



KWR 2016.048 | September 2016

Effecten van de herinrichting in het waterwingebied Middel- en Oostduinen op de natuur

Eindvaluatie

KWR

Watercycle
Research
Institute


evides
waterbedrijf

Effecten van de herinrichting in het waterwingebied Middel- en Oostduinen op de natuur

Eindevaluatie. Eindevaluatie

KWR 2016.048 | September 2016

Opdrachtnummer

400068/001/002

Projectmanager

E. Dorland

Opdrachtgever

Evides Waterbedrijf

Auteurs

C.J.S. Aggenbach & M. Annema

Verzonden aan

Evides Waterbedrijf



Jaar van publicatie
2016

Meer informatie

Drs. C.J.S. Aggenbach
T Camiel.Aggenbach@kwrwater.nl
E +31 6 22379320

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511
F +31 (0)30 60 61 165
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl

KWR Watercycle
Research
Institute

KWR | September 2016 © KWR

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Samenvatting

Aanleiding

Evides Waterbedrijf heeft sinds 1934 een waterwinning in de Middel- en Oostduinen. Na verloop van tijd heeft deze zich ontwikkeld tot een kunstmatige infiltratie met water uit het Haringvliet met ondiepe terugwinning en diepe winputten. In het verleden heeft deze waterwinning gezorgd voor achteruitgang van natuur als gevolg van een verstoorde waterhuishouding en verrijking met nutriënten. Omdat het belang van hoogwaardige duinnatuur steeds meer voorop is komen te staan, zijn door Evides vanaf 1994 wijzigingen in de waterwinning doorgevoerd. Vanaf 1999 is de inrichting van het waterwinsysteem verregaand veranderd door de toepassing van het concept '*Oppervlaktewater Infiltratie Nieuwe Stijl*' (OINS). Dit ging gepaard met herstelmaatregelen en intensief natuurbeheer. Deze herinrichting is in 1999 vastgelegd in een aangepaste grondwateronttrekkingsvergunning, waarin werd voorgeschreven dat de herinrichting moet leiden tot een aanzienlijke verbetering van de natuur. De effecten van deze veranderingen op de natuur zijn gemonitord. Dit rapport bevat de eindevaluatie van deze monitoring tot en met 2013 en deels ook tot en met 2014. Daarmee wordt geëvalueerd in hoeverre de beoogde doelen voor natuurherstel zijn gerealiseerd.

Beoogde natuurdoelen en ingrepen

De insteek van de herinrichting en het natuurbeheer in de Middel- en Oostduinen was om de natuur(doel)typen van voedselrijke omstandigheden terug te dringen ten gunste van natuurdoeltypen van voedselarme omstandigheden. Ook het areaal met vochtige en natte natuurdoeltypen diende toe te nemen. Daarnaast beoogden de maatregelen in de ontkalkte delen de aanvoer van basenrijk grondwater naar de valleien te bevorderen. De voedselrijke vochtige oevers, die in het verleden waren ontstaan door het opbrengen van grond uit de aangelegde kanalen, zijn overal verwijderd. Doel was hier een toename van het areaal basenrijke voedselarme watervegetatie en natte basenrijke voedselarme duinvallei. Met het plaggen van de voedselrijke valleien werden voedselarme omstandigheden nagestreefd. Op sommige locaties werden zulke valleien veranderd in open water wegens het vergroten van de infiltratiekanalen. Een groot deel van de matig voedselrijke graslanden en struwelen in de Oostduinen werden gemaaid en soms ook geplagd, met als doel voedselarm duingrasland te herstellen. In de Middelduinen werden geëutrofiëerde valleien geplagd teneinde natte voedselarme duinvalleien te herstellen. Een lage voedselrijkdom en korte vegetatie van de duingraslanden werd nagestreefd door maaien en beweiden. In het infiltratiesysteem werden de peilen van de infiltratiekanalen en de drains geoptimaliseerd ten behoeve van de ontwikkeling van natte duinvalleivegetatie.

Aanpak monitoring

De monitoring bestond uit het volgen van de trends, zowel vlakdekkend, op gebiedsschaal als gedetailleerd op locatieschaal in 11 meetraaien. Met de uitkomsten van de monitoring is geëvalueerd of de verwachtingen ten aanzien van natuurwinst zijn uitgekomen. De monitoring richtte zich op vegetatie, de abiotische omstandigheden (waterstandregime, chemie grondwater, organische stof en basenchemie bodem en nutriëntentoestand vegetatie) en broedvogels. Met de vlakdekkende analyse was het mogelijk om de gedetailleerde analyse in de meetraaien op te schalen naar gebiedsniveau. Op gebiedsschaal werd de ontwikkeling van waterstandsregime, natuurdoeltypen, plantensoorten en broedvogelgroepen gevolgd. In de meetraaien werden vegetatie, waterstandregime, grondwaterchemie, bodemchemie en bovengrondse biomassa gemonitord. Hier kon een relatie worden gelegd tussen ingrepen en veranderingen in de abiotiek, hoe de ontwikkeling

van de abiotiek doorwerkte in de vegetatie en in hoeverre het beoogde natuurdoeltype werd gerealiseerd.

Ontwikkeling waterstandsregime

De maatregelen hebben het waterregime voor de grondwaterafhankelijke natuur in de Middel- en de Oostduinen vergaand verbeterd. De Middelduinen zijn in zijn geheel natter geworden, wat daar tot een sterke uitbreiding van de oppervlakte met grondwaterafhankelijke vegetatie heeft geleid. Onvoorzien leidde tijdelijke intensievere drainage van De Enden t.b.v. van landbouw vooraf aan de herinrichting tot lagere grondwaterstanden in de Middelduinen. Belangrijk was daarom ook de bijdrage aan vernatting van de Middelduinen door de uiteindelijke natuurinrichting inclusief vernatting van de polder De Enden. Deze maatregel was formeel geen onderdeel van het maatregelpakket voor de herinrichting van de waterwinning.

In de Oostduinen is door aanleg van bredere infiltratieplassen de oppervlakte open water vergroot en door ondiep afgraven van aangrenzende laagten zijn grondwaterafhankelijke valleibodems sterk toegenomen. De fine-tuning van de waterpeilen in de infiltratieplassen en het onttrekkingspeil van de drains heeft sterk bijgedragen aan een stabiel waterregime met een geringe seizoensmatige fluctuatie. Omdat de fine-tuning een vergaande afstemming vergde tussen voldoende waterproductie, technische mogelijkheden en een geschikt waterstandsregime voor duinvalleivegetatie, waren meerdere jaren nodig om het optimale regelregime te bereiken.

Ontwikkeling basen- en nutriëntenrijkdom

Op veel plekken in de valleien heersen basenrijke condities. Uit deze evaluatie blijkt dat de huidige omvang van basenrijke en matig basenrijke valleien groter is dan vooraf aan de herinrichting werd voorzien. Hierdoor komen duinvalleien met zure condities weinig voor. De monitoring in de meetraaien laat een min of meer synchrone (periode 2003-2007), tijdelijke verzuring van de bodemtoplaag in een groot deel van de meetraaien zien. Deze tijdelijke verzuring trad op in een periode van meteorologisch droge jaren met lage grondwaterstanden (2002-2009) en vaak ook nog voordat sterke vernatting optrad als gevolg van ingrepen. De verwachting is dat valleien die nadien zijn vernat, nu beter gevoed worden door basenrijk grondwater en daardoor minder gevoelig zijn geworden voor verzuring in meteorologisch droge jaren. Het systeem is daarmee robuuster geworden.

De duinvalleien in het infiltratiesysteem van de Oostduinen zijn basenrijk. In geval deze valleien niet overstromen met infiltratiewater en ook geen kwelplasjes hebben, is een dunne lens van natuurlijk, nutriëntenarm duinwater (enkele decimeters) aanwezig bovenop het geïnfiltreerde rivierwater. Belangrijk voor de instandhouding van deze duinwaterlenzen is dan ook dat de peilfluctuatie in de infiltratiekanalen gering is en de drainpeilen stabiel zijn afgeregeld. Het nitraatrijke infiltratiewater komt hierdoor niet in de wortelzone van de duinvalleivegetatie. Daardoor heersen er in de afgegraven laagten langs de kanalen doorgaans voedselarme omstandigheden. Door de aanwezigheid van kalk in de bodemtoplaag heersen er ook basenrijke omstandigheden. Wanneer de laagten wel inunderen met nitraatrijk infiltratiewater, of in geval er kwelplasjes aanwezig zijn, dan zijn de omstandigheden voedselrijker.

In de Middelduinen is een groot deel van de valleien die waren geëutrofiëerd door de infiltratie met fosfaatrijk rivierwater, door plaggen weer nutriëntenarm gemaakt. Waar op zulke plekken niet is geplagd (kleine oppervlakte), zijn voedselrijke vochtige graslanden ontstaan. Een relatief hoge nutriëntenrijkdom is ook aanwezig in vernatte valleities in het noordelijk deel van de Middelduinen. Mogelijk heeft de hogere nutriëntenrijkdom te maken met de aanwezigheid van zand afgezet in marien milieu.

In de droge delen is veel areaal met kalkrijke bodems aanwezig, en dat is meer dan aanvankelijk is verondersteld. Verder heeft beweiding sinds de jaren '80 geleid tot een afname van de hoeveelheid strooisel en daardoor afname van mineralisatie. Daardoor zijn in de duingraslanden over een grote oppervlakte relatief voedselarme condities teruggekeerd. Aandachtspunt is dat recent en lokaal de bovengrondse biomassa is toegenomen. Dit heeft te maken met beweidingsdruk die de laatste jaren lager was dan nodig voor het handhaven van korte vegetatie.

De ontwikkeling van nutriëntenarme wateren is slechts deels gelukt, ondanks de aanleg van ondiepe plassen en de ingevoerde voorzuivering die het meeste slib en fosfaat uit het Haringvlietwater verwijdert. Aanvankelijk ontstonden watervegetaties met soorten van basenrijke voedselarme wateren. Deze verdwenen echter voor een groot deel weer en zelfs de voedselrijke waterplanten gingen achteruit. Deze ontwikkeling heeft te maken met het optreden van hoge nutriëntenfluxen. Ondanks dat de fosfaatconcentratie van het infiltratiewater laag is, treedt door de korte verblijftijden in de kanalen toch een hoge belasting met fosfaat op. De belasting met nitraat en silicaat is ook hoog. De korte verblijftijden en de hoge nutriëntenbelasting bevorderen sterke groei van algen op de waterplanten. Deze tegenvaller is achteraf bezien een consequentie van de opzet van OINS: een intensief infiltratiesysteem met een gering ruimtebeslag dat zorgt voor hoge fluxen van nutriënten.

Ontwikkeling vegetatie

Over het algemeen zijn de natuurdoelen voor vegetatie vergaand gerealiseerd. Hoofddoelen van de herinrichting en het beheer waren het voorkomen van basenrijke voedselarme watervegetatie, natte basenrijke tot matig basenrijke voedselarme duinvalleien, en droge kalkrijke en kalkarme voedselarme duingraslanden te bevorderen. De oppervlakte-doelen voor basenminnende natuurtypen van duinvalleien en duingraslanden zijn grotendeels gerealiseerd. De oppervlakte-doelen voor natte basenarme voedselarme duinvalleien en droog kalkarm voedselarm duingrasland zijn niet helemaal gehaald. Dit heeft te maken met een onderschatting van het aandeel van kalkrijke bodems in de Middelduinen. Dit beeld kon echter pas worden bijgesteld op basis van een gedetailleerde vegetatiekartering in 2014. De realisatie van het doel voor voedselarme duingraslanden (kalkarm tot kalkrijk) is ook iets achtergebleven t.o.v. het gestelde doel. Belangrijke reden hiervoor is dat veel droog duingrasland is veranderd in vochtige graslanden als gevolg van vernatting in de Middelduinen. Er zijn andere natuurwaarden voor in de plaats gekomen.

Grote natuurwinsten betreffen:

- Van natte basenrijke voedselarme duinvallei en natte matig basenrijke voedselarme duinvallei is veel meer oppervlakte gerealiseerd dan het beoogde einddoel. Bovendien zijn deze natuurtypen sterk in kwaliteit vooruitgegaan. Dit blijkt uit de gestage toename van Rode-lijst plantensoorten die gebonden zijn aan basenrijke duinvalleien.
- Droge duingraslanden en vooral de kalkrijke zijn in kwaliteit sterk vooruit gegaan. Dit blijkt ook uit het nog immer toenemende aantal van Rode-lijst plantensoorten.

Wat betreft natuurwinst voor de vegetatie is de gebrekkige ontwikkeling van basenrijke voedselarme watervegetatie in de infiltratiekanalen tegengevallen. Dit heeft te maken met de bovengenoemde grote nutriëntenfluxen in het infiltratiesysteem. Dit natuurtype komt momenteel binnen de infiltratiekanalen vooral voor in de delen met een relatief lange verblijftijd (dus relatief lage nutriëntenfluxen) en in geïsoleerde plassen die door neerslag en duinwater worden gevoed.

Ontwikkeling broedvogels

De ontwikkeling van broedvogels is geëvalueerd op basis van verwachtingen over de trends van het aantal broedparen van ecologische broedvogelgroepen. Over het algemeen is de

verwachting uitgekomen of is de trend beter dan verwacht. In de Oostduinen zijn vogels van open water en van Riet- en verlandingsvegetaties sterk vooruitgegaan als gevolg aanleg van de nieuwe infiltratieplassen en daarop volgende moerasontwikkeling. In de Middelduinen zijn vogels van grazige vegetaties duidelijk toegenomen. Tegenvallende trends (dalend i.p.v. stabiel) betreffen vogelgroepen van pioniervegetaties, ruigten en akkers en voor de Oostduinen ook vogelgroepen van grazige vegetaties.

Herinrichting geslaagd?

Voor herstel van soortenrijke duinvalleien en duingraslanden is de herinrichting zeer geslaagd. Daarbij zijn ook hoge natuurwaarden gerealiseerd binnen het infiltratiesysteem van de Oostduinen. Dit was alleen maar mogelijk door een vergaande integratie van waterwintechiek met natuurherstel en een langdurig, intensief beheer dat snel anticipeert op de ontwikkelingen. Voor de hoge kwaliteit van de duinvalleien in de Oostduinen was de fine-tuning van de waterwinning ook zeer belangrijk. Consequentie is dat een groot deel van de natte duinvalleien in de Oostduinen nu volledig afhankelijk is van het waterwinsysteem: het betreft dus een artificieel systeem. Verder blijkt dat de keuze voor een intensief infiltratiesysteem niet kan worden gecombineerd met een groot aandeel van voedselarme watervegetatie in de infiltratiekanalen. In de Middelduinen is ook veel natuurwinst opgetreden. Omdat hier de kunstmatige infiltratie is beëindigd en de diep grondwaterwinning verminderd is, zijn natte natuurwaarden minder gekoppeld aan de waterwinning. De Middelduinen heeft daardoor en ook door natuurontwikkeling in De Enden een meer natuurlijk karakter gekregen.

Aanbevelingen voor natuurbeheer in de toekomst

Het handhaven van de huidige topkwaliteit van de natuur in de Middel- en Oostduinen vergt een voortzetting van het fijschalig beheer dat continu anticipeert op de ontwikkelingen. Grootste aandachtspunt voor het natuurbeheer is een adequate begrazingsdruk omdat het behoud van voedselarme, soortenrijke natuurdoeltypen met een korte vegetatie hiervan afhankelijk is. Voortzetting van de beweiding met runderen heeft grote voorkeur. Bij sterke vergrassing van duingraslanden met o.a. Duinriet is zeer kort maaien (maai/zuig combinatie) de aanvullende maatregel om verruigende soorten terug te dringen. Maai-beheer en chopperen in kalkrijke delen blijft nodig om opslag van Duindoorn tegen te gaan en in productievere duinvalleien een korte vegetatie te handhaven. Het incidenteel maaien of chopperen van natte kalkarme duinvalleien is gunstig voor het bevorderen van natte voedselarme pioniersoorten en gaat verruiging met Kruiwilg tegen. Voor vernatte valleien in de Middelduinen met een oude, nutriëntenrijke bodem met veel Pitrus en Biezenknoppen kan bekeken worden of met plagen de voedselarme duinvalleivegetatie kan worden hersteld. Blijvende aandacht voor en bestrijding van exoten zoals Watercrassula, Vogelkers en Rimpelroos zijn onontbeerlijk.

Aanbevelingen voor beheer waterwinning in de toekomst

In de Oostduinen is een uitgekende regulatie van waterpeilen in de infiltratieplassen en onttrekkingspeilen van de drains cruciaal voor behoud en verdere ontwikkeling van de kalkrijke duinvalleivegetatie. Dit vergt vergaande alertheid bij de bedrijfsvoering op basis van continue monitoring van waterpeilen en regelmatige checks in het veld. Aanpassingen in het beheer en onderhoud van het infiltratiesysteem en ook de reactie op onverwachte gebeurtenissen vergen een afweging van de belangen van waterproductie en natuur die stevig is ingebed in de organisatie.

Inhoud

Samenvatting	3
Inhoud	7
1 Doel evaluatie	9
1.1 Aanleiding	9
1.2 Doel van deze evaluatie	10
1.3 Leeswijzer	11
2 Beschrijving gebied	13
2.1 Gebiedsbeschrijving	13
2.2 Historie waterwinning in de Middel- en Oostduinen	14
2.3 Fine-tuning van waterpeilen in infiltratiekanalen en onttrekkingsdrains	24
2.4 Natuurbeheer en herstelmaatregelen	26
3 Aanpak monitoring	33
3.1 Grote lijn	33
3.2 Grondwaterstanden	36
3.3 Grondwaterchemie	37
3.4 Bodemchemie	38
3.5 Bovengrondse biomassa en nutriënten	40
3.6 Vegetatie in de meetraaien	41
3.7 Natuurdoeltypen vlakdekkend	42
3.8 Verspreiding kenmerkende plantensoorten vlakdekkend	45
3.9 Broedvogels	45
3.10 Basisgegevens	46
4 Ontwikkeling op gebiedsschaal	47
4.1 Verandering waterstandsregime	47
4.2 Ontwikkeling natuurtypen	50
4.3 Natura 2000 habitattypen en soorten Habitatrichtlijn	65
4.4 Ontwikkeling plantensoorten	68
4.5 Ontwikkeling broedvogels	70
5 Ontwikkeling van abiotiek en vegetatie in de meetraaien	83
5.1 Inleiding	83
5.2 Overzicht van de ontwikkelingen	85
5.3 Duinvalleien	88
5.4 Duingraslanden	120
5.5 Ontwikkeling bovengrondse biomassa	128
6 Conclusies	129
6.1 Ontwikkeling abiotiek	129
6.2 Ontwikkeling vegetatie	132

6.3	Ontwikkeling broedvogels	134
6.4	Herinrichting geslaagd?	134
6.5	Aanbevelingen voor natuurbeheer in de toekomst	135
6.6	Aanbevelingen voor beheer waterwinning in de toekomst	135
7	Literatuur	137
	Bijlage I Ontwikkeling vegetatie, bovengrondse biomassa en waterstand	139
	Bijlage II Ontwikkeling van de hydrochemie in ondiepe peilbuizen van de meetraaien	157
	Bijlage III Ontwikkeling van de bodemchemie in de meetraaien	183

1 Doel evaluatie

1.1 Aanleiding

In 1999 is aan N.V. Delta Nutsbedrijven, thans Evides Waterbedrijf, een vergunning krachtens de Grondwaterwet verleend voor aanpassing van de waterwinning in de Middel- en Oostduinen. De aanpassing bestond uit een uitbreiding van de infiltratie van voorgezuiverd Haringvlietwater van 3,6 naar 4,8 miljoen m³/j en uitbreiding van het onttrekkingsdebiet in het ondiepe pakket naar 4,8 miljoen m³/j. Tegelijk werd de winning in het tweede watervoerende pakket verminderd van 300.000 naar maximaal 250.000 m³/j. Ten behoeve van deze aanpassing werden in 2000 en 2001 in de Oostduinen nieuwe infiltratiekanalen en onttrekkingsdrains aangelegd. De aanleg van de nieuwe infiltratiekanalen vond plaats volgens het concept 'Oppervlaktewater Infiltratie Nieuwe Stijl' (OINS). Dit houdt in dat het infiltratiesysteem duurzaam is (geen snelle dichtslibbing) en een natuurvriendelijke inrichting heeft. In de Oostduinen kon daardoor een belangrijke bijdrage worden geleverd aan herstel van voedselarme wateren en natte, voedselarme duinvalleien. Tegelijk werden bij de inrichting verruigde, verstruweelde, droge delen in de Oostduinen geplagd met het doel droog voedselarm duingrasland te herstellen. In de Middelduinen traden ook veranderingen op als gevolg van de aanpassing van de waterwinning. Door het verwijderen van een drain en een infiltratiekanaal zou plaatselijk zwakke tot matige verdroging optreden en zou de waterkwaliteit gaan veranderen. Deels kon dit verdrogende effect worden gecompenseerd door vermindering van de ontwatering in De Enden en door dit gebied in te richten als natuurontwikkelingsgebied. Tegelijk werden in een aantal geëutrofiëerde en verzuurde duinvalleien van de Middelduinen plag- en maaiwerkzaamheden uitgevoerd met als doel de natuurkwaliteit te verbeteren. De aanpassing van de waterwinning en aanvullende maatregelen zouden dus een aanzienlijk effect hebben op de natuurwaarden in de Middel- en Oostduinen. Niet alle maatregelen in het kader van OINS werden in 2000, 2001 en de perioden daarvoor uitgevoerd. Een deel van de maatregelen, zoals het verwijderen van een deel van drain 3 in de Oostduinen, werden later uitgevoerd. In het centrale deel van de Middelduinen werden in 2005 valleien geplagd en in de Oostduinen werden de kanaalpeilen in 2007 verhoogd in verband met de afstemming van de infiltratie op de natuurdoelen.

De herinrichting van de waterwinning is in 1999 vastgelegd in een nieuwe grondwateronttrekkingsvergunning. Aan de verleende vergunning is de eis verbonden dat Evides de effecten van de aangepaste waterwinning op de natuurkwaliteit volgt in de periode 1999 tot en met 2013 (voorschrift 13). Deze eis ten aanzien van monitoring is overgenomen in de geactualiseerde grondwatervergunning van 2008 (voorschrift 11). In 2007 is een uitgebreide tussenevaluatie over de periode van 1999 tot en met 2005 uitgevoerd (Aggenbach et al. 2007). In 1999 is een monitoringplan opgesteld. De aanpak van de monitoring bestaat uit het volgen van de abiotiek (grondwaterstand, waterchemie, bodemchemie, biomassa en nutriënten in gewas) en vegetatie op elf sleutellocaties in de Middel- en Oostduinen (Figuur 2-1). Elke locatie bestaat uit een meetraai op de hoogt gradiënt waarin indicatieve soorten werden opgenomen, een permanente kwadraat voor gedetailleerde beschrijving van de vegetatie en één of twee peilbuizen met ondiepe filters. Bij het permanente kwadraat werden de grondwater-, bodem- en gewasmonsters genomen. De monitoringresultaten op de elf locaties dienden te worden geëxtrapoleerd naar het hele terrein. Aanvullend op het voorschrift in de grondwatervergunning werd de opschaling van meetlocaties naar gebied ondersteund door gebruik te maken van een vlakdekkende karteringen van grondwaterregime, natuurdoeltypen en plantensoorten. Daarmee was het mogelijk om de ontwikkeling van natuurdoelen (oppervlakte en kwaliteit) op gebiedsschaal nauwkeurig in beeld te brengen. Tevens schreef de grondwatervergunning voor dat broedvogels werden gevolgd en op niveau van ecologische broedvogelgroepen

werden geëvalueerd. Het effect van aanpassing van de waterwinning werd afgemeten aan de mate waarin natuurwinst werd bereikt.

De Middel- en Oostduinen zijn onderdeel van het Natura 2000 gebied Duinen van Goeree en Kwade Hoek en genieten bescherming van de Europese Habitatrichtlijn. De uitvoering van OINS kan ook grote effecten hebben op de instandhoudingsdoelen voor Natura 2000. Alhoewel de vergunningsvoorwaarden geen expliciete voorwaarde opleggen voor het evalueren van de effecten op het voorkomen en de kwaliteit van habitattypen zullen we in dit rapport wel een doorkijk geven naar de effecten van OINS op de instandhoudingsdoelen voor habitattypen.

1.2 Doel van deze evaluatie

In deze eindevaluatie wordt getoetst of de voorspelde ecologische effecten in de Oost- en Middelduinen van veranderingen in de waterwinning en additionele maatregelen in het terreinbeheer ook daadwerkelijk zijn opgetreden. Uit de effectvoorspelling bleek dat belangrijke natuurwinst kon optreden als gevolg van de wijzigingen in de waterwinning, die werden voorgesteld in de vergunningaanvraag. Het doel van de monitoring is dan ook vaststellen of de voorspelde natuurwinst is opgetreden. Wanneer deze natuurwinst minder was dan verwacht, moet op basis van de monitoringsresultaten kunnen worden aangegeven wat daarvan de oorzaken zijn.

Natuurwinst wordt als volgt getoetst:

- In hoeverre oppervlakte-doelen voor natuurdoeltypen zijn gerealiseerd. Deze evaluatie vindt vlakdekkend voor het hele gebied plaats.
- In hoeverre verwachte trends van aantallen broedparen van broedvogelgroepen zijn gerealiseerd.
- In hoeverre natuurdoeltypen en de vereiste abiotische condities in de meetraaien zijn gerealiseerd.

De te verwachten natuurwinst is beschreven in de paragrafen van hoofdstuk 4 en 5 waar de monitoring wordt geëvalueerd. Het zwaartepunt van de evaluatie ligt op de ontwikkeling van voedselarme watervegetaties, natte tot vochtige voedselarme duinvalleien en droge voedselarme duinvalleien. Deze natuurtypen vertegenwoordigen in de Middel- en Oostduinen namelijk de belangrijkste natuurwaarden.

Omdat in de Middelduinen afgelopen jaren veel gegevens zijn verzameld zullen we de ontwikkeling van natuurdoelen ook ondersteunen met informatie over de ontwikkeling van de plantensoorten in het gebied. Dit geeft veel inzicht in de ontwikkeling van de kwaliteit. Naast de herinrichting van de waterwinning en natuurherstelmaatregelen heeft ook het beheer (beweiding en maaien) een belangrijke invloed gehad op de ontwikkeling van natuurwaarden. Daarom documenteren we ook het beheer in deze eindevaluatie en betrekken we de invloed daarvan op de ontwikkeling van gestelde natuurdoelen in de evaluatie. De eindevaluatie geeft daardoor ook vergaand inzicht in de opgetreden ontwikkeling van het terrein en het toekomstperspectief voor de huidige natuurwaarden. Aanvullend op de doelen van deze eindevaluatie worden op basis van inzichten uit deze evaluatie ook op hoofdlijnen aanbevelingen gedaan voor het toekomstige beheer van het winsysteem en de natuur.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 bevat een gebiedsbeschrijving met ook de historie van de waterwinning en het natuurbeheer. Tevens wordt hier informatie gegeven over de uitgevoerde herinrichting van de waterwinning en natuurherstelmaatregelen. Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van de gebruikte monitoringsmethoden. In hoofdstuk 4 wordt de ontwikkeling van natuurdoeltypen, plantensoorten en broedvogelgroepen op gebiedsschaal geëvalueerd. Op basis van vlakdekkende gegevens van de vegetatie leggen we hier ook een link met de toestand van habitattypen waarvoor in de Middel- en Oostduinen Natura 2000 instandhoudingsdoelen gelden. In hoofdstuk 5 bespreken we de ontwikkeling van natuurdoeltypen en abiotiek in de 11 meetraaien. De bespreking hiervan is gesplitst in een evaluatie van de grondwaterafhankelijke natuurdoelen (water- en duinvalleivegetatie) en droge natuurdoelen (duingraslanden). In dit hoofdstuk wordt ook nog apart aandacht geschonken aan de ontwikkeling van bovengrondse biomassa in relatie tot de beweiding. Hoofdstuk 6 bevat de conclusies ten aanzien van de opgetreden natuurwinst en geeft aanbevelingen voor het beheer van de waterwinning en natuur.



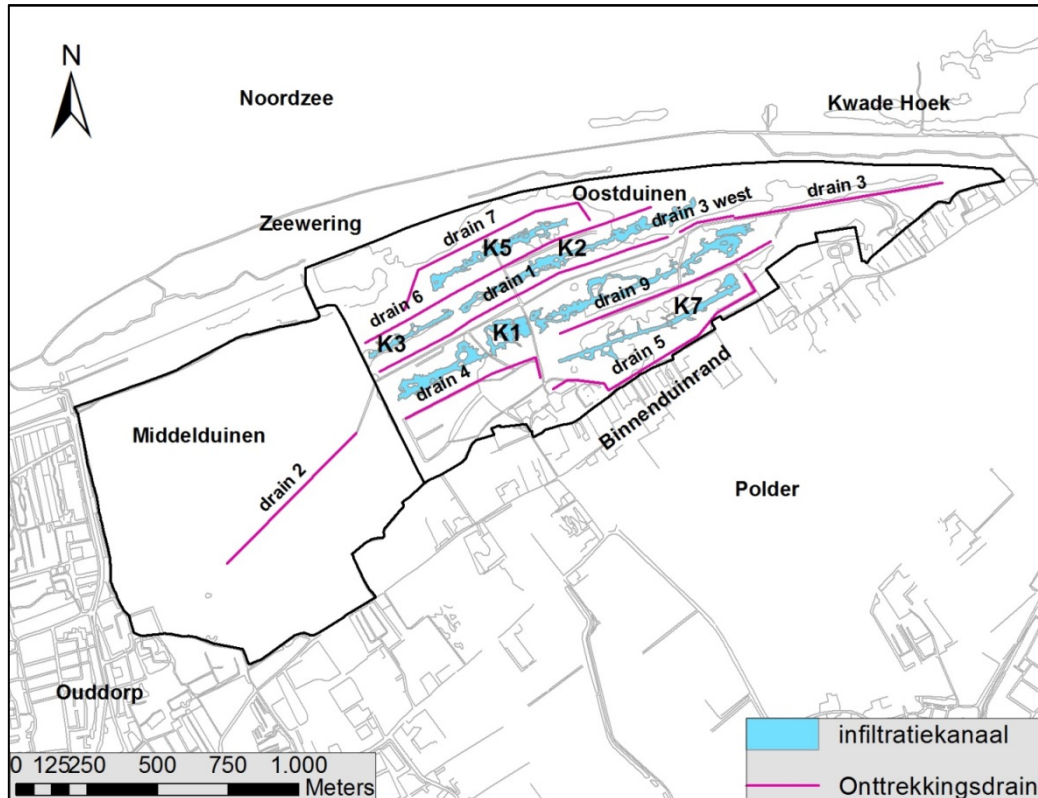
Foto 1-1: Een kalkrijk duingrasland met Zandpaardebloem, Akkerhoornbloem, Gewone veldbies en Lathyruswikke (foto Marten Annema).

2 Beschrijving gebied

2.1 Gebiedsbeschrijving

De Middel- en Oostduinen (205 ha) zijn een kopjesduingebied op Goeree, die zijn ontstaan na 800 na Chr. Aan de noordzijde wordt het gebied begrensd door het natuurgebied de Kwade Hoek. Tussen de Kwade Hoek en de Middel- en Oostduinen ligt een hoge, kunstmatige zeevering. Aan de zuidzijde wordt het gebied begrenst door polders en aan de westzijde door het dorp Ouddorp (Figuur 2-1). De Middel- en Oostduinen zijn zogenaamde vroongronden die eeuwenlang intensief zijn beweid. De ontwikkeling van het duingebied heeft daardoor plaatsgevonden onder invloed van beweiding. Zowel op macro- als microschaal zijn beide gebieden rijk aan gradiënten. Het zuiden van de Middelduinen is kalkarm en zuur, het noorden daarentegen kalkrijk en zwak zuur tot basisch. De Oostduinen zijn overwegend kalkrijk en neutraal tot basisch. Op korte afstand zijn in beide deelgebieden verschillen in ontkalkingsdiepte en maaiveldhoogte aanwezig, waardoor op kleine schaal gradiënten in vochttoestand, zuurgraad en nutriëntenrijkdom aanwezig zijn. In de Middelduinen zijn veel grondwaterafhankelijke natuurwaarden van natte duinvalleien en vochtige en droge graslanden aanwezig. Veel van de valleien zijn hier 's winters geïnundeerd en er treedt kwel op van basen- en ijzerrijk grondwater (Annema 1994). Tevens is in het middelste en noordelijk deel van de Middelduinen op kleine schaal zeer veel variatie in ontkalkingsdiepte en daarmee de zuurgraad van de bodemtoplaag aanwezig. De natuurwaarden van de Oostduinen hebben vooral betrekking op natte duinvalleien en droge graslanden en struwelen. Daarnaast zijn de infiltratiekanalen hier van belang voor natuurwaarden die gebonden zijn aan ondiepe wateren en moeras.

De Middel- en Oostduinen zijn behalve natuurgebied ook waterwingebied. Evides waterbedrijf wint er water ten behoeve van de drinkwatervoorziening van Goeree-Overflakkee. Het onttrokken water bestaat uit geïnfiltriseerd rivierwater en grondwater dat wordt gewonnen uit drains en diepe bronnen. Het rivierwater is afkomstig uit het Haringvliet, wordt eerst voorgezuiverd en vervolgens in plassen geïnfiltriseerd (open infiltratie) in het freatisch pakket. Via ondiepe drains wordt dit water teruggewonnen. In de Oostduinen wordt sinds 1935 en in de Middelduinen sinds 1946 grondwater gewonnen uit het 2^e watervoerende pakket. Open infiltratie van Haringvlietwater vindt plaats sinds 1972; sinds 1996 wordt dit water voorafgaand aan infiltratie voorgezuiverd. De stroming en de waterstandsfluctuaties van het freatische grondwater worden in het centrale deel van de Oostduinen sterk beïnvloed door de winning en infiltratie. In de Middelduinen is de waterhuishouding sinds de herinrichtingsmaatregelen vrij natuurlijk.



Figuur 2-1: Ligging van de Middel- en Oostduinen. De zwarte omlijning geeft de begrenzing van het studiegebied voor de eindevaluatie. Tevens is de ligging van de nieuwe infiltratiekanalen en de drains voor terugwinning weergegeven. Drain 2 en het oostelijk deel van drain 3 zijn inmiddels opgeheven.

2.2 Historie waterwinning in de Middel- en Oostduinen

2.2.1 Historie

De waterwinning is gestart in 1934. Sindsdien zijn veel veranderingen in het winsysteem opgetreden (Figuur 2-2). Tot 1968 werd grondwater gewonnen uit gegraven, open kanalen. Dit water werd naar het pompstation getransporteerd en daar verder gezuiverd. Na 1969 werden deze open kanalen gedicht en vervangen door ondergrondse drains die op enkele meters diepte werden ingegraven. Vanaf 1954 werden de eerste infiltratiekanalen gegraven. Naar deze kanalen werd oppervlaktewater getransporteerd en in de kanalen infiltreerde dat water in de zandondergrond. Met de drains werd het geïnfilterde water teruggewonnen. In deze kanalen werd tot 1986 oppervlaktewater gepompt vanuit een aangrenzende poldersloot in de Enden. Sinds 1972 werd steeds meer water uit het Haringvliet geïnfilterd via de kanalen. Dit geïnfilterde water werd en wordt nog steeds via de drains weer opgepompt en verder gezuiverd op de productielocatie. Details over de ontwikkeling van de waterwinning worden beschreven in Tekstkader 1.

In het kader van het 'Plan van Aanpak 1994-2000 Middelduinen en omgeving (Goeree)' (Overleggroep Middelduinen, 1994) zijn door de Provincie Zuid-Holland en N.V. Delta Nutsbedrijven (de voorganger van Evides) afspraken gemaakt om een kleine winning van diep grondwater (de Kleistee) in Ouddorp op te heffen. Daarnaast is afgesproken om de ondiepe winning en infiltratie in de Middelduinen te beëindigen. In het plan van aanpak zijn de maatregelen beschreven die nodig zijn om tot beëindiging van de infiltratie en ondiepe winning in de Middelduinen te komen. In 1999 zijn in het kader van een nieuwe vergunning van de Provincie Zuid-Holland voor winning van drinkwater in de Middel- en Oostduinen

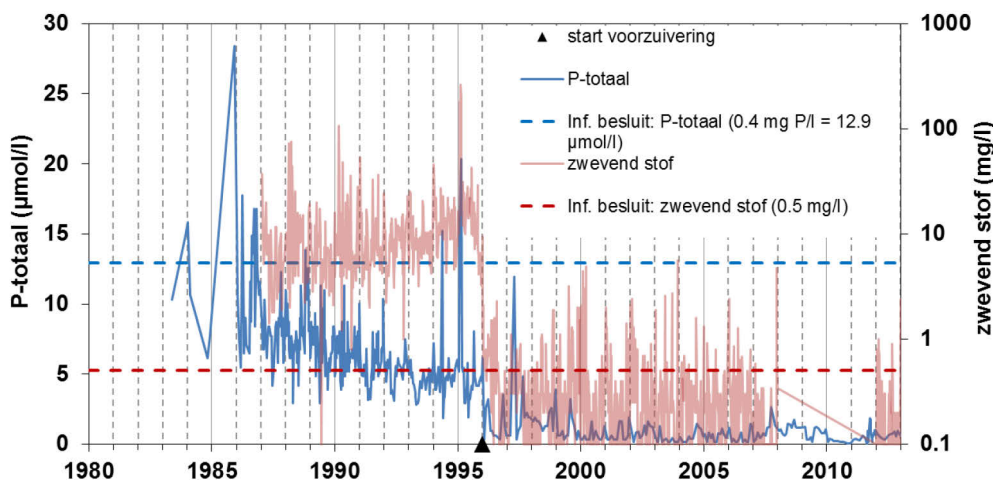
verdere afspraken gemaakt om de invloed van de winning op de natuur en de omgeving te verminderen. Deze afspraken hebben geleid tot het uitvoeren van een herinrichting volgens het concept Open Infiltratie Nieuwe Stijl (OINS).

Winning en infiltratie	1934-1953	1954-1968	1969-1971	1972-1983	1987	1993	1995	1996	1997	2001	2002	2007	2008	2009	2014
winning met open kanalen															
infiltratie met ongezuiverd polderwater															
winning met drains oude stijl															
infiltratie met Haringvlietwater															
infiltratie met Haringvlietwater															
winning drain 2 gestopt															
infiltratiekanaal 2 ingekort															
winning met drains nieuwe stijl (OINS)															
Bijlevering drinkwater vanaf Berenplaat															
winning drain 3 gestopt															
Overig															
zomer/winterpeil de Enden	0,5 +NAP/0,25 +NAP									0,8 +NAP/0,6 +NAP				0,9 /0,9 +NAP	
"De Enden" gedraineerd															
"De Enden" heringericht															
besproken tijdvakken						1984 - 1993		1994 - 1999			2002 - 2007				2009 - 2013

Figuur 2-2: Historie van de waterwinning en omgeving met de belangrijke veranderingen. De onderscheiden tijdvakken worden in onderstaande tekst besproken.

2.2.2 Voorzuivering

Sinds 1 januari 1996 wordt het infiltratiewater uit het Haringvliet voorafgaand aan de infiltratie eerst gezuiverd. In de voorzuivering wordt het zwevend stof vergaand verwijderd door de slibdeeltjes uit te vlokken door toediening van ijzerchloride en vervolgens filtratie. De meeste zwevende deeltjes worden eruit gefilterd, waardoor het water helder wordt. Dit zorgt er ook voor dat sinds de voorzuivering de afzetting van organisch slib in de infiltratieplassen sterk is afgenomen. Aan de slibdeeltjes zitten de meeste microverontreinigingen gebonden en ook het overgrote deel van het fosfaat. Het opgeloste fosfaat wordt grotendeels gebonden aan de ijzervlokken die bezinken en daarna worden verwijderd. Metingen laten zien dat het zwevend-stofgehalte en P-totaal concentratie van het infiltratiewater sterk daalde (Figuur 2-3). Het 0,75 percentiel van het zwevend stofgehalte dat volgens de vergunningseis onder 0,5 mg/l moet zitten, bedroeg in de periode 1 jan 1996 t/m 31 december 2013 0,4 mg/l. De P-totaal concentratie (mediaan periode 1 jan 1996 t/m 31 december 2013 is 0,65 µmol/l) zakte ver onder de norm van het infiltratiebesluit (0,4 mg P/l = 12,9 µmol/l).



Figuur 2-3: Ontwikkeling van totaal-fosfaat en zwevend-stof concentratie in het ingenomen Haringvlietwater. Ter vergelijking worden ook de normen van het Infiltratiebesluit weergegeven.

Tekstkader 1: Ontwikkeling van de waterwinning

Situatie periode 1934 – 1954

De winning van gebiedseigen duingrondwater startte in 1934, aanvankelijk via open kanalen en sedert 1936 tevens met diepe pompputten (1-17). Geleidelijk werd de winning uitgebreid en steeg de hoeveelheid onttrokken grondwater (van ca. 0,4 in 1935 tot 0,7 Mm³/jaar in 1950).

Situatie periode 1955 – 1985

De kunstmatige infiltratie in Ouddorp startte in 1955. Aanvankelijk werd periodiek alleen polderwater uit de nabij gelegen Oude Nieuwelandse Wetering (ONW) geïnfiltreerd, eerst in infiltratiekanaal 1 en vanaf 1970 ook in infiltratiekanaal 4. De toegenomen waterbehoefte en gebrek aan oppervlaktewater uit de ONW maakten het in juni 1972 noodzakelijk om de kunstmatige infiltratie in de periode mei t/m september aan te vullen met ongezuiverd water uit het Haringvliet. Het Haringvlietwater werd ingenomen te Scheelhoek, gelegen iets ten oosten van de Haringvlietsluizen. Eind 1975 zijn de infiltratiekanalen 2 en 3 in gebruik genomen.

De verdeling van de beide soorten infiltratiewater varieerde over de infiltratiekanalen en in de tijd, maar sinds 1977 werden beide typen oppervlaktewater pas na menging in de zogenaamde verzamelkelder geïnfiltreerd. De mengverhouding van water uit de ONW met Haringvliet water was eind jaren '70 als volgt: gemiddeld over het jaar 37:63, van oktober t/m april 65:35 en van mei t/m september 5:95. In 1984 waren de infiltratiekanalen 2, 3 en 4 nog nooit schoongemaakt (van bodemslib ontdaan); kanaal 1 werd omstreeks 1972 geschoond i.v.m. renovatiewerkzaamheden.

De terugwinning geschiedde medio jaren '70 door een zestal ondiepe drains (waarvan nr.1 tot 1976 een open winkanaal was; nr.6 in bedrijf sinds 1978) en 33 diepe pompputten langs drains 1 en 2. Diep duingrondwater werd bijgemengd vanuit diepe pompputten 36-40 en pompputten 1-5 gelegen in de Kleistee ten westen van Ouddorp. Drain 9 dateert uit 1984.

Situatie periode 1985 – 2000

Infiltratiekanaal 5 en drain 7 zijn aangelegd in 1985. De reguliere winning uit het puttenveld op de Kleistee is gestopt in 1987. De putten zijn nog aanwezig, pompen e.d. zijn verwijderd. Kanaal 7 en drain 5 oost zijn aangelegd in 1991.

De inname van polderwater uit de ONW is gestopt in oktober 1986. In 1994 werd de infiltratie in kanaal 4 in de Middelduinen gestopt om natuurherstel in de Middelduinen te bevorderen door de aanvoer van basenrijk en nutriëntenrijk infiltratiewater te stoppen. De winning met drain 2 in de Middelduinen werd in 1994 gestaakt.

Op 1 januari 1996 werd de voorzuivering van te infiltreren Haringvlietwater nabij het innamepunt in gebruik genomen. Deze voorzuivering bestaat uit de volgende trappen: mosselopvang, microstrainer, cascademenger (ijzerchloride) en snelfiltratie over een dubbellaagsfilter. De voorzuivering heeft geleid tot een duidelijke verlaging van zwevend stof, daaraan gebonden microverontreinigingen en ortho-fosfaat (Figuur 2-3).

Vervolg tekstkader 1: Ontwikkeling van de waterwinning

In de periode 1996-1997 is een proef uitgevoerd met herinrichting volgens het concept Open Infiltratie Nieuwe Stijl (OINS) in infiltratiekanaal 7 (Peters et al., 1997; Bureau Bescherming Waterwinning, 1996). Daarbij is kanaal 7 omgevormd van een rechte lijn tot een quasi-natuurlijke waterpartij met meer natuurlijke vormen, oeverwalvelden, inhammen en vloeiende overgangen naar het omringende duinlandschap. In 1997 is bodemslib verwijderd uit kanaal 5, in 1999 uit de kanalen 1-3. Dit is niet eerder gebeurd in deze periode. In 2005 werd drain 2 in de Middelduinen ontmanteld door deze op enkele plaatsen te dichten. Dit was nodig om de kortsluitstroming van grondwater te stoppen, die optrad sinds het uit-gebruik-nemen van deze drain. Door het verhang van het freatisch vlak stroomde grondwater van oost naar west. Pompputten 36, 37, 39 en 40 zijn nog in gebruik en put 38 is vervallen.

Situatie periode 2000-2016

In de jaren 2000 en 2001 is het infiltratiegebied heringericht volgens het OINS-concept (Open Infiltratie Nieuwe Stijl), met als doel een duurzaam infiltratiesysteem te creëren met een natuurvriendelijker inrichting. Daartoe zijn de infiltratiepanden omgevormd van rechte kanalen met een uniform bodemprofiel tot iets slingerende panden met variabel bodemprofiel en inhammen (Figuur 2-7). De infiltratie werd verhoogd van maximaal 3,6 Mm³/jaar naar 4,8 Mm³/jaar.

De diepe winning in de Middelduinen werd beperkt tot maximaal 0,05 Mm³/jaar (voorheen maximaal 0,2 Mm³/jaar) waarbij alleen nog in de maanden juni t/m augustus mag worden onttrokken. De diepe winning in de Oostduinen werd verhoogd naar maximaal 0,2 Mm³/jaar. Hiervoor werden in 2000 tevens de putten 41 t/m 44 geplaatst (put 41 herplaatst in 2004).

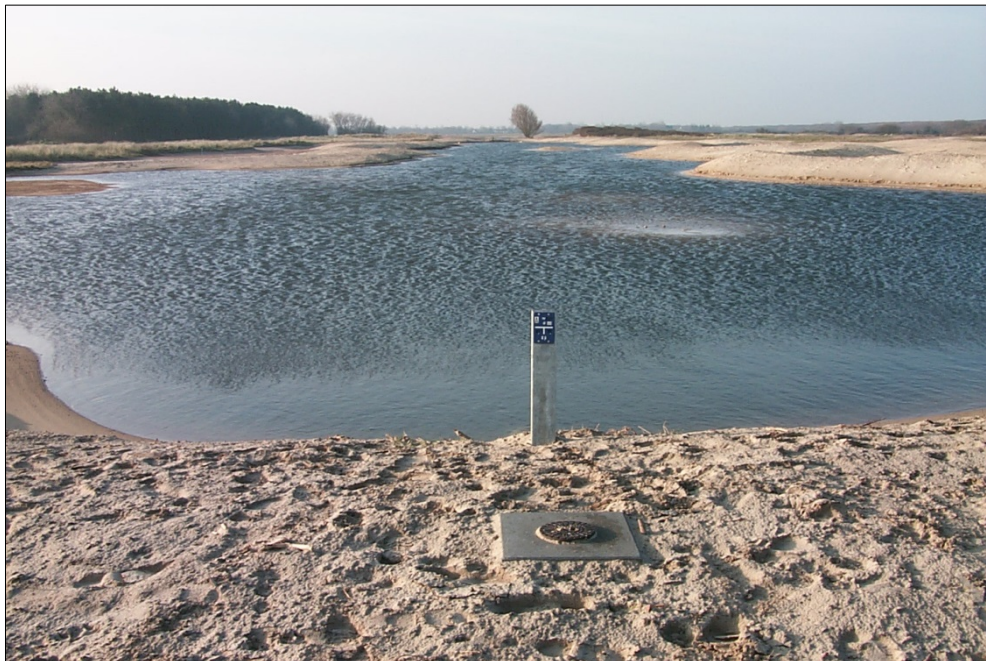


Foto 2-1: Een infiltratiekanaal in de Oostduinen in 2001, vlak na de herinrichting (foto Marten Annema).

2.2.3 Open Infiltratie Nieuwe Stijl

Door de overgang naar voorzuivering van het infiltratiewater kon in 2000 en 2001 het wingebied van de Oostduinen worden heringericht volgens het concept 'Open Infiltratie Nieuwe Stijl' (afgekort OINS; Peters et al., 1992). Het doel van OINS is het realiseren van zowel 'groene' als 'blauwe' doelen. Groene doelen zijn natuurwaarden die passen bij het betreffende gebied en duurzaam in stand worden gehouden. Onder blauwe doelen wordt verstaan het meer en efficiënter produceren van drinkwater met minder kosten, onderhoud en energie.

Om de groene en blauwe doelen te realiseren is het gebied heringericht (Figuur 2-4 en Figuur 2-5). Door deze herinrichting is het oppervlakte duingebied dat door de kunstmatige infiltratie wordt beïnvloed, sterk verminderd. Vooral het beïnvloedingsgebied in de Middelduinen is sterk ingekrompen. Verder kregen de infiltratiekanalen een natuurlijker vorm en de waterstanden in het infiltratiegebied een meer natuurlijk verloop. Voor 2000 spreken we van winning 'oude stijl', na 2000 van winning 'nieuwe stijl'.

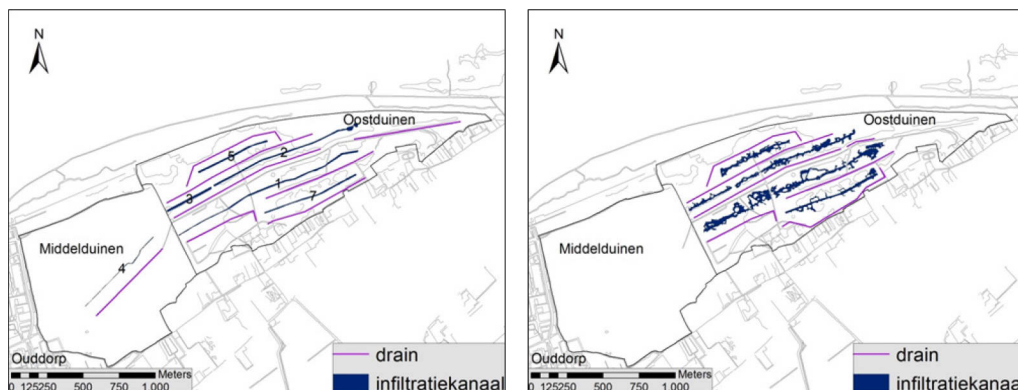


Foto 2-2: Luchtfoto van de Oostduinen tijdens de herinrichtingswerkzaamheden in het infiltratiegebied.

Voor de invoering van Open Infiltratie Nieuwe Stijl (OINS) zijn de volgende maatregelen uitgevoerd:

- Intensiveren van het kunstmatige infiltratiesysteem door op minder oppervlakte van het duingebied meer rivierwater te infiltreren en terug te winnen (Figuur 2-6). Het kleinere ruimtebeslag voor de waterwinning gaf daardoor meer mogelijkheden voor het realiseren van natuurdoelen.
- Compacter inrichten van de waterwinning (Figuur 2-5), waardoor de totale invloed van de grondwateronttrekking en kunstmatige infiltratie met terugwinning op de omgeving vermindert. Er werd voorkomen dat geïnfilterd rivierwater afstroomde naar de omgeving door de randdrains op een vast peil te handhaven. Hierdoor

- werden zowel ongewenste vernatting als verdroging van de omgeving door de waterwinning tegen gegaan.
- Herinrichting van de infiltratiekanalen waarbij zo veel mogelijk is aangesloten op het omringende landschap. In plaats van de oude, rechte kanalen van tien meter breed en één meter diep werden de nieuwe infiltratiekanalen ingericht met gebruikmaking van bestaande en natuurlijke hoogten en laagten. Dit leidde tot bredere ondiepe kanalen met kronkelige oevers en veelal flauwe taluds (Figuur 2-7 en Foto 2-1). Dit oogt niet alleen natuurlijker, maar resulteerde ook in vele gradiënten van diep naar ondiep water, van zeer natte tot vochtige valleien en variatie in steile en flauwe oevers. Hierdoor is een gevarieerd leefgebied aanwezig voor allerlei organismen. Voorafgaand aan de herinrichting werd al het slib dat in de oude kanalen was geaccumuleerd, verwijderd. Hierdoor kregen de nieuwe kanalen voedselarme zandbodems. In elk kanaaldeel is tevens een diepe put gegraven waarin permanent water aanwezig is (bodem 1 meter beneden het laagste zomerpeil). Dit zorgt voor een refugium voor (macro)fauna in geval van een extreem laag waterpeil wanneer als gevolg van een calamiteit geen Haringvlietwater kan worden aangevoerd.
 - Aanleg van vijf infiltratiekanalen met een totale lengte van 3850 meter. Per kanaal is er één inlaatpunt (Figuur 2-7). Het water stroomt vanaf dit punt naar het uiteinde van het kanaal over een lengte van 100 tot soms wel bijna 1000 meter.
 - Plaggen van geëutrofiëerde duinvalleibodems. In de periode dat ongezuiverd infiltratiewater werd geïnfiltrteerd zijn duinvalleien die beïnvloed werden door toestroming van infiltratiewater geëutrofiëerd. Hierdoor hebben zich nutriënten, vooral fosfaat, in de bodem opgehoopt. Deze geëutrofiëerde bodems zijn ten behoeve van herstel van natuurdoelen die zijn gebonden aan nutriëntenarme omstandigheden, voorafgaand aan de herinrichting geplagd. De plagwerkzaamheden vonden in twee verschillende jaren plaats (Figuur 2-12).



Figuur 2-4: Ligging en vorm infiltratiekanalen en ligging van de drains voor uitvoering van Open Infiltratie Nieuwe Stijl (linker kaart) en er na (rechter kaart). De oude kanalen zijn gegraven in de periode 1954 tot 1990 en waren op het moment van herinrichting tussen de 10 en 46 jaar oud. Ze zijn aangelegd als rechte kanalen van ongeveer tien meter breed en een meter diep met flauwe oevers. De vrijkomende grond werd als een kade opgeworpen langs de kanalen. Infiltratiekanaal 4 en het meest oostelijke deel van infiltratiekanaal 2 zijn uit gebruik genomen en landschappelijk aangepast aan de omgeving. De overige kanalen zijn omgevormd naar bredere, ondiepe plassen met kronkelige oevers. De oude kades zijn daarbij opgeruimd.

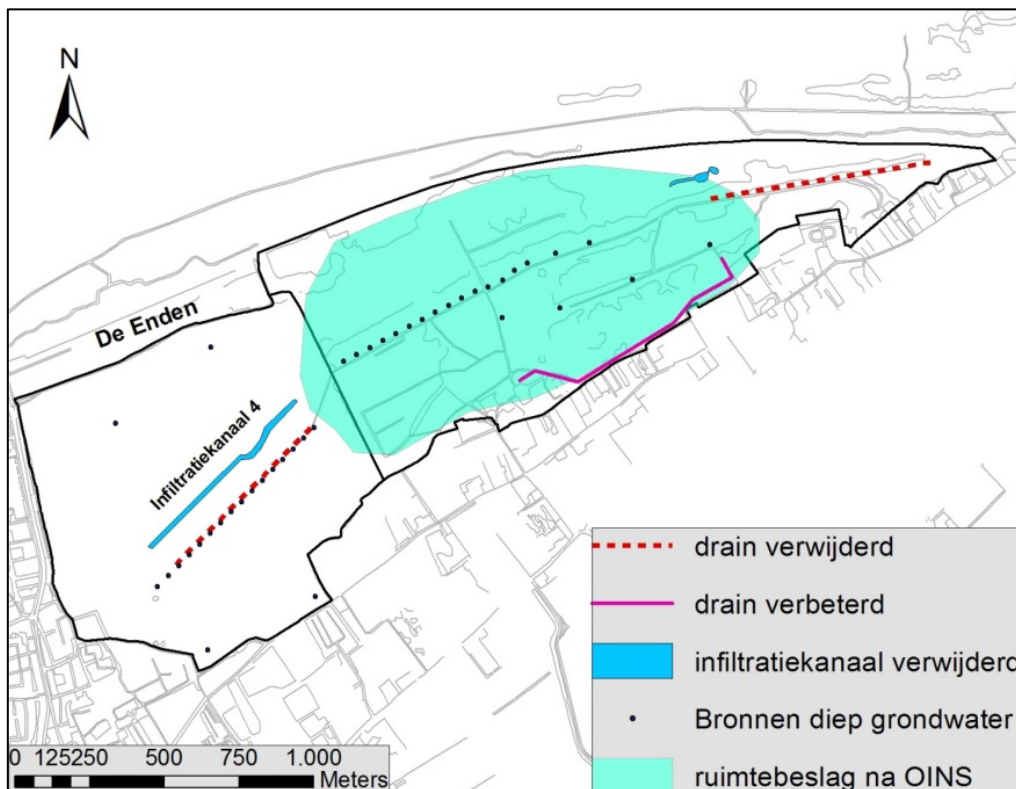
Naast bovengenoemde herinrichtingsmaatregelen werd de bedrijfsvoering van de waterwinning veranderd:

- De bedrijfsvoering van de winmiddelen werd zodanig ingesteld dat het gebied een meer natuurlijke waterhuishouding kreeg. Zo werden bij de winning oude stijl de peilen van de infiltratiekanalen in de zomer hoog opgezet ten behoeve van een grote vraag naar leidingwater. In de winter werden de kanaalpeilen laag ingesteld in verband met een

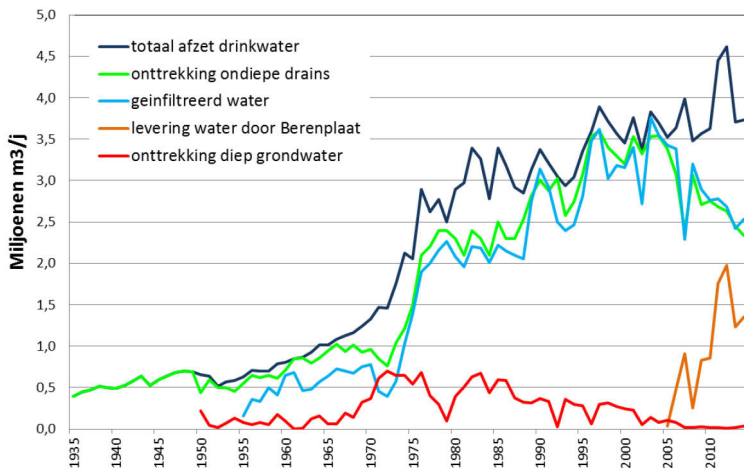
geringere waterbehoefte. In de winning nieuwe stijl volgt het waterstandsregime een natuurlijk seizoensmatig verloop met een geringe fluctuatie ('s zomers iets lager dan 's winters). Daarnaast worden de drains momenteel minder diep afgepompt, waardoor ook in de zomerperiode de waterstanden in de valleien tussen de infiltratiekanalen en drains niet te diep wegzakken. Voor optimalisatie van de bedrijfsvoering heeft fine-tuning plaatsgevonden van het waterpeilregime in de kanalen en de stijghoogten in de drains (zie paragraaf 2.3).

- De winning van diep grondwater werd beperkt tot maximaal 50.000 m³/j in de Middelduinen en 200.000 m³/j in de Oostduinen (Figuur 2-6). De diepe winputten bevinden zich in een reeks van de Middelduinen naar de Oostduinen (Figuur 2-7). Voor de natuurwaarden in het duingebied is het van belang dat in de winter- en voorjaarsperiode relatief hoge grondwaterstanden optreden. Daarom wordt sinds de uitvoering van OINS diep grondwater in de Middelduinen alleen gewonnen in de zomerperiode en uitsluitend in geval van calamiteiten. In de Oostduinen kan de toegestane hoeveelheid het gehele jaar gewonnen worden.

