 geeft het resultaat voor de Rottige Meenthe. Voor de Rottige Meenthe is de vegetatieontwikkeling alleen voor de periode 2001 – 2013 uitgesplitst naar het gevoerde beheer en de stikstofdepositie, omdat hierover geen gegevens beschikbaar waren voor de periode 1993 – 2001.



Figuur 6.14. Vegetatieontwikkeling naar en vanuit de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge in de Nieuwkoopse Plassen in de periode 1996/97 - 2009, uitgesplitst naar beheervorm (tabel 6.1) en de door Aerius berekende stikstofdepositie in 2014.

Figure 6.14. Vegetation development to and from the Association of Schorpioenmos en Ronde zegge in the Nieuwkoopse Plassen in 1996/97 – 2009, subdivided into management (table 6.1) and the calculated N-deposition values in 2014 (AERIUS).



Figuur 6.15. Vegetatieontwikkeling naar en vanuit de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge in de Rottige Meenthe in de periode 2001 - 2013, uitgesplitst naar beheervorm (tabel 6.2: 'zomermaaien' is beschreven als 'nazomer-maaien') en de door AERIUS berekende stikstofdepositie in 2014.

Figure 6.15. Vegetation development to and from the Association of Schorpioenmos en Ronde zegge in the Rottige Meenthe in 2001 - 2013, subdivided into management (table 6.2) and the calculated N-deposition values in 2014 (AERIUS).

Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge in de Nieuwkoopse Plassen

In figuur 6.14 staat de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge centraal in de figuur, in een afgerond kader. In dit kader staat:

- het in 1996/97 aanwezige areaal van de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge dat is meegenomen in de analyse van de vegetatieontwikkeling vanuit deze Associatie (bovenin; in ha);
- de SBB-code en naam van het vegetatietype (vetgedrukt);
- het in 2009 aanwezige areaal van de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge dat is meegenomen in de analyse van de vegetatieontwikkeling die leidt tot het ontstaan van deze Associatie (onderin; in ha).

Merk op dat het areaal waarop de analyse van vegetatieontwikkeling naar de Associatie is uitgevoerd niet gelijk is aan het areaal waarop de analyse van de vegetatieontwikkeling vanuit de Associatie is uitgevoerd (zie par. 6.3).

Met pijlen naar centraal geplaatste, afgeronde kader is aangegeven uit welke vegetatietypen de Associatie is ontstaan in de periode 1996/97 – 2007/09. Dat is dus het onderste deel van de figuur (onder de onderbroken lijn). De vegetatietypen zijn in vierkante kaders geplaatst. De kleur waarin deze kaders zijn gearceerd geeft aan of een vegetatietype behoort tot de Riet-klasse, Klasse der kleine zeggen plus Moerasheide, grasland, of een restklasse overig. In ieder kader is aangegeven:

- de SBB-code van het vegetatietype (vetgedrukt);
- de naam van het type (cursief);
- het oppervlak waarop deze ontwikkeling is waargenomen (linksonder; in m²)
- het relatieve aandeel van het geanalyseerde oppervlak waarop deze ontwikkeling is waargenomen (rechtsonder; als %)

De dikte van de pijl naar de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge is gerelateerd aan het relatieve aandeel dat een vegetatieontwikkeling heeft in het ontstaan van de Associatie. Op 50,1% van het in 2007/09 aanwezige areaal (totaal 0,643 ha = 6.430 m²) is de Associatie dus ontstaan 9A2b Veenmosrietland, subassociatie van Pijpenstrootje, en op 17,9% is de Associatie ontstaan uit 16B-b RG Moerasrolklaver-Echte koekoeksbloem (vergelijk figuur 6.12). Daarnaast zijn kleinere delen van het in 2009 aanwezige areaal ontstaan uit andere vegetaties (vergelijk tabel 6.4). Alleen de (zeer beperkte) ontwikkeling vanuit 16A1 Blauwgrasland is opgetreden zonder beheeringrepen. Alle ontwikkelingen vanuit andere vegetaties zijn pas op gang gekomen nadat de percelen zijn geplagd, zodat het eigenlijk nieuwe ontwikkelingen op min of meer kale bodem betreft.

In de pijlen is met ruiten en vierkanten aangegeven of de ontwikkeling is opgetreden onder invloed van nazomermaaibeheer (ruit) of zomermaaibeheer (vierkant; zie tabel 6.1). In de Nieuwkoopse Plassen is de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge dus vrijwel alleen onder invloed van nazomermaaien ontstaan (en steeds na plaggen).

De kleur van de ruiten en vierkanten in de pijlen geeft aan bij welke berekende stikstofdepositie de ontwikkeling is opgetreden. In de Nieuwkoopse Plassen is de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge uitsluitend ontstaan bij een stikstofdepositie van 1215 – 1714 mol N/ha in 2014. Daarmee ligt de berekende stikstofdepositie steeds boven de kritische depositiewaarde voor H7140A Trilveen, die is vastgesteld op 1214 mol N/ha/jaar (**Van Dobben et al., 2012**).

De vegetatieontwikkeling vanuit de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge is weergegeven met peilen vanuit het centraal geplaatste, afgeronde kader. Dat is dus het bovenste deel van de figuur (boven de onderbroken lijn). De vegetatietypen die zijn ontstaan uit de Associatie zijn wederom in vierkante kaders geplaatst, het maaibeheer en de stikstofdepositie zijn wederom weergegeven met vormen en kleuren in de pijlen. De informatie is op dezelfde manier gevisualiseerd als voor de ontwikkeling naar de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge.

In de Nieuwkoopse Plassen heeft de Associatie zich in de periode 1996/97 – 2007/09 dus vooral ontwikkeld tot Veenmosrietland, subassociatie van Pijpenstrootje (70,5%) en de RG Moerasstruisgras en andere zure kleine zeggenrompen (17,2%; vergelijk figuur 6.12). Daarnaast zijn kleine delen van het in 1996/97 aanwezige areaal overgegaan in andere vegetaties (vergelijk tabel 6.7). Alle deze vegetatieontwikkelingen zijn opgetreden onder invloed van zomermaaien. Dat is een verschil met de ontwikkeling naar de Associatie, die uitsluitend is waargenomen onder invloed van nazomermaai-beheer. Het is onzeker of dit verschil in maaibeheer daadwerkelijk van invloed is, of dat het een artefact is van het geringe areaal waarop de ontwikkeling van de Associatie kon worden geanalyseerd.

De meeste ontwikkelingen vanuit de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge zijn waargenomen bij een stikstofdepositie van 1215 – 1714 mol N/ha in 2014, maar de beide meest voorkomende ontwikkelingen zijn ook opgetreden bij een hogere depositie van 1715 – 2214 mol N/ha in 2014. Daarmee zijn de depositiewaarden voor de ontwikkeling vanuit de Associatie deels hoger dan die voor de ontwikkeling naar de Associatie. Dat heeft tenminste deels te maken met de locatie: de ontwikkeling vanuit de Associatie is gebaseerd op ontwikkelingen in deelgebied De Haak, terwijl de ontwikkeling naar de Associatie vrijwel volledig is gebaseerd op ontwikkelingen in deelgebied de Centrale Zudden. In De Haak is de depositie op enkele plaatsen hoger dan in de Centrale Zudden (figuur 6.1). Daarom is onzeker of het waargenomen verschil in stikstofdepositie geen artefact is van het kleine areaal waarop de analyse kon worden uitgevoerd.

Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge in de Rottige Meenthe

In figuur 6.15 is de vegetatieontwikkeling naar en vanuit de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge in de Rottige Meenthe samengevat voor de periode 2001 – 2013. Ook in de Rottige Meenthe is het grootste deel van de in 2013 aanwezige Associatie ontstaan uit 9A2b Veenmosrietland subassociatie van Pijpenstrootje (51%), maar daarnaast was ook een aanzienlijk deel in 2001 al aanwezig als Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge (15,8%). Verder zijn delen ontstaan uit sterker verzuurde rietlanden (9/c en 16A-e/9-i; samen 5,6%) en is een deel ontstaan uit vegetaties van de Riet-klasse (6,4%) en uit voedselarme graslanden (4,0%). Al deze ontwikkelingen zijn opgetreden in de kern van de Rottige Meenthe, nadat het gebied sterk is vernat en de oppervlaktewaterkwaliteit is verbeterd vanaf 1996 (sectie 6.4).

In de Rottige Meenthe is de Associatie vooral ontstaan onder invloed van maaibeheer in augustus/september. Dit wordt in figuur 6.15 aangeduid als 'zomermaai-beheer', maar is vrijwel gelijk met het nazomer-maaibeheer dat wordt gehanteerd in de Nieuwkoopse Plassen. Daarom is het in tabel 6.2 ook beschreven als nazomer-maaibeheer. Vanuit de Associatie Veenmosrietland en de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge kan de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge echter ook ontstaan, respectievelijk behouden blijven, onder invloed van wintermaai-beheer. In een klein deel Veenmosrietland is de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge ontstaan zonder maaibeheer. Vermoedelijk is deze laatste ontwikkeling opgetreden in een deel Veenmosrietland dat tussen 2001 en 2013 dusdanig vernat is, dat het niet langer begaanbaar was voor maaimachines.

In de Rottige Meenthe is de Associatie ontstaan onder beide daar veelvuldig voorkomende stikstofdepositieklassen (vergelijk figuur 5.1) De laagste van deze klassen ligt met 715 – 1214 mol N/ha in 2014 onder de kritische depositiewaarde van 1214 mol N/ha/jr. De hogere klasse van 1215 – 1714 mol N/ha in 2014 ligt boven de kritische depositiewaarde en komt overeen met de waarde waarbij de Associatie ontstond in de Nieuwkoopse Plassen.

Op 53,7% van het geanalyseerde areaal van de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge in 2001 (totaal 4.483 m²), is deze Associatie nog steeds aanwezig in 2013. Dit gebeurt zowel onder invloed van maaibeheer in augustus/september, als bij maaien in november – 15 maart. Er is dus geen duidelijke relatie met het maaibeheer. Behoud van de Associatie treedt ook zowel op bij een stikstofdepositie onder de kritische depositiewaarde, als bij hogere depositiewaarden. Ook hiermee blijkt dus geen relatie uit deze analyse.

Op 32,3% van het in 2001 aanwezige areaal is in 2013 het type Veenmosrietland subassociatie van Pijpenstrootje ontstaan. Ook deze ontwikkeling treedt zowel op onder invloed van zomermaaien als bij wintermaaien, en bij stikstofdepositiewaarden onder en boven de kritische depositiewaarde voor H7140A Trilveen. Voor de ontwikkeling vanuit de Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge naar Veenmosrietland is in deze analyse dus geen relatie met de stikstofdepositie of het maaibeheer gevonden.

6.6.2 Veenmosrietland

Veenmosrietland typische subassociatie in de Nieuwkoopse Plassen

In figuur 6.16 is de vegetatieontwikkeling naar en vanuit Veenmosrietland typische subassociatie in de Nieuwkoopse Plassen samengevat voor de periode 1996/97-2009. Het grootste deel (59%) van het in 2009 aanwezige areaal (totaal 5,6 ha) is ontstaan uit de subassociatie van Pijpenstrootje. Deze ontwikkeling heeft zich zowel voorgedaan bij nazomermaaien, als bij wintermaaien, en bij een combinatie van beiden. Voor deze ontwikkeling is dus geen relatie met het gevoerde maaibeheer gevonden. Op 12% van het 2009-areaal groeide in 1996/97 ook al een typische vorm van het Veenmosrietland. Dit behoud is alleen waargenomen onder invloed van wintermaaien. Op een klein deel (0,5 ha; 9%) is Moerasheide onder zomermaai-beheer overgegaan in Veenmosrietland.

Het in 1996/97 aanwezige Veenmosrietland, typische subassociatie (totaal 12,2 ha), behoorde 5,5% in 2009 nog tot dezelfde subassociatie. Een groot deel (35%) heeft zich ontwikkeld naar de subassociatie van Pijpenstrootje, of naar andere vegetaties van de Klasse der kleine zeggen (totaal 36%). De meeste van deze vegetatieontwikkelingen hebben zich voorgedaan bij wintermaai-beheer, maar ook onder invloed van zomer- en nazomermaaien zijn deze ontwikkelingen her en der opgetreden.

Het ontstaan of behoud van de typische subassociatie van het Veenmosrietland is alleen waargenomen bij een stikstofdepositie van 1215 - 1714 mol N/ha in 2014. Dit is aanzienlijk hoger dan de kritische depositiewaarde van 714 mol N/ha/yr voor H7140B (**Van Dobben et al., 2012**). Bij deze depositiewaarden is behoud gedurende 12 jaar dus mogelijk, maar ontwikkelt de vegetatie zich ook regelmatig tot de subassociatie van Pijpenstrootje, of naar andere vegetaties van de Klasse der kleine zeggen. Deze ontwikkelingen zijn ook waargenomen bij hogere depositiewaarden (1715 - 2214 mol N/ha in 2014).

Veenmosrietland subassociatie van Pijpenstrootje in de Nieuwkoopse Plassen

In figuur 6.17 is de vegetatieontwikkeling naar en vanuit Veenmosrietland typische subassociatie in de Nieuwkoopse Plassen samengevat voor de periode 1996/97-2009. Het grootste deel van het in 2009 aanwezige areaal (totaal 75 ha) was in 1996/97 ook al Veenmosrietland (beide subassociaties samen 65%). De rest is vooral ontstaan uit matig voedselrijke graslanden, zure kleine zeggenvegetaties en struweel en bos. In de meeste gevallen is het Veenmosrietland ontstaan of behouden onder invloed van wintermaaien, maar op zo'n 12% van het areaal wordt zowel in de nazomer als in de winter gemaaid, en op 8% wordt alleen in de nazomer gemaaid. Er is dus geen eenduidige relatie met het gevoerde maaibeheer.

Van het in 1996/97 aanwezige areaal (189 ha) is in 2009 25% nog steeds Veenmosrietland (beide subassociaties). Meer dan de helft heeft zich ontwikkeld tot meer regenwaterafhankelijke vegetaties van de Klasse der kleine zeggen, met name de RG Pijpestrootje-Gewoon veenmos (28%), RG Hennegras (6,7%) en syntaxonomisch moeilijke plaatsbare vegetaties met Moerasstruisgras en zure kleine zeggen (22%). De meeste van deze vegetatieontwikkelingen hebben zich voorgedaan bij wintermaai-beheer, maar ook onder invloed van zomer- en nazomermaaien zijn deze ontwikkelingen her en der opgetreden.

Zowel het ontstaan of behoud van Veenmosrietland als de ontwikkeling naar een ander type, is vooral waargenomen bij stikstofdepositiewaarden van 1215 – 1714 mol N/ha in 2014, maar op kleine oppervlaktes ook bij depositiewaarden van 1715 – 2214 mol N/ha. Bij deze depositiewaarden is behoud gedurende 12 jaar dus mogelijk, maar ontwikkeld de vegetatie zich ook regelmatig tot een ander type.

Veenmosrietland typische subassociatie en subassociatie van Pijpenstrootje in de Rottige Meenthe

In figuur 6.18 is de vegetatieontwikkeling naar en vanuit de beide subassociaties van het Veenmosrietland in de Rottige Meenthe samengevat voor de periode 2001-2013. In 2001 is alleen de subassociatie van Pijpenstrootje gekarteerd. Hiervan is de vegetatieontwikkeling geanalyseerd op 71,5 ha. In 2013 is 17,5 ha van de typische Associatie en 43,9 ha van de subassociatie met Pijpenstrootje in de analyse opgenomen. In het onderste deel van de figuur is zowel de ontwikkeling naar de typische subassociatie, als die naar de subassociatie met Pijpenstrootje weergegeven. Ontwikkelingen naar de typische subassociatie zijn weergegeven met pijlen met groene maaibeheersymbolen. Ontwikkelingen naar de subassociatie met Pijpenstrootje zijn weergegeven met rode maaibeheersymbolen.

Van het in 2001 aanwezig Veenmosrietland (alleen subassociatie met Pijpenstrootje) behoorde 48% in 2013 nog steeds tot hetzelfde type en heeft 16% zich ontwikkeld tot de typische subassociatie. Deze ontwikkelingen zijn vooral opgetreden onder invloed van wintermaaibeheer, maar lokaal treden ze ook op onder invloed van zomermaaien. Ongeveer 17% heeft zich in de periode 2001-2013 ontwikkeld tot andere vegetaties van de Klasse der kleine zeggen, en nog eens 7% heeft zich ontwikkeld tot vegetaties van de Riet-klasse. Al deze ontwikkelingen komen zowel voor onder invloed van zomer- als van wintermaaien. Veenmosrietland lijkt dus het meest behouden te blijven onder invloed van wintermaaien, maar het kan ook behouden blijven onder invloed van (na)zomermaaien, en zowel onder invloed van winter- als (na)zomermaaien kan zich een andere vegetatie ontwikkelen.

In 2013 is de typische subassociatie (totaal 17,5 ha) vooral ontstaan uit de subassociatie van Pijpenstrootje (60%). Een aanzienlijk deel (26%) hiervan is ontstaan onder invloed van wintermaaibeheer, maar ca. 33% van de typische subassociatie is zonder maaibeheer ontstaan uit de subassociatie met Pijpenstrootje. Daarnaast is de Riet-klasse een aanzienlijke 'bron' voor de typische subassociatie (totaal 26%), zowel onder invloed van wintermaaibeheer (14%) als zonder maaibeheer (12%).

Van het 2013-areaal van de subassociatie van Pijpenstrootje (totaal 43,9 ha) was 80% in 2001 ook al gekarteerd als subassociatie van Pijpenstrootje. Het grootste deel van dit behoud vond plaats onder invloed van wintermaaien (64%), maar 12% van het areaal werd in de nazomer gemaaid, en 4% is behouden zonder maaibeheer. Daarnaast is ook een deel van de subassociatie van Pijpenstrootje nieuw ontstaan in de periode 2001 – 2013. Deze ontwikkeling is vooral waargenomen vanuit vegetaties van de Riet-klasse (totaal 8%) en vanuit gedegradeerde vormen van veenmosrietlanden (s.l.), te weten de DG Gewoon haarmos, RG Moerasstruisgras en de RG Pijpenstrootje-Gewoon veenmos (samen 7%). De ontwikkelingen vanuit de Riet-klasse vonden plaats onder invloed van wintermaaibeheer, terwijl die vanuit de gedegradeerde veenmosrietlanden (s.l.) vooral onder invloed van maaien in de nazomer zijn opgetreden.

Vrijwel alle gevonden vegetatieontwikkelingen vanuit en naar de Associatie Veenmosrietland zijn waargenomen bij 715 - 1214 mol N/ha in 2014 en bij 1215 – 1714 mol N/ha in 2014. Dat geldt ook voor de ontwikkeling vanuit de subassociatie van Pijpenstrootje en de typische subassociatie: beide ontwikkelingen komen bij beide depositieniveaus voor en de verdeling over beide depositieniveaus verschilt weinig tussen de successielijnen. Al met al geeft de uitgevoerde analyse dus geen aanwijzing voor verschillen in successie ten gevolge van verschillen in stikstofdepositieniveaus.

7 Synthese en conclusies

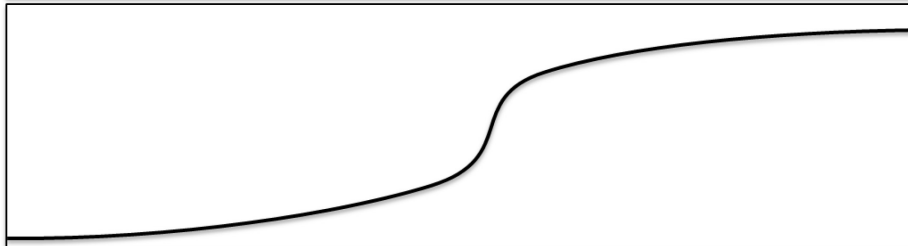
7.1 Effecten van N-depositie in relatie tot standplaatsfactoren en beheer

In de voorliggende eindrapportage zijn de resultaten gepresenteerd van het OBN-project 'Onderzoek effecten van stikstof in overgangs- en trilvenen', dat heeft plaatsgevonden in de periode 2015 - 2017. We hebben in het kader van dit OBN-programma onderzoek uitgevoerd in een groot aantal veengebieden in Nederland en daarnaast ook in een aantal referentiegebieden in het buitenland. Het onderzoek had tot doel om inzicht te krijgen in de mate waarin atmosferische stikstof depositie (N-depositie) een rol speelt bij de achteruitgang en ontwikkeling van de biodiversiteit in overgangs- en trilvenen in Nederland. Door een groot aantal landelijke inspanningen is de totale atmosferische N-depositie in Nederland al flink gedaald sinds de jaren '80 van de vorige eeuw. Desondanks is de huidige depositie nog steeds (veel) te hoog voor diverse typen Nederlandse natuur. Bovendien lijkt de dalende trend van de atmosferische N-depositie op dit moment te stagneren. De kritische depositiewaarden (KDW) die voor de belangrijke en sterk bedreigde subhabitattypen 'trilvenen' en 'veenmosrietlanden' zijn vastgesteld, worden nog steeds ruimschoots overschreden (**Van Dobben et al., 2012**).

Atmosferische N-depositie kan op verschillende manieren de biosfeer beïnvloeden, via verzuring van de bodem, door vermesting, en door ammonium (NH₄) vergiftiging van de vegetatie. In het voorliggende onderzoek is getracht om het belang van deze processen (en de invloed van N-depositie daarop) te bepalen voor trilvenen, veenmosrietlanden en andere overgangsvenen. We hebben tevens bepaald hoe de effecten van N-depositie zich verhouden tot de overige standplaatsfactoren in de betreffende overgangs- en trilvenen, zoals de hydrologie, de nutriëntenhuishouding en het beheer van deze venen. Op deze wijze konden we niet alleen tot gerichte beheersadviezen voor beide natuurtypen komen, maar ook aangeven waar de beste kansen liggen voor herstel en ontwikkeling van de habitattypen.

Om dit te onderzoeken is er allereerst (in hoofdstuk 3) aan de hand van een veldstudie inzicht verkregen in de huidige vegetatiekwaliteit in de Nederlandse overgangs- en trilvenen (habitatype H7140). De indeling van de onderzochte Nederlandse locaties is gebaseerd op een Twinspan clusteranalyse op grond van de totale soortensamenstelling die volgde uit de vegetatie opnamen. Deze vegetatie-indeling geeft een duidelijke gradiënt in buffercapaciteit weer, van basenrijke trilvenen naar overgangsvenen inclusief veenmosrietlanden. Grofweg is hierbij een scheiding te maken tussen jonge successiestadia (slaapmosgedomineerde systemen) die de trilvenen vormen, en oudere successiestadia (veenmosgedomineerde systemen) waar de veenmosrietlanden en andere overgangsvenen onder vallen.

De onderzochte locaties zijn vervolgens ook met het programma Associa geanalyseerd, waarmee de opnames gecategoriseerd zijn volgens de standaard methodiek voor Nederlandse vegetatietypen. Deze methode laat opvallend genoeg een andere indeling zien, die minder goed overeenkomt met de natuurlijke gradiënt in buffercapaciteit zoals gevonden bij de clusteranalyse. De meest opmerkelijke verschillen tussen de uitkomsten van beide methodes komen in het onderstaande kader aan bod. In het verdere onderzoek is gekozen voor de meer realistische groepsindeling die volgde uit de clusteranalyse, met twee slaapmos- en vier veenmos-gedomineerde vegetatietypen binnen het habitatype overgangs- en trilvenen. Bij deze groepsindeling vonden we niet alleen duidelijke verschillen in standplaatscondities, maar ook in de effecten van N-depositie (figuur 7.1). Hieraan konden vervolgens ook verschillende beheersstrategieën gekoppeld worden.

	Overgangsvennen				Trilvenen	
KDW:	10 kg N/ha/jaar				17 kg N/ha/jaar	
Groep:	1	2	3	4	5	6
Dominantie:	veenmossen				slaapmossen	
Buffering:	Fe/Al	kationuitwisseling (basenverzadiging)			bicarbonaatbuffering (Ca-HCO ₃ concentr.)	
Nutrientlimitatie:	(N)				P	
pH:	6,5					
	4,5					
Grondwaterstand:	Uitzakkend				Plas-dras	

Figuur 7.1. Schematisch overzicht van de in deze synthese genoemde vegetatiegroepen (zie hoofdstuk 3 voor uitgebreide beschrijving) en sturende processen en factoren gerelateerd aan verzuring en eutrofiëring, met de bijbehorende kritische stikstofdepositie. Voor de bicarbonaatbuffering (slaapmosgedomineerde trilvenen) is een voldoende hoge waterstand met (vrijwel) jaarrond plas-drassituatie met HCO₃⁻ (en dus Ca-) rijk water nodig. Voor basenverzadiging (in veenmosgedomineerde overgangsvennen en veenmosrietlanden) is voldoende (incidentele) aanvulling van Ca door Ca-rijk water nodig. De successie gaat (gradueel) van rechts naar links, met een steeds grotere daling van de relatieve waterstand ten opzichte van maaiveld.

Figure 7.1. Schematic overview of the vegetation groups as mentioned in this synthesis (see chapter 3 for a more detailed description) and controlling processes and factors related to acidification and eutrophication, with the critical values for N-deposition. For bicarbonate buffering (brown moss dominated rich fens) a high water table with HCO₃⁻ (and Ca-) rich water and (almost) all year swampy conditions are needed. For base-saturation buffering (in Sphagnum moss dominated poor fens) sufficient (incidentale) supply of Ca by Ca-rich water is needed. Succession gradually changes from right to left, with an increasing decline of the water table (relative in respect of ground level).

Status subhabitattypen 'Trilveen' en 'Veenmosrietland' volgens Associa

Voor het natuurbeheer wordt vaak gebruik gemaakt van een vegetatie-indeling op basis van vegetatie- en habitattypen, die bepaald kunnen worden met behulp van het programma Associa. De Associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge (9Ba1), die volgens het profielfdocument als "goed" kwalificeert voor het subhabitatype Trilveen, heeft inderdaad een zwaartepunt in groep 6 ('goed' mesotroof trilveen). Volgens Associa werd daarnaast maar liefst 45% van de onderzochte locaties verrassend genoeg ingedeeld bij de associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge (subassociatie met Ronde zegge) (9Aa3b), die ook als "goed" kwalificeert voor het subhabitatype Trilveen volgens het profielfdocument (zie tabel 2.2 in de inleiding). Deze associatie wordt echter aangetroffen in alle zes de Twinspan-clusters uit dit onderzoek, in een natuurlijke gradient van trilvenen naar veenmosrietlanden (hoofdstuk 3). Ondanks dat deze associatie in de profielfdocumenten wordt toegekend aan goede trilvenen, komt deze dus ook veelvuldig in veel zuurdere door veenmosgedomineerde venen voor. Hiermee blijkt de associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge (subassociatie met Ronde zegge) (9Aa3b) niet differentiërend binnen het spectrum van overgangs- en trilvenen. Vegetaties die op basis van deze associatie tot het subhabitatype Trilveen (H7140A) worden gerekend, dienen dan ook zeker niet automatisch gerekend te worden tot de groep 'goede' mesotrofe trilvenen met schorpioenmosvegetaties. Veel van deze vegetaties zouden hooguit tot de matige trilvenen kunnen worden gerekend, of zelfs tot verzuurde overgangsvenen, waarbij aanvullende maatregelen absoluut noodzakelijk zijn om de kwaliteit te verbeteren tot trilvenen van goede kwaliteit.