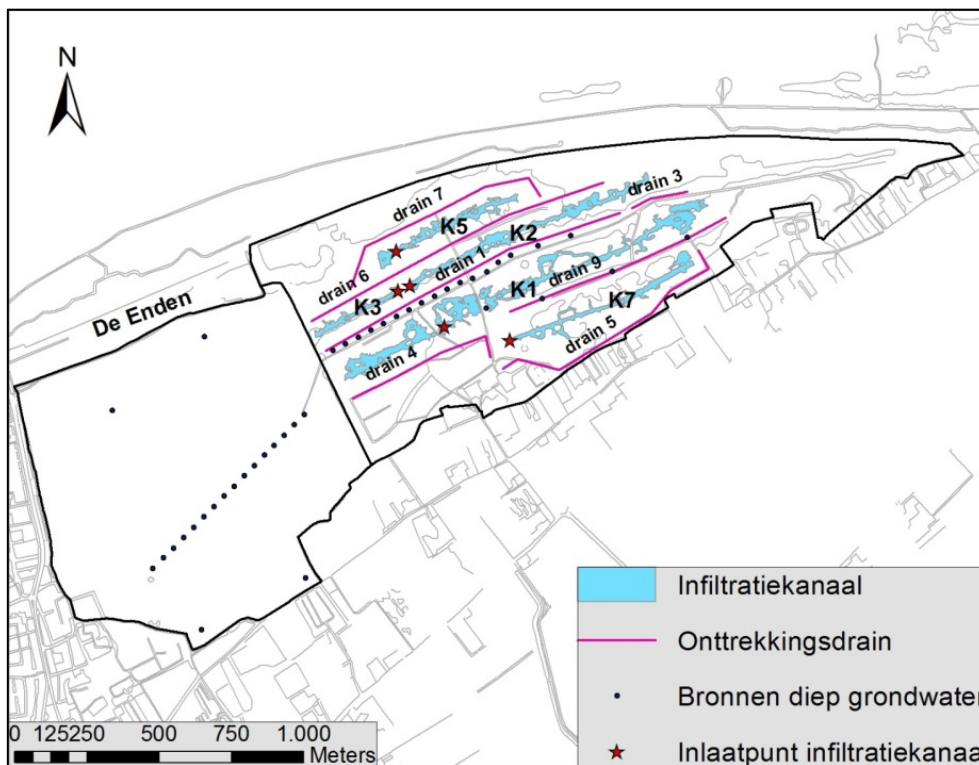
De herinrichtingsmaatregelen en het aangepaste beheer van de waterwinning hebben ertoe geleid dat een minder groot deel van het natuurgebied sterk wordt beïnvloed door de waterwinning (Figuur 2-5). Uit de Middelduinen is de kunstmatige infiltratie en ondiepe terugwinning verdwenen. Hier is ook de winning van diep grondwater sterk verminderd. In het oostelijke deel van de Oostduinen is de verdrogende invloed van ondiepe onttrekking van grondwater verdwenen door het ontmantelen van het oostelijk deel van drain 3.



Figuur 2-5: Uitgevoerde maatregelen ten behoeve van de herinrichting van de waterwinning en een schematische weergave van het ruimtebeslag c.q. hydrologisch beïnvloedingsgebied van de waterwinning sinds uitvoering van Open Infiltratie Nieuwe Stijl (OINS). Tevens is de ligging van de diepe winputten weergegeven.



Figuur 2-6: Trends van de aanvoerhoeveelheden van water (infiltratie van oppervlaktewater, levering van drinkwater door Berenplaat), de hoeveelheden gewonnen water (ondiepe drains en diep grondwater) en de totale afzet van drinkwater.



Figuur 2-7: Ligging van de drains en de infiltratiekanalen met hun inlaatpunt voor aanvoer van voorgezuiverd rivierwater na uitvoering van de herinrichtingsmaatregelen.

2.2.4 Onderscheiden perioden met verschillen in situatie van de waterhuishouding

Door de uitvoering van de herinrichtingsmaatregelen en Open Infiltratie Nieuwe Stijl zijn wezenlijke veranderingen opgetreden in de waterhuishouding van het gebied. In verband met deze wijzigingen onderscheiden we vier perioden, die we hieronder bespreken. Zie Figuur 2-1 voor de ligging van de hieronder vermelde infiltratiekanalen en drains.

1984 – 1993: Situatie voor de uitvoering van herinrichtingsmaatregelen en OINS

In deze periode werd er in de Middel- en Oostduinen nog water gewonnen zonder rekening te houden met de natuurwaarden. De Oostduinen had 's zomers hoge peilen in de

infiltratiekanalen en in de winter lagere peilen. In de Middelduinen werd in kanaal 4 nog fosfaatrijk water geïnfiltrerd en (gedeeltelijk) teruggewonnen via drain 2. Er werd diep grondwater gewonnen naar behoefte.

1994 – 1999: Periode zonder infiltratie en ondiepe winning Middelduinen

In deze periode werd er nog grotendeels op de oude manier water gewonnen. De infiltratie in de Middelduinen in kanaal 4 is in 1993 gestopt, maar de ondiepe winning via drain 2 is nog tot 1995 in werking; er werd dus in de Middelduinen nog twee jaar een bescheiden hoeveelheid duinwater gewonnen. In 1994 is drain 6 vernieuwd en in 1997 drains 1 en 9. Door drains te vernieuwen kon meer water worden onttrokken. In 1996 en 1997 is een herinrichtingsproef uitgevoerd rond kanaal 7 in de Oostduinen (zie Tekstkader 2). In de winter van 1994/1995 is in de landbouwenclave de Enden buisdrainage aangelegd op een gemiddelde diepte van 0,6 meter +NAP. De Enden was toen nog niet verworven als natuurgebied en werd voorafgaand aan de beoogde natuurinrichting tijdelijk sterker ontwaterd ten behoeve van agrarisch gebruik. Deze intensievere drainage functioneerde tot aan de herinrichting van de Enden in 2007. Gedurende 1996 tot 2007 werd voor de Enden al wel een hoger zomer- en winterpeil ingesteld op respectievelijk 0,8 en 0,6 m +NAP (respectievelijk 30 en 25 cm verhoogd t.o.v. de periode daarvoor). Doel van dit hogere peil was het verminderen van verdroging in het noordelijke deel van de Middelduinen. Na de herinrichting van De Enden in 2007 wordt een vast peil van 0,9 m +NAP gehanteerd.

2002 – 2007: Na uitvoering van inrichtingsmaatregelen met fine-tuning van de bedrijfsvoering

Er wordt geen oppervlaktewater meer geïnfiltrerd en teruggewonnen in de Middelduinen. In 2000 en 2001 is het wingebied in de Oostduinen heringericht volgens het bovenomschreven OINS-concept. In de jaren na de herinrichting zijn door middel van fine-tuning de peilen van de infiltratiekanalen en drains aangepast. Daarbij is gezocht naar een evenwicht tussen voldoende winning van water en het ontwikkelen van natte natuurdoelen. Gedurende deze periode zijn diverse wijzigingen in de peilen van de kanalen en de onttrekkingsdiepten van de drains doorgevoerd. In 2002 is drain 5 vernieuwd en iets verplaatst ten behoeve van een betere bescherming van de aangrenzende bebouwing tegen wateroverlast. Daarnaast werd lekverlies van infiltratiewater voorkomen.

Tekstkader 2: Ervaring met proefproject herinrichting kanaal 7

In 1996 is in het zuidelijk deel van de Oostduinen ter plekke van kanaal 7 en de directe omgeving een proefproject uitgevoerd volgens de uitgangspunten van het concept 'Open Infiltratie Nieuwe Stijl'. Uit evaluatie bleek dat de resultaten, zowel voor de waterwinning als voor de natuur, veelbelovend waren (Peters et al., 1997). Door de herinrichting is kanaal 7 veranderd van een recht infiltratiekanaal tot een quasi natuurlijke waterpartij met kronkelige oevers en met een vloeiende overgang naar het aangrenzende kopjesduinlandschap. In het kanaal werden al snel doelsoorten aangetroffen als Stekelharig en Gewoon kransblad en in de oevers Zilte waterranonkel. In de aangrenzende laagten verschenen na de plagwerkzaamheden verschillende soorten van het Dwergbiezen-verbond, zeldzame pioniers die duiden op een basenrijk, voedselarm, nat milieu. Verdere successie leidde tot de ontwikkeling van natte duinvalleivegetatie behorende tot het Knobbies-verbond. Voor wat de fauna betreft, werden in en rond het water al snel diverse bijzondere soorten aangetroffen, waarbij voor de vogels de soorten als Lepelaar, Kleine zilverreiger, Groenpootruiter, Witgatje en Oeverloper kunnen worden genoemd. Geconcludeerd kon worden dat herinrichting zeer snel leidt tot de vestiging van plantensoorten van de gewenste natuurdoeltypen. Daarnaast bleek dat met deze nieuwe manier van waterwinning, op een kleiner oppervlak 34% meer water kon worden gewonnen dan in de oude situatie. Al met al genoeg redenen in 1999 om deze aanpak op te schalen naar het gehele wingebied.

2009 – heden: Na uitvoering van inrichtingsmaatregelen en met een stabiele bedrijfsvoering

In 2008 is de nieuwe Haringvlietdamleiding in gebruik genomen. Over deze leiding werd het gehele jaar gemiddeld 175 m³ per uur drinkwater vanaf Berenplaat bijgeleverd. Deze bijlevering heeft het voordeel dat in de zomermaanden de drains in de Oostduinen minder water hoeven te leveren. Hierdoor zakten de waterstanden ter plekke van de duinvalleien tussen de infiltratiekanalen en de drains minder diep weg. Daarnaast kon in geval van een dreigend drinkwatertekort op Goeree, als gevolg van een innamestop van Haringvlietwater, het winsysteem in de Middel- en Oostduinen ontzien worden door levering van extra drinkwater via deze leiding. Deze bijlevering maakte het mogelijk om de fine-tuning vergaand door te voeren.

In 2009 is gestopt met de winning uit drain 3 in het oostelijke deel van de Oostduinen, waarna deze werd ingekort. De fine-tuning van de waterwinning was afgerond, waardoor de kanaalpeilen een stabiel waterregime hadden en de drainpeilen een stabiel onttrekkingspeil. In het duingebied van de Middel- en Oostduinen zijn alle natuurherstelprojecten inmiddels uitgevoerd. Conform de afspraken in het 'Plan van Aanpak Middelduinen' (Overleggroep Middelduinen, 1994) is de landbouwenclave De Enden in 2007 ingericht als natuurgebied met een voor de natuur aangepaste, optimale waterhuishouding. Hiertoe is een vast waterpeil ingesteld van 0,9 m +N.A.P. en zijn de buisdrains die in de winter van 1994/1995 waren aangelegd, buitenwerking gesteld door ze op diverse plekken kapot te woelen. In deze periode is de toegenomen vraag naar drinkwater opgevangen door meer levering van drinkwater vanaf Berenplaat. Hierdoor kon het voor de natuur geoptimaliseerde waterpeilregime van de infiltratiekanalen en drains worden gehandhaafd. De onttrekking van diep grondwater is vanaf 2006 verminderd tot gemiddeld 20.000 m³/j. De hoeveelheid geïnfiltreerd water was nagenoeg gelijk aan de hoeveelheid onttrokken water uit de ondiepe drains. Dit betekent dat er weinig infiltratiewater wegstroomde naar de omgeving.



Foto 2-3: Drienerve zegge in een duinvalleivegetatie (foto Camiel Aggenbach).

2.3 Fine-tuning van waterpeilen in infiltratiekanalen en onttrekkingsdrains

In de periode 2002-2007, dus kort na de herinrichtingsmaatregelen in 2000 en 2001, is er gezocht naar het meest ideale grondwaterregime voor duinvalleien in het infiltratiegebied, binnen de randvoorwaarden voor de productiedoelstellingen van de waterwinning. Hiervoor was het nodig de regeltechniek te verfijnen (fine-tuning). Na de herinrichting is een natuurlijk fluctuerend waterregime ingesteld in de infiltratiekanalen: in de periode september/oktober stijgen de waterstanden langzaam naar een vooraf ingesteld winterpeil en in de periode april/mei zakken ze weer langzaam naar het zomerpeil. Vanaf 2007 is het verschil tussen de winter- en zomerstand gering en bedraagt gemiddeld 0,15 m. Bij hoge waterstanden in de winterperiode is het totale infiltratieoppervlak ongeveer 13,6 hectare. Bij lage waterstanden in de zomer is dit nog ongeveer 9,2 hectare; een verschil van 30%. Door het instellen van een hoger waterniveau in de terugwinddrains is in de Oostduinen de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) sterk gestegen ten gunste van de vochtminnende duinvalleivegetatie. De gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) is iets gedaald, waardoor te hoge waterstanden voor de duinvalleivegetatie met ongewenste inundaties met infiltratiewater minder voorkomen.

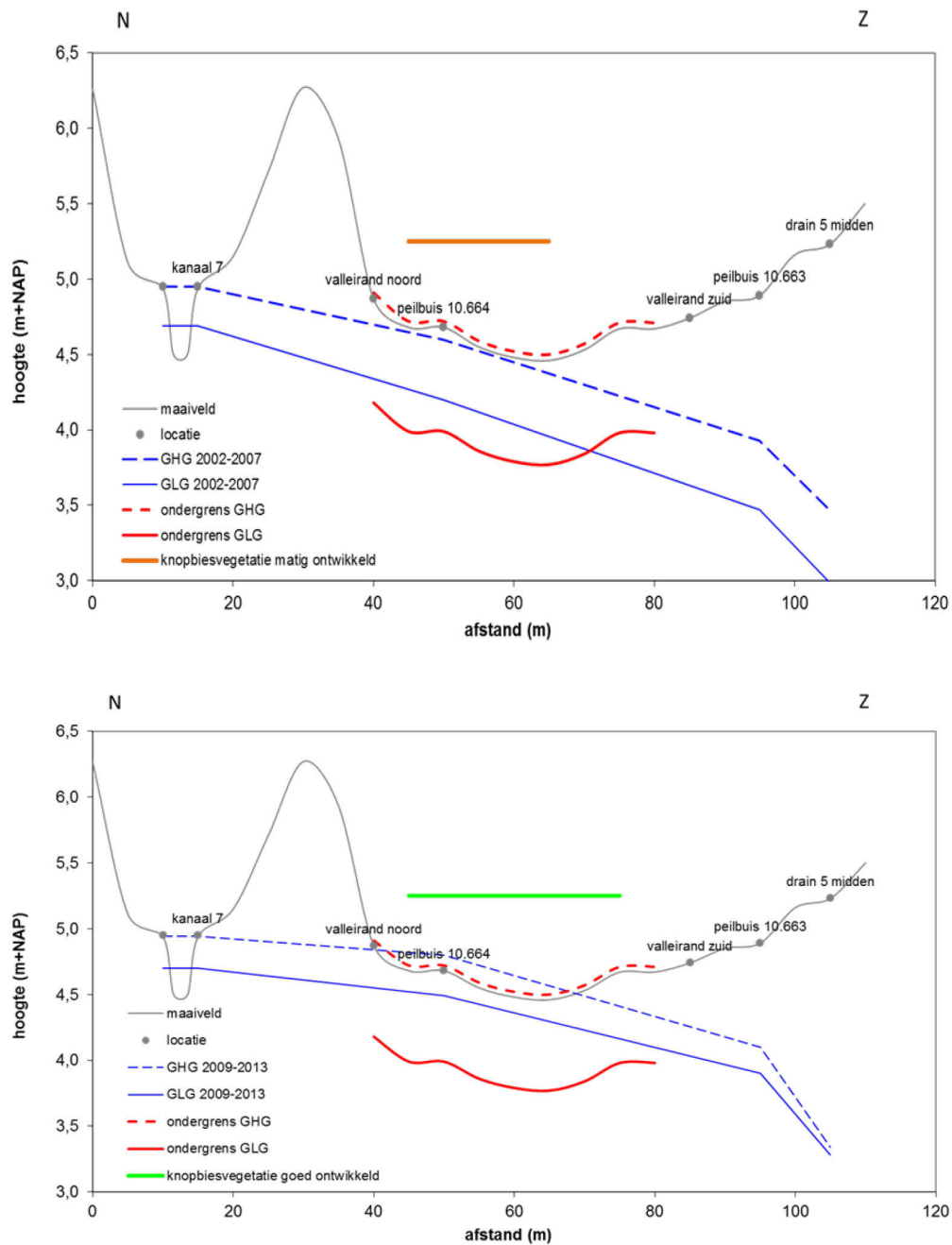
Vanaf 2008 is het mogelijk om de winning in de Middel- en Oostduinen te ontzien door levering van drinkwater vanuit Berenplaat. Hierdoor was het mogelijk de drainstanden en het peil van de infiltratiekanalen verder te optimaliseren voor de vochtige duinvalleivegetatie in de Oostduinen. Dit heeft ertoe geleid dat zowel de GHG als de GLG vergaand afgestemd konden worden op het gewenste waterstandsregime voor duinvalleivegetaties. Hierdoor is niet alleen meer *ruimte* voor valleibegroeiingen gekomen, maar het waterregime past ook beter binnen de *bandbreedte* van de gewenste begroeiingen. Dat laatste draagt bij aan een hoge kwaliteit van de duinvalleivegetatie. In Tekstkader 3 is een voorbeeld opgenomen van hoe fine-tuning heeft uitgekapt voor een locatie met duinvalleivegetatie in het infiltratiegebied.

Tekstkader 3: Voorbeeld van fine-tuning van waterwinning en natuur.

De waterstanden in de Middel- en Oostduinen worden nauwkeurig gevolgd in diverse meetraaien verspreid over het gebied. Deze meetraaien liggen onder andere in valleien waar vegetatie van de Knobbies-associatie verwacht werd. Het grondwaterstandsregime moet er voldoen aan de eisen die deze vegetatie stelt; voor de knobbiesvegetatie: een GVG van 0,20 m boven maaiveld tot 0,40 m onder maaiveld (Runhaar et al., 2009). Een optimale GLG zakt niet dieper uit dan 50 cm onder maaiveld (Grijpstra et al., 2001). Voor de evaluatie van het grondwaterbeheer werden de standen van de nabij gelegen infiltratiekanalen, drains en peilbuizen gebruikt.

In de figuur zien we een voorbeeld van een laagte met duinvalleivegetatie tussen infiltratiekanaal 7 en drain 5 midden. De vallei is in 1997 geplagd. In 2007 komt in een gedeelte van de vallei een matig ontwikkelde vegetatie van de Knobbies-associatie voor. Door het verhogen van zowel de GHG als de GLG is in 2013 al in een groter deel van de vallei een goed ontwikkelde Knobbies-associatie aanwezig. Deze uitbreiding is het gevolg van het op een hoger niveau afpompen van drain 5-midden. De GHG is in de figuur voor de situatie in 2009-2013 boven het maaiveld weergegeven, maar in werkelijkheid inundeert de vallei nauwelijks of loopt het water over het maaiveld af naar lagere delen van de vallei (niet zichtbaar in de doorsnede). Aan de zuidrand van de vallei kan zich geen goed ontwikkelde Knobbies-associatie ontwikkelen omdat de waterstanden daar te diep wegzakken door een dichte ligging bij de drain.

Vervolg tekstkader 3: Voorbeeld van fine-tuning van waterwinning en natuur.



Figuur tekstkader 3: Dwarsdoorsnede met het grondwaterregime in een laagte met duinvalleivegetatie tussen infiltratiekanaal 7 en drain 5 midden. De bovenste figuur geeft de situatie in de periode 2002-2007, voorafgaand aan de fine-tuning weer, de onderste de periode 2009-2013 na uitvoering van de fine-tuning. De rode lijnen geven de ondergrenzen (= niveau waarboven de waterstand zich moet bevinden) van het optimale bereik van de GHG en GLG van de associatie van Knopbies aan, de blauwe lijnen de werkelijke GHG en GLG op basis van peilmetingen. De oranje balk geeft het voorkomen van matig ontwikkelde Knopbies-associatie aan en de groene balk goed ontwikkelde.

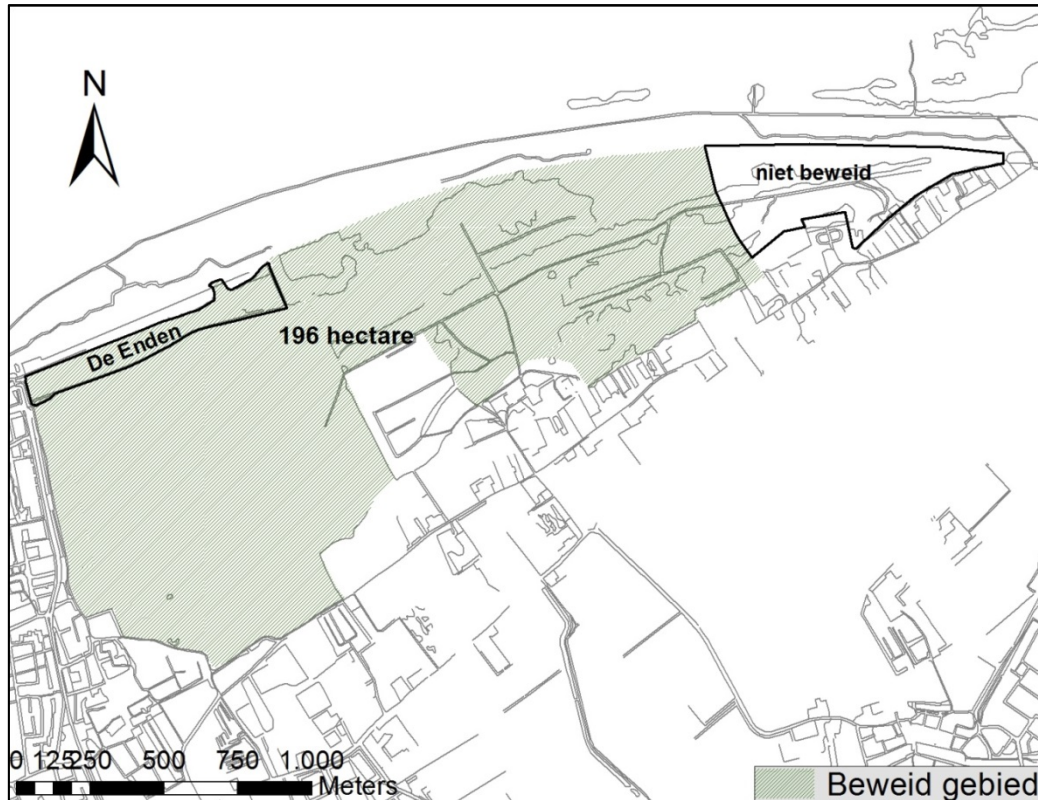
2.4 Natuurbeheer en herstelmaatregelen

2.4.1 Beweiding

Vanaf het ontstaan van het duingebied (Middeleeuwen) heeft beweiding met vee een belangrijke rol gespeeld als onderdeel van het agrarische systeem op Goeree. De laatste 70 jaar is de beweidingsintensiteit sterk aan verandering onderhevig geweest. Momenteel is beweiding met rundvee een belangrijke beheermaatregel om in de droge duingraslanden en duinvalleien een open, kruidenrijke vegetatie in stand te houden. Met uitzondering van ongeveer 21 hectare in het oostelijke deel van de Oostduinen en met inbegrip van 9 hectare in de Enden (eigendom Natuurmonumenten), wordt het gehele gebied beweid als één begrazingseenheid (Figuur 2-8). De vegetatie-ontwikkeling wordt gestuurd met de beweidingsdruk. Daarnaast houdt het vee ook een deel van de duinvalleibegroeiing kort. Daarbij heeft vee een voorkeur voor kalkrijke duinvalleien en begrazen ze de relatief zure valleien weinig en pas laat in het jaar. In de valleien moet door de groei van Duindoorn en de voor het vee onaantrekkelijke zeggebegroeiing vaak aanvullend gemaaid worden om de vegetatie kort te houden. Het vee wordt in het gebied ingeschaard van begin juni tot, afhankelijk van het weer gedurende de winter, januari/februari. Omdat het gebied nog in ontwikkeling is en soorten zich nog moeten verspreiden, wordt in de bloeiperiode van de meeste kruiden (april-mei) geen vee toegelaten. Veel soorten, vooral orchideeën, komen dan tot bloei en zaadzetting. Het landschap is voor insecten en het publiek dan ook aantrekkelijker. In juni is er al zoveel te eten voor het vee dat er genoeg bloeiende planten overblijven. De plekken die in het najaar nog te ruig blijven, worden dan wel weer in de winterperiode kort gezet.



Foto 2-4: Beweiding met Charolais in de Oostduinen (foto Gerard Grinwis).

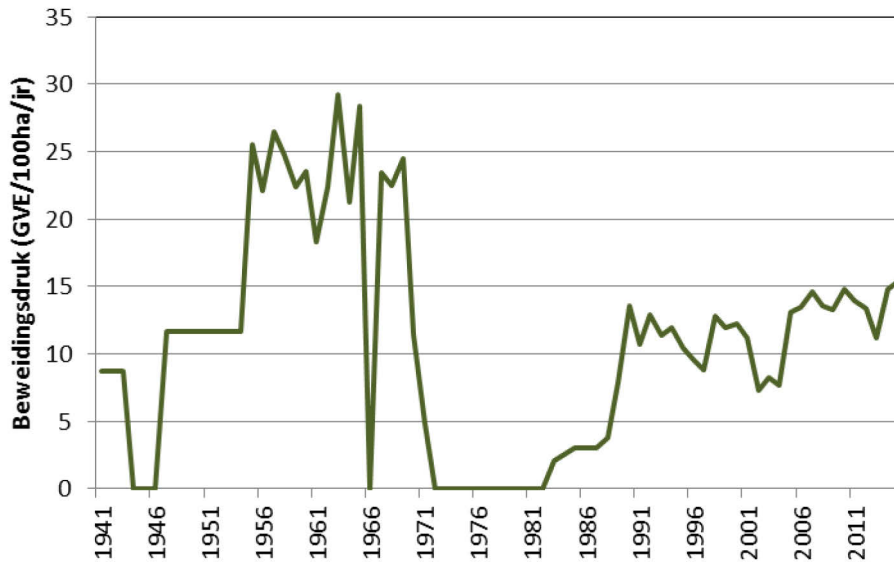


Figuur 2-8: Begrenzing van de beweidingseenheid in de Middel- en Oostduinen. Het heringerichte gebied De Enden valt sinds 2009 ook binnen de beweidingseenheid.

In Figuur 2-9 is het verloop van de beweidingsdruk weergegeven, uitgedrukt in Groot Vee Eenheden (GVE) per 100 ha per jaar van 1941 tot en met 2015. Een volwassen koe is 1 GVE, een pink (1-2 jaar) is 0,5 GVE enz. Op basis van de samenstelling van het vee en de tijdsduur van inscharing is het totale aantal GVE per 100 hectare per jaar berekend. Ondanks dat niet elk jaar de samenstelling van het vee en de beweidingperiode hetzelfde zijn, kan de beweidingdruk van de verschillende jaren dan toch met elkaar vergeleken worden.

Het verloop van de beweidingdruk is als volgt. In de oorlogstijd van 1944 tot 1946 vond geen beweiding plaats omdat in het duin toen veel mijnen lagen. Vanaf 1955 is de beweidingdruk vrij hoog, maar deze nam door gebrek aan belangstelling van de boeren vanaf 1970 plotseling af. Van 1972 tot 1982 werd niet beweid omdat dat vanuit een oogpunt van waterwinning niet wenselijk werd geacht in verband met besmettingsgevaar. Inmiddels zijn de inzichten hierover bijgesteld. Doordat ook binnen het waterleidingbedrijf de natuur meer aandacht kreeg, werd tussen 1983 en 1988 weer voorzichtig gestart met seizoensbeweiding met schapen. In 1989 vond gemengde beweiding plaats met schapen en Charolais-runderen (Foto 2-4). Vanaf 1990 t/m 1996 liepen de runderen jaarrond in het gebied, met uitzondering van enige weken in februari/maart. De kalveren werden dan gescheiden van de volwassen dieren en het vee werd gekapt en ingeënt. De beweiding met schapen tussen 1989 en 1992, in dit geval Texelaars, beviel niet goed. De schapen begraasden de droge delen zeer kort, maar de verruigde valleien werden niet bezocht. Daarom werd in 1993 overgegaan op beweiding met alleen Charolais-runderen. Vanaf 1996 lopen de runderen van eind mei tot half februari in het duin. Hoewel de Charolais-runderen zeer goed bevielen als grazers in het duin, werd vanaf 2011 bij gebrek aan voldoende Charolais-vee ook zwartbont-vee ingeschaard. Vanaf 2009 is het in dit waterwingebied niet meer toegestaan om runderen jonger dan zes maanden in het gebied te laten grazen in verband met de hoge besmettingsgraad van de kalveren met de voor de mens besmettelijke parasitaire protozoa *Cryptosporidium* en *Giardia*.

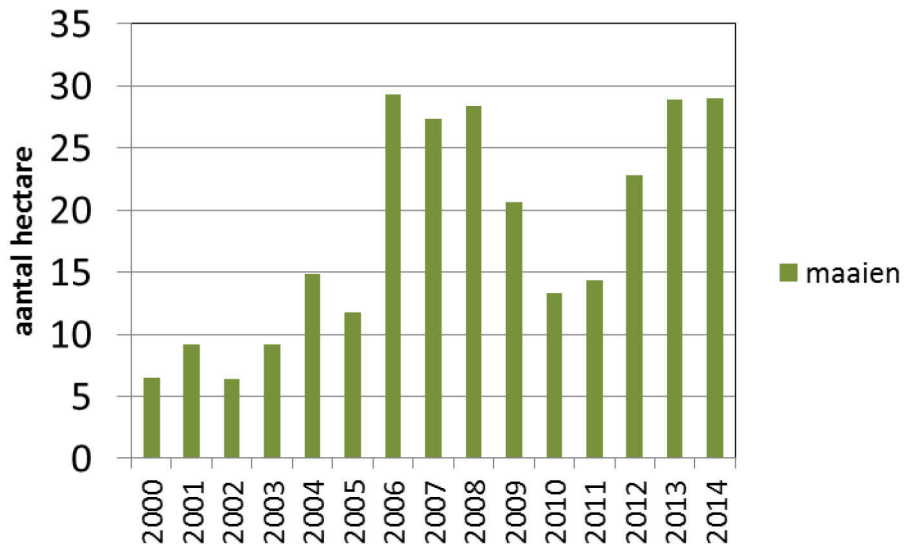
In de periode 2000–2013 was de begrazingsdruk gemiddeld genomen iets te laag, waardoor een deel van de graslanden te ruig werd door de toename van o.a. Zandzegge en Duinriet. Dit had vooral te maken met de beschikbaarheid van vee. Sinds 2014 is er weer voldoende vee beschikbaar, maar door de zeer zachte winters bleef de vegetatie ook in de winter doorgroeien. In jaren dat er te weinig vee was om de duinvegetatie voor het overgrote deel kort te houden, werd dit gecompenseerd door extra oppervlakte te maaien in delen die verruigden. Echter, een voldoende hoge beweidingsdruk heeft de voorkeur.



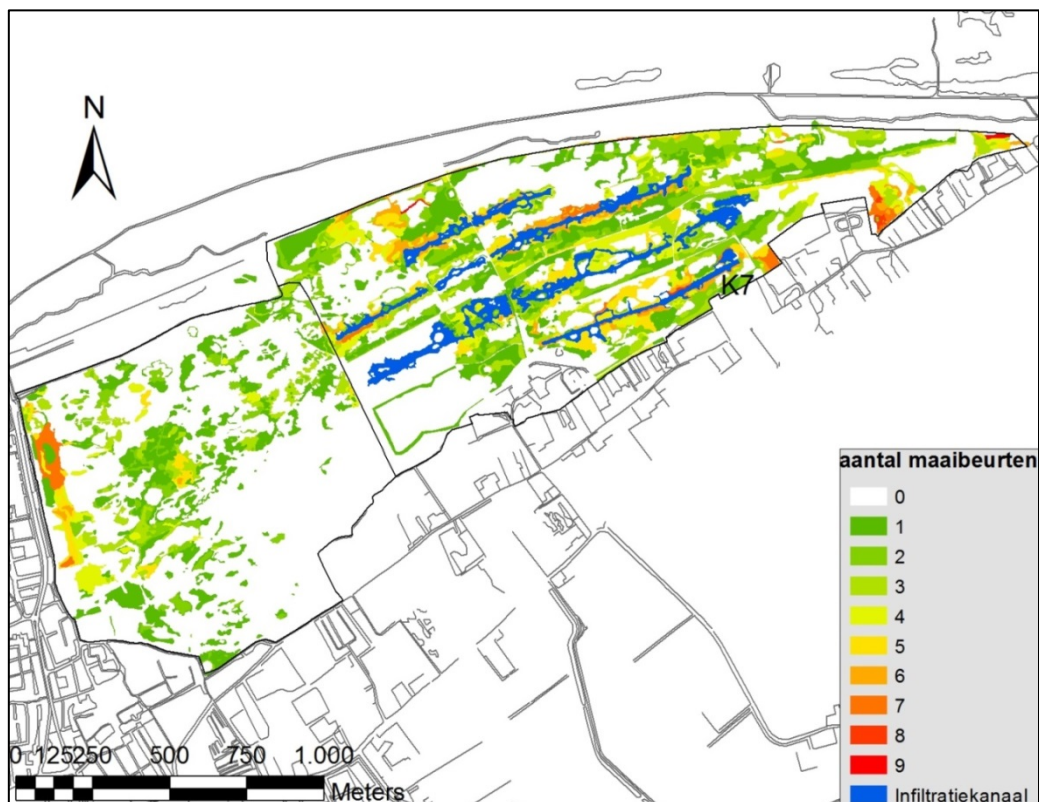
Figuur 2-9: Beweidingsdruk in de Middel- en Oostduinen, uitgedrukt in Groot Vee Eenheid (GVE) per 100 hectare per jaar.

2.4.2 Maaibeheer

Het maaibeheer wordt jaarlijks afgestemd op de vegetatieontwikkeling. Hierdoor varieert de gemaaide oppervlakte per jaar (Figuur 2-10). Maaibeheer wordt in de droge delen ingezet voor de omvorming van laag struweel naar duingrasland en het in stand houden van korte duingraslanden. In de basenrijke duinvalleien komt vaak een sterke ontwikkeling van Riet en Duindoorn op gang, die de andere soorten gaan overheersen. Omdat Duindoorn niet en het Riet slecht (door late inscharing) door het vee worden gegeten, wordt aanvullend gemaaid. In de zuurdere valleien in de Middelduinen, die door het vee niet of slecht begrast worden, wordt door maaien de overheersing van Kruiplwilg en Zeggen tegen gegaan.



Figuur 2-10: De gemaaide oppervlakte per jaar in de periode 2000 - 2014.



Figuur 2-11: Het ruimtelijke patroon van het aantal maaibeurten in de Middel- en Oostduinen gedurende de periode 2000-2014.

In Figuur 2-11 wordt het ruimtelijke patroon van het aantal maaibeurten in de periode 2004-2014 weergegeven. De delen die niet gemaaid worden (wit) zijn over het algemeen de droge delen, zowel kalkrijk als kalkarm. Hier houdt het vee de graslanden voldoende kort en treedt geen struweelontwikkeling op. De groene delen die in de periode 2000 - 2014 slechts een paar maal gemaaid zijn, behoren tot de wat vochtiger en/of voedselrijkere droge tot vochtige

graslanden. In de droge kalkrijke duinen wordt gemaaid om de groei van Duindoorn tegen te gaan. In de Middelduinen vallen ook de relatief zure duinvalleien hieronder. De delen met de oranje en rode kleur worden het vaakst gemaaid. Over het algemeen zijn dit de basenrijke duinvalleien. De geplagde, kalkrijkste valleien worden het vaakst gemaaid. Dat komt doordat hier de Duindoorn een sterke groei vertoont en niet door het vee gegeten wordt. Ook de locaties waar Duinriet gaat overheersen moeten vaak aanvullend gemaaid worden. Verruiging met deze soort neemt de laatste jaren toe. In het oostelijk deel van de Oostduinen wordt vaak gemaaid omdat hier geen beweiding plaatsvindt (zie Figuur 2-8).



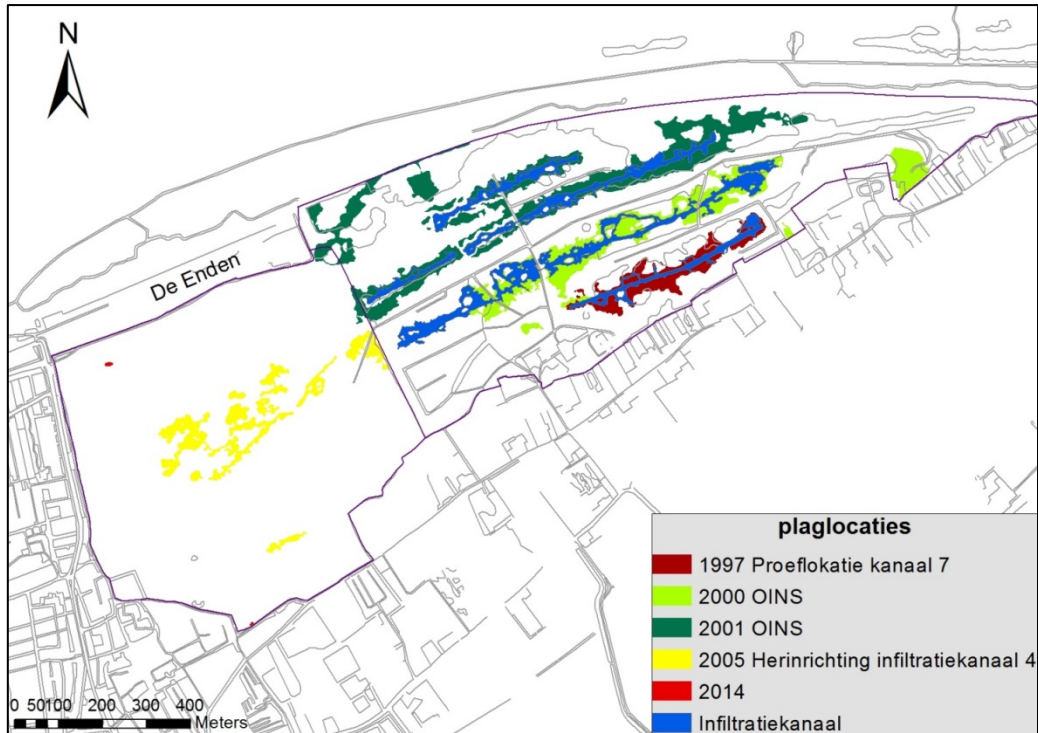
Foto 2-5: Maaien van ruige vegetatie met de OMARF, ook wel maai-zuig combinatie genoemd (foto Marten Annema).

De valleien rond infiltratiekanaal 7 zijn in 1997 geplagd. Na 17 jaar moet er nog steeds aanvullend gemaaid worden omdat de groei van Duindoorn nog nauwelijks is verminderd en de productiviteit van de kruidlaag de laatste jaren is toegenomen. De verwachting is dat ook in de toekomst duinvalleien steeds aanvullend zullen moeten worden gemaaid teneinde struweelvorming tegen te gaan en korte kruidenrijke begroeiing te handhaven.

2.4.3 Plaggen

In het kader van de herinrichting zijn in de Middel- en Oostduinen grote delen geplagd (Figuur 2-12). In 1997 zijn als proef voorafgaand aan de complete herinrichting de valleien rond infiltratiekanaal 7 geplagd, in totaal vijf hectare. In 2000 en 2001 zijn in het kader van Open Infiltratie Nieuwe Stijl de laagten rond de andere infiltratiekanalen ondiep afgegraven en van de oude kanaalbodems is het bodemslib verwijderd. Daarnaast is toen in een aantal valleien aan de rand van het gebied die sterk verruigd waren, de humuslaag verwijderd. In totaal gaat het hier om 26 hectare. Vanaf 1994 is gestopt met de infiltratie in de Middelduinen in kanaal 4. In 2005 is in de omgeving van dit voormalige infiltratiekanaal 8 hectare geëutrofieerde valleien geplagd. Het kanaal is uitgebaggerd en landschappelijk aangepast.

In 2007 is het waterpeil van de Enden verhoogd, wat geleid heeft tot een sterke vernatting van het noordelijk deel van de Middelduinen. Als gevolg hiervan hebben Biezenknoppen en Pitrus zich in de lage delen sterk uitgebreid. Daarom is als proef in deze omgeving in 2013 een kleine vallei geplagd (Foto 2-6). Mogelijk gaan hier nog meer laag gelegen delen geplagd worden.



Figuur 2-12: Locaties met ondiep afgraven (1997, 2000, 2001) en plaggen (2005, 2014) in de periode met de uitvoering van Open Infiltratie Nieuwe Stijl.

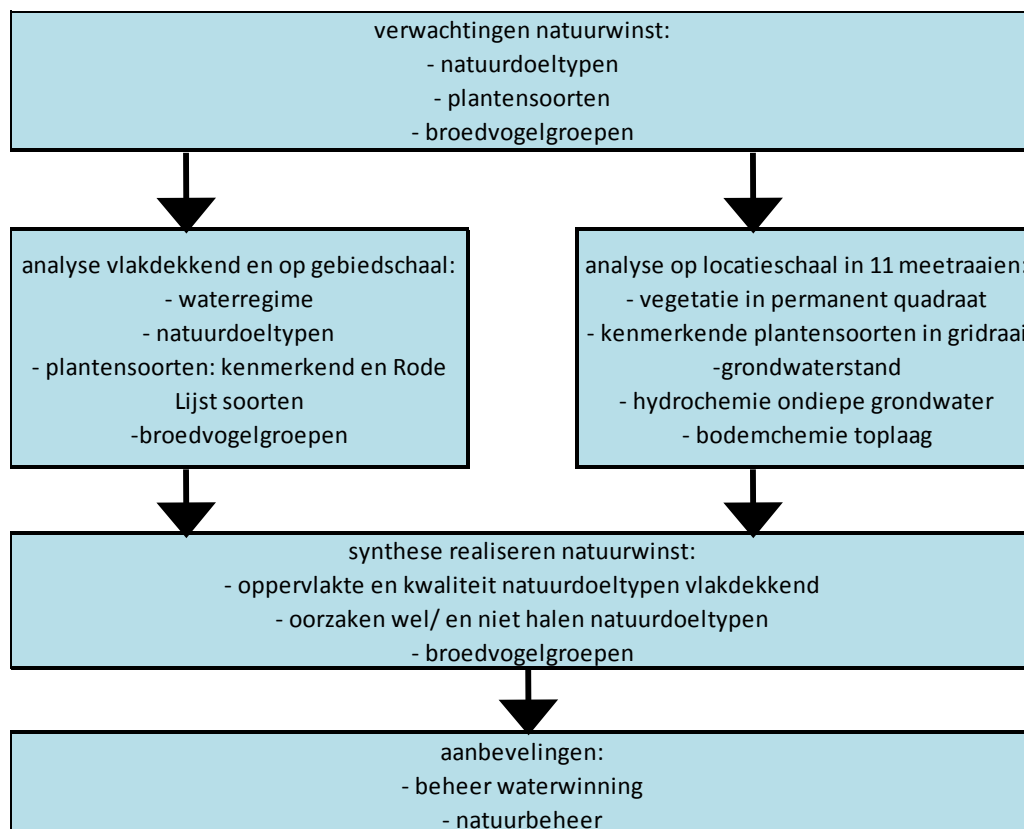


Foto 2-6: Een in 2013 geplagde, kleine vallei in noordrand Middelduinen (foto Marten Annema).

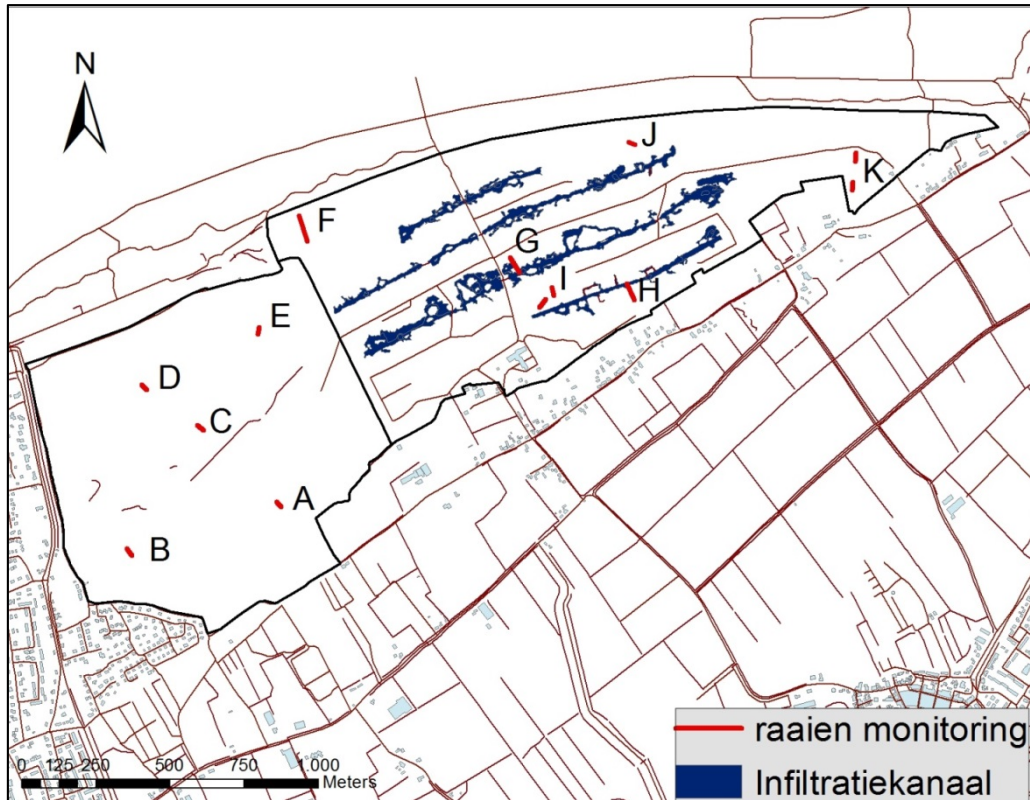
3 Aanpak monitoring

3.1 Grote lijn

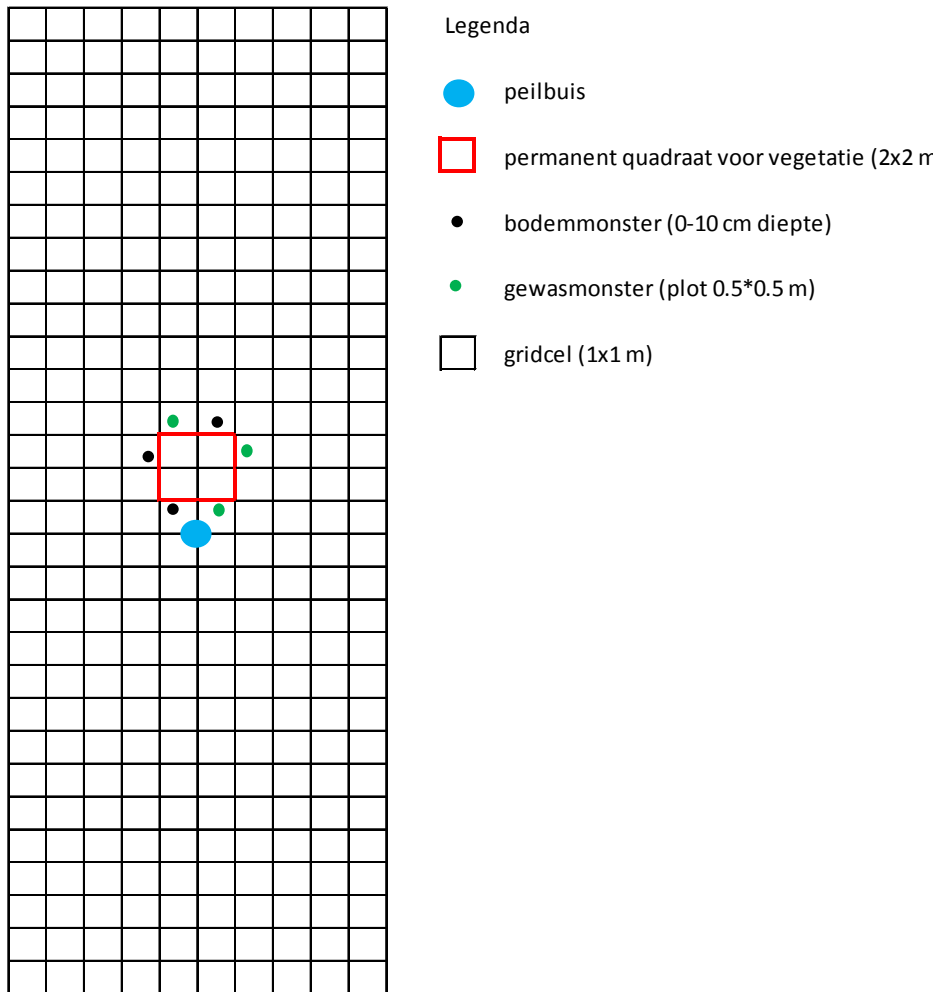
De monitoring bestaat uit het volgen van de trends, zowel vlakdekkend, op gebiedsschaal als gedetailleerd op locatieschaal in 11 meetraaien (Figuur 3-1 en Figuur 3-2). Met de uitkomsten van de monitoring evalueren we of de verwachtingen ten aanzien van natuurwinst zijn uitgekomen. De monitoring richt zich op vegetatie, de abiotische omstandigheden (waterstandregime, organische stof en basenchemie bodem en nutriëntentoestand) en broedvogels. Met de vlakdekkende analyse is het mogelijk om de gedetailleerde analyse in de meetraaien op te schalen naar gebiedsniveau. Op gebiedsschaal wordt de ontwikkeling van waterstandsregime, natuurdoeltypen, plantensoorten en broedvogelgroepen gevolgd. In de meetraaien worden vegetatie, waterstandregime, bodemchemie en bovengrondse biomassa gemonitord (Figuur 3-3). Hier kan een relatie worden gelegd tussen ingrepen en veranderingen in de abiotiek, hoe de ontwikkeling van de abiotiek doorwerkt in de vegetatie en in hoeverre het beoogde natuurdoeltype wordt gerealiseerd.



Figuur 3-1: Processchema van de onderdelen van monitoring en evaluatie.



Figuur 3-2: Begrenzing van het monitoringsgebied (zwarte lijnen) voor vlakdekkende evaluatie en de ligging van de 11 meetraaien (rood). Tevens zijn de infiltratiekanalen in de nieuwe situatie na de herinrichting weergegeven.



Figuur 3-3: Schematische weergave van de ruimtelijke opzet van de metingen in de meetraaien. De meeste meetraaien hebben een gridraai van cellen van 1 bij 1 m en zijn 10 cellen breed. Een aantal meetraaien die gestart waren ten behoeve van EGM/OBN onderzoek zijn 1 cel breed (1x2 m). Afhankelijk van de topografie verschilt de lengte van de meetraaien. Binnen dit gridraai is een peilbuis of zijn twee peilbuizen met verschillende filterdiepte aanwezig. Vlakbij de peilbuis ligt het permanente kwadraat voor opname van de vegetatie. Rondom het permanente kwadraat werden de bodem- en gewasmonsters genomen.

3.1.1 Evaluatieperiode

Formeel startte de monitoring voor evaluatie van de grondwatervergunning in 1999. Belangrijke veranderingen in de waterwinning traden echter al op vanaf 1993 (zie Figuur 2-2). De periode 1984-1993 kan beschouwd worden als referentie voor de oude situatie van voor herinrichting. Om deze reden evalueren we trends als volgt:

Voor trends in grondwaterstand analyseren we de ontwikkeling op gebiedsschaal vanaf 1984 (zie paragraaf 4.1)

- Voor trends in vegetatie op gebiedsschaal vergelijken we de vegetatie in de periode voor en na 1993. Omdat in 2014 een gedetailleerde vlakdekkende vegetatiekartering is uitgevoerd, evalueren we de ontwikkeling van natuurdoeltypen voor de periode 1993-2014.
- Gedetailleerde analyse van effecten op vegetatie en abiotische omstandigheden in de meetraaien voeren we voor de meeste locaties uit vanaf het startjaar van de monitoring van de grondwatervergunning (1999). Voor een aantal meetraaien (B, E en F) waren al data beschikbaar vanaf begin jaren '90 in verband met EGM/ OBN

monitoring (Aggenbach & Jansen, 2014). Deze oudere meetreeksen worden meegenomen in de analyse, omdat een deel van de ingrepen al eerder plaatsvonden.

3.2 Grondwaterstanden

Het regime van grondwaterstanden is voor duinvalleivegetaties cruciaal. Een belangrijk onderdeel van de monitoring is daarom het volgen van de veranderingen in grondwaterstandsregime. Dit is gedaan op gebiedsschaal en gedetailleerd op het niveau van de meetraaien.

3.2.1 Gebiedsschaal

Kaarten waterstandsregime

De ruimtelijke variatie van het waterstandsregime van 1998, 2005 en 2014 is bepaald op basis van veldwaarnemingen, met gebruikmaking van de stijghoogten van de peilbuizen. Bij het inschatten van het waterstandsregime in 2014 is gebruik gemaakt van de vegetatiekaart uit 2014 (Damm 2015) in combinatie met veldwaarnemingen. Op basis van indicatie voor waterstandsregime van vegetatietypen is een ruimtelijk beeld van het waterstandsregime geconstrueerd. De classificatie van het waterstandsregime is gedaan volgens de serie indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiering van plantengemeenschappen in duinvalleien van het Renodunaal district (Grijpstra et al. 2001; Tabel 3-1).

Tabel 3-1: De gebruikte classificatie van waterstandsregime (Grijpstra et al. 2001).

Klasse waterstandsregime	Definitie	Inundatieduur (maanden)
aquatisch	water permanent boven het bodemoppervlak; waterdiepte 10 cm of meer	12
zeer nat	waterstand gemiddeld 0-10 cm boven maaiveld	6-12
nat	waterstand gemiddeld 0-20 cm onder maaiveld	2-6
matig nat	waterstand gemiddeld 20-40 cm onder maaiveld	0-2
vochtig	waterstand gemiddeld 40-60 cm onder maaiveld	ca. 0
matig droog	waterstand gemiddeld 60-80 cm onder maaiveld	0
droog	waterstand gemiddeld > 80 cm onder maaiveld	0

Verandering GxG-waarden

Tevens zijn de verandering in de GxG-waarden van peilbuizen geëvalueerd. Daarvoor zijn GxG waarden berekend voor vier verschillende perioden met elk een specifieke situatie van de waterhuishouding. Er zijn alleen freatische peilbuizen gebruikt met meetreeksen die deze 4 perioden omvatten. Deze analyse is uitgevoerd voor zowel de Oostduinen (aantal peilbuizen = 6) als de Middelduinen (aantal peilbuizen = 8) die respectievelijk sterk en minder sterk door kunstmatige infiltratie zijn beïnvloed. Als perioden worden onderscheiden:

- 1984 – 1993: Situatie voor de uitvoering van OINS;
- 1994 – 1999: Periode zonder infiltratie en ondiepe winning Middelduinen;
- 2002 – 2007; Na uitvoering van inrichtingsmaatregelen (OINS) met fine-tuning van de bedrijfsvoering;
- 2009 – 2013; Na uitvoering van inrichtingsmaatregelen met een stabiele bedrijfsvoering.

Zie paragraaf 4.1 voor een nadere toelichting op deze perioden.

Per peilbuis en periode zijn de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG), de gemiddelde grondwaterstand (GG) en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) berekend met behulp van het computerprogramma Menyanthes. Vervolgens is van elke peilbuis de GG van de eerste periode op waarde 0 m gezet en vervolgens de andere GxG waarde overeenkomstig gecorrigeerd. Voor elk deelgebied zijn voor de gecorrigeerde GHG, GG en GLG waarden gemiddelden berekend. Deze waarden zijn dus niet meer aan maaiveld gerelateerd. Vervolgens zijn de trends van deze GxG waarden geëvalueerd.

3.2.2 Gedetailleerd op het niveau van de meetraaien

Van elke meetraai is het verloop van de grondwaterstand in een peilbuis met een ondiep filter geanalyseerd en vergeleken met de uitgevoerde ingrepen in de waterwinning en waterhuishouding. Wanneer zinvol is het effect van specifieke ingrepen getest met tijdreeksanalyse in computerprogramma Menyanthes voor zo ver dat mogelijk was. Zulke tijdreeksanalyses waren alleen zinvol voor meetraaien in de Middelduinen. De effecten van vele ingrepen op locaties in de Oostduinen zijn wegens de complexiteit (infiltratiesysteem met meerdere infiltratiekanalen en drains en veel veranderingen) niet goed met tijdreeksanalyse te analyseren. Bij het analyseren van trends is ook aandacht geschonken aan de invloed van veranderingen in de waterhuishouding in de Enden.

Het verloop van de grondwaterstand is voor elke meetraai als grafiek opgenomen in Bijlage I.

3.3 Grondwaterchemie

Grondwatermonsters werden genomen in peilbuizen van de meetraaien. De meeste meetraaien werden bemonsterd in de jaren 2001, 2004, 2005, 2008, 2009 en 2013. De meetraaien B, E en F zijn ook eerder bemonsterd (jaarlijks van 1991 tot en met 1996). Vooraf aan de bemonstering werd de peilbuis leeg gepompt om eventueel vuil te verwijderen. Na het hervullen van de buis werden monsters genomen. Deze werden verdeeld in deelmonsters voor anionen en kationen. Deelmonsters voor kationen werden altijd gefilterd en vervolgens aangezuurd met suprapuur salpeterzuur. Het elektrisch geleidingsvermogen en de pH werden direct na monsternamen in het veld gemeten. Door de lange looptijd van de monitoring en vooruitgang in de analytische chemie waren chemische analysemethoden niet voor alle variabelen constant. In Tabel 3-2 staat een overzicht van de toegepaste voorbehandeling en analysemethoden. Voor de meeste stoffen zaten de gemeten concentraties boven de opgegeven detectielimieten van de laboratoria. Vanaf 2008 is fosfaat als P gemeten in de ICP analyse van aangezuurde monsters. Bij een test van 'blanco' monsters bestaande uit zeer zuiver MilliQ water welke deels wel en niet op dezelfde wijze waren aangezuurd, bleek dat de aanzuring met suprapuur salpeterzuur zorgt voor een verhoging van de P concentratie met ca. 0,5 $\mu\text{mol/l}$. Deze verhoging is ongeveer even groot als de detectielimiet van 0,3 $\mu\text{mol/l}$. De laagste gemeten waarden van P in de ICP zaten rond deze waarde en in werkelijkheid dus onder de detectielimiet. Aan veranderingen in het bereik van ca. <1,0 $\mu\text{mol/l}$ wordt daarom geen betekenis toegekend.

De metingen werden allereerst gebruikt om veranderingen van de invloed van infiltratiewater op de grondwaterkwaliteit in beeld te brengen. De toestroming van infiltratiewater kan stoppen of juist toenemen door veranderingen in het infiltratiesysteem. De chemische samenstelling van het infiltratiewater wijkt sterk af van dat van natuurlijk duingrondwater dat ontstaan is door infiltratie van neerslag. Ontwikkeling van infiltratiewater naar duinwater of visa versa, kan daarom worden afgeleid uit verandering in stofconcentraties. Indicatieve stoffen zijn daarbij Cl^- , Na^+ , Mg^{2+} , K^+ en SO_4^{2-} , die in het infiltratiewater een hogere concentratie hebben dan duinwater. Door fluctuaties in de chemische samenstelling van het rivierwater is de concentratie van deze stoffen echter niet constant. NO_3^- dat ook een hoge concentratie in het infiltratiewater heeft kan niet goed als enige tracer worden gebruikt voor infiltraat. Deze stof kan namelijk na infiltratie snel worden omgezet in stikstofgas door denitrificatie en dan een lage concentratie hebben. Verder werden de metingen geanalyseerd op trends in nutriëntconcentraties (P, NO_3^- en NH_4^+) en basenrijkdom (Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^-).

De meetresultaten zijn weergegeven in Bijlage II. Per meetraai wordt het concentratieverloop weergegeven in grafieken van Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Fe , Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , P , NO_3^- en NH_4^+ . Voor de vergelijking van de chemische samenstelling met de die van het infiltratiewater wordt in de grafieken ook het concentratieverloop in het (voorgezuiverde) infiltratiewater gegeven (data Evides). Voor de periode waarin de voorzuivering in werking is getreden werden voor variabelen die door de voorzuivering worden beïnvloed (P-totaal, Fe , HCO_3^-) metingen van het voorgezuiverde rivierwater gebruikt.

Tabel 3-2: Voorbehandeling en analysemethode voor de waterchemie van grondwatermonsters.

Variabele	Voorbehandeling	Methode	Opmerking
pH	geen	pH electrode	
EGV	geen	electrode	
HCO_3^-	geen	1991-2005: spectrometrisch 2008: AqKem 2009-2013: ionchromatografie	
Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Fe	filteren en aanzuren	1991-2005: AAS 2008-2013: ICP-ES / ICP-MS	
ortho-fosfaat	geen	1991-2005: colormetrisch	
P	filteren en aanzuren	2008-2013: ICP-ES / ICP-MS	gebruikt als variabele voor P-ortho
Cl^-	1991-2005: geen 2008-2013: filteren en aanzuren	1991-2005: spectrometrisch 2008-2013: ICP-ES / ICP-MS	
SO_4^{2-}	1991-2005: geen 2008-2013: filteren en aanzuren	1991-2005: spectrometrisch 2008: AqKem 2009: ICP-ES / ICP-MS 2013: ionchromatografie	
S	filteren en aanzuren	2008-2013: ICP-ES / ICP-MS	gebruikt voor SO_4^{2-}
NO_3^- , NH_4^+	1991-2005: geen 2008-2013: filteren	1991-2005: spectrometrisch 2008: AqKem 2009-2013: ionchromatografie	

3.4 Bodemchemie

Bodemmonsters werden op enkele decimeters van de rand van elk permanent kwadraat in de meetraaien genomen van de bovenste 10 cm van het minerale profiel. Een eventuele strooisellaag werd uitgesloten. Alle meetraaien werden bemonsterd gedurende de zomer in de jaren 2002, 2003, 2005, 2007, 2009 en 2013. De maatraaien B, E en F werden ook in 1991, 1993, 1995 en 1999 bemonsterd. In de jaren 1991, 1993, 1995, 1999 en 2003 werden duplo monsters genomen die elk apart zijn geanalyseerd. Per locatie werden deze metingen gemiddeld. In de jaren 2002, 2005, 2007, 2009 en 2013 werd per locatie een mengmonster samengesteld uit drie deelmonsters. Bodemmonsters werden na verwijdering van grote wortels en levende plantendelen gedroogd en gemalen. In Tabel 3-3 staat een overzicht van de geanalyseerde variabelen met meetmethode. Hierbij is ook aangegeven hoe andere variabelen zijn berekend uit metingen. De selectie van de variabelen was gericht op het volgen van de ontwikkeling van de organische stof en de basenhuishouding van de bodemtoplaag.

De volgende veranderingen in analysemethoden hebben plaatsgevonden:

- Organische stof werd in eerste instantie gemeten als gewichtsverlies bij 350°C (SOM350). Bij deze temperatuur verbrand sterk gehumificeerde organische stof minder goed. Om die reden is in 2009 overgeschakeld op verbranding bij 550°C (SOM550). In 2009 is het gewichtsverlies met beide methoden gemeten. Op basis van regressie zijn de oude metingen bij 350 °C omgerekend ($SOM550_{cal} = 1.1666 * SOM350$; $r^2 = 0.99$).
- De extractie van uitwisselbare kationen is lange tijd (tot 2009) uitgevoerd door het laboratorium van Giesen & Geurts volgens de Bascomb-methode (extractie in een gebufferde, sterke zoutoplossing van $BaCl_2$) en met meting van de metalen met AAS. Omdat dit laboratorium stopte en andere laboratoria de Bascomb methode niet meer aanbieden in combinatie met AAS (voor ICP is dit extract te sterk voor nauwkeurige meting) is in 2013 de extractie uitgevoerd met 0,2 M $SrCl_2$, ongebufferd en de analyse van de metalen met ICP.
- De meting van kalk vond tot 2003 plaats met de methode van Wesemael. Omdat deze methode minder nauwkeurig is voor het meten van lage kalkgehalten (<0.5-1.0 %) is in de jaren daarop overschakelt op een gecombineerde extractiemethode. Met een sterk zuur-extractie werden kalk en de geadsorbeerde Ca opgelost en vervolgens werd de concentratie van Ca gemeten in het extract. Het berekende Ca gehalte van de bodem werd vervolgens verminderd met het gehalte aan geadsorbeerde Ca gemeten in de extractie van uitwisselbare kationen. Dit levert dan de hoeveelheid Ca op in carbonaten (Ca_{CaCO_3}). Omdat carbonaten in duinzand grotendeels uit $CaCO_3$ bestaan (het aandeel $MgCO_3$ is verwaarloosbaar), is het kalkgehalte berekend uit Ca_{CaCO_3} (Stuyfzand 1991). In 2005 en 2009 werd sterk zuur-extractie uitgevoerd met een HCl conform het voorschrift van Stuyfzand & Van der Jagt (1997). In 2013 werd de extractie uitgevoerd met HNO_3 en H_2O_2 .

Vanaf 2009 is ook de bulkdichtheid gemeten in volumemonsters gestoken met een steekbus. Per locatie werden drie deelmonsters gestoken en apart gedroogd en gewogen. De bulkdichtheid heeft een sterke relatie met het organisch stofgehalte. Op basis van een empirische relatie voor zandbodems in de Middelduinen en Twente (data 2009 Camiel Aggenbach; $BD = (\ln(SOM550) + 3.973) / 2.542$; $r^2 = 0.76$) zijn voor de jaren 1991 t/m 2007 bulkdichtheden berekend op basis van het gemeten organische stofgehalte. Op basis van bulkdichtheden zijn voorraden per oppervlakte-eenheid van organisch stof, basische kationen en Ca in de kalk berekend in de bodemtoplaag van 10 cm dikte (eenheid in kg/m^2 of eq/m^2).

Voor basenrijkdom zijn de volgende afgeleide variabelen berekend:

- De voorraad organische stof in de bovenste 10 cm van de bodem (eenheid kg/m^2).
- Als proxy voor de basenverzadiging de ratio van geadsorbeerde basische kationen (Ca, Mg, Na, K) op het adsorptiecomplex met organische stof in de bovenste 10 cm van de bodem (eenheid meq/kg). Bij een volledige bezetting van het kationadsorptiecomplex met basische kationen zal de waarden in de buurt van 3000 meq/kg liggen. Dit is namelijk de kationadsorptiecapaciteit van sterk gehumificeerd organisch materiaal;
- De buffercapaciteit tegen verzuring op basis van voorraad kalk ($CaCO_3$) in de bovenste 10 cm van de bodem (eenheid eq/m^2);
- De buffercapaciteit tegen verzuring op basis van voorraad geadsorbeerde basische kationen (Ca, Mg, Na, K) op het adsorptiecomplex in de bovenste 10 cm van de bodem (eenheid eq/m^2).

De metingen en de afgeleide variabelen werden gebruikt voor het vaststellen van trends in organisch stof, pH en basenrijkdom en ook om te analyseren hoe opbouw van organisch stof

na plaggen doorwerkte op de basenregulatie van de bodem. De ontwikkeling van de organische stof en basenchemie is voor elke meetraai in grafieken opgenomen in Bijlage 3.

Tabel 3-3: Voorbehandeling en analysemethode voor de bodemchemie van grondmonsters.

Variabele	Voorbehandeling	Methode	Opmerking
bulk dichtheid	drogen + malen + homogeniseren	2009-2013: drogen bij 65°C en wegen	1991-2007: bulkdichtheid berekend uit SOM550 (zie tekst)
organische stof		1991-2009: gewichtsverlies tussen 105 en 350°C (SOM350) 2009-2013: gewichtsverlies tussen 105 en 550°C (SOM550)	1991-2007: SOM550 berekend uit SOM350 (zie tekst)
pH H2O		10 g bodem in 25 ml demiwater; meting met glas-electrode	
pH KCl		10 g bodem in 25 ml 1 M KCl extract; meting met glas- electrode	
uitwisselba ar Ca, Mg, Na, K, Fe, Mn		1991-2009: Bascomp gebufferd (BaCl ₂ extract); analyse AAS 2013: 0.2 M SrCl ₂ extractie; analyse ICP	maat voor basenverzadiging: (Ca _{exch} +Mg _{exch} +Na _{exch} +K _{exch})/SOM550 (in meq/kg)
CaCO₃		1991-2003: Wesemael	
Ca_{tot}		2005-2009: HCl extractie (Stuyfzand & Van der Jagt 1997); analyse met ICP 2013: extractie van 200 mg in 4 mL HNO ₃ (65%) en 1 mL H ₂ O ₂ (30%); analyse met ICP	CaCO ₃ berekend uit: 2.50*(Ca _{tot} -Ca _{exch}) (in % DW)

3.5 Bovengrondse biomassa en nutriënten

Bovengrondse biomassa van de kruidlaag en de nutriëntengehalten hiervan geven een indicatie voor de productiviteit van de vegetatie en nutriëntenrijkdom van de bodem. Daarnaast geven ratio's van de nutriënten (N/P, P/K en N/K) een indicatie welke macronutriënten beperkend kunnen zijn voor de productiviteit van de vegetatie. Voor grenswaarden voor nutriëntenratio's is Olde Venterik et al. (2003) gevolgd (zie toelichting in Bijlage I).

Gewasmonsters zijn genomen vlak bij de permanente kwadraten in de meetraaien in de jaren 2001, 2003, 2005, 2009 en 2013. In 1995, 1996, 1997 zijn ook de meetraaien B, E en F bemonsterd. Bemonsteringsperiode was op het hoogtepunt van de vegetatie in de periode eind juli tot begin september. Meestal werd een duplomonster genomen en in 2005 een triplomonster voor meting van de standing crop in de zomer. De standing crop geeft een indruk van de productiviteit, maar is daar niet geheel gelijk aan. De standing crop wordt namelijk verminderd door begrazing (alle locaties, behalve meetraai K, kunnen worden begraasd door koeien). Jaarlijkse verschillen in begrazingsdruk kunnen daardoor doorwerken in de standing crop. Daardoor is een meting van de standing crop geen productiviteitsmeting. Grosso modo zullen nutriëntenrijke bodems wel een hogere standing crop hebben dan nutriëntenarme bodems. Een hoge standing crop is daarom een indicatie

voor een hoge productiviteit. De deelmonsters werden geanalyseerd op totaalgehalte van N, P en K. In 1995, 1999 en in 2013 werd één deelmonster van elke PQ geanalyseerd, in 2001, 2003 en 2009 twee deelmonsters en in 2005 drie deelmonsters. De nutriëntengehalten werden gemeten na destructie. De destructie plaats volgens het voorschrift van Houba. In 2013 is de destructie uitgevoerd met H_2SO_4 , salicylzuur, H_2O_2 en selenium volgens Houba en meting van N en P op CFA en K met ICP-OES. Duplo- en triplometingen werden gemiddeld.

3.6 Vegetatie in de meetraaien

De vegetatie in de meetraaien werd op twee manieren gevolgd: vegetatieopnamen in permanente kwadraten en in gridtransecten (zie Figuur 3-3 voor de ruimtelijke opzet).

3.6.1 Vegetatieopnamen in permanente kwadraten

Klassieke vegetatie-opnamen werden gemaakt in permanente kwadraten van 2 bij 2 m. Daarbij werden structuurvariabelen opgenomen (totale bedekking, bedekking struiklaag, kruidlaag, moslaag en strooisel, bedekking kaal zand, hoogte van vegetatielagen) en het voorkomen van vaatplanten en mossen in de schaal van Londo (1976). De ontwikkeling van de vegetatie in de permanente kwadraten werd geanalyseerd op niveau van ecologische plantensoortgroepen. Plantensoorten zijn toebedeeld aan groepen met een combinatie van waterstandsregime, basenrijkdom en voedselrijkdom (Tabel 3-4). De ontwikkeling van het aandeel van ecologische soortgroepen is voor elke meetraai als grafieken opgenomen in Bijlage I.

Tabel 3-4: Overzicht van de ecologische plantensoortengroepen.

Ecologische plantensoortgroep
watervegetatie voedselarm basenrijk
droge pionier- en akkervegetatie voedselrijk
natte pioniervegetatie voedselarm basenrijk
natte pioniervegetatie voedselarm matig basenrijk
natte pioniervegetatie voedselrijk
droge pioniervegetatie voedselarm basenrijk
droog duingrasland voedselarm
droog duingrasland voedselarm basenrijk
droog duingrasland voedselarm basenarm
heischraalgrasland
droog grasland matig voedselrijk tot voedselrijk
nat grasland voedselrijk
natte duinvallei voedselarm
natte duinvallei voedselarm basenrijk
natte duinvallei voedselarm basenarm
moerassen en natte ruigten voedselrijk
struweel, bos, zomen
indifferent

3.6.2 Vegetatieopnamen in gridtransecten

Aandachtsoorten werden opgenomen in gridtransecten met cellen van 1 bij 1 m. De grids volgden in valleien de droog-nat gradiënt. De meeste gridtransecten bestonden uit een strook van enkele 10-tallen meters lang en 10 m breed en zijn gestart in 1999. De gridtransecten in de meetraaien B, E en F waren 1 m breed. Dit laatste had te maken met de opzet van het eerdere OBN/EGM-onderzoek. De meeste meetraaien hadden 1 gridtransect. De meetraaien I en K bestonden uit twee afzonderlijke gridtransecten. Alle gridtransecten zijn opgenomen in 1999, 2001, 2003 (meetraai H echter in 2004), 2005, 2009 en 2013. De B, E en F meetraaien zijn ook opgenomen in 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1999. Meetraaien B en F zijn tevens nog in 2002 opgenomen voor OBN-monitoring. Tabel 3-5 bevat een opsomming van de soorten die (vrijwel) alle jaren zijn gevolgd. Kaarten met

het voorkomen van soorten in elk monitoringjaar zijn gedocumenteerd in een apart rapport (Annema & Aggenbach 2015). In alle meetraaien en jaren is aan-/afwezigheid in de gridcellen gevolgd. In B, E en F meetraaien is ook de abundantie van soorten in elke gridcel gevolgd met een bedekkingsschaal en een aantalsschaal.

In dit rapport worden alleen aanwezigheids-/afwezigheidsdata geanalyseerd door de frequentie van de soorten in het gridtransect voor elk monitoring jaar te berekenen. De frequentie is het aantal grids waarin een soort voorkomt gedeeld door het totaal aantal grids (in %). Omdat het grondwaterafhankelijke deel en droge deel van de meetraaien afzonderlijk werden geëvalueerd, zijn deze frequenties voor beide delen apart berekend. Daarvoor is op basis van de vegetatiezonatie in elke meetraai een vaste verdeling aangehouden tussen grondwaterafhankelijk en droog. Een aantal meetraaien had alleen gridcellen in grondwaterafhankelijke habitat. De ontwikkeling van de frequenties van voorkomen wordt bij de bespreking van de meetraaien in tabellen gepresenteerd.

Tabel 3-5: Plantensoorten die in de gridtransecten gevolgd zijn.

Soort	gevolgd vanaf	Soort	gevolgd vanaf
Armbloemige waterbies	2002	Moerasrolklaver	2002
Bevertjes	2002	Moerasstruisgras	2009
Biezeknoppen	2009	Moeraswespenorchis	2002
Bleekgele droogbloem	2002	Nachtsilene	2002
Drienerfve zegge	2002	Oeverkruid	2002
Duindoorn	2009	Ondergedoken moerasschem	2002
Duinriet	2009	Padderus	2009
Duinrus s.l.	2009	Pamassia	2009
Dwergbies	2009	Riet	2009
Dwergbloem	2002	Rode waterereprijs	2002
Dwergvas	2002	Rond wintergroen	2002
Dwergzegge	2009	Ruige zegge	2002
Echt vetmos	2002	Ruw walstro	2002
Egelboterbloem	2009	Ruwe bies	2002
Fraai duizendguldenkruid	2009	Ruwe klaver	2002
Geelgroene en dwergzegge	2002	Schapezuring	2009
Geelhartje	2009	Schildereprijs	2002
Gekroesde pella	2002	Sierlijke vetmuur	2002
Gestreepte klaver	2002	Slanke gentiaan	2002
Geveugeld hertshooi	2002	Smal fakkelgras	2002
Gewone en slanke waterbies	2009	Strandduizendguldenkruid	2002
Gewone vleugeltjesbloem s.l.	2009	Tandjesgras	2002
Gewoon kransblad	2002	Teer guichelheil	2009
Grote tijm	2009	Tormentil	2009
Heelblaadjes	2009	Vleeskleurige orchis	2002
Hoge cyperzegge	2002	Vlozegge	2009
Hondsvootje	2009	Voorjaarszegge	2002
Jakobskruid s.l.	2009	Waterpunge	2002
Kale jonker	2002	Wondklaver	2002
Klein tasjeskruid	2002	Zandblauwtje	2009
Klein vogelpootje	2009	Zandpaardebloem	2002
Knolrus s.l.	2009	Zeeegroene rus	2002
Knoopkruid	2002	Zeeegroene zegge	2009
Knopbies	2002	Zilte rus	2009
Kruipwilg	2009	Zilte waterranonkel	2002
Liggend hertshooi	2002	Zilverschoon	2009
Mannetjesereprijs	2009	Zittende zannichellia	2002
Mattenbies	2002	Zwarte zegge	2009
Moeraspaardebloem	2009		

3.7 Natuurdoeltypen vlakdekkend

Voor de uitgangssituatie in 1998 en de situatie in 2014 is bepaald welke natuurdoeltypen aanwezig zijn. Ook is ingeschat welke oppervlakte natuurdoeltypen op de lange termijn aanwezig kunnen zijn (= einddoel). Voor de natuurdoeltypen is gewerkt met een eigen typologie. Een natuurdoeltype bestaat uit een groep van ecologisch verwante vegetatietypen (Tabel 3-6). Natuurdoeltypen hebben daardoor ook een specifieke range voor waterstandsregime, basenrijkdom/ pH en voedselrijkdom (Tabel 3-7). De situatie van 1998 en het einddoel zijn eerder uitgewerkt in kaarten met verspreiding van natuurdoeltypen door Aggenbach & Annema (2005). De kaart van 1998 is op basis van een globale kartering opgesteld. De situatie van de einddoelen zijn vastgesteld voor de toekomstige situatie op basis van de geplande inrichtingsmaatregelen en het beheerplan. Voor deze eindevaluatie

zijn de kaarten met de ruimtelijke verspreiding van natuurdoeltypen voor de toestand in 1998 en de situatie met einddoelen in geringe mate aangepast om de volgende redenen:

- Op basis van voortschrijdend inzicht is het eerdere gedefinieerde type *14 voedselrijke, vochtige oever* gewijzigd in type *14 natte voedselrijke ruigte en struweel*.
- Er is een nieuw type onderscheiden: natuurdoeltype *15 vochtige en droge, voedselrijke graslanden*. Dit type kwam voor de herstelmaatregelen nauwelijks voor, maar is door de vernatting in oppervlakte toegenomen.

De naamgeving van de natuurdoeltypen is deels aangepast (zonder wijziging van de inhoud), zodat deze meer consequent is.

Omdat type 14 van inhoud is gewijzigd en type 15 naderhand is toegevoegd, zijn voor beide typen geen einddoelen voor de te realiseren oppervlakte geformuleerd. Het betreft hier ook natuurtypen die niet van belang zijn voor de natuurwinst die met de herinrichting en het natuurbeheer werd nagestreefd. De situatie in 2014 is gebaseerd op de gedetailleerde vegetatiekartering van 2014 uitgevoerd door ecologisch onderzoeks- en adviesbureau Van de Goes en Groot (Damm 2015) in opdracht van Evides. Deze kartering is op een fijne schaal uitgevoerd die aansluit op de fijschalige heterogeniteit van de vegetatie teneinde een goed beeld te verkrijgen van de oppervlakte en ruimtelijke spreiding van natuurdoelen.

Tabel 3-7: Natuurdoeltypen met de bandbreedte voor abiotische factoren. Betekenis codes: 1 = suboptimaal voorkomen, 2 = optimaal voorkomen, ? = voorkomen onzeker in betreffend bereik.

Natuur(doel)type	basenrijk, voedselarm water	basenrijk, voedselrijk water en moeras	natte, voedselrijke ruigte en struweel	natte, basenrijke, voedselrijke duinvalllei	natte, basenrijk, voedselarme duinvalllei	voedselarme duinvalllei	natte, matig basenrijk, voedselrijke duinvalllei	natte, basenarme, voedselarme duinvalllei	droog, kalkrijk, voedselarm duingrasland	voedselarm duingrasland	droog, kalkrijk, voedselarm duingrasland	droog, overgang kalkrijk/ kalkarm, voedselarm duingrasland	droog, kalkrijk, matig voedselrijk grasland en struweel	droog, kalkarm, voedselarm duingrasland	droog, kalkarm, matig voedselrijk grasland en struweel	droog tot vochtig bos	vochtige en droge, voedselrijke graslanden
Nummer Natuur(doel)type	1	2	14	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15		
Waterstandregime: gemiddelde waterstand																	
1A (aquatisch): > 10 cm +mv	2	2		1	1	1		1								?	
1B (zeer nat): 0-10 cm +mv	1	1	1	2	2	2		2								?	
2 (nat): 0-20 cm -mv		1	2	2	2	2	1	2								2	
3 (matig nat): 20-40 cm -mv			2	2	2	2	2	2								2	
4 (vochtig): 40-60 cm -mv			2	2	2	2	2	2								2	2
5 (matig droog): 60-80 cm -mv			2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	
6 (droog): > 80 cm -mv									2	2	2	2	2	2	2	2	
Kalkrijkdom: ontkalkingsdiepte																	
1: niet ontkalkt			2	2	2				2			2		2	2	2	
2: >0 - 30 cm -mv			2	2	2				1	2		1		2	2	2	
3: 30 - 60 cm -mv			?		1	1	2			2					2	2	
4: >60 cm -mv			?			2	2	2			2		2	2	2	2	
Zuurgraad: pH																	
1 (basisch): > 7,5	2	2	2	2	2				2	1		2		2	?	?	
2 (neutraal): 6,5-7,5	1	1	2	2	2	1	1		2	2		2		2	2	2	
3 (zwak zuur): 5,5-6,5			1	1	1	2	2	1	1	2	1	1	1	2	2	2	
4 (matig zuur): 4,5-5,5						2	2	2		1	2		2	2	2	2	
5 (zuur): <4,5											2		2	?	?	?	
Trofie																	
1 (oligotroof)									2	2	2						
2 (mesotroof)	2				2	2		2	2	2	2	1	1				
3 (zwak eutroof)	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	
4 (matig eutroof)		2	2	2			2					1	1	2	2	2	
5 (eutroof)		2	2	2										2	2	2	
6 (zeer eutroof)		1	1	1											?		

3.8 Verspreiding kenmerkende plantensoorten vlakdekkend

De aanwezigheid van Rode-Lijst soorten is jaarlijks gevolgd vanaf het jaar 1978. Vanaf 1980 zijn kenmerkende plantensoorten in het hele terrein gekarteerd volgens de FLORON-methode. De ontwikkeling van een aantal soorten die vlakdekkend zijn gekarteerd, wordt besproken bij de bespreking van natuurdoeltypen (zie paragraaf 4.2.2).

3.9 Broedvogels

Er zijn twee deelgebieden onderzocht: de gehele Oostduinen (100 ha) en het zuidwestelijke gedeelte van de Middelduinen (35 ha). In deze twee deelgebieden werden als gevolg van de herinrichting de grootste veranderingen verwacht. Bij het vaststellen van de nulsituatie is gebruik gemaakt van de broedvogelinventarisatie van SOVON uit 1996 die was uitgevoerd in het kader van het onderzoek voor de tweede Maasvlakte. Deze kartering is aangevuld met gegevens van de terreinbeheerder of inventarisaties uit andere jaren vóór de herinrichting van het gebied. De inventarisaties van 2001, 2003, 2005 en 2013 zijn uitgevoerd in het kader van vergunningsvoorschrift 13b van de grondwatervergunning uit 1999, volgens de methode voor broedvogelmonitoring van SOVON (Hustings et al. 1985). Met deze inventarisaties werden in de Oostduinen alle gevolgde soorten in elk inventarisatiejaar gevolgd. Voor de Middelduinen was dat voor een deel van de gevolgde soorten het geval. De resultaten worden besproken aan de hand van analyse van trends van ecologische broedvogelgroepen volgens de methode van Sierdsema (1995). Voor de Middelduinen

werden hier alleen de soorten gebruikt die in alle inventarisatiejaren zijn gevolgd. Broedvogelgroepen bestaan uit vogelsoorten die vergelijkbare eisen stellen aan hun broedbiotoop. Bij de evaluatie werd gekeken naar de trends van het aantal broedparen van elke vogelgroep. Door deze aanpak is het mogelijk om veranderingen in broedvogels inzichtelijk te relateren aan veranderingen in het leefgebied.

3.10 Basisgegevens

Vanwege de grote omvang van de verzamelde data zijn in dit rapport geen basisdata opgenomen. Basisdata zijn digitaal opgeslagen bij Evides en deelsets zijn gedocumenteerd in andere rapporten. Waar zinvol wordt daar naar verwezen.

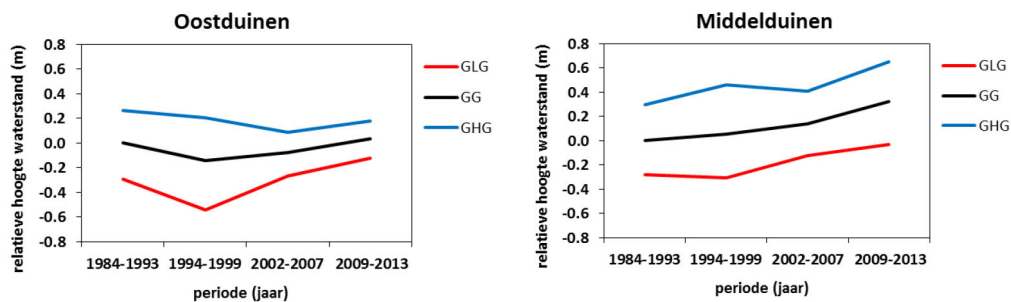


Foto 3-1: Kalkarme duinvallei met Dwergbloem, Dwergglas, Tormentil en Waternavel (foto Marten Annema).

4 Ontwikkeling op gebiedsschaal

4.1 Verandering waterstandsregime

In Figuur 4-2 wordt het ruimtelijke patroon van waterstandsregime weergegeven voor 1998 en 2014. Het ruimtelijke beeld van 2005 wordt niet gepresenteerd omdat het vrijwel gelijk is aan dat van 1998. De ontwikkeling van GxG-waarden van de grondwaterstand (GHG, GG, GLG) wordt voor zowel de Middelduinen als Oostduinen weergegeven in Figuur 4-1.



Figuur 4-1: De relatieve hoogte van de waterstanden in de Oostduinen en de Middelduinen. Weergegeven zijn de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG), gemiddelde grondwaterstand (GG) en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG). De GG waarde van de eerste periode is op nul gezet. De GxG waarden hebben dus geen relatie meer met het maaiveld.

In de jaren tussen 1998 en 2005 is er weinig veranderd in het waterregime van zowel de Middelduinen als de Oostduinen. De GLG in de Oostduinen is over het algemeen wel gestegen, maar nog niet zo hoog in het bodemprofiel dat de standplaats grondwaterafhankelijk is geworden. De bodems bleven daardoor droog. De ingrepen die gepleegd zijn tussen 2005 en 2014 hebben op een aanzienlijke oppervlakte wel geleid tot een ander waterregime. Het verhogen van het peil in de Enden in 2007 heeft grote invloed gehad op het waterregime in de noordelijke helft van de Middelduinen. Veel valleien zijn daar natter geworden, maar ook de grote vlakke laagtes in het centrale deel hebben een hogere grondwaterstand gekregen waarbij omslag van droog naar matig droog tot vochtig optrad. Daarnaast heeft ook de fine-tuning van de winning in de Oostduinen (paragraaf 2.32.3) geleid tot enige vernatting van het noordoostelijk deel van de Middelduinen. Tussen de perioden 1983-1993 en 2009-2013 zijn de GxG waarden in de Middelduinen ca. 15-20 cm gestegen.

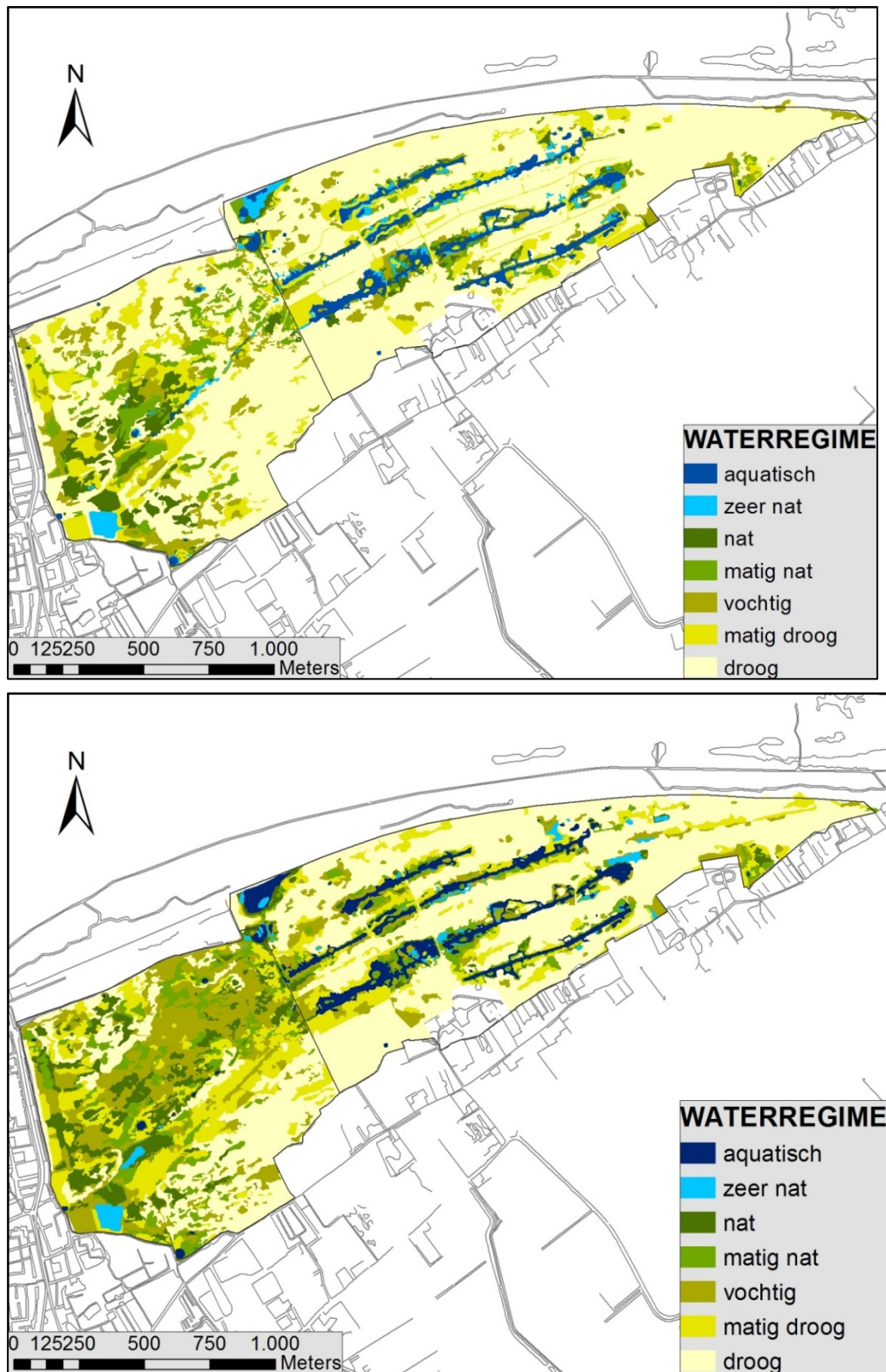
In de Oostduinen heeft het verhogen van het peil in de Enden geleid tot een sterke vernatting van de Meinderswaalvallei (ter plekke van meetraai F; Figuur 3-2). Voor 2007 vielen hier grote delen droog in de zomer, maar daarna is het laagste deel van de vallei permanent water geworden. In de omgeving van de infiltratiekanalen hebben grondwaterafhankelijke delen zich uitgebreid en zijn diverse locaties die al grondwaterafhankelijk waren, ook natter geworden. Door het stoppen van het winnen van grondwater met het oostelijk deel van drain 3 in de Oostduinen, zijn de valleien dichtbij de infiltratiekanalen in het bereik van het grondwater gekomen. Meer naar het oosten toe is de invloed van veranderingen in de waterhuishouding steeds kleiner, hoewel ook daar drain 3 is verwijderd. Reden hiervoor is dat de grondwaterstand hier in het overgrote deel ver onder maaiveld zit en dus een stijging slechts in een beperkte oppervlakte leidde tot verandering van droge naar nattere klassen. Daarnaast is door een geringere afpompings aan het uiteinde van de drain, de invloed van het stoppen kleiner dan in het deel het dichterbij de pompput.

Een andere belangrijke verandering in het waterstandsregime van de Oostduinen is dat tussen de perioden 1983-1993 en 2009-2013 de GLG is gestegen (ca. 10 cm) en de GHG iets is gedaald (ca. 5 cm). Hierdoor is de seizoensmatige fluctuatie afgenomen en is dus een stabiel waterstandsregime ontstaan. De fine-tuning van de niveaus van de infiltratiekanalen en de onttrekkingsniveaus van de drains (paragraaf 2.3) hebben sterk bijgedragen aan een stabiel waterstandsregime in de laagten met duinvalleivegetatie langs de kanalen.

Wat de verandering van het waterregime voor de natuurdoeltypen heeft betekend, wordt besproken in paragraaf 4.2.



Foto 4-1: Een veenmosbult in een kalkrijke duinvallei vegetatie die na plaggen is ontstaan. Betreffende veenmossoort prefeert relatief zure omstandigheden en groeit desondanks in een kalkrijke duinvallei. Deze 'verrassing' wordt veroorzaakt door het ontstaan van mini-neerslaglenzen op basenrijk grondwater als gevolg van een stabiele grondwaterstand in het infiltratiegebied. Hierdoor ontstaan een rijkgeschakeerd ecosysteem met een kleinschalige variatie in milieu-omstandigheden (foto Marten Annema).



Figuur 4-2: Ruimtelijk patroon van waterstandsregime in 1998 (boven) en 2014 (onder). Zie voor omschrijving van de waterstandsregimeklassen Tabel 3-1.

4.2 Ontwikkeling natuurtypen

4.2.1 Inleiding

Een kaart met de ruimtelijke toekenning van natuurdoeltypen voor de einddoelsituatie is weergegeven in Figuur 4-3. Het ruimtelijk voorkomen van de natuurdoeltypen in 1998 en 2014 is weergegeven in Figuur 4-4. In Tabel 4-1 staan de oppervlakten in hectaren en het aandeel in procenten van natuur(doel)typen voor de situatie in 1998 (nulsituatie voor de inrichting), de situatie gerealiseerd in 2014 en de situatie met de einddoelen voor de langere termijn. Voor de volledigheid is ook het aandeel infrastructuur in deze tabel gemeld. Dit betreft wegen, het pompstation, winningsmiddelen en een speeltuin. De oppervlakte van infrastructuur is niet gewijzigd.



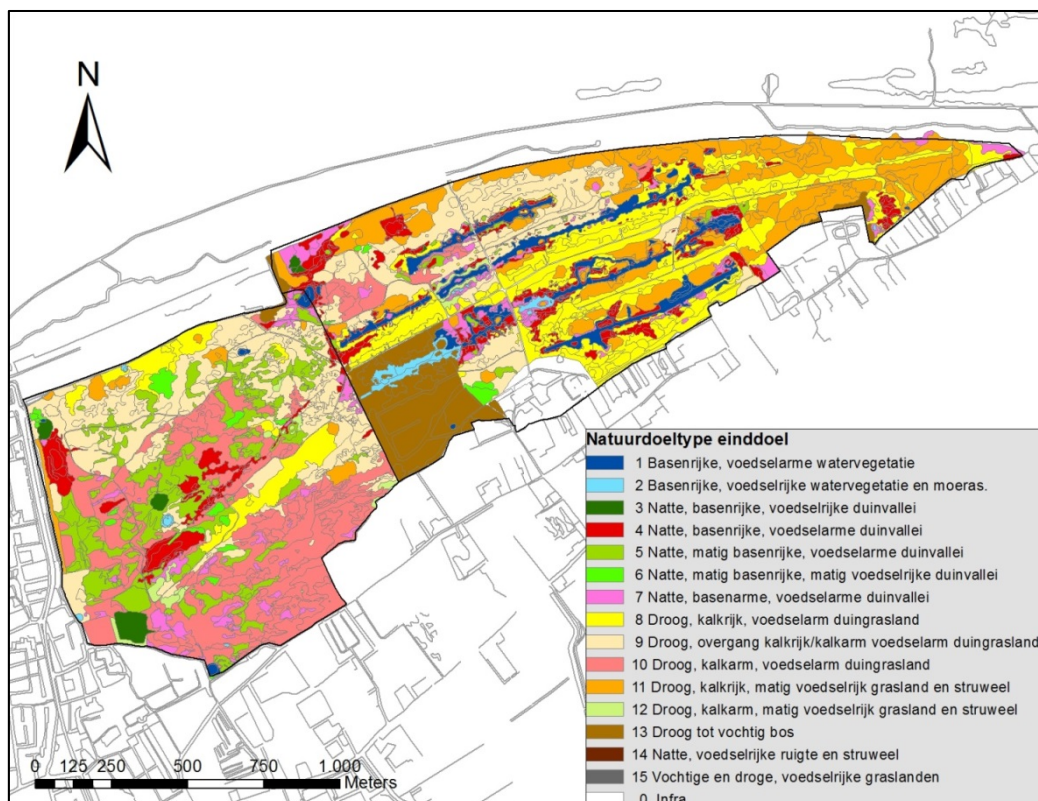
Foto 4-2: Voorbeeld van een vegetatie van het natuurtype 8: Droog, kalkrijk, voedselarm duingrasland met Kandelaartje, Duinviooltje, Klein tasjeskruid en Duinsterretje (foto Marten Annema).

De insteek van OINS was om de natuur(doel)typen van voedselrijke omstandigheden terug te dringen ten gunste van natuurdoeltypen van voedselarme omstandigheden. Ook het areaal met vochtige en natte natuurdoeltypen diende toe te nemen. Daarnaast dienden de maatregelen in de ontkalkte delen de aanvoer van baserijk grondwater naar de valleien te bevorderen. De voedselrijke vochtige oevers, die in het verleden waren ontstaan door het opbrengen van grond uit de aangelegde kanalen, zijn overal verwijderd. Doel was hier een toename van het areaal baserijke voedselarme watervegetatie en natte baserijke voedselarme duinvallei. Met het plaggen van de voedselrijke valleien werden voedselarme omstandigheden nagestreefd. Op sommige locaties zijn zulke valleien veranderd in open water door het vergroten van de infiltratiekanalen. Een groot deel van de matig voedselrijke graslanden en struwelen in de Oostduinen werd gemaaid en soms ook geplagd, met als doel voedselarm duingrasland te herstellen. In de Middelduinen werden geëutrofiëerde valleien geplagd met als doel natte voedselarme duinvalleien te herstellen. Een lage voedselrijkdom en korte vegetatie van de duingraslanden werd in stand gehouden door maaien en/of beweiden. Dit beheer voorkwam ophoping van strooisel en daarmee een toename van de mineralisatie.

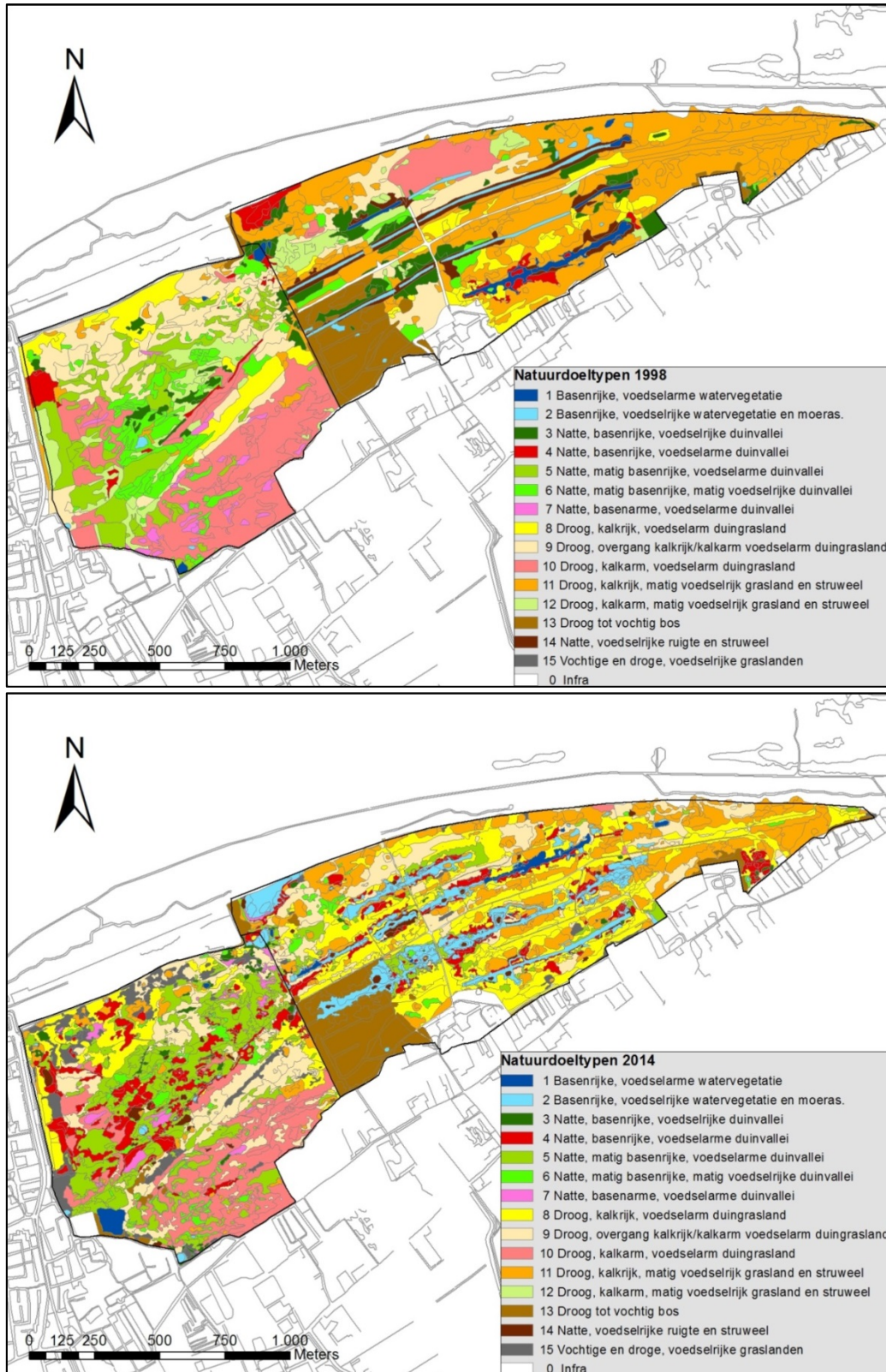
Samenvattend was het hoofddoel van de herinrichting en het beheer om basenrijke, voedselarme watervegetatie (type 1), natte, basenrijke tot matig basenrijke voedselarme duinvalleien (type 4 en 5) en droge, voedselarme duingraslanden (type 8, 9, 10) te bevorderen.

Tabel 4-1: De oppervlakte en het aandeel van natuur(doel)typen in de Middel- en Oostduinen in 1998 (nulsituatie), voor het einddoel en in 2014. De oppervlakte wordt weergegeven in hectaren. Het aandeel is in percentage van de totale oppervlakte van het monitoringsgebied. De totale oppervlakte verschilt enigszins voor de drie situaties als gevolg van kleine verschillen in begrenzing van vlakken in de GIS-kaarten. Voor de volledigheid is ook de oppervlakte en het aandeel van infrastructuur opgenomen.

Natuur(doel)typen vlakdekkend	Oppervlakte (ha)			oppervlakte (%)		
	1998 (0-situatie)	einddoel	2014	1998 (0-situatie)	einddoel	2014
0 infra	2,2	2,2	2,2	1,0	1,0	1,0
1 Basenrijke, voedselarme watervegetatie	3,1	8,9	2,3	1,4	4,0	1,0
2 Basenrijke, voedselrijke watervegetatie en moeras	3,6	2,1	14,0	1,6	0,9	6,3
3 Natte, basenrijke, voedselrijke duinvallei	11,4	1,8	1,9	5,1	0,8	0,9
4 Natte, basenrijke, voedselarme duinvallei	5,0	15,4	17,5	2,2	6,8	7,9
5 Natte, matig basenrijke, voedselarme duinvallei	14,8	18,9	29,4	6,6	8,4	13,2
6 Natte, matig basenrijke, matig voedselrijke duinvallei	13,4	2,4	4,5	5,9	1,1	2,0
7 Natte, basenarme, voedselarme duinvallei	2,2	8,6	2,2	1,0	3,8	1,0
8 Droog, kalkrijk, voedselarm duingrasland	14,9	37,3	42,2	6,6	16,6	18,9
9 Droog, overgang kalkrijk/kalkarm, voedselarm duingrasland	29,2	43,4	32,0	13,0	19,3	14,3
10 Droog, kalkarm, voedselarm duingrasland	34,8	37,8	20,1	15,5	16,8	9,0
11 Droog, kalkrijk, matig voedselrijk grasland en struweel	57,5	31,6	30,3	25,6	14,0	13,6
12 Droog, kalkarm, matig voedselrijk grasland en struweel	13,0	1,9	0,0	5,8	0,8	0,0
13 Droog tot vochtig bos	12,7	13,1	14,7	5,7	5,8	6,6
14 Natte, voedselrijke ruigte en struweel	7,1		2,6	3,2	0,0	1,2
15 Vochtige en droge, voedselrijke graslanden			7,4	0,0	0,0	3,3
Totaal	225	225	223	100	100	100



Figuur 4-3: Situatie met einddoelen voor natuurtypen op de langere termijn.



Figuur 4-4: Ontwikkeling van natuurdoeltypen in de Middel- en Oostduinen. Boven de nulsituatie in 1998 en onder de situatie in 2014.

4.2.2 Ontwikkeling per natuurdoeltype

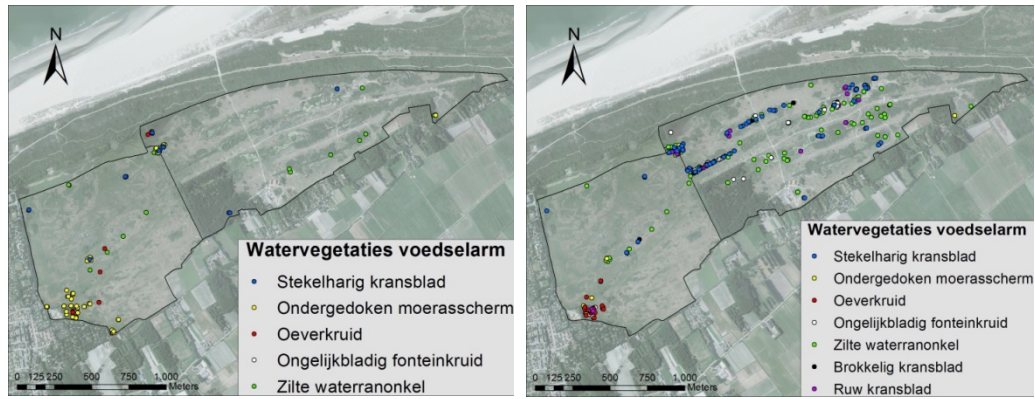
Hieronder bespreken we de trends tussen 1998 en 2014 en wordt geëvalueerd of het vooraf gestelde einddoel voor de oppervlakte van natuurdoeltypen is gerealiseerd.

Wateren (Figuur 4-6)

Wateren bestaan voor een groot deel uit de nieuwe infiltratiekanalen. Daarnaast komen ook geïsoleerde wateren voor in valleien, vooral in de Oostduinen. Het totale wateroppervlak (natuurdoeltypen *basenrijke, voedselarme watervegetaties (1)* en *basenrijke, voedselrijke watervegetaties en moeras (2)*) is van 6,7 ha toegenomen naar 16,3 ha. Hiermee is het einddoel van 11,0 ha ruimschoots gehaald. De oppervlakte water en moeras beslaat nu ruim 7 % van de totale oppervlakte.

In Figuur 4-6 zijn de natuurdoeltypen *basenrijke, voedselarme watervegetatie (1)* (donkerblauwe kleur) en *basenrijke, voedselrijke watervegetatie en moeras (2)* (lichtblauwe kleur) afgebeeld. In Figuur 4-5 is ook de ontwikkeling van kenmerkende plantensoorten van type 1 weergegeven. De uitbreiding van de oppervlakte is vooral het gevolg van het verbreden van de infiltratiekanalen in de Oostduinen. Door het opzetten van het waterpeil in de Enden is de Meinderswaalvallei sterk vernat waardoor deze permanent tot langdurig is geïnundeerd. Door deze vernatting is het ook niet meer mogelijk de vallei te maaien. De vegetatie in deze vallei is hierdoor veranderd van *natte, basenrijke, voedselarme duinvallei (4)* in *basenrijke, voedselrijke watervegetatie en moeras (2)*. De Ijsbaanvallei (ZW-hoek Middelduinen) werd in 1998 tot het type *natte, matig basenrijke, voedselarme duinvallei (6)* gerekend, maar is in 2014 overgegaan in type *basenrijke, voedselarme watervegetatie (1)*. Sinds in 2007 het peil van de Enden is verhoogd, zakken hier de grondwaterstanden minder ver weg. Hier groeien veel zeldzame plantensoorten o.a. Ondergedoken moerasscherm, Ongelijkbladig fonteinkruid en Oeverkruid (Figuur 4-5). Ook is het de belangrijkste vallei voor libellen, met veel soorten. Sinds kort wordt deze vallei ernstig bedreigd door invasie van *Watercrassula*, die nu al grote delen heeft overwoekerd. Deze invasieve exoot wordt nu bestreden, maar helaas tot nu toe zonder succes.

De oppervlakte *basenrijke, voedselarme watervegetatie (1)* is afgenomen van 3,1 ha naar 2,3 ha. Het beoogde natuurdoel van 8,9 ha is dus niet gehaald. De oppervlakte van *basenrijke, voedselrijke watervegetatie en moeras (2)* is sterk toegenomen van 3,6 ha naar 14,0 ha door toename van Riet en afname van waterplantsoorten van voedselarme wateren. Het beoogde doel van 2,1 ha is dus ruimschoots gehaald. Deze ontwikkelingen trad in sterke mate op in de infiltratiekanalen, waar na uitvoering van de herinrichting type 1 eerst toenam en later, tegen de verwachting in, weer af. De hoofdoorzaak van de geringe oppervlakte en latere achteruitgang van type 1 is de hoge doorstromingsnelheid van het infiltratiewater in de kanalen (Aggenbach et al. 2012; Aggenbach & Annema 2014; Aggenbach et al. 2016). Hoewel de fosfaatconcentratie laag is, zorgt de hoge flux voor een hoge fosfaatbelasting en ook voor een hoge belasting met silicaat (SiO₂). Dit leidt tot sterke algengroei op de waterplanten, waardoor die sterk in hun groei worden beperkt en zelfs vroegtijdig in het groeiseizoen kunnen afsterven (zie tekstkader 4). De hoge nutriëntenflux bevordert tevens de ontwikkeling van Riet-vegetatie in de kanalen. Voedselarme Kranswier-vegetaties die tot type 1 behoren, waren in 2014 hoofdzakelijk nog aanwezig in de uiteinden van kanaal 2 en 3, ver verwijderd van het inlaatpunt van voorgezuiverd Haringvlietwater (Figuur 4-5). De reden hiervoor is dat in deze uiteinden de nutriëntenfluxen relatief laag zijn als gevolg van een relatief hoge verblijftijd.



Figuur 4-5: Verspreiding van plantensoorten van voedselarme wateren. Links in de periode voor (1990-1999) en rechts na (2000-2013) de herinrichting. Elke stip geeft het voorkomen van 1 of meer exemplaren aan.

Tekstkader 4: Nutriëntenfluxen in infiltratiekanalen

De huidige infiltratiekanalen kunnen om meerdere redenen beschouwd worden als een aquatisch ecosysteem met extreme eigenschappen. Sinds de inwerkingtreding van de voorzuivering heeft het infiltratiewater een zeer laag P-totaal gehalte, terwijl de nitraatconcentratie nog hoog is. Een tweede eigenschap van de infiltratiekanalen is een hoge doorstroomsnelheid van infiltratiewater vanwege de hoge infiltratiefluxen. De verblijftijden van het oppervlaktewater zijn daardoor gering en veel lager dan die van bijvoorbeeld de meeste meren in Nederland: het gemiddelde van de kanalen bedraagt 3 tot 13 dagen; meren in Nederland hebben meestal een verblijftijd van meer dan 100 dagen en bestrijken een range van 22 tot 431 dagen (Janse, 2005). De sterke doorstroming heeft tot gevolg dat de concentraties van zwevende algen laag blijft, omdat deze steeds uit het systeem worden afgevoerd. Alhoewel het water fosfaatarm is, zorgt de lage verblijftijd toch voor een hoge flux van fosfaat. Wortelende waterplanten en perifyton, hebben een vaste positie en kunnen daarom – ondanks de lage fosfaatconcentratie van het oppervlaktewater – profiteren van de constante aanvoer van fosfaat (=hoge fosfaatflux). De lichtbeschikbaarheid voor zowel de wortelende, ondergedoken waterplanten als het perifyton wordt niet beperkt door fytoplankton dat een lage concentratie heeft. De heel kleine algen in perifyton kunnen echter veel effectiever fosfaat opnemen uit de waterlaag dan de waterplanten (Brönmark & Hansson 2005). Daarom gaat er bij een voldoende hoge nutriëntenflux veel perifyton groeien op de waterplanten waardoor voor de waterplanten én de opname van nutriënten én koolstof én de beschikbaarheid van licht beperkt wordt. Dat onderdrukt de groei van de waterplanten ondanks de grote doorzichtigdiepte van het water. We vermoeden dat deze wisselwerking tussen waterplanten en perifyton optreedt als gevolg een zeer hoge flux bij een weliswaar lage concentratie fosfaat. Hoge fluxen van silicaat (SiO_2) en nitraat kunnen daarbij ook een belangrijke rol spelen. Vanwege hun kiezelskelet is in het water opgelost silicaat een belangrijk nutriënt voor de kiezelwieren die o.a. het perifyton vormen.



Figuur 4-6: Ontwikkeling van natuurdoeltypen basenrijke, voedselarme watervegetaties (1) en basenrijke, voedselrijke watervegetaties en moeras (2). Boven de nulsituatie in 1998 en onder de situatie in 2014.

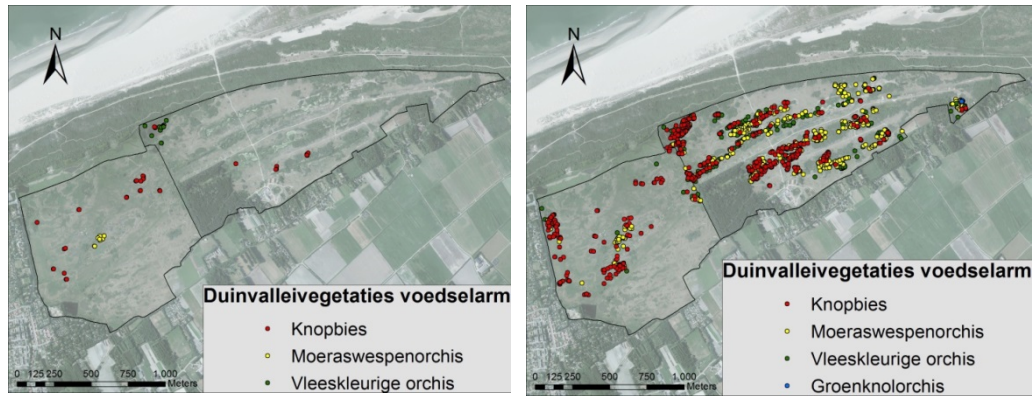
Duinvalleien (Figuur 4-8)

De totale oppervlakte natte duinvalleivegetatie (type 3 t/m 7) is met ongeveer 9 ha gestegen, van 46,7 ha naar 55,5 ha. Dit is ruim boven het gestelde doel van 47,0 ha. Natte valleivegetatie bestrijkt nu ongeveer een kwart van de totale oppervlakte. Belangrijker is dat de oppervlakte voedselarme valleivegetatie (type 4, 5 en 7) verdubbeld is van 22,0 ha naar 49,1 ha en de oppervlakte voedselrijke valleivegetatie (type 3 en 6) is afgenomen van 13,6 ha naar 4,1 ha. Dit betekent dat de kwaliteit van de bestaande valleien in 1998 door OINS ook sterk verbeterd is en daarmee ook het hoofddoel voor ontwikkeling van voedselarme duinvalleivegetatie (42,8 ha) voor type 4, 5 en 7 ruimschoots is bereikt.



Foto 4-3: Vegetatie uit het natuurtype 4: Natte, basenrijke, voedselarme duinvallei langs de oever van een infiltratiekanaal met Gevlekte orchis, Rietorchis en Grote ratelaar (foto Marten Annema).