Onder het subhabitatype Veenmosrietland vallen de associatie van Veenmosrietland (9Aa2) en de associatie van Echte koekoeksbloem en Gevleugeld hertshooi (16Ab3). Uit de Associa-analyse blijkt dat slechts 20% van de onderzochte locaties onder deze associaties vallen. Dat wil dus zeggen dat er in Nederland nog relatief weinig goede veenmosrietlanden zijn. In de vier groepen met overgangsvenen komt ook overal de rompgemeenschap van Wilde gagel (9RG4) voor.

7.2 Slaapmosgedomineerde systemen (trilvenen)

7.2.1 Huidige status trilvenen in Nederland

Binnen de jonge successiestadia (slaapmosgedomineerde systemen) zijn met behulp van een Twinspan clusteranalyse twee vegetatiegroepen in Nederland onderscheiden die als 'trilveen' kunnen worden gekarakteriseerd (Groep 5: eutroof trilveen en Groep 6: mesotroof trilveen; voor gedetailleerdere info zie hoofdstuk 3). Ze verschillen sterk met betrekking tot karakteristieke trilveensoorten. De groep met een goede vegetatiekwaliteit (Groep 6: mesotroof trilveen) wordt gekenmerkt door het voorkomen van *Bryum pseudotriquetum* (Veenknikmos), *Campylium stellatum* (Sterrengoudmos), en/of *Scorpidium scorpioides* en *S. cossonii* (Rood- en Groen schorpioenmos). De groep met een matige kwaliteit binnen de trilvenen (Groep 5: eutroof trilveen) wordt gekenmerkt door een dominantie van *Calliergonella cuspidata* (Gewoon puntmos). Vergeleken met de vegetatie van trilvenen in Europese referentiegebieden zijn de nog aanwezige Nederlandse trilvenen duidelijk van minder goede kwaliteit. Zelfs de beste Nederlandse trilvenen bevatten relatief veel Gewoon puntmos. Daarnaast is er de afgelopen decennia in ons land een sterke afname geweest van karakteristieke trilveensoorten, zoals *Sphagnum contortum* (trilveenveenmos), *Scorpidium scorpioides* (Rood schorpioenmos) en *Carex diandra* (Ronde zegge). Trilveenmossen als *Cinclidium stygium* (Koepelmos), *Meesia triquetra* (Veenlangsteelmos), *Paludella squarrosa* (Harlekijnmos) en *Tomentypnum nitens* (Viltnerfmos), die in buitenlandse referentievenen heel algemeen zijn, komen in Nederland zelfs niet meer voor. Dit betekent dat in de huidige Nederlandse situatie de biodiversiteit ook in de als 'goed' geklassificeerde trilvenen al achteruit is gegaan.

7.2.2 Effect N-depositie op trilvenen

Uit de vergelijking met de onderzochte buitenlandse referentievenen komt naar voren dat de hoge N-depositie in Nederland kan hebben bijgedragen aan de achteruitgang van de kwaliteit van trilvenen, met name door versnelde verzuring (hoofdstuk 4). Verzuring heeft ertoe geleid dat er geen zwakgebufferde trilvenen meer voorkomen in Nederland, terwijl die in het verleden wel voorkwamen en in het buitenland (Ierland, Zweden, Polen) nog redelijk algemeen zijn. Veel veengebieden in Nederland en Ierland zijn kalkarm, terwijl deze in Polen en Zweden veelal kalkrijker zijn. In kalkarme trilveensystemen, is er bij een vergelijkbare stikstof- (N) depositie, een hogere aanvoer van bufferstoffen als bicarbonaat (HCO_3^-) en calcium (Ca) via grond- of oppervlaktewater nodig om verzuring als gevolg van N-depositie te compenseren. De geohydrologische karakteristieken maken de Nederlandse trilvenen relatief gevoelig voor verzuring. Met de nog steeds hoge N-depositie zorgt dit ervoor dat de Nederlandse trilvenen voortdurend onder een hoge verzuringsdruk staan.

In slaapmosgedomineerde trilvenen wordt de pH rond 6,5 gehouden door buffering met bicarbonaat (HCO_3^-) (figuur 7.1). Het op peil houden van de HCO_3^- buffering van het systeem en een hoge (grond)waterstand blijken dan ook de meest belangrijke factoren voor de instandhouding en ontwikkeling van trilvenen, zeker gezien de constant verzurende invloed van de hoge N-depositie. Omdat de hoge atmosferische N-depositie tot extra verzuring in trilvenen leidt, en hiermee het bufferend vermogen van de bodem vermindert, dient deze bijdrage sowieso gecompenseerd te worden. Aangezien de grondwaterinvloed (kwel) in de meeste laagveengebieden in Nederland is verdwenen en in sommige gebieden nooit aanwezig is geweest, is er tegenwoordig veelal sprake van wegzijging. Hierdoor is de aanvoer en bodeminfiltratie van oppervlaktewater met voldoende HCO_3^- (en Ca) voor de buffercapaciteit van de bodem essentieel. De Ca-concentraties kunnen gezien worden als maat voor de HCO_3^- concentraties, omdat HCO_3^- :Ca concentraties in het oppervlaktewater voorkomen in een verhouding van 2:1. Bij ruim 90% van de locaties in dit onderzoek bleek de Ca-concentratie in het oppervlaktewater lager dan $1500 \mu\text{mol/l}$ (bij een gemiddelde pH van 6,5), terwijl de optimale concentratie rond de $2000 \mu\text{mol/l}$ (80 mg Ca/l) ligt om voldoende buffering aan te voeren in trilvenen tot een gemiddelde pH van 7 (**Cusell et al., 2013**). Essentieel hierbij is wel dat het aangevoerde bufferende water ook daadwerkelijk de bodem infiltreert, wat sterk samenhangt met de lokale hydrologie, het seizoen en de regenval in de betreffende periode.

Behalve een verzurend effect heeft N-depositie ook een eutrofiërend effect. Trilvenen lijken echter minder gevoelig voor het potentieel vermestende effect van N-depositie dan veel andere vegetatietypen. Dit komt doordat de vegetatie in gebufferde en mesotrofe trilvenen veelal door fosfor (P) wordt gelimiteerd. De lagere P-beschikbaarheid in de bodem van deze trilvenen suggereert dat P een grotere rol speelt dan de beschikbaarheid van N voor de instandhouding van de meeste gebufferde, mesotrofe trilveenvegetaties (**Kooijman & Paulissen, 2006**). Door de extra N die via atmosferische depositie constant toegevoegd wordt is het voor het tegengaan van verzuuring en het voorkomen van de vestiging van snelgroeiende veenmossen in de nog aanwezige trilvenen echter van groot belang om deze limitatie door P in stand te houden door aanvoer van P-arm water. In eerder onderzoek werd gevonden dat de landschappelijke positie en lokale hydrologie bepalend zijn voor het type groeilimitatie binnen het hydrologisch systeem (**Cusell et al., 2014**). Bij N-gelimiteerde veenvegetaties leidt extra N-depositie bijvoorbeeld wel tot vergrassing en afname van de biodiversiteit.

7.2.3 Beheer mogelijkheden ondanks een hoge N-depositie

Beheer dat gericht is op het herstel van de hydrologie en buffering van de bodem zou in potentie de instandhouding, dan wel ontwikkeling, van jonge successiestadia moeten stimuleren, ook onder de huidige hoge N-depositie. Om de gewenste biotische kwaliteit te behouden of te ontwikkelen moet echter wel rekening worden gehouden met een voldoende hoge aanvoer van basen zoals Ca ($>2000 \mu\text{mol/l}$), HCO_3^- ($>4000 \mu\text{mol/l}$) en K ($>50 \mu\text{mol/l}$),

maar tevens een voldoende laag P-gehalte in het aanvoerwater. Het is voor het instandhouden van P-limitatie belangrijk dat de P-concentraties in het (oppervlakte)water dat wordt aangevoerd lager zijn dan 2 $\mu\text{mol/l}$, maar liever nog onder 1 $\mu\text{mol/l}$ (0,03 mg/l $\text{PO}_4\text{-P}$) blijven. De bodem van trilveenvegetaties laat een P-concentratie (waterextractie) zien die lager is dan 3-5 $\mu\text{mol/l}$ (0,09-0,15 mg/l) verse bodem.

Bij vernatting, dat wordt toegepast om de buffercapaciteit van het veen te verhogen, dient niet alleen de P-concentratie in het oppervlaktewater laag genoeg te zijn (en te voldoen aan bovenstaande waarden), maar dient er ook rekening gehouden te worden met eventuele P-mobilisatie. Afhankelijk van de bodemchemische eigenschappen van de aanwezige veenbodem (Ca-, ijzer(Fe)- of zwavel(S)-rijkdom) kan er bij vernatting namelijk ongewenste P-mobilisatie optreden. In S-rijke venen kan vernatting leiden tot P-mobilisatie, en in Fe-rijke venen tot de vorming van toxische stoffen als NH_4 of opgelost Fe vanwege de anaerobe omstandigheden (**Mettrop et al., 2015**). Zeker wanneer vernatting op grote schaal binnen een gebied wordt uitgevoerd is voorzichtigheid geboden, aangezien oppervlaktewater kan worden verrijkt met P door mobilisatie in (voormalig) sterk gedraineerde Fe-rijke oevers (**Emsens et al., 2016**). In Ca-gedomineerde veenbodems speelt het probleem van P-mobilisatie bij vernatting veel minder, omdat P grotendeels aan het aanwezige Ca kan binden en daarbij niet vrijkomt onder anaerobe condities.

Herstel van hydrologie, oftewel (her)vernatting van venen, wordt al in verschillende Nederlandse veengebieden uitgeprobeerd op diverse manieren, zoals lokale inundatie met oppervlaktewater via greppels, aanvoer van oppervlaktewater en overstroming van percelen door lokale bevoeiing of door het verhogen van (grond)waterpeilen (**Beltman & Barendregt, 2007; Van Dobben et al., 2010ab**). Dat hydrologische maatregelen (ook incidentele en lokale) de meeste invloed hebben op de vegetatie-ontwikkeling in trilvenen bleek zowel uit de analyse van de bezochte veldlocaties (hoofdstuk 5), als uit de uitgevoerde GIS-studie die liet zien dat de associatie van Schorpioenmos en Ronde zegge opnieuw kan ontstaan uit een licht verdroogde vorm van veenmosrietland (hoofdstuk 6). In het laatste geval vindt er dus eigenlijk een reset plaats van oudere naar jongere successiestadia. Dit alles biedt dus goede hoop voor herstel en behoud (en mogelijk ook verdere uitbreiding) van de nog aanwezige trilvenen, of (her)ontwikkeling van trilvenen op bestaande kraggen.

7.3 Veemosgedomineerde systemen (overgangsveen en veenmosrietland)

7.3.1 Huidige status veenmosrietlanden en overgangsvenen in Nederland

Na het stadium van trilveenvegetaties gaat de successie richting veenmosgedomineerde overgangsvegetaties en veenmosrietlanden (Groepen 1-4 van de Twinspan-analyse). Het subhabitatype Veemosrietland lijkt typisch te zijn voor Nederlandse veengebieden. Er zijn nagenoeg geen buitenlandse referentielocaties te vinden die overeenkomsten vertonen met het subhabitatype Veemosrietland. Als het type al voorkomt in het buitenland, is dit op minder grote schaal en vaak in smalle zones in overgangen tussen basenrijkere en zuurdere venen. De instandhouding van een goede kwaliteit van het subhabitatype Veemosrietland in Nederland is daarom van belang op Europese schaal.

In totaal zijn er in dit OBN-onderzoek voor de Nederlandse situatie vier veenmosgedomineerde vegetatiegroepen onderscheiden met behulp van de clusteranalyse. Hierbij is onderscheid gemaakt in twee groepen veenmosrietland en twee groepen overgangsvenen, die sterk aan de heersende pH gekoppeld zijn. De pH in de onderscheiden veenmosgedomineerde groepen neemt af van pH 6 in de groep met basenrijke overgangsvenen (Groep 4; figuur 7.1) naar uiteindelijk pH 4,5 in de groep zuur veenmosrietland (Groep 1). Alle veenmosgedomineerde groepen worden vrijwel alleen nog gebufferd via kationuitwisseling in de bodem, en niet meer door HCO_3 (zoals in de

slaapmosgedomineerde venen). Hierbij wordt zuur uitgewisseld tegen geadsorbeerd calcium (en magnesium). De overgang van vroege successiestadia (slaapmosgedomineerde trilvenen) naar oudere successiestadia (veenmosgedomineerde overgangsvenen en veenmosrietlanden) gaat vooral gepaard met flink uitzakkende grondwaterstanden en een significante toename van de veenmosbedekking. Dit zorgt voor verzuring, zeker in combinatie met een geringe aanvoer van HCO_3^- en Ca via grond- en/of oppervlaktewater. Hierdoor neemt het bufferend vermogen van de bodem steeds verder af, waarbij het nog aanwezige HCO_3^- wordt geconsumeerd. Een daling van de grondwaterstand met 7 cm leidt in trilvenen tot 30% afname van de HCO_3^- buffering (gebaseerd op vegetatiegroep 4). Bij een lage HCO_3^- buffering ($<2000 \mu\text{mol/l}$) start ook de buffering via kationuitwisseling tegen protonen (H^+), waardoor Ca kan uitspoelen. Dit maakt de veenmosgedomineerde vegetatiegroepen (Groep 1 t/m 4) zeer gevoelig voor verder verzurende factoren, waaronder atmosferische N-depositie.

7.3.2 Effect van N-depositie op veenmosgedomineerde venen

In tegenstelling tot de slaapmosgedomineerde trilvenen (paragraaf 7.2.1) laat de reeks van veenmosgedomineerde groepen een direct negatief effect zien van de verzurende werking van atmosferische N-depositie: de buffercapaciteit en pH in de top van de bodem zijn significant lager op locaties met hogere N-depositie waarden in Nederland. Een toename per 100 mol N/ha/jaar (1,4 kg N/ha/jaar) aan N-depositie leidt tot een gemiddelde afname van 6% van de kationbuffering in de overgangsvenen. De verzurende bijdrage van de N-depositie komt bovenop de verzuring die al plaatsvindt als gevolg van de lagere grondwaterstanden (verdroging, naast natuurlijke successie) en een toenemende dominantie van veenmossen die intern hun milieu verzuren. Bij lagere grondwaterstanden treden geen anaerobe redoxprocessen meer op, maar vinden onder invloed van zuurstof aerobe oxidatieprocessen plaats waarbij als bijproduct altijd zuur wordt geproduceerd. De vestiging van veenmossen, die veel minder gevoelig zijn voor verdroging dan schorpioenmossen, lijkt het meest te worden bevorderd door het uitzakken van de grondwaterstanden met bijbehorende 'natuurlijke' verzuring en dus afname van de pH. Verhoging van de waterstand in het veen tot het niveau dat de toplaag van het veen waterverzadigd is, zal derhalve een belangrijke compenserende maatregel zijn voor de extra verzuring als gevolg van hoge N-depositiewaarden in verdroogde veenmosgedomineerde venen. De meeste veenmossen kunnen bovendien niet goed tegen hogere HCO_3^- concentraties (**Van den Elzen et al., 2016**), waardoor de dominantie van veenmossen zal verminderen en de successie teruggezet wordt.

Naast het verzurende effect van N-depositie blijkt dat bij veenmosgedomineerde venen er bovendien een eutrofiërend effect kan optreden als gevolg van N-depositie. De veenmosgedomineerde venen zijn niet meer P-gelimiteerd, waarschijnlijk door de oplossing van Ca-gebonden P als gevolg van de lagere pH (**Lamers et al., 2015**). Een hoge N-depositie lijkt de verticale groei en biomassa van de veenmossen in de overgangsvenen te stimuleren. Bovendien nemen de N:P en N:K ratio's in veenmossen bij een hoge N-depositie sterk toe. Ook stimuleert de hoogte van de N-depositie de bedekking van verschillende mossoorten, zoals Haarmos. Er lijkt dus voor de (veen)mossen, die relatief onafhankelijk van de onderliggende bodem zijn, een direct vermestingseffect te zijn als gevolg van een hoge N-depositie. Voor vaatplanten, die in de bodem wortelen, is het vermestende effect van N-depositie meer indirect, vooral als gevolg van de hoge P-beschikbaarheid in de veenbodem. Dit geldt in mindere mate voor oppervlakkig wortelende planten als Kleine veenbes (*Vaccinium oxycoccus*). Alle vier de overgangsvenen hebben relatief hoge P-concentraties in bodem en bodemvocht en hogere N:P-ratio's in vaatplanten die wijzen op hoge beschikbaarheid van zowel N als P, mede als gevolg van mineralisatie door uitzakkende grondwaterstanden. De hoge P-beschikbaarheid zorgt ervoor dat de N-depositie extra goed benut kan worden, en de vegetatie als geheel beter groeit.

7.3.3 Beheer mogelijkheden ondanks een hoge N-depositie

In de overgangsvenen (inclusief veenmosrietlanden) is derhalve sprake van zowel extra verzuring als vermessing door hoge N-depositie, waarvoor gecompenseerd dient te worden. De meeste regulier toegepaste effectgerichte maatregelen zijn echter vooral gericht op het eutrofiërende effect en minder, of niet, op verzuring in de veenmosgedomineerde vegetaties. Voor het tegengaan van verzuring is vooral een hogere waterstand in het veen van belang, liefst gekoppeld aan een grotere aanvoer van Ca en HCO_3 . Als de hydrologische condities op orde (gebracht) zijn, kan aanvullend beheer op verschraling gericht zijn. Een lagere nutriëntenbeschikbaarheid van N en P zal vooral de vegetatieontwikkeling en soortensamenstelling beïnvloeden. Een van de verschalingsbeheeropties die vrijwel overal al wordt toegepast is zomermaai-beheer. Ook wordt hierdoor opslag van bomen voorkomen. Maaien in de zomer en in de nazomer, dus van juli tot en met september, leidt tot een grotere afvoer van nutriënten uit het systeem (verschraling) dan wintermaaien (hoofdstuk 5). Zomermaaien lijkt bovendien de biomassa van de moslaag het meest te bevorderen, omdat de vaatplantenbiomassa onder de 500 gram/m² blijft. Dit kan de kwaliteit van de vegetaties ten goede komen, mits het niet leidt tot dominantie van een beperkt aantal veenmossoorten (onder invloed van de nog te hoge N-depositie en/of te lage grondwaterstanden en verzuring). Maai-beheer als enige maatregel lijkt echter geen invloed te hebben op de ontwikkelingen in successie en snelheden van verzuring (hoofdstuk 6).

Een maatregel die gericht is op zowel verschraling als verhoging van de relatieve waterstand in het veen is plaggen, wat de successie van de vegetatie direct terugzet naar een eerder stadium. Door de gecreëerde (tijdelijke) openheid kan de moslaag profiteren, en zeker met aanvoer van gebufferd en nutriëntenarm water zou dit in potentie kunnen leiden tot ontwikkeling van jonge successiestadia. De effecten van plaggen op de vegetatie-ontwikkeling zijn echter variabel, en het is bovendien de vraag hoelang de effecten gunstig blijven (hoofdstuk 5). Met de hier uitgevoerde correlatieve studie en de GIS-studie in twee gebieden kunnen over de effectiviteit van plaggen in relatie tot specifieke standplaatsfactoren echter nog geen harde uitspraken gedaan worden. Hiervoor zijn gerichte experimenten op meerdere contrasterende locaties, met maatregelen gericht op een combinatie van verschraling en zuurbuffering, noodzakelijk.

7.4 Conclusies en aanbevelingen voor het beheer

Het is gezien de gevonden versnelde verzuring in zowel slaapmosgedomineerde venen (trilvenen) als veenmosgedomineerde venen (overgangsvenen en veenmosrietlanden) bij een hogere N-depositie, en voor de laatste venen ook de stimulatie van veenmosgroei bij een hogere N-depositie, zeer aannemelijk dat de successie wordt versneld door een verhoogde atmosferische N-depositie. In Nederland neemt van de jonge successiestadia een goede kwaliteit van het habitatype Trilveen (H7140A) nog steeds in oppervlakte af, en van de oudere successiestadia heeft het habitatype Veenmosrietland (H7140B) bovendien het zwaartepunt in Nederland binnen West-Europa. Daarom is het essentieel de versnelde successie als gevolg van N-depositie tegen te gaan door atmosferische N-depositie in Nederland effectief verder te reduceren (bron-gerichte maatregelen). Behalve de huidige hoge N-depositieniveaus (die ver boven de kritische depositiewaarden liggen), zijn er echter ook andere factoren (o.a. hydrologie en waterkwaliteit) bepalend voor de vegetatie-ontwikkeling in trilvenen en veenmosrietlanden. Naast verdere reductie van atmosferische N-depositie kan er in de tussentijd ook op standplaats-niveau beheer worden toegepast (effect-gerichte maatregelen) die meer gericht zijn op deze factoren. In dit onderzoek is getracht om deze factoren van elkaar te scheiden om zo tot goede beheeraanbevelingen te kunnen komen.

Voor de slaapmosgedomineerde mesotrofe trilvenen (groep 6) die nog aanwezig zijn in Nederland is het minimale doel om deze te behouden, ondanks de huidige hoge N-depositie.

Dit kan echter alleen als de hydrologische omstandigheden goed zijn of geoptimaliseerd worden, zodat er voldoende aanvoer en infiltratie van gebufferd en P-arm oppervlakte- of grondwater is. Waar mogelijk kan een toename van (lokale) kwel tot verbetering van de buffercapaciteit leiden, mits er dan sprake is van aanvoer van bufferstoffen en niet van extra nutriënten. Verhoging van het waterpeil (in absolute zin en relatief door plaggen) en verbetering van de waterkwaliteit hebben in enkele Nederlandse laagvenen al geleid tot behoud en zelfs uitbreiding van bestaande trilveenvegetaties. Alvorens er wordt over gegaan tot het verhogen van (oppervlakte)waterpeilen dient dit wel op gebieds- of landschapsniveau te worden beoordeeld, aangezien dit een mogelijk negatieve invloed kan hebben op de eventueel nog aanwezige (lokale) kweldruk.

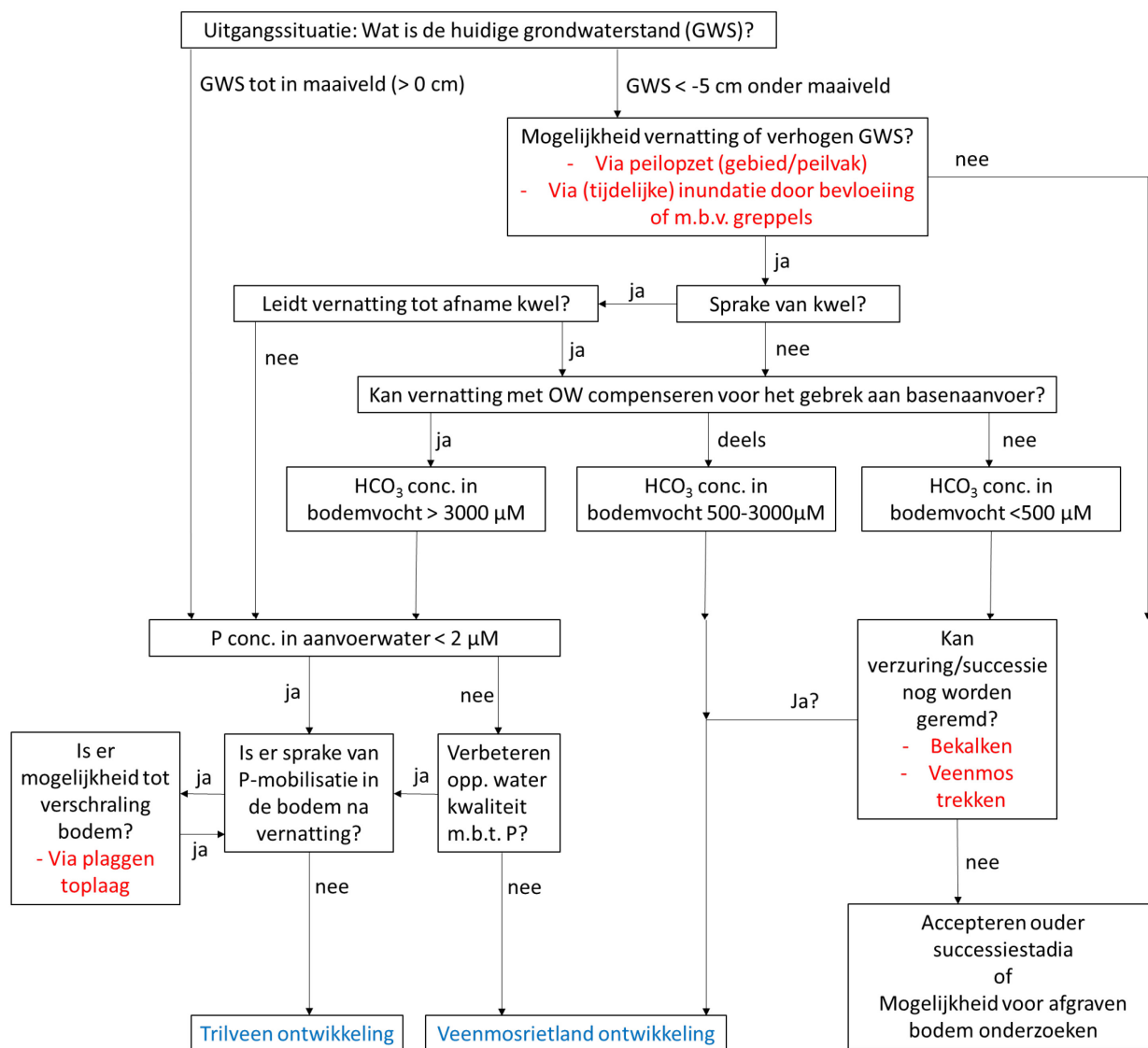
De trilveenvegetaties hebben een continue aanvoer van basen nodig om voor de extra verzuring te compenseren en in de HCO_3^- bufferrange (rond pH 6,5) te blijven, maar ze zijn minder gevoelig voor het eutrofiërende effect van een verhoogde N-depositie vanwege de P-limitatie in deze systemen. Een belangrijke voorwaarde is wel dat de lage P-beschikbaarheid in stand wordt gehouden door (1) P-concentraties laag te houden in aan te voeren oppervlaktewater en (2) de mineralisatie van veenmateriaal te beperken door waterstanden tot in maaiveld te houden. Ook gaan hoge Ca-concentraties vaak gepaard met sterk P-gelimiteerde venen (**Mettrop et al., 2015**). Zomermaaien blijkt bovendien tot verschraling van de bodem te leiden, wat dus gunstig is. Hierdoor blijft P een beperkende factor voor de groei van de vegetatie, en is extra aanvoer van N een minder groot probleem. Een combinatie van maatregelen gericht op het behouden of creëren van P-limitatie en voldoende vernatting en buffering biedt goede kansen voor het behoud van de huidige trilvenen (tabel 7.1). Vanwege het zeer kleine oppervlakte aan gebufferd, mesotroof trilveen in Nederland zou er bovendien overwogen kunnen worden om een deel van de oppervlakte aan verzuurd ('slecht') veenmosrietland te gebruiken voor 'her'ontwikkeling van trilveen op oudere kraggen, zeker zolang er nog geen nieuwe trilveenvegetaties gevormd worden omdat er weinig of geen successie vanuit open water optreedt (**Loeb et al., 2017**). Dit laatste is een van de grootste knelpunten voor het huidige trilveenbeheer in Nederland.