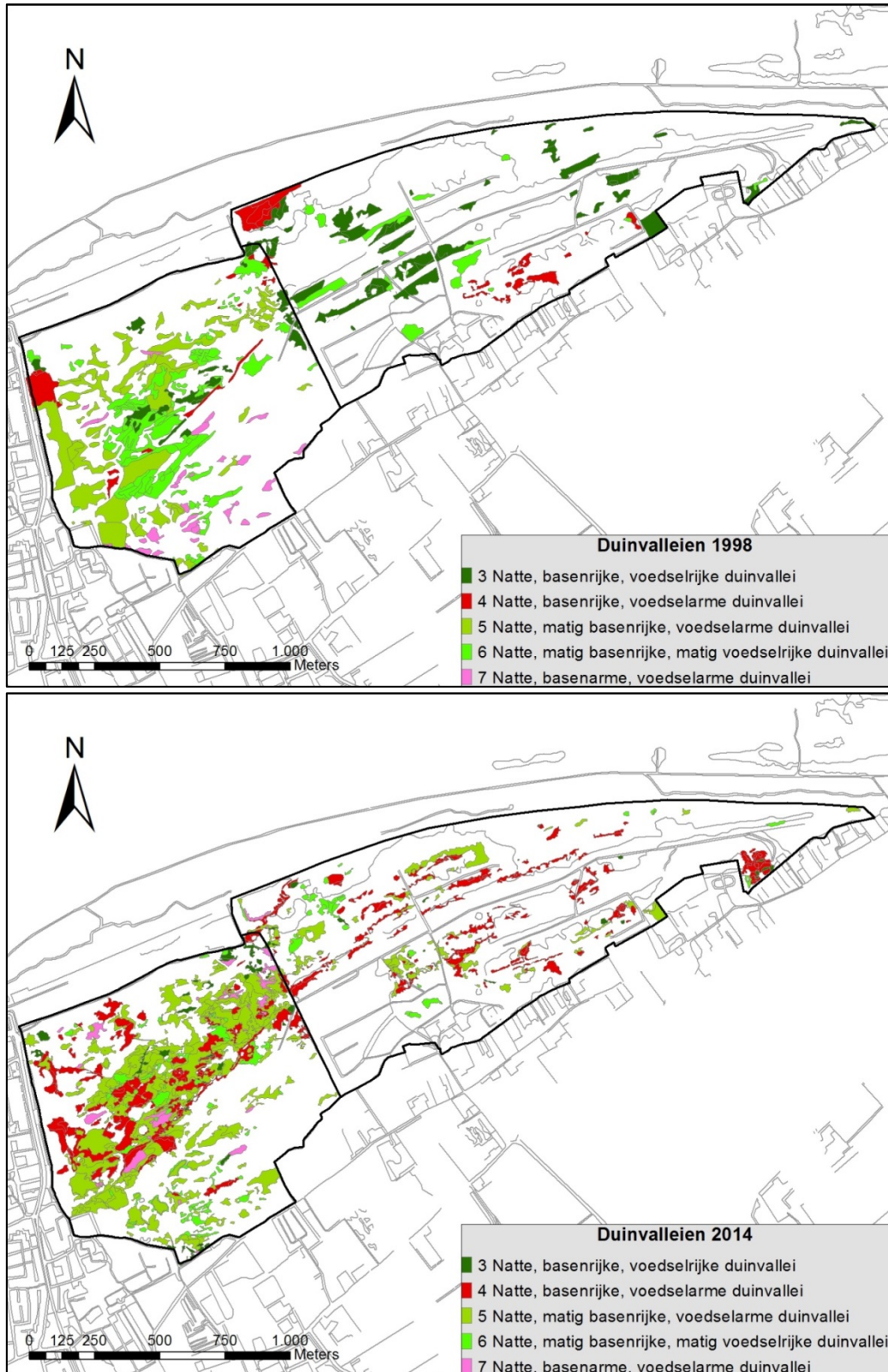
In Figuur 4-8 zijn de onderscheiden natuurdoeltypen in natte duinvalleien weergegeven. Het type *natte, basenrijke, voedselarme duinvallei* (4) is fors toegenomen van 5,0 ha naar 17,5 ha. Het beoogde doel van 15,4 ha is hiermee ruim gehaald. In de Oostduinen is de toename van dit type vooral het gevolg van uitbreiding van het oppervlak door het plaggen van bestaand *natte, basenrijke, voedselrijke duinvallei* (3) in het kader van OINS. Van dit laatste type is het oppervlak afgenomen van 11,4 ha naar 1,9 ha. Dit was voor dit type ook nagenoeg het doel (1,8 ha). In de Middelduinen is de uitbreiding van type 4 het gevolg van de vernatting door OINS en door het verhogen van het peil in de Enden. De toename van natuurdoeltype *natte, basenrijke, voedselarme duinvallei* (4) wordt ook geïllustreerd door de sterke toename van kenmerkende plantensoorten als Knopbies, Moeraswespenorchis en Vleeskleurige orchis (Figuur 4-7). Bovendien heeft Groenknolorchis, een habitatrichtlijnsoort, zich gevestigd.



Figuur 4-7: Verspreiding van plantensoorten van natuurdoeltype natte, basenrijke, voedselarme duinvallei (4). Links in de periode voor (1990-1999) en rechts na (2000-2013) de herinrichting. Elke stip geeft het voorkomen van 1 of meer exemplaren aan.

Het natuurdoeltype *natte, matig basenrijke, voedselarme duinvallei* (5) is ook sterk toegenomen en dan vooral in de Middelduinen. Het oppervlak van dit type is toegenomen van 14,8 ha naar 29,4 ha; veel meer dan het beoogde doel (18,9 ha). Onder dit natuurdoeltype vallen ook grondwaterafhankelijke heischrale duingraslanden behorende tot de associatie van Maanvaren en Vleugeltjesbloem en aanverwante rompgemeenschappen.

Het oppervlak van het type *natte, basenarme, voedselarme duinvallei* is gelijk gebleven (2,2 ha). Het beoogde doel van 8,6 ha is niet bereikt. Bij voortschrijdend inzicht is gebleken dat veel van de valleien waarvoor dit type als einddoel was toegekend, toch basenrijker waren of zijn geworden dan gedacht. Dit verklaart ook toename van type 5 naar een oppervlakte ver boven het gestelde einddoel.



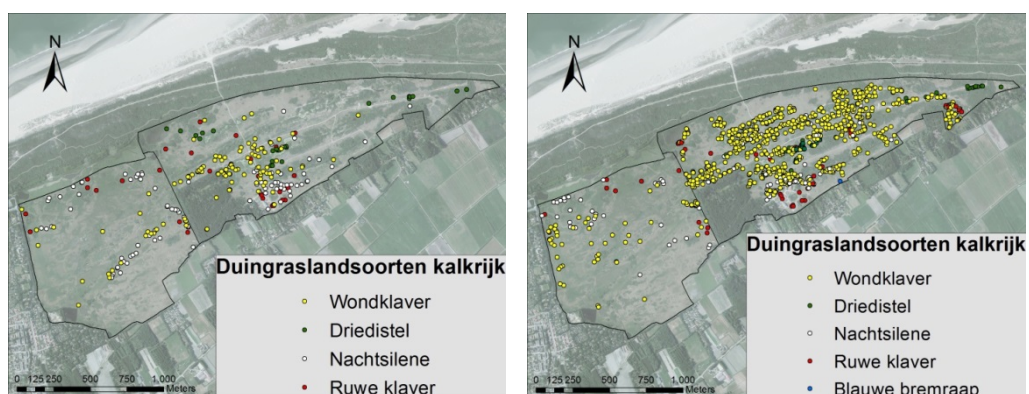
Figuur 4-8: Ontwikkeling van natuurdoeltypen van natte duinvalleien (type 3 t/m 7). Boven de nulsituatie in 1998 en onder de situatie in 2014.

Droge duingraslanden en struwelen (Figuur 4-10)

In 1998 is geen onderscheid gemaakt tussen open duingrasland en open duingrasland met struweel, wat in 1998 in mozaïek veel voorkwam. Daarom zijn voor beide jaren de oppervlakten open duingrasland en struweel samengenomen om ze met elkaar te kunnen vergelijken. De totale oppervlakte droge duingraslanden en struwelen (typen 8 t/m 15) is afgenomen van 149,5 ha. naar 124,6 ha. Daarmee is het einddoel van 151,9 ha niet gehaald. Een oorzaak van de afname van het oppervlak droge duingrasland en struwelen is dat het hele duingebied gemiddeld genomen natter is geworden, vooral langs de infiltratiekanalen in de Oostduinen en in de noordelijke helft van de Middelduinen. Als gevolg hiervan is een deel van de oppervlakte duingrasland veranderd in natte duinvallei. De droge duingraslanden en struwelen maken nu 56 % uit van de totale oppervlakte.

In het kader van OINS zijn door maaien en beweiden, vooral in de Oostduinen, veel van de lage struwelen die in mozaïek met duingraslanden voorkwamen, veranderd in open duingrasland. Deze trend is goed te zien op de verspreidingskaarten van 1998 en 2014 (Figuur 4-10). De oppervlakte *droog, kalkrijk, voedselarm droog duingrasland (8)* is duidelijk toegenomen, ten koste van *droog, kalkrijk, matig voedselrijk grasland en struweel (11)*. Hierdoor is de kwaliteit van de droge duingraslanden verbeterd. De oppervlakte open duingrasland (typen 8 t/m 10) is toegenomen van 79,0 ha naar 94,3 ha. Het gestelde einddoel van 118,5 ha is dus niet gehaald. Dit heeft deels te maken met de ontwikkeling van droge duingraslanden naar *Vochtige en droge, voedselrijke graslanden (15)* als gevolg van vernatting in het noordelijke deel van de Middelduinen.

In Figuur 4-10 is de verspreiding van de duingraslanden en struweel afgebeeld. De oppervlakte van het type *droog, kalkrijk, voedselarm duingrasland (8)* is toegenomen van 14,9 ha naar 42,2 ha. Daarmee is het doel van 37,3 ha ruimschoots gehaald. De toename is vooral het gevolg van het verwijderen van struweel in combinatie met beweiding. Daarnaast heeft de vegetatiekartering van 2014 een beter inzicht gegeven in de kalkrijkdom van de bodem. Daardoor is hier en daar de typering wat betreft basenrijkdom van duingraslanden verschoven, vaak ten gunste van dit type. Kenmerkende soorten van dit type (Wondklaver, Driedistel, Nachtsilene, Blauwe bremraap) komen vooral voor in de Oostduinen. Wondklaver heeft zich sterk uitgebreid (Figuur 4-9).



Figuur 4-9: Verspreiding van enkele plantensoorten van de natuurdoeltypen droog, kalkrijk, voedselarm duingrasland (8) en droog, overgang kalkrijk/kalkarm, voedselarm duingrasland (9) voor (1990-1999 links) en na de herinrichting (2000-2013 rechts). Elke stip geeft het voorkomen van 1 of meer exemplaren aan.

Het type *droog, overgang kalkrijk/kalkarm, voedselarm duingrasland (9)* is iets toegenomen van 29,2 ha naar 32,0 ha. Hiermee is het einddoel van 43,4 ha niet gehaald. Dit type is zeer verspreid aanwezig, in de Oostduinen mede als gevolg van de vele vergravingen voor de waterwinning. In het noordelijk deel van de Middelduinen is dit type door vernatting afgenomen. Een kenmerkende soort als Ruwe klaver komt verspreid in het gebied voor (Figuur 4-9).

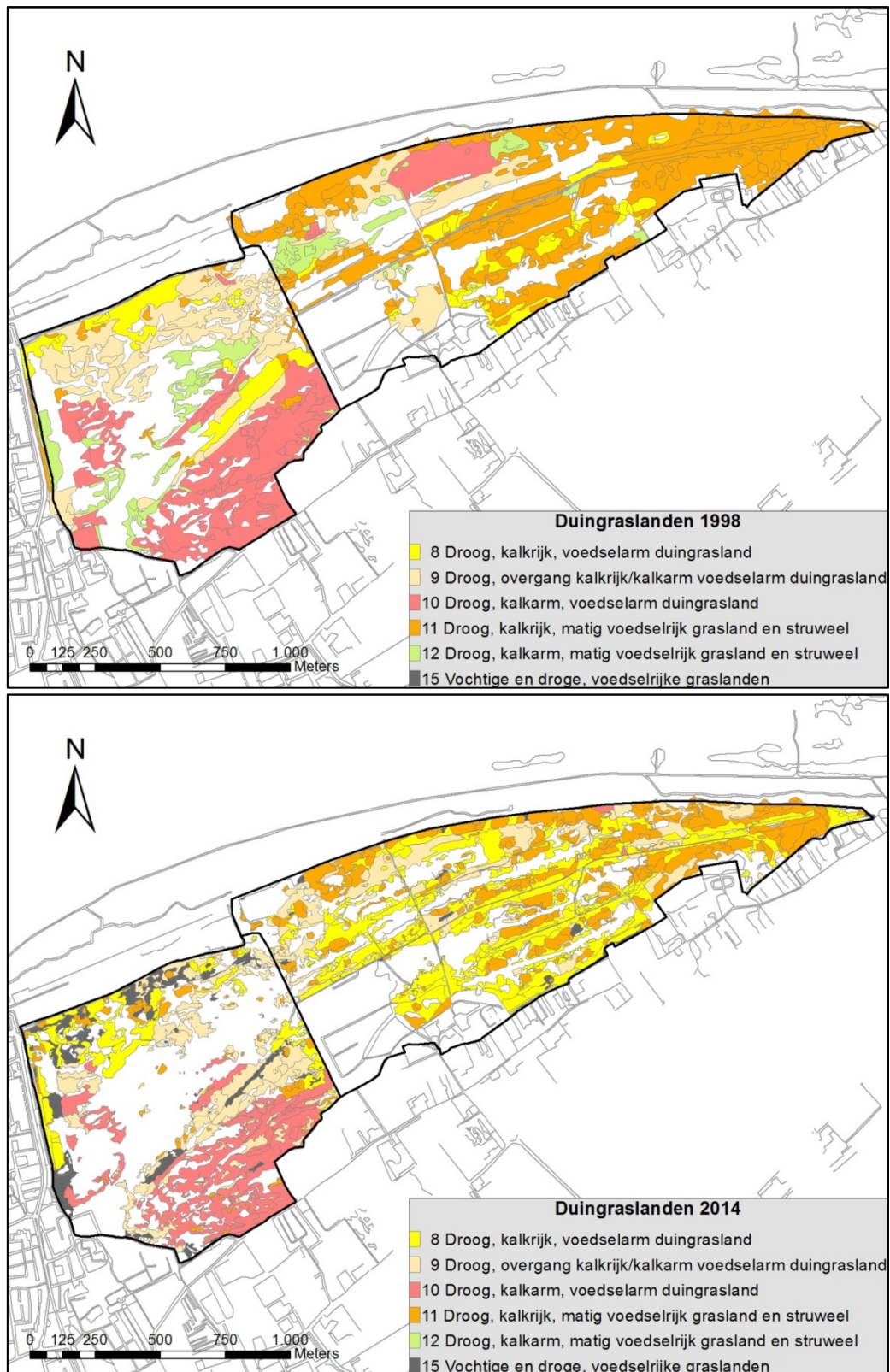
De oppervlakte van het type *droog kalkarm, voedselarm duingrasland (10)* is afgenomen van 34,8 ha naar 20,1 ha. Het doel van 37,8 ha is daarmee niet gehaald. Op grond van de nauwkeurige vegetatiekartering van 2014 blijkt het type in de Oostduinen minder voor te komen dan tijdens de minder nauwkeurige kartering in 1998. In de Middelduinen is in de kartering van 2014 een deel van de oppervlakte uit 1998 toegedeeld aan andere duingraslandtypen. De kwaliteit van type 10 is wel sterk verbeterd. Zandzegge vormde in de jaren '90 op veel plaatsen een dikke, viltige laag als gevolg van geen en geringe beweidingsdruk in de jaren '70 en '80 en als gevolg van eutrofiering door atmosferische stikstofdepositie. Door de hernieuwde beweiding en verhoogde beweidingsdruk in de jaren '90 is deze viltlaag opengeboken of op veel plekken ook verdwenen. De kalkarme duingraslanden hebben nu een groter aandeel kruiden en korstmossen.

De typen *droog, kalkrijk, matig voedselrijk grasland en struweel (11)* en *droog, kalkarm, matig voedselrijk grasland en struweel (12)* worden in de beschrijving samengenomen omdat voor beide geldt dat het onderscheid in kalkrijk en -arm in 2014 beter kon worden gemaakt dan in 1998. Gezamenlijk zijn ze afgenomen van 70,5 ha naar 30,3 ha. Daarmee nadert de toestand in 2014 dicht het einddoel van 33,5 ha. Veel van het struweel in deze natuurdoeltypen is verwijderd en omgevormd naar open duingrasland. Daardoor is het type *droog, kalkrijk, matig voedselrijk grasland en struweel (11)* overal minder geworden. Momenteel is het vooral in de Oostduinen versnipperd aanwezig. Het type *droog, kalkarm, matig voedselrijk grasland en struweel (12)* is in zijn geheel verdwenen en is veranderd in de typen van open duingrasland, en door vernatting ook in natte duinvalleien.

Het type *vochtige en droge voedselrijke graslanden (15)* kwam weinig voor en is in de Middelduinen ontstaan door vernatting als gevolg van het opzetten van het peil in de Enden en het stoppen van de onttrekking met drain 2 in de Middelduinen. Het betreft delen in het noordelijke en westelijke deel en ter plekke van het voormalige infiltratiekanaal (kanaal 4). Vaak heeft zich hier onder relatief nutriëntenrijke omstandigheden een vegetatie ontwikkeld met veel Biezenknoppen en Pitrus, die door het vee nauwelijks gegeten wordt. De voedselrijke omstandigheden hangen vermoedelijk samen met vernatting (valleien in de buurt van De Enden) en de vroegere eutrofiering in kanaal 4.



Foto 4-4: Aardtong (links) en Scharlaken wasplaat (rechts) in droog duingrasland. Duingraslanden in de Middel- en Oostduinen zijn rijk aan paddenstoelsoorten die gebonden zijn aan schrale graslanden (foto's Marten Annema).



Figuur 4-10: Ontwikkeling van natuurdoeltypen van duingraslanden (type 8 t/m 12) en vochtige tot droge voedselrijke graslanden (type 15). Boven de nulsituatie in 1998 en onder de situatie in 2014.

Droog tot vochtig bos (Figuur 4-11)

De oppervlakte van het type *Droog tot vochtig bos* (13) is toegenomen van 12,7 ha naar 14,7 ha. Dit is iets meer dan het verwachte einddoel van 13,1 ha. De trend wordt veroorzaakt door het langzaam uitdijen van het bestaande bos. Daarnaast is een aantal kleine locaties met struweel veranderd in bos door de uitbreiding van vooral Abeel, Gewone esdoorn en Zomereik.



Figuur 4-11: Ontwikkeling van natuurdoeltype Droog tot vochtig bos (type 13). Boven de nulsituatie in 1998 en onder de situatie in 2014.

Natte, voedselrijke ruigte en struweel (Figuur 4-12)

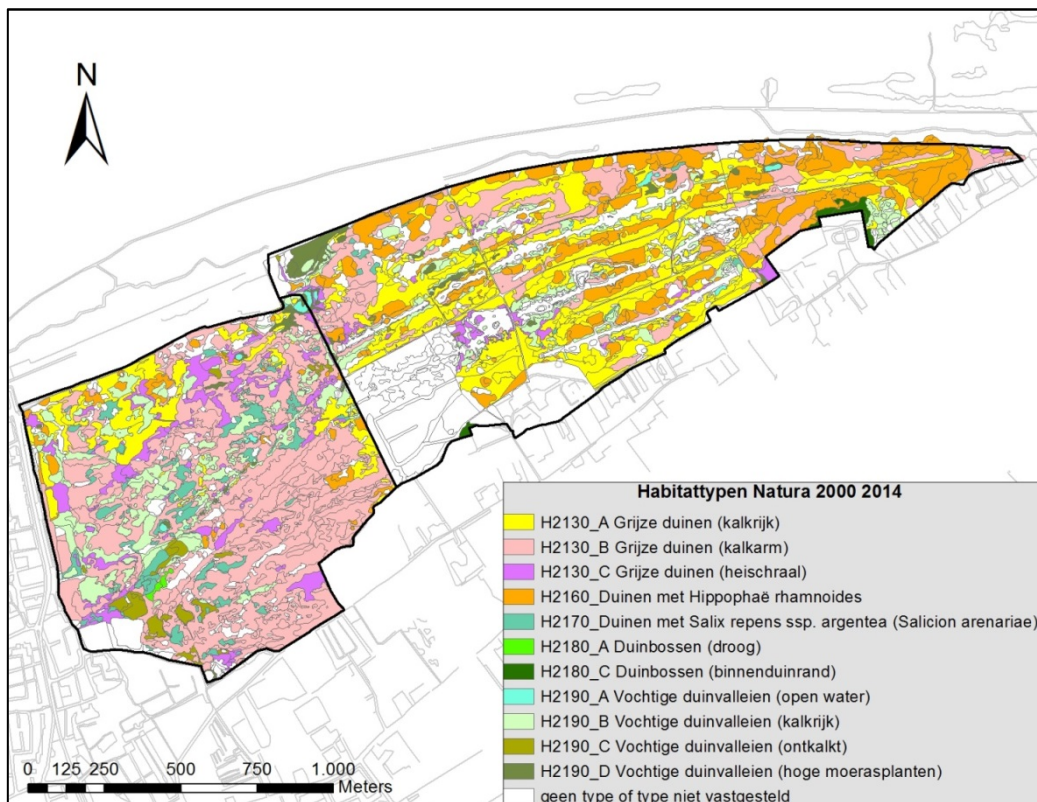
Aan het type *natte, voedselrijke ruigte en struweel* (14) zijn vegetatietypen van ruigten en struwelen toebedeeld die niet binnen de overige typen passen. Het natuurdoeltype heeft een zeer verspreid voorkomen. In 1998 vielen alle ruig begroeide oevers van de oude infiltratiekanalen hieronder. In het kader van OINS zijn deze oevers afgeplagd en ontstonden hier meestal duinvalleien. De oppervlakte van dit type is afgenomen van 7,1 ha naar 2,6 ha. In het einddoel zou dit type niet meer voorkomen, maar er zijn altijd nog lokaal ruigten in het gebied aanwezig. Ondanks dat het type geen doel was heeft het huidige versnipperde voorkomen in een matrix van korte vegetatie zijn waarde voor fauna.



Figuur 4-12: Ontwikkeling van natuurdoeltype Natte, voedselrijke ruigte en struweel (type 14). Boven de nulsituatie in 1998 en onder de situatie in 2014.

4.3 Natura 2000 habitattypen en soorten Habitatrichtlijn

Ten tijde en na de herinrichting in de Middel- en Oostduinen is in Nederland de Habitatrichtlijn van de EU in Nederland uitgewerkt voor gebieden die zijn geselecteerd als Habitatrichtlijngebied. Vanwege het voorkomen van duinhabitattypen zijn de Middel- en Oostduinen aangewezen als habitatrichtlijngebied binnen het Natura 2000 gebied *Duinen van Goeree en Kwade Hoek*. Het voorkomen van habitattypen binnen de Middel- en Oostduinen wordt hier in het kort besproken, zodat de effecten van de herinrichting en het beheer op de vegetatie in verband kunnen worden gebracht met de gebiedsspecifieke instandhoudingsdoelen voor deze habitattypen. De nauwkeurige vegetatiekartering van 2014 (Damm 2015) geeft een goed beeld van het voorkomen van habitattypen. De rapportage van deze kartering bevat ook een vertaling naar de habitattypen (Figuur 4-13).



Figuur 4-13: Het voorkomen van habitattypen in de Middel- en Oostduinen op basis van de vegetatiekartering van 2014 (Damm 2015). De witte vlakken hebben geen habitatype of het habitatype moet nog worden vastgesteld.

In Tabel 4-2 zijn de instandhoudingsdoelstellingen van de Middel- en Oostduinen weergegeven zoals die zijn vastgelegd in het Natura 2000 beheerplan (Provincie Zuid-Holland & Ministerie Infrastructuur en Milieu 2015). De genoemde oppervlakten gelden voor de Middel- en Oostduinen. In de kolom huidige situatie staat de uitgangssituatie zoals die in het beheerplan was ingeschat voor 2008. In de laatste kolom staat de gewenste situatie in 2020, wat tevens het lange termijn doel is. Hieronder worden de verschillen tussen de situatie van 2014 en die van 2008 en het lange termijn doel van 2020 besproken.

Tabel 4-2: De oppervlakte van habitattypen in de Middel- en Oostduinen in de situatie van 2008 en 2014 en voor het instandhoudingsdoel in 2020. Getallen tussen haakjes betreffen de mogelijk totaal aanwezige oppervlakte.

Instandhoudingsdoelen Middel- en Oostduinen	situatie (2008)		situatie 2014			doel 1e beheerplan- periode (2020) en lange termijn
	opp. (ha)	kwaliteit	opp. (ha)	kwaliteit		opp. (ha)
				goed	matig	
H2130A grijze duinen (kalkrijk)	59	goed	38	38		59
H2130B grijze duinen (kalkarm)	50	goed	64	33	31	50
H2130C grijze duinen (heischraal)	7	goed	9	9		7
H2160 duindoornstruwelen	5	goed	27	10	17	5
H2190A vochtige duinvalleien (open water)	2.6	goed	0.8 (1.6)	0.5 (1.3)	0.3	2.6
H2190B vochtige duinvalleien (kalkrijk)	16	goed	17	17		19
H2190C vochtige duinvalleien (ontkalkt)	14	goed	3	3		17
H2190D vochtige duinvalleien (hoge moerasplanten)	5	goed	2.7 (6.1)	2.1 (5.5)	0.2	6
Noordse woelmuis (H1340)	kwaliteitsverbetering via uitbreiding H2190 B en C					

Habitatype H2130 Grijze duinen

Tijdens de vegetatiekartering van 2014 bleek dat de habitatsubtypen H2130A Grijze duinen (kalkrijk) en H2130B Grijze duinen (kalkarm) niet altijd even duidelijk konden worden onderscheiden. Daarnaast komen ze binnen een karteervlak van vegetatiekarteringen vaak in mozaïek voor als gevolg van fijnschalige variatie in ontkalkingsdiepte. Er zou in 2020 109 ha aan kalkrijk en kalkarm duingrasland (H2130A + H2130B) moeten voorkomen. In 2014 is er 102 ha aanwezig, waarmee het oppervlakte-doel van 2020 bijna gehaald is. Van de 102 ha heeft 71 ha een goede kwaliteit en 33 ha matige kwaliteit. De kwaliteit is alleen gebaseerd op het voorkomen van kwalificerende plantensoorten. De kwalificerende soorten Duinviooltje, Kleine rupsklaver, Kleverige reigersbek en Ruwe klaver komen in dit gebied echter alleen voor in H2130A Grijze duinen (kalkrijk) en zijn daarom geen goede graadmeter voor de kwaliteit van habitatype H2130B Grijze duinen (kalkarm).

Van het habitatype H2130C Grijze duinen (heischraal) is voldoende oppervlakte van goede kwaliteit aanwezig. De verbetering van de kwaliteit van habitatype H2130C Grijze duinen (heischraal) blijkt uit een toename van Hondsviooltje. Deze soort nam door beweiding en plaggen sterk toe in de Middelduinen en verscheen daardoor in de Oostduinen. De orchideesoort Harlekijn, die zich normaal gesproken moeizaam uitbreidt, vestigde zich ook aan de rand van geplagde valleien in de Oostduinen (Figuur 4-14).



Figuur 4-14: Verspreiding van plantensoorten van heischraalgraslanden (habitatype H2130C Grijze duinen (heischraal)) voor 1990-1999 (links) en na de uitvoering van OINS 2000-2013 (rechts). Elke stip geeft het voorkomen van 1 of meer exemplaren aan.

Habitatype H2160 Duindoornstruwelen

Van dit habitatype is ruim voldoende oppervlakte van goede kwaliteit aanwezig. Dit mag zelfs nog minder worden en ten gunste van uitbreiding van habitatype H2130 Grijze duinen. De laatste 10 jaar gaat veel oppervlakte van dit type verloren door autonome ontwikkeling doordat het duindoornstruweel overwoekerd wordt door bramen.

Habitatype H2190 Vochtige duinvalleien

Van het habitatype H2190A Vochtige duinvalleien (open water) is in 2014 in ieder geval 0,8 ha aanwezig en maximaal 1,6 ha. Nader onderzoek moet uitwijzen hoeveel oppervlakte er nu precies voorkomt. Habitatype H2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk) van goede kwaliteit zijn in voldoende omvang in het gebied aanwezig en met 17 ha in 2014 is het doel van 19 ha vrijwel gerealiseerd. Van de oppervlakte H2190C Vochtige duinvalleien (ontkalkt) is in 2014 3 ha van de gewenste 14 ha aanwezig in het zuiden van de Middelduinen. Veel valleien in deze omgeving worden door de hoge basenrijkdom toegekend aan habitatype H2190B. Bij nader inzien blijkt in de Middelduinen minder potentie aanwezig te zijn voor habitatype H2190C en meer voor habitatype H2190B. Van de gewenste 5 ha habitatype H2190D Vochtige duinvallei (hoge moerasplanten) is nu 2,7 ha aanwezig, mogelijk zelfs 6,1 ha, afhankelijk of een deel van de met helofyten begroeide infiltratiekanalen ook tot dit type gerekend kunnen worden. De herinrichting van grote delen van de Middel- en Oostduinen en de daaraan gekoppelde fine-tuning van het waterstandsregime in het kader van Open Infiltratie Nieuwe Stijl, hebben in belangrijke mate bijgedragen tot het halen van de instandhoudingsdoelstellingen voor habitatype H2190 Vochtige duinvalleien.

H1340 Noordse woelmuis

In 2015 is onderzoek gedaan naar het voorkomen van de Noordse woelmuis op Goeree (Van Veen 2015). In een duinvallei met geschikt leefgebied in de Oostduinen is een vallenrij geplaatst, maar werden geen Noordse woelmuizen gevangen. In braakballen van uilen uit de omgeving worden wel veel Noordse woelmuizen gevonden.

H1903 Groenknolorchis (Foto 4-5)

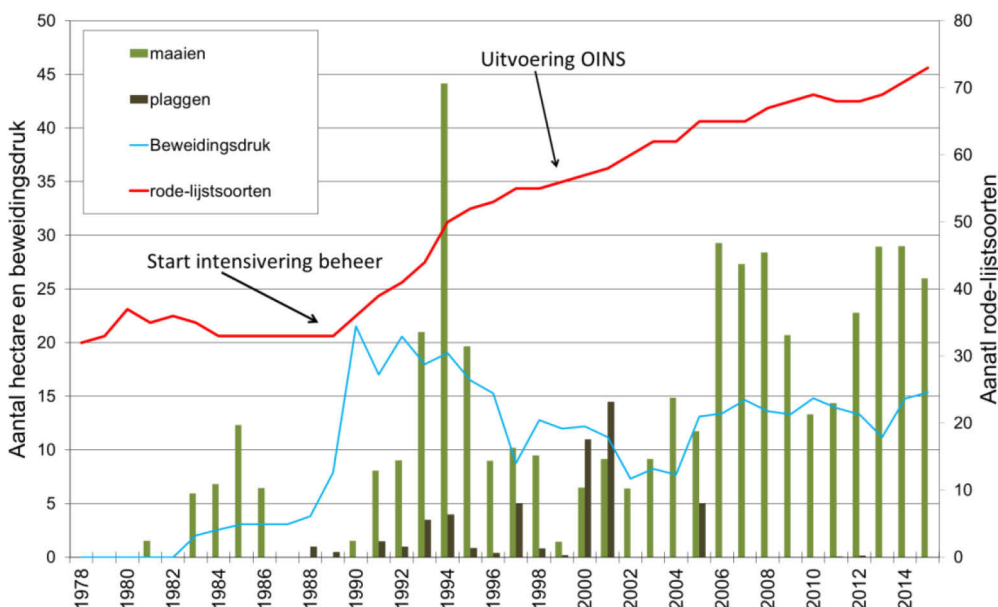
De Annex II Habitatrictlijn soort Groenknolorchis (*Liparis loeselii*), heeft zich in 2013 gevestigd in een geplagde vallei en op de bodem van een voormalig infiltratiekanaal. Sindsdien breidt ze zich jaarlijks uit.



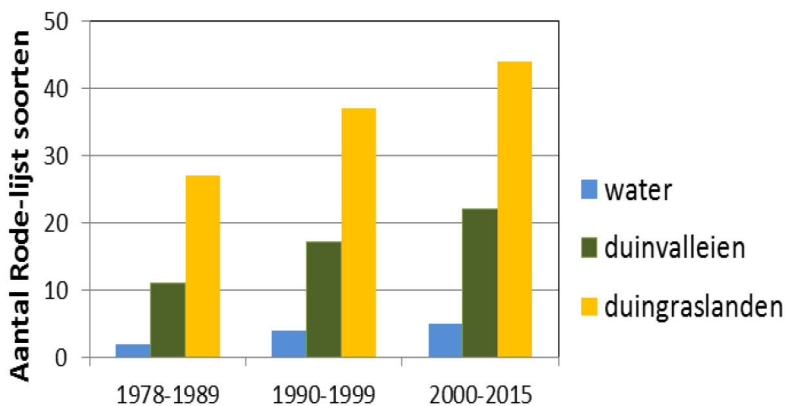
Foto 4-5: Groenknolorchis (*Liparis loeselii*) heeft zich in 2013 gevestigd in een vallei die in het kader van Open Infiltratie Nieuwe Stijl is geplagd (foto Marten Annema).

4.4 Ontwikkeling plantensoorten

Het aantal Rode-lijst soorten van hogere planten heeft de afgelopen decennia een opvallende ontwikkeling doorgemaakt die een sterke relatie heeft met het beheer en uitvoering van Open Infiltratie Nieuwe Stijl (Figuur 4-15). In de periode 1978 tot 1988 was het aantal Rode-lijst soorten stabiel rond de 20 soorten. Deze periode werd voorafgegaan door een periode zonder beweiding, zonder maai-beheer en zonder aangepaste waterwinning. De vegetatie in de duingraslanden en valleien was daardoor sterk verrijgd. Toen eind jaren '80 de beweidingdruk werd opgevoerd, het maai-beheer toenam en gestart werd met plaggen steeg het aantal Rode lijst-soorten gestaag. Deze stijging zette door in de periode dat de herinrichting werd uitgevoerd. In 2015 komen 73 verschillende Rode-lijst soorten voor en de stijgende trend is nog niet gestopt. Het totaal aantal aangetroffen Rode-lijst soorten over de gehele periode bedraagt 85. De langdurig stijgende trend van Rode-lijst soorten duidt op een gestage toename van de natuurkwaliteit.



Figuur 4-15: De samenhang tussen trends van het aantal hogere plantensoorten met een Rode-lijst indicatie (alle lijsten) en beheermaatregelen. Beheermaatregelen bestaan uit beweidingdruk (in GVE/100 ha/jr), de oppervlakte die jaarlijks gemaaid wordt (in ha) en de oppervlakte die geplagd wordt (in ha).



Figuur 4-16: Trends van het aantal Rode-lijst soorten van hogere planten (alle lijsten) voor open water, duinvalleien en graslanden in de periode voor uitvoering van alle maatregelen (1978-1989), in de periode van intensivering van beheer (1990-1999) en in de periode na de uitvoering van Open Infiltratie Nieuwe Stijl (2000-2015).

Rode-lijst soorten van watervegetaties

Van de totaal aanwezige Rode-lijst soorten in de Middel- en Oostduinen is dit de kleinste groep. Het aantal soorten is gestegen van 2 naar 5. Ondergedoken moerasscherm en Zilte waterranonkel waren altijd al in het gebied aanwezig en zijn dat nog. In 1994 verschenen Ongelijkbladig fonteinkruid en Stijve moerasweegbree. Al deze soorten zijn het sterkst in de Middelduinen vertegenwoordigd. In 2008 verscheen Groot nimfkruid in de infiltratiekanalen van de Oostduinen en deze soort breidde zich vanaf dan sterk uit.

Rode-lijst soorten van duinvalleien

Het aantal soorten uit deze groep is verdubbeld van 11 naar 22. Van al deze soorten is alleen Slanke duingentiaan verdwenen uit het gebied; het is niet duidelijk waardoor. Alle soorten komen voor in de kalkrijke duinvalleien en zijn het sterkst vertegenwoordigd in de Oostduinen. Zij hebben zich vooral gevestigd en uitgebreid door het plaggen van de valleien. Rode-lijst soorten van zure omstandigheden zijn niet aangetroffen.

Rode-lijst soorten van duingraslanden

Duingraslanden herbergen de meeste Rode-lijst soorten in het gebied. Het aantal soorten is gestegen van 27 in de periode 1978-1989 naar 44 in de periode 2000-2015, voornamelijk door maaien en beweiden. Het betreft hoofdzakelijk soorten van kalkrijke duingraslanden. Van de diep ontkalkte, zure duingraslanden zijn hier geen rode-lijst soorten bekend. Steenanjer, Kleine ruit, Liggende asperge, Absintalsem en Bilzekruid zijn in de loop der jaren verdwenen. Van Overblijvende hardbloem is niet duidelijk of deze nog aanwezig is.

4.5 Ontwikkeling broedvogels

4.5.1 Trends ecologische broedvogelgroepen

In Tabel 4-4 wordt de ontwikkeling van het aantal broedparen van de ecologische broedvogelgroepen weergegeven. De waargenomen broedvogelsoorten zijn in de tabel gegroepeerd naar clusters van ecologische vogelgroepen volgens Sierdsema (1995) om de invloed van de ingrepen en het beheer op de broedvogelpopulatie te kunnen beoordelen. In Tabel 4-5 worden de verwachte trends op basis van voorgenomen inrichtings- en beheermaatregelen vergeleken met de opgetreden trends. In deze beide tabellen zijn de gegevens opgenomen van de inventarisatie van de Oostduinen (105 hectare) en het zuidwestelijk deel van de Middelduinen (35 hectare). In deze beide gebieden werden als gevolg van de ingrepen grote veranderingen verwacht. In beide inventarisatiegebieden zijn in iedere periode alle soorten geïnventariseerd die in Tabel 4-3 worden genoemd. In 2009 en 2013 zijn ook nog andere soorten geïnventariseerd.

Over het algemeen is de verwachting uitgekomen of is de trend beter dan verwacht (stijgende trend i.p.v. afnemend of stabiel; stijgend i.p.v. dalend). Tegenvallende trends (dalend i.p.v. stabiel) betreffen vogelgroepen van pioniervegetaties, ruigten en akkers en voor de Oostduinen ook vogelgroepen van grazige vegetaties. In paragraaf 4.5.2 wordt de ontwikkeling per ecologische broedvogelgroep nader besproken.

Tabel 4-3: Geïnventariseerde broedvogelsoorten in de Middel- en Oostduinen.

Dodaars	Roerdomp	Kleine zilverreiger
Lepelaar	Grauwe gans	Bergeend
Smient	Wintertaling	Zomertaling
Pijlstaart	Slobeend	Krooneend
Tafeleend	Krakeend	Kuifeend
Bruine kiekendief	Havik	Boomvalk
Patrijs	Waterral	Porseleinhoen
Scholekster	Kluut	Kleine plevier
Bontbekplevier	Strandplevier	Kievit
Watersnip	Wulp	Grutto
Tureluur	Zomertortel	Velduil
IJsvogel	Draaihals	Zwarte specht
Kuifleeuwerik	Boomleeuwerik	Veldleeuwerik
Duinpieper	Graspieper	Gele kwikstaart
Engelse gele kwikstaart	Blauwborst	Gekraagde roodstaart
Paapje	Roodborsttapuit	Tapuit
Sprinkhaanzanger	Snor	Rietzanger
Grote karekiet	Baardmannetje	Buidelmees
Grauwe klauwier	Klapekster	Wielewaal
Geelgors	Grauwe gors	

Tabel 4-4: Trends van het aantal broedvogelsoorten per vogelgroep en per monitoringgebied in de jaren 1996-1998 (nulsituatie), 2001, 2003, 2005, 2009 en 2013.

Vogelgroepen naar Sierdsema 1995	Middelduinen						Oostduinen					
	O-situatie (1996-1998)	2001	2003	2005	2009	2013	O-situatie (1996-1998)	2001	2003	2005	2009	2013
Vogelgroepen van open water	2	8	3	1	4	14	10	34	41	52	59	53
Vogelgroepen van Riet- en andere verlandingsvegetaties	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	3	15
Vogelgroepen van pioniervegetaties, ruigten en akkers	16	15	14	10	9	3	27	42	26	17	13	11
Vogelgroepen van grazige vegetaties	28	35	41	32	50	40	18	36	34	40	25	18
Vogelgroepen van struiken, struwelen en heggen	2	3	5	7	9	4	21	16	14	26	22	20
Vogelgroepen van boomgroepen, open bos en bosranden en lijnvormige begroeiingen	1	1	1	2	3	3	2	3	5	8	11	7
Vogelgroepen van opgaand gesloten bos	0	1	0	1	2	1	7	7	9	9	10	8

Tabel 4-5: De waargenomen trends en verwachte trends volgens de grondwatervergunning van het aantal broedparen per cluster van broedvogelgroepen per monitoringgebied. De opgetreden trends worden gegeven voor verschillende perioden. MD is Middelduinen, OD is Oostduinen. Verklaring van de codes: = geen verandering, - afname, -- sterke afname, + toename, ++ sterke toename.

Vogelgroepen	0-situatie → 2005		2005 → 2009		2009 → 2013		0-situatie → 2013		verwachting volgens vergunning		trend ten opzichte van verwachting	
	MD	OD	MD	OD	MD	OD	MD	OD	MD	OD	MD	OD
Vogelgroepen van open water	=	++	+	=	++	=	++	++	afname	toename	toename in plaats van afname	volgens verwachting
Vogelgroepen van Riet- en andere verlandingsvegetaties	=	=	=	+	=	++	=	++	geen verandering	toename	volgens verwachting	volgens verwachting
Vogelgroepen van pioniervegetaties, ruigten en akkers	-	-	=	-	--	-	--	-	geen verandering	eerst toename, dan afname	afname in plaats van geen verandering	alleen afname
Vogelgroepen van grazige vegetaties	=	++	+	-	-	-	+	=	toename	toename	volgens verwachting	geen verandering in plaats van toename
Vogelgroepen van struiken, struwelen en heggen	+	+	=	-	-	=	+	=	geen verandering	afname	toename in plaats van geen verandering	geen verandering in plaats van afname
Vogelgroepen van boomgroepen, open bos en bosranden en lijnvormige begroeiingen	=	+	=	=	=	-	+	+	geen verandering	geen verandering	toename in plaats van geen verandering	toename in plaats van geen verandering
Vogelgroepen van opgaand gesloten bos	=	=	=	=	=	=	=	=	geen verandering	geen verandering	volgens verwachting	volgens verwachting

4.5.2 Beschrijving van de ecologische broedvogelgroepen

In deze paragraaf wordt de ontwikkeling van de onderscheiden broedvogelgroepen en van een aantal soorten uit die groepen besproken. Voor het jaar 2009 zijn alleen de soorten geïnventariseerd die worden genoemd in Tabel 4-3. Vanaf 2009 zijn ook nog een aantal extra soorten geïnventariseerd. In de tabellen van deze paragraaf worden de trends van alle geïnventariseerde soorten weergegeven, maar in de figuren zijn de broedvogelparenaantallen alleen gebaseerd op de soorten die in alle periodes zijn geïnventariseerd.

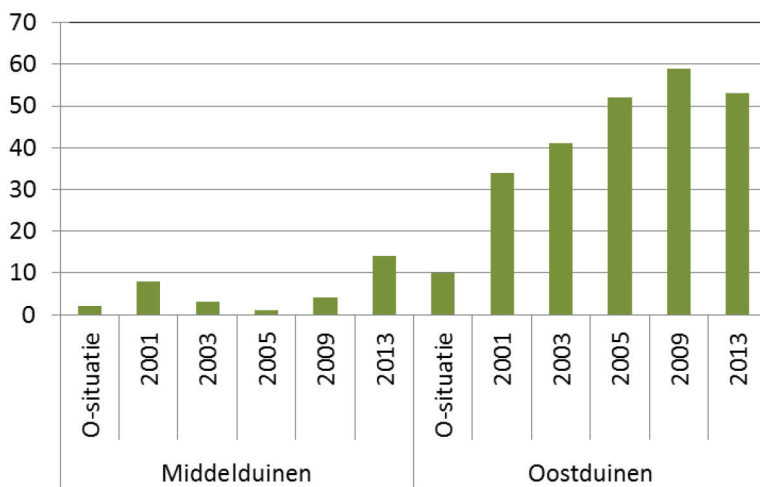
Vogelgroepen van open water (Figuur 4-17 en Tabel 4-6)

De broedvogelsoorten van open water zijn het sterkst toegenomen. Door de herinrichting zijn de infiltratiekanalen vergroot en is de hoge begroeiing langs de infiltratiekanalen weggehaald, waardoor meer open water aanwezig was. Door de voorzuivering is het water ook helder geworden. Vooral het aantal broedparen Dodaars nam meteen sterk toe en bleef na 2003 stabiel. De Slobeend nam tot 2005 sterk toe door het ontstaan van vochtige tot natte laagtes, maar daarna ook weer sterk af. Deze afname is mogelijk mede het gevolg van de toename van Riet. De Kuifeend nam tot 2003 sterk toe, maar halveerde daarna weer in aantal broedparen. Ook Grauwe gans, de Grote Canadese gans en de Nijlgans zijn in de onderzoeksperiode toegenomen, maar dat is meer het gevolg van de landelijke trend. Na jarenlange afwezigheid heeft de Tafeleend zich weer gevestigd met meestal twee paar.

In de Middelduinen is als gevolg van de ingrepen weinig veranderd. Voor deze groep is de waterstand in het voorjaar als gevolg van de neerslaghoeveelheden bepalend, bijvoorbeeld in het natte jaar 2001 was er een kleine toename. Vooral de inundatieduur van de laagst gelegen valleien is hiervoor bepalend. De Grauwe gans neemt wel toe, maar dit is het gevolg van de landelijke trend.

De toename van de soorten uit de vogelgroepen van open water in de Oostduinen is de eerste jaren vooral het gevolg van de toename van de verschillende eenden soorten. Vanaf 2003 nemen de aantallen broedende eenden sterk af en de aantallen broedende ganzen sterk toe (Figuur 4-18). Dit lijkt te wijzen op concurrentie om broedbiotoop.

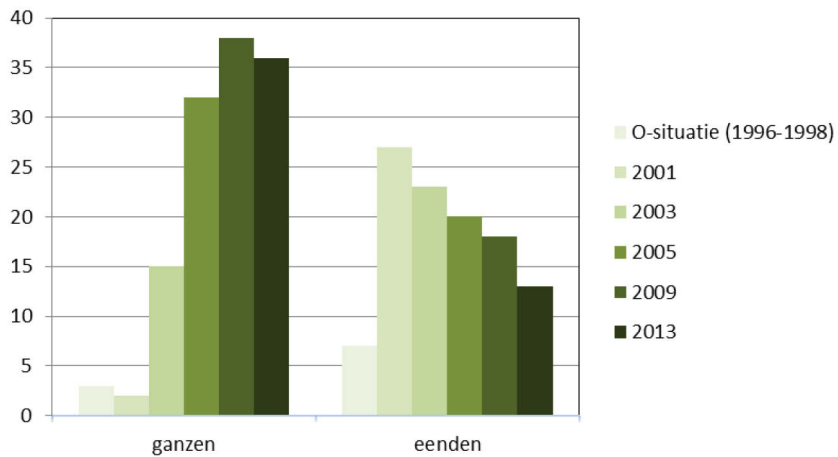
Hoogtepunt: zo nu en dan broed de Zomertaling weer in het gebied, in 2009 zelfs met drie paar!



Figuur 4-17: De ontwikkeling van het aantal broedparen van de vogelgroepen van open water in beide monitoringgebieden.

Tabel 4-6: De ontwikkeling van het aantal broedparen per soort van de vogelgroepen van open water per inventarisatiejaar en monitoringgebied. De 0 staat voor niet aanwezig, de - voor niet geïnventariseerd.

Vogelgroepen van open water		Middelduinen						Oostduinen					
Soort	Vogelgroep	O-situatie (1996-1998)	2001	2003	2005	2009	2013	O-situatie (1996-1998)	2001	2003	2005	2009	2013
Dodaars	Dodaars-groep	0	0	0	0	2	2	1	5	6	4	7	6
Grauwe gans	Slobeend-groep	0	0	0	1	0	9	2	2	11	27	32	32
Krakeend	Slobeend-groep	0	1	0	0	0	0	0	3	1	2	3	2
Krooneend	Slobeend-groep	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Pijlstaart	Slobeend-groep	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Slobeend	Slobeend-groep	1	4	3	0	1	1	2	5	5	9	2	1
Tafeleend	Slobeend-groep	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	2
Zomertaling	Slobeend-groep	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	3	0
Canadese gans	Kuifeend-groep	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	2
Kuifeend	Kuifeend-groep	1	3	0	0	0	1	4	18	16	7	8	8
Meerkoet	Kuifeend-groep	1	-	-	-	3	5	12	-	-	-	18	21
Nijlgans	Kuifeend-groep	0	-	1	0	0	1	1	-	4	5	4	2
Wilde eend	Kuifeend-groep	3	-	-	-	9	4	15	-	-	-	30	13
Ijsvogel	Ijsvogel-groep	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0



Figuur 4-18: Trends van het aantal broedparen van ganzen en eenden in de Oostduinen.

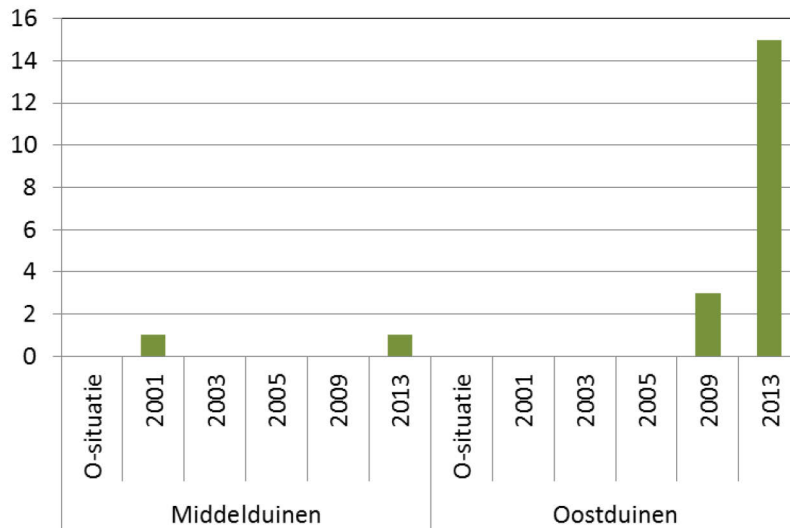
Vogelgroepen van riet en verlandingsvegetaties (Figuur 4-19 en Tabel 4-7)

In de Oostduinen namen Kleine karekiet, Rietgors en Rietzanger sterk toe nadat de vegetatie na het plaggen van de oevers van de infiltratiekanalen, de aangrenzende laagtes en de valleien zich verder ontwikkelde. Vooral de rietgroei in de infiltratiekanalen heeft deze sterke toename veroorzaakt, met name tussen 2009 en 2013. De seizoensbeweiding met afwezigheid van vee in de periode maart-mei draagt hier ook aan bij (zie paragraaf 2.4.1). In de Middelduinen is voor deze soorten nauwelijks broedgelegenheid door het ontbreken van permanent water met hoge moerasvegetatie van enige omvang.

Hoogtepunt: het vele waterriet bleek een geschikt biotoop voor de Roerdomp. Deze soort is voor de herinrichting nooit als broedvogel in het gebied waargenomen, maar broed nu jaarlijks met ten minste één en soms twee paar.



Foto 4-6: Het broedbiotoop van de Roerdomp in de Infiltratiekanalen (foto Marten Annema).



Figuur 4-19: De ontwikkeling van het aantal broedparen van de vogelgroepen van riet- en verlandingsvegetaties in beide monitoringgebieden.

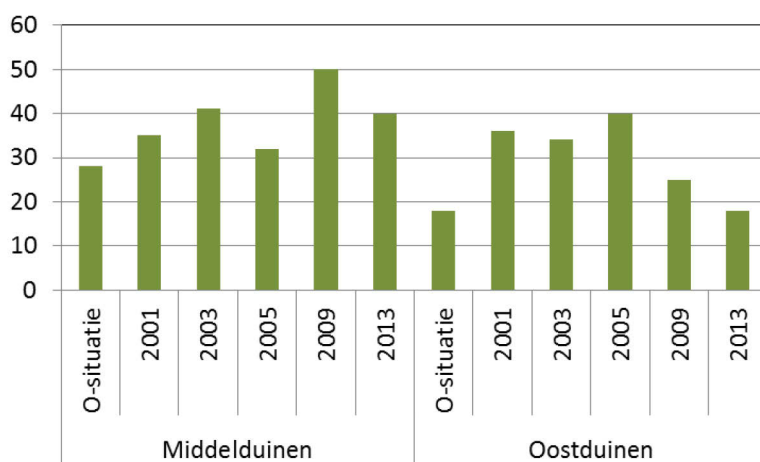
Tabel 4-7: De ontwikkeling van het aantal broedparen per soort van de vogelgroepen van riet- en verlandingsvegetaties per inventarisatiejaar en monitoringgebied. De 0 staat voor niet aanwezig, de - voor niet geïnventariseerd.

Vogelgroepen van riet- en andere verlandingsvegetaties		Middelduinen						Oostduinen					
Soort	Vogelgroep	O-situatie (1996-1998)	2001	2003	2005	2009	2013	O-situatie (1996-1998)	2001	2003	2005	2009	2013
Kleine karekiet	Roerdomp-groep	0	-	-	-	0	0	26	-	-	-	22	44
Roerdomp	Roerdomp-groep	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Bruine kiekendief	Rietzangergroep	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Rietgors	Rietzangergroep	0	-	-	0	0	0	3	-	-	7	10	12
Rietzanger	Rietzangergroep	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	10
Waterral	Rietzangergroep	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Waterhoen	Porseleinhoen-groep	0	-	-	-	0	1	2	-	-	-	8	1

Vogelgroepen van grazige vegetaties (Figuur 4-21 en Tabel 4-9)

In de Oostduinen zijn de Tureluur en de Kievit geleidelijk toegenomen tot 2005. Dit is vooral het gevolg van de tijdelijke pioniersituatie na het plaggen. Na 2005 zijn ze sterk afgenomen tot verdwenen door predatie en het steeds hoger worden van de struiken en bomen in de directe omgeving van de open broedplaatsen. De landelijke achteruitgang is waarschijnlijk ook van invloed. De stand van de Graspieper is verdubbeld door het maaien van de ruig begroeide terreindelen met opgaande struiken, waardoor hier geschikt broedbiotoop is ontstaan.

In de Middelduinen zijn de stand van de Veldleeuwerik en de Graspieper verdubbeld ten opzichte van 2001. Dit is het gevolg van het iets ruiger worden van de vegetatie (zie paragraaf 2.4.1).



Figuur 4-21: De ontwikkeling van het aantal broedparen van de vogelgroepen van grazige vegetaties in beide monitoringgebieden.

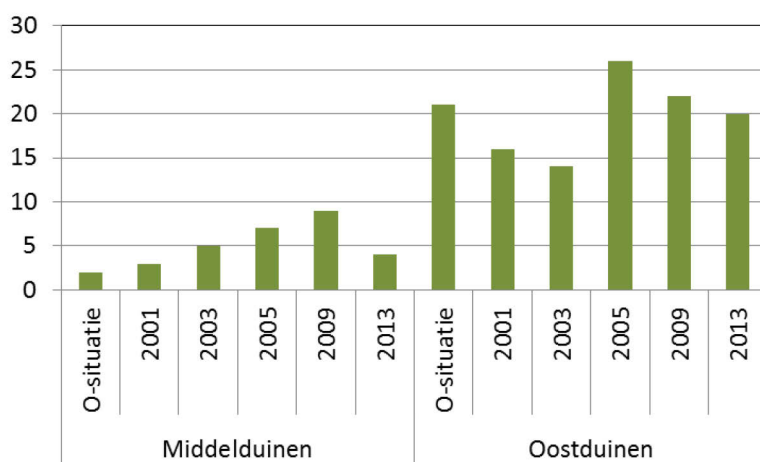
Tabel 4-9: De ontwikkeling van het aantal broedparen per soort van de vogelgroepen van grazige vegetaties per inventarisatiejaar en monitoringgebied. De 0 staat voor niet aanwezig, de - voor niet geïnventariseerd.

Vogelgroepen van grazige vegetaties		Middelduinen						Oostduinen					
Soort	Vogelgroep	O-situatie (1996-1998)	2001	2003	2005	2009	2013	O-situatie (1996-1998)	2001	2003	2005	2009	2013
Wintertaling	Zomertaling-groep	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0
Tureluur	Grutto-groep	0	2	3	1	0	2	1	1	6	6	1	0
Graspieper	Veldleeuwerik-groep	16	13	22	18	35	26	8	21	16	17	17	16
Kievit	Veldleeuwerik-groep	1	15	11	4	4	3	8	13	12	15	3	1
Veldleeuwerik	Veldleeuwerik-groep	1	5	5	9	11	9	1	1	0	2	4	1

Vogelgroepen van struiken, struwelen en heggen (Figuur 4-22 en Tabel 4-10)

In de Oostduinen zijn door de herinrichting veel ruig begroeide oevers van kanalen met de aangrenzende struwelen omgevormd naar korte vegetatie. Hierdoor zijn de soorten die van opgaand struweel afhankelijk zijn voor hun broedbiotoop, in de eerste jaren na herinrichting in aantal broedparen afgenomen. Door toename van struweel en ruige begroeiing in de latere jaren, nam een deel van de soorten weer wat toe. In Figuur 4-22 zijn alleen de trends van de Sprinkhaanzanger, de Roodborsttapuit en de Zomertortel opgenomen. Het totaal aantal broedparen van deze soorten is min of meer gelijk gebleven. De Zomertortel is afgenomen door het verdwijnen van een deel van vegetatie bestaande uit struiken en lage bomen en volgt ook de landelijke trend. De Roodborsttapuit is toegenomen. Deze soort heeft, evenals de Kneu, genoeg aan kleine struikjes in kruidenrijke vegetaties en dit biotoop heeft zich na de herinrichting weer ontwikkeld of gehandhaafd.

In de Middelduinen is weinig veranderd.



Figuur 4-22: De ontwikkeling van het aantal broedparen van Sprinkhaanzanger, Roodborsttapuit en Zomertortel die behoren tot de vogelgroepen van struiken, struwelen en heggen in beide monitoringgebieden.

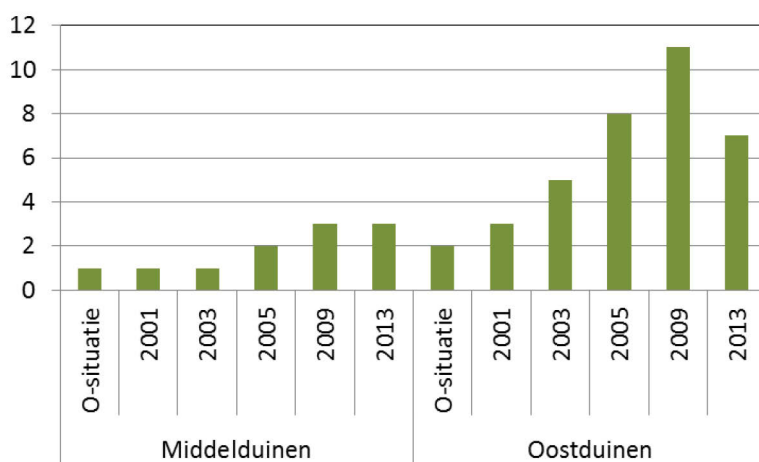
Tabel 4-10: De ontwikkeling van het aantal broedparen per soort van de vogelgroepen van struiken, struwelen en per inventarisatiejaar en monitoringgebied. De 0 staat voor niet aanwezig, de - voor niet geïnventariseerd.

Vogelgroepen van struiken, struwelen en heggen		Middelduinen						Oostduinen					
Soort	Vogelgroep	O-situatie (1996-1998)	2001	2003	2005	2009	2013	O-situatie (1996-1998)	2001	2003	2005	2009	2013
Sprinkhaanzanger	Rietgors-groep	0	1	1	1	2	0	6	8	5	11	8	7
Roodborsttapuit	Roodborsttapuit-groep	1	1	3	5	7	4	3	3	3	5	8	8
Bosrietzanger	Grasmusgroep	0	-	-	-	0	2	12	-	-	-	1	9
Braamsluiper	Grasmusgroep	2	-	-	0	0	2	18	-	8	5	9	5
Fitis	Grasmusgroep	10	-	-	-	3	8	-	-	-	-	41	43
Grasmus	Grasmusgroep	4	-	6	6	16	5	52	-	17	35	31	26
Heggemus	Grasmusgroep	2	-	-	-	1	3	76	-	-	-	40	33
Kneu	Grasmusgroep	3	-	-	-	5	3	28	-	-	-	16	22
Nachtegaal	Grasmusgroep	0	-	-	0	0	0	7	-	-	16	14	14
Spotvogel	Grasmusgroep	0	-	-	-	0	0	17	-	-	-	0	1
Tuinfluitier	Grasmusgroep	1	-	-	0	0	0	22	-	-	8	6	5
Goudvink	Winterkoning-groep	0	-	-	0	0	0	4	-	-	2	2	0
Mereel	Winterkoning-groep	2	-	-	-	2	7	-	-	-	-	30	31
Roodborst	Winterkoning-groep	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-	18	15
Staartmees	Winterkoning-groep	0	-	-	-	0	0	1	-	-	-	2	1
Winterkoning	Winterkoning-groep	2	-	-	-	0	1	-	-	-	-	35	20
Zanglijster	Winterkoning-groep	-	-	-	-	0	0	6	-	-	-	8	5
Zomertortel	Winterkoning-groep	1	1	1	1	0	0	12	5	6	10	6	5
Zwartkop	Winterkoning-groep	2	-	-	-	0	2	14	-	-	-	17	18

Vogelgroepen van boomgroepen, open bos en bosranden en lijnvormige begroeiingen (Figuur 4-23 en Tabel 4-11)

In het gebied is niet veel broedbiotoop voor soorten van deze vogelgroepen aanwezig en door de herinrichting is dat ook niet veranderd. In de Oostduinen is de samenstelling wel wat gewijzigd. Door de herinrichting is het rietmoeras in het 15 hectare grote bos in de Oostduinen door plaggen veranderd in open water. In dit water ligt nu een eiland begroeid met bomen. Op dit eiland heeft zich een kolonie van Blauwe reigers gevestigd. Na een toename tot 2009, nam het aantal broedparen weer af door het omwaaien van de bomen. De Cettiszanger heeft zich gevestigd en het aantal broedparen van de Zwarte kraai is toegenomen.