Ook voor overgangsvenen (inclusief veenmosrietlanden), die zeer gevoelig zijn voor hoge N-depositie, is een goede hydrologie van groot belang, met name wat betreft verhoging van de waterstand in het veen om de extra verzuring te compenseren en basenrijkere overgangsvenen te herstellen. De veenmosgedomineerde vegetaties, inclusief veenmosrietlanden, zijn niet (meer) P-gelimiteerd. Hierdoor leidt N-depositie niet alleen tot verzuring (die als gevolg van de lage buffercapaciteit vaak gelijk tot een pH daling leidt), maar ook tot versnelde groei van vaatplanten, veenmossen en/of haarmos. De verzuring wordt versterkt door lagere waterstanden in het veen, die deels ook het gevolg zijn van verhoogde groei van de veenmoslaag als gevolg van hoge N-depositie. Deze combinatie van factoren maakt overgangsvenen en veenmosrietlanden gevoelig voor atmosferisch N-depositie en leidt tot verarming van de biodiversiteit. Maatregelen zoals alleen zomermaaien lijken onvoldoende omdat deze alleen sturen op de eutrofiërende component van N-depositie, terwijl er tegelijkertijd ook iets tegen de verzurende component gedaan dient te worden. Dit kan door verhoging van de buffercapaciteit van het veen, zoals door verhoging van de waterstand, tijdelijke inundatie of (tijdelijke) aanvoer van basen via grondwater, om de basenverzadiging van het bodemcomplex weer op te laden.

Mogelijke beheersoplossingen om de aanvoer van voldoende basenrijk en voedselarm (oppervlakte)water te garanderen en de waterstand in het veen te verhogen, hangen sterk samen met de landschappelijke positie en hydrologie – dus het grotere systeem – waarin het trilveen of veenmosrietland ligt. Deze regionale component dient daarmee zeer goed bekend te zijn voordat er gestuurd gaat worden op waterpeil en waterkwaliteit (**Cusell et al., 2013; Mettrop et al., 2015**). Het effect van een bepaalde maatregel zal per situatie verschillen en de werkelijke effectiviteit kan alleen bepaald worden als men het functioneren (zowel biogeochemisch als ecohydrologisch) van het gebied goed begrijpt. In figuur 7.2 is een beheerschema opgenomen met belangrijke keuzes en factoren die gevolgd kunnen worden

voor de beoordeling of (en hoe) de negatieve effecten van N-depositie kunnen worden gecompenseerd ten behoeve van behoud van trilveen en veenmosrietland. In bijlage 9.7 kunnen de standplaatsfactoren per beheergebied opgezocht worden en vergeleken worden met de totale reeks aan onderzoekslocaties.

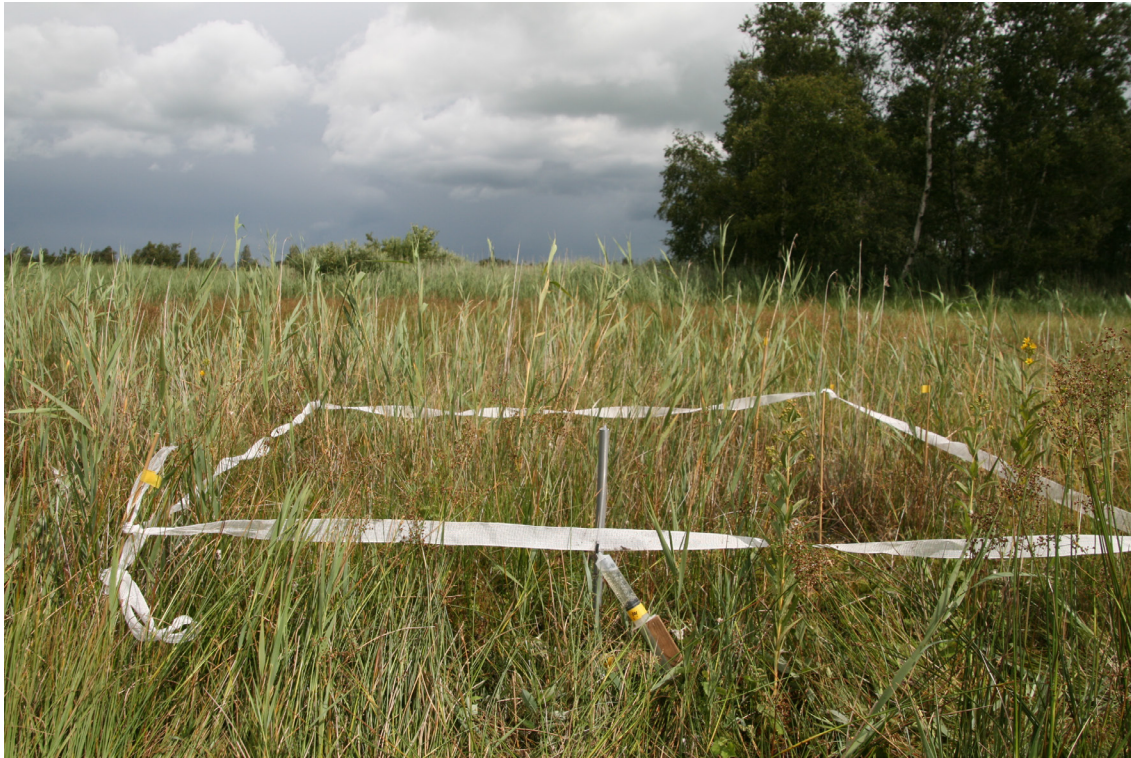
Compensatie N-depositie t.b.v. Trilveen en Veenmosrietland



Figuur 7.2. Keuzemodel voor de toepassing van diverse beheersmogelijkheden in Nederlandse Overgangs- en trilvenen.

Figure 7.2. Diagram of management options to restore Dutch rich fens and poor fens.

Door onderzoek vooraf op standplaats- én regionaal niveau, kan met de in dit OBN-rapport gepresenteerde kennis niet alleen ingeschat worden of herstelmaatregelen al dan niet mogelijk en zinvol zijn, maar ook welke delen van het beheergebied de meeste potentie hebben voor herstel of ontwikkeling van veenmosrietland- dan wel trilveenvegetaties. Op deze wijze kunnen beheermaatregelen op een kostenefficiënte wijze ingezet worden, zeker met de huidige nog steeds te hoge niveaus van atmosferische stikstofdepositie in Nederland die extra beheerinspanningen eisen voor ontwikkeling en beheer van trilvenen en veenmosrietlanden.



Plot uitgezet in veenmosrietland voor vegetatieopname en monsternamen poriewater. Meten is weten! (foto G. van Dijk)

8 Literatuur

1. Aggenbach, C.J.S., H. Backx, W.J. Emsens, A.P. Grootjans, L.P.M. Lamers, A.J.P. Smolders, P.J. Stuyfzand, L. Wolejko & R. van Diggelen (2013) Do high iron concentrations in rewetted rich fens hamper restoration? *Preslia* 85: 405-420.
2. Aitink, J., Inberg, J., & Plantinga, J. (2003) Vegetatiekartering Rottige Meente 2001-2002. Buro Bakker adviesbureau voor ecologie, Assen.
3. Altenburg, W., & Kolkman, S. (1995) de vegetatie van de Rottige Meenthe, de Wite en Swarte Brekken en een aantal reservaten in het district de Stellingwouden in 1993. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Veenwouden.
4. Backx H., & van Diggelen. R. (2010) Beheer in De Wieden. Onderzoek naar de effectiviteit van verschillende beheermethoden op de flora. Universiteit Antwerpen, Onderzoeksgroep Ecosysteembeheer. ECOBE 010-R132.
5. Beltman, B. & Barendregt, A. (2007) Herstelmaatregelen in verzuurde schraallanden in laag-Nederland. *De Levende Natuur*, 108, 87-92.
6. Beltman, B., Van den Broek, T., Barendregt, A., Bootsma, M.C. & Grootjans, A.P. (2001) Rehabilitation of acidified and eutrophied fens in The Netherlands: Effects of hydrologic manipulation and liming. *Ecological Engineering*, 17, 21-31.
7. Bijkerk, W., Plantinga, J., & Adema, E. (2015) Vegetatie- en plantensoortenkartering Rottige Meenthe 2013. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden.
8. Bijlsma R.J., J.A.M. Janssen, E.J. Weeda en J.H.J. Schaminée (2014) Gunstige referentiewaarden voor oppervlakte en verspreidingsgebied van Natura 2000-habitattypen in Nederland. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-rapport 125.
9. Bobbink, R. & Hettelingh, J.-P. (2010) Review and revision of empirical critical loads and dose-response relationships. Proceedings of an expert workshop, Noordwijkerhout, 23-25 June 2010.
10. Brown, D.H. (1982) Mineral nutrition. In: Smith, A.J.E. (ed.), *Bryophyte ecology*, Chapman and Hall, pp. 338-444.
11. Cirkel, D.G., C.G.E.M. van Beek, J.P.M. Witte & S.E.A.T.M. van der Zee (2014) Sulphate reduction and calcite precipitation in relation to internal eutrophication of groundwater fed alkaline fens. *Biogeochemistry* 117: 375-393.
12. Clymo, R.S. (1963) Ion exchange in Sphagnum and its relation to bog ecology. *Ann. Bot.* 27, 71-80.
13. Clymo, R.S. (1973) The growth of Sphagnum: some effects of environment. *J. Ecol.* 61, 849-869.
14. Cusell, C., L.P.M. Lamers, G. van Wirdum & A.M. Kooijman (2013) Impacts of water level fluctuations on mesotrophic rich fens: Acidification vs. eutrophication. *Journal of Applied Ecology* 50: 998-1009.
15. Cusell, C., A.M. Kooijman & L.P.M. Lamers (2014) Nitrogen or phosphorus limitation in rich-fens? Edaphic differences explain contrasting results in vegetation development after fertilization. *Plant and Soil* 384: 153-168.
16. Cusell, C., I.S. Mettrop, E.E. van Loon, L.P.M. Lamers, M. Vorenhout & A.M. Kooijman (2015) Impacts of short-term droughts and inundations in species-rich fens during summer and winter: Large-scale fields manipulation experiments. *Ecological Engineering* 77: 127-138.
17. Damm, T., & Van 't Veer, R. (2010) Vegetatie- en soortkartering Nieuwkoopse Plassen & De Haack 2009. Van der Goes en Groot Ecologisch onderzoeks- en adviesbureau, Alkmaar.

18. Emsens, W.J., C.J.S. Aggenbach, A.J.P. Smolders & R. van Diggelen (2015) Topsoil removal in degraded rich fens: Can we force an ecosystem reset? *Ecological Engineering* 77: 225-232.
19. Emsens, W.J., Aggenbach, C.J.S., K. Schoutens, A.J.P. Smolders, D. Zak & R. van Diggelen (2016) *Plos One* 11: e0153166.
20. Erisman, J.W., Fowler, D. (2009) Oxidized and reduced nitrogen in the atmosphere. In: *Environmental and ecological chemistry – Volume 1 (EOLSS)* (Editor: Sabljic, A.) ISBN: 978-1-84826-692-6.
21. Faber, A.H., A.M. Kooijman, O. Brinklemper, J. van der Plicht & B. van Geel (2016) Palaeoecological reconstructions of vegetation successions in two contrasting former turbaries in the Netherlands and implications of conservation. *Review of Palaeobotany and Palynology* 233: 77-92.
22. Gorham, E., Janssens, J.A., Wheeler, G.A. & Glaser, P.H. (1987) The natural and anthropogenic acidification of peatlands. Effects of atmospheric pollutants on forests, wetlands, and agricultural ecosystems (eds. T.C. Hutchinson & K. Meema), pp. 493-512. Springer, Berlin.
23. Grootjans, A. P. & van Diggelen, R. (1995) Assessing the restoration prospects of degraded fens. In *Restoration of Temperate Wetlands* (eds B. D. Wheeler, S. C. Shaw, W. J. Foj and R. A. Robertson), pp. 73-90. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester.
24. Gunnarsson, U., Rydin, H. & Sjörs, H. (2000) Diversity and pH changes after 50 years on the boreal mire Skattlösbergs Stormosse, central Sweden. *Journal of Vegetation Science*, 11, 277-286.
25. Güsewell, S. (2004) N:P ratios in terrestrial plants: variation and functional significance. *New Phytol.* 164, 243-266.
26. Hedberg, P., W. Kotowski, P. Saetre, K. Malson, H. Rydin & S. Sundberg (2012) Vegetation recovery after multiple-site experimental fen restorations. *Biological Conservation* 147: 60-67.
27. Held, A.J. den, M., Schmitz, Van Wirdum, G. (1992) Types of terrestrializing fen vegetation in the Netherlands. In: J.T.A. Verhoeven (red). *Fens and bogs in The Netherlands: vegetation, history, nutrient dynamics and conservation*: 237-321. Kluwer, Dordrecht.
28. Hennekens, S.M., Schaminée, J.H.J., Stortelder, A.H.F. (2001) SynBioSys, een biologisch kennisstelsysteem ten behoeve van natuurbeheer, natuurbeleid en natuurontwikkeling. Alterra, Wageningen.
29. Hennekens, S.M., Smits, N.A.C. & Schaminée, J.H.J. (2010) SynBioSys Nederland versie 2. Alterra, Wageningen UR.
30. Koerselman, W. & Meuleman, A.F.M. (1996) The vegetation N:P ratio: a new tool to detect the nature of nutrient limitation. *J. Appl. Ecol.* 33, 1441-1450.
31. Kooijman, A.M. (1993) Changes in the bryophyte layer of rich fens as controlled by acidification and eutrophication. PhD thesis, Utrecht University, Utrecht.
32. Kooijman, A.M. & Bakker, C. (1994) The acidification capacity of wetland bryophytes as influenced by simulated clean and polluted rain. *Aquat. Bot.* 48, 133-144.
33. Kooijman, A.M., Paulissen, M.P.C.P. (2006) Higher acidification rates in fens with phosphorus enrichment. *Applied Vegetation Science*, 9, 205-212.
34. Kooijman, A.M. (2012) 'Poor rich fen mosses': Atmospheric N-deposition and P eutrophication in base-rich fens. *Lindbergia*, 35, 42-52.
35. Kooijman, A.M., C. Cusell, I.S. Mettrop & L.P.M. Lamers (2016) Recovery of target bryophytes in floating rich fens after 25 yr of inundation by base-rich surface water with lower nutriënt contents. *Applied Vegetation Science* 19: 53-65.
36. Lamers, L.P.M., A.J.P. Smolders & J.G.M. Roelofs (2002) The restoration of fens in the Netherlands. In: P.H. Nienhuis & R. Gulati (Eds.) *The ecological restoration of aquatic and semi-aquatic ecosystems in the Netherlands (NW Europe)*. *Hydrobiologia* 478: 107-130. Also in: *Developments in Hydrobiology* 166, Springer Dordrecht/London 2003. 233pp.
37. Lamers, L.P.M., M.A. Vile, A.P. Grootjans, M.C. Acreman, R. van Diggelen, M.G. Evans, C.J. Richardson, L. Rochefort, A.M. Kooijman & J.G.M. Roelofs (2015) *Ecological*

- restoration of rich fens in Europe and North America: From trail and error to an evidence-based approach. *Biological Reviews* 90: 182-203.
38. Leeswijzer Natura 2000 profielen. Geheel herziene versie september (2014) Ten behoeve van de profielen behorende bij de aanwijzing van de Natura 2000-gebieden in de EEZ. Ministerie van Economische Zaken, Den Haag.
 39. Loeb, R., Geurts, J., Bakker, L., van Leeuwen, R., van Belle, J., van Diggelen, J., Faber, A.-H., Kooijman, A., Brinkkemper, O., van Geel, B., Weijs, W., van Dijk, G., Loermans, J., Cusell, C., Rip, W., Lamers, L. (2016) Verlanding in laagveenpetgaten. Speerpunt voor natuurherstel in laagveen. OBN rapportage OBN208-LZ.
 40. Malmer N., Svensson B.M., & Wallen B. (1994) Interactions between Sphagnum mosses and field layer vascular plants in the development of peat-forming systems. *Folia Geobot. Phytotax.*, Praha, 29: 483-496.
 41. Mettrop, I.S., M.D. Rutte, A.M. Kooijman & L.P.M. Lamers (2015a) The ecological effects of water level fluctuations and phosphorus enrichment in mesotrophic peatlands are strongly mediated by soil chemistry. *Ecological Engineering* 85: 226-236.
 42. Mettrop, I.S., C. Cusel, A.M. Kooijman & L.P.M. Lamers (2015b) *Plos One* 10: e0144006.
 43. Molenaar, W., A. Stroot, R. Verhagen & I. Kerssies (2015) Document PAS-analyse Herstelstrategieën voor Rottige Meenthe & Brandemeer (18)
 44. Olde Venterink, M., Wassen, M.J., Verkroost, A.W.M., De Ruiter, P.C. (2003) Species richness-productivity patterns differ between N-, P-, and K-limited wetlands. *Ecology*, 84(8), 2191-2199.
 45. Paulissen, M.P.C.P., J.H.J. Schaminee, H.J. During, G.W.W. Wamelink & J.T.A. Verhoeven (2014) Expansion of acidophytic late-successional bryophytes in Dutch fens between 1940 and 2000. *Journal of Vegetation Science* 25: 525-533.
 46. Paulissen, M. P. C. P., Van der Ven, P. J. M., Dees, A. J. & Bobbink, R. (2004) Differential effects of nitrate and ammonium on three fen bryophyte species in relation to pollutant nitrogen input. *New Phytologist* 164, 451-458.
 47. Provincie Zuid-Holland (2015) Beheerplan Natura 2000-gebied Nieuwkoopse Plassen en De Haack. Periode 2015 – 2021. Provincie Zuid-Holland, Den Haag.
 48. Schaminée, J.H.J., Stortelder A.H.F, en Westhoff V., (1995) De vegetatie van Nederland, deel 1, Uppsala/Leiden
 49. Schaminée, J., Weeda, E., & Westhoff, V. (1995) De Vegetatie van Nederland deel 2. Plantengemeenschappen van wateren, moerassen en natte heiden. Opulus Press, Uppsala.
 50. Schautzer, J., F. Sival, M. Breuer, H. Runhaar & A. Fichtner (2013) Characterizing and evaluating successional pathways off en degradation and restoration. *Ecological Indicators* 25: 108-120.
 51. Schipper, P.C. (2002) Catalogi Vegetatietypen en Terreincondities. In: Staatsbosbeheer, 2005. Catalogi Bedrijfssturing, versie 5. Staatsbosbeheer, Driebergen.
 52. Sjörs, H. (1950) On the relation between vegetation and electrolytes in North Swedish mire waters. *Oikos* 2: 241-258.
 53. Soomers, H. & M. van Schie (2013) Nieuwkoopse Plassen Kwaliteitstoets. Vereniging Natuurmonumenten.
 54. Soudzilovskaia, N.A., Cornelissen, J.H.C., During, H.J. *et al.* (2010) Similar cation exchange capacities among bryophyte species refute a presumed mechanism of peatland acidification. *Ecology* 91: 2716-2726.
 55. Staatsbosbeheer (2004) Kaart 4 Waterbeheer Rottige Meenthe, zuidzijde. In: Uitwerkingsplan van de Rottige Meente 2004-2014
 56. Udd, D., S. Sundberg & H. Rydin (2016) Multi-species competition experiments with peatland bryophytes. *Journal of Vegetation Science* 27: 165-175.
 57. Ulrich, B. (1981) Ökologische Gruppierung von Boden nach ihrem chemischen Bodenzustand. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 144: 289-305.
 58. Van den Elzen, E., Kox, M.A.R., Harpenslager, S.-F., Hensgens, G., Fritz, C., Jetten, M.S.M., Ettwig, K.F., Lamers, L.P.M. (2017) Symbiosis revisited: phosphorus and acid buffering stimulate N₂ fixation but not Sphagnum growth. *Biogeosciences* 14: 1111-1122.

59. Van Dijk, J., B. Robroek, I. Kardel & M. Wassen (2012) Combined effects of nitrogen enrichment, sulphur pollution and climate change on fen meadow vegetation N:P stoichiometry and biomass. *Biogeochemistry* 111: 139-150.
60. Van Dijk, G., R. Loeb, E. Brouwer, A.J.P. Smolders, N. Eimers (2015) Wie het kleine niet eert, Standplaatseigenschappen van de Veenmosorchis (*Hammarbya paludosa*) in Nederland, *De Levende Natuur*, 116 (5): 208-214.
61. Van Diggelen, J.M.H., I.H.M. Bense, E. Brouwer, J. Limpens, J.M.M. van Schie, A.J.P. Smolders & L.P.M. Lamers (2015) Restoration of acidified and eutrophied rich fens: Long-term effects of traditional management and experimental liming. *Ecological Engineering* 75: 208-216.
62. Van Dobben, H.F., Barendregt, A., Kooijman A.M. & Smits, N.A.C. (2010a) Herstelstrategie H7140A: Overgangs- en trilvenen (trilvenen). Ministerie van economische zaken, landbouw & innovatie.
63. Van Dobben, H.F., Barendregt, A., Smits, N.A.C. & Van 't Veer, R. (2010b) Herstelstrategie H7140B: Overgangs- en trilvenen (veenmosrietland). Ministerie van economische zaken, landbouw & innovatie.
64. Van Dobben, H.F., Bobbink, R., Bal, D., van Hinsberg, A. (2012) Overzicht van kritische depositiewaarden voor stikstof, toegepast op habitattypen en leefgebieden van Natura 2000. Wageningen, Alterra-rapport 2397, ISSN 1566-7197.
65. Van Tongeren, O., N. Gremmen & S.M. Hennekens (2008) Assignment of relevés to pre-defined classes by supervised clustering of plant communities using a new composite index. *Journal of Vegetation Science* 19: 525-536.
66. Van Tweel, M., & Douwes, R. (1998) Vegetatiekartering Nieuwkoopse Plassen, O&B rapport no 98-09. Vereniging Natuurmonumenten, 's Graveland.
67. Van Wirdum, G. (1991) Vegetation and hydrology of floating rich-fens. PhD thesis, University of Amsterdam, Amsterdam.
68. Velders, G.J.M., Aben, J.M.M., van Jaarsveld, J.A., van Pul, W.A.J., de Vries, W.J., van Zanten, M.C. (2010) Grootchalige stikstofdepositie in Nederland. Herkomst en ontwikkeling in de tijd. Planbureau voor de Leefomgeving, publicatienummer: 500088007/2010.
69. Velders, G., van Zanten, M., Aben, J., de Vries, W., van Jaarsveld, H., Maas, R., van Pul, A. (2011) Toelichting Depositieberekeningen AERIUS, RIVM.
70. Velders, G., van Zanten, M., Aben, J., de Vries, W., van Jaarsveld, H., Maas, R., van Pul, A. (2011) Toelichting Depositieberekeningen AERIUS. RIVM, 23-9-2011
71. Verhoeven, J.T.A., Beltman, B., Dorland, E., Robat, S.A. & Bobbink, R. (2010) Differential effects of ammonium and nitrate deposition on fen phanerogams and bryophytes. *Applied Vegetation Science*, 14, 149-157.
72. Vicherova, E., M. Hajek & T. Hajek (2015) Calcium intolerance of fen mosses: Physiological evidence of nutriënt availability and successional drivers. *Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics* 17: 347-359.
73. Wassen, M.J., Venterink, H.O., Lapshina, E.D. & Tanneberger, F. (2005) Endangered plants persist under phosphorus limitation. *Nature* 437, 547-550.
74. Weeda, E. J., R. Westra, Ch. Westra & T. Westra (1994) Nederlandse oecologische flora, Wilde planten en hun relaties 5. KNNV Uitgeverij, IVN, Hilversum & Haarlem.
75. Weeda, E.J., J.H.J. Schaminée, L. van Duuren (2000) Atlas van de Plantengemeenschappen in Nederland, deel 1, Wateren, moerassen en natte heide, KNNV Uitgeverij, Utrecht
76. Westhoff, V., & Den Held, A. (1969) Plantengemeenschappen, Natuurbeheer in Nederland. Zutphen: Thieme.
77. Westhoff, V., P.A. Bakker, C.G. van Leeuwen & E.E. van der Voo (1971) Wilde planten, flora en vegetatie in onze natuurgebieden 2. Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten in Nederland, Amsterdam.
78. Wheeler, B.D. & Proctor, M.C.F. (2000) Ecological gradients, subdivisions and terminology of North-West European mires. *Journal of Ecology*, 88, 187-203

9 Bijlagen

9.1 Overzicht van landen en locaties die in dit onderzoek meegenomen zijn, maar eerder verzameld door derden

Aantal	Land	Gebied	Datum	Vegetatietype	Wie
1	Nederland	Blauwe Hel		Trilveen	C. Cusell / I. Mettrop
2	Nederland	Geleenbeekdal		Trilveen	C. Cusell / I. Mettrop
3	Nederland	Bennekomse Meent		Trilveen	C. Cusell / I. Mettrop
4	Nederland	Mosbeek		Trilveen	C. Cusell / I. Mettrop
5	Nederland	Tienhoven		Trilveen	C. Cusell / I. Mettrop
6	Nederland	Kikkerlanden		Trilveen	C. Cusell / I. Mettrop
7	Nederland	Haeck		Trilveen	C. Cusell / I. Mettrop
8	Nederland	Kiersche Wieden	jul/aug-08	Trilveen	C. Cusell / I. Mettrop
9	Nederland	Veldweg	jul/aug-12	Trilveen	C. Cusell / I. Mettrop
10	Nederland	Veerslootlanden	jul/aug-09	Trilveen	C. Cusell / I. Mettrop
11	Nederland	Stobbenribben	jul/aug-12	Trilveen	C. Cusell / I. Mettrop
12	Nederland	Kiersche Wieden	jul/aug-08	Veenmosrietland	C. Cusell / I. Mettrop
13	Nederland	Kiersche Wieden	jul/aug-08	Veenmosrietland	C. Cusell / I. Mettrop
14	Nederland	Kiersche Wieden	jul/aug-08	Veenmosrietland	C. Cusell / I. Mettrop
15	Nederland	Veldweg	jul/aug-08	Veenmosrietland	C. Cusell / I. Mettrop
16	Nederland	Veldweg	jul/aug-08	Veenmosrietland	C. Cusell / I. Mettrop
17	Nederland	Weerribben (vak 60)	jul/aug-08	Veenmosrietland	C. Cusell / I. Mettrop
18	Nederland	Weerribben (vak 60)	jul/aug-08	Veenmosrietland	C. Cusell / I. Mettrop
19	Nederland	Alde Faenen	jul-13	Veenmosrietland	G. van Dijk
20	Nederland	Weerribben	jul-13	Veenmosrietland	G. van Dijk
21	Nederland	Weerribben	jul-13	Veenmosrietland	G. van Dijk
22	Nederland	Nieuwkoopse plassen	jul-13	Veenmosrietland	G. van Dijk
23	Nederland	Nieuwkoopse plassen	jul-13	Veenmosrietland	G. van Dijk
24	Nederland	Ilperveld	jul-13	Veenmosrietland	G. van Dijk
25	Nederland	Varkensland	jul-13	Veenmosrietland	G. van Dijk
26	Nederland	Varkensland	jul-13	Veenmosrietland	G. van Dijk
27	Nederland	Nieuwkoopse plassen	jun-07	verzuurd trilveen	J. van Diggelen
28	Nederland	Nieuwkoopse plassen	jun-07	verzuurd trilveen	J. van Diggelen
29	Nederland	Nieuwkoopse plassen	jun-07	rietland	J. van Diggelen