In de Middelduinen is nauwelijks iets veranderd. De Groene specht doet het goed door de vele mieren in het gebied.



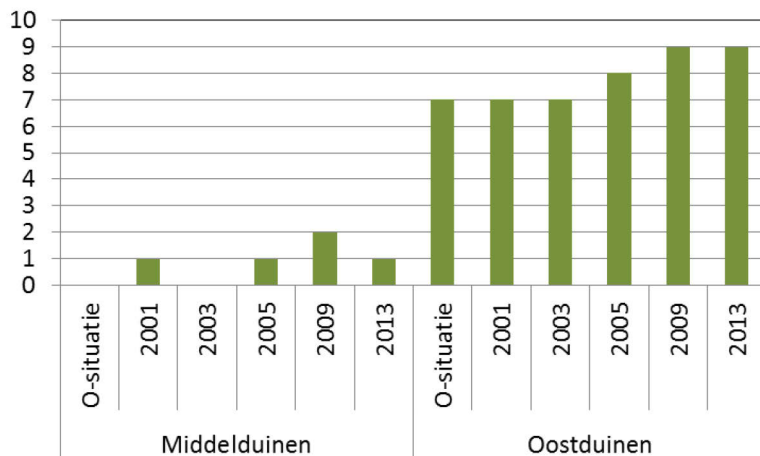
Figuur 4-23: De ontwikkeling van het aantal broedparen van de vogelgroepen van boomgroepen, open bos en bosranden en lijnvormige begroeiingen in beide monitoringgebieden.

Tabel 4-11: De ontwikkeling van het aantal broedparen per soort van de vogelgroepen van boomgroepen, open bos en bosranden en lijnvormige begroeiingen en per inventarisatiejaar en monitoringgebied. De 0 staat voor niet aanwezig, de - voor niet geïnventariseerd.

Vogelgroepen van boomgroepen, open bos en bosranden en lijnvormige begroeiingen		Middelduinen						Oostduinen					
Soort	Vogelgroep	O-situatie (1996-1998)	2001	2003	2005	2009	2013	O-situatie (1996-1998)	2001	2003	2005	2009	2013
Blauwe reiger	Buidelmees-groep	0	0	0	0	0	0	0	1	2	4	8	3
Cettis zanger	Buidelmees-groep	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Groene specht	Geelgors-groep	1	1	1	2	3	3	2	2	3	4	3	2
Ekster	Putter-groep	1	-	-	-	1	2	10	-	-	-	5	7
Putter	Putter-groep	-	-	-	-	0	0	-	-	-	-	1	0
Zwarte kraai	Putter-groep	1	-	-	-	2	1	1	-	-	-	6	7

Vogelgroepen van opgaand gesloten bos (Figuur 4-24 en Tabel 4-12)

De herinrichting heeft op de soorten uit deze vogelgroepen geen effect gehad. Het ouder worden van het bos wordt wel steeds meer van invloed. Hierdoor hebben zich Boomkruiper en Gekraagde roodstaart gevestigd. De Vink is sterk toegenomen. De Havik is door de landelijke trend een nieuwkomer.



Figuur 4-24: De ontwikkeling van het aantal broedparen van de vogelgroep van opgaand gesloten bos in beide monitoringgebieden.

Tabel 4-12: De ontwikkeling van het aantal broedparen per soort van de vogelgroep van opgaand gesloten bos begroeiingen en per inventarisatiejaar en monitoringgebied. De 0 staat voor niet aanwezig, de - voor niet geïnventariseerd.

Vogelgroepen van opgaand gesloten bos		Middelduinen						Oostduinen					
Soort	Vogelgroep	O-situatie (1996-1998)	2001	2003	2005	2009	2013	O-situatie (1996-1998)	2001	2003	2005	2009	2013
Gaai	Vink-groep	-	-	-	-	0	0	6	-	-	-	4	2
Houtduif	Vink-groep	-	-	-	-	0	0	-	-	-	-	6	11
Koolmees	Vink-groep	-	-	-	-	0	0	-	-	-	-	6	10
Ransuil	Vink-groep	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
Vink	Vink-groep	0	-	0	-	0	0	1	-	1	-	4	11
Fluiter	Appelvink-groep	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Houtsnip	Appelvink-groep	-	0	0	0	0	0	-	3	1	2	1	4
Tijffjaf	Appelvink-groep	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	18	24
Wielewaal	Appelvink-groep	0	1	0	1	0	1	1	1	3	3	2	1
Boomkruiper	Grote Bonte Specht-groep	0	-	0	-	0	0	0	-	1	-	1	1
Gekraagde roodstaart	Grote Bonte Specht-groep	-	-	-	-	0	0	-	-	-	-	0	1
Grote bonte specht	Grote Bonte Specht-groep	0	-	-	-	0	0	1	-	-	-	3	2
Pimpelmees	Kleine Bonte Specht-groep	-	-	-	-	0	0	-	-	-	-	2	4
Bosuil	Boomklever-groep	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0
Buizerd	Havik-groep	0	0	0	0	1	0	2	2	2	2	3	2
Havik	Havik-groep	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2
Sperwer	Havik-groep	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Boomvalk	Torenvalk-groep	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1
Torenvalk	Torenvalk-groep	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1

Verschenen en verdwenen broedvogelsoorten (Tabel 4-13)

De soorten die zich opnieuw in het gebied gevestigd hebben zijn vooral gebonden aan water en ouder wordend bos. De Boomleeuwerik is gebonden aan open terrein met boomgroepen, wat altijd al als biotoop aanwezig was. De vestiging van deze soort is het gevolg van de landelijke stijging. Van de verdwenen soorten hebben de Pijlstaart en het Paapje slechts een enkele maal in het gebied gebroed en worden ze nu als verdwenen beschouwd. De Wintertaling broedde voor de herinrichting elk jaar met een aantal paar in het gebied, maar de laatste tien jaar niet meer. Het verdwijnen van de Ransuil, de Bosuil en de Sperwer hebben waarschijnlijk te maken met de komst van de Havik. De Fluitslager heeft twee jaar in het gebied gebroed, maar daarna niet meer. De Kleine plevier is een echte pionier die de eerste jaren na de herinrichting geprofiteerd heeft van de openheid met veel kaal zand.

Tabel 4-13: Overzicht van verschenen en verdwenen broedvogelsoorten in De Middel- en Oostduinen.

Vestiging	Verdwenen	Verschenen en verdwenen
Tafeleend	Pijlstaart	Kleine plevier
Canadese gans	Tapuit	Fluitslager
Ijsvogel	Paapje	Bosuil
Roerdomp	Wintertaling	
Bruine Kiekendief	Ransuil	
Rietzanger	Sperwer	
Waterral		
Boomleeuwerik		
Blauwe rReiger		
Cettiszanger		
Boomkruiper		
Gekraagde Roodstaart		
Bosuil		
Havik		

5 Ontwikkeling van abiotiek en vegetatie in de meetraaien

5.1 Inleiding

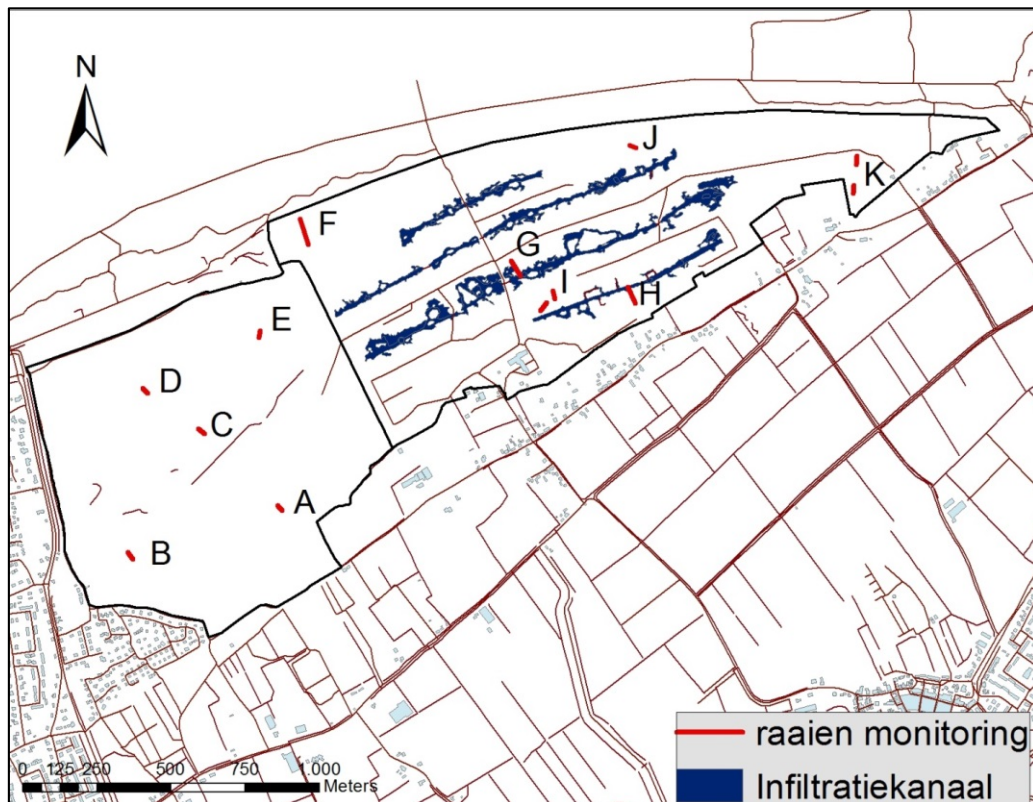
In de Middel- en Oostduinen zijn 11 op locaties meetraaien gesitueerd waar vegetatie, grondwaterstand, hydrochemie van het grondwater en bodemchemie zijn gevolgd tot en met het jaar 2013 (Figuur 5-1). De meetraaien verschillen in maatregelen en beheer dat is uitgevoerd (Tabel 5-1). De meetraaien bestaan uit een transect van gridcellen (voor het volgen van indicatieve plantensoorten), een of twee peilbuizen en vlak daarbij een permanent kwadraat (voor het volgen van de vegetatie, bodemchemie, bovengrondse biomassa, standing crop en NPK in de biomassa). Zie hoofdstuk 3 voor de aanpak van de monitoring en Figuur 3-3 voor de ruimtelijke opzet van de metingen. De resultaten in de meetraaien worden als volgt geëvalueerd. Allereerst worden de ontwikkelingen voor het grondwaterafhankelijke deel en (nagenoeg) grondwateronafhankelijke droge deel van de meetraaien gescheiden besproken. Deze verdeling komt grofweg overeen met enerzijds de ontwikkeling van duinvalleien en anderzijds die van droge duingraslanden. Voor de meeste meetraaien kon dit onderscheid worden gemaakt. Een beperkt aantal meetraaien hebben alleen grondwaterafhankelijke delen. Verder worden de meetraaien in clusters besproken. Clusters zijn onderscheiden op basis van: kalkrijkdom (kalkrijk: ondiep in de bodem kalk aanwezig die de wortelzone beïnvloed; kalkarm: bodem diep ontkalkt), invloed van geïnfilterd rivierwater (geen, afgenomen, aanwezig met duinwaterlens, sterk), ingrijpen in de bodem (wel of niet plaggen/ ondiep afgraven), beweiding (wel; nauwelijks; niet) en indien relevant voedselrijkdom (voedselarm; voedselrijk). Tabel 5-2 geeft een overzicht van de clustering.

Per cluster van meetraaien worden achtereenvolgens besproken:

- het einddoel voor het natuurtype;
- uitgevoerde herinrichtingsmaatregelen;
- uitgevoerde beheer;
- ontwikkeling vegetatie in de permanente kwadraat aan de hand van ecologische plantensoortgroepen, vegetatiestructuur; tevens wordt hier de trend van de bovengrondse biomassa (standing crop) en nutriëntenbeperking besproken (zie grafiek in bijlage 1);
- ontwikkeling van plantensoorten in de gridcellen;
- ontwikkeling van het waterstandsregime (zie grafiek in bijlage 1);
- ontwikkeling van de hydrochemie van het ondiepe grondwater (zie grafieken in bijlage 2);
- ontwikkeling van organische stof en basenchemie in de bodem (zie grafieken in bijlage 3);
- conclusie realisatie natuurdoel;
- interpretatie van de ontwikkelingen.

Tabel 5-1: Overzicht van de herinrichtings- en beheermaatregelen in de meetraaien.

raai	geplagd	beweid	gemaaid													
			1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
A	niet	ja												1		1
B	1992	ja													1	
C	2005	ja												1		
D	niet	ja		1						1			1			
E	niet	ja														
F	1989	ja										1				1
G	2000	ja					1			1		1		1		
H	1997	ja				1				1		1			1	
I1	niet	ja			1					1		1				
I2	1997	ja					1			1		1		1		
J	2001	ja								1		1			1	
K1	2000	nee				1				1	1	1	1	1	1	1
K2	2000	nee				1				1	1	1				



Figuur 5-1: Ligging van de meetraaien in de Middel- en Oostduinen.

Tabel 5-2: Overzicht van de clustering van meetraaien zoals die wordt besproken.

Grondwaterafhankelijk: duinvalleien						
kalkrijkdom bodem	kalkarm, diep ontkalkt			kalkrijk; invloed kalk in de wortelzone		
invloed infiltratiewater	niet	afgenomen	afgenomen	niet	wel met dunne duinwaterlens	sterk
plaggen	niet		geplagd			
beweidings	beweid			niet	beweid	nauwelijks
voedselrijkdom	voedselarm					voedselrijk
Meetraai	A	D, E	B, C	K	G, H, I en J	F

(Nagenoeg) grondwateronafhankelijk: duingraslanden				
kalkrijkdom bodem	kalkarm, diep ontkalkt	kalkrijk; invloed kalk in de wortelzone		
plaggen	niet		geplagd	
beweidings	beweid			niet
voedselrijkdom	voedselarm			
Meetraai	A, C en D	G en I	H en J	K

5.2 Overzicht van de ontwikkelingen

In Tabel 5-3 wordt een samenvatting gegeven in hoeverre einddoelen voor natuurtypen in de meetraaien worden gerealiseerd. Dit betreft de natuurdoelen in zowel de (grond)waterafhankelijke wateren en valleiden als de droge graslanden. Tevens is daar aangegeven welke range van abiotische condities voorkomen en hoe die veranderd zijn. In de meeste meetraaien is het einddoel voor het natuurtype gerealiseerd en is er ook vaak sprake van verbetering van de kwaliteit door veranderingen in de vegetatie. In een deel van de meetraaien speelt ook duidelijke vernatting een rol. Drie meetraaien (F, H, J) hebben gedeeltelijke realisatie van het natuurdoel waarbij moerasvorming met rietvegetatie al dan niet onder invloed van vernatting een rol speelt en ook lokale ontwikkeling van open water door vernatting. In meetraai C ontwikkelden zich tegen verwachting in basenminnende natuurtypen in plaats van matig basenrijke of kalkarme natuurtypen. Deze 'tegenvaller' geeft daarom ook gewenste natuurtypen.

Tabel 5-3: Overzicht van einddoelen natuurdoeltypen en de gerealiseerde natuurdoeltypen. Tevens wordt schematisch de ontwikkeling de range van het waterstandsregime, kalkrijkdom, zuurgraad, nutriëntenrijkdom en organische-stofgehalte in de meetraai weergeven.

Natuurdoeltypen	Raai A	Raai B	Raai C	Raai D	Raai E	Raai F
Einddoel (prognose)	5+9	5	5+10	5+9	5+9	3+4
1999 (aanwezig)	5+9	5	15+10	6+9	5+6	3+4
2003 (aanwezig)	5+9	5	6+10	5+9	5+6	3+4
2013 (aanwezig)	5+9	5	4+9	5+9	5+9	2+4
opmerking ontwikkeling	doel gehandhaafd; vegetatie duidt op verbetering kwaliteit	einddoel gerealiseerd met kwaliteitsverbetering	in vallei 4 i.p.v.5 en 9 i.p.v. 10 door hogere basenrijkdom dan verwacht	doel gerealiseerd, in valleideel meer basenminnende soorten; in 9 verbetering kwaliteit	doel gerealiseerd	2 i.p.v. 3 door verhoging peil de Enden, minder van 4

Waterstandregime

1A (aquatisch)						De Enden
1B (zeer nat)					Enden + OINS	
2 (nat)			Enden + plaggen			
3 (matig nat)				Enden + OINS		
4 (vochtig)						
5 (matig droog)						
6 (droog)						

Kalkrijkdom

1 (niet ontkalkt)						
2 (ontkalkingsdiepte >0 - 30 cm -mv)						
3 (ontkalkingsdiepte 30 - 60 cm -mv)						
4 (ontkalkingsdiepte >60 cm -mv)						

Zuurgraad

1 (basisch)						
2 (neutraal)						
3 (zwak zuur)						
4 (matig zuur)						
5 (zuur)						

Nutriëntenrijkdom

1 (oligotroof)						
2 (mesotroof)						
3 (zwak eutroof)						
4 (matig eutroof)						
5 (eutroof)						
6 (zeer eutroof)						

Organisch stofgehalte

1 (laag; < 3%)						
2 (matig hoog; 3-10 %)						
3 (hoog; 10-30 %)						

Legenda

Indicatie realisatie einddoel

- volledig gerealiseerd
- gedeeltelijk gerealiseerd
- niet gerealiseerd

Ranges voor abiotiek

- klasse aanwezig
- oorzaak klasse ontstaan door vermatting; tekst geeft oorzaak aan
- klasse verdwenen door maatregelen

Natuurdoeltypen

1	basenrijke voedselarme watervegetatie
2	basenrijke voedselrijke watervegetatie en moeras
3	natte basenrijke voedselrijke duinvallei
4	natte basenrijke voedselarme duinvallei
5	natte matig basenrijke voedselarme duinvallei
6	natte matig basenrijke matig voedselrijke duinvallei
7	natte basenarme voedselarme duinvallei
8	droog kalkrijk voedselarm duingrasland
9	droog overgang kalkrijk/kalkarm voedselarm duingrasland
10	droog kalkarm voedselarm duingrasland
11	droog kalkrijk matig voedselrijk grasland en struweel
12	droog kalkarm matig voedselrijk grasland en struweel
13	droog tot vochtig bos
14	natte voedselrijke ruigte en struweel
15	vochtige en droge voedselrijke graslanden

Vervolg tabel 5-3

Natuurdoeltypen	Raai G	Raai H	Raai I	Raai J	Raai K
Einddoel (prognose)	2+3+4+8	1+4+8	4+8	3+4+12	4+8
1999 (aanwezig)	2+3+8	1+4+8	3+8	3+12	3+11
2003 (aanwezig)	2+4+8	1+4+8	4+8	1+4+12	4+8
2013 (aanwezig)	2+4+5+8	2+4+8	2+4+8+9	1+4+8	4+8
opmerking ontwikkeling	doel gerealiseerd, 4 wel minder goed ontwikkeld door inundatie en hoge voedselrijkdom; in 8 verrijking	2 i.p.v. 1 door moerasvorming	ontwikkeling van 2 door niet maaien; in 8 verbetering kwaliteit	3 veranderd in 1 door vernatting; 12 is door plaggen en beheer 8 geworden	in 4 en 8 toename kwaliteit

Waterstandregime

1A (aquatisch)					
1B (zeer nat)				OINS	OINS
2 (nat)					
3 (matig nat)					
4 (vochtig)					
5 (matig droog)					
6 (droog)					

Kalkrijkdom

1 (niet ontkalkt)					
2 (ontkalkingsdiepte >0 - 30 cm -mv)					
3 (ontkalkingsdiepte 30 - 60 cm -mv)					
4 (ontkalkingsdiepte >60 cm -mv)					

Zuurgraad

1 (basisch)					
2 (neutraal)					
3 (zwak zuur)					
4 (matig zuur)					
5 (zuur)					

Nutrientenrijkdom

1 (oligotroof)					
2 (mesotroof)					
3 (zwak eutroof)					
4 (matig eutroof)					
5 (eutroof)					
6 (zeer eutroof)					

Organisch stofgehalte



1 (laag; < 3%)					
2 (matig hoog; 3-10 %)					
3 (hoog; 10-30 %)					

Legenda

Indicatie realisatie einddoel

	vollig gerealiseerd
	gedeeltelijk gerealiseerd
	niet gerealiseerd

Ranges voor abiotiek

	klasse aanwezig
	klasse ontstaan door vernatting; tekst geeft oorzaak aan
	klasse verdwenen door maartregelen

Natuurdoeltypen

1	basenrijke voedselarme watervegetatie
2	basenrijke voedselrijke watervegetatie en moeras
3	natte basenrijke voedselrijke duinvallei
4	natte basenrijke voedselarme duinvallei
5	natte matig basenrijke voedselarme duinvallei
6	natte matig basenrijke matig voedselrijke duinvallei
7	natte basenarme voedselarme duinvallei
8	droog kalkrijk voedselarm duingrasland
9	droog overgang kalkrijk/kalkarm voedselarm duingrasland
10	droog kalkarm voedselarm duingrasland
11	droog kalkrijk matig voedselrijk grasland en struweel
12	droog kalkarm matig voedselrijk grasland en struweel
13	droog tot vochtig bos
14	natte voedselrijke ruigte en struweel
15	vochtige en droge voedselrijke graslanden

5.3 Duinvalleien

5.3.1 Duinvallei, kalkarme bodem, geen infiltratie, geplagd, beweid: Meetraai A

Meetraai A ligt in een valleitje in het zuidelijke deel van Middelduinen. De hele meetraai is matig nat tot droog. Hier wordt het grondwaterafhankelijk deel besproken. Door een ligging ten zuiden van drain 2 heeft hier geen sterke toestroming van geïnfiltrerd oppervlaktewater plaatsgevonden vanuit vloeiveld 4.

Einddoel

Voor het grondwaterafhankelijke deel in het valleitje is het einddoel *Natte, matig basenrijke, voedselarme duinvallei* (type 5).

Maatregelen i.v.m. OINS

Er zijn geen interne herstelmaatregelen uitgevoerd in het kader van OINS. Door de reductie van de diepe winning wordt een kleine stijging (<5 cm) van het grondwater verwacht. In verband met het ontmantelen van Drain 2 (1999) en stoppen van de infiltratie in Vloeiveld 4 (1994) wordt een daling van ongeveer 5 cm verwacht. De invloed van OINS zal dus nihil zijn.

Beheer

De vallei wordt beweid en er is niet geplagd. In 2010 en 2012 is de vegetatie gemaaid met de maaizuigcombinatie.

Vegetatie PQ

De vegetatie behoort tot de Associatie van maanvaren en vleugeltjesbloem (*Botrychio-Polygaletum*). Soorten van droog, voedselarm, basenarm duingrasland hebben een hoog aandeel en die van droge voedselrijke graslanden tijdelijk. De bedekking van soorten van heischraalgrasland neemt toe. De bedekking van duinvalleisoorten (basenarm en indifferent voor zuurgraad) fluctueert sterk. Deze is hoog in natte jaren. De bedekking van de kruidlaag is hoog en neemt in loop der tijd toe. De bedekking van strooisel en de hoeveelheid bovengrondse biomassa neemt eerst toe en daalt vervolgens sterk als gevolg van maaibeheer. De N/P ratio van de vegetatie fluctueert rond de waarde 14.5 wat kan duiden op afwisselend N en P limitatie. De K beschikbaarheid neemt toe.

Plantensoorten in de grids

Soorten van het heischraalgrasland zijn goed vertegenwoordigd en Voorjaarszegge neemt toe. Tandjesgras fluctueert en heeft de hoogste presentie in droge jaren. Drienervige zegge (natte, voedselarme duinvalleien) neemt geleidelijk toe. Natte, basenminnende graslandsoorten als Moerasrolklaver, Kale jonker en Ruw walstro nemen toe.

Tabel 5-4: De frequentie van plantensoorten in de gridcellen (%) van plantensoorten in het grondwaterafhankelijke deel van meetraai A. Als een waarde ontbreekt is de soort dat jaar niet opgenomen. De soorten zijn gegroepeerd op basis van ecologische soortgroepen.

Raai	Soort	1999	2001	2003	2005	2009	2013
	heischraalgrasland						
A	Voorjaarszegge	9	12	21	21	21	31
A	Tandjesgras	37	19	57	77	20	24
A	Tormentil					37	74
A	Hondsviooltje					13	24
	natte duinvallei voedselarm basenarm						
A	Drienervige zegge	7	13	22	26	34	51
	nat grasland voedselrijk						
A	Kale jonker	0	0	0	0.6	18	76
A	Ruw walstro				0	0.6	2.2
A	Moerasrolklaver	0	1.1	2.8	6	8	11

Grondwaterstand

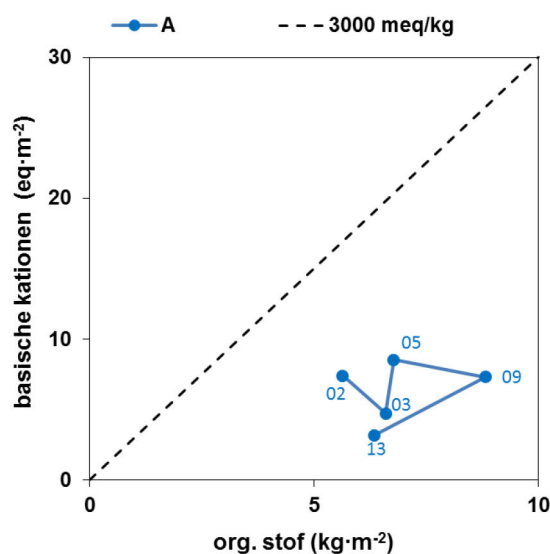
Op de peilbuislocatie heersen matig natte tot matig droge omstandigheden en er treedt meestal geen inundatie op. Sinds 2001 zijn de hoogste standen afgenomen waardoor de laatste jaren geen inundatie meer optreedt. In de zomer van 2003 en het najaar van 2005 zakt de grondwaterstand het meest diep weg. De daling wordt in belangrijke mate veroorzaakt door het neerslag-verdampingspatroon. De lage stand in de zomer van 2003 hangt samen met een laag neerslag/verdampingoverschot en de lage stand in het najaar 2005 met een tijdelijke innamestop en grotere onttrekking van diep grondwater in combinatie met een laag neerslag/verdampingoverschot. Ontmanteling van drain 2 en vloeiveld 4 heeft in de jaren '90 voor een trendmatige daling gezorgd in dit deel van de Middelduinen. De herinrichting van de Enden in 2007 gaat samen met een geringe stijging van 0.04 m (tijdreeksanalyse).

Hydrochemie

Het grondwater is basenrijk en heeft een laag Cl- en SO₄-gehalte en er treden geen grote veranderingen op. Het P-gehalte is relatief laag en tussen 2001 en 2013 geleidelijk afgenomen wat kan samenhangen met het stoppen van de infiltratie in de Middelduinen.

Organische stof en basenchemie bodem

De bodemtoplaag is kalkarm en het organisch stofgehalte is relatief hoog en fluctueert enigszins zonder trendmatig te veranderen. De pH_{H2O} zit in het matig tot zwak zure bereik en fluctueert ca. 1 eenheid. De ratio basische kationen/ organische stof neemt netto af gedurende de meetperiode, maar de trend is niet overduidelijk. De totale buffercapaciteit is matig hoog. Al met al vertoont de basenhuishouding geen duidelijke trend (Figuur 5-2).



Figuur 5-2: Ontwikkeling van de voorraad organische stof en basische kationen in de bodemtoplaag van de valleivegetatie in meetraai A (niet geplagd). De stippellijn geeft de kationadsorptiecapaciteit van 3000 meq/kg aan (= 3 eq/kg) van goed gehumificeerde organische stof. Een verschuiving omhoog richting de stippellijn geeft toename van de basenverzadiging aan en visa versa.

Doelrealisatie in 2014

Het einddoel *natte, matig basenrijke, voedselarme duinvallei (type 5)* was in het begin aanwezig en heeft zich gehandhaafd. De vegetatieontwikkeling duidt op verbetering van de kwaliteit.

Interpretatie

Het waterstandsregime is tijdens de meetperiode weinig veranderd. De schommelingen in soortensamenstelling hangen samen met fluctuaties in grondwaterstand (natte en droge jaren) en het beheer. De hydrochemie van het ondiepe grondwater onder de wortelzone is nauwelijks veranderd. De chemische samenstelling duidt op de aanwezigheid van duingrondwater. De bodem is zwak gebufferd en de basenchemie is onderhevig aan schommelingen zonder een duidelijke trend te vertonen. In de oude bodem is het organisch stofgehalte matig hoog en verandert niet trendmatig. Heischrale soorten en natte basenminnende hooilandsoorten nemen toe. De hoeveelheid biomassa en bedekking van de kruidlaag wordt beïnvloed door het beheer. Het perspectief voor het einddoel, natte matig basenrijke voedselarme duinvallei (type 5), is goed wegens de stabiele, gunstige abiotische condities.

5.3.2 Duinvallei, kalkarme bodem, invloed infiltratiewater afgenomen, niet geplagd, beweid: meetraai D en E

De valleien met meetraai D en E liggen in het noordelijke deel van de Middelduinen. Alhoewel ze op enige afstand (250-350 m) verwijderd zijn van vloeiveld 4 werd in het verleden de kwaliteit van het freatische grondwater beïnvloed door afstroming van geïnfiltreerd oppervlaktewater. Door hun dichte ligging bij de Enden (200 m) had de ontwikkeling van de waterhuishouding van De Enden ook invloed het waterstandsregime van deze valleien. Hier worden de lage, grondwaterafhankelijke delen van deze meetraaien besproken

Einddoel

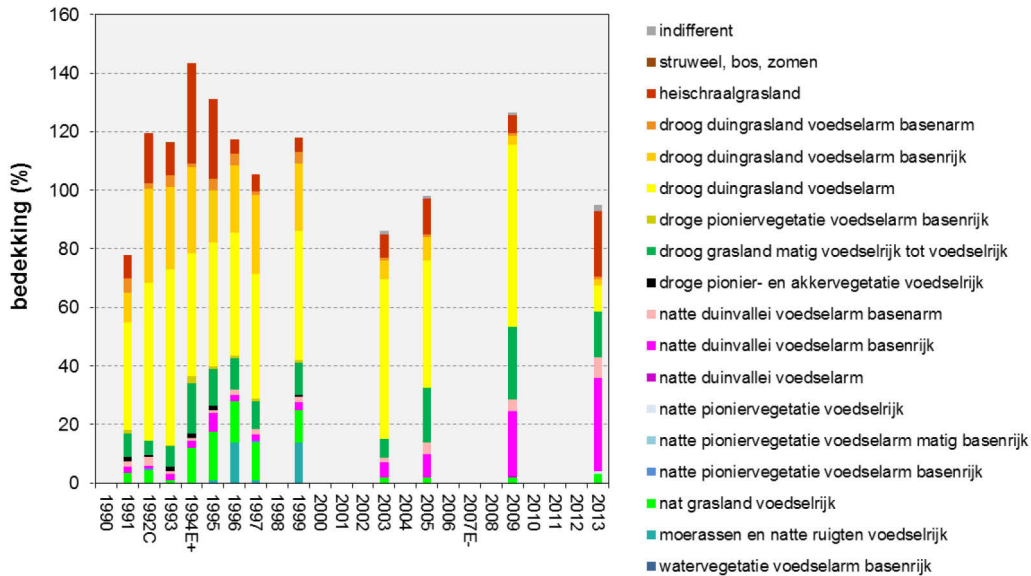
Grondwaterafhankelijk deel van meetraai D en E: *natte matig basenrijke voedselarme duinvallei (type 5)*.

Maatregelen i.v.m. OINS

Door het stoppen van de infiltratie in vloeiveld 4 is de toestroming van geïnfiltreerd oppervlaktewater gestopt. Als gevolg van het ontmantelen van drain 2 (1999) wordt een daling van de zomerstand verwacht en een langere inundatie in de winterperiode.

Beheer

De valleien worden beweid. De meetraai D is gemaaid met de maaizuigcombinatie in 1994, 2000, 2005 en 2007. De meetraai E slechts eenmaal in 1992.



Figuur 5-3: Ontwikkeling van de bedekking van ecologische plantensoortgroepen op locatie E3 in meetraai E. De totale bedekking kan meer dan 100% zijn door het overlap in bedekking van soorten. Vooral vaatplanten en mossen overlappen in bedekking.

Ontwikkeling van de bedekking van ecologische plantensoortgroepen op locatie E3 in meetraai E. De totale bedekking kan meer dan 100% zijn door het overlap in bedekking van soorten. Vooral vaatplanten en mossen overlappen in bedekking.

Vegetatie PQ

In beide valleien hebben soorten van heischraalgraslanden een belangrijk aandeel dat aan schommelingen onderhevig is. Daarbij treedt in meetraai E na een duidelijke vernatting sinds 1998 een afname op van deze soortgroep ten gunste van natte duinvalleisoorten van basenrijke en basenarme omstandigheden (Figuur 5-3). In meetraai D is het aandeel van zulke duinvalleisoorten sinds 2001 hoog en dat wordt vooral bepaald door een hoog aandeel van Blauwe zegge. Soorten van natte, voedselrijke graslanden verdwijnen vrijwel geheel en die van droge, (matig) voedselrijk graslanden hebben een wisselend aandeel in meetraai E en een toenemende trend in meetraai D. Opvallend is de sterke afname van soorten van droge, voedselarme duingraslanden tussen 2009 en 2013. Dit gebeurt in een periode met hoge grondwaterstanden en langdurige inundatie. De hoeveelheid biomassa in het groeiseizoen fluctueert en is voor beide valleien vrij sterk met elkaar gecorreleerd. Het frequentere maaibeheer in meetraai D lijkt de hoeveelheid standing crop niet te verminderen. De bedekking van kruiden + lage kruipwilg is hoog. In meetraai D wordt de bedekking van lage struweel (Kruipwilg) sterk verminderd na maaibeheer. De ontwikkeling van nutriëntenratio's in de bovengrondse biomassa is voor beide valleien min of meer gelijk. De N/P ratio fluctueert rond de waarde 14.5 wat kan duiden op een afwisseling van N en P beperking. De K-beschikbaarheid neemt toe na verloop van tijd.

Plantensoorten in de grids

Meetraai D: Soorten van heischraalgraslanden nemen toe tot en met 2009 of verschijnen. Daarna nemen de meeste soorten af. Zwarte zegge/ Drienvrige zegge (natte, voedselarme duinvalleien) neemt toe. Van de soorten van voedselarme, basenrijke duinvalleien komt alleen Knopbies met een lage presentie voor en verschijnt Vlozegge. Pioniersoorten van nat, voedselarm basenrijk milieu hebben een wisselvallig voorkomen. Dwergglas vertoont daarbij grote fluctuaties in presentie.

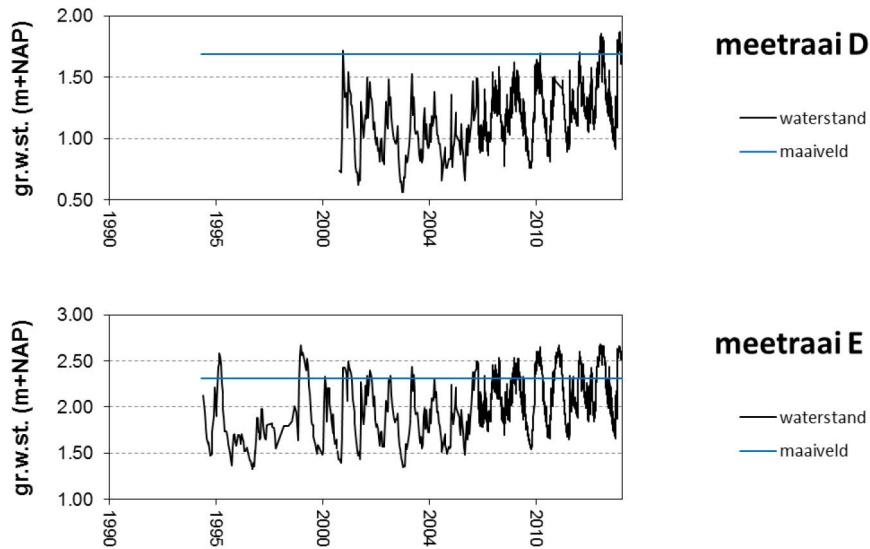
Meetraai E: Grote tijm (droge, kalkrijke, voedselarme duingraslanden) neemt af. De meeste heischrale soorten hebben een enigszins fluctuerende presentie en vertonen de laatste jaren een sterke afname in de periode dat de locatie is vernat. Kale jonker en Ruw walstro (natte voedselrijke, basenrijke graslanden) komen met wisselende presentie voor. Pioniersoorten van nat, voedselarm basenrijk milieu hebben een wisselvallig voorkomen. Knopbies (natte basenrijke voedselarme duinvalleien) is lange tijd met vrij hoge presentie aanwezig en neemt tussen 2009 en 2013 af.

Tabel 5-5: De frequentie van plantensoorten in de gridcellen (%) van plantensoorten in het grondwaterafhankelijke deel van meetraai D en E. Als een waarde ontbreekt is de soort dat jaar niet opgenomen. De soorten zijn gegroepeerd op basis van ecologische soortgroepen.

Raai Soort	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1999	2001	2003	2005	2009	2013
heischraalgrasland													
D Trilgras								0	0	0	0	82	16
D Voorjaarszegge								0	0	0	0	38	50
D Knoopkruid								0	0.8	7	7	16	1.7
D Tandjesgras								38	60	83	90	96	75
D Hondsviooltje												38	1.7
nat grasland voedselrijk													
D Kale jonker								0	0	0	0	8	0.8
natte duinvallei voedselarm													
D Drienervige zegge + Drienervige zegge x Zwarte zegge								19	24	19	33	52	60
natte duinvallei voedselarm basenrijk													
D Vlozegge								0	0	0	0	1.7	3.3
D Knopbies								2.5	5	4.2	3.3	9	13
natte pioniervegetatie voedselarm basenrijk													
D Dwergbloem								6	16	0	1.7	0	0
D Dwergzegge								0.8	5	1.7	0	0	0
D Dwergvlas								36	71	0	42	10	0
droog duingrasland voedselarm basenrijk													
E Grote tijm	13	6	10	10	4.8	0	10	4.8				4.8	0
heischraalgrasland													
E Trilgras	38	29	40	33	38	43	43	38			57	67	29
E Voorjaarszegge	69	53	20	67	71	76	67	33		0	10	10	14
E Knoopkruid										29	24	29	0
E Tandjesgras										100	86	71	43
E Veldgentiaan	0	0	0	4.8	4.8	0	0	10		0	0	0	0
E Gewone vleugeltjesbloem	0	0	5	4.8	0	0	19	0				10	0
E Hondsviooltje	56	71	45	67	48	62	71	48				10	10
nat grasland voedselrijk													
E Kale jonker										4.8	24	10	0
E Ruw walstro	0	0	0	0	4.8	4.8	0	0			4.8	19	0
natte duinvallei voedselarm													
E Zwarte zegge + Drienervige zegge + hybride	100	100	100	100	100	100	100	100		100	100	100	95
natte duinvallei voedselarm basenrijk													
E Knopbies	38	41	40	43	43	43	43	43		38	38	38	19
E Moeraspaardenbloem										38	0	24	38
natte pioniervegetatie voedselarm basenrijk													
E Dwergbloem	0	18	0	0	0	0	0	4.8		0	0	0	0
E Armbloemige waterbies	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	4.8
E Dwergbies	0	0	0	0	4.8	0	0	0				0	14

Grondwaterstand (Figuur 5-4)

Na de jaren '90 zijn beide valleien vernat en treedt in het lage deel van de valleien elk jaar lange inundatie op. Door meteorologische fluctuaties traden tijdelijk ook perioden met lagere grondwaterstanden op. De trendmatige vernatting hangt samen met de herinrichting van de nabijgelegen De Enden met verhoging van het waterpeil in 2007 en aanpassing van de peilregulatie in de Oostduinen in 2008. Dit gaf een stijging van 0.23 en 0.26 m in respectievelijk de D- en E-meetraai (tijdreeksanalyse). Dit zorgde voor zowel hogere winterstanden als zomerstanden. In de voorafgaande periode heeft tijdelijke buisdrainage bijgedragen aan lage grondwaterstanden in de ook meteorologisch droge eindjaren '90. De ontwikkelingen in De Enden hebben veel grotere invloed gehad op de waterhuishouding van de valleien dan de herinrichting van de waterwinning.



Figuur 5-4: Het verloop van de waterstand in meetraai D en E.

Hydrochemie

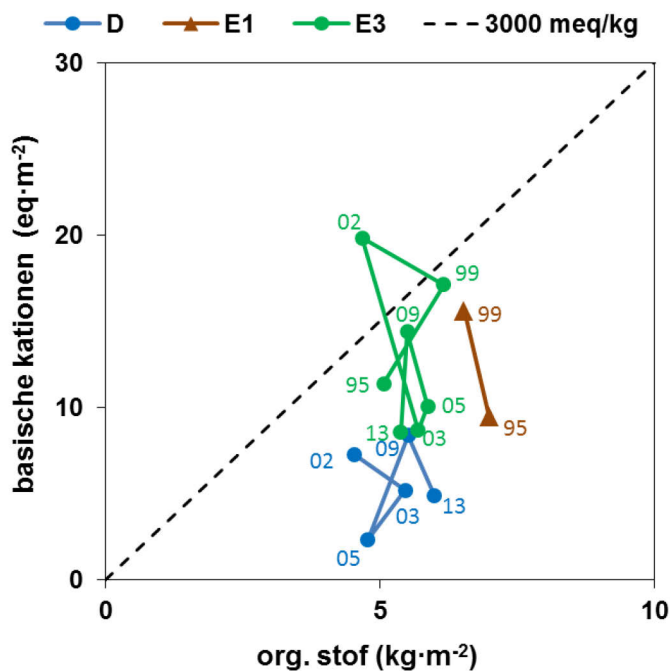
Meetraai E stond voorheen onder invloed van toestroming van geïnfiltreerd oppervlaktewater vanuit vloeiveld 4. Hierdoor waren begin jaren '90 de Mg^{2+} , Na^{2+} , K^{+} , Cl^{-} en SO_4^{2-} concentraties hoog. De concentraties daalden sterk na het stoppen van de infiltratie in vloeiveld 4 in 1994. Opvallend is dat Ca dezelfde trend vertoont. Omdat in meetraai D pas sinds 2002 wordt gemeten is onbekend of deze vallei onder invloed van infiltratiewater stond. Hier zijn de concentraties van genoemde stoffen vanaf 2002 steeds laag. De fosfaatconcentratie is laag, vertoont in meetraai E geen trend en is in meetraai D geleidelijk afnemend. Sinds 2005 zijn in beide valleien de Ca^{2+} en HCO_3^{-} concentraties iets toegenomen. Dit laatste kan verband houden met meer toestroming van basenhoudend grondwater als gevolg van stijging van de grondwaterstand.



Foto 5-1: Een dikke humushoudende A-laag in de oude bodem van de duinvallei in meetraai E (foto Camiel Aggenbach).

Organische stof en basenchemie bodem

Het organisch stofgehalte is vrij hoog en fluctueert enigszins zonder trendmatig te veranderen. Opvallend is een sterke fluctuatie van de pH die in beide valleien min of meer synchroon verloopt. Daaraan gecorreleerd is het verloop van de ratio van basische kationen/ organische stof. In de meetraai D bereiken pH en genoemde ratio een dieptepunt in 2005. In meetraai E gebeurt dat in 2003-2005. Opvallend is dat deze verlaging van de basenrijkdom optreedt na een reeks van droge jaren met een lage grondwaterstand. Na 2005 treedt tot 2013 een lange periode van natte omstandigheden op en stijgt de pH en de totale buffercapaciteit. Figuur 5-5 illustreert de sterke fluctuatie van de basenvoorraad en basenverzadiging. Daarbij is ook te zien dat de valleibodem van meetraai E basenrijker is dan die van meetraai D. De ratio van basische kationen/ organische stof duidt op een hoge tot matig hoge basenverzadiging, die van meetraai D op een lage tot matig hoge basenverzadiging.



Figuur 5-5: Ontwikkeling van de voorraad organische stof en basische kationen in de bodemtoplaag van de valleivegetatie in meetraai D en E. De stippellijn geeft de kationadsorptiecapaciteit van 3000 meq/kg aan (= 3 eq/kg) van goed gehumificeerde organische stof. Een verschuiving omhoog richting de stippellijn geeft toename van de basenverzadiging aan en visa versa. Beide valleien vallen op door hun grote dynamiek van basenvoorraad en basenverzadiging.

Doelrealisatie in 2014

Meetraai D en E: het einddoel *natte matig basenrijke voedselarme duinvallei (type 5)* was in het begin aanwezig en heeft zich gehandhaafd. Vernatting als gevolg van de herinrichting van De Enden heeft het aandeel van heischrale soorten verminderd dat als nadelig kan worden gezien voor de kwaliteit. Deze vernatting heeft vermoedelijk wel bijgedragen aan herstel van een relatief hoge basenrijkdom en pH na een tijdelijke fase van verzuring gedurende een droge periode (zie onder).

Meetraai D: herstel van de basenrijkdom gaat gepaard met toename van soorten van *natte basenrijke voedselarme duinvalleien (type 6)*.

Interpretatie

Beide valleien zijn, na een aanvankelijke relatief droge periode, duidelijk vernat. Deze ontwikkeling van het waterstandregime werd in sterke mate bepaald door veranderingen in de waterhuishouding van De Enden en daarnaast ook door maatregelen in het kader van OINS. De valleien hebben een oude, humeuze bodem waarvan het organische stofgehalte min of meer constant is. De opeenvolging van een natte en droge periode heeft duidelijk invloed op de basenhuishouding van de valleien. In natte perioden zorgt inundatie van de valleien voor het optreden van het zogenaamde kwelplas-mechanisme waarbij basenrijk grondwater toestroomt. In droge perioden functioneert dit mechanisme niet of gebrekkig. Dan treedt een sterke uitloging van basen op met verzuring tot gevolg. Dit duidt ook op de aanwezigheid van een aanzienlijke verzuringscapaciteit bij oxidatie van de bodem. In droge perioden kan door de oxidatie van sulfiden en gereduceerde ijzerhydroxiden zuur worden geproduceerd. Omdat de valleien als gevolg van een verbeterde waterhuishouding trendmatig zijn vernat, zal in droge jaren de zomerstand niet meer zo diep wegzakken als voorheen. Daarom is de verwachting dat ze in de toekomst minder gevoelig zullen zijn voor verzuring in een periode met een gering neerslagoverschot.

Heischraalgraslandsoorten als Tandjesgras, Voorjaarszegge, Trilgras en Hondsviooltje in de vallei profiteerden van de droge periode en namen duidelijk af in meetraai E af toen deze weer vernatte. Omdat deze soorten zich toch nog handhaven in de vochtige valleiranden verdwijnen ze hier niet compleet. De vernatting en toename van de basenrijkdom na 2005 bevorderde soorten van natte, voedselarme, basenrijke duinvalleien. Deze veranderingen geven aan dat in oude valleien met een gesloten vegetatie veranderingen in de waterhuishouding doorwerken. In de vallei met meetraai E is de vroegere beïnvloeding door toestroming van infiltratiewater verdwenen.

5.3.3 Duinvallei, kalkarme bodem, invloed infiltratiewater afgenomen, geplagd, beweid: meetraai B en C

Meetraaien B en C liggen in het zuidelijke deel van de Middelduinen. Tot 1994 stonden deze valleien onder invloed van de kunstmatige infiltratie in de Middelduinen waardoor ze werden beïnvloed door toestroming van nutriëntenrijk infiltratiewater. De vallei met meetraai C was hierdoor sterk geëutrofeerd.

Einddoel

Meetraai B en C: *natte matig basenrijke voedselarme duinvallei (type 5)*

Meetraai C: *natte matig basenrijke voedselarme duinvallei (type 5)*

Maatregelen i.v.m. OINS

Als gevolg van het ontmantelen van drain 2 (1999) en het stoppen van de infiltratie in vloeiveld 4 (1994) werd een forse daling van de grondwaterstand verwacht. Dit zou leiden tot verzuring en verschraling. De vallei in meetraai B is geplagd in 1992 en die in meetraai C in 2004.

Beheer

Er vindt beweiding plaats. Meetraai B is in 2011 ook een keer gemaaid met de maaizuigcombi.

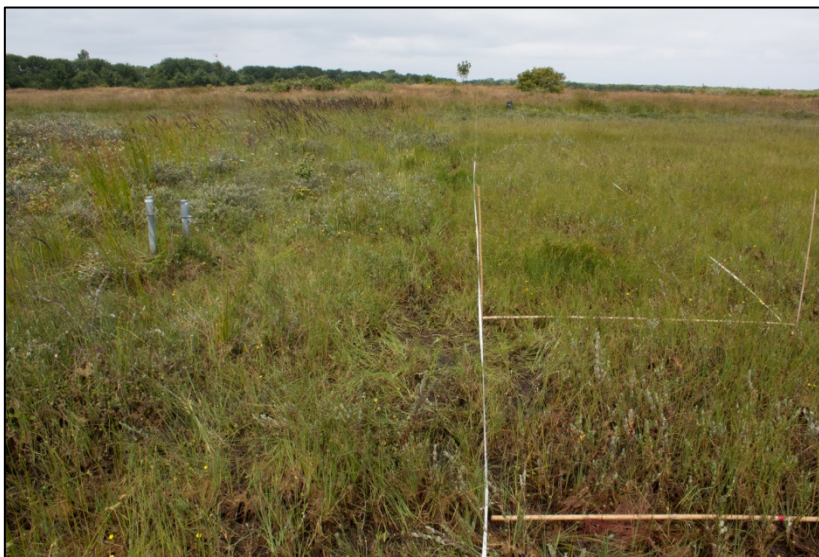
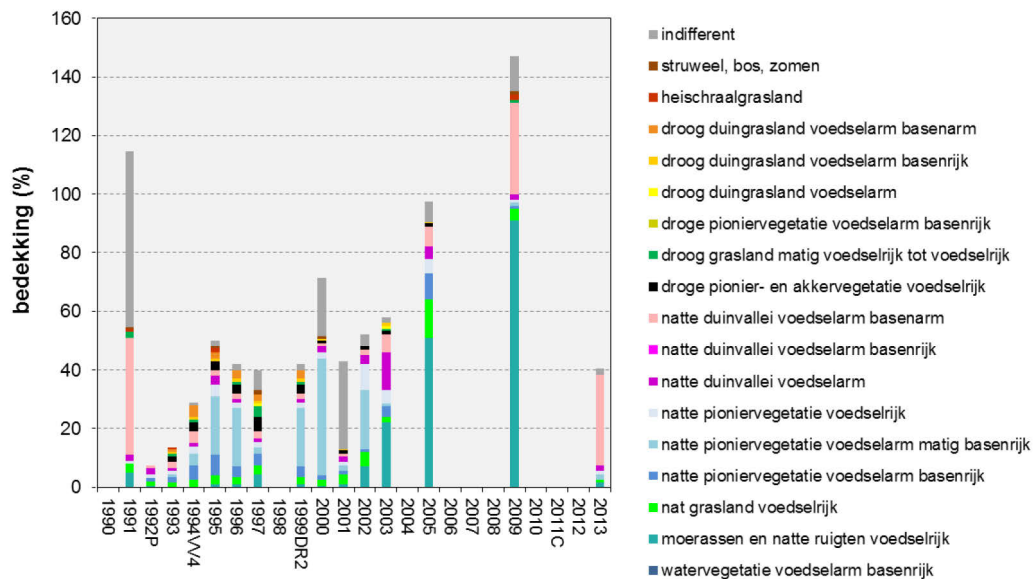


Foto 5-2: Meetraai B in een duinvallei met een permanent kwadraat. De twee witte meetlinten betreffen de gridraai. Het vierkant met de liggende stokken geeft de permanente kwadraat aan. Links zijn twee ondiepe peilbuizen zichtbaar (foto Camiel Aggenbach).

Vegetatie PQ

In meetraai B (Figuur 5-6) overheersten voor het plaggen soorten van natte, voedselarme, basenarme duinvalleien en Kruiplwilg. In eerste 10 jaar na het plaggen heeft deze groep een klein aandeel, was de bedekking van de kruidlaag laag en hadden pioniersoorten van natte, voedselarme, matig basenrijke omstandigheden een groot aandeel in de vegetatie. Vanaf 2003 trad een duidelijke omslag op: de mosbedekking nam sterk toe (Gewoon puntmos, soort van natte voedselrijke moerassen) en het aandeel van natte, voedselarme, basenarme duinvalleisoorten steeg. In 2013 is de mosbedekking echter weer heel laag, hetgeen kan samenhangen met langdurige inundatie in de winterperiode daarvoor. De samenstelling van de vegetatie komt dan sterk overeen met de situatie vlak voor het plaggen, met dat verschil dat in 2013 de bedekking van Kruiplwilg laag is als gevolg van het maaien in 2011. De bovengrondse biomassa nam na het plaggen gestaag toe naar een vrij hoog niveau (450 g/m²). Door eenmalig maaien met de maaizuigcombi daalde de hoeveelheid biomassa weer sterk. N- en P- limitatie wisselen elkaar af zonder een duidelijke trend.

De vallei met meetraai C (Figuur 5-6) was een door infiltratiewater sterk geëutrofiëerde vallei en bestond uit voedselrijk grasland. Voor het plaggen is de bedekking van de kruid- en strooisellaag en de hoeveelheid bovengrondse biomassa hoog, terwijl mossen ontbraken. Na het plaggen namen vooral droge duingraslandsoorten sterk toe en hadden soorten van natte voedselarme basenrijke pioniervegetaties een klein aandeel. Deze ontwikkeling hangt samen met de relatief droge positie van het permanente kwadraat in de meetraai. Na het plaggen stegen de bedekking van de kruidlaag en de hoeveelheid biomassa weer snel en bereikten de mossen een matige bedekking. Voor en vlak na het plaggen duiden de nutriëntenratio's op N beperking. Na het plaggen trad tussen 2009 en 2013 omslag om naar P beperking.



Figuur 5-6: Ontwikkeling van de bedekking van ecologische plantensoortgroepen op locatie B30 in meetraai B. De totale bedekking kan meer dan 100% zijn door het overlap in bedekking van soorten. Vooral vaatplanten en mossen overlappen in bedekking.

Plantensoorten in de grids

Meetraai B: Vóór het plaggen (1991) hadden de meeste heischrale soorten een hoge presentie. Door het plaggen namen die sterk af om vervolgens weer toe te nemen. Daarbij bereiken ze aan het eind van de monitoringperiode niet meer het niveau van 1991. Van de natte duinvalleisoorten zijn voor het plaggen alleen Drienvrige zegge en de hybride van Drienvrige zegge en Zwarte zegge aanwezig. Door het plaggen zijn deze sterk gedecimeerd om vervolgens weer toe te nemen naar 100 % presentie. Ook verschijnen Schildereprijs en

Blauwe zegge. Deze soorten zijn aan het eind ook aanwezig. Een tweetal andere soorten van natte, voedselarme, basenrijke duinvalleien zijn tijdelijk aanwezig. Pioniersoorten van natte, voedselarme, basenrijke omstandigheden zijn tijdelijk na het plaggen (deels met een hoge presentie) aanwezig en verdwenen weer. Van natte pioniersoorten van matig basenrijke omstandigheden is Ondergedoken moerasscherm ook een tijdelijk fenomeen en Knolrus handhaaft zich met een hoge presentie. Ruwe klaver (droge, voedselarme duingraslanden) komt af en toe voor.

Meetraai C: Van de heischraalgraslandsoorten komen Trilgras en Tandjesgras vóór het plaggen voor. Na het plaggen nemen Tandjesgras en Hondsviooltje toe. Soorten van natte, voedselrijke, basenrijke graslanden gaan achteruit door het plaggen. Door het plaggen nemen soorten van natte voedselarme, basenrijke duinvalleien toe en verschijnen soorten van natte, voedselarme, basenrijke pioniermilieus.

Tabel 5-6: De frequentie van plantensoorten in de gridcellen (%) van plantensoorten in het grondwaterafhankelijke deel van meetraai B en C. Als een waarde ontbreekt is de soort dat jaar niet opgenomen. De soorten zijn gegroepeerd op basis van ecologische soortgroepen. Grijs gearceerd is de situatie voor plaggen.

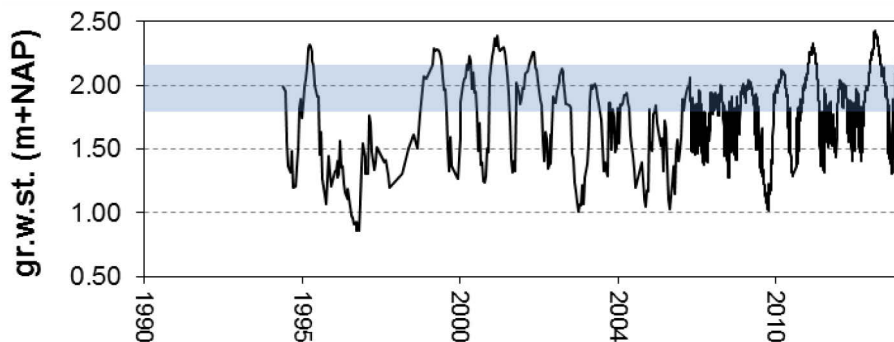
Raai Soort	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1999	2000	2001	2002	2003	2005	2009	2013
droog duingrasland voedselarm															
B_p Ruwe klaver												0	0	3.6	0
heischraalgrasland															
B_p Tandjesgras	53	0	0	0	0	6	19	6	0	0	0	0	3.6	46	14
B_p Liggend hertshooi	0	0	7	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B_p Biezenknoppen	53	0	0	25	50	44	50	50	31	13	19			11	14
B_p Tormentil	80	50	27	6	31	31	25	31	25	13	6			39	36
natte duinvallei voedselarm basenarm															
B_p Schildereerprijs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.6	0	25	18
natte duinvallei voedselarm basenrijk															
B_p Blauwe zegge	0	0	0	0	0	0	13	0	6	0	0			54	14
B_p Duinrus	0	0	0	0	6	6	6	6	6	0	0			0	0
B_p Geelhartje	0	0	7	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B_p Zwarte zegge + Drienvrige zegge + hybride	73	7	0	6	13	38	44	75	88	88	75	89	100	100	100
natte pioniervegetatie voedselarm basenrijk															
B_p Dwergbloem	0	0	80	100	100	44	81	94	69	6	6	79	25	0	0
B_p Bleekgele droogbloem	0	0	13	13	19	19	6	0	0	0	0	0	0	0	0
B_p Dwergglas	0	0	73	94	88	88	94	56	19	6	6	79	54	0	0
B_p Waterpunge	0	0	20	25	38	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dwergbies															
natte pioniervegetatie voedselarm matig basenrijk															
B_p Ondergedoken moerasscherm	0	0	13	19	19	0	0	6	0	0	0	7	3.6	0	0
B_p Knolrus	0	0	73	100	100	94	94	94	94	100	94			25	79
natte pioniervegetatie voedselrijk															
B_p Gewone waterbies	0	0	0	6	19	19	13	56	31	63	69			54	82
watervegetaties voedselrijk															
B_p Haaksterrekroos	0	0	20	44	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
heischraalgrasland															
C Trilgras								0.4	0	0	0	0	0	0	0
C Voorjaarszegge								0	0	0	0	0	1.1	1.1	
C Tandjesgras								4.6	8	12	6	14	4.3		
C Hondsviooltje														21	26
nat grasland voedselrijk															
C Kale jonker								17	13	10	0.4	1.5	3.4		
C Moerasrolklaver								0.4	0.8	0	0	0	0		
natte duinvallei voedselarm basenrijk															
C Duinrus														0.8	5
C Geelhartje														10	29
natte pioniervegetatie voedselarm basenrijk															
C Dwergzegge								0	0	0	0	0	4.2	24	
C Dwergglas								0	0	0	0	0	46	26	
C Sierlijke vetmuur								0	0	0	0	0	4.2	9	

Grondwaterstand

In meetraai B (Figuur 5-7) heeft het neerslag/verdampingspatroon groot effect op de afwisseling van droge natte jaren. Een langere periode van natte jaren treedt op gedurende 1999-2002. Het ontmantelen van drain 2 in 1999 leidt tot stijging van 0.03 m en de herinrichting van De Enden een stijging tot 0.13 m (tijdreeksanalyse). Hierdoor treden gedurende de laatste jaren hoge grondwaterstanden op die vergelijkbaar zijn met die in

periode van de meteorologisch natte jaren 1999-2002. Bij toekomstige meteorologisch bezien zeer natte jaren kan de vallei nog hogere standen krijgen dan tot nu toe gemeten.