Aantal	Land	Gebied	Datum	Vegetatietype	Wie
1	Ierland	Aturtaun	jul-16	Trilveen	A. Smolders / C. Cusell
2	Ierland	Aturtaun	jul-16	Trilveen	A. Smolders / C. Cusell
3	Ierland	Truska	jul-16	Trilveen	A. Smolders / C. Cusell
4	Ierland	Truska	jul-16	Trilveen	A. Smolders / C. Cusell
5	Ierland	Truska	jul-16	Trilveen	A. Smolders / C. Cusell
6	Ierland	Nabij Kreckduff	jul-16	Trilveen	A. Smolders / C. Cusell
7	Ierland	Nabij Kreckduff	jul-16	Trilveen	A. Smolders / C. Cusell
8	Ierland	Noord van Emlagharan	jul-16	Trilveen	A. Smolders / C. Cusell
9	Ierland	Emlagharan	jul-16	Trilveen	A. Smolders / C. Cusell
10	Ierland		jul-16	Trilveen	A. Smolders / C. Cusell
11	Ierland		jul-16	Trilveen	A. Smolders / C. Cusell
12	Ierland		jul-16	Trilveen	A. Smolders / C. Cusell

Aantal	Land	Gebied	Datum	Vegetatietype	Wie
1	Zweden	Flärkarna		Trilveen	I. Mettrop / A. Kooijman
2	Zweden	Storflon		Trilveen	I. Mettrop / A. Kooijman
3	Zweden	Källmyren		Trilveen	I. Mettrop / A. Kooijman
4	Zweden	Stormyran		Trilveen	I. Mettrop / A. Kooijman
5	Zweden	Flärkarna		Trilveen	I. Mettrop / A. Kooijman
6	Zweden	Gulastjarnen		Trilveen	I. Mettrop / A. Kooijman
7	Zweden	Meer bij Gulastjarnen		Trilveen	I. Mettrop / A. Kooijman
8	Zweden	Stormyran		Trilveen	I. Mettrop / A. Kooijman
9	Zweden	Gulastjarnen		Trilveen	I. Mettrop / A. Kooijman
10	Zweden	Meer bij Gulastjarnen		Trilveen	I. Mettrop / A. Kooijman
11	Zweden	Storflon		Trilveen	I. Mettrop / A. Kooijman
12	Zweden	Stormyran		Trilveen	I. Mettrop / A. Kooijman

Aantal	Land	Gebied	Datum	Vegetatietype	Wie
1	Polen	Moszne			J. Geurts
2	Polen	Moszne			J. Geurts
3	Polen	jez. Żubrowo	2011	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
4	Polen	jez. Gajlik	2011	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
5	Polen	jez. Kunis	2011	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
6	Polen	jez. Pomorze	2011	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
7	Polen	Augustów-działki S	2011	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
8	Polen	Augustów-działki N	2011	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
9	Polen	Kobyła Biel	2011	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
10	Polen	Sawonia Mostek	2011	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
11	Polen	Sarnetki W	2011	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
12	Polen	Rosochaty Róg	2011	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
13	Polen	Borsuki	2011	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell

14	Polen	Sucha Rzeczką	2011	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
15	Polen	Rospuda N	2011	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
16	Polen	Rospuda S	2011	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
17	Polen	Rospuda Kozia Szyja	2011	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
18	Polen	jez. Kruglak	2011	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
19	Polen	Boksze Nowe	2011	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
20	Polen	Czarna Hańcza - Morgi	2011	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
21	Polen	Czarna Hańcza - Rutka	2011	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
22	Polen	jez. Szurpiły brzeg S	2011	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
23	Polen	jez. Zdaniszki	2011	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
24	Polen	Kunisianka - Berżniki	2011	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
25	Polen	Serafin	2012	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
26	Polen	Płonka	2012	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
27	Polen	Drzesno	2012	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
28	Polen	Antoniów	2012	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
29	Polen	Myszków	2012	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
30	Polen	Mierzawka	2012	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
31	Polen	Kruczka	2012	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
32	Polen	Modrzewianka	2012	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
33	Polen	Torfy Orońskie	2012	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
34	Polen	Zwoleńka	2012	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
35	Polen	Pobiedziska	2012	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
36	Polen	Rurzyca	2012	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
37	Polen	Wierzchołek	2012	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
38	Polen	Czarci Staw	2012	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
39	Polen	jez. Małe Długie	2012	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
40	Polen	jez. Borowe	2012	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
41	Polen	Lipusz	2012	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
42	Polen	Luboń	2012	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
43	Polen	jez. Kruszyńskie	2012	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
44	Polen	Bagno Stawek	2012	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
45	Polen	jez. Trawiki	2012	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
46	Polen	Chocina	2012	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
47	Polen	Daniłowce	2013	Trilveen	P. Pawlikowski / C. Cusell
48	Polen	Rospuda	jul-12	beekdalvenen	W-J. Emsens
49	Polen	Biebrza 2	jul-12	beekdalvenen	W-J. Emsens
50	Polen	Biebrza 1	jul-12	beekdalvenen	W-J. Emsens
51	Polen	Lubon 1	jul-12	beekdalvenen	W-J. Emsens
52	Polen	Lubon2	jul-12	beekdalvenen	W-J. Emsens
53	Polen	Bagno Stawek	jul-12	beekdalvenen	W-J. Emsens
54	Polen	Dobrzienka	jul-12	beekdalvenen	W-J. Emsens

9.2 Vegetatie OBN N in trilvenen en veenmosrietlanden

	Vegetatiegroep	1	2	3	4	5	6
	plots in groep	42	13	21	12	5	17
Latijnse soortnaam	NL soortnaam	% voorkomen per groep					
Abietinella abietina		0	8	0	0	0	0
Achillea ptarmica	Wilde beltram	0	0	0	0	0	6
Agrostis canina	Moerasstruisgras	50	85	38	75	60	76
Agrostis stolonifera	Fioringras	14	0	19	17	0	0
Alnus species	Els (G)	29	62	10	50	0	18
Angelica sylvestris	Gewone engelwortel	0	0	5	0	0	0
Anthoxanthum odoratum	Gewoon reukgras	26	77	14	42	40	29
Aronia x prunifolia	Zwarte appelbes	5	0	0	0	0	0
Aulacomnium palustre	Roodviltmos	64	62	38	33	20	0
Betula pubescens	Zachte berk	57	62	24	33	20	0
Bryum pseudotriquetrum	Veenknikmos	0	23	10	8	40	94
Calamagrostis canescens	Hennegras	29	23	71	67	80	24
Calliergon giganteum	Reuzenpuntmos	0	0	14	0	40	71
Calliergonella cuspidata	Gewoon puntmos	12	62	62	75	100	88
Caltha palustris	Dotterbloem	0	8	5	8	40	29
Calypogeia fissa	Moerasbuidelmos	2	8	10	8	0	0
Campylium stellatum	Sterrengoudmos	0	8	0	0	0	65
Cardamine pratensis	Pinksterbloem	0	8	0	8	0	12
Carex acuta	Scherpe zegge	7	23	5	17	40	65
Carex acutiformis	Moeraszegge	5	0	38	8	0	6
Carex appropinquata	Paardenhaarzegge	0	0	0	0	40	0
Carex curta	Zompzegge	29	23	19	17	20	6
Carex diandra	Ronde zegge	0	0	0	0	40	53
Carex dioica	Tweehuizige zegge	5	8	14	33	0	12
Carex echinata	Sterzegge	14	23	0	25	40	0
Carex elata	Stijve zegge	2	23	0	0	0	41
Carex hostiana	Blonde Zegge	0	0	0	0	0	6
Carex lasiocarpa	Draadzegge	0	23	5	25	0	53
Carex nigra	Zwarte zegge	26	15	19	58	40	41
Carex oederi		2	0	0	33	0	35
Carex panicea	Blauwe zegge	7	23	0	17	0	35
Carex paniculata	Pluimzegge	12	23	10	17	20	24
Carex pseudocyperus	Hoge cyperzegge	0	8	5	17	0	0
Carex pulicaris	Vlozegge	5	0	0	0	0	6
Carex riparia	Oeverzegge	14	0	0	25	0	0
Carex rostrata	Snavelzegge	10	38	10	25	60	47
Carex vesicaria	Blaaszegge	0	8	0	0	40	0
Chara species	Kranswier (G)	0	0	5	0	0	6
Cirsium dissectum	Spaanse ruiter	2	15	14	0	0	6
Cirsium palustre	Kale jonker	14	46	62	42	20	18
Cladium mariscus	Galigaan	5	0	0	0	0	0
Climacium dendroides	Boompjesmos	0	0	0	0	20	0
Convolvulus sepium	Haagwinde	0	0	38	8	0	0
Dactylorhiza incarnata	Vleeskleurige orchis	0	0	0	0	0	6
Dactylorhiza maculata	Gevlekte orchis	0	0	0	0	20	0
Danthonia decumbens	Tandjesgras	0	8	0	0	0	0
Dicranum scoparium	Gewoon gaffeltandmos	7	8	0	8	0	0
Drepanocladus trifarium	Wormmos	5	8	0	0	0	6
Drosera intermedia	Kleine zonnedaauw	2	0	0	17	0	6
Drosera rotundifolia	Ronde zonnedaauw	76	85	38	33	0	24
Dryopteris carthusiana	Smalle stekelvaren	17	0	33	0	0	0
Dryopteris cristata	Kamvaren	21	8	19	0	0	0
Eleocharis multicaulis		5	8	0	0	0	0
Eleocharis palustris	Gewone waterbies	0	8	0	8	20	0
Epilobium hirsutum	Harig wilgenroosje	2	0	0	17	0	0
Epilobium palustre	Moerasbasterdwederik	5	0	5	0	0	0
Equisetum arvense		0	0	0	0	0	6
Equisetum fluviatile	Holpijp	0	69	5	25	80	65
Equisetum palustre	Lidrus	2	31	5	8	80	53
Erica tetralix	Gewone dophei	12	0	5	0	0	0
Eriophorum angustifolium	Veenpluis	62	46	0	17	0	12
Eupatorium cannabinum	Koninginnenkruid	7	0	57	17	0	12
Festuca rubra	Rood zwenkgras s.s.	10	0	0	8	0	6
Filipendula ulmaria	Moeraspirea	0	8	10	8	20	24
Fissidens adianthoides	Groot vedermos	2	23	5	8	0	29
Galium palustre	Moeraswalstro	10	23	52	67	80	18
Galium uliginosum	Ruw walstro	0	0	0	0	0	12
Gentiana pneumonante	Klokjesgentiaan	0	0	0	0	0	6

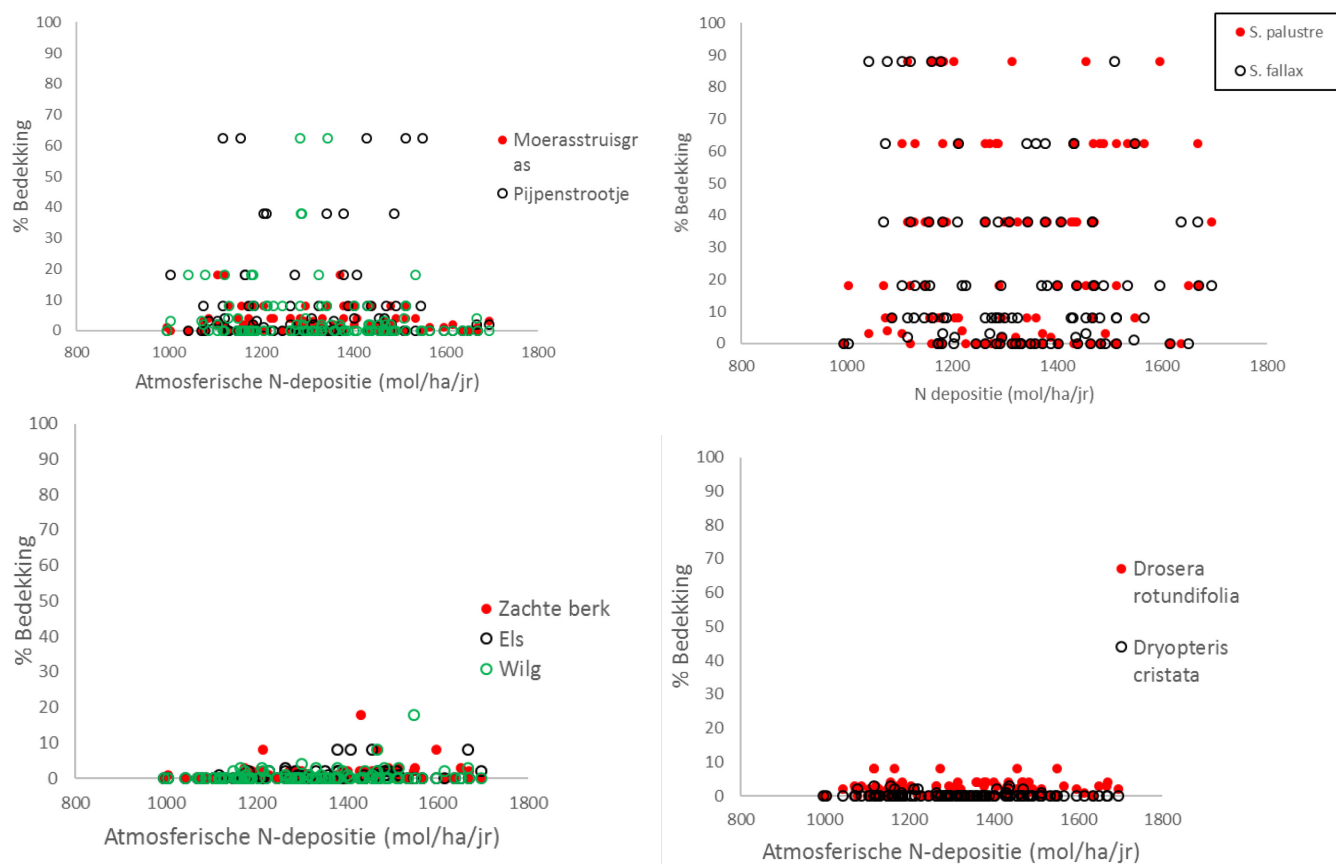
Hamatocaulis vernicosus	Geel schorpioenmos	0	0	0	0	0	6
Hammarbya paludosa	Veenmosorchis	2	8	0	0	0	0
Hierochloa odorata	Veenreukgras	0	8	0	0	0	0
Holcus lanatus	Gestreepte witbol	10	46	19	33	60	0
Hydrocharis morsus-ranae		0	0	0	0	20	0
Hydrocotyle vulgaris	Gewone waternavel	43	92	48	75	20	71
Hypericum elodes	moerashertshooi	2	0	0	0	0	0
Hypericum tetrapterum	Gevleugeld hertshooi	0	0	19	0	0	0
Iris pseudacorus	Gele lis	0	0	52	42	0	6
Juncus acutiflorus	Veldrus	2	0	5	17	0	24
Juncus articulatus	Zomprus	17	8	0	42	60	41
Juncus bulbosus	Knolrus	2	23	0	0	0	0
Juncus conglomeratus	Biezenknoppen	36	46	52	17	60	12
Juncus effusus	Pitrus	36	8	33	58	0	0
Juncus subnodulosus	Paddenrus	36	69	33	33	40	47
Lathyrus palustris	Moeraslathyrus	0	0	0	0	20	0
Lemna minor		2	0	0	0	0	0
Liparis loeselii	Groenknolorchis	0	0	5	0	0	6
Lobularia species		0	8	0	0	0	0
Lophocolea species	Kantmos (G)	5	0	38	17	0	0
Lotus pedunculatus	Moerasrolklaver	7	23	5	42	40	0
Luzula multiflora	Veelbloemige veldbies s.l.	5	15	10	8	0	0
Lycopus europaeus	Wolfspoot	5	0	38	17	0	12
Lysimachia thyrsiflora	Moeraswederik	14	31	10	25	40	24
Lysimachia vulgaris	Grote wederik	29	31	29	67	20	24
Lythrum salicaria	Grote kattenstaart	7	8	24	42	40	18
Mentha aquatica	Watermunt	0	0	38	75	60	59
Menyanthes trifoliata	Waterdrieblad	5	62	0	33	60	65
Molinia caerulea	Pijpenstrootje	74	69	29	17	20	12
Myosotis laxa s. cespitosa	Zompvergeet-mij-nietje	0	0	0	8	0	0
Myosotis scorpioides s. scorpioides	Moerasvergeet-mij-nietje s.s.	0	8	29	42	40	18
Myrica gale	Wilde gagele	5	8	0	8	0	6
Osmunda regalis		5	0	0	0	0	0
Palustriella commutata	Geveerd diknerfmos	0	0	0	0	0	6
Pedicularis palustris	Moeraskartelblad	7	38	0	33	40	41
Pellia species	Plakkaatmos (G)	7	0	48	0	0	24
Persicaria hydropiper	Waterpeper	0	0	0	8	0	0
Peucedanum palustre	Melkeppe	29	46	52	50	20	24
Phalaris arundinacea	Rietgras	0	0	10	8	0	0
Phragmites australis	Riet	95	54	95	92	0	76
Plagiomnium affine	Rond boogsterrenmos	0	23	0	17	0	41
Plantago lanceolata	Smalle weegbree	0	0	0	0	0	6
Polytrichum commune	Gewoon haarmos	83	77	38	42	40	0
Potentilla erecta	Tormentil	29	31	5	8	0	35
Potentilla palustre	Wateraardbei	14	69	14	75	80	88
Prunella vulgaris	Gewone brunel	0	0	0	0	0	6
Quercus robur	Zomereik	2	0	0	0	0	0
Ranunculus flammula	Egelboterbloem	5	15	5	58	60	24
Ranunculus lingua	Grote boterbloem	0	0	0	0	20	0
Ranunculus repens	Kruipende boterbloem	0	0	0	0	20	0
Rhamnus frangula	Sporkehout	5	8	0	0	0	0
Rhinanthus angustifolius	Grote ratelaar	0	23	0	17	40	6
Rhytidadelphus squarrosus	Gewoon haarmos	7	31	38	17	0	18
Riccia (subgenus Riccia) species	Riccia (subgenus Riccia) species	0	0	5	0	0	18
Rubus species	Braam (G)	12	0	5	8	0	0
Rumex acetosa	Veldzuring	2	0	5	0	0	0
Rumex hydrolapathum	Waterzuring	0	0	5	0	0	0

Salix aurita	Geoorde wilg	7	0	0	0	0	0
Salix cinerea	Grauwe en Rossige wilg	10	15	0	8	0	12
Salix pentandra	Laurierwilg	2	15	0	0	0	6
Salix repens	Kruipwilg	5	23	0	0	0	0
Salix species	Wilg (G)	5	31	10	0	0	12
Schoenoplectus tabernaemontani	Ruwe bies	5	0	5	0	0	0
Scorpidium cossonii	Groen schorpioenmos	0	0	0	0	0	47
Scorpidium scorpioides	Rood schorpioenmos	5	0	0	0	0	35
Silene flos-cuculi	Echte koekoeksbloem	0	0	19	0	20	0
Sparganium erectum	Grote egelskop	0	0	5	0	20	0
Solanum dulcamara	Bitterzoet	0	15	0	0	0	0
Sphagnum capillifolium		0	8	0	0	0	0
Sphagnum contortum	Trilveenveenmos	7	8	0	0	0	18
Sphagnum denticulatum		0	0	0	0	0	6
Sphagnum fallax	Fraai veenmos	93	85	86	92	20	0
Sphagnum fimbriatum	Gewimperd veenmos	2	38	14	42	20	0
Sphagnum flexuosum	Slank veenmos	2	0	5	0	0	0
Sphagnum magellanicum	Hoogveenveenmos	5	0	0	0	0	0
Sphagnum palustre	Gewoon veenmos	93	92	95	58	20	12
Sphagnum papillosum	Wrattig veenmos	5	0	0	8	0	0
Sphagnum squarrosum	Haakveenmos	7	31	33	58	40	18
Sphagnum subnitens	Glanzend veenmos	17	46	0	33	0	6
Sphagnum teres	Sparrig veenmos	2	23	5	17	0	18
Stachys palustris	Moerasandoorn	0	0	10	0	0	0
Stellaria palustris	Zeegroene muur	5	0	14	8	20	6
Straminergon stramineum	Sliertmos	43	46	29	33	0	0
Succisa pratensis	Blauwe knoop	2	23	0	0	20	18
Thalictrum flavum	Poelruit	0	0	5	0	0	6
Thelypteris palustris	Moerasvaren	14	23	48	25	0	35
Triglochin palustris	Moeraszoutgras	2	0	0	0	0	0
Typha angustifolia	Kleine lisdodde	2	0	14	0	0	6
Typha latifolia	Grote lisdodde	0	0	5	0	0	0
Utricularia intermedia	Plat blaasjeskruid	0	0	0	0	0	6
Utricularia minor	Klein blaasjeskruid	7	0	5	8	20	47
Utricularia vulgaris	Groot blaasjeskruid	2	0	0	0	0	12
Vaccinium oxycoccus		2	8	0	0	0	0
Valeriana dioica	Kleine valeriaan	0	8	19	17	20	35
Valeriana officinalis	Echte valeriaan	0	0	14	0	0	0
Viola palustris	Moerasviooltje	17	46	24	17	0	0

9.3 Voorkomende Rode Lijst soorten per onderscheiden vegetatiegroep

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Rode Lijst zeldzaamheid		gemiddelde bedekking (%) per vegetatiegroep					
		status	status	1	2	3	4	5	6
Blauwe knoop	Succisa pratensis	GE	a	0	2	0	0	0	0
Blonde Zegge	Carex hostiana	BE	zz	0	0	0	0	0	0
Draadzegge	Carex lasiocarpa	KW	z	0	2	0	1	0	5
Galigaan	Cladium mariscus	KW	z	0	0	0	0	0	0
Gevlekte orchis	Dactylorhiza maculata	KW	z	0	0	0	0	0	0
Groenknolorchis	Liparis loeselii	BE	zz	0	0	0	0	0	0
Klein blaasjeskruid	Utricularia minor	KW	z	0	0	0	1	2	1
Kleine valeriaan	Valeriana dioica	KW	z	0	0	1	0	0	1
Kleine zonnedauw	Drosera intermedia	GE	a	0	0	0	0	0	0
Klokjesgentiaan	Gentiana pneumonante	GE	a	0	0	0	0	0	0
Moerasbasterdwederik	Epilobium palustre	GE	a	0	0	0	0	0	0
moerashertschooi	Hypericum elodes	KW	z	0	0	0	0	0	0
Moeraskartelblad	Pedicularis palustris	KW	z	0	1	0	1	2	1
Paardenhaarzegge	Carex appropinquata	KW	zz	0	0	0	0	2	0
Plat blaasjeskruid	Utricularia intermedia	KW	zzz	0	0	0	0	0	0
Ronde zegge	Carex diandra	KW	zz	0	0	0	0	1	2
Ronde zonnedauw	Drosera rotundifolia	GE	a	3	3	1	1	0	1
Spaanse ruiter	Cirsium dissectum	KW	z	0	1	0	0	0	0
Tweehuisige zegge	Carex dioica	EB	zzz	0	0	1	2	0	0
Veenmosorchis	Hammarbya paludosa	EB	zzz	0	0	0	0	0	0
Veenreukgras	Hierochloa odorata	KW	z	0	0	0	0	0	0
Vleeskleurige orchis	Dactylorhiza incarnata	KW	z	0	0	0	0	0	0
Vlozegge	Carex pulicaris	BE	zz	2	0	0	0	0	0
Wateraardbei	Potentilla palustre	GE	a	0	6	1	3	28	5
Waterdrieblad	Menyanthes trifoliata	GE	a	0	6	0	14	13	14
Wilde gale	Myrica gale	GE	a	0	0	0	1	0	0
Wormmos	Drepanocladus trifarium	GE	zz	0	0	0	0	0	0
	Vaccinium oxycoccus	KW	z	0	0	0	0	0	0

9.4 Bedekkingen van voorkomende soorten in trilvenen en veenmosrietlanden bij verschillende N-depositie waarden



9.5 Ass. Schorpioenmos en Ronde zegge in de Nieuwkoopse Plassen (1996-97 & 2007-09)



Legenda

**Ass. Schorpioenmos en Ronde zegge
Nieuwkoopse Plassen - Centrale Zudden**

Vegetatie 2007-09

-  51 - 75% bedekking
-  76 - 100% bedekking

Vegetatie 1996-97

-  100% bedekking (0 vlakken)