In meetraai C bevinden de grondwaterstanden zich tot 2007 relatief diep onder maaiveld en treedt geen inundatie op. In 2007 treedt een sterke stijging op van de grondwaterstanden in de winterperiode als gevolg van de herinrichting van De Enden. De stijging van de grondwaterstanden in de zomer is niet goed zichtbaar als gevolg van droogval van de drukopnemer bij lage waterstanden. Deze is in 2008 is geïnstalleerd.

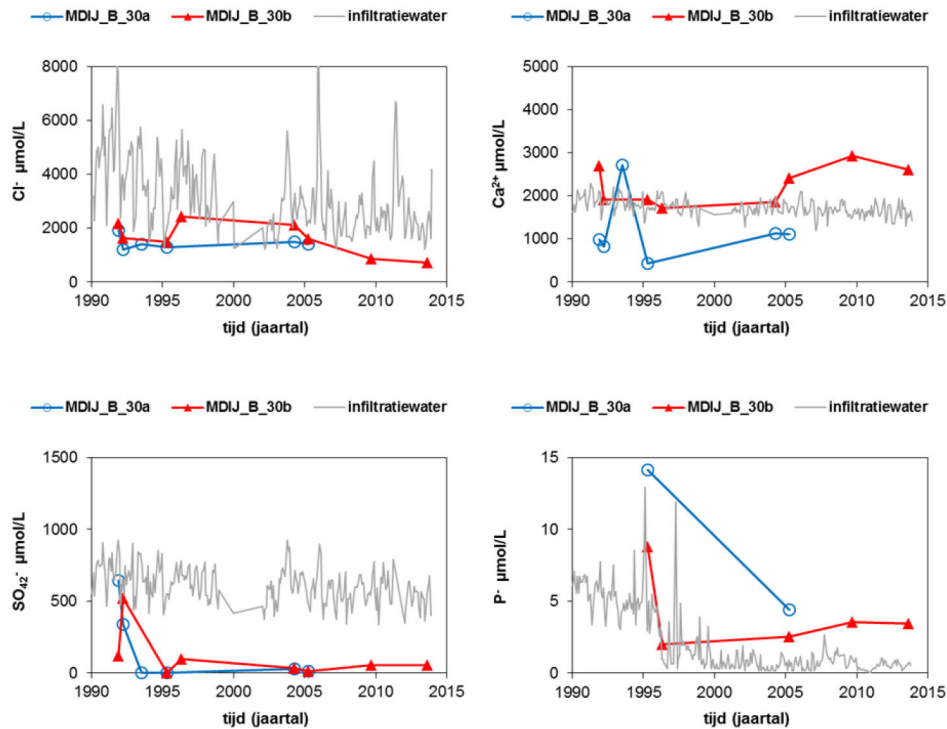


Figuur 5-7: Het verloop van de waterstand in meetraai B. De blauwe arcering geeft de range van het maaiveld voor de locaties B28, B29 en B30.

Hydrochemie

Meetraai B (Figuur 5-8): In het ondiepe en diepe filter van B28 en B29 en het ondiepe filter van B30 is het ondiepe grondwater matig baserijk en de gemeten Ca-concentraties behoren tot de laagste die in de Middelduinen zijn gemeten. Het diepe filter van B30 heeft een matig hoog Ca-concentratie, dat na 2005 toeneemt. De trend en fluctuatie van de Cl-concentratie in het grondwater is tot 2005 enigszins gecorreleerd met het gehalte van het infiltratiewater. Na 2005 neemt de concentratie duidelijk af. In 1991 en 1992 is de SO_4^{2-} concentratie hoog en vergelijkbaar met die van het infiltratiewater. Daarna neemt het SO_4^{2-} gehalte sterk af naar een laag niveau. In 1995 was het PO_4 -gehalte erg hoog en is snel daarna gedaald naar middelhoge waarden. De fosfaat-concentratie in de ondiepe en diepe filters is in 1995 nog hoog en zelfs hoger dan de concentratie in het infiltratiewater. Na dat jaar zakt de concentratie sterk. De trends van het Cl⁻, SO_4^{2-} , en fosfaatgehalte hangt samen met de afname van infiltratie van oppervlaktewater in drain 4 gedurende begin jaren '90.

Meetraai C: Het grondwater is baserijk. Tussen 2004 en 2013 dalen de concentraties van Cl⁻ en Ca^{2+} . Die van K^+ en SO_4^{2-} dalen zeer sterk. Deze trends hangen samen met afnemende invloed van geïnfiltratied rivierwater door het stoppen van de kunstmatige infiltratie in de Middelduinen. Opvallend is een sterke toename van de fosfaatconcentratie waarvoor geen verklaring is.

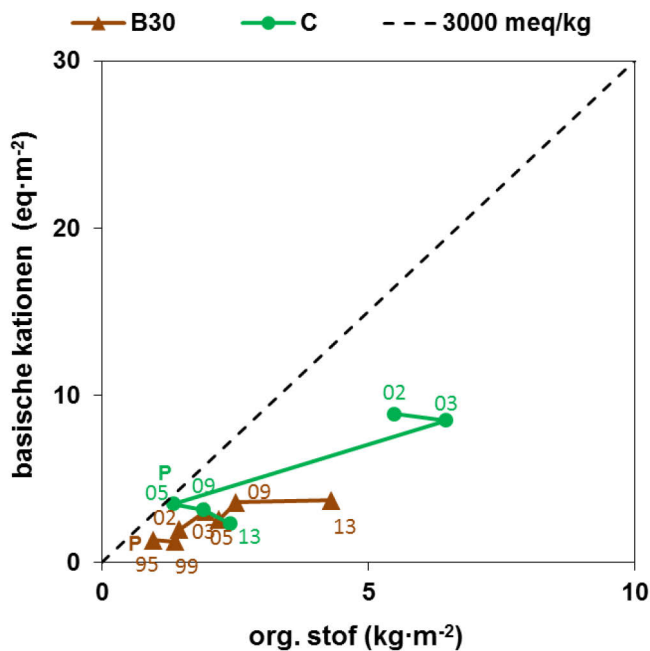


Figuur 5-8: Het verloop van de concentratie van Cl^- , Ca^{2+} , SO_4^{2-} en P in twee peilbuisfilters van locatie B30. Ter vergelijking is ook het concentratieverloop in het infiltratiewater weergegeven.

Organische stof en basenchemie bodem

Meetraai B: De voorraad organische stof en basische kationen nemen na het plaggen langzaam en geleidelijk toe. De $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ zit vooral in het zwak zure en soms matig zure bereik. De zuurgraad vertoont een vrij sterke fluctuatie. Lage pH-waarden worden gemeten in droge jaren met een lage grondwaterstand (2007 en 2009). De pH_{KCl} daalt na 2013. De ratio van basische kationen/ organische stof is matig hoog en fluctueert ook enigszins en daalt geleidelijk. In de vallei van meetraai B daalt de basenverzadiging langzaam omdat de aanvoer basen door grondwatertoevoer te gering is om de basenverzadiging van de toenemende organische stofvoorraad op peil te houden (Figuur 5-9).

Meetraai C: De voorraad organische stof en basische kationen waren voor het plaggen hoog. Door plaggen daalden deze sterk en namen vervolgens geleidelijk toe. De $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ was voor het plaggen hoog en zit na het plaggen in het zwak zure bereik. De ratio basische kationen/ organische stof was voor het plaggen matig hoog, vlak na het plaggen hoog en zakt vervolgens weer (Figuur 5-9). De afname van de ratio gaat nog niet gepaard met een daling van de bodem-pH.



Figuur 5-9: Ontwikkeling van de voorraad organische stof en basische kationen in de bodemtoplaag van de valleivegetatie in de meetraaien B en C. Meetraai B is in 1992 geplagd en meetraai C in 2005. De stippellijn geeft de kationadsorptiecapaciteit van 3000 meq/kg aan (= 3 eq/kg) van goed gehumificeerde organische stof. Een verschuiving omhoog richting de stippellijn geeft toename van de basenverzadiging aan en vice versa.

Doelrealisatie in 2014

Meetraai B: het einddoel *natte matig basenrijke voedselarme duinvallei (type 5)* dat in het begin in verzuurde vorm aanwezig was, heeft zich na het plaggen weer ontwikkeld. De soortenrijkdom is daarbij verhoogd door het voorkomen van pioniersoorten. Verwacht wordt dat het type zich handhaaft, maar door het verdwijnen van pioniersoorten naar verloop van tijd minder soortenrijk zal worden. Dit hangt ook samen met de verwachting dat de geplagde vallei op den duur zal verzuren (zie onder).

Meetraai C: in plaats van het einddoel *natte matig basenrijke voedselarme duinvallei (type 5)* treedt in de laagste delen van de meetraai ontwikkeling op naar *natte, basenrijke, voedselarme duinvallei (type 4)*. Deze ontwikkeling hangt samen met een hogere basenrijkdom dan vooraf aan de herinrichtingsmaatregelen was ingeschat. Alhoewel het vooraf gestelde natuurdoel niet is gehaald kan deze ontwikkeling wel als positief worden beoordeeld. Onduidelijk is echter of de valleibodem een hoge pH behoudt.

Interpretatie

Door het stoppen van de infiltratie met oppervlaktewater zijn in het ondiepe grondwater van de valleien de concentraties van K, Cl en SO₄ afgenomen. Het effect op de fosfaatconcentraties is niet eenduidig (meetraai B sterk afgenomen, meetraai C sterk toegenomen). Opvallend is ook dat de trends van de fosfaatconcentratie in het grondwater niet tot uiting komen in de trends van N- en P- beperking die door de gemeten nutriëntenratio's in de vegetatie worden geïndiceerd. Door het stoppen van de infiltratie en het plaggen is in de vallei met meetraai C de vegetatie veranderd van een voedselrijk grasland naar een voedselarm duingrasland en natte voedselarme basenrijke pioniervegetatie. De vallei met meetraai B was nooit sterk geëutrofeerd door toestroming van infiltratiewater. Het plaggen heeft hier dan ook geen groot effect gehad op de voedselrijkdom van de bodem.

Beide valleien hebben een kalkarme bodemtoplaag en zijn daarom matig basenrijk. Na het plaggen lijkt er in beide valleien onder invloed van geleidelijke opbouw van organische stof langzaam verzuring op te treden. De eerste jaren na het plaggen is de basenrijkdom nog voldoende hoog voor het regelmatig voorkomen van basenminnende soorten van natte, voedselarme duinvalleien en pioniermilieus. De langdurige monitoring van de vallei met meetraai B laat zien dat zulke soorten na ca. 10-15 jaar sterk afnemen en uiteindelijk weer vegetatie van natte, voedselarme, matig basenrijke duinvalleien ontstaat, die in soortensamenstelling sterk lijkt op de uitgangssituatie voor het plaggen. Een verschil met de niet geplagde situatie (gegevens monitoring niet geplagde valleideel) is dat de bedekking van de vegetatie in de geplagde situatie veel geringer is. Hierdoor komen in de geplagde vallei nog steeds pioniersoorten voor. Door een langzame afname van de basenverzadiging is het aandeel van natte basenminnende soorten gering geworden en gaan de zure duinvalleisoorten overheersen. Omdat de basenverzadiging in meetraai C afneemt, maar de bodem-pH nog niet, is onduidelijk wat hier het perspectief voor een relatief hoge basenrijkdom is.

Naast de bovengenoemde trends is tevens een vernatting opgetreden als gevolg van herinrichting van De Enden (2007). Alhoewel door de dynamiek van de grondwaterstand als gevolg van fluctuaties in neerslagoverschot dit vernattingseffect is gemaskeerd in de tijdstijghoogtelijnen van de freatische stand, zullen de valleien in de toekomst gemiddeld natter zijn dan in de periode voor de herinrichting van De Enden. De vallei met meetraai B is daarbij natter dan die met meetraai C.

5.3.4 Duinvallei, kalkrijke bodem, geen invloed infiltratiewater, geplagd, niet beweid: meetraai K

Meetraai K ligt in een duinvallei in het oostelijke deel van de Oostduinen in een kalkrijk gedeelte en ligt vrij ver verwijderd van de infiltratiekanalen. De vallei heeft daardoor geen toestroming van infiltratiewater gehad. Door de dichte ligging bij drain 3 was ze wel verdroogd.

Einddoel

De grondwaterafhankelijke delen van meetraai K hebben *natte basenrijke voedselarme duinvallei (type 4)* als einddoel.

Maatregelen i.v.m. OINS

Er is geplagd in 2001. Ontmanteling van drain 3 en aanpassing van de diepe winning zal leiden tot een stijging van de grondwaterstand met gemiddeld 13 centimeter. De onttrekking van drain 3 is in 2009 gestopt.

Beheer

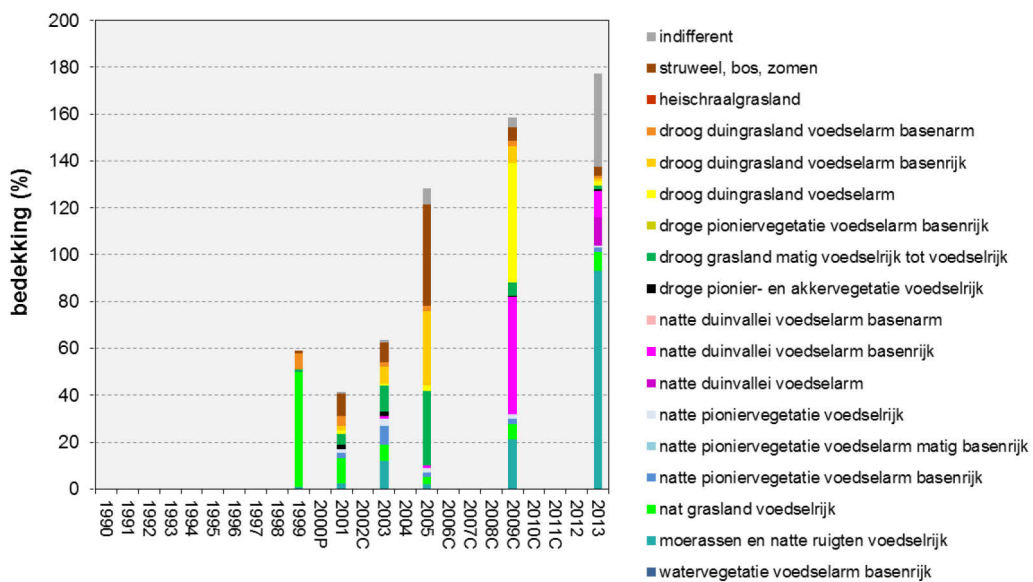
Wegens snelle kieming van boomsoorten vanuit een nabijgelegen houtwal is na het plaggen vaak gemaaid met de maaizuigcombi (2002 en deels 2006 t/m 2011 (raai K1) en deels 2006 t/m 2008 (raai K2)).



Foto 5-3: Moeraswespenorchis in een duinvalleivegetatie (foto Camiel Aggenbach).

Vegetatie PQ (Figuur 5-10)

Voor het plaggen bestond de vegetatie uit soorten van nat, voedselrijk grasland. Na het plaggen is het aandeel van deze soortgroep sterk afgenomen. In eerste instantie waren soorten van droog, voedselarm duingrasland, van droog (matig) voedselrijk grasland en van struweel en bos belangrijk. Daarna veranderde de vegetatie sterk. De soortgroepen met voedselrijke grasland soorten namen sterk af en soorten van natte, voedselarme, basenrijke duinvalleien en voedselrijke moerassen (sterke toename van Gewoon puntmos) worden belangrijk. Het aandeel van voedselarme duingraslandsoorten neemt sterk af. Het maaibeheer leidt ook tot een sterke afname van struweel en bossoorten. Na het plaggen neemt de bedekking van de kruidlaag en moslaag toe naar hoge waarden. De bovengrondse biomassa fluctueert. De nutriëntenratio's duiden op P-limitatie of NP-colimitatie.



Figuur 5-10: Ontwikkeling van de bedekking van ecologische plantensoortgroepen in de PQ van meetraai K. De totale bedekking kan meer dan 100% zijn door het overlap in bedekking van soorten. Vooral vaatplanten en mossen overlappen in bedekking.

Plantensoorten in de grids

Vóór het plaggen is de vegetatie arm aan soorten en wordt Ruige zegge regelmatig aangetroffen. Na het plaggen verschijnen soorten van natte, voedselarme, basenrijke duinvalleien en natte voedselarme basenrijke pioniervegetaties. Diverse soorten daarvan nemen ook geleidelijk toe in presentie. Zeegroene zegge en Dwergzegge bereiken daarbij een hoge presentie. Sierlijk vetmuur en Strandduizenguldenkruid pieken tijdelijk.

Tabel 5-7: De frequentie van plantensoorten in de gridcellen (%) van plantensoorten in het grondwaterafhankelijke deel van meetraai K. Als een waarde ontbreekt is de soort dat jaar niet opgenomen. De soorten zijn gegroepeerd op basis van ecologische soortgroepen.

Raai	Soort	1999	2001	2003	2005	2009	2013
	droog duingrasland voedselarm						
K	Ruwe klaver	0	0.3	0	0	0.9	0
	droog duingrasland voedselarm basenrijk						
K	Wondklaver	0	0	1.8	4.8	23	8
K	Smal fakkелgras	0	0.3	0	0.6	1.2	2.7
K	Gestreepte klaver	0	0.3	0	0	0	0
	nat grasland voedselrijk						
K	Ruige zegge	39	16	9	4.2	15	20
K	Zeegroene rus	0	0	0	0.3	2.1	0.9
	natte duinvallei voedselarm basenrijk						
K	Zeegroene zegge						98
K	Vleeskleurige orchis	0	0	0	0	0	0.6
K	Rietorchis	0	0	0	0	0	2.4
K	Moeraswespenorchis	0	0	0	0	0	11
K	Gekroesd plakkaatmos	0	0	0	1.5	2.7	0
	natte pioniervegetatie voedselarm basenrijk						
K	Vetmos	0	0	0.6	6	18	21
K	Dwergzegge	0	5	17	11	47	62
K	Strandduizenguldenkruid	0	28	69	57	36	8
K	Fraai duizenguldenkruid	0	0	0	0	1.5	0
K	Bleekgele droogbloem	0	5	5	8	0	1.2
K	Sierlijke vetmuur	0	26	75	55	12	7

Grondwaterstand

Uit de gebruikte peilbuis voor de meetraai (10.695) blijkt dat de grondwaterstand met enkele decimeters is verhoogd. Omdat de meetreeks van deze peilbuis onvolledig is, is ook gekeken naar de trend van andere, nabijgelegen peilbuizen (10.502, 10.700). Daaruit blijkt dat in de periode 2009-2016 is de GHG ongeveer 20 cm gestegen en de GLG 25 cm gestegen t.o.v. de periode 2000-2008. Deze trend hangt samen met het buiten werking stellen van drain 3.

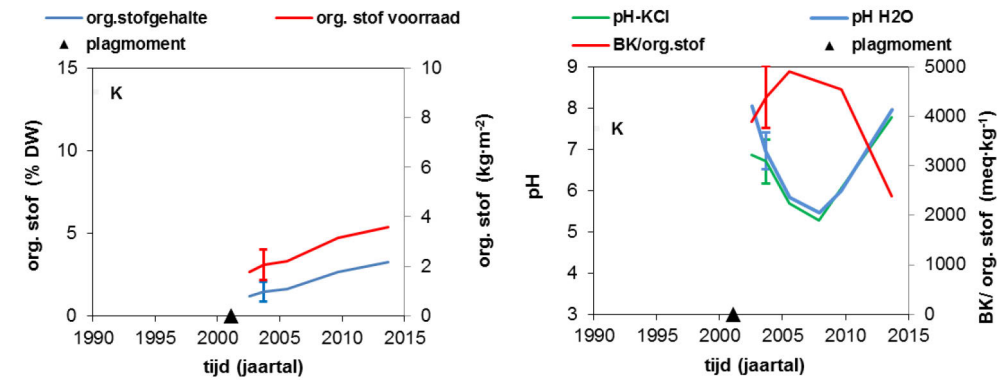
In de laagste valleiden treedt de laatste jaren langdurige inundatie op.

Hydrochemie

De concentraties van Cl en SO₄ zijn laag en constant en duiden op de aanwezigheid van duinwater (dus geen invloed van infiltratiewater). De Ca²⁺-, HCO₃⁻ concentraties zijn zeer hoog en nemen sinds 2002 sterk toe, vermoedelijk door lokale oplossing van kalk in de bodemtoplaag. Het fosfaatgehalte fluctueert sterk en is een deel van de tijd opvallend hoog. Dit kan ook verband houden met de oplossing van kalk waarbij fosfaat vrij komt.

Organische stof en basenchemie bodem

Na het plaggen is de voorraad organische stof en basen laag en nemen toe. Opvallend is de toename van de kalkrijkdom wat kan samenhangen met secundaire afzetting van kalk op de meetlocatie. De ratio basische kationen/ organische stof is hoog en duidt op een basenverzadiging van 100% en na 2009 daalt ze. Vlak na het plaggen was de pH hoog (basisch) en daalt tijdelijk sterk met relatief lage waarden gedurende 2005-2009. In 2013 is de pH weer hoog.



Figuur 5-11: Ontwikkeling van organische stof, pH en de ratio basische kationen/ organische stof in de bodemtoplaag van meetraai K.

Doelrealisatie in 2014

Meetraai K: het einddoel *natte basenrijke voedselarme duinvallei (type 4)* is na uitvoering van de maatregelen gerealiseerd. De kwaliteit neemt toe door het verschijnen van soorten van oudere successiestadia.

Interpretatie

Door het pluggen is de nutriëntenrijkdom van de bodem sterk verlaagd. Aanvankelijk leidde dit tot een graslandvegetatie met soorten van droge duingraslanden, maar onder invloed van nattere omstandigheden door zowel aanpassing van de waterwinning als meteorologische schommelingen trad een ontwikkeling op naar een natte, basenrijke duinvalleivegetatie. Door de aanwezigheid van een kalkrijke bodem is de basenrijkdom hoog en ontwikkelt zich een soortenrijke, voedselarme, basenrijke duinvalleivegetatie. De oorzaak van de waargenomen tijdelijke verlaging van de pH van de bodemtoplaag is onduidelijk. De gemeten hoge fosfaatgehalten in het freatisch grondwater worden niet weerspiegeld in de nutriëntenratio's gemeten in de vegetatie. De algehele vegetatie-ontwikkeling duidt op relatief voedselarme omstandigheden. Maai-beheer voorkwam het opgroeien van opslag van bomen en struiken. Door het pluggen en een dichte positie bij een houtwal aan de westzijde konden deze massaal kiemen.

5.3.5 Duinvallei, kalkrijke, voedselrijke bodem, invloed infiltratiewater, geplagd, nauwelijks beweid: Meetraai F

Meetraai F ligt in de Meinderswaalvallei. Deze vallei ligt aan de noordzijde van het gebied tussen de Middel- en Oostduinen en heeft een lage ligging. De meetraai is zuid-noord georiënteerd van hoog naar laag. Voor uitvoering van de maatregelen had de vallei een eutrofe moerasvegetatie. De hele meetraai is grondwaterafhankelijk.

Einddoel

Meetraai F: een mozaïek van natte basenrijke voedselrijke duinvallei (type 4) en natte basenrijke voedselarme duinvallei (type 3).



Foto 5-4: De Meinderswaalvallei bij meetraai F met een moerasvegetatie waarin Knopbies, Paddenrus en Riet overheersen. (Foto Camiel Aggenbach).

Maatregelen i.v.m. OINS

Vooraf aan de uitvoering van OINS is het centrale deel van de vallei geplagd in het voorjaar van 1989, waarna in 1991 de randen zijn geplagd. In verband met OINS werd een vernatting van 10 cm verwacht als gevolg van het ontmantelen van drain 2 (1999), het stoppen van de infiltratie in vloeiveld 4 (1994) en het aanpassen van de diepe winning. Het hoge deel is geplagd in de winter van 2001. Buiten de geplande maatregelen van OINS heeft herinrichting van toenmalige polder De Enden in 2007, waarbij het peil verhoogd is, gezorgd voor een vernatting van de Meinderswaalvallei.

Beheer

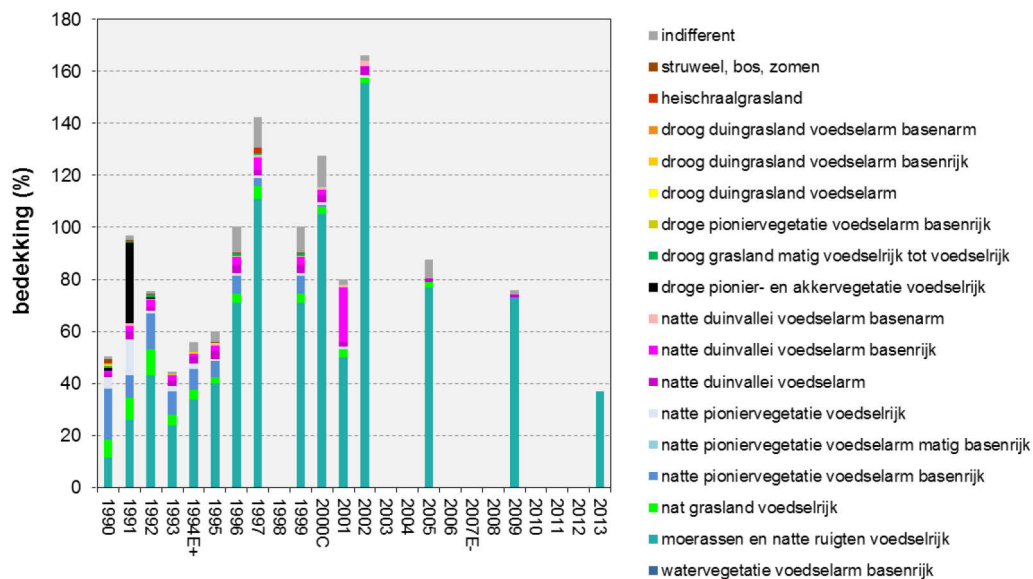
Lage delen van de meetraai zijn gemaaid in 1995 en 2000. De hoge zone is gemaaid in 2007, 2009, 2012 zijn delen van de vallei gemaaid. Beweiding met runderen vanaf 1990. De runderen grazen alleen in de hoge, relatief droge rand.

Vegetatie PQ (Figuur 5-12)

In de meetraai zijn drie PQ's gevolgd die in het deel liggen dat in 1989 is geplagd. Van hoog naar laag is de volgorde F24, F25 en F27. Vooraf aan het plaggen bestond de vegetatie uit voedselrijk moeras. Alledrie de PQ's hebben de eerste jaren na het plaggen soorten van natte voedselarme basenrijke pioniervegetatie. In de laagste PQ (F27) verschijnen ook soorten van natte voedselrijke pioniervegetaties. In de hoogste PQ (F24) krijgen soorten van natte voedselarme basenrijke duinvalleien een groot aandeel. In de twee lager gelegen PQ's verschijnen ook natte duinvalleisoorten van voedselarm milieu maar deze bereiken geen hoog aandeel. In alle drie de PQ's komen ook soorten voor van voedselrijke moerassen en ruigten (Foto 5-4). Dit betreffen Riet (hogere bedekking in de laagste PQ), Paddenrus

(hoogste bedekking in de middelste PQ) en Gewoon puntmos. In PQ F24 en F25 neemt het aandeel van deze soorten toe tot 2003 als gevolg van voornamelijk een gestage toename van Gewoon puntmos. In de periode 2003-2005 neemt de bedekking van deze laatste soort sterk af en verdwijnt zelfs geheel. Dit is een gevolg van langdurige, diepe inundatie vanaf die tijd (mossen kunnen slecht tegen diepe inundatie). Gelijktijdig met de toename van soorten van voedselrijke moerassen en ruigten nemen de pionier- en duinvalleisoorten sterk af in de lagere delen met de PQ's F25 en F27. Alleen in de hogere zone met PQ F24 handhaven soorten van natte voedselarme basenrijke duinvalleien zich met een hoge bedekking. In de laatste jaren heeft Knobbies daarbij een hoge bedekking bereikt.

Aanvankelijk is de bovengrondse biomassa na het plaggen laag. In de laatste jaren neemt die sterk toe naar hoge waarden (500-1500 g/m²). De N/P ratio duidt op P-beperving en is in het laatste jaar (2013) zeer hoog geworden.



Figuur 5-12: Ontwikkeling van de bedekking van ecologische plantensoortgroepen op locatie F25 in de Meinderswaalvallei. De totale bedekking kan meer dan 100% zijn door het overlap in bedekking van soorten. Vooral vaatplanten en mossen overlappen in bedekking.

Plantensoorten in de grids

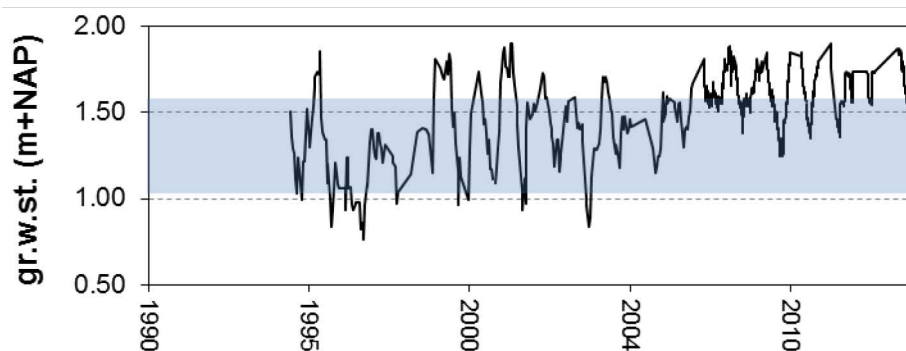
Van de soorten van voedselrijke moerassen heeft Riet een permanent hoge presentie terwijl die van Paddenrus gestaag toeneemt naar 100%. Kruipwilg neemt af in de periode dat jaarlijks langdurige inundatie gaat optreden. Pioniersoorten van nat, voedselarm, basenrijk milieu hebben de hoogste presentie in de eerste periode na het plaggen en hebben na 1999 een tijdelijk voorkomen met meestal een lage presentie. Ze komen dan alleen nog voor in jaren met minder diepe en relatief korte inundatie. Een aantal soorten van natte voedselarme basenrijke duinvalleien nemen na het plaggen eerst toe en bereiken hoge presentaties. Later nemen ze weer af. Van deze soortgroep is Parnassia tijdelijk in de hoge zone aanwezig. Opvallend is dat Knobbies *grosso modo* een gestage toename vertoont en daarbij een hoge presentie bereikt. De laatste jaren komt de soort in de laagste delen met alleen met kleine planten voor. In de hogere delen komen ook grotere pollen voor. In het hogere deel hebben zich ook in meerdere jaren nieuw individuen gevestigd. Soorten van natte voedselrijke graslanden nemen af.

Tabel 5-8: De frequentie van plantensoorten in de gridcellen (%) van plantensoorten in het grondwaterafhankelijke deel van meetraai F. Als een waarde ontbreekt is de soort dat jaar niet opgenomen. De soorten zijn gegroepeerd op basis van ecologische soortgroepen.

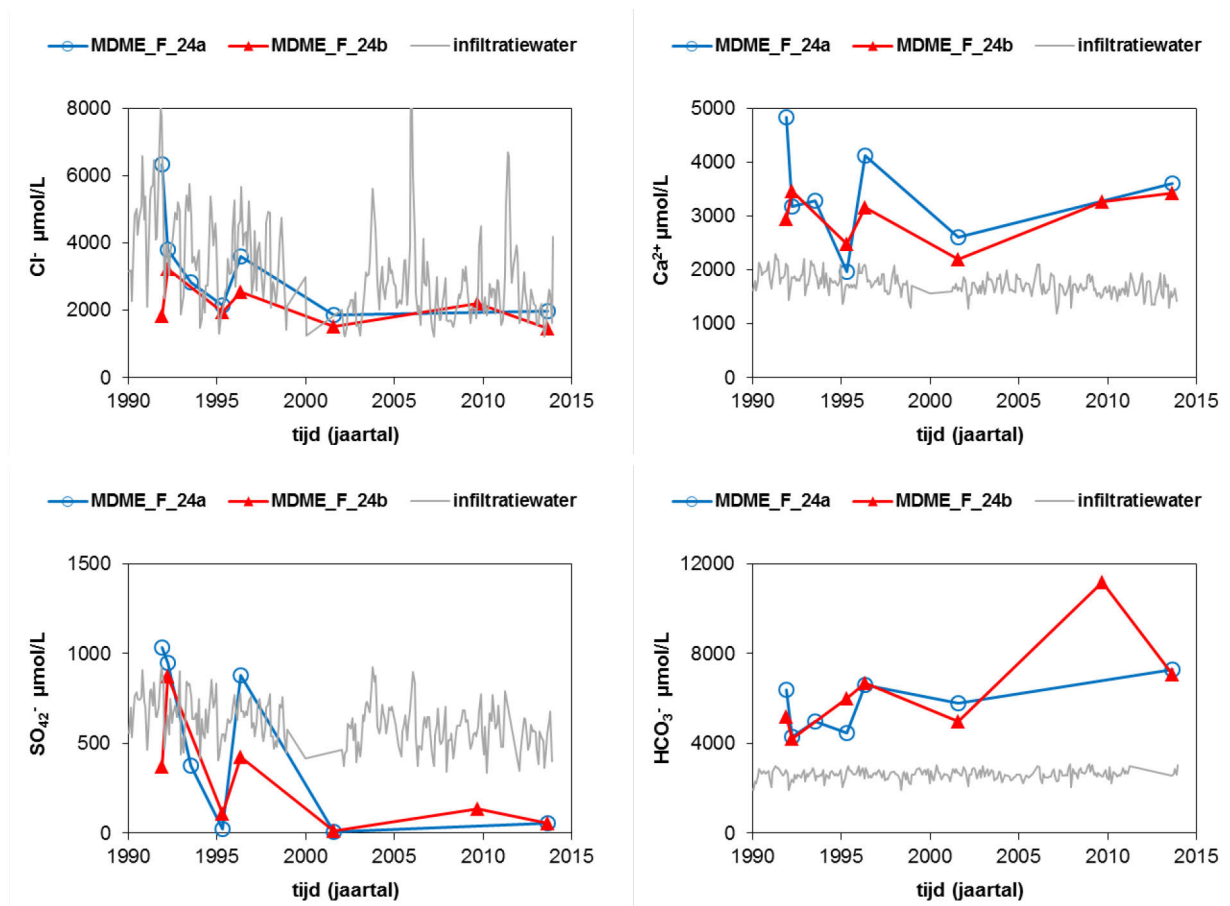
Raai Soort	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1999	2001	2003	2005	2009	2013
indifferent													
F Kruidwilt	64	75	93	86	86	87	87	93	100			45	16
moerassen voedselrijk													
F Paddenrus	43	58	57	57	50	67	60	67	89			93	100
F Riet	100	100	100	86	86	100	100	100	100			100	100
nat grasland voedselrijk													
F Ruw walstro	50	33	36	0	0	13					5	5	1.8
F Zilte rus	36	33	7	7	29	53	33	20	0	0	0	0	0
natte duinvallei voedselarm													
F Zwarte zegge + Drienerfse zegge + hybride	0	0	0	0	21	7	7	87	33	13	5	20	29
natte duinvallei voedselarm basenrijk													
F Teer guichelheil	7	33	29	50	21	33	27	20	44	54		35	13
F Zeegroene zegge	71	100	86	79	86	100	100	67	78			7	11
F Blauwe zegge	0	0	0	0	7	47	73	73	33			16	15
F Vleeskleurige orchis	0	0	0	0	0	7	20	0	0	1.9	1.8	7	0
F Pamassia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.8	0
F Knopbies	14	58	50	50	43	53	60	67	67	78	75	82	75
natte pioniervegetatie voedselarm basenrijk													
F Dwergbloem	64	58	57	43	43	47	47	20	0	7	5	0	0
F Vetmos										13	55	0	0
F Bleekgele droogbloem	0	0	0	0	14	13	7	0	0	0	0	0	0
F Waterpunge	57	75	50	36	36	20	0	0	0	3.7	15	0	0

Grondwaterstand (Figuur 5-13)

Tot en met 2006 treden aanzienlijke verschillen op in waterstandsregime tussen afzonderlijke jaren. Vooral de hoogte van winterstanden en ook de duur van hoge standen is dan sterk variabel. In het hoge deel is de inundatie oppervlakkig en niet permanent (diepte 0-30 cm), terwijl in het diepere deel jaren voorkomen met langdurige tot permanente inundatie. In de periode tot en met 2006 zitten de lage zomerstanden 10 tot 50 cm onder maaiveld (hoge deel) tot rond maaiveld tot 40 cm er boven (lage deel). Sinds 2003 treden geen diep wegzakkende zomerstanden meer op. Sinds 2006-2007 is er minder variatie van de hoge winterstanden tussen de jaren. Deze zijn dan steeds langdurig hoog. Hierdoor treedt nu ook jaarlijks langdurige inundatie op in de hoge delen van de Meinderswaalvallei. In de lage delen treedt nu permanent diepe inundatie op (waterdiepte in de winter 0.8 m en in de zomer 0.3-0.5 m). Op het moment van herinrichting van De Enden kan op basis van tijdreeksanalyse een stapsgewijze stijging van 0.29 m worden aangetoond. Door herinrichting van De Enden is het waterstandregime stabiel geworden door het niet meer optreden van jaren met dieper uitzakkende zomerstanden. De effecten van het ontmantelen van drain 2 (1999) en het stoppen van de infiltratie in vloeiveld 4 (1994) kunnen niet geëvalueerd worden omdat de waterstand pas vanaf 1994 wordt gemeten.



Figuur 5-13: Het verloop van de waterstand in de Meinderswaalvallei. De blauwe arcering geeft de range van het maaiveld voor de locaties F24, F25 en F27.



Figuur 5-14: Het verloop van de concentratie van Cl⁻, Ca²⁺, SO₄²⁻ en HCO₃⁻ in twee peilbuisfilters van locatie F24. Ter vergelijking is ook het concentratieverloop in het infiltratiewater weergegeven.

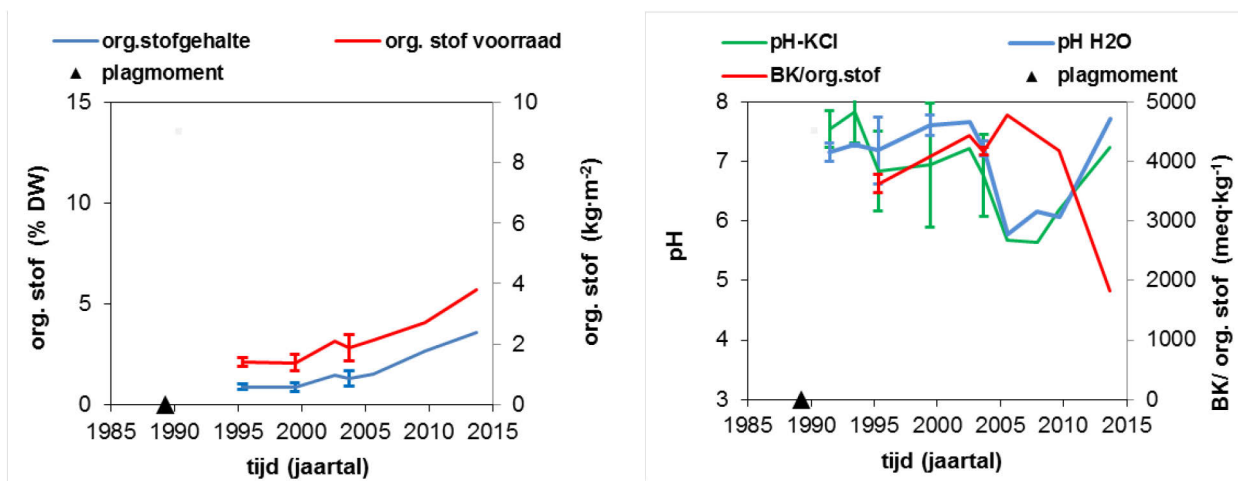
Hydrochemie (Figuur 5-14)

Het grondwater is basenrijk. De Cl-concentratie is in eerste instantie matig hoog tot hoog, maar van 1996 tot 2005 daalt deze tot ca. 1500 $\mu\text{mol/l}$. De trend en fluctuatie van het Cl-gehalte in het grondwater is in de meeste peilbuizen sterk gecorreleerd met het gehalte van het infiltratiewater. Dit duidt op een sterke invloed van toestroming van infiltraat naar de Meinderswaalvallei. De correlatie is het sterkst in de hoge zone (F24). De SO₄²⁻-concentratie vertoont ruimtelijke en temporele variatie. In de meeste filters is de SO₄-concentratie hoog gedurende de eerste jaren en daalt vervolgens. In de middelste en hoge zone (F24 en F25) is het SO₄-concentratie ook tijdelijk hoog in 1996. Deze piek valt samen met een droge periode waarbij vermoedelijk oxidatie van sulfiden optreedt. De pieken zijn het sterkst in de ondiepe filters. Als het weer natter wordt verdwijnt het sulfaat door reductie. Het verloop van de HCO₃-concentratie is negatief gecorreleerd met die van SO₄²⁻, terwijl de Ca²⁺-concentratie een tegengesteld verloop laat zien. In droge periodes neemt de Ca²⁺-concentratie van het grondwater toe als gevolg van zuurvorming door oxidatie van sulfiden waarbij kalk wordt opgelost. Door de zuurproductie daalt ook de HCO₃-concentratie. In de lage zone treedt geen SO₄-piek op in 1996. Vermoedelijk wordt dit lage deel dan niet droog genoeg voor oxidatie in droge jaren. Onder invloed van vernatting neemt in de middelste zone en zeer duidelijk in de laagste zone de Fe-concentratie toe. Dit is een gevolg van reductie van ijzer. Het Na- en Mg-gehalte vertonen ook ruimtelijk verschillen. Het Na⁺-gehalte van grondwater is lager dan dat van het infiltratiewater. Vermoedelijk treedt bij toestroming van het infiltraat kationenuitwisseling van Na tegen Ca op. In de hoogste en middelzone worden een deel van de meetjaren zeer hoge P-concentraties gemeten. Een extreem hoge waarde treedt op in het diepere filter van locatie F24 (hoge zone). De filters van andere locaties vertonen een zwakkere piek. Verder zijn de zeer hoge NH₄⁺-concentraties in sommige jaren op locatie F24

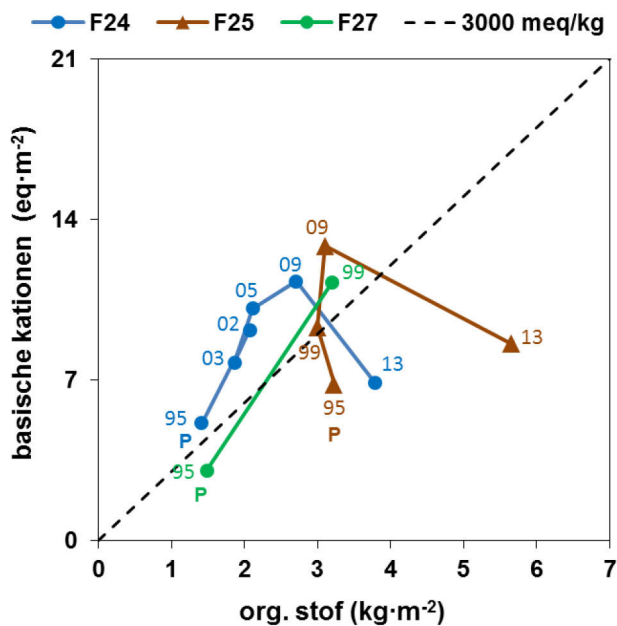
(diepe filter) en F25 (ondiepe filter) opvallend, wat duidt op anaerobe afbraak van organisch materiaal. De momenten van deze extreme waarden zijn niet in verband te brengen met het waterstandsverloop.

Organische stof en basenchemie bodem

Na het plaggen is het organische-stofgehalte op de locaties F24 en F27 laag. Op de hoger gelegen locaties (F24 en F25) treedt aanvankelijk geen of nauwelijks opbouw van organische stof op (Figuur 5-15), ondanks de aanwezigheid van een tamelijk productieve vegetatie van Riet en Paddenrus. Pas 14-24 jaar na het plaggen (2003 voor F24 en 2013 voor F27) gaat accumulatie optreden. Dit duidt er op dat de productie en afbraak voor een vrij lange periode in evenwicht zijn geweest. Een hoge afbraak onder invloed van basenrijke omstandigheden is hiervan de oorzaak. De pH van de bodem is meestal hoog (ca. 8.0-7.5), al treedt in 2005 een tijdelijke dip op rond pH 6.0. De tijdelijke verlaging treedt het sterkst op in de locatie in de hoge zone (F24). Gedurende de meetperiode is de ratio van basische kationen en organische stof meestal hoog, wat duidt op een hoge basenverzadiging (Figuur 5-16). Alleen in 2013 wordt deze laag, ondanks dat de pH dan weer is gestegen. Het kalkgehalte is laag en varieert tussen 0.1 en 0.5 %. Alhoewel het kalkgehalte niet hoog is, is op de bodem en op mossen vaak secundaire kalkneerslag zichtbaar.



Figuur 5-15: Ontwikkeling van organische stof, de zuurgraad en de ratio van basische kationen en organische stof (BK/ org.stof) in de bodemtoplaag op locatie F24.



Figuur 5-16: Ontwikkeling van de voorraad organische stof en basische kationen in de bodemtoplaag van de valleivegetatie in de F-meetraai. De meetlocaties zijn geplagd in 1989. De stippellijn geeft de kationadsorptiecapaciteit van 3000 meq/kg aan (= 3 eq/kg) van goed gehumificeerde organische stof. Een verschuiving omhoog richting de stippellijn geeft toename van de basenverzadiging aan en vice versa.

Doelrealisatie in 2014

Meetraai F: het einddoel *natte basenrijke voedselrijke duinvallei (type 4)* en *natte basenrijke voedselarme duinvallei (type 3)* ontwikkelt zich in een deel van de vallei. Type 3 handhaaft zich alleen in de hoogste zone van de vallei. Het laagste deel, dat door vernatting permanent onder water is komen te staan, heeft zich ontwikkeld naar *basenrijke voedselrijke watervegetatie en moeras (type 2)*. Hierdoor is het einddoel slechts deels gerealiseerd. Niettemin zijn de vooruitzichten voor type 3 in de hoogste zone van de vallei goed en komen in de productieve moerasvegetatie nog steeds voedselarme duinvalleisoorten voor.

Interpretatie

Omdat de bodem van de Meinderswaal kalkhoudend is en veel kwel van basenrijk grondwater optreedt, is de pH hoog. De vegetatie-ontwikkeling na het plagen is gestuurd door verandering in het waterstandsregime en ook door de nutriëntenrijkdom. Vooraf aan de sterke vernatting sinds 2006/2007 viel een aanzienlijk deel van de vallei nog droog en kwamen pionier en duinvalleisoorten van voedselarme, baserijke omstandigheden veelvuldig voor. Na de sterke vernatting inundeert een groot deel van de vallei permanent en nemen deze soorten af ten gunste van opgaande moerasplanten. De hoge productiviteit van deze moerasvegetatie duidt op nutriëntenrijke omstandigheden, vooral in het midden en lage deel van de gradiënt. Voor de vernatting hadden een afwisseling van droge en natte jaren grote invloed op de redoxchemie. Een langere tijd na het plagen treedt nog geen accumulatie van organische stof op in de bodemtoplaag. De laatste jaren gebeurt dat wel en dit hangt samen met de toename van de productiviteit van de moerasvegetatie en de toegenomen anaërobie van de bodem als gevolg van langdurige tot permanente inundatie.

5.3.6 Duinvallei, kalkrijke, voedselarme bodem, invloed infiltratiewater, geplagd, beweid: Meetraai G, H, I2 en J

De valleien met de meetraaien G, H, I2 en J liggen in het infiltratiegebied van de Oostduinen. De grondwaterafhankelijke delen van de meetraaien zijn ondiep uitgegraven laagten die elk liggen tussen een infiltratiekanaal en drain. De regeling van de kanaalpeilen en het onttrekkingspeil in de drains heeft grote invloed op de grondwaterstanddynamiek in deze valleien. De infiltratie van het voorgezuiverde Haringvlietwater beïnvloedt sterk de chemische samenstelling van het freatische grondwater dat in de kanalen infiltreert en richting de drains stroomt. Bovenop het geïnfiltreerde water kan zich echter ook een duinwaterlens vormen die lokaal gevoed wordt door neerslag.

Einddoel

- Meetraai G: gradiënt van *basenrijke voedselrijke watervegetatie en moeras (type 2)*, *natte basenrijke voedselrijke duinvallei (type 3)*, *natte basenrijke voedselarme duinvallei (type 4)*.
- Meetraai H: gradiënt van *basenrijke voedselarme watervegetatie (type 1)* en *natte basenrijke voedselarme duinvallei (type 4)*.
- Meetraai I: *natte basenrijke voedselarme duinvallei (type 4)*.
- Meetraai J: combinatie van *natte basenrijke voedselrijke duinvallei (type 3)* en *natte basenrijke voedselarme duinvallei (type 4)*.

Maatregelen i.v.m. OINS

Al de meetraaien die worden besproken zijn ten behoeve van OINS afgegraven. Meetraai G in 2000, meetraai H en I2 in 1997 en meetraai J in 2001. Het afgraven van de oevers leidde in het terrestrische deel tot een stijging van de grondwaterstand, afnemend van het infiltratiekanaal richting de drain.

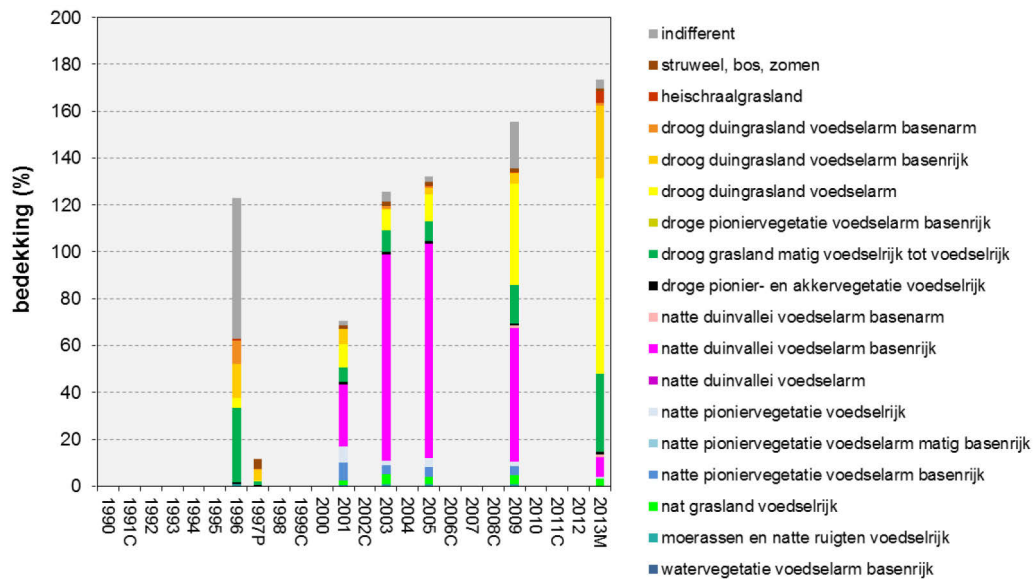
Beheer

De valleivegetatie is na het afgraven regelmatig gemaaid (eens in de 2-5 jaar) met de maaizuigcombinatie ten einde opslag van Duindoorn tegen te gaan.

Vegetatie PQ

Meetraai G : Voor het plaggen bestond de vegetatie vooral uit soorten van (matig) voedselrijke graslanden. Na het plaggen komt deze soortgroep ook voor maar heeft dan een lagere bedekking. In de eerste jaren komen ook soorten voor van natte, voedselrijke pioniervegetatie. Soorten van natte, voedselarme, basenrijke duinvalleivegetatie hebben tijdelijk een groot aandeel. De laatste jaren krijgen soorten van droge duingraslanden de overhand en is Kruiwilg sterk toegenomen. Daarbij gaat Groot laddermos de moslaag domineren. Na het plaggen is de bedekking van de kruidlaag en moslaag opgelopen naar hoge waarden. De bovengrondse biomassa piekte in 2009 op een vrij hoog niveau (ca. 600 g/m²). De nutriëntenratio's in de biomassa indiceren afwisselend N- en P-beperking.

Meetraai H (Figuur 5-17): Voor het plaggen bestond de vegetatie uit soorten van droge voedselarme duingraslanden en droge (matig) voedselrijke graslanden. Na het plaggen hebben deze soortgroepen langere tijd een gering aandeel. De vegetatie wordt dan vooral bepaald door soorten van natte voedselarme basenrijke duinvalleien. Daarnaast hebben pioniersoorten van natte voedselarme basenrijke condities een gering aandeel. In de periode 2009 en 2013 neemt het aandeel van Groot laddermos (droge, voedselarme duingraslanden) en Rode klaver (droog (matig) voedselrijke graslanden) sterk toe ten koste van de duinvalleisoorten. De bovengrondse biomassa is laag (< 250 g/m²) en N/P ratio's indiceren afwisselend N- en P-limitatie.



Figuur 5-17: Ontwikkeling van de bedekking van ecologische plantensoortgroepen in de PQ van meetraai H. De totale bedekking kan meer dan 100% zijn door het overlap in bedekking van soorten. Vooral vaatplanten en mossen overlappen in bedekking.

Meetraai I en J hebben geen PQ in het grondwaterafhankelijke deel.

Plantensoorten in de grids

Meetraai G: Pionierssoorten en duinvalleien van natte, voedselarme en basische omstandigheden verschijnen snel na het plaggen. De meeste van deze pionierssoorten zijn in 2013 weer verdwenen. Van de duinvalleisoorten neemt Moeraswespenorchis toe in presentie. Ruwe bies (voedselrijke moerassen) verschijnt en neemt geleidelijk toe. Soorten van natte voedselrijke graslanden hebben een lage presentie. Zilte watteranonkel is ook tijdelijk aanwezig.

Meetraai H: Soorten van voedselarme, basenrijke wateren komen de eerste jaren na afgraven in 1997 als pionier voor. Pionierssoorten van natte, voedselarme, basenrijke omstandigheden hebben snel een hoog aandeel en zijn 14 jaar na afgraven nog steeds goed vertegenwoordigd. De meeste soorten van natte, voedselarme, basenrijke duinvalleien verschijnen pas later en nemen toe. Deels komen die nu ook met een hoge presentie voor. Heischraalgraslandsoorten verschijnen slechts met een geringe presentie. Wondklaver (droge, voedselarme, basenrijke duingraslanden) verschijnt ook in een laat stadium.

Meetraai I2: In deze meetraai verschijnen snel na het afgraven in 1997 veel pionierssoorten van natte, voedselarme, basenrijke omstandigheden die na 10 jaar nog steeds aanwezig zijn. Een drietal soorten van natte, voedselarme, basenrijke duinvalleien verschijnen ook en nemen deels toe. Ook heischraalgraslandsoorten verschijnen vrij snel en Wondklaver heeft tijdelijk een relatief hoge presentie.

Meetraai J: Pionier- en duinvalleisoorten van natte, voedselarme, basenrijke omstandigheden verschijnen geleidelijk. Een deel van pionierssoorten bereikt tijdelijk een hoge presentie. Moeraswespenorchis en Drienerfzegge nemen toe. Opvallend is het in een later stadium verschijnen van *Chara vulgaris* (waterplant van voedselarme, basenrijke wateren).

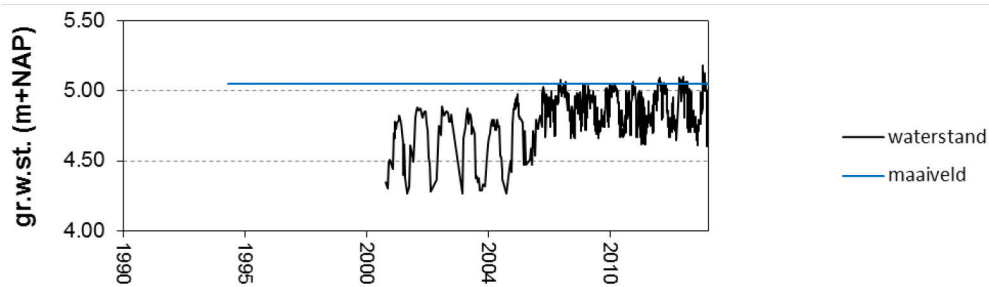
Grondwaterstand

Meetraai G (Figuur 5-18): In de periode 2001-2005 is de grondwaterstand lager en heeft een grotere seizoensfluctuatie dan in de periode 2006-2013. De verandering wordt veroorzaakt

door een verhoging van het drainpeil en verkleining van de peilfluctuatie in het infiltratiekanaal. Vanaf 2006 fluctueert de grondwaterstand in de peilbuis ca. 0.4 m gedurende het jaar en verschillen de hoogste en laagste standen nauwelijks tussen de jaren.

Meetraai: H: Het grondwaterstandsverloop maakt in meetraai H dezelfde ontwikkeling door als gevolg van een verbeterde instelling van het kanaalpeil en drainpeil. De laatste jaren bedraagt de seizoensfluctuatie 0.4 m en zit de grondwaterstand gedurende in een groot deel van de vallei dicht tegen maaiveld.

Meetraai J: Rond 2005 wordt ook in deze meetraai het grondwaterpeil hoger en stabielier als gevolg van een betere peilregulatie. In 2012 treedt nog een extra stijging op.



Figuur 5-18: Het verloop van de waterstand in meetraai G.

Tabel 5-9: De frequentie van plantensoorten in de gridcellen (%) van plantensoorten in het (grond)waterafhankelijke deel van meetraai G, H, I2 en J. Als een waarde ontbreekt is de soort dat jaar niet opgenomen. De soorten zijn gegroepeerd op basis van ecologische soortgroepen. Jaren voor afgraven zijn grijs gearceerd.