Beheeringreep

-  Geplagd

Bronnen

Vegetatie: Van Tweel en Douwes 1998
Damm en Van 't Veer 2010

Luchtfoto: CycloMedia, Aerodata, Esri
Nederland

Jasper van Belle 8-6-2016





Legenda

**Ass. Schorpioenmos en Ronde zegge
Nieuwkoopse Plassen - De Haeck**

1996-97

 100% bedekking

2007-09

 76 - 100% bedekking

Bronnen

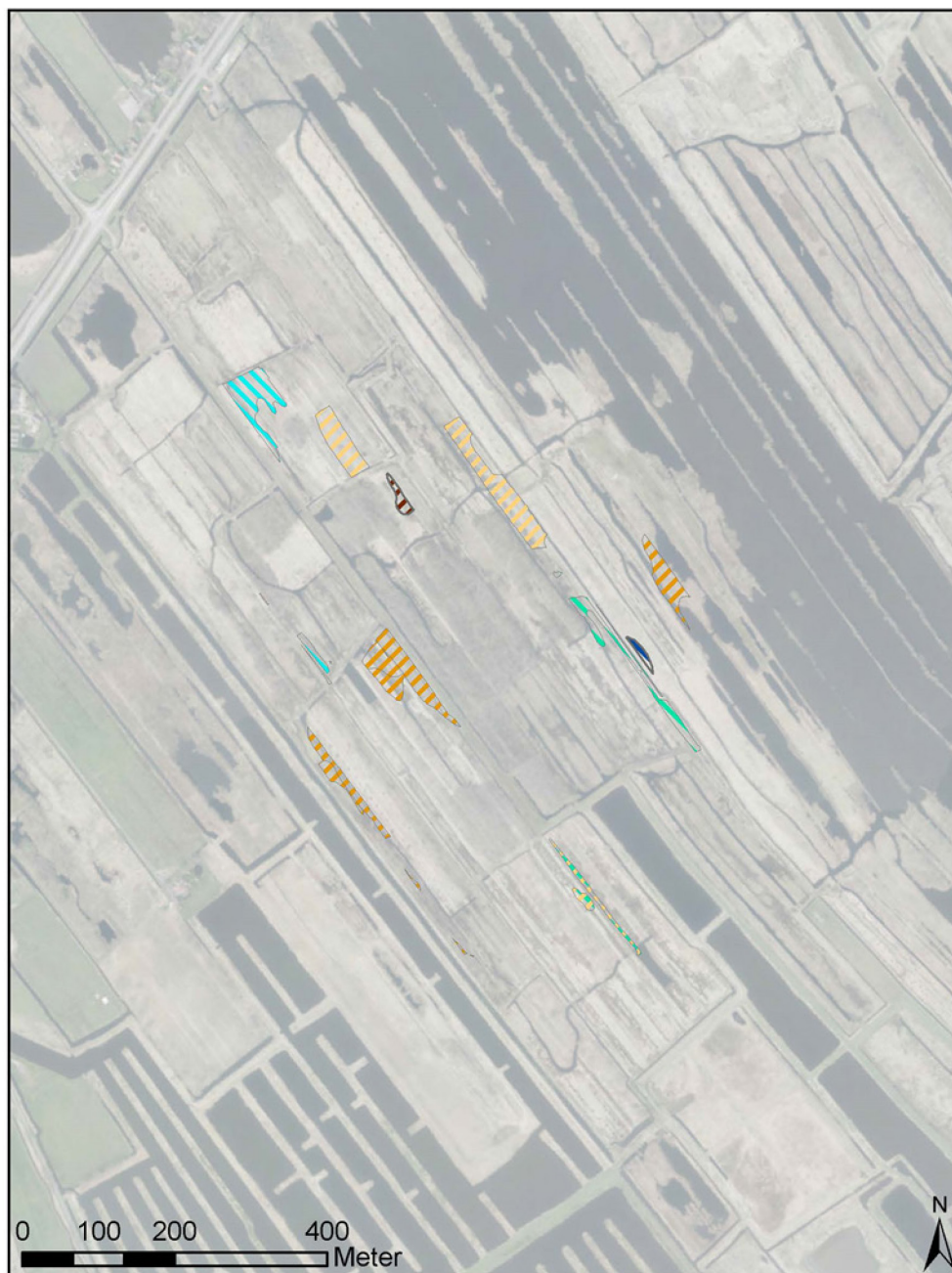
Vegetatie: Van Tweel en Douwes 1998
Damm en Van 't Veer 2010

Luchtfoto: CycloMedia, Aerodata, Esri
Nederland

Jasper van Belle 8-6-2016



9.6 Ass. Schorpioenmos en Ronde zegge in de Rottige Meenthe (1993, 2001 & 2013)



Legenda

**Ass. Schorpioenmos en Ronde zegge
Rottige Meenthe 1993**

9B3a s.a. typicum 9B3b s.a. veenmossen

 3% bedekking	 3% bedekking
 4 - 25	 4 - 25
 26 - 50	 26 - 50
 51 - 75	 51 - 75
 76 - 100	 76 - 100

Bronnen

Vegetatie: Altenburg en Kolkman 1995
Luchtfoto: Source: Esri, DigitalGlobe,
GeoEye, Earthstar Geographics,
CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AEX,
Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo,
and the GIS User Community

Jasper van Belle, 7-6-2016





Legenda

**Ass. Schorpioenmos en Ronde zegge
Rottige Meenthe 2001**

9B3a s.a. typicum 9B3b s.a. veenmossen

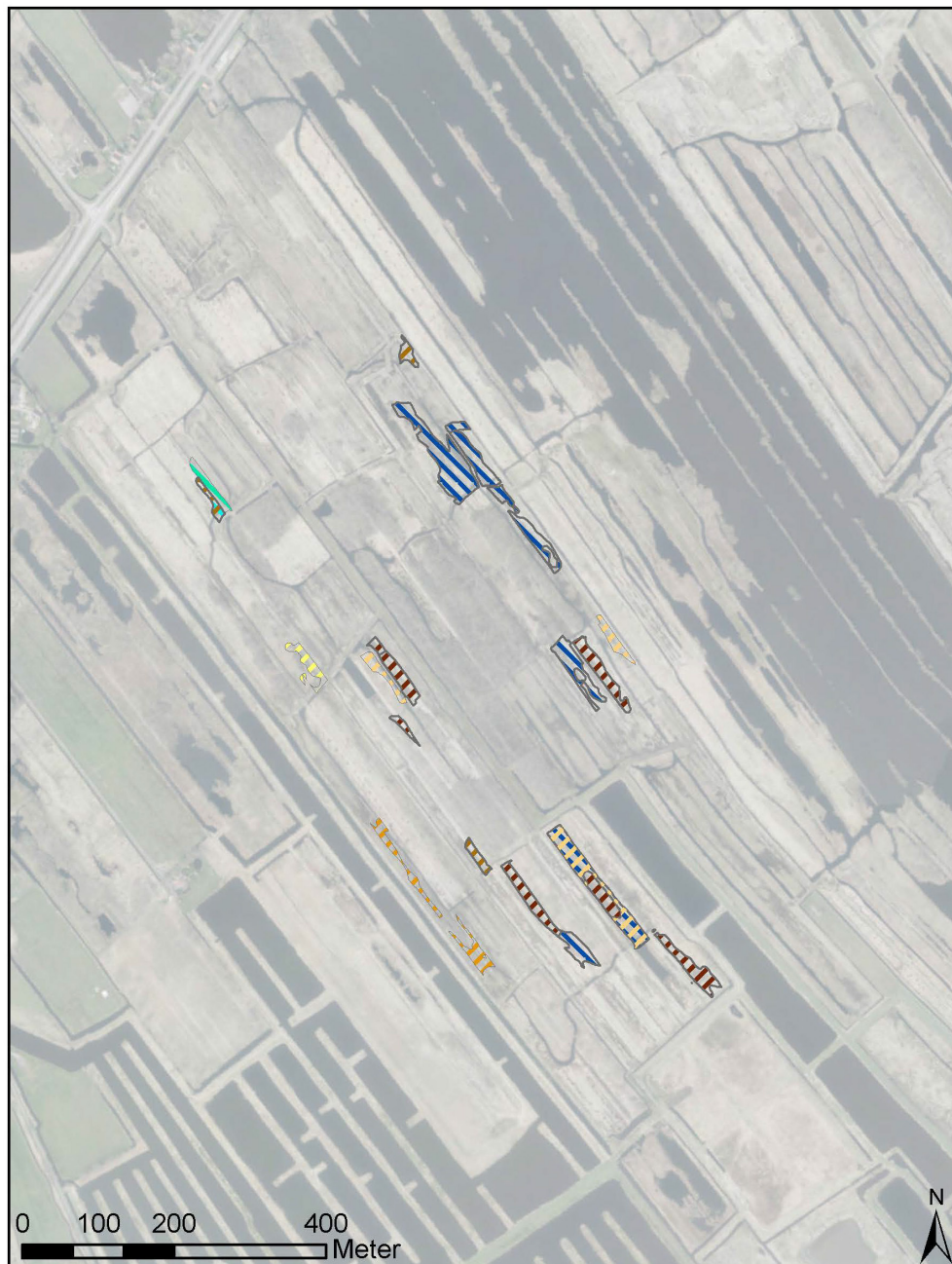
 3% bedekking	 3% bedekking
 4 - 25	 4 - 25
 26 - 50	 26 - 50
 51 - 75	 51 - 75
 76 - 100	 76 - 100

Bronnen

Vegetatie: Aitink *et al.* 2003
Luchtfoto: Source: Esri, DigitalGlobe,
GeoEye, Earthstar Geographics,
CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AEX,
Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo,
and the GIS User Community

Jasper van Belle, 7-6-2016





Legenda

**Ass. Schorpioenmos en Ronde zegge
Rottige Meenthe 2013**

9B3a s.a. typicum 9B3b s.a. veenmossen

 3% bedekking	 3% bedekking
 4 - 25	 4 - 25
 26 - 50	 26 - 50
 51 - 75	 51 - 75
 76 - 100	 76 - 100

Bronnen

Vegetatie: Bijkerk *et al.* 2015
Luchtfoto: Source: Esri, DigitalGlobe,
GeoEye, Earthstar Geographics,
CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AEX,
Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo,
and the GIS User Community

Jasper van Belle, 7-6-2016



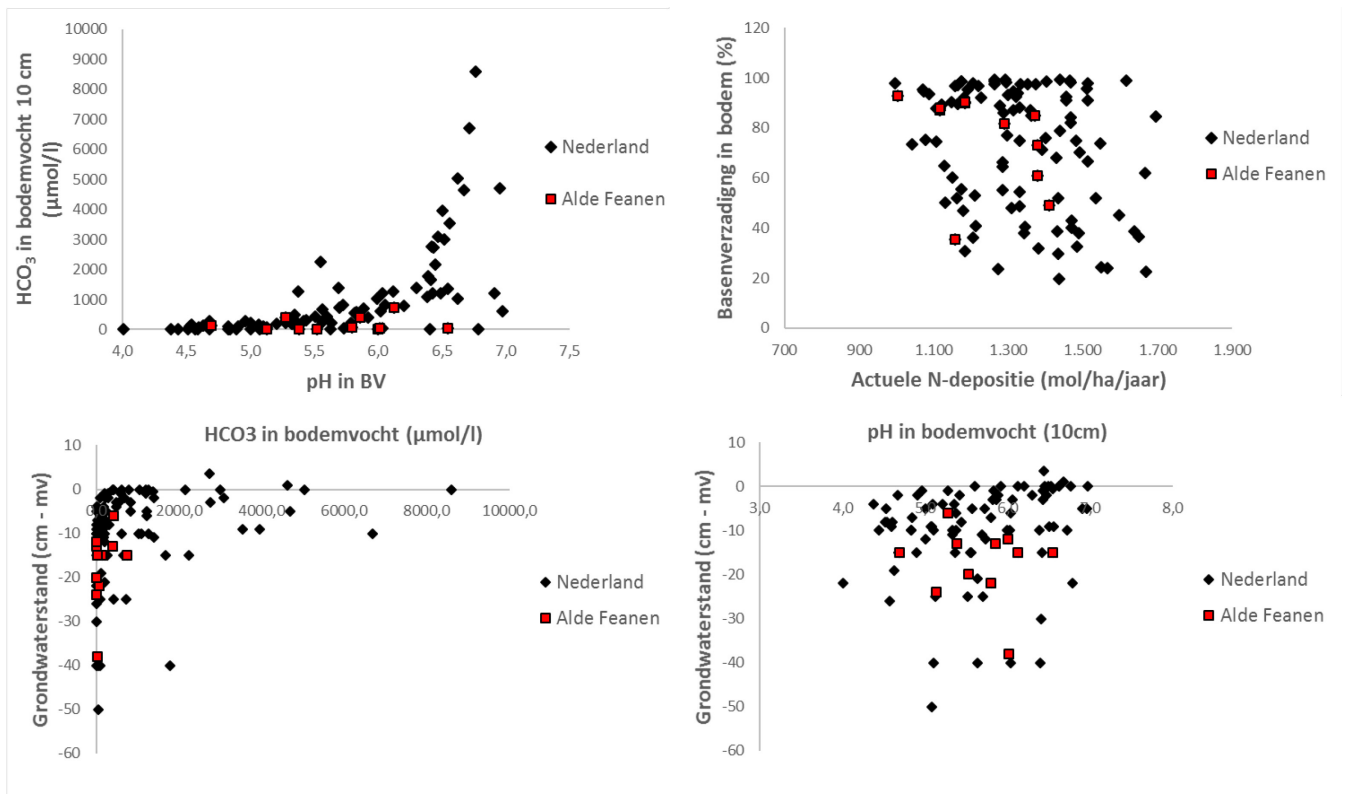
9.7 Checklist sturende factoren per gebied

9.7.1 Overzicht sturende factoren alle gebieden

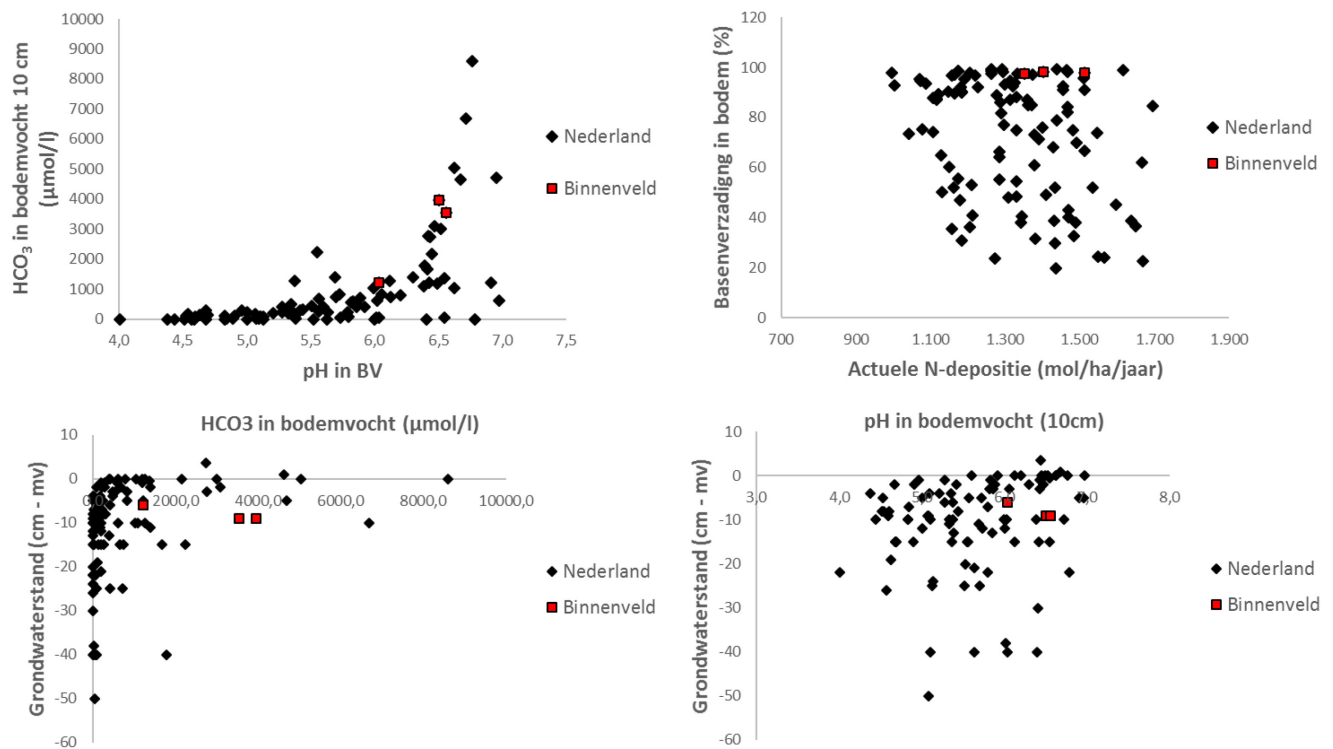
						Bodemvocht						Bodem		Vegetatie	
		(Wintwin)	mol/ha/jr	cm	cm - mv	10cm	10cm	10cm	10cm	10cm	10cm	%		gram DW/m2	gram DW/m2
		Veg. groep	Actuele N-dep	Dikte moslaag	GWS	pH	HCO3	Ca	NH4	K	P	Basen verzadiging	Biomassa moslaag	Biomassa vaatplanten	
069-ALDE-A	Alde Feanen	1	1408,15	6	-22	5,8	76,1	99,9	2,0	41,3	7,2	49,2	757,4	204,2	
070-ALDE-A	Alde Feanen	1	1378,00	5	-13	5,4	13,5	86,2	3,1	10,1	5,8	61,0	359,8	128,6	
073-ALDE-B	Alde Feanen	1	1156,03	9	-24	5,1	0,0	36,3	8,9	23,8	18,7	35,5	663,9	146,2	
101-ALDE-D	Alde Feanen	1	1116,14	4	-15	4,7	137,5	39,9	3,1	74,7	15,0	87,2	313,0	545,3	
102-ALDE-D	Alde Feanen	1	1116,14	1	-20	5,5	0,0	64,7	2,8	66,1	14,8	87,7	26,6	560,4	
067-ALDE-A	Alde Feanen	2	1378,00	5	-6	5,3	416,8	220,9	2,4	6,7	1,5	73,0	297,0	147,6	
072-ALDE-B	Alde Feanen	3	1003,30	9	-15	6,5	32,7		2,0			92,8	200,6	393,9	
103-ALDE-D	Alde Feanen	3	1182,35	1	-12	6,0	0,0	81,0	12,2	98,4	28,2	89,9	37,3	449,9	
104-ALDE-D	Alde Feanen	3	1182,35	2	-13	5,9	405,9	165,5	3,0	21,1	10,6	90,2	150,9	476,4	
068-ALDE-A	Alde Feanen	4	1289,88	5	-15	6,1	739,4	562,9	17,1	30,4	29,5	81,7	230,8	342,0	
071-ALDE-B	Alde Feanen	4	1371,35	0	-38	6,0	36,5	472,3	10,8	24,5	13,5	85,1	29,0	190,8	
109-MEEN-A	Binnenveld: Bennekomse Meent	5	1513,03	9	-9	6,5	3947,5	1761,2	2,1	8,9	5,5	97,9	266,3	370,5	
108-MEEN-A	Binnenveld: Bennekomse Meent	6	1402,57	3	-9	6,6	3552,9	1648,2	2,6	6,3	5,2	98,4	124,9	269,9	
110-HEL-A	Binnenveld: De Hel	6	1350,72	3	-6	6,0	1217,9	503,0	1,8	1,5	3,3	97,6	139,6	305,0	
038-BOTS-A	Botshol	1	1431,19	7	-26	4,6	0,0	84,4	5,5	37,7	6,9	38,7	387,0	421,0	
039-BOTS-A	Botshol	1	1549,13	4	-15	4,7	0,0	19,6	2,2	102,6	2,2	24,4	590,5	315,5	
040-BOTS-A	Botshol	1	1488,33	8	-10	4,8	0,0	87,2	1,7	80,2	6,6	38,0	728,4	313,2	
063-MIED-A	de Mieden	2	1389,00	3	-4	5,3	483,8	269,5	4,5	4,0	2,2	71,4	271,0	108,2	
066-MIED-A	de Mieden	3	1285,00	7	-1	5,3	212,8	137,1	9,8	38,5	5,4	64,4	156,8	358,7	
065-MIED-A	de Mieden	4	1285,00	2	0	5,9	393,4	924,4	8,4	10,7	1,8	66,5	15,4	346,2	
059-MIED-B	de Mieden	6	1331,00	1	-10	6,7	6695,2	2826,8	20,2	30,0	3,4	74,9	130,8	331,0	
060-MIED-B	de Mieden	6	1331,00	1	0	6,8	8592,2	2737,0	3,9	5,3	2,4	54,5	67,5	244,6	
061-MIED-B	de Mieden	6	1331,00	2	0	6,6	5046,0	1895,5	4,4	4,5	2,4	88,1	222,5	369,2	
062-MIED-B	de Mieden	6	1331,00	1	0	6,6	1040,6	274,5	2,5	0,7	0,7	48,6	4,7	329,4	
064-MIED-A	de Mieden	6	1332,00	2	-5	7,0	4694,7	2319,4	4,1	9,5	1,3	97,6	265,1	264,9	
023-HOL-A	Het Hol	1	1546,11	6	-25							73,7	685,8	122,7	
024-HOL-A	Het Hol	1	1381,00	6	-18							31,7	653,8	373,4	
027-HOL-B	Het Hol	2	1483,37	5	-8	4,5	0,0	7,0	1,8	97,9	1,9	32,7	953,3	156,4	
026-HOL-B	Het Hol	3	1433,27	6	-4	5,1	30,3	26,4	3,3	218,7	7,3	51,8	501,2	720,8	
022-HOL-A	Het Hol	4	1509,36	3	-25	5,5	431,8	289,9	5,1	5,4	6,1	95,9	376,9	161,6	
025-HOL-B	Het Hol	4	1433,27	7	-2	4,9	102,7	222,2	3,2	16,2	4,1	29,7	686,4	278,0	
044-ILP-A	Ilperveld	1	1149,73	10	-39							60,4	435,5	492,2	
045-ILP-A	Ilperveld	1	1161,79	10	-45							51,9	521,3	880,8	
046-ILP-A	Ilperveld	1	1127,70	6	-50	5,1	56,6	77,2	1,1	21,3	1,3	64,8	479,9	465,7	
093-ILP-B	Ilperveld	1	1120,75	7	-5	5,7	835,2	249,8	2,9	152,4	7,4	89,4	315,4	128,4	
094-ILP-B	Ilperveld	1	1120,75	6	-9	5,1	156,4	226,4	6,9	434,1	12,3	89,3	236,1	262,8	
095-ILP-B	Ilperveld	1	1105,90	7	-5	4,5	97,8	23,3	4,2	101,8	8,0	87,8	586,4	424,8	
096-ILP-B	Ilperveld	1	1105,90	3	-10	5,4	1262,8	608,5	15,0	278,0	22,0	74,4	412,4	519,2	
047-ILP-A	Ilperveld	3	1130,64	8	-12	5,7	33,6	15,3	2,5	13,2	1,8	50,3	553,3	509,2	
107-LANG-A	Langstraat	1	1481,03	7	-25	5,1	86,1	85,1	1,8	4,1	4,7	74,8	530,2	94,6	
106-LANG-A	Langstraat	4	1296,19	0	-25	5,7	719,5	521,5	5,1	13,9	8,9	76,9	18,3	269,8	
105-LANG-A	Langstraat	6	1357,79	1	-15	5,6	2241,9	999,0	5,4	12,3	23,1	87,1	89,3	233,1	
029-MOL-C	Molenpolder	1	1649,79	7	-22	4,0	0,0	45,5	3,6	126,4	4,7	36,7	1666,9	69,2	
030-MOL-C	Molenpolder	1	1669,56	6	-10	4,4	0,0	8,9	1,7	39,6	2,3	22,6	859,8	181,4	
028-MOL-C	Molenpolder	2	1667,28	3	-12	5,0	213,5	130,7	2,0	4,7	2,3	62,1	617,8	214,6	
020-WEST-A	Westbroekse Zodden	2	1299,83	2	-15	5,4	209,6	210,8	3,6	1,2	7,0	93,1	333,1	102,1	
031-WEST-B	Westbroekse Zodden	2	1466,87	2	-10	6,4	1087,0	503,2	3,4	7,9	1,7	98,3	301,2	157,0	
032-WEST-B	Westbroekse Zodden	2	1360,68	5	-11	5,3	189,6	151,0	3,3	4,8	3,5	85,0	488,8	232,5	
033-WEST-B	Westbroekse Zodden	2	1566,14	7	-9	4,6	0,0	14,1	1,6	2,5	1,1	24,0	872,2	50,4	
034-WEST-B	Westbroekse Zodden	2	1466,87	4	-21	5,6	213,2	150,5	3,8	8,6	2,6	82,1	537,3	188,0	
019-WEST-A	Westbroekse Zodden	5	1372,69	1	-10	6,0	620,2	382,0	1,5	1,8	3,5	97,4	105,3	355,5	
021-WEST-A	Westbroekse Zodden	5	1463,97	1	-3	6,4	2763,9	1335,6	2,1	1,9	2,2	98,9	168,6	88,2	
089-WEST-X	Westbroekse Zodden	5	1276,39	3	-10	6,0	1036,3	487,5	2,8	5,9	3,4	88,9	155,0	163,3	
007-NAAR-B	Naardermeer	1	1596,03	7	-24							45,3	1031,4	98,0	
010-NAAR-A	Naardermeer	1	1636,53	6	-26							38,8	766,3	95,3	
012-NAAR-A	Naardermeer	1	1468,45	5	-24							42,9	826,6	228,6	
006-NAAR-B	Naardermeer	3	1533,89	5	-22	6,8	0,0	130,2	42,0	199,7	26,2	52,0	660,4	574,0	
008-NAAR-B	Naardermeer	3	1436,04	3	-27							19,6	771,6	276,3	
011-NAAR-A	Naardermeer	3	1285,44	1	-15							55,2	405,3	618,6	
009-NAAR-A	Naardermeer	4	1293,89	1	-5	6,9	1222,8	780,4	8,6	31,0	18,3	98,4	314,8	289,1	
013-NIEUW-A	Nieuwkoopse plassen	1	1173,45	4	-30	6,4	0,0	123,5	29,3	103,8	78,9	55,5	529,6	281,0	
014-NIEUW-A	Nieuwkoopse plassen	1	1204,89	5	-30							36,3	540,2	190,6	
017-NIEUW-C	Nieuwkoopse plassen	1	1189,55	4	0	5,6	419,1	259,5	3,9	1,0	7,9	95,4	245,0	398,3	
016-NIEUW-A	Nieuwkoopse plassen	3	1205,15	1	-3	6,1	832,7	519,2	6,8	9,6	7,2	98,0	30,2	464,2	
018-NIEUW-C	Nieuwkoopse plassen	3	1324,48	2	-10	5,1	63,8	65,4	7,6	207,6	14,9	94,0	219,5	479,1	
015-NIEUW-A	Nieuwkoopse plassen	6	1173,62	1	0	6,5	1197,1	581,1	7,9	45,8	11,5	98,8	363,9	407,7	
035-NIEUW-B	Nieuwkoopse plassen - de Haak	1	1427,93	1	-46							68,1	110,7	349,4	
037-NIEUW-B	Nieuwkoopse plassen - de Haak	1	1470,52	4	-7	4,8	23,0	17,4	3,9	9,8	3,0	40,3	588,8	527,6	
036-NIEUW-B	Nieuwkoopse plassen - de Haak	3	1466,97	1	-3	5,9	484,1	417,9	4,0	6,2	2,2	84,4	346,7	347,4	

Codingering	Gebied	Veg. groep	(Aerius) mol/ha/jr Actuele N-dep	cm Dikte moslaag	cm - mv GWS	Bodemvocht						Bodem % Basen verzadiging	Vegetatie	
						10cm	10cm	10cm	10cm	10cm	10cm		gram DW/m2 Biomassa	gram DW/m2 Biomassa
						µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l		moslaag	maatplanten
						pH	HCO3	Ca	NH4	K	P			
048-ROT-C	Rottige Meente	1	1212,81	7	-8	4,5	151,2	45,8	2,6	37,4	4,4	40,9	601,2	226,9
049-ROT-C	Rottige Meente	1	1342,02	8	-15	4,9	25,8	28,1	2,0	182,9	2,2	38,0	458,6	464,1
051-ROT-C	Rottige Meente	1	1210,73	7	-8	4,6	74,6	33,2	2,5	33,2	2,5	53,0	447,9	148,0
052-ROT-A	Rottige Meente	1	1309,56	2	-2	4,7	218,1	129,5	4,7	5,1	2,6	48,1	89,9	273,0
053-ROT-A	Rottige Meente	1	1400,76	1	-2	5,4	298,6	141,6	6,1	2,0	1,9	75,9	108,9	108,9
054-ROT-A	Rottige Meente	1	1272,59	5	-4	4,4	0,0	30,0	4,8	4,7	2,9	23,5	550,9	77,2
055-ROT-A	Rottige Meente	1	1184,58	7	-5	5,0	0,0	27,0	3,0	33,8	3,1	30,8	565,7	93,3
050-ROT-C	Rottige Meente	3	1344,01	14	-40	5,1	90,7	77,9	3,0	3,5	4,4	40,7	735,5	433,6
056-ROT-B	Rottige Meente	3	1041,65	8	-4	5,2	190,2	61,4	4,8	9,4	3,5	73,4	232,5	746,0
057-ROT-B	Rottige Meente	3	1070,01	5	0	7,0	617,3	204,2	4,7	34,5	4,1	95,3	72,8	701,7
058-ROT-B	Rottige Meente	3	1077,56	12	-6	5,4	97,3	28,8	4,7	9,1	2,7	75,2	242,6	746,0
077-STAD-A	Stadsgaten van Hasselt	1	1512,40	1	-15	4,7	271,2	235,7	3,6	8,7	15,2	66,6	176,9	140,2
078-STAD-A	Stadsgaten van Hasselt	2	1512,40	5	-15	5,6	671,5	301,4	2,7	9,5	5,3	91,2	393,5	345,0
079-STAD-A	Stadsgaten van Hasselt	4	1491,80	1	-11	5,7	1389,2	538,7	6,9	9,2	19,8	70,1	39,1	325,5
080-OLDE-A	Olde Maten	1	1437,91	11	-10	4,8	102,1	15,5	1,1	26,5	15,8	78,7	545,0	142,8
091-TIEN-A	Tienhoven	1	1314,09	8	-9	5,1	23,1	62,1	1,2	10,8	3,2	87,3	586,4	123,0
090-TIEN-A	Tienhoven	6	1314,09	0	-2	6,5	3097,1	1372,5	2,4	10,2	2,5	94,5	11,8	137,1
092-TIEN-A	Tienhoven	6	1320,89	0	-2	6,3	1396,0	671,7	1,4	3,9	3,1	92,6	0,6	143,9
084-WEER-D	Weerribben	1	1073,78	2	-1	5,8	594,7	233,7	2,2	6,4	10,0	94,6	47,9	661,4
085-WEER-D	Weerribben	1	1164,35	2	-10	5,3	203,2	78,4	2,1	3,8	7,0	97,2	286,4	238,9
086-WEER-D	Weerribben	1	1164,35	8	-19	4,6	122,0	28,9	1,7	183,6	6,2	89,6	723,1	108,3
087-WEER-A	Weerribben	6	995,92	1	0	6,5	3013,1	1262,2	1,2	140,0	2,4	97,9	423,7	96,9
088-WEER-A	Weerribben	6	1174,78	1	1	6,7	4636,5	2132,5	1,0	40,9	3,0	98,6	245,0	337,2
003-WIED-E	Wieden	2	1694,76	3	-5	5,6	253,2	152,2	9,4	11,5	4,6	84,6	624,3	319,0
082-WIED-A	Wieden	2	1263,47	3	-2	5,9	691,0	341,1	1,9	26,1	6,0	97,7	207,1	120,7
083-WIED-A	Wieden	2	1263,47	5	-15	6,4	1671,1	716,3	1,0	32,1	4,2	98,5	297,6	207,5
074-WIED-F	Wieden	3	1287,65	7	-1	5,0	297,6	96,5	7,3	66,4	17,4	86,0	428,4	554,4
076-WIED-F	Wieden	3	1179,05	13	-8	5,4	311,7	40,0	6,7	341,4	35,3	47,1	303,6	411,7
005-WIED-A	Wieden	4	1158,03	1	-1	6,5	1369,0	596,6	6,3	183,8	13,2	96,9	178,1	496,3
075-WIED-F	Wieden	4	1086,63	3	0	6,2	798,4	298,4	2,8	79,1	11,0	93,7	213,6	167,8
001-WIED-D	Wieden	6	1292,54	3	4	6,4	2739,4	1239,8	2,1	41,7	1,1	99,3	314,8	271,2
002-WIED-E	Wieden	6	1438,58	1	-1	6,4	1204,2	556,6	1,9	4,8	1,4	99,2	112,4	219,8
004-WIED-E	Wieden	6	1615,31	3	0	6,1	1269,2	565,1	2,1	13,3	1,9	98,9	430,2	353,1
081-WIED-A	Wieden	6	1263,47	2	0	6,4	2157,9	951,1	1,1	52,3	4,3	99,4	169,8	203,7
041-WORM-A	Wormer Jisperveld	3	1181,22	1	-3	5,8	558,8	821,4	7,6	45,8	8,3	92,2	162,1	660,4
042-WORM-A	Wormer Jisperveld	3	1220,56	1	-7	5,8	221,4	464,1	3,2	23,1	3,4	97,0	156,2	566,2
043-WORM-A	Wormer Jisperveld	3	1148,08	3	-26							90,3	385,8	377,0
098-ZUID-A	Zuidlaardermeer	1	1455,73	11	-40	5,6	0,0	113,3	3,0	142,2	9,0	91,0	510,7	122,2
097-ZUID-A	Zuidlaardermeer	4	1226,52	4	-40	6,0	42,6	344,3		83,6	77,2	92,3	129,6	187,0
099-ZUID-A	Zuidlaardermeer	4	1455,73	3	-40	6,4	1792,9	1222,8	10,9	268,3	29,9	92,6	220,7	116,5
100-ONLA-A	Onlanden	5	1246,40	4	0	6,4	4230,5	1597,1	1,9	5,4	3,7	93,2	176,9	269,9

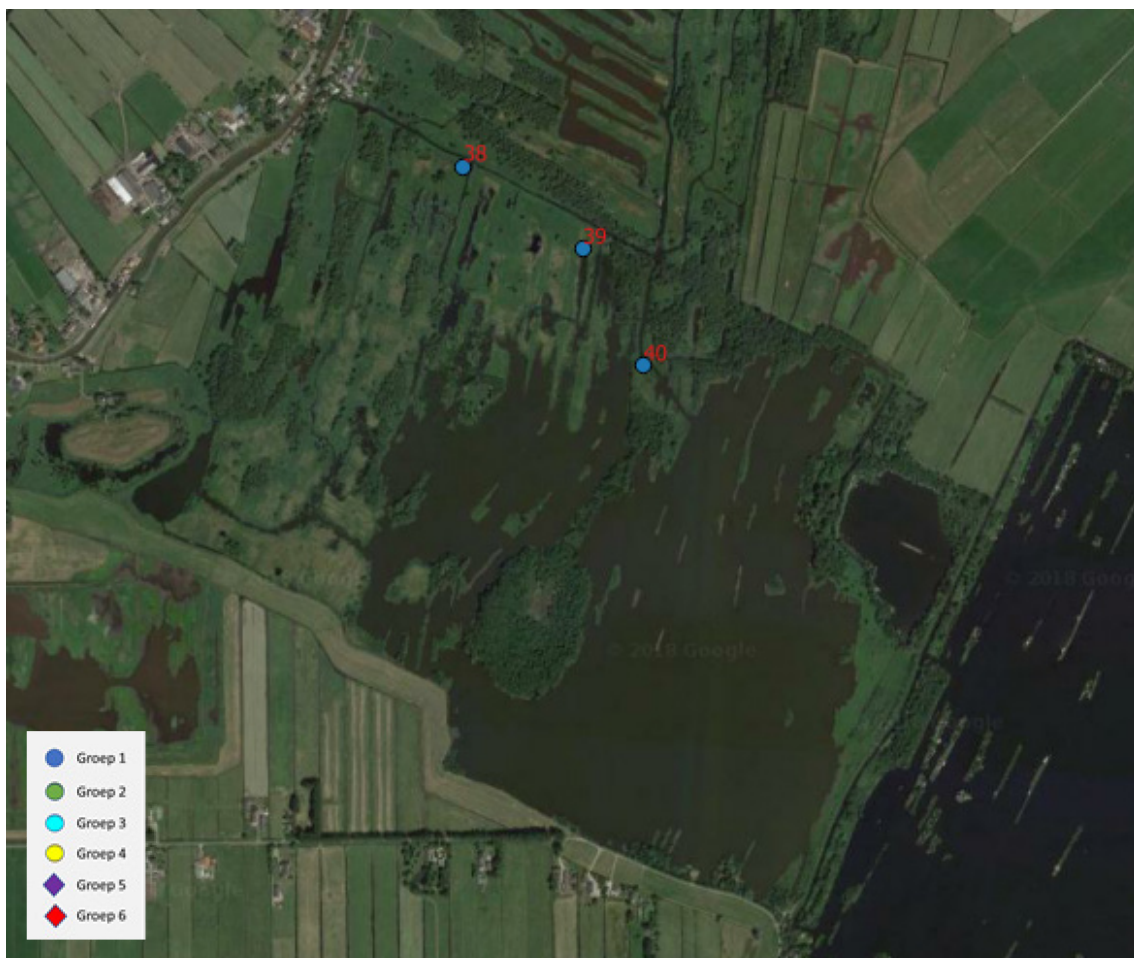
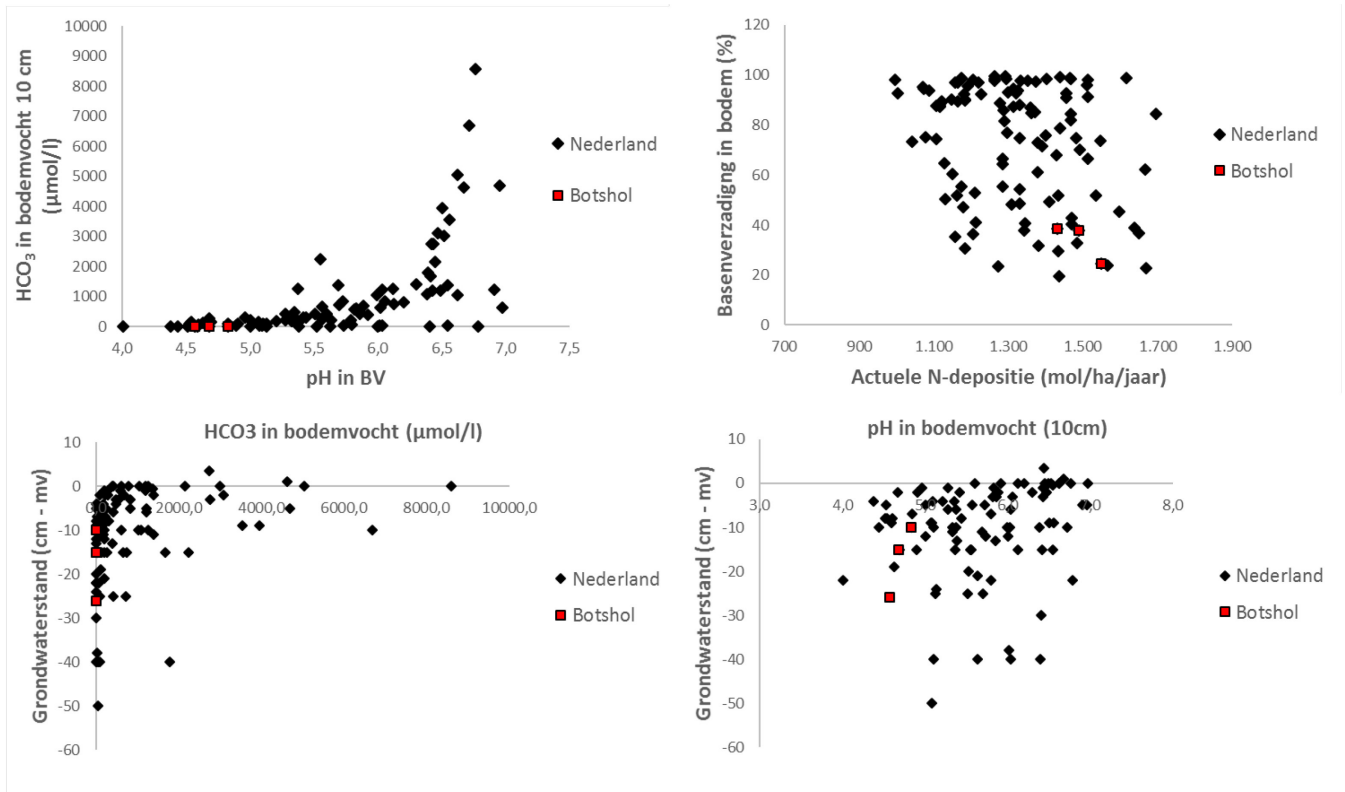
9.7.2 Alde Feanen



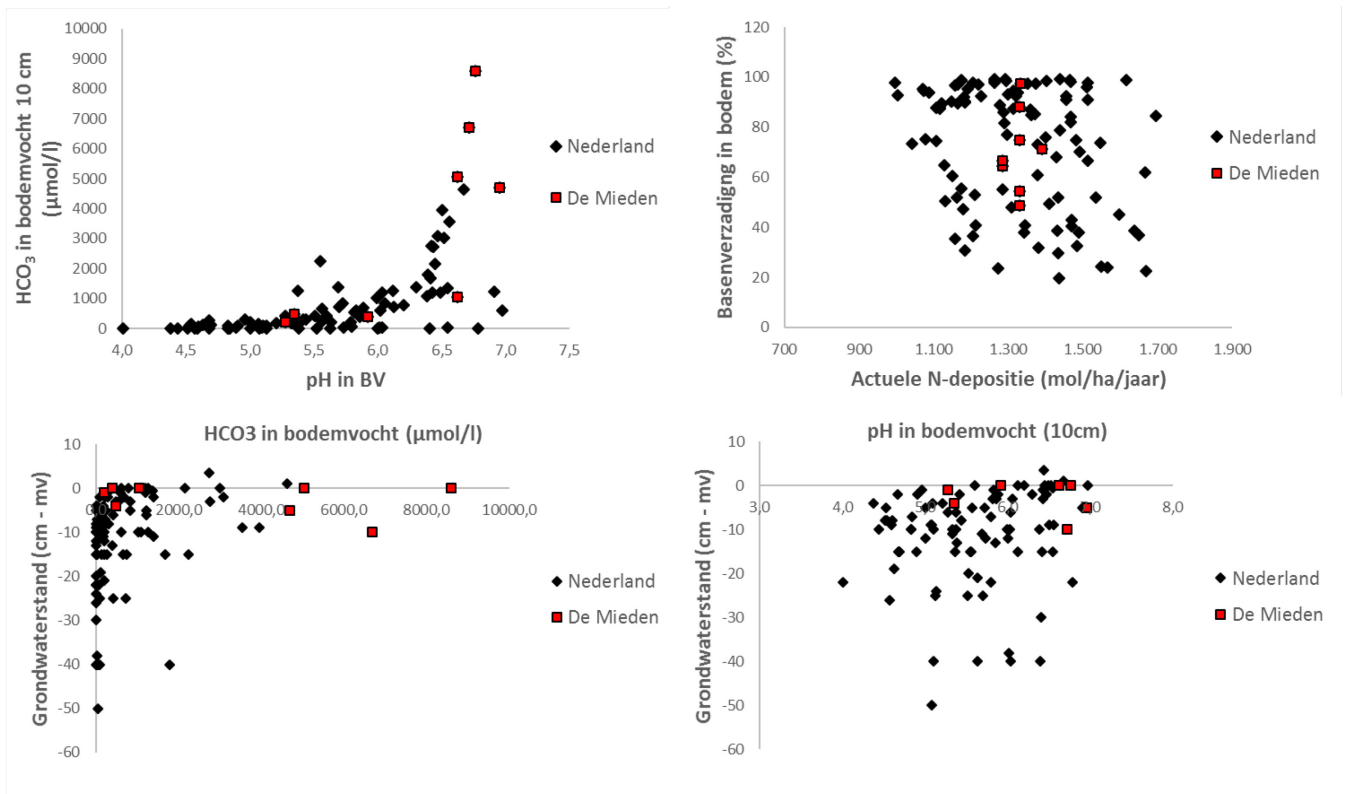
9.7.3 Binnenveld



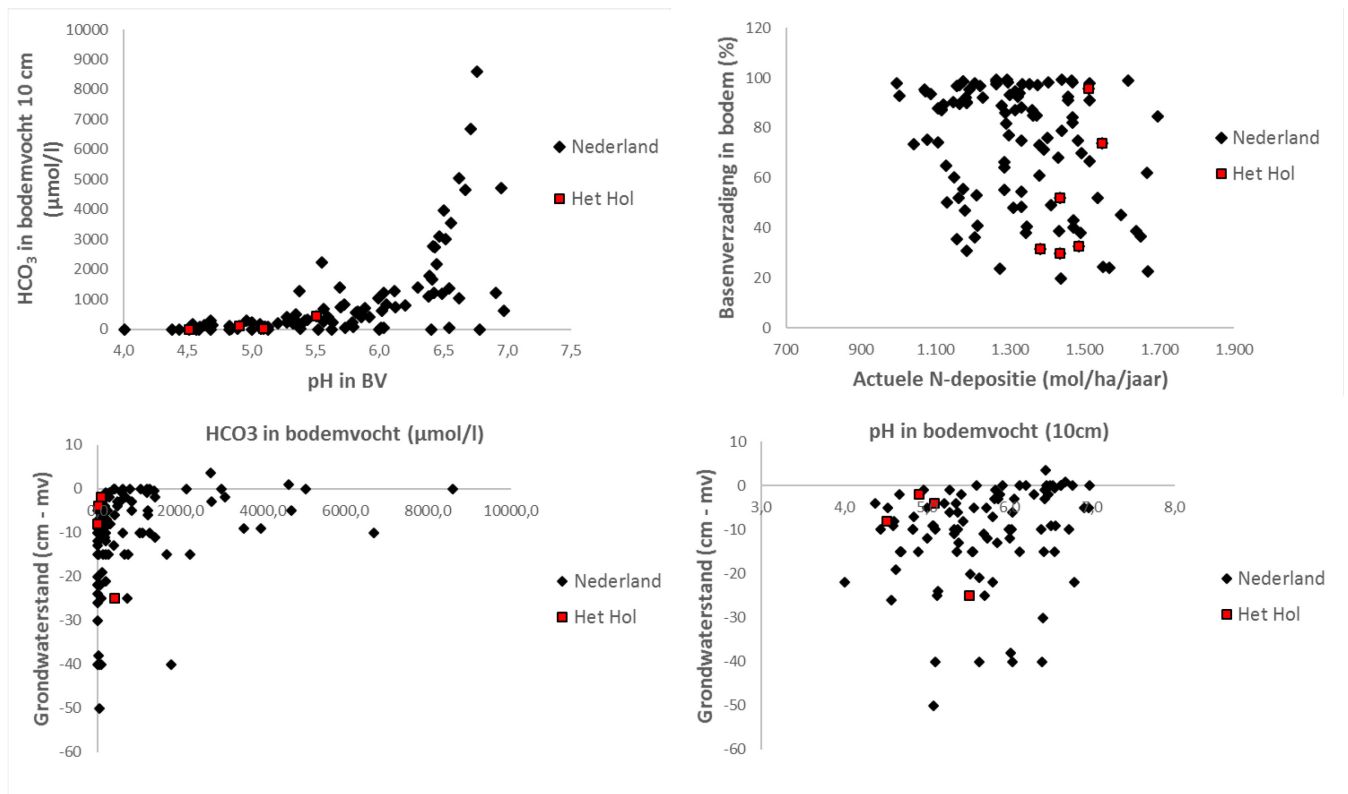
9.7.4 Botshol



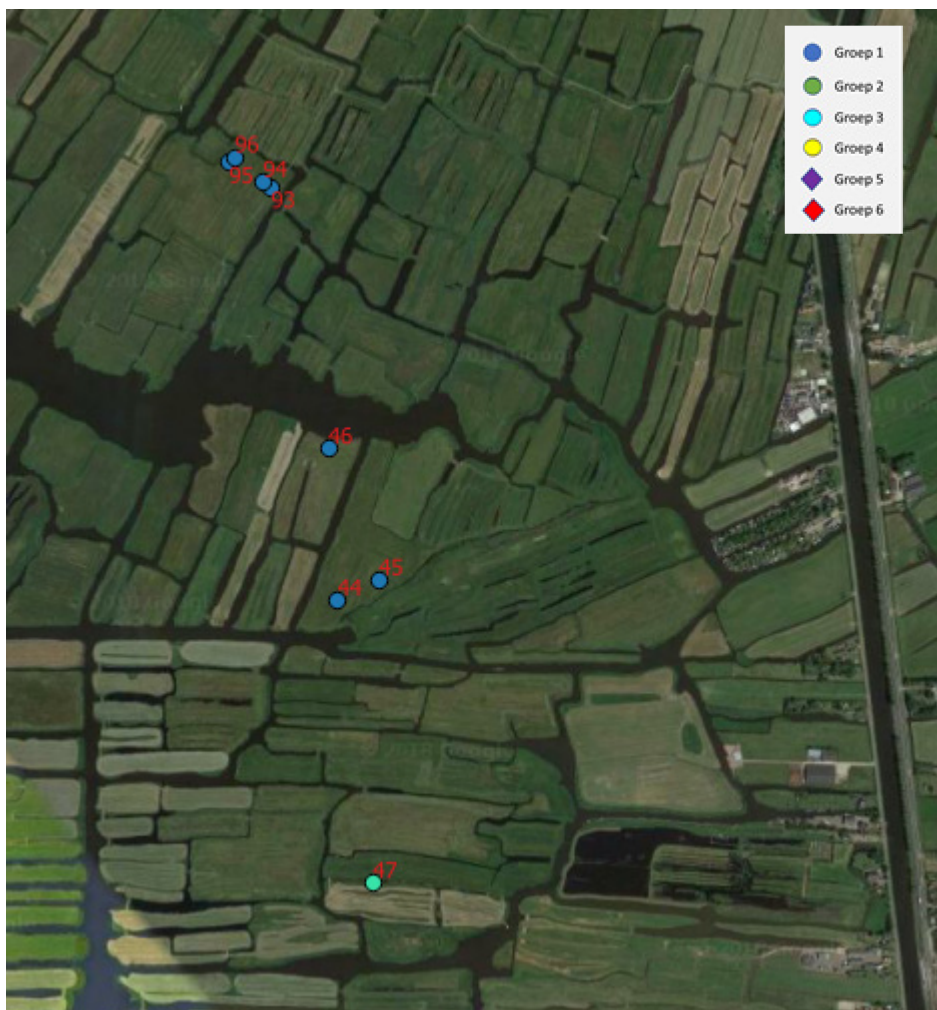
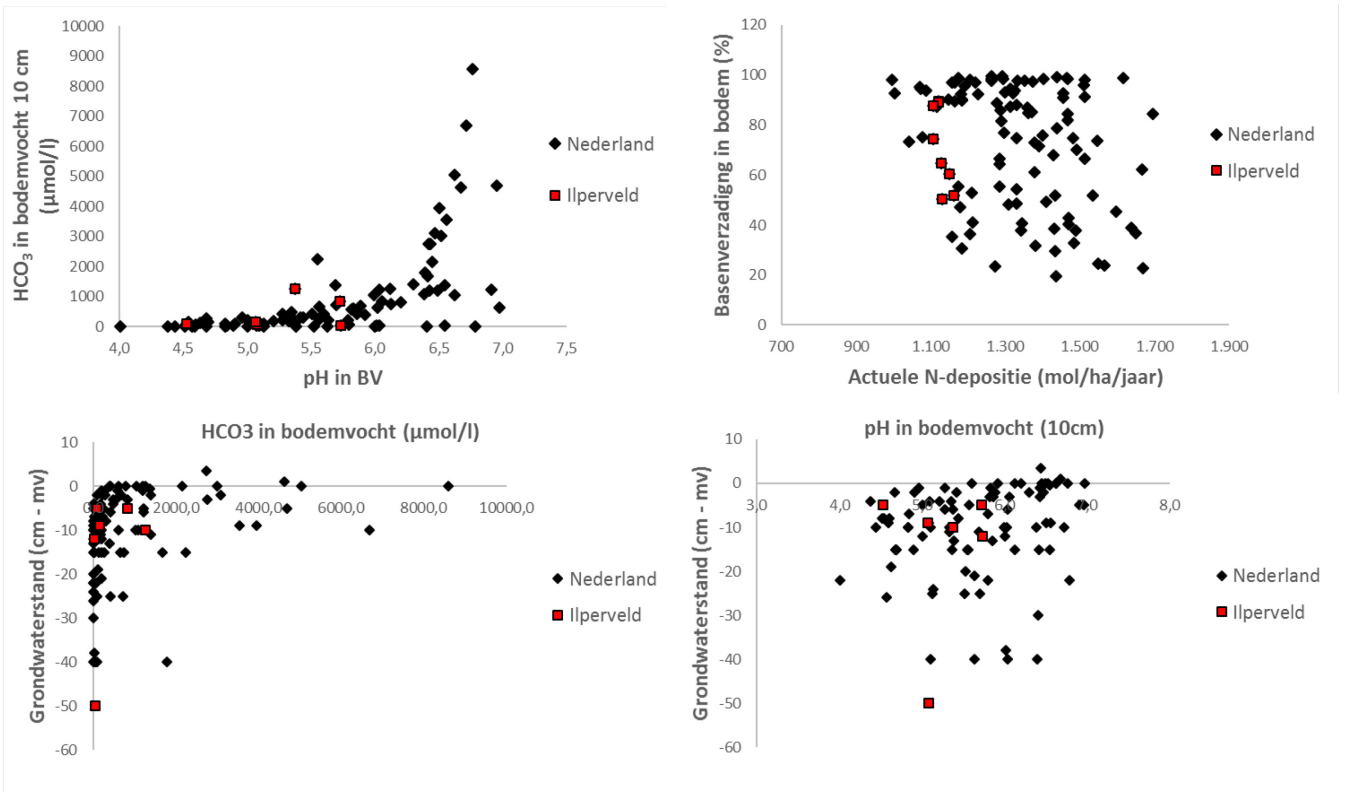
9.7.5 De Mieden