Raai	Soort	1999	2001	2003	2004	2005	2009	2013
moerassen voedselrijk								
G	Ruwe bies	0	0	1.3		4.9	10	13
G	Rode waterereprijs	0	6	0		0	0	0
nat grasland voedselrijk								
G	Geveugeld hertshooi	0	0.9	2.2		0.9	1.6	2.2
G	Zeegroene rus	0	0.9	1.1		2	1.3	1.8
natte duinvallei voedselarm								
G	Drienerve zegge	0	0.7	7		12	25	0
natte duinvallei voedselarm basenrijk								
G	Moeraswespenorchis	0	0	0.2		0.2	2.2	9
G	Gekroesd plakkaatmos	0	0	1.3		1.1	0	0
G	Knobies	0	0	0		0	0.2	2.5
natte pioniervegetatie voedselarm basenrijk								
G	Dwergbloem	0	8	18		14	13	0
G	Vetmos	0	0	6		14	3.6	0
G	Dwergzegge	0	0.9	11		30	24	2
G	Strandduizendguldenkruid	0	0.4	0		0.2	0	0
G	Ambloemige waterbies	0	0	0.2		0	0.7	0
G	Bleekgele droogbloem	0	49	7		0	0	0
G	Waterpunge	0	0.4	3.8		11	7	2.5
watervegetaties voedselrijk								
G	Zilte waterranonkel	0	0.9	0.9		0	0	0
droog duingrasland voedselarm								
H	Ruwe klaver	0.2	0.7		0	0	0	0
droog duingrasland voedselarm basenrijk								
H	Wondklaver	0	0		1	5	10	11
heischraalgrasland								
H	Trilgras	0	0		0	0	0	7
H	Voorjaarszegge	0	0		0	0	0.7	1
H	Knoopkruid	0	0		0	0	0.5	3.3
H	Tandjesgras	0	0.2		0	0.2	3.1	30
nat grasland voedselrijk								
H	Ruige zegge	0.2	0		5	2.9	1.2	1.7
natte duinvallei voedselarm								
H	Drienerve zegge	0	4.5		3.3	7	17	33
natte duinvallei voedselarm basenrijk								
H	Zeegroene zegge				0		86	78
H	Vleeskleurige orchis	0	0		4	5	20	0.5
H	Rietorchis	0	0		0	0	0	14
H	Moeraswespenorchis	0	0		2.4	0	17	53
H	Geelhartje						30	50
H	Pamassia	0	0		0	0	0	1.9
H	Gekroesd plakkaatmos	0	1.4		5	8	3.6	13
H	Vierkantsmos	0	0		0	0	0	4.8
H	Knobies	0	0		0	0	0.7	3.1
natte pioniervegetatie voedselarm basenrijk								
H	Vetmos	7	41		24	28	18	9
H	Dwergzegge	9	25		30	35	30	22
H	Strandduizendguldenkruid	0.2	9		6	13	35	2.6
watervegetatie voedselarm basenrijk								
H	Gewoon kransblad	12	0.5		0	1	0	0
H	Gesteelde zannichellia	12	2.1		0	0	0	0

Vervolg tabel 5-9

Raai	Soort	1999	2001	2003	2004	2005	2009	2013
	droog duingrasland voedselarm basenrijk							
I_2	Wondklaver	2.3	7		11	15	6	
	heischraalgrasland							
I_2	Voorjaarszegge	0	0		0	0	2.3	
I_2	Knoopkruid	1.4	10		6	8	15	
I_2	Tandjesgras	0	0		0	0	3.2	
	moerassen voedselrijk							
I_2	Ruwe bies	0	3.6		14	15	23	
	nat grasland voedselrijk							
I_2	Zeegroene rus	0.5	0.5		0.9	0.9	0.9	
	natte duinvallei voedselarm							
I_2	Drienervige zegge	0	1.8		6	8	22	
	natte duinvallei voedselarm basenrijk							
I_2	Moeraswespenorchis	0	0		0	0.9	0	
I_2	Gekroesd plakkaatmos	0	4.1		11	15	10	
I_2	Knopbies	3.2	4.1		24	25	34	
	natte pioniervegetatie voedselarm basenrijk							
I_2	Dwergbloem	0.5	9		8	3.2	2.7	
I_2	Vetmos	1.4	28		33	24	22	
I_2	Dwergzegge	10	26		38	31	32	
I_2	Strandduizendguldenkruid	10	8		7	2.3	2.3	
I_2	Armbloemige waterbies	0	0		0	2.3	0	
I_2	Bleekgele droogbloem	25	1.4		0.9	0	0	
I_2	Waterpunge	23	25		2.7	0	2.3	
	watervegetatie voedselarm basenrijk							
I_2	Gewoon kransblad	24	13		6	12	6	
	droog duingrasland voedselarm basenrijk							
J	Wondklaver		0	1.4		2.8	3.5	0
	heischraalgrasland							
J	Voorjaarszegge		0	0		0	0.7	1.4
	moerassen voedselrijk							
J	Rode waterereprijs		0	16		1.4	0	0
	natte duinvallei voedselarm							
J	Drienervige zegge		0	3.5		20	55	77
	natte duinvallei voedselarm basenrijk							
J	Zeegroene zegge							27
J	Vleeskleurige orchis		0	0		0	2.8	0
J	Moeraswespenorchis		0	0		0.7	16	19
J	Duinrus						1.4	7
	natte pioniervegetatie voedselarm basenrijk							
J	Vetmos		0	0		0	11	11
J	Dwergzegge		0	28		79	57	55
J	Strandduizendguldenkruid		0	8		3.5	4.3	0
J	Bleekgele droogbloem		0.7	99		2.1	0.7	0
J	Dwergvlas		0	0		0	0	1.4
J	Sierlijke vetmuur		0	0		0	3.5	0
J	Waterpunge		0	43		70	47	44
	watervegetatie voedselarm basenrijk							
J	Gewoon kransblad		0	0		0	42	43
	watervegetaties voedselrijk							
J	Zilte waterranonkel		0	8		0	0	0

Hydrochemie grondwater

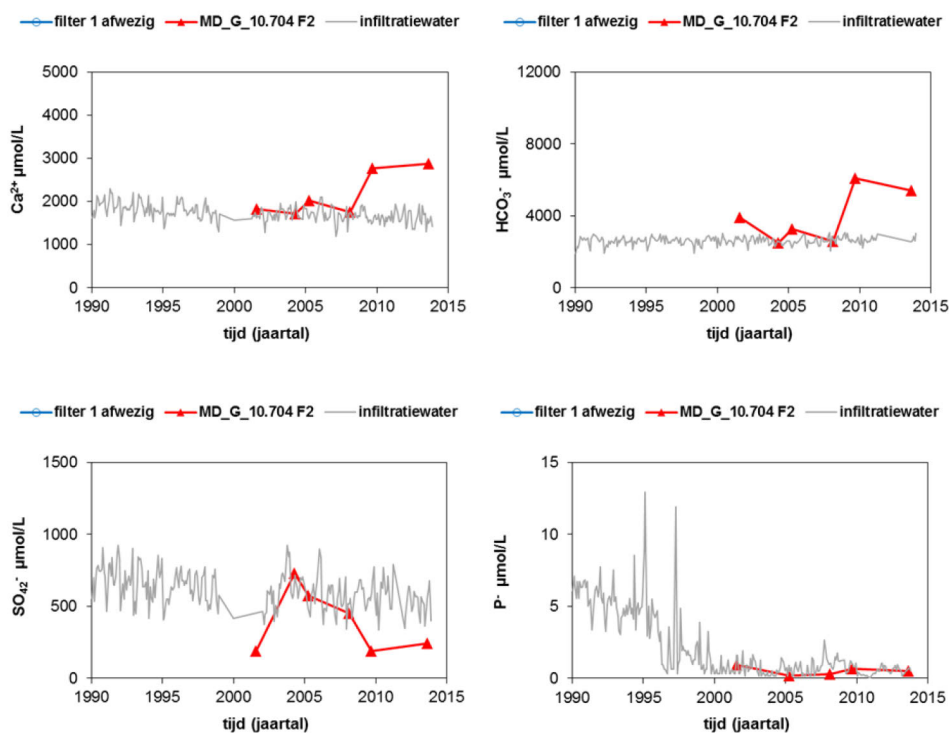
Meetraai G (Figuur 5-19): Tot 2007 zijn de Ca^{2+} - en HCO_3^- -concentraties van het grondwater in de peilbuis constant en gelijk aan die van het infiltratiewater. Daarna stijgen de concentraties. De SO_4^{2-} -concentratie stijgt eerst vlak na de uitvoering van OINS naar het niveau van het infiltratiewater en daalt weer na 2007. De fosfaatconcentratie is laag en varieert weinig. De trends duiden eerst op vervanging van duinwater door infiltratiewater als gevolg van de toegenomen infiltratie. Door de stabielere instelling van het peil in het infiltratiekanaal en het hogere peil in de drain, neemt daarna de invloed van duinwater weer toe wat veroorzaakt wordt door de vorming van een duinwaterlens op het infiltratiewater. Dit

duinwater lost in de bodemtoplaag kalk op en hierdoor nemen de Ca_{2+} - en HCO_3^- -concentratie toe.

Meetraai H: De Ca_{2+} - en HCO_3^- -concentraties zijn vrij constant en zitten iets boven dat van het infiltratiewater. De Cl^- -concentratie volgt vrij goed dat van het infiltraat. De SO_4^{2-} - en fosfaatconcentraties fluctueren sterk. De chemie duidt op een grote invloed van infiltratiewater en tegelijk op bijmenging vanuit een duinwaterlens waarin ontkalking optreedt. De aanwezigheid van een enkele decimeters dikke duinwaterlens is aangetoond met detailonderzoek aan de hydrochemie (Aggenbach et al. 2012).

Meetraai I: Na de uitvoering van OINS stijgen de Ca^{2+} - en HCO_3^- -concentratie. De Na^+ - en SO_4^{2-} -concentratie volgen goed de concentraties van het infiltratiewater. Het fosfaatgehalte stijgt geleidelijk. Ook hier wordt de chemische samenstelling sterk bepaald door toevoer van infiltratiewater en tegelijk bijmenging met duinwater waarin kalk is opgelost (Aggenbach et al. 2012). Het fosfaatgehalte stijgt als gevolg van het oplossen van ijzerhydroxiden.

Meetraai J heeft geen meetlocatie in het grondwaterafhankelijke deel.



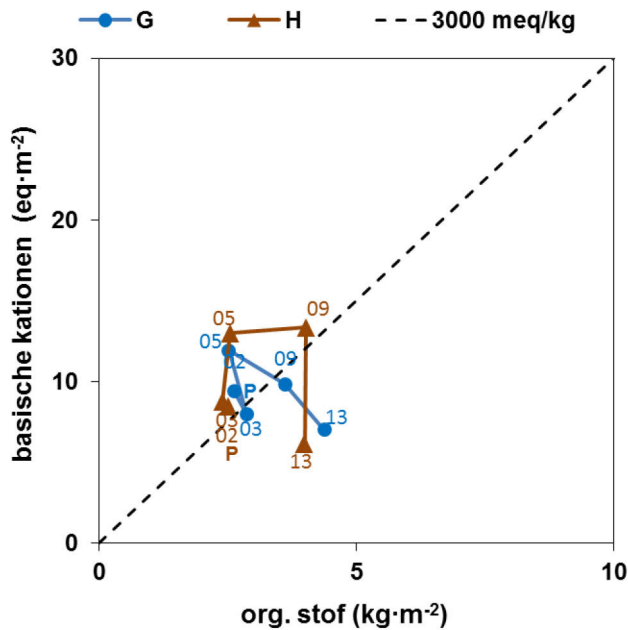
Figuur 5-19: Het verloop van de concentratie van Ca^{2+} , HCO_3^- , SO_4^{2-} en P in een peilbuisfilter van meetraai G. Ter vergelijking is ook het concentratieverloop in het infiltratiewater weergegeven.

Organische stof en basenchemie bodem

Meetraai G (Figuur 5-20): Na het pluggen neemt de voorraad organische stof toe. De basenvoorraad in de bodem verandert weinig. De pH is vlak na het pluggen hoog (neutraal), daalt in 2007 tijdelijk sterk en stijgt vervolgens weer naar vrijwel het oude niveau. De ratio van basische kationen en organische stof is hoog, maar fluctueert wel sterk.

Meetraai H (Figuur 5-20): Na het pluggen neemt de voorraad organische stof toe. De basenvoorraad in de bodem verandert weinig. De pH is vlak na het pluggen hoog (basisch-neutraal), daalt in 2007 tijdelijk sterk en stijgt vervolgens weer naar vrijwel het oude niveau. De ratio van basische kationen en organische stof is hoog, maar fluctueert wel sterk. De basenverzadiging is de hele periode hoog.

Meetraai I en J: Meetpunten liggen in een droog deel van de meetraai.



Figuur 5-20: Ontwikkeling van de voorraad organische stof en basische kationen in de bodemtoplaag van de valleivegetatie in de meetraaien G en H. De meetlocaties zijn afgegraven in 2000. De stippellijn geeft de kationadsorptiecapaciteit van 3000 meq/kg aan (= 3 eq/kg) van goed gehumificeerde organische stof. Een verschuiving omhoog richting de stippellijn geeft toename van de basenverzadiging aan en vice versa.



Foto 5-5: In meetraai H is na het plaggen in 1997 na 16 jaar (2013) een humushoudende A-laag van 5 cm dikte ontstaan. De grijze kleur met roestvlekken in de onderliggende zandlaag duidt op een hoge grondwaterstand (foto Camiel Aggenbach).

Doelrealisatie in 2014

Meetraai G: Het einddoel van *basenrijke voedselrijke watervegetatie en moeras (type 2)*, *natte basenrijke voedselrijke duinvallei (type 3)*, *natte basenrijke voedselarme duinvallei*

(type 4) is gerealiseerd. In de meetraai treden echter in de duinvalleivegetatie wel veel ruigtesoorten op. Dit kan worden veroorzaakt door regelmatige inundatie met infiltratiewater en ook de aanwezigheid van kwelplassen die sterk door infiltratiewater worden gevoed, waardoor de omstandigheden relatief voedselrijk zijn. Door lichtconcurrentie is het aandeel basenminnende, voedselarme duinvalleisoorten gering.

Meetraai H: In plaats van het einddoel *basenrijke voedselarme watervegetatie (type 1)* heeft zich door dichtgroeien van het open water door Riet het natuurtype *basenrijke voedselrijke watervegetatie en moeras (type 2)* ontwikkeld. Van het einddoel is in het valleideel *natte basenrijke voedselarme duinvallei (type 4)* aanwezig na de herinrichting en neemt de kwaliteit toe.

Meetraai I: het einddoel (*natte basenrijke voedselarme duinvallei (type 4)*) is na de herinrichting gerealiseerd in een groot deel van de meetraai en neemt in kwaliteit toe. In een voedselrijk kwelplasje dat gevoed wordt door infiltratiewater is ook *basenrijke voedselrijke watervegetatie en moeras (type 2)* ontstaan.

Meetraai J: van het einddoel is *natte basenrijke voedselarme duinvallei (type 4)* gerealiseerd. Soorten van oude stadia nemen hier toe. Een meevaller is dat *basenrijke voedselarme watervegetatie (type 1)*, bestaande uit een Kranswier-begroeiing zich ontwikkelde in plaats van *natte basenrijke voedselrijke duinvallei (type 3)*. Type 1 komt in een plasje voor dat is ontstaan na vernatting.

Interpretatie

In de aquatische zone van de infiltratieplassen wordt de ontwikkeling van basenrijke voedselarme watervegetatie (type 1) beperkt door de ontwikkeling van rietvegetatie. Deze ontwikkeling vindt plaats onder invloed van hoge nutriëntenfluxen (zie paragraaf 4.2.2 en tekstkader 3). In de valleidelten heeft het afgraven een voedselarme, humusarme, kalkhoudende bodem gecreëerd. Door de optimalisatie van de kanaal- en drainpeilen fine-tuning is tussen de infiltratiekanalen een tamelijke stabiel en flauw verhang van het freatisch grondwater dicht aan het maaiveld ontstaan. Hierdoor is bovenop het geïnfiltreerde rivierwater een duinwaterlens ontstaan. De vegetatie in de duinvalleien wortelt in deze duinwaterlens en wordt daardoor niet of weinig beïnvloed door de hydrochemie van het onderliggende infiltraat. Het afgraven heeft de ontwikkeling van natte, voedselarme, basenrijke duinvalleivegetatie bevorderd. In eerste instantie traden daarbij basenminnende pionierssoorten op de voorgrond. Naar verloop van tijd worden de duinvalleisoorten van oudere stadia belangrijker. De opzet om langs de kanalen kalkrijke duinvalleivegetatie te ontwikkelen is daarmee grotendeels geslaagd (meetraaien H, I en J). In meetraai G ontwikkelde natte, voedselarme, basenrijke duinvalleivegetatie in geringe mate. Oorzaak is hier dat het nitratrijke infiltratiewater regelmatig de vallei overstroomt en er ook kwelplasjes aanwezig zijn die sterk door infiltratiewater gevoed worden. Hierdoor kan zich minder goed of geen nutriëntenarme duinwaterlens opbouwen. Door de fine-tuning van waterpeilen in het infiltratiegebied is er in de meeste valleidelten tussen de infiltratiekanalen een hoge, vrij stabiele grondwaterstand zonder inundatie gerealiseerd die zorgt voor een hoge kwaliteit van natte basenrijke voedselarme duinvallei.

5.4 Duingraslanden

5.4.1 Duingrasland, kalkarme bodem, niet geplagd, beweid: meetraai A, C, D

Deze locaties liggen in de Middelduinen op dieper ontkalkte bodems. Er is niet ingegrepen in de bodem waardoor ze alle een oude bodem met een humeuze toplaag hebben.

Einddoel

- Meetraai A: *droog overgang kalkrijk/kalkarm voedselarm duingrasland (type 9)*
- Meetraai C: *droog kalkarm voedselarm duingrasland (type 10)*
- Meetraai D: *droog overgang kalkrijk/kalkarm voedselarm duingrasland (type 9)*

Maatregelen i.v.m. OINS

Alle meetraaien: maatregelen in de waterhuishouding zijn weinig relevant omdat het droge locaties betreft die niet of nauwelijks worden beïnvloed door verandering in de waterhuishouding. De vochtige overgangszones kunnen beïnvloed worden door veranderingen in de waterhuishouding.

Beheer

Alle drie de meetraaien worden beweid.

- Meetraai A: De lagere delen zijn gemaaid in 2010 en 2012, de hogere delen niet.
- Meetraai C: Een groot deel is niet gemaaid. Het zuidelijke deel is regelmatig gemaaid.
- Meetraai D: niet gemaaid.

Vegetatie PQ

Er liggen geen PQ's in de droge delen van betreffende meetraaien.



Foto 5-6: Een mierenbult in een duingrasland van de Middelduinen. Mieren zijn belangrijk voor het omhoogwerken van kalkhoudend zand naar de toplaag van de bodem (foto Camiel Aggenbach).

Plantensoorten in de grids (Tabel 5-10)

De heischrale soort, Tandjesgras, neemt toe in alle drie meetraaien. In meetraai D is Smal fakkelgras met een matige presentie aanwezig en deze neemt iets af. In dezelfde meetraai komt ook Drienvrige zegge voor in een 'droge' vegetatie. Deze soort komt hier ijl voor in de overgang naar de vallei.

Tabel 5-10: De frequentie van plantensoorten in de gridcellen (%) van plantensoorten in het (nagenoeg) grondwateronafhankelijke deel van meetraai A, C en D. Als een waarde ontbreekt is de soort dat jaar niet opgenomen. De soorten zijn gegroepeerd op basis van ecologische soortgroepen.

Raai	Soort	1999	2001	2003	2005	2009	2013
A	heischraalgrasland						
	Tandjesgras	2	0	8	22	22	14
C	heischraalgrasland						
	Tandjesgras	0	0	6	6	0	18
droog duingrasland voedselarm basenarm							
D	Zandblauwtje	0	0	0	0	0.7	0
D	Smal fakkelgras	29	25	29	32	16	20
heischraalgrasland							
D	Voorjaarszegge	0	0	0	0	42	66
D	Tandjesgras	14	23	33	51	52	51
D	Mannetjesereprijs					9	19
D	Hondsviooltje					3.6	2.1
natte duinvallei voedselarm							
D	Drienvrige zegge + Drienvrige zegge x	16	11	21	14	16	16

Doelrealisatie in 2014

Meetraai A: het einddoel *droog overgang kalkrijk/kalkarm voedselarm duingrasland (type 9)* heeft zich gehandhaafd. De vegetatie-ontwikkeling duidt op verbetering kwaliteit.

Meetraai C: in plaats van het einddoel *droog kalkarm voedselarm duingrasland (type 10)* heeft zich *droog overgang kalkrijk/kalkarm voedselarm duingrasland (type 9)* ontwikkeld. Net als voor het valleideel van de meetraai geldt hier dat deze locatie basenrijker is dan aanvankelijk werd verondersteld bij de inrichting.

Meetraai D: het einddoel *droog overgang kalkrijk/kalkarm voedselarm duingrasland (type 9)* heeft zich gehandhaafd. De vegetatie-ontwikkeling duidt op verbetering kwaliteit.

Interpretatie

De veranderingen in de vegetatie zijn gering. Opvallend is de toename van heischraalgraslandsoorten. Vermoedelijk is dit een doorwerking van het beweidings- en maai-beheer.

5.4.2 Duingrasland, kalkrijke bodem, niet geplagd, beweid: meetraai G en I

Deze locaties liggen in de Oostduinen waar de bodem niet of zeer oppervlakkig is ontkalkt. Er is niet ingegrepen in de bodem waardoor ze alle een oude bodem met een humeuze toplaag hebben.

Einddoel

Meetraai G en I: *droog kalkrijk voedselarm duingrasland (type 8)*.

Maatregelen i.v.m. OINS

Alle meetraaien: Maatregelen in de waterhuishouding zijn weinig relevant omdat het (vrijwel) droge locaties betreft die niet of nauwelijks worden beïnvloed door verandering in de waterhuishouding. De vochtige overgangszones kunnen beïnvloed worden door veranderingen in de waterhuishouding.

Beheer

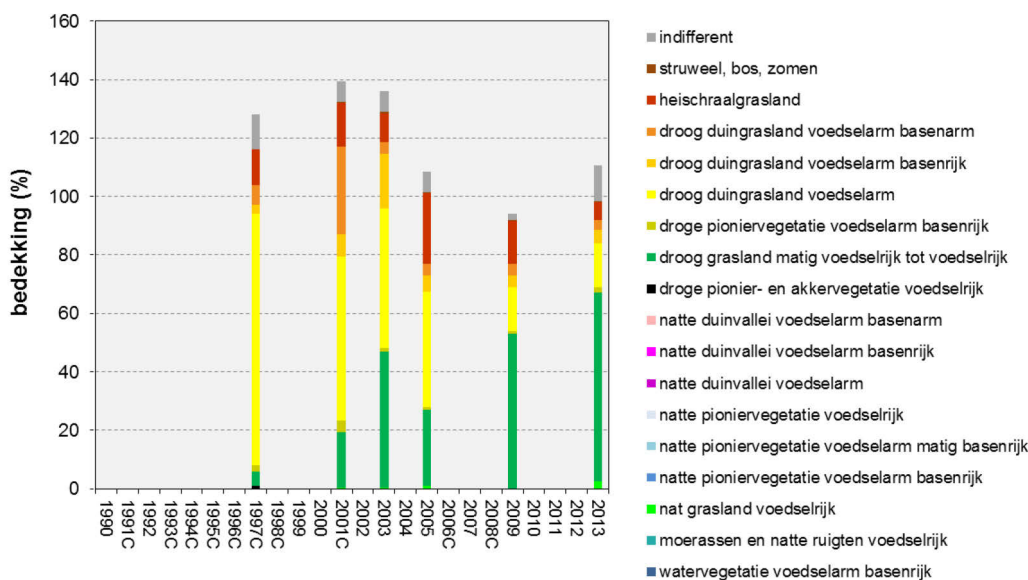
Beide meetraaien worden beweid.

- Meetraai G: gemaaid in 1992 t/m 1996, 2008, 2010, 2013.
- Meetraai I-1: gemaaid in 1992, 1993 t/m 1998, 2006, 2008.
- Meetraai I-2: gemaaid in 1998.

Vegetatie PQ

Meetraai G: geen PQ in droge deel

PQ meetraai I (Figuur 5-21): In het begin hebben soorten van droge, voedselarme duingraslanden een groot aandeel. Daarbij hebben ook de basenminnende soorten een enigszins fluctuerend aandeel. De bedekking van soorten van droge duingraslanden neemt af ten gunste van matig voedselrijke tot voedselrijke graslandsoorten. Deze laatste trend wordt bepaald door een duidelijke toename van Gestreepte witbol en Reukgras. Heischraalgrasland soorten zijn vrij constant aanwezig. De bovengrondse biomassa piekte in 2009 op een voor voedselarme duingraslanden hoog niveau (ca. 800 g/m²). De N/P ratio in de kruidlaag zit dicht op het omslagpunt van N- en P-limitatie.



Figuur 5-21: Ontwikkeling van de bedekking van ecologische plantensoortgroepen in de PQ van meetraai I. De totale bedekking kan meer dan 100% zijn door het overlap in bedekking van soorten. Vooral vaatplanten en mossen overlappen in bedekking.

Plantensoorten in de grids (Tabel 5-11)

In beide meetraaien zijn soorten van droge, voedselarme, basenrijke duingraslanden met een lage tot matige presentie aanwezig. Een deel van deze soorten nemen toe in presentie. Grote tijm verschijnt in beide meetraaien. Van de heischraalgraslandsoorten verschijnt een deel en een ander deel neemt toe.

Tabel 5-11: De frequentie van plantensoorten in de gridcellen (%) van plantensoorten in het (nagenoeg) grondwateronafhankelijke deel van meetraai G en I. Als een waarde ontbreekt is de soort dat jaar niet opgenomen. De soorten zijn gegroepeerd op basis van ecologische soortgroepen.

Raai	Soort	1999	2001	2003	2004	2005	2009	2013
droog duingrasland voedselarm basenrijk								
G	Wondklaver	0.8	1.5	3		7	13	3
G	Smal fakkelgras	5	0	17		27	28	37
G	Grote tijm	0	0	0		0	17	11
heischraalgrasland								
G	Voorjaarszegge	0	0	0		0	8	0
G	Tandjesgras	0	0	0		0	1.5	16
G	Gewone vleugeltjesbloem						2.3	5
struweel en bos basenrijk								
G	Duindoorn						42	27
droog duingrasland voedselarm basenrijk								
I	Wondklaver	0.8	1.5		1.3	1	0.5	0.3
I	Smal fakkelgras	10	11		11	14	14	10
I	Nachtsilene	0.5	1.8		1.5	1.8	2	2
I	Grote tijm	0	0		0	0	11	2.5
heischraalgrasland								
I	Trilgras	0	0		0	0	0	0.5
I	Voorjaarszegge	0	0		0	0	25	26
I	Knoopkruid	13	20		31	32	25	11
I	Tandjesgras	9	9		6	4.8	9	15
I	Gewone vleugeltjesbloem						2	7
I	Hondsviooltje						4.8	10

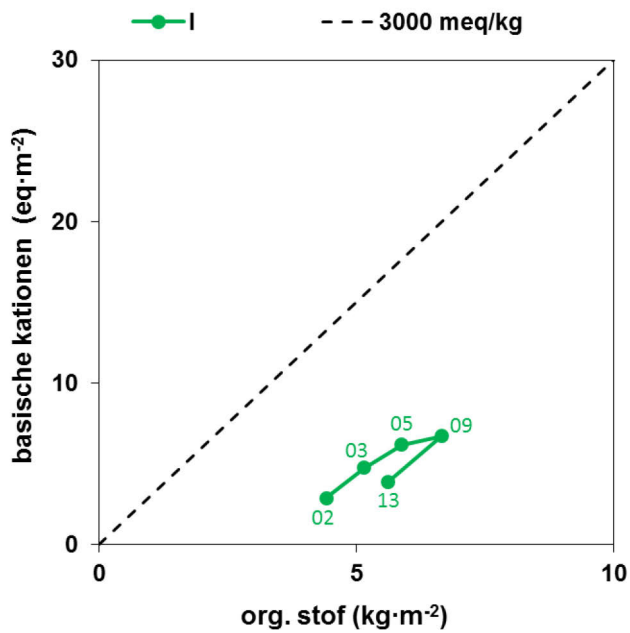
Organische stof en basenchemie bodem

Meetraai G: geen meetpunt in het droge deel

Meetraai I: Het organisch-stofgehalte van de toplaag is tamelijk hoog (5-7 %). gedurende de meetreeks stijgt het iets. De pH_H2O zit in het matig tot zwak zure bereik. De pH_H2O en pH_KCl vertonen geen duidelijke trend. De ratio van basische kationen en organische stof is vrij laag en vertoont ook geen duidelijke trend (Figuur 5-22). Alhoewel het duingrasland als basenminnend kan worden geclassificeerd is de bodemtoplaag kalkarm (CaCO₃ 0.2 %). Dit houdt verband met oppervlakkige ontkalking. Hierdoor komen ook heischrale soorten van kalkarme omstandigheden voor (Hondsviooltje en Tandjesgras).

Doelrealisatie in 2014

Meetraai G+I: het einddoel *droog kalkrijk voedselarm duingrasland (type 8)* heeft zich gehandhaafd. De ontwikkeling in de vegetatie is deels positief door toename van soorten van basenminnend duingrasland en heischraalgraslandsoorten. De sterke toename van bovengrondse biomassa in meetraai G is negatief omdat dit zorgt voor lichtbeperking van voedselarme duingraslandsoorten. Deze ontwikkeling hangt samen met een geringe beweidingdruk. Het maaibeheer kan deze hoge standing crop blijkbaar niet altijd voorkomen.



Figuur 5-22: Ontwikkeling van de voorraad organische stof en basische kationen in de bodemtoplaag van de valleivegetatie in meetraai I. De meetlocaties zijn afgegraven in 2000. De stippellijn geeft de kationadsorptiecapaciteit van 3000 meq/kg aan (= 3 eq/kg) van goed gehumificeerde organische stof. Een verschuiving omhoog richting de stippellijn geeft toename van de basenverzadiging aan en vice versa. De ontwikkeling van de organische stof en basische kationen in meetraai G en H.

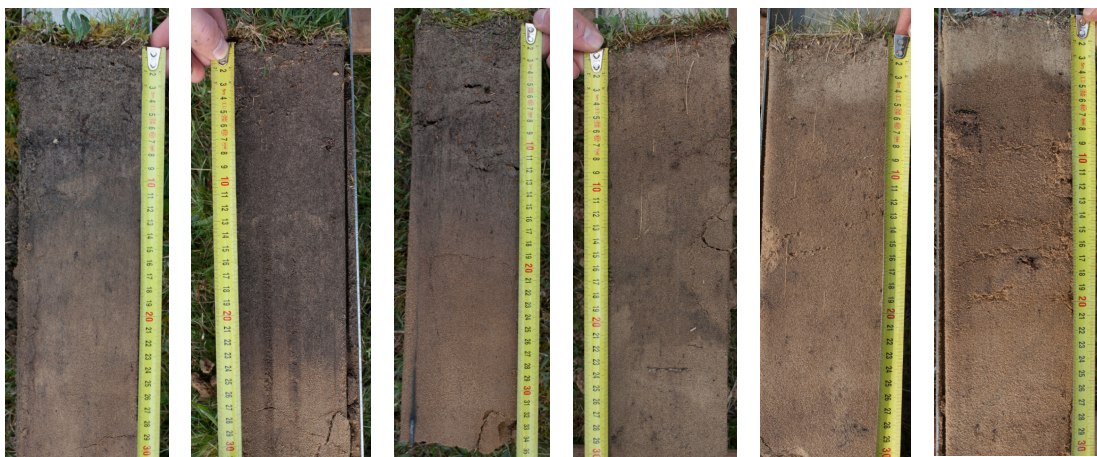


Foto 5-7: Drie oude duinbodems met een diep humusprofiel (links) en drie jonge, recent afgegraven bodems (rechts) met droog duingrasland (foto's Camiel Aggenbach).

5.4.3 Duingrasland, kalkrijke bodem, geplagd, beweid: meetraai H en J

Eindoel

- Meetraai H: *droog kalkrijk voedselarm duingrasland (type 8)*
- Meetraai J: *droog kalkarm matig voedselrijk grasland en struweel (type 12)*

Maatregelen i.v.m. OINS

In het kader van OINS is de bodem afgegraven in 1997 (meetraai H) en 2001 (meetraai J). Maatregelen in de waterhuishouding zijn weinig relevant om dat het (vrijwel) droge locaties betreft die niet of nauwelijks worden beïnvloed door verandering in de waterhuishouding. De vochtige overgangszones kunnen beïnvloed worden door veranderingen in de waterhuishouding.

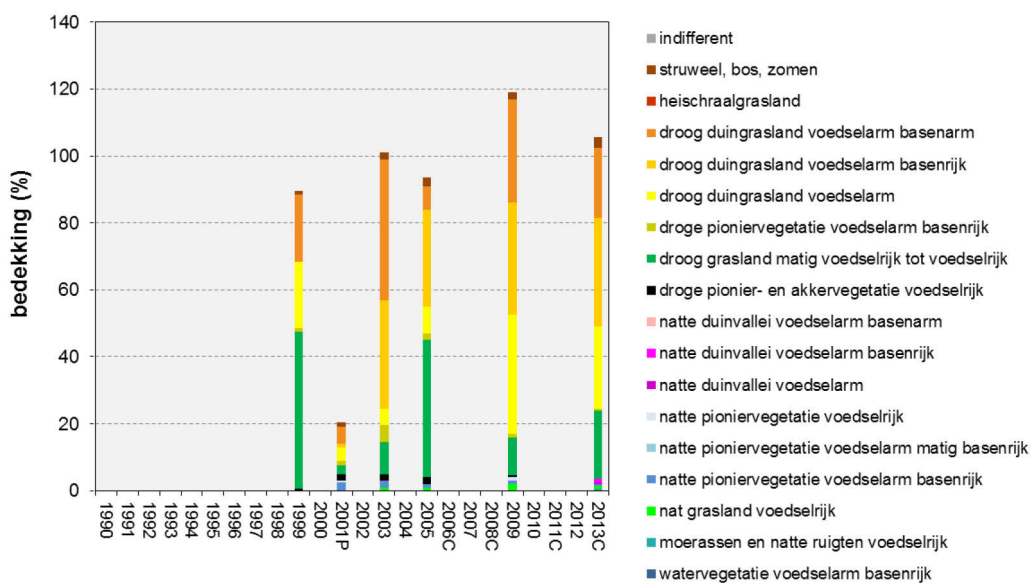
Beheer

Beweid. In 2008, 2011 en 2013 ook gemaaid.

Vegetatie PQ

Meetraai H: geen PQ in droog deel

Meetraai J (Figuur 5-23): Vóór het plaggen bestond de vegetatie uit een groot aantal soorten van droge, matig voedselrijke tot voedselrijke graslanden (vooral door Duinriet). Daarnaast kwamen ook soorten voor van droge voedselarme basenarme duingraslanden en droge voedselarme basenrijke duingraslanden. Direct na het plaggen is de bedekking laag en twee jaar later heeft de kruidlaag een hoge bedekking en overheersen soorten van droge duingraslanden. Daarna wisselt de bedekking van de droge duingraslandsoorten, waarbij zowel basenarme als basenminnende soorten een aanzienlijk aandeel hebben. Het aandeel van voedselminnende graslandsoorten fluctueert door een wisselende bedekking van Rood zwenkgras en Gestreepte witbol. De hoeveelheid bovengrondse biomassa neemt na het plaggen gestaag toe naar een matig hoog niveau van 450 g/m². De N/P ratio duidt meestal op N-limitatie.



Figuur 5-23: Ontwikkeling van de bedekking van ecologische plantensoortgroepen de PQ van meetraai J. De totale bedekking kan meer dan 100% zijn door het overlap in bedekking van soorten. Vooral vaatplanten en mossen overlappen in bedekking.

Plantensoorten in de grids (Tabel 5-12)

Meetraai H: Soorten van voedselarme duingraslanden, waaronder basenminnende nemen toe of verschijnen. Dit geldt ook voor heischraalgraslandsoorten.

Meetraai J: Wondklaver (droog, voedselarm, basenrijk duingrasland) is vlak na het plaggen met een matig hoge presentie aanwezig. Een tweetal heischraalgraslandsoorten verschijnen. Verder is een hoge bedekking van Haarmos opvallend.

Tabel 5-12: De frequentie van plantensoorten in de gridcellen (%) van plantensoorten in het (nagenoeg) grondwateronafhankelijke deel van meetraai H en J. Als een waarde ontbreekt is de soort dat jaar niet opgenomen. De soorten zijn gegroepeerd op basis van ecologische soortgroepen.

Raai	Soort	1999	2001	2003	2004	2005	2009	2013
droog duingrasland voedselarm								
H	Ruwe klaver	0	0		0	0	0.6	0.6
droog duingrasland voedselarm basenrijk								
H	Wondklaver	1.2	4.1		3.5	7	20	19
H	Smal fakkелgras	0	0		1.2	0.6	4.7	7
H	Nachtsilene	0	0		0	0	1.8	10
heischraalgrasland								
H	Voorjaarszegge	0	0		0	0	2.4	1.2
H	Tandjesgras	0	0		0	0	0.6	2.4
H	Gewone vleugeltjesbloem						4.7	10
struweel en bos basenrijk								
H	Duindoorn						26	14
droog duingrasland voedselarm basenrijk								
J	Wondklaver		0	39		44	41	8
heischraalgrasland								
J	Voorjaarszegge		0	0		0	8	8
J	Tandjesgras		0	0		0	0	3.8
struweel en bos basenrijk								
J	Duindoorn						16	28

Organische stof en basenchemie bodem

Meetraai H: geen meting in droog deel

Meetraai J: Na het plaggen neemt het organische stofgehalte langzaam toe. De pH_{H2O} zit in het zwak tot matig zure bereik en is vrij stabiel. De ratio van basische kationen en organische stof daalt licht en is vrij laag (Figuur 5-22). Het kalkgehalte is laag (<0.2 %). Ondanks de geringe basenrijkdom van de bodemtoplaag is een basenrijk duingrasland aanwezig. Dit hangt vermoedelijk samen met het ondiep voorkomen van kalk.

Doelrealisatie in 2014

Meetraai H: Het einddoel *droog kalkrijk voedselarm duingrasland (type 8)* is aanwezig en de kwaliteit wordt beter.

Meetraai J: In plaats van einddoel *droog kalkarm matig voedselrijk grasland en struweel (type 12)* is *droog kalkrijk voedselarm duingrasland (type 8)* ontstaan. Blijkbaar was na het plaggen de basenrijkdom groter dan vooraf verondersteld. De kwaliteit neemt iets toe.

Opvallend is de snelle ontwikkeling van basenrijk duingrasland na het plaggen, ondanks dat het organische stofgehalte nog laag is.

5.4.4 Duingrasland, kalkrijke bodem, geplagd, niet beweid: meetraai K

Einddoel

Meetraai K: *droog kalkrijk voedselarm duingrasland (type 8)*

Maatregelen i.v.m. OINS

Er is geplagd in 2001. Maatregelen in de waterhuishouding zijn weinig relevant om dat het (vrijwel) droge locaties betreft die niet of nauwelijks worden beïnvloed door verandering in de waterhuishouding. De vochtige overgangszones kunnen beïnvloed worden door veranderingen in de waterhuishouding.

Beheer

Deels is de meetraai niet gemaaid en deels wel (2002, 2006 t/m 2008/ 2011). Het maaibeheer had als doel houtige opslag te onderdrukken.

Vegetatie PQ

Geen PQ in het droge deel.

Plantensoorten in de grids

De droge duingraslandsoort, Ruwe klaver verschijnt na het plaggen (Tabel 5-13). Een deel van de soorten van droge voedselarm basenrijke duingraslanden nemen duidelijk toe (Wondklaver bereikt een hoge presentie) en andere hebben een sporadisch voorkomen. Van de heischraalgraslandsoorten is Gewone vleugeltjesbloem aanwezig.

Tabel 5-13: De frequentie van plantensoorten in de gridcellen (%) van plantensoorten in het (nagenoeg) grondwateronafhankelijke deel van meetraai K. Als een waarde ontbreekt is de soort dat jaar niet opgenomen. De soorten zijn gegroepeerd op basis van ecologische soortgroepen. Grijs gearceerd is de situatie voor plaggen.

Raai	Soort	1999	2001	2003	2005	2009	2013
	droog duingrasland voedselarm						
K	Ruwe klaver	0	3.2	1.6	0.8	6	3.6
	droog duingrasland voedselarm basenrijk						
K	Wondklaver	0	0.8	2	10	60	69
K	Smal fakkelgras	0.8	0	0.8	5	14	25
K	Zandpaardenbloem	0	0	3.6	0	0	0
K	Gestreepte klaver	0	0.4	0	0	0	0
	heischraalgrasland						
K	Gewone vleugeltjesbloem					2	18
	struweel en bos basenrijk						
K	Duindoorn					2.8	5

Organische stof en basenchemie bodem

Geen meting in het droge deel.

Doelrealisatie in 2014

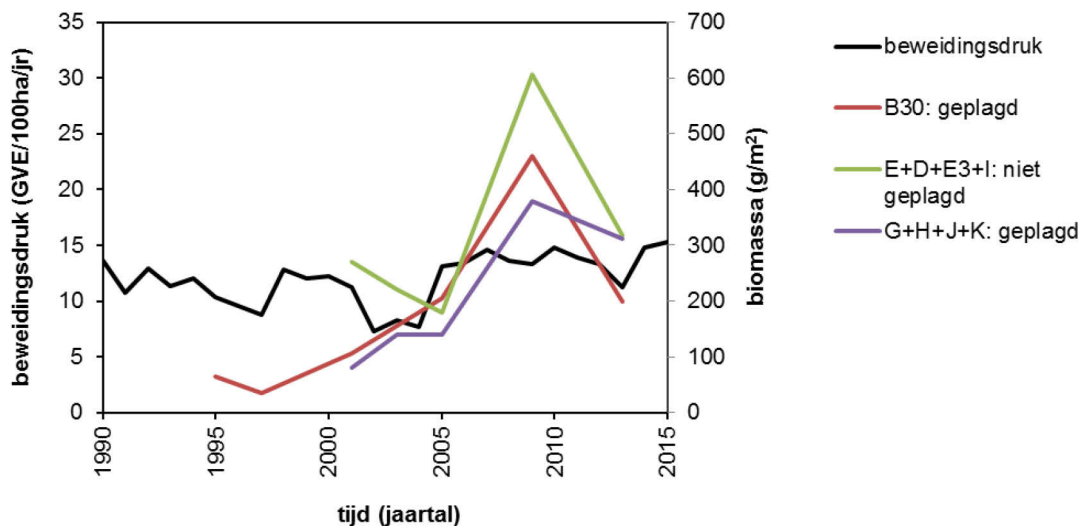
Meetraai K: het einddoel *droog kalkrijk voedselarm duingrasland (type 8)* heeft zich na het plaggen ontwikkeld. De kwaliteit neemt toe.

Opvallend is de snelle ontwikkeling van basenrijk duingrasland na het plaggen, ondanks dat het organische stofgehalte nog laag is.

5.5 Ontwikkeling bovengrondse biomassa

In de meetraaien is vlakbij de permanente kwadraten de bovengrondse biomassa van de vegetatie gemeten op het hoogtepunt van de vegetatie (eind juli-augustus). Dit betreft de biomassa van de kruidlaag die dan aanwezig is. Opvallend is dat de trends van de biomassa in de meetraaien sterk met elkaar gecorreleerd zijn. Daarbij vertonen ook geplagde en niet geplagde meetraaien een soortgelijk verloop (Figuur 5-24). Daarbij is sprake van een hoge piek in de biomassa in 2009. De hoeveelheid biomassa is dan zo hoog (350-800 g/m²) dat onderin de vegetatielaag en op de bodem lichtbeperking voor plantengroei optreedt. De sterke overeenkomst in het verloop van de biomassa tussen de meetraaien duidt op een invloed die op gebiedsschaal werkzaam is. Deze invloed kan bestaan uit beweiding. Meer of minder beweiding werkt door in de hoeveelheid biomassa die in de zomer aanwezig is. Bij een jaar met een hogere beweidingdruk zal er meer biomassa worden weggegraasd. Uit Figuur 5-24 blijkt dat er geen correlatie aanwezig is tussen de hoeveelheid biomassa en beweidingdruk.

Fluctuaties in neerslagoverschot en temperatuur kunnen ook doorwerken in de productiviteit van de vegetatie. Het neerslagoverschot/tekort kan effect hebben op de vochtvoorziening: bij een groter neerslagoverschot in het voorjaar en de zomer treedt er minder of geen droogtestress op en is de productiviteit groter. Omdat de meeste meetlocaties grondwaterafhankelijk zijn en in de zomer altijd capillaire nalevering naar de wortelzone hebben, zullen droge en natte jaren echter weinig invloed hebben op variatie in droogtestress. Het verloop van biomassa vertoont ook geen relatie met het neerslagoverschot/tekort in het voorjaar en groeiseizoen (resultaten worden niet getoond). Verschillen in temperatuur tussen jaren kan ook doorwerken in de groei. Een hogere temperatuur bevordert de groei. Ook voor de temperatuur in de winter, in het voorjaar en het groeiseizoen is geen samenhang met de hoeveelheid biomassa aanwezig. Vermoedelijk werkt beweidingdruk op een termijn van meerdere jaren door op de ontwikkeling van biomassa. De invloed van het weer werkt vermoedelijk verfijnder door op de productie.



Figuur 5-24: Ontwikkeling van de bovengrondse biomassa in de zomer (eind juli-augustus) in de meetraaien en de beweidingdruk. De meetraaien zijn geclusterd in een groep van geplagde en niet geplagde locaties. Van deze clusters wordt de gemiddelde waarde van de bovengrondse biomassa gegeven. Van meetraai B wordt een langere reeks van biomassametingen getoond B30, geplagd in 1989).

6 Conclusies

De insteek van de herinrichting en het natuurbeheer in de Middel- en Oostduinen was om de natuur(doel)typen van voedselrijke omstandigheden terug te dringen ten gunste van natuurdoeltypen van voedselarme omstandigheden. Ook het areaal met vochtige en natte natuurdoeltypen diende toe te nemen. Daarnaast beoogden de maatregelen in de ontkalkte delen de aanvoer van basenrijk grondwater naar de valleien te bevorderen. De voedselrijke vochtige oevers, die in het verleden waren ontstaan door het opbrengen van grond uit de aangelegde kanalen, zijn overal verwijderd. Doel was hier een toename van het areaal basenrijke voedselarme watervegetatie en natte basenrijke voedselarme duinvallei. Met het plaggen van de voedselrijke valleien werden voedselarme omstandigheden nagestreefd. Op sommige locaties werden zulke valleien veranderd in open water wegens het vergroten van de infiltratiekanalen. Een groot deel van de matig voedselrijke graslanden en struwelen in de Oostduinen werden gemaaid en soms ook geplagd, met als doel voedselarm duingrasland te herstellen. In de Middelduinen werden geëutrofiëerde valleien geplagd met als doel natte voedselarme duinvalleien te herstellen. Een lage voedselrijkdom en korte vegetatie van de duingraslanden werd nagestreefd door maaien en/of beweiden. Hieronder wordt vastgesteld in hoeverre de herstelmaatregelen en het beheer hebben doorgewerkt op de abiotische omstandigheden en in hoeverre natuurwinst is bereikt voor de vegetatie en broedvogels.

6.1 Ontwikkeling abiotiek

Waterstandsregime

De maatregelen hebben het waterregime voor de grondwaterafhankelijke natuur in de Middel- en de Oostduinen vergaand verbeterd. De Middelduinen zijn in zijn geheel natter geworden, wat daar tot een sterke uitbreiding van de oppervlakte met grondwaterafhankelijke vegetatie heeft geleid. Aanpassingen in de waterwinning (buiten werking stellen drain 2 in de Middelduinen, hoge stabielere peilen in het infiltratiesysteem van de Oostduinen) hebben hier aan bijgedragen. Belangrijke was ook de natuurinrichting van de polder De Enden dat formeel geen onderdeel was van het maatregelpakket voor de herinrichting van de waterwinning. Hierdoor kon uiteindelijk het noordelijke deel van de Middelduinen sterk vernat worden.



Foto 6-1: Een herstelde kalkrijke duinvallei met zeldzame plantensoorten als Teer guichelheil (roze bloemen op de voorgrond), Knopbies en Rietorchis in de Oostduinen (foto Marten Annema).

In de Oostduinen is door aanleg van bredere infiltratieplassen de oppervlakte open water vergroot en door ondiep afgraven van aangrenzende laagten zijn grondwaterafhankelijke valleibodems sterk toegenomen. De fine-tuning van de waterpeilen in de infiltratieplassen en het onttrekkingspeil van de drains hebben sterk bijgedragen aan een stabiel waterregime met een geringe seizoensmatige fluctuatie. Omdat de fine-tuning een vergaande afstemming vergde tussen voldoende waterproductie, technische mogelijkheden en een geschikt waterstandsregime voor duinvalleivegetatie, waren meerdere jaren nodig om het optimale regelregime te bereiken. In 2008 werd het optimale regime ingesteld, waarna de waterhouding van de Oostduinen stabiel is gebleven.

Er waren ook enkele tegenvallers. Vooraf aan de voorgenomen natuurinrichting van De Enden werd, onvoorzien, daar nog buisdrainage gelegd voor landbouwdoeleinden. Dit heeft tijdelijk voor extra verdroging gezorgd die haaks stonden op de intenties van het ingezette herstelplan voor de Middelduinen in de jaren '90 en de latere uitvoering van OINS. Uiteindelijk kon de drainage van De Enden in 2007 worden opgeheven. Een niet gewenst effect was dat de sterke vernatting van de laaggelegen vallei Meinderswaal door zowel uitvoering van OINS als de natuurinrichting van De Enden. Omdat de vallei geen eigen afwatering meer heeft (als gevolg van de aangelegde gesloten zeevering), is een groot deel nu permanent geïnundeerd ten nadelen van natte, basenrijke duinvalleivegetatie die na het plaggen was ontstaan.



Foto 6-2: Najaarsaspect in kalkrijk duingrasland met Nachtsilene, Tijm en Kruisdistel (foto Marten Annema).

Basen- en nutriëntenrijkdom

Op veel plekken in de valleien heersen basenrijke condities. Uit deze evaluatie blijkt dat de huidige omvang van basenrijke en matig basenrijke valleien groter is dan vooraf aan de herinrichting werd voorzien. Hierdoor komen duinvalleien met zure condities weinig voor. De monitoring in de meetraaien lieten een min of meer synchrone (periode 2003-2007), tijdelijke verzuring van de bodemtoplaag in een groot deel van de valleien zien (B t/m H en K). Deze tijdelijke verzuring trad op in een periode van meteorologisch droge jaren met lage grondwaterstanden (2002-2009) en vaak ook nog voordat sterke vernatting optrad als gevolg van ingrepen. In jaren met een lage grondwaterstand kan door oxidatie zuur worden

gevormd. In geval van valleien die alleen tijdens inundatie gevoed worden met baserijk grondwater is een periode met lage grondwaterstanden nog extra nadelig. Zulke valleien komen veel voor in de Middelduinen. Er treedt dan geen aanvulling met basen op. In een latere periode met nattere jaren en ook na sterke vernatting is de zuurgraad weer hersteld naar een hoger niveau. De verwachting is dat valleien die zijn vernat, nu minder gevoelig zijn geworden voor verzuring in meteorologisch droge jaren. Het systeem is daarmee robuuster geworden.

De duinvalleien in het infiltratiesysteem van de Oostduinen zijn baserijk. In geval deze valleien niet overstromen met infiltratiewater en ook geen kwelplasjes hebben, is een dunne lens van natuurlijk duinwater (enkele decimeters) aanwezig bovenop het geïnfiltreerde rivierwater. Belangrijk is dan ook dat de peilfluctuatie in de infiltratiekanalen gering is en de drainpeilen stabiel zijn afgeregeld. Dan zijn deze duinwaterlenzen langdurig aanwezig. Het nitraatrijke infiltratiewater komt hierdoor niet in de wortelzone van de duinvalleivegetatie. Daardoor heersen er in de afgegraven laagten langs de kanalen doorgaans voedselarme omstandigheden. Door de aanwezigheid van kalk in de bodemtoplaag heersen er ook baserijke omstandigheden. Wanneer de laagten wel inunderen met nitraatrijk infiltratiewater, of in geval er kwelplasjes aanwezig zijn, dan zijn de omstandigheden voedselrijker.

In de Middelduinen is een groot deel van de valleien die waren geëutrofeerd door de infiltratie met fosfaatrijk rivierwater door plaggen weer nutriëntenarm gemaakt. Waar op zulke plekken niet is geplagd (zoals de locatie van het voormalige infiltratiekanaal in de Middelduinen), zijn voedselrijke vochtige graslanden ontstaan. Een relatief hoge nutriëntenrijkdom is ook aanwezig in vernatte valleitjes in het noordelijk deel van de Middelduinen. Mogelijk heeft de hogere nutriëntenrijkdom te maken met de aanwezigheid van zand afgezet in marien milieu (dus geen eolisch afgezet duinzand). Mariene afzettingen zijn veelal nutriëntenrijker (meer fosfaat, meer organisch materiaal) dan duinzand. Een hoge voedselrijkdom speelt ook in de Meinderswaalvallei die in het lage deel marien sediment met ook een kleilaag heeft.

In de droge delen is veel areaal met kalkrijke bodems aanwezig, en dat is meer dan aanvankelijk is verondersteld. Verder heeft beweiding sinds de jaren '80 geleid tot een afname van de hoeveelheid strooisel en daardoor afname van mineralisatie. Daardoor zijn in de duingraslanden over een grote oppervlakte relatief voedselarme condities teruggekeerd. Aandachtspunt is dat recent en lokaal de bovengrondse biomassa is toegenomen. Dit heeft te maken met beweidingsdruk die de laatste jaren lager was dan nodig voor het handhaven van korte vegetatie.

De ontwikkeling van nutriëntenarme wateren is slechts deels gelukt, ondanks de aanleg van ondiepe plassen en de ingevoerde voorzuivering die het meeste slib en fosfaat uit het Haringvlietwater verwijderd. Aanvankelijk ontstonden watervegetaties met soorten van baserijke voedselarme wateren. Deze verdwenen echter voor een groot deel weer en zelfs de voedselrijke waterplanten gingen achteruit. Deze ontwikkeling heeft te maken met het optreden van hoge nutriëntenfluxen. Ondanks dat de fosfaatconcentratie van het infiltratiewater laag is, treedt door de korte verblijftijden in de kanalen toch een hoge belasting met fosfaat op. De belasting met nitraat en silicaat is ook hoog. De korte verblijftijden en de hoge nutriëntenbelasting bevorderen sterke groei van algen op de waterplanten. De waterplanten groeien daardoor slecht en sterven vaak vroeg in het seizoen af. Deze tegenvaller is achteraf gezien een consequentie van de opzet van OINS. Daarbij is een intensief infiltratiesysteem aangelegd ten behoeve van gering ruimtebeslag (veel waterproductie in een kleine oppervlakte) dat per definitie zorgt voor hoge fluxen van nutriënten. Dit effect was bij het ontwerp niet voorzien, omdat toentertijd nog weinig praktijkervaring was opgedaan met het concept OINS.



Foto 6-3: Bloeiende Hondsviooltjes in duingrasland van de Middelduinen. Deze soort heeft zich sterk uitgebreid als gevolg van beweiding en maaibeheer (foto Marten Annema).

6.2 Ontwikkeling vegetatie

Over het algemeen zijn de natuurdoelen voor vegetatie vergaand gerealiseerd. De hoofddoelen van de herinrichting en het beheer waren om basenrijke voedselarme watervegetatie, natte basenrijke tot matig basenrijke voedselarme duinvalleien, en droge kalkrijke en kalkarme voedselarme duingraslanden te bevorderen. Voor de duinvalleien en duingraslanden is dat vergaand gelukt. Daarbij merken we op dat de oppervlakte-doelen voor basenminnende natuurtypen van duinvalleien en duingraslanden grotendeels zijn gerealiseerd. De oppervlakte-doelen van natte basenarme voedselarme duinvallei en droog kalkarm voedselarm duingrasland zijn niet gehaald. Dit heeft te maken met een onderschatting van het aandeel van kalkrijke bodems in de Middelduinen (zie boven). Dit beeld kon echter pas worden bijgesteld op basis van een gedetailleerde vegetatiekartering in 2014. Het patroon van ontkalkingsdiepten is in het gebied dusdanig fijnschalig dat de verdeling van kalkrijk en kalkarm bij eerdere inventarisaties minder exact is vastgesteld. De potenties voor zure duinvalleien en kalkarme duingraslanden zijn daarmee minder groot dan aanvankelijk gedacht ten gunste van basenminnende natuurdoelen. De realisatie van oppervlakte voedselarme duingraslanden is ook iets achtergebleven t.o.v. het gestelde doel. Belangrijke reden hiervoor is dat veel droog duingrasland is veranderd in vochtige graslanden als gevolg van vernatting in de Middelduinen.



Foto 6-4: Kalkarm duingrasland in de Middelduinen. Voorheen was dit soort duingrasland sterk vergrast als gevolg van het beëindigen van de beweiding en een hoge atmosferische stikstofdepositie. Door terugkeer van de beweiding is de vegetatie weer rijk aan bloeiende kruiden (foto Marten Annema).

Grote natuurwinsten betreffen:

- Van natte basenrijke voedselarme duinvallei en natte matig basenrijke voedselarme duinvallei is veel meer oppervlakte gerealiseerd dan het einddoel. Daarmee is een van de hoofddoelen van de herinrichting ruimschoots bereikt. De natte matig basenrijke voedselarme duinvallei herbergen ook heischrale plantensoorten.
- Bovendien zijn deze natuurtypen sterk in kwaliteit vooruitgegaan. Dit blijkt uit de gestage toename van Rode-lijst plantensoorten die gebonden zijn aan basenrijke duinvalleien. Ook blijkt uit het onderzoek in de meetraaien dat de kwaliteit vooruit is gegaan.
- Droge duingraslanden en vooral de kalkrijke zijn in kwaliteit sterk vooruit gegaan. Dit blijkt ook uit de sterke toename van Rode-lijst plantensoorten. De meeste Rode-lijst soorten die in de Middel- en Oostduinen zijn aangetroffen zijn gebonden aan kalkrijke, voedselarme duingraslanden.
- Rode-lijst plantensoorten van wateren zijn eveneens toegenomen.
- Ook van belang is dat de kwaliteit van de duinvalleivegetaties en duingraslanden nog steeds toeneemt. Dit wordt geïllustreerd door sterke uitbreiding van soorten die in andere dungebieden ontbreken of zeldzaam zijn. Zulke plantensoorten hebben door een sterke toename ook grote, vitale populaties opgebouwd in het gebied.

Wat betreft natuurwinst voor de vegetatie is de gebrekkige ontwikkeling van basenrijke voedselarme watervegetatie in de infiltratiekanalen tegengevallen. Dit heeft met de bovengenoemde grote nutriëntenfluxen in het infiltratiesysteem te maken. Dit natuurtype komt momenteel binnen de infiltratiekanalen vooral voor in de delen met een relatief lang verblijftijd (dus relatief lage fluxen) en in geïsoleerde plassen die door neerslag en duinwater worden gevoed.

Het toekomstperspectief voor voedselarme duinvalleivegetatie is goed, mits maaibeheer en beweiding gericht worden voortgezet. Duingraslanden, zeker de basenrijkere, hebben ook een goed perspectief mits beweidingsbeheer goed wordt afgestemd op jaarlijkse

productiviteit. De positieve effecten van de herinrichting en het ingezette natuurbeheer zijn nog niet uitgewerkt. De natuurkwaliteit zal daarom in de toekomst ook nog toenemen.