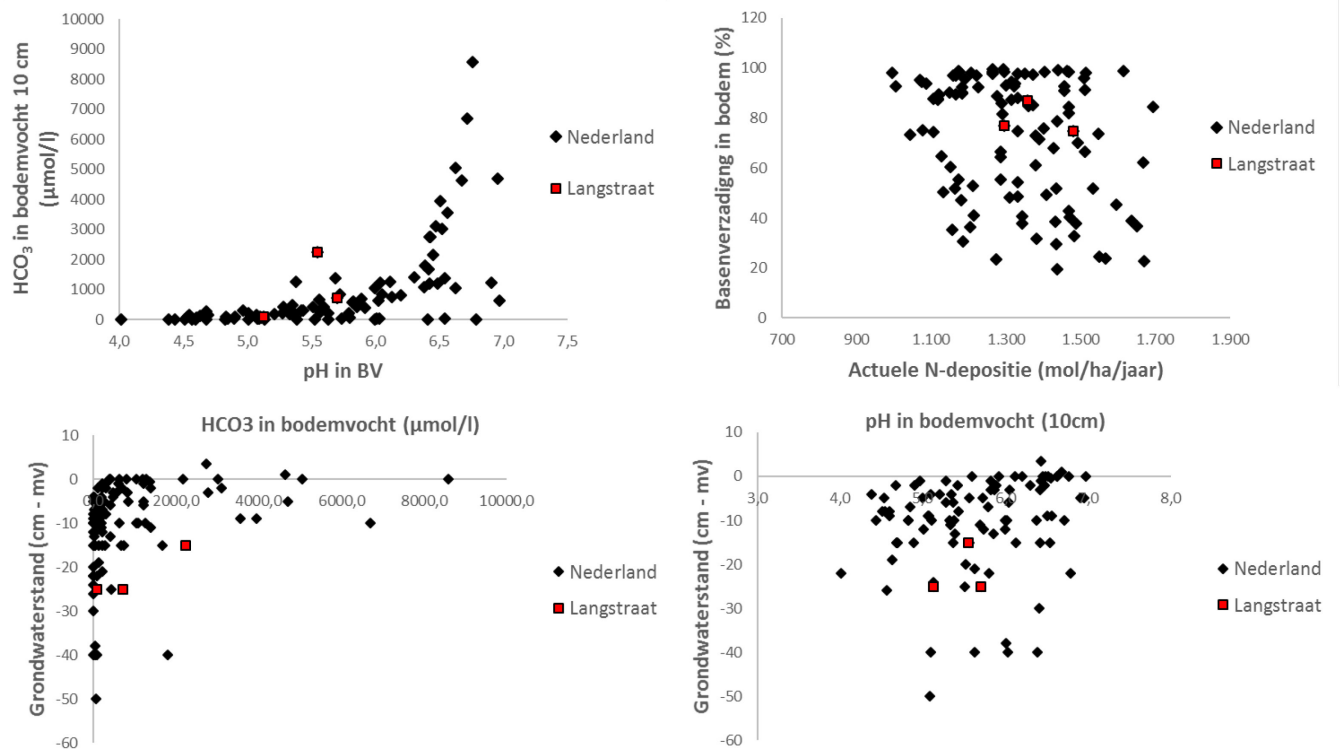
9.7.6 Het Hol



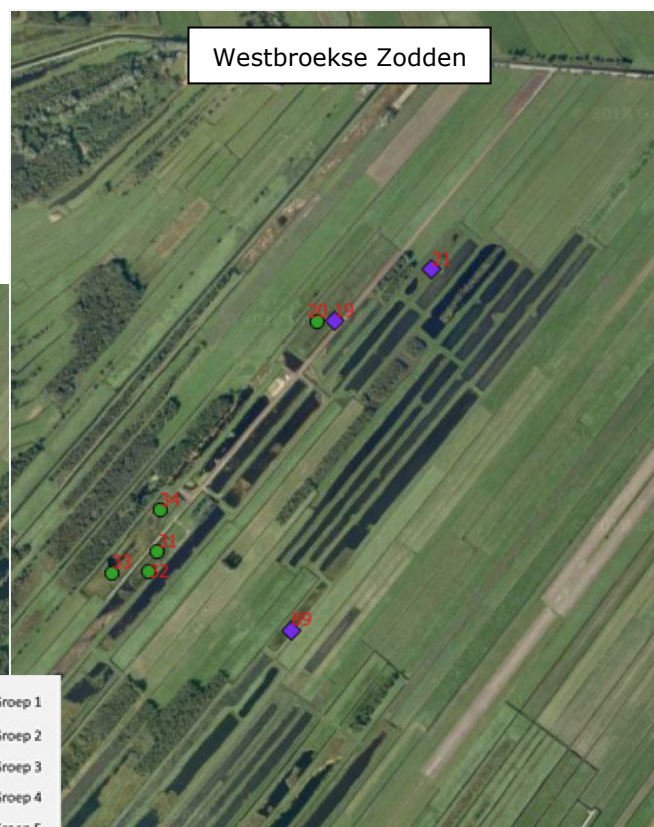
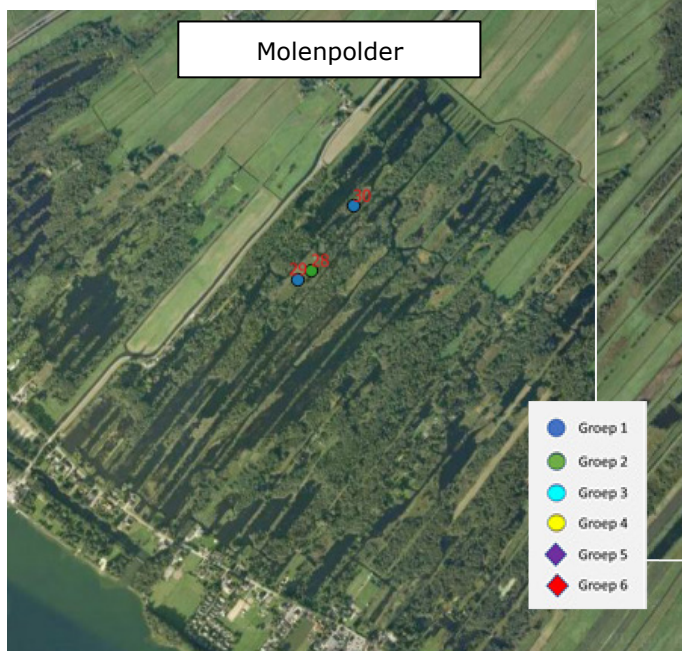
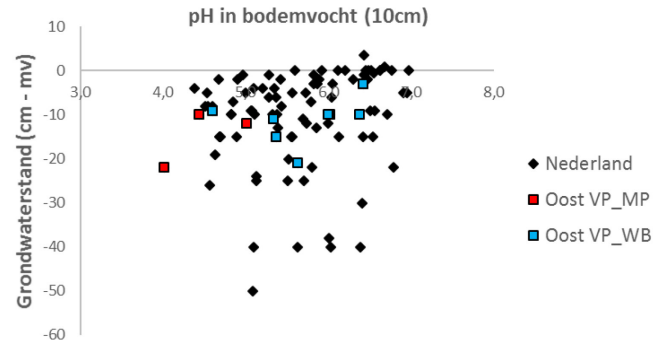
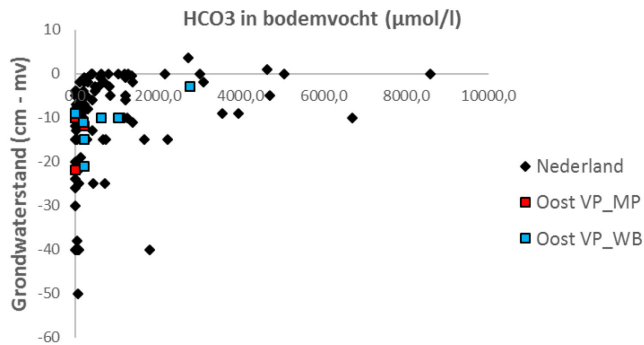
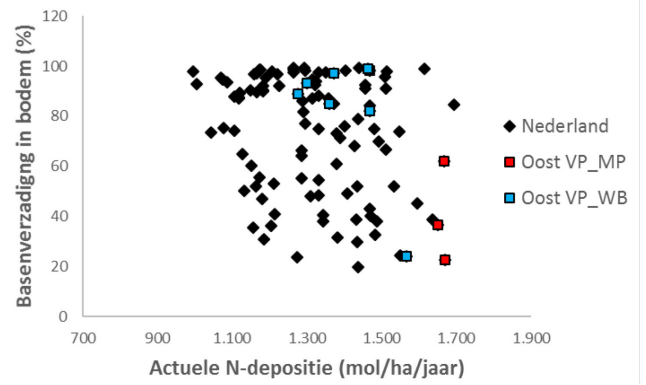
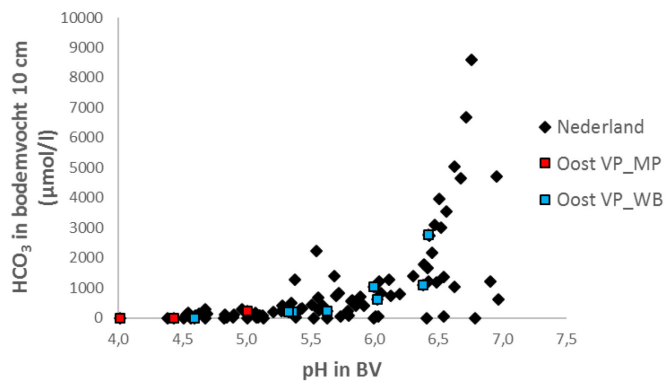
9.7.7 Ilperveld



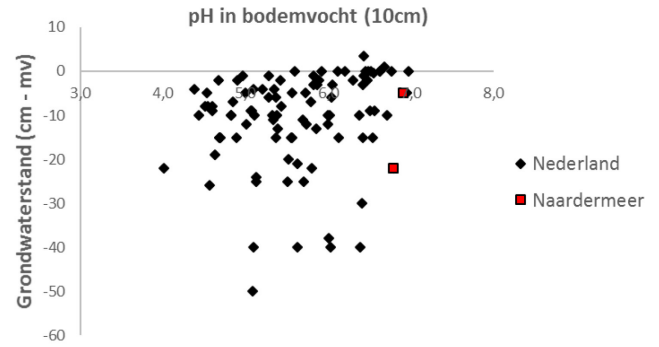
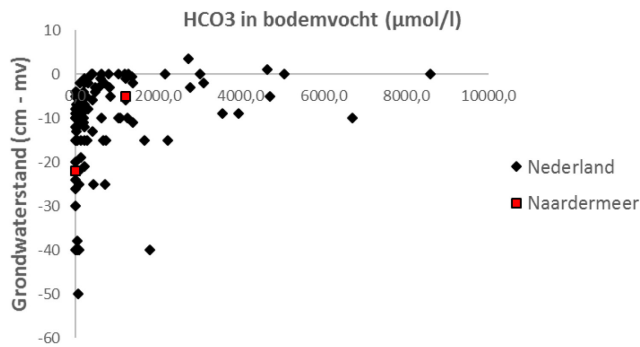
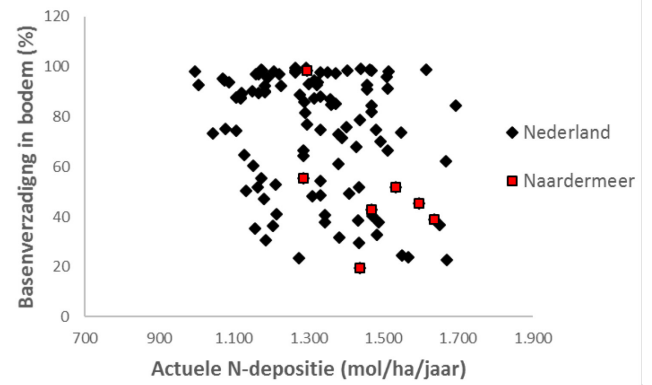
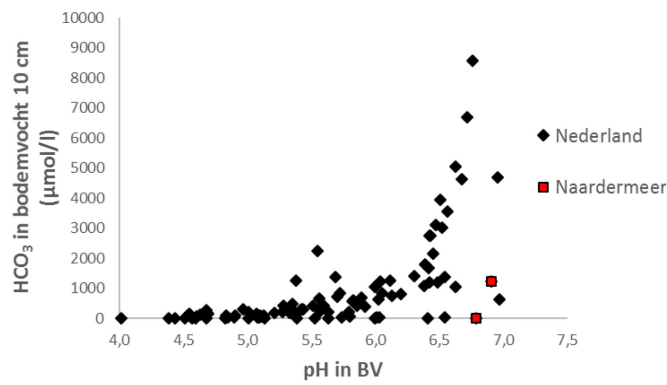
9.7.8 Langstraat



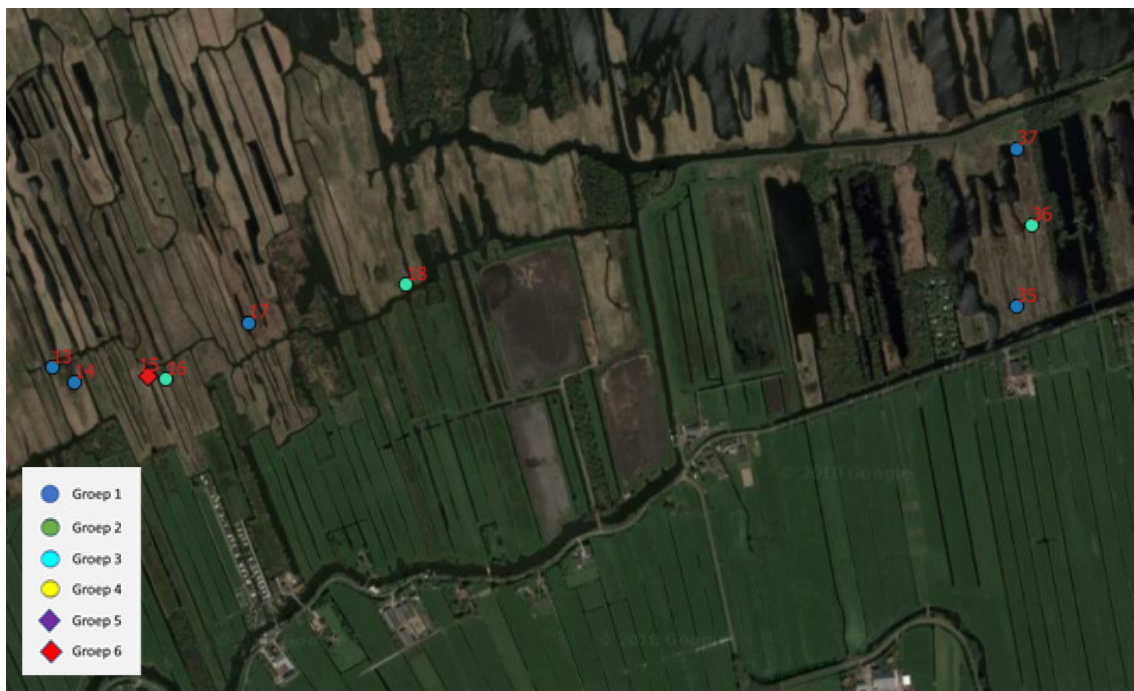
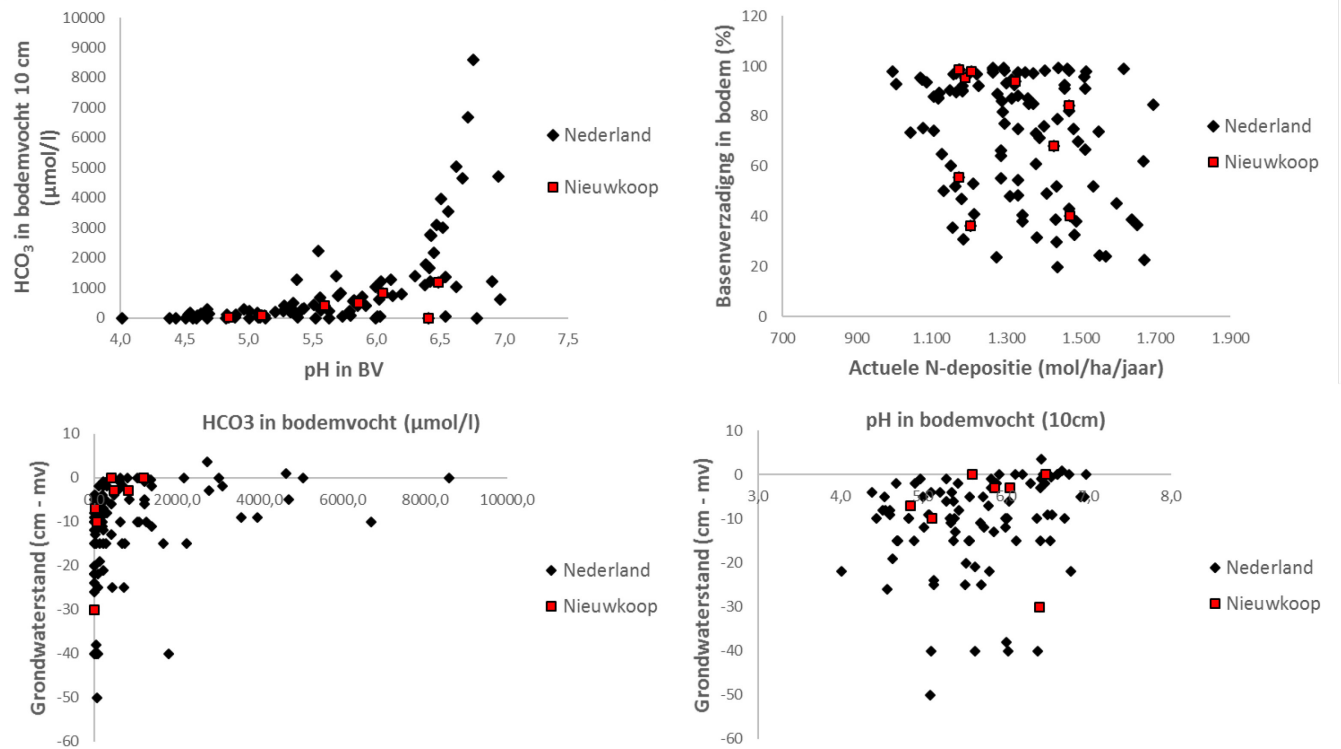
9.7.9 Oostelijke Vechtplassen: Molenpolder en Westbroekse Zodden



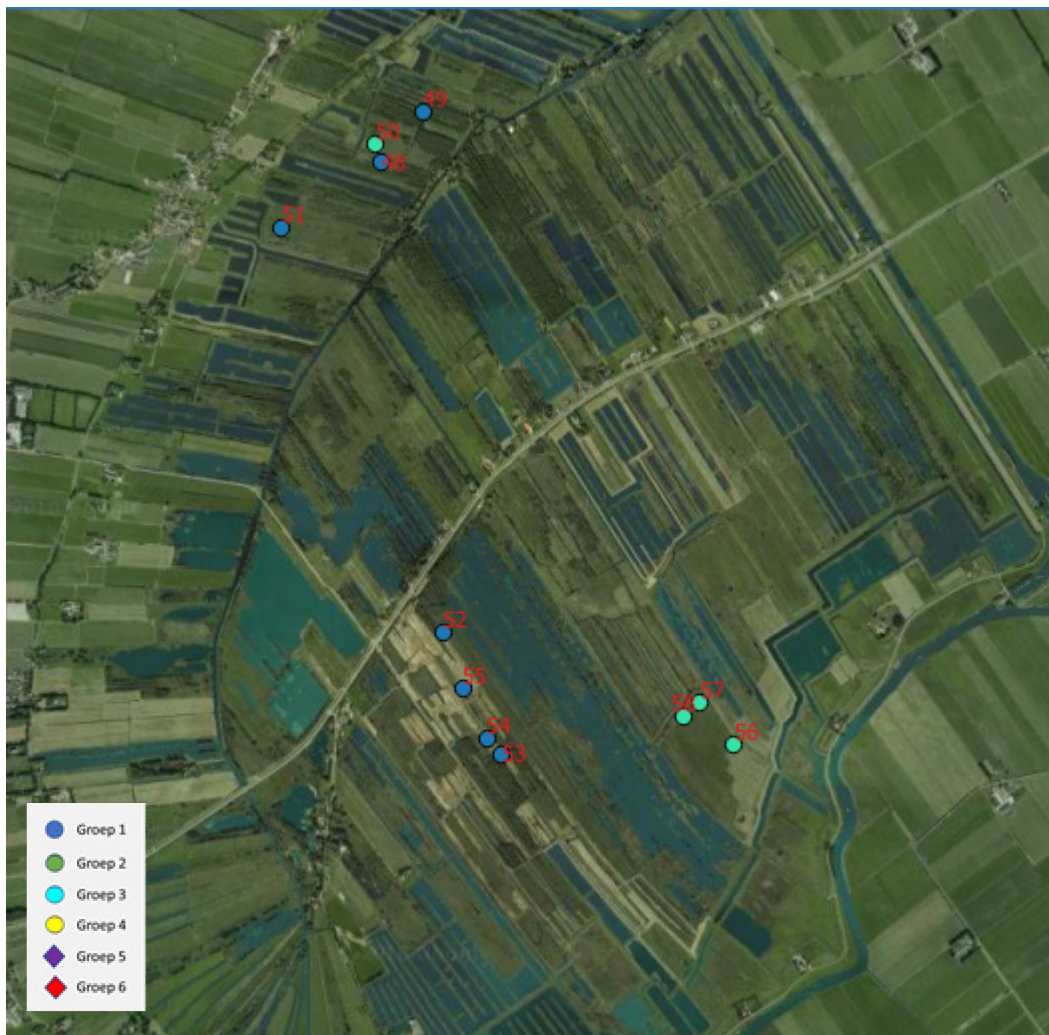
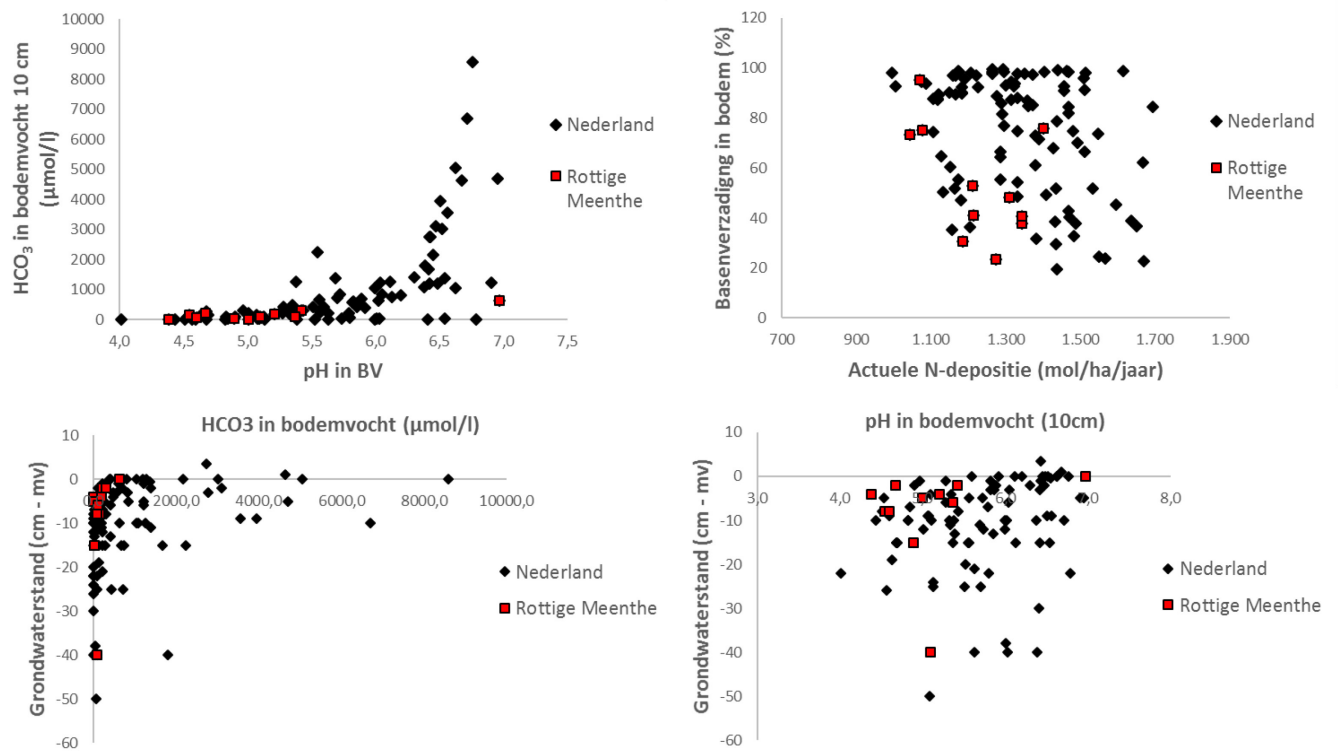
Naardermeer



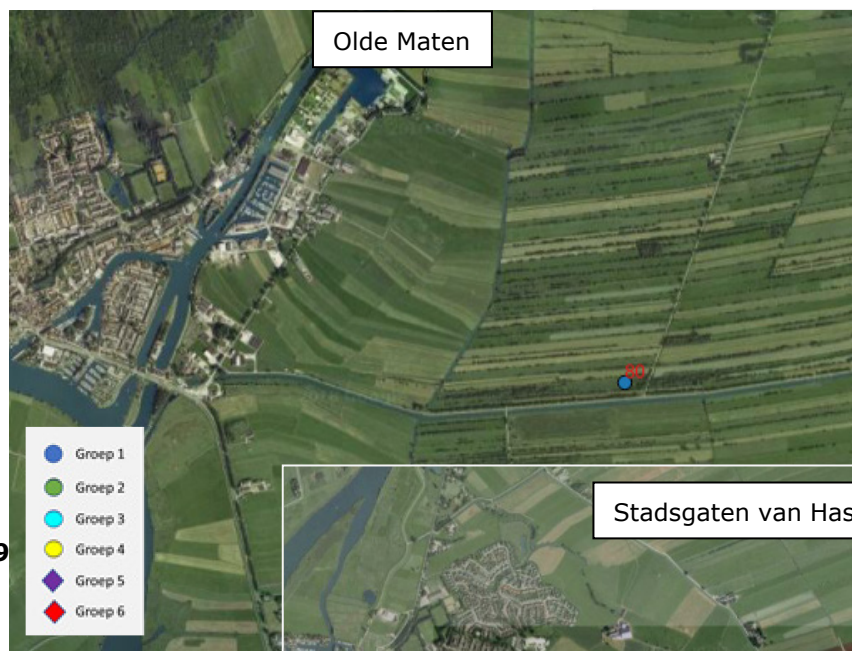
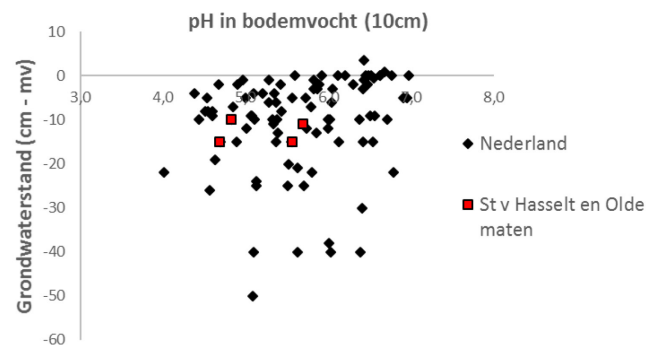
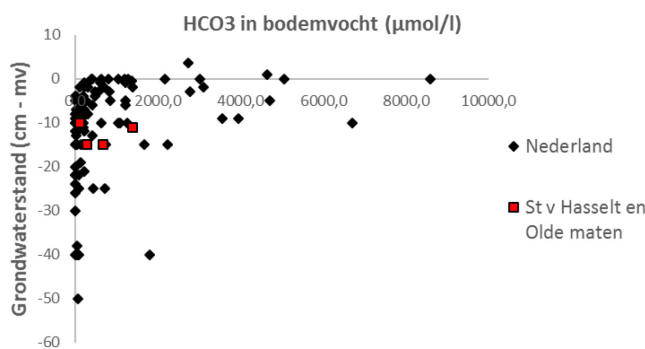
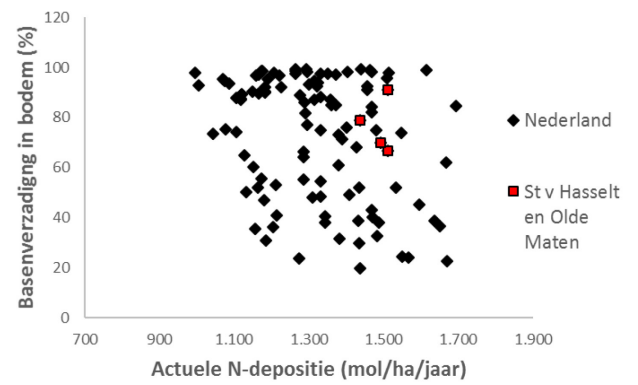
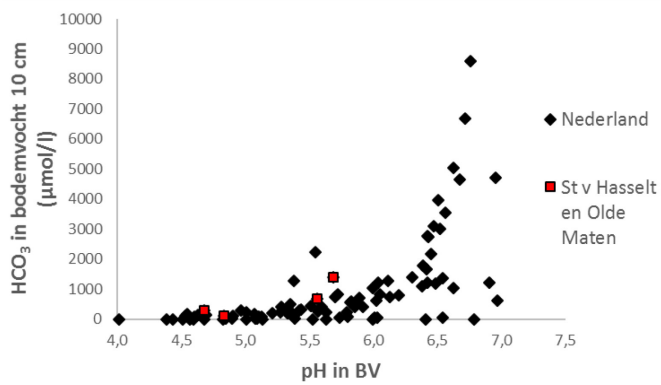
Nieuwkoopse plassen



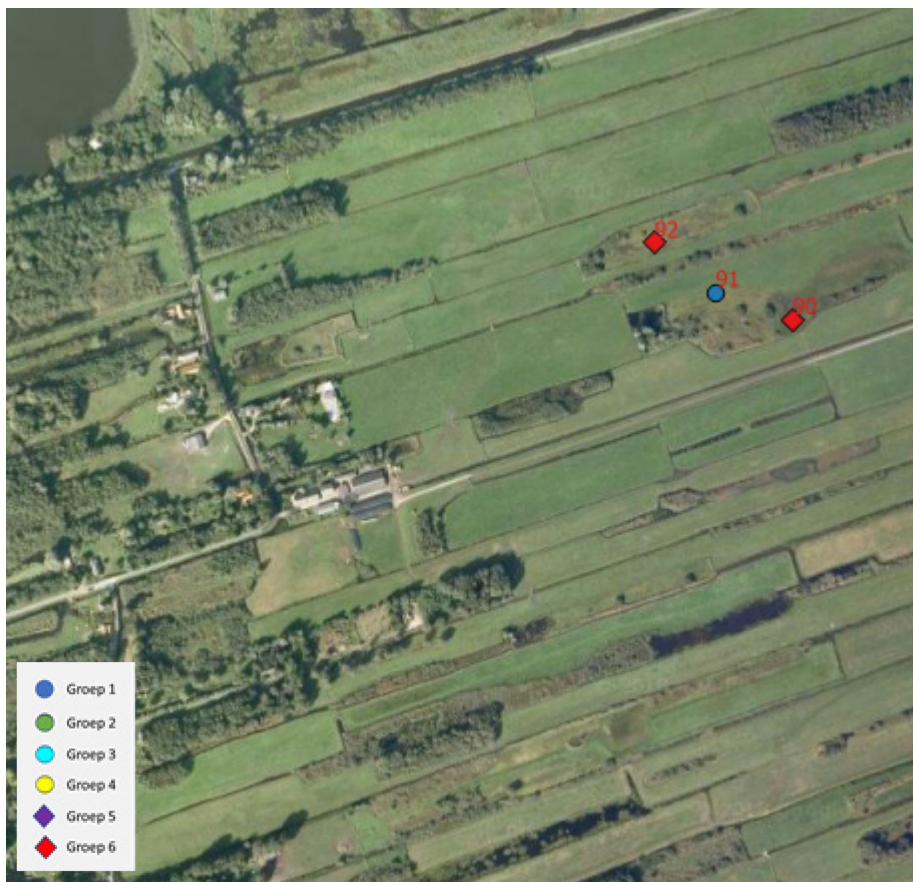
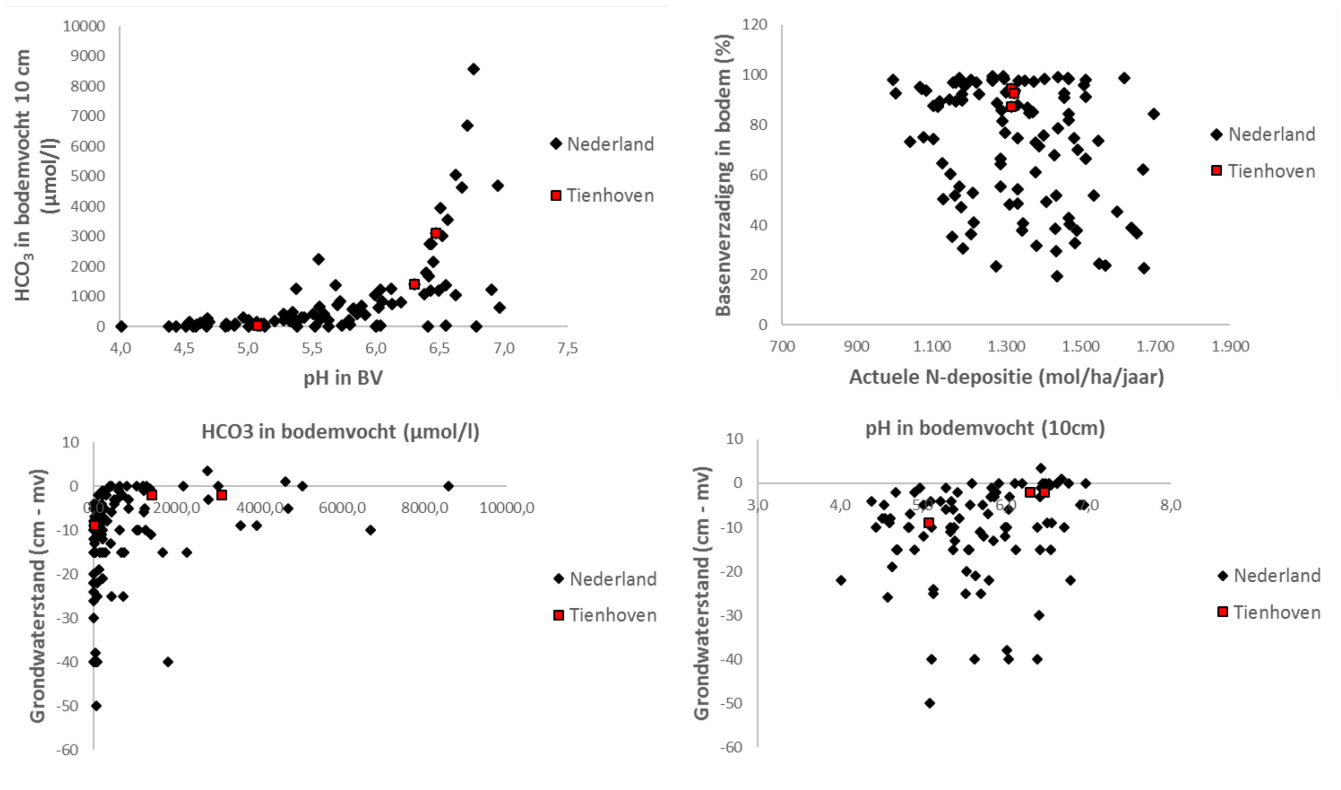
9.7.12 Rottige Meenthe



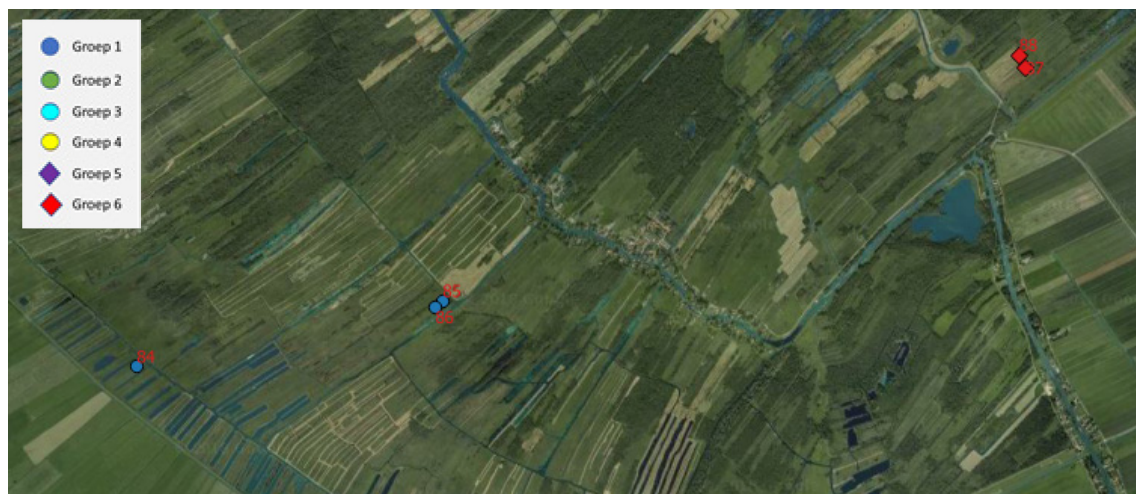
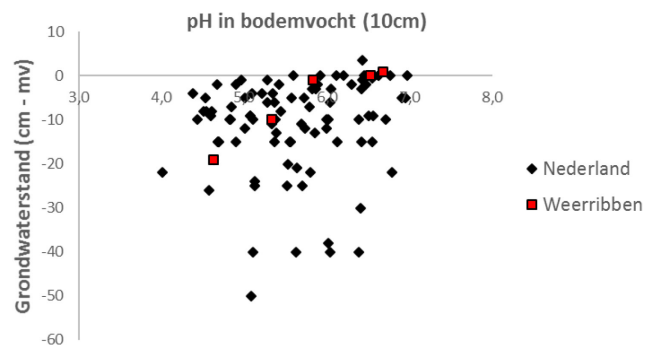
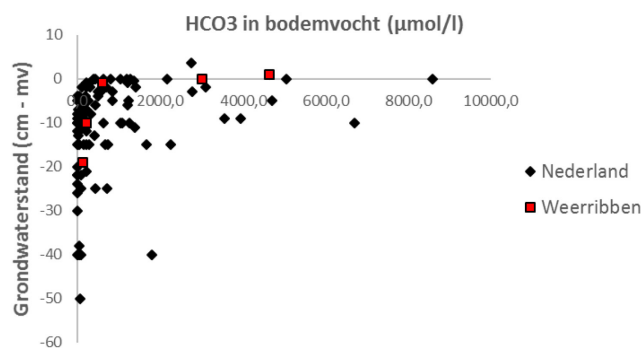
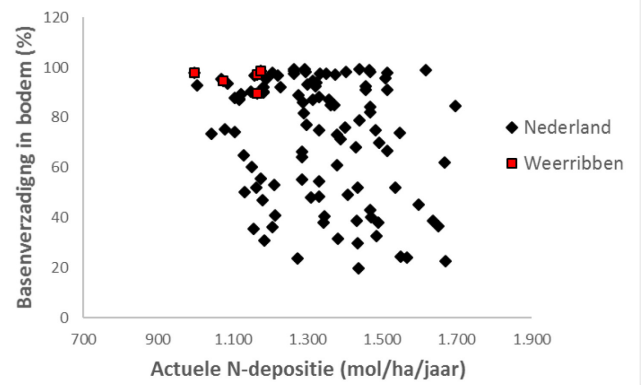
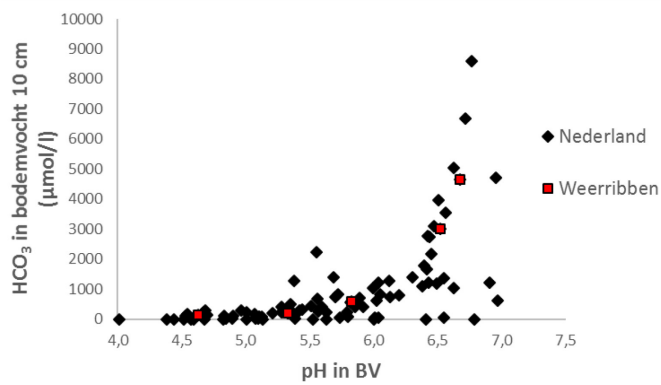
9.7.13 Stadsgaten van Hasselt en Olde Maten



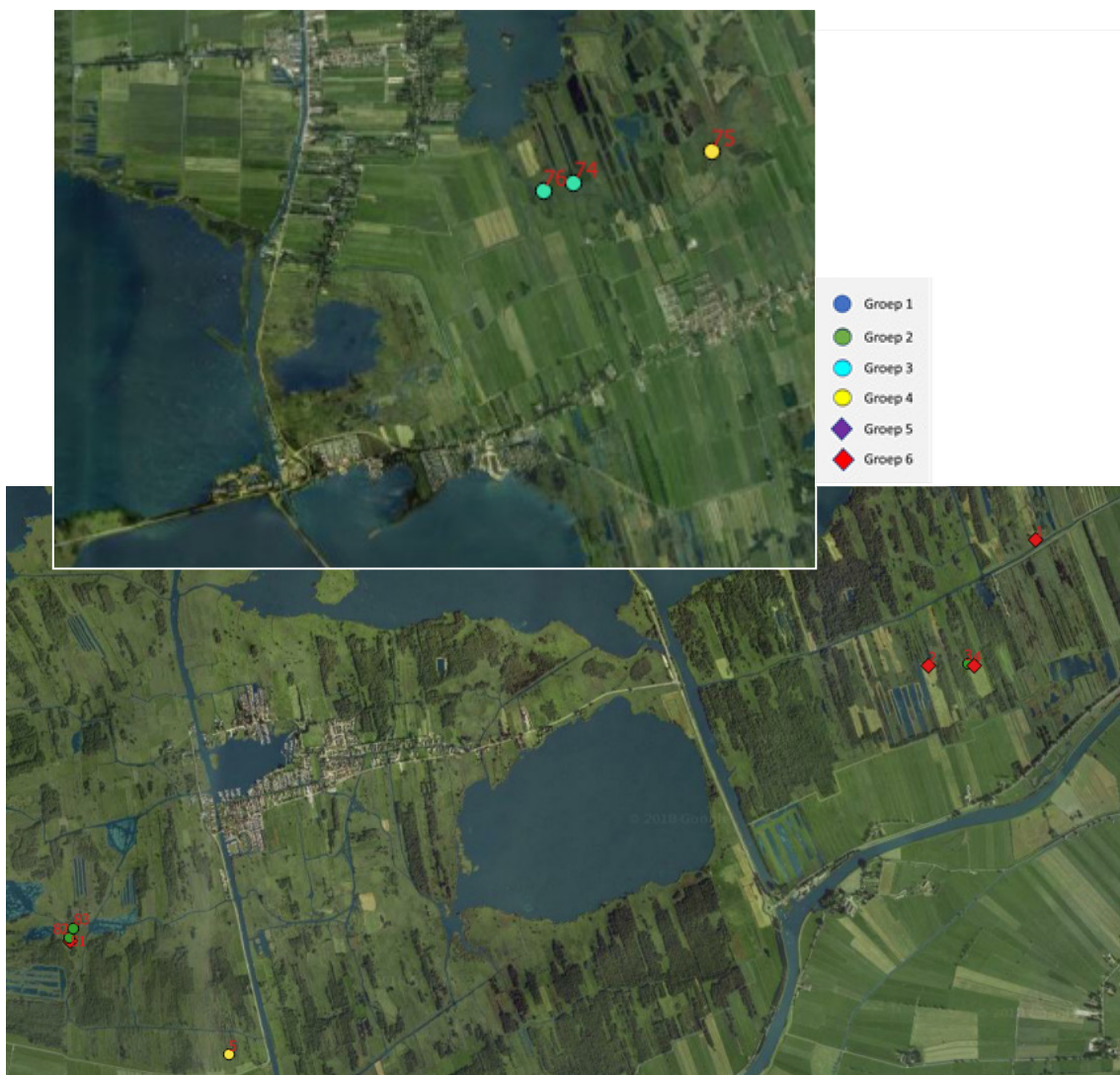
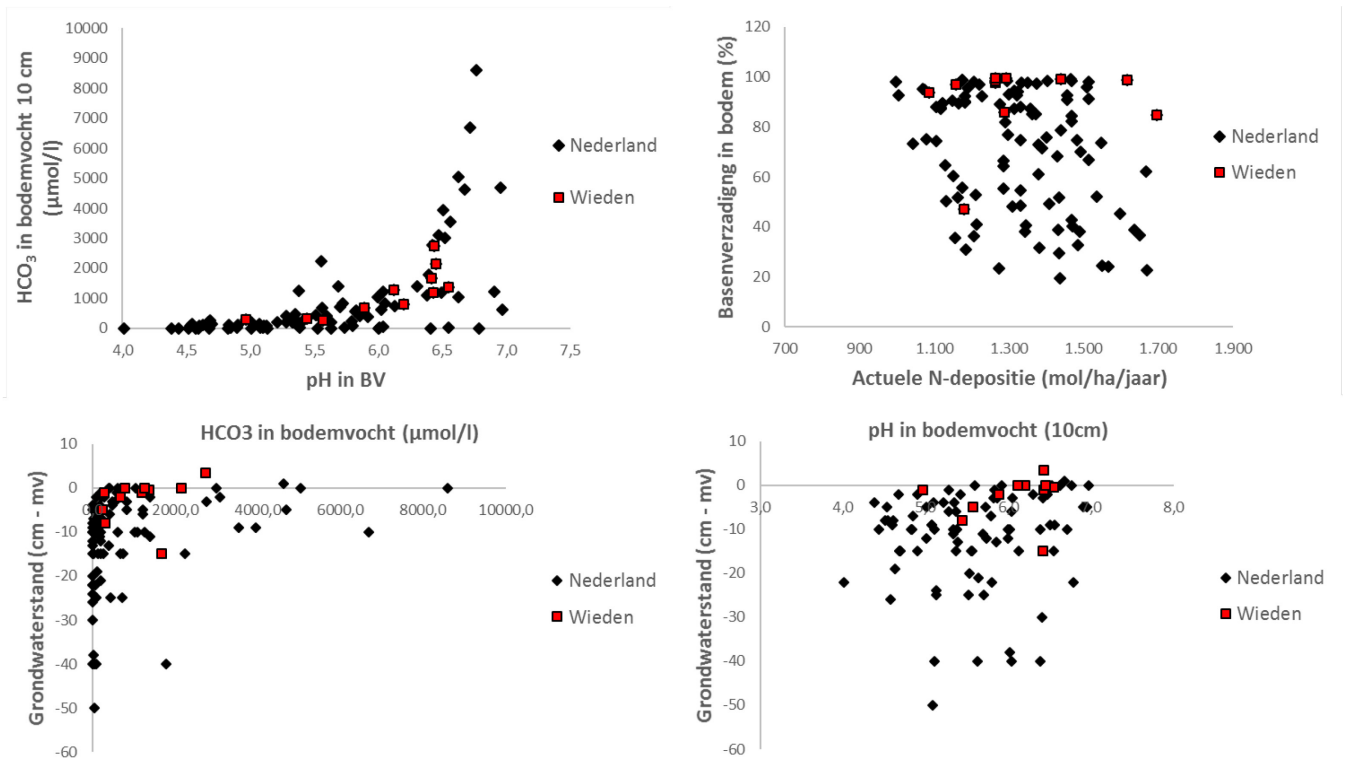
9.7.14 Tienhoven



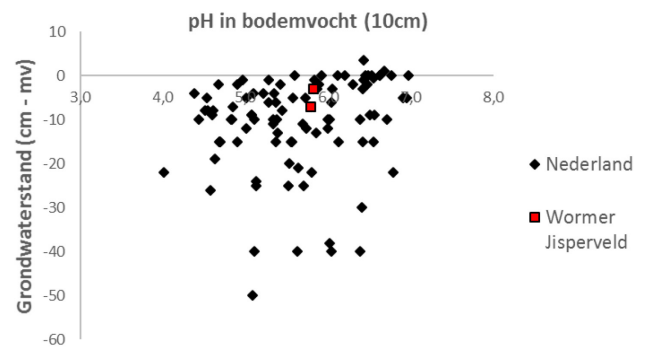
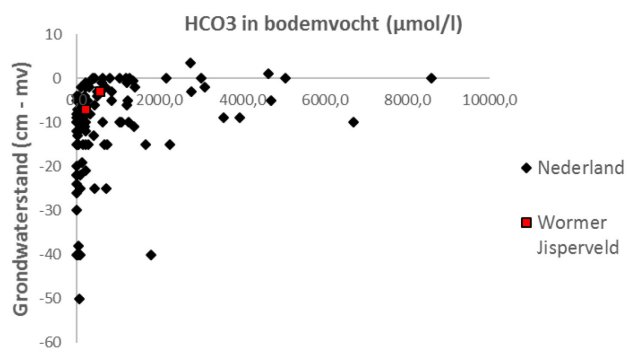
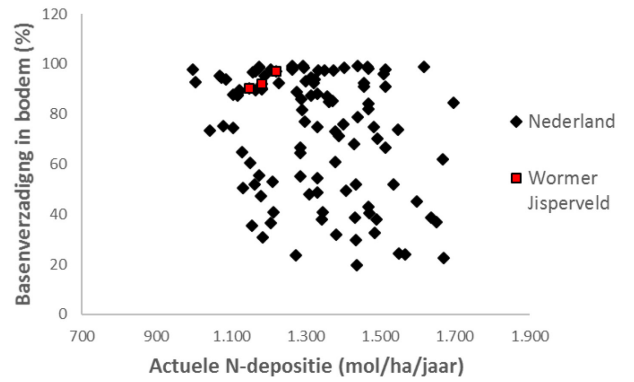
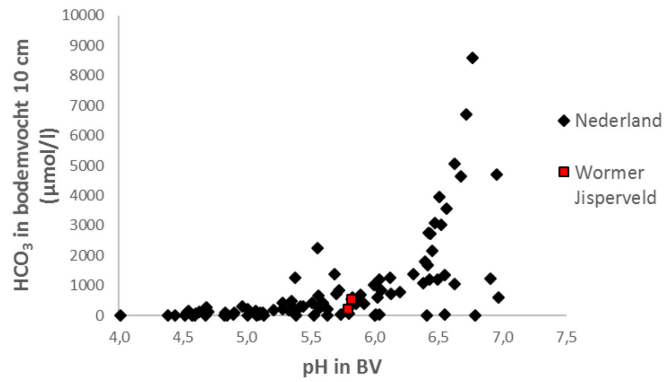
9.7.15 Weerribben



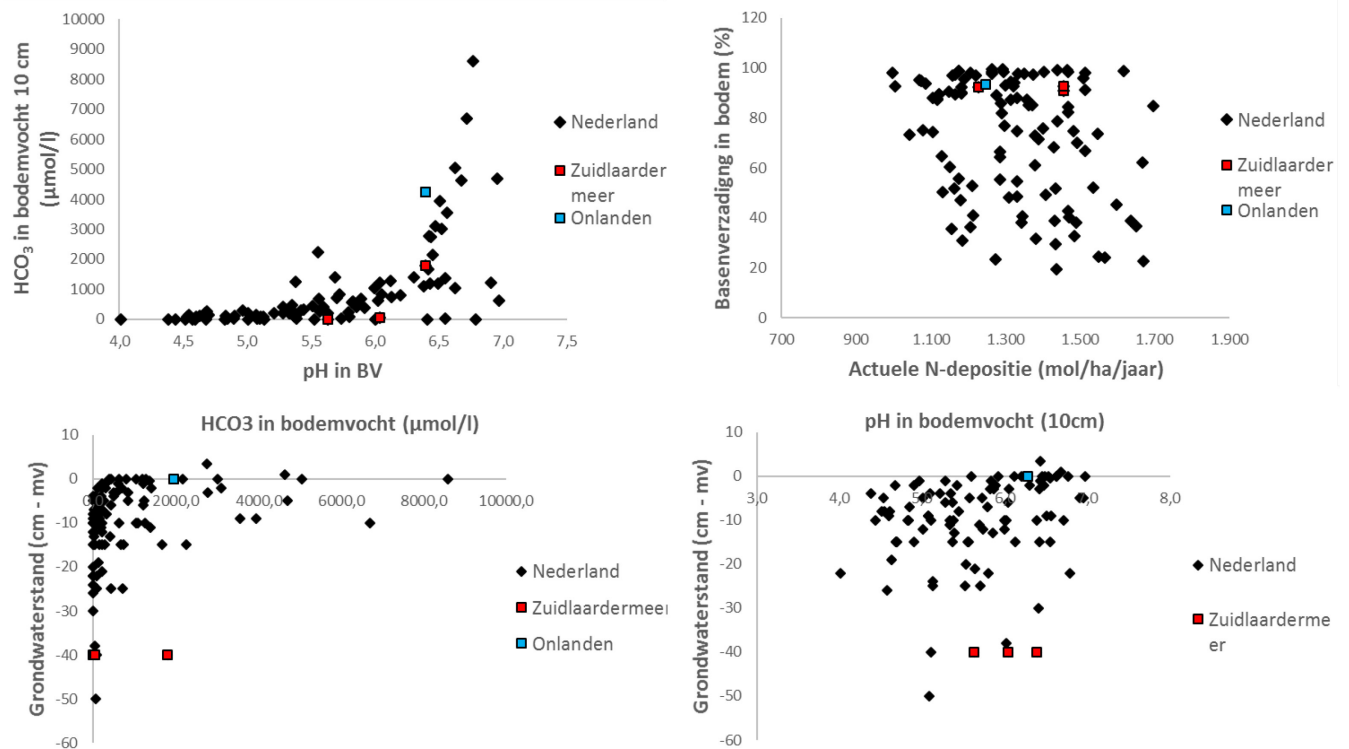
9.7.16 Wieden



9.7.17 Wormer Jisperveld



9.7.18 Zuidlaardermeer en Onlanden



ontwikkeling+beheer natuurkwaliteit

o+bn

Het Kennisnetwerk Ontwikkeling Beheer Natuurkwaliteit:

- is een onafhankelijk en innovatief platform waarin beheer, beleid en wetenschap op het gebied van natuurherstel en -beheer samenwerken;
- ontwikkelt en verspreidt kennis met als doel het structureel herstel en beheer van natuurkwaliteit.



Kennisnetwerk OBN wordt gecoördineerd door de VBNE en gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en BIJ12

Vereniging van bos- en natuurterreineigenaren (VBNE)

Princenhof Park 9
3972 NG Driebergen
0343-745250

drs. W.A. (Wim) Wiersinga
Adviseur Plein van de kennis/
Programmaleider Kennisnetwerk OBN
0343-745255 / 06-38825303
w.wiersinga@vbne.nl

M. (Mark) Brunsveld MSc
Programma-medewerker Kennisnetwerk OBN
0343-745256 / 06-31978590
m.brunsveld@vbne.nl