6.3 Ontwikkeling broedvogels

De ontwikkeling van broedvogels is geëvalueerd op basis van verwachtingen over de trends van het aantal broedparen van ecologische broedvogelgroepen. Over het algemeen is de verwachting uitgekomen of is de trend beter dan verwacht. In de Oostduinen zijn vogels van open water en van Riet- en verlandingsvegetaties sterk vooruitgegaan als gevolg aanleg van de nieuwe infiltratieplassen en daarop volgende moerasontwikkeling. In de Middelduinen zijn vogels van grazige vegetaties duidelijk toegenomen. Tegenvallende trends (dalend i.p.v. stabiel) betreffen vogelgroepen van pioniervegetaties, ruigten en akkers en voor de Oostduinen ook vogelgroepen van grazige vegetaties. Hoogtepunten zijn broedgevallen van Zomertaling, Roerdomp en Paapje.

De soorten van open water en moeras hebben blijvend een goed perspectief. De pionierssoorten zullen bij het uitblijven van grootschalige projecten niet terug keren. De grotere bodembroeders en weidevogels zullen het moeilijk blijven houden door predatie en toenemende recreatiedruk. De kleinere op de bodem broedende soorten als Graspieper en Veldleeuwerik kunnen hier wat beter tegen. Wanneer het mogelijk blijkt de broedende ganzen terug te dringen, kunnen de eendensoorten mogelijk weer toenemen.



Foto 6-5: Beweidingsbeheer met Charolais runderen. Een begrazingsdruk die jaarlijks wordt afgestemd op de productiviteit van de vegetatie is belangrijk (foto Camiel Aggenbach).

6.4 Herinrichting geslaagd?

Voor herstel van soortenrijke duinvaleien en duingraslanden is de herinrichting zeer geslaagd. Daarbij zijn ook hoge natuurwaarden gerealiseerd binnen het infiltratiesysteem van de Oostduinen. Dit was alleen maar mogelijk door een vergaande integratie van waterwintechniek met natuurherstel en een langdurig, intensief beheer dat snel anticipeert op de ontwikkelingen. Voor de hoge kwaliteit van de duinvaleien in de Oostduinen was de fine-tuning van de waterwinning ook zeer belangrijk. Consequentie is dat een groot deel van de natte duinvaleien in de Oostduinen nu ook volledig afhankelijk is van het waterwinstelsysteem: het betreft dus een artificieel systeem. Voor de infiltratiekanalen is wat betreft het ontwikkelen van watervegetatie met voedselarme waterplanten het resultaat minder dan verwacht. Dit hangt samen met het intensieve karakter van het infiltratiesysteem. In de Middelduinen is ook veel natuurwinst opgetreden. Omdat hier de kunstmatige infiltratie is beëindigd en de diep grondwaterwinning verminderd is, zijn natte natuurwaarden minder

gekoppeld aan de waterwinning. De Middelduinen heeft daardoor en ook door natuurontwikkeling in De Enden een meer natuurlijk karakter gekregen.

6.5 Aanbevelingen voor natuurbeheer in de toekomst

Grootste aandachtspunt voor het natuurbeheer is een adequate begrazingsdruk omdat het behoud van voedselarme, soortenrijke natuurdoeltypen met een korte vegetatie hiervan afhankelijk is. Belangrijk aspect daarbij is ook dat een aanzienlijk deel van de bodems oud is en een vrij dik humusprofiel heeft. De vegetatie is daardoor productiever dan in duingebieden met jongere bodems. Bovendien wordt de productiviteit van de duingraslanden gestimuleerd door een hoge atmosferische stikstofdepositie. De begrazingsdruk moet worden afgestemd op de productiviteit die door het weer wordt beïnvloed. Voortzetting van de beweiding met runderen heeft grote voorkeur. De toename van Duinriet in duingraslanden dient gevolgd te worden. In geval van sterke uitbreiding kan zeer kort maaien (maai/zuig combinatie) die soort terug dringen.

Maaibeheer en chopperen in kalkrijke delen blijft nodig om opslag van Duindoorn tegen te gaan en in productievere duinvalleien een korte vegetatie te handhaven. De frequentie moet worden afgestemd op de vegetatie-ontwikkeling. Het incidenteel maaien of chopperen van natte kalkarme duinvalleien is gunstig voor het bevorderen van natte voedselarme pioniersoorten en gaat verruiging met Kruidwilg tegen. Voor vernatte valleien in de Middelduinen met een oude, nutriëntenrijke bodem met veel Pitrus en Biezenknoppen kan bekeken worden of met plaggen voedselarme duinvalleivegetatie kan worden hersteld. Het beste kan dit worden getest met proefplaggen. Blijvende aandacht en bestrijding van exoten zoals Watercrassula, Vogelkers en Rimpelroos zijn een must.

Bovenal vergt het handhaven van de huidige topkwaliteit van de natuur continuering van het fijnschalig beheer dat continu anticipeert op de ontwikkeling.



Foto 6-6: Een droog duingrasland met ontwikkeling van Duindoorn. Periodiek maaien houdt de ontwikkeling naar duindoornstruweel tegen. (foto Camiel Aggenbach).

6.6 Aanbevelingen voor beheer waterwinning in de toekomst

In de Oostduinen is een uitgekende regulatie van waterpeilen in de infiltratieplassen en onttrekkingspeilen van de drains cruciaal voor behoud en verdere ontwikkeling van de kalkrijke duinvalleien. Dit vergt vergaande alertheid bij de bedrijfsvoering op basis van continue monitoring van waterpeilen en regelmatige checks in het veld. Aanpassingen in het beheer en onderhoud van het infiltratiesysteem en ook de reactie op onverwachte gebeurtenissen (bijvoorbeeld een innameslop van Haringvlietwater, technisch mankement) vergen een afweging van de belangen van drinkwaterproductie en natuur die stevig ingebed moet blijven in de organisatie.

7 Literatuur

- Aggenbach, C.J.S., M. Annema & A. Doomen (2007). Effecten van herinrichting Oost- en Middelduinen op natuur. Tussenrapportage 1999-2005. KWR 06.007 Kiwa Water Research/ Evides, Nieuwegein.
- Aggenbach, C.J.S. & M. Annema (2011). Effecten van OINS in de Oost- en Middelduinen op de natuur. Tussenrapport monitoring 1999-2009. KWR 2010.086, KWR Watercycle Research Institute/ Evides, Nieuwegein.
- Aggenbach C.J.S., P. J. Stuyfzand & E. Dorland (2012). Effecten van ontzouting van infiltratiewater op grondwater en vegetatie in het infiltratiesysteem van de Oostduinen (Goeree). KWR 2011.100, KWR Watercycle Research Institute/ Evides, Nieuwegein.
- Aggenbach, C.J.S. & A.J.M. Jansen (2004). Effectgerichte maatregelen tegen verdroging, verzuring en stikstofdepositie in beekdalen (Twenthe) en natte duinvalleien in het Renodunaal District (Goeree-Overflakke). KWR 02.103, Kiwa Water Research, Nieuwegein.
- Aggenbach, C.J.S. & M. Annema (2005). Einddoelen voor natuur in de Oost- en Middelduinen. KWR 04.082 Kiwa Water Research, Nieuwegein.
- Aggenbach, C.J.S. & M. Annema (2014). Invloed van water- en bodemchemie op de watervegetatie van infiltratiekanalen in de Oostduinen. KWR2014.025, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein.
- Aggenbach, C., M. Annema, A. Jansen & H. Ketelaars (2016). Ontwikkeling van watervegetaties in de heringerichte infiltratiekanalen in de Oostduinen. *De Levende Natuur* 117(3): 94-101.
- Annema M. & C.J.S. Aggenbach (2015). Effecten van OINS in de Oost- en Middelduinen op de natuur: Bijlagerapport monitoring plantensoorten in gridraaien 1999-2013. Nieuwegein: KWR, 2014 KWR 2014.023.
- Brönmark, C. & L.-A. Hansson, 2005. *Biology of Habitats: The biology of lakes and ponds*. Second edition, Oxford University Press.
- Bureau Bescherming Waterwinning, (1996). Memo. Delta Nutsbedrijven
- Damm, T. (2015). Vegetatiekartering waterwingebied de Middel- en Oostduinen 2014. G&G-rapport 2015-13, Van der Goes en Groot.
- Grijpstra, J., C.J.S. Aggenbach & M.H. Jalink (2001). Serie Indicatoren. Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring van plantengemeenschappen: Deel 7 Duinvalleien (kalkrijke duinen). VEWIN/ IKC Natuurbeheer/ Kiwa N.V./ Staatsbosbeheer, Driebergen.
- Hustings M.F.G., Kwak R.G.M., Opdam, P.F.M., Reijnen, M.J.S.M. (1985). *Natuurbeheer in Nederland deel3, Vogelinventarisatie; achtergronden, richtlijnen en verslaglegging*. Pudoc Wageningen/ Nederlandse Vereniging tot Bescherming van Vogels, Zeist.
- Janse, J.H., 2005. *Model studies on the eutrophication of shallow lakes and ditches*. Dissertatie Wageningen Universiteit.

Peters, J.H., Q.L. Slings & A. Stakelbeek (1992). Open infiltratie nieuwe stijl : integrale ontwikkeling van natuur en techniek bij renovatie van een open infiltratiesysteem. H2O 25(19): 532 - 537.

Peters, J.H., M.J.C. van Baar & M.W.A. de Haan (1997). Evaluatie pilotproject kanaal 7; ervaringen van de pilot, ideeën voor open infiltratie nieuwe stijl in de Oostduinen. KOA 97.175, Kiwa Onderzoek & Advies, Nieuwegein.

Henk Sierdsema, Broedvogels en beheer, 1995, SOVON-onderzoeksrapport 1995-04, Staatsbosbeheerrapport 1995-1.

Olde Venterink, H., Wassen, M.J., Verkroost, A.W.M. & P.C. de Ruiter (2003). Species richness-productivity patterns differ between N, P and K limited wetlands. Ecology 84(8): 2191-2199.

Overleggroep Middelduinen (1994). Plan van Aanpak 1994 - 2000 Middelduinen en omgeving (Goeree)

Van Veen, K. (2015). Aanvullend onderzoek Noordse woelmuis in Duinen van Goeree en Nieuwkoopse Plassen. Rapport ER20151124v01. Ecoresult, Dordrecht.

Bijlage I Ontwikkeling vegetatie, bovengrondse biomassa en waterstand

In de meetraaien is bij permanente kwadraten de vegetatie gevolgd en zijn abiotische variabelen gemeten. De meeste meetraaien hebben één permanent kwadraat. Meetraai B en F hebben elk drie permanente kwadraten in een transect van hoog naar laag (resp. B28->B29->B30 en F24->F25->F27). De meetlocaties zijn aangeduid met de lettercode van de meetraai en in geval van meerdere peilbuislocaties ook nog met een nummer voor de locatie.

Per permanent kwadraat worden in grafieken gepresenteerd:

Vegetatie permanent kwadraat

De ontwikkeling van de soortensamenstelling wordt in een grafiek weergegeven met het bedekkingspercentage van ecologische plantensoortengroepen. De aangetroffen soorten (vaatplanten en mossen) zijn daarvoor op basis van ecologische kennis ingedeeld in voor het gebied relevante ecologische soortengroepen met een specifieke range voor waterstandregime, basenrijkdom en nutriëntenrijkdom. Soortgroepen zijn ook gedifferentieerd voor successiestadium. De cumulatieve bedekking van de soortengroepen kan meer dan 100 % bedragen door overlap in bedekking van afzonderlijke soorten en ook overlap van vaatplanten en mossen.

Vegetatiestructuur

Bedekking van de kruidlaag, struiklaag en moslaag. Ook wordt de bedekking gegeven van strooisel (dood, niet verteerd plantenmateriaal in de vegetatielaag en op de bodem). De bedekking van water op maaiveld wordt ook weergegeven omdat dit informatie geeft over het waterstandsregime in de zomer.

Biomassa

Het verloop van de hoeveelheid bovengrondse biomassa van vaatplanten in het hoogtepunt van het groeiseizoen (eind juli-augustus) wordt weergegeven. Dit betreft de 'standing crop' en wordt uitgedrukt als het aantal gram per vierkante meter. Alhoewel deze niet gelijk is aan de productiviteit van de vegetatie, geeft de standing crop in korte vegetaties (geen struweel en bos) wel een indicatie voor de productiviteit en daarmee nutriëntenrijkdom. Hoe hoger de standing crop is, hoe groter is de productiviteit doorgaans is.

Verder wordt ook het verloop van de voorraad van macronutriënten (N, P en K) in de standing crop weergegeven.

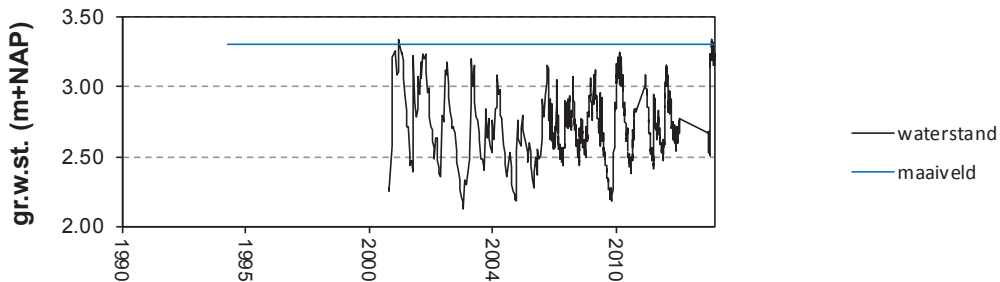
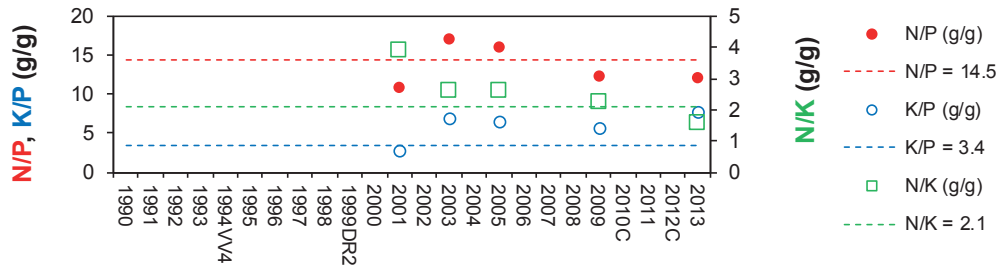
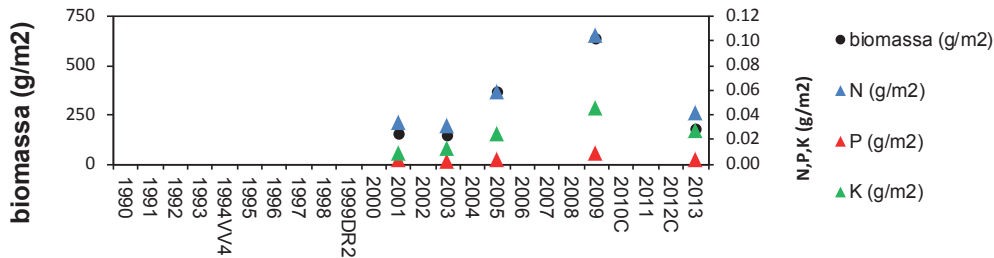
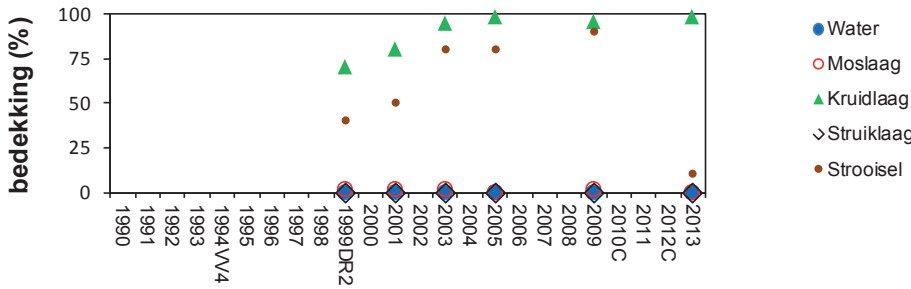
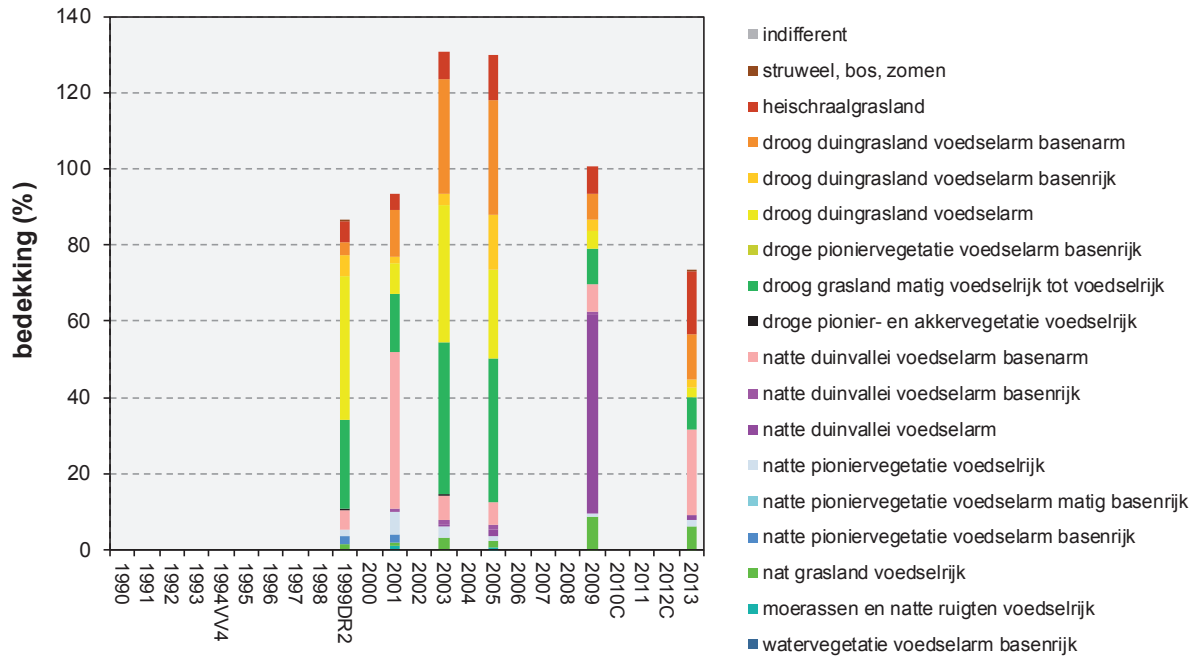
Nutriëntenratio's in bovengrondse biomassa

In de standing crop monsters zijn op basis van metingen van het gehalte N,P en K nutriëntenratio's uitgerekend (N/P, N/K en N/P/K; op basis van g/g). Zulke nutriëntenratio's zijn indicatief voor welke van de macronutriënten N,P en K beperkend zijn voor de productiviteit van de vegetatie (Olde Venterik et al. 2003). Een N/P-ratio van > 14.5 kan duiden op P-limitatie en van < 14.5 op N-limitatie. Een N/K-ratio van > 2.1 en een K/P-ratio < 3.4 kan duiden op K-limitatie.

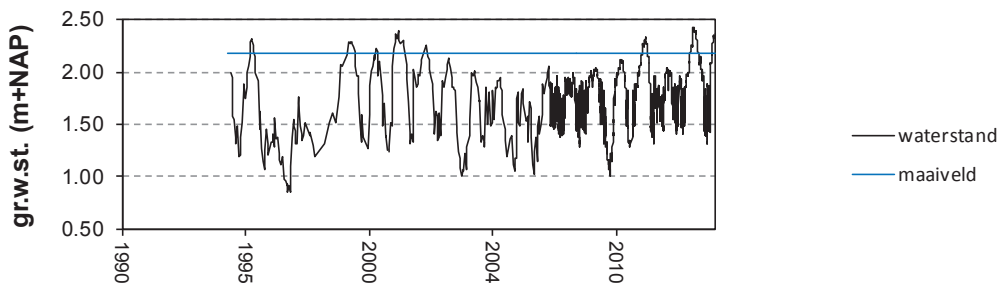
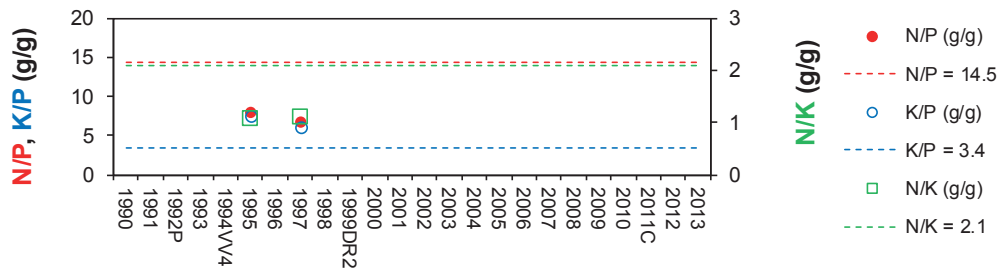
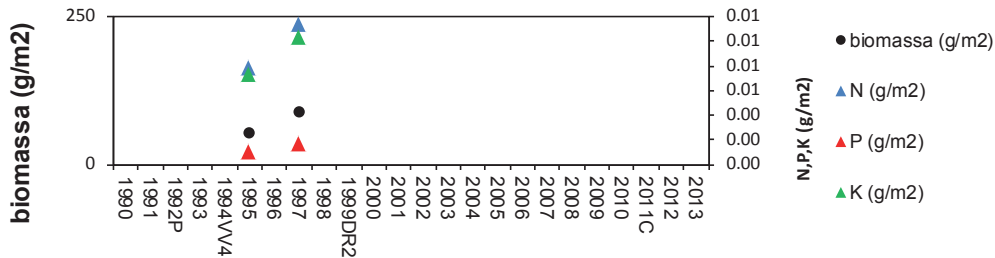
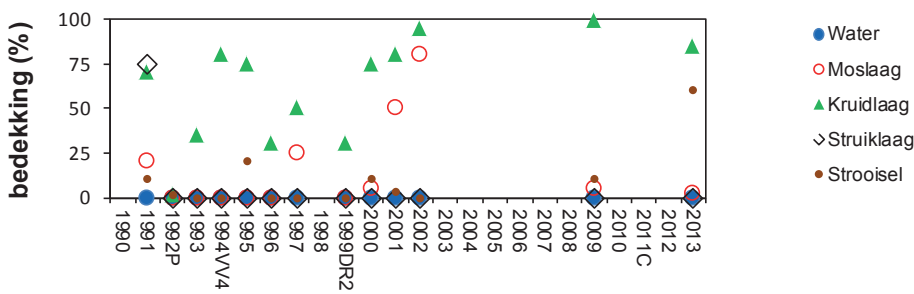
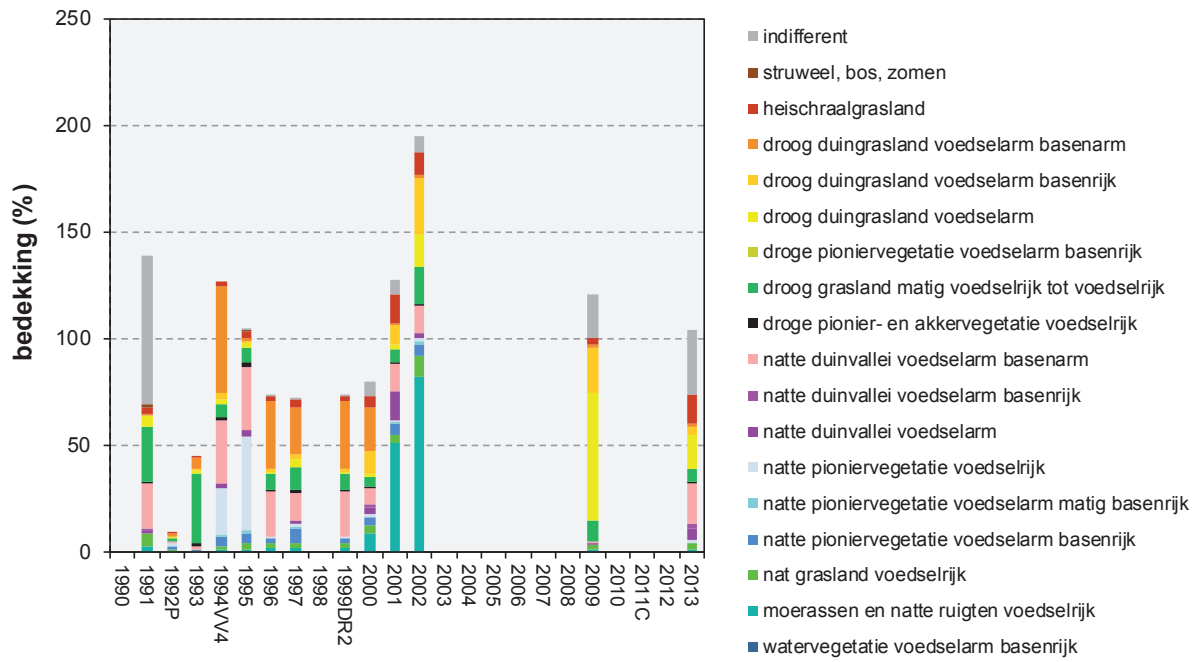
Waterstandsverloop

Van de peilbuis bij het permanente kwadraat wordt het waterstandsverloop weergegeven.
Tevens is hier de hoogte van het maaiveld weergegeven.

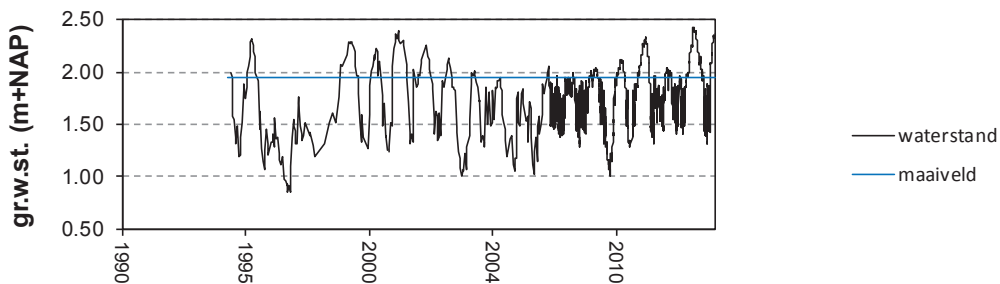
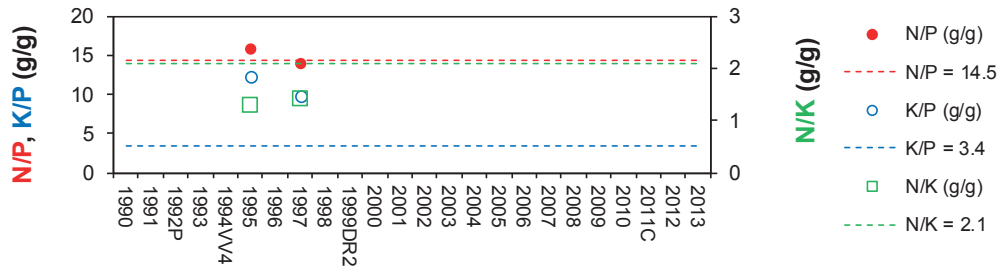
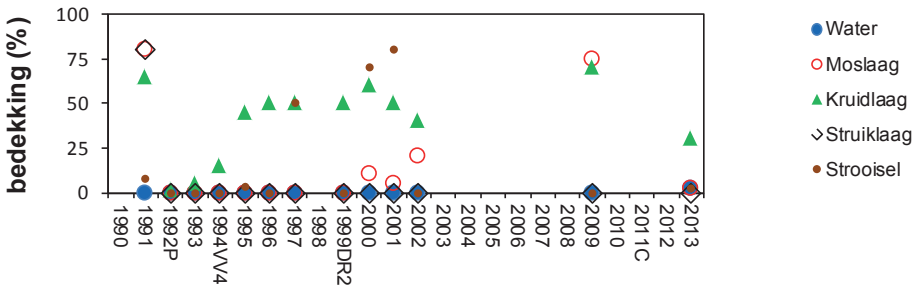
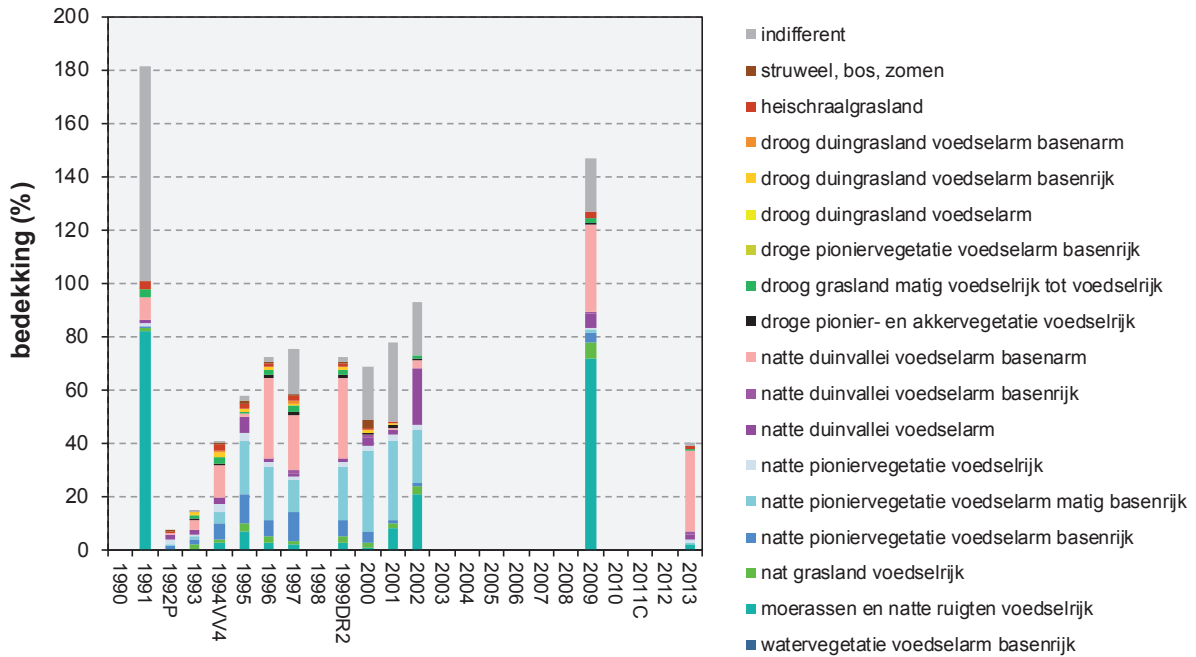
Raai: A



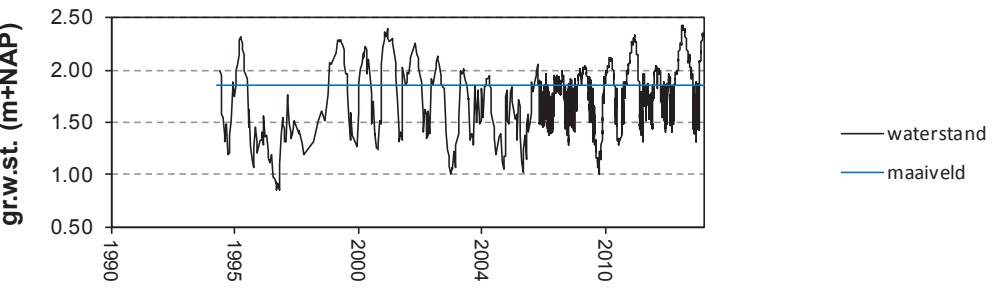
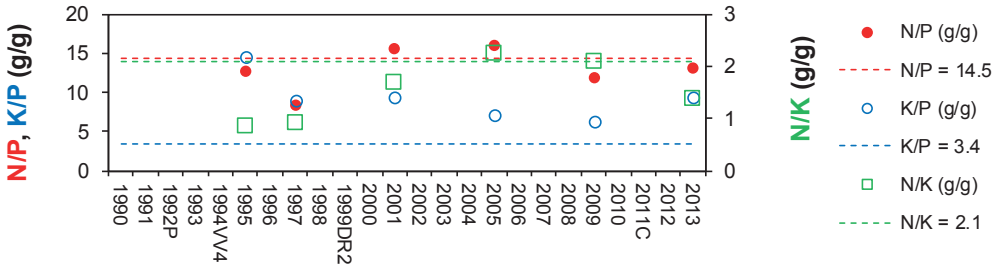
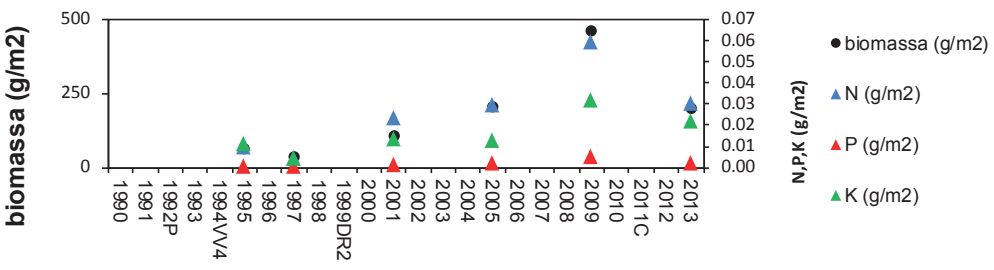
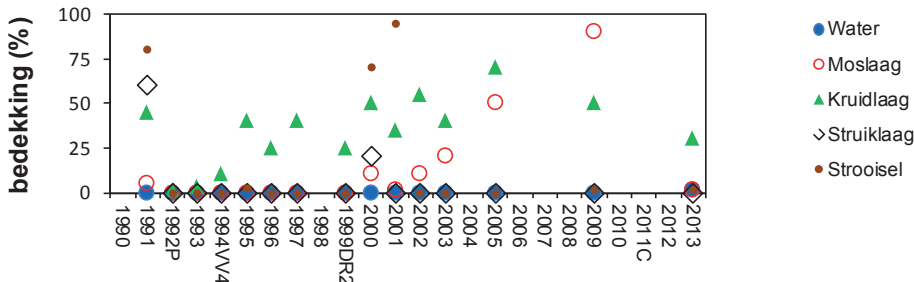
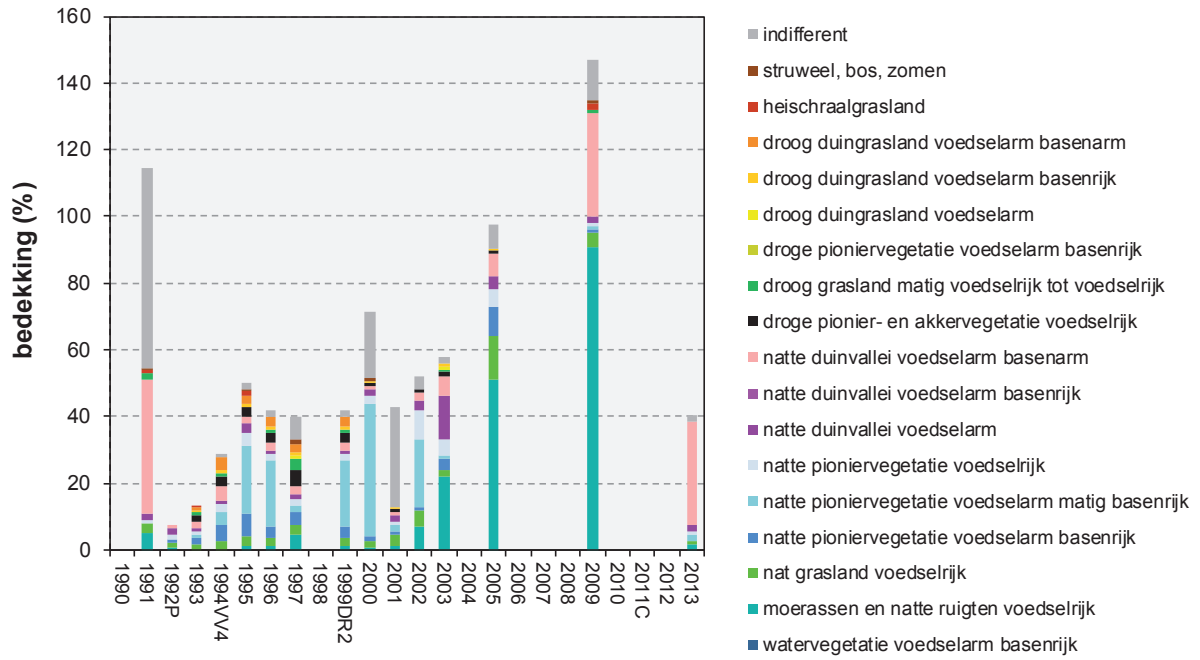
Raai: B28



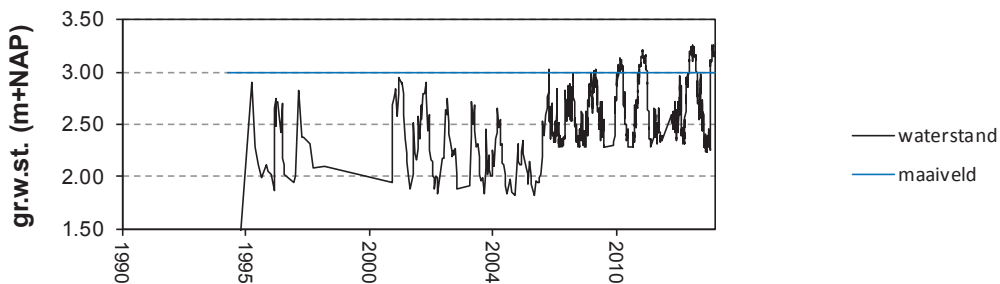
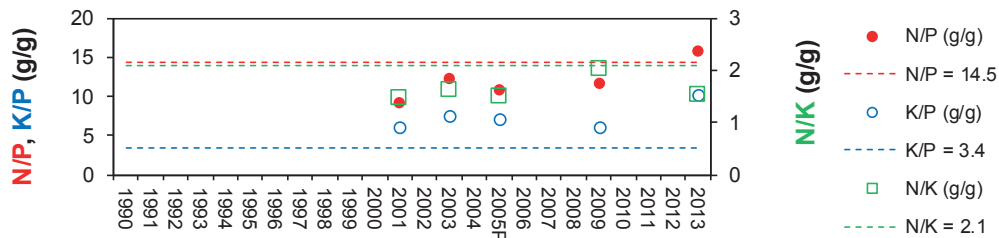
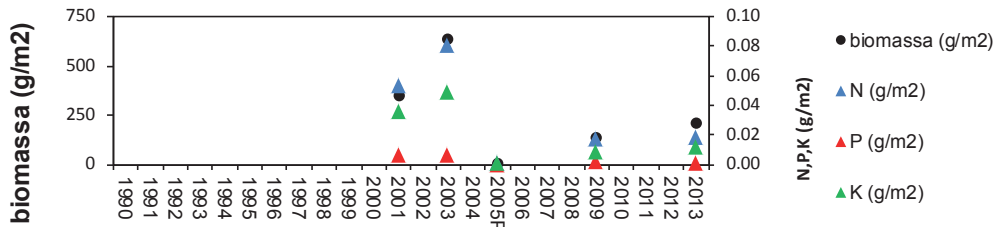
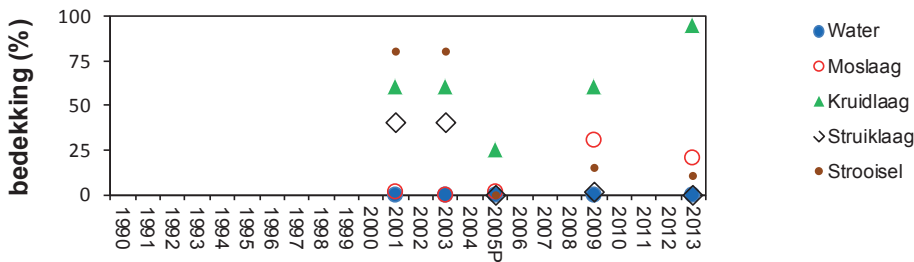
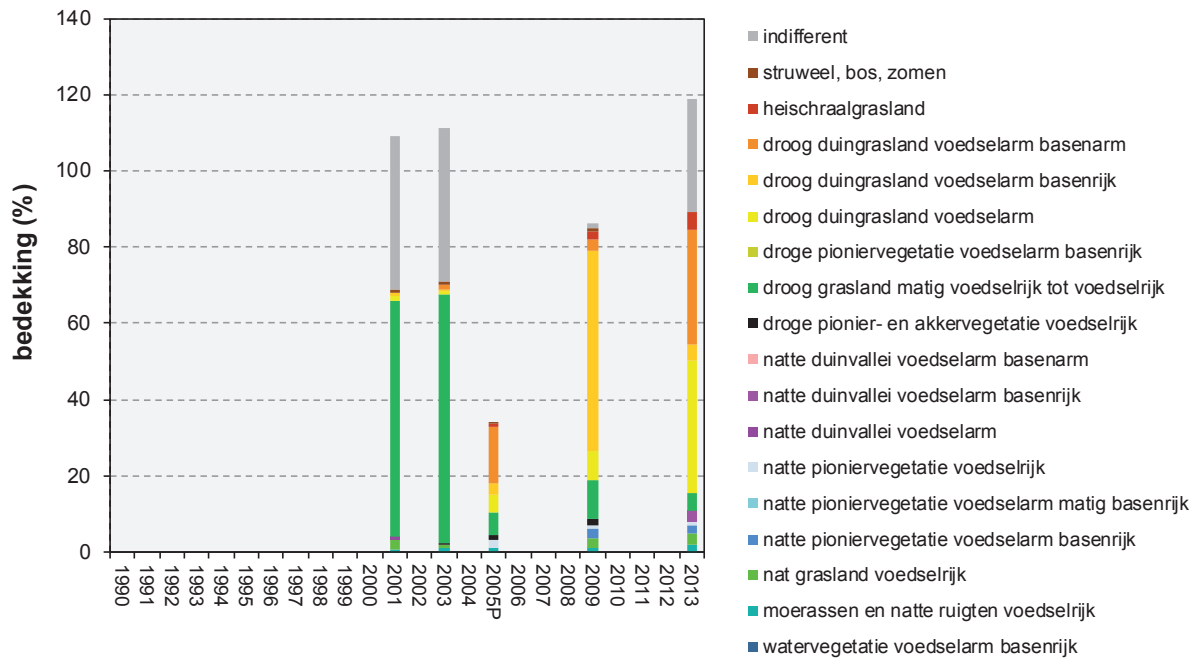
Raai: B29



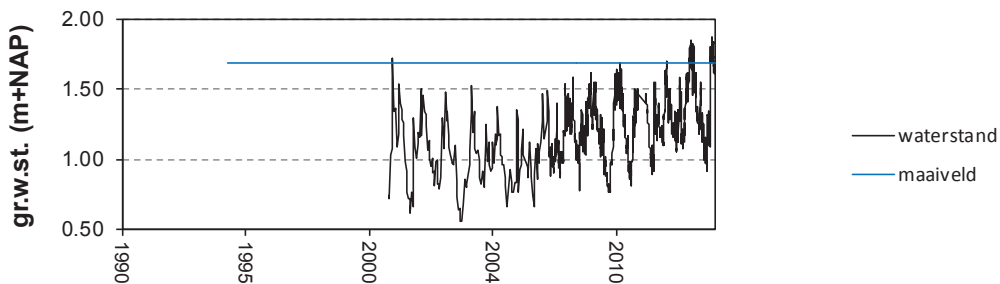
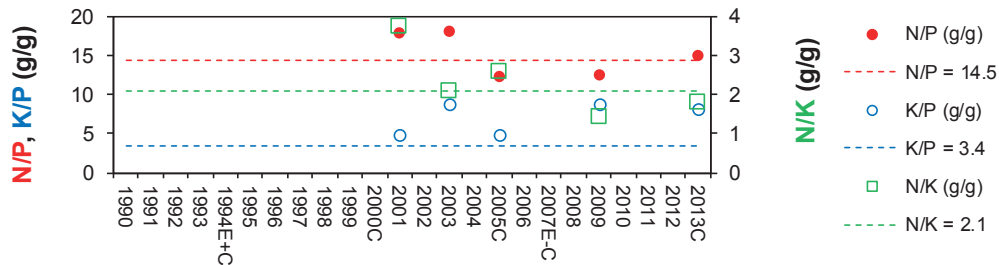
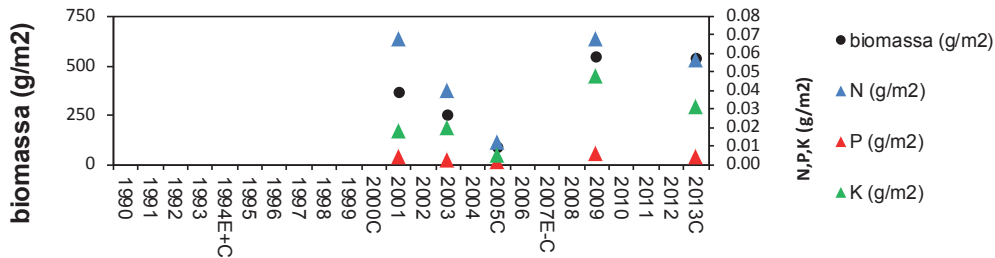
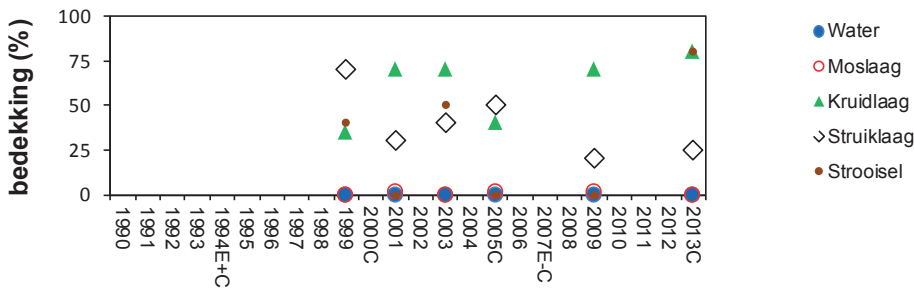
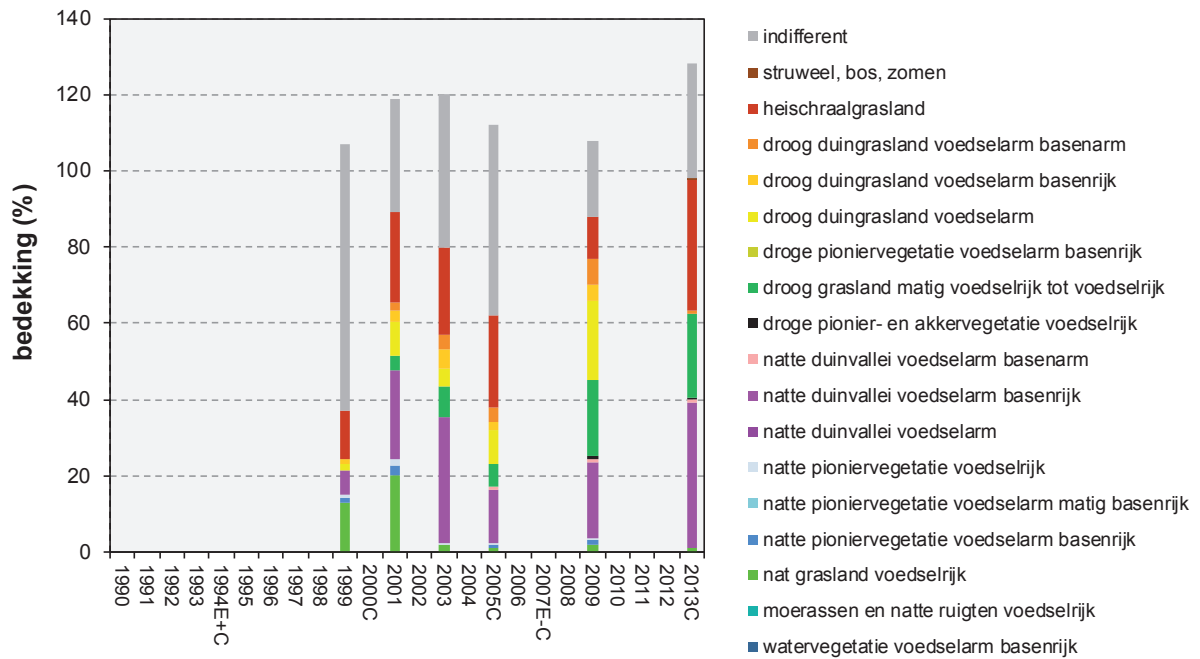
Raai: B30



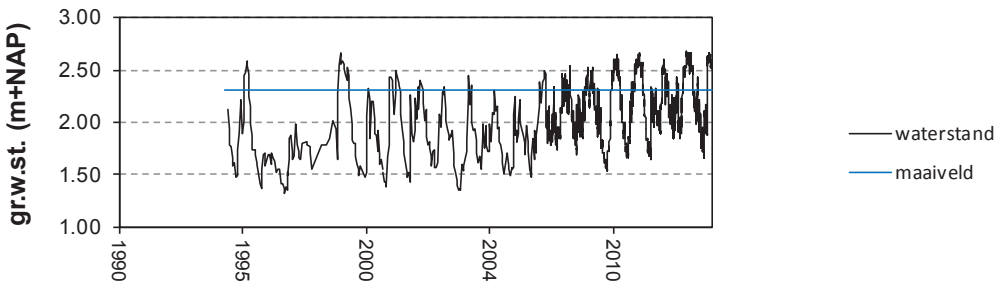
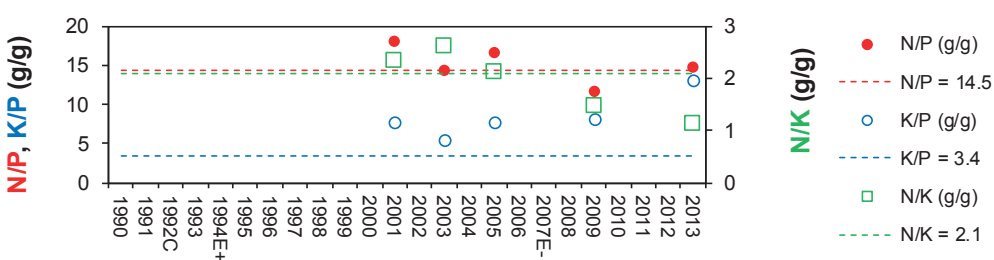
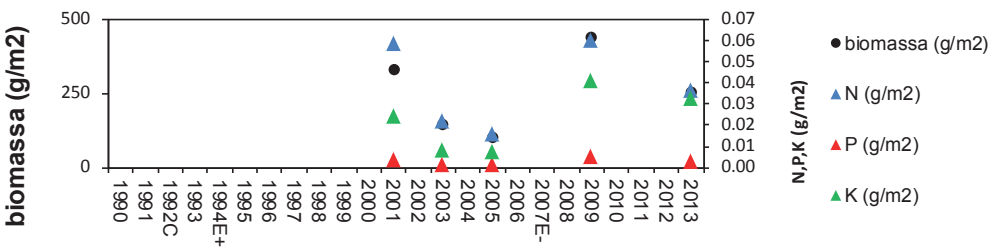
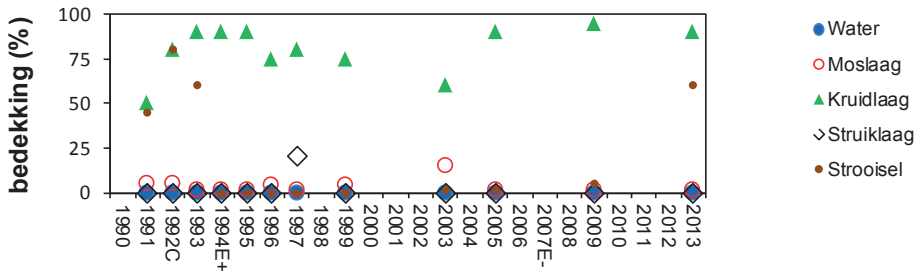
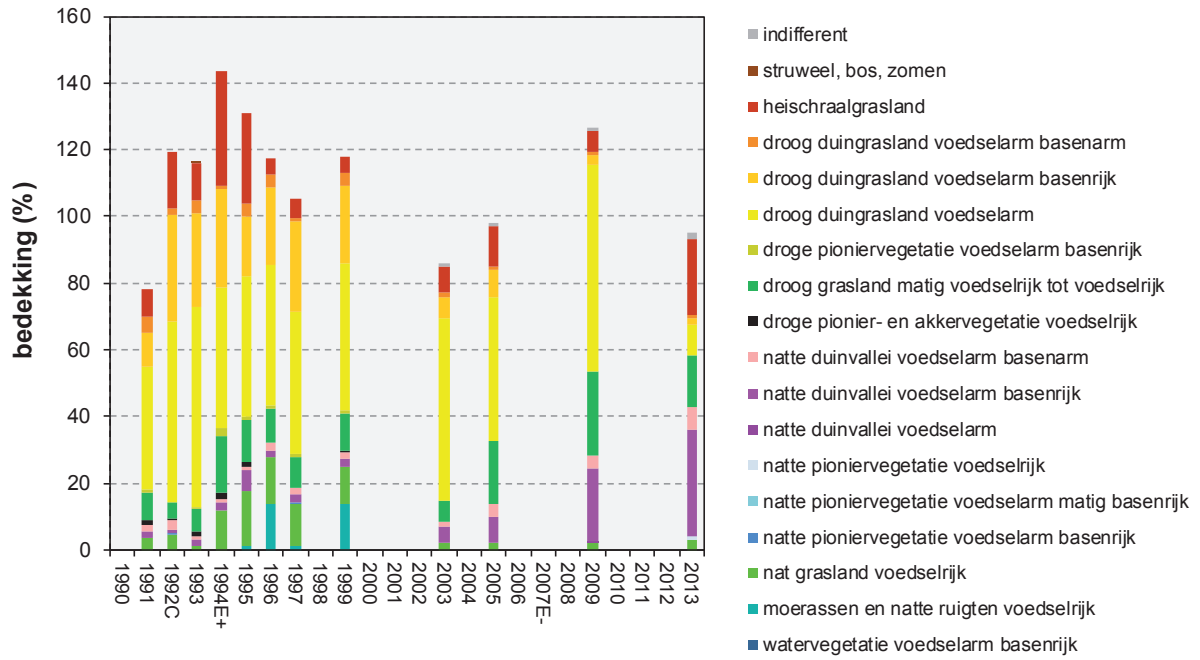
Raai: C



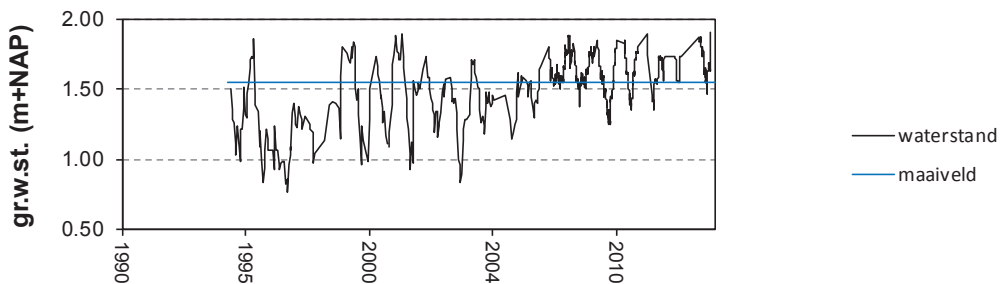
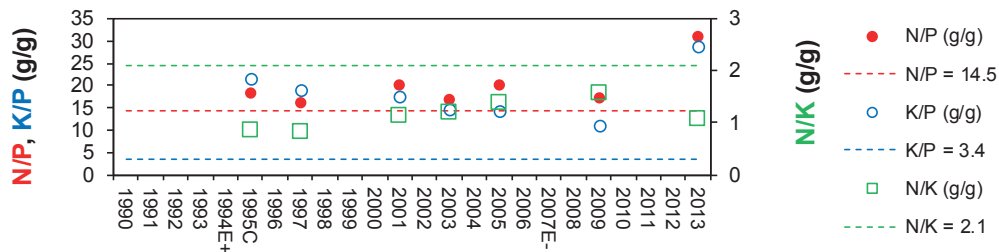
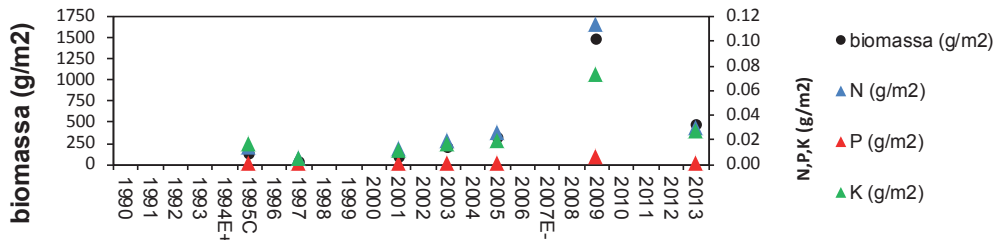
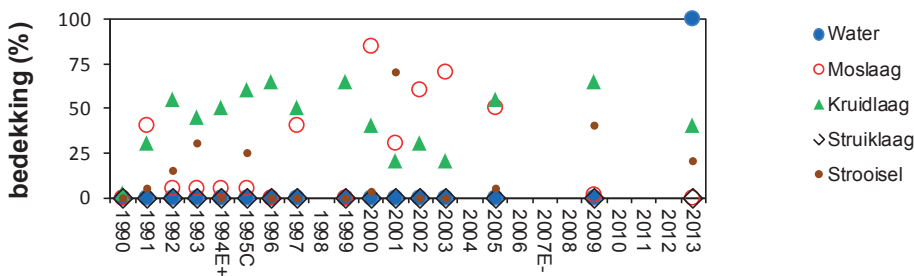
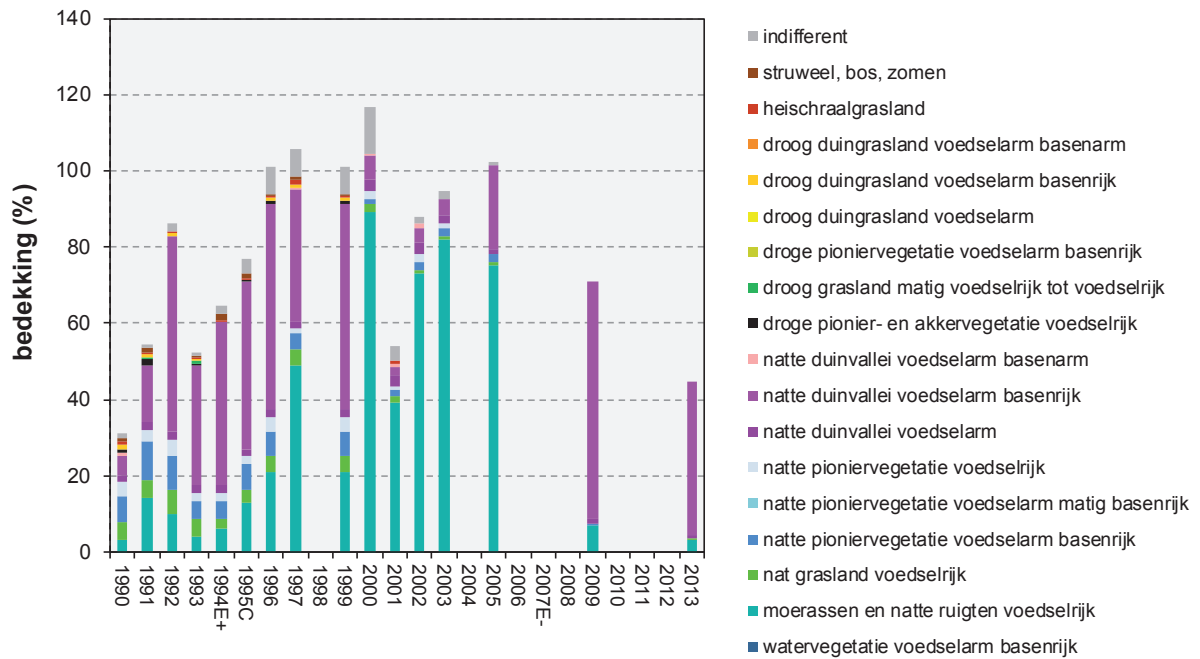
Raai: D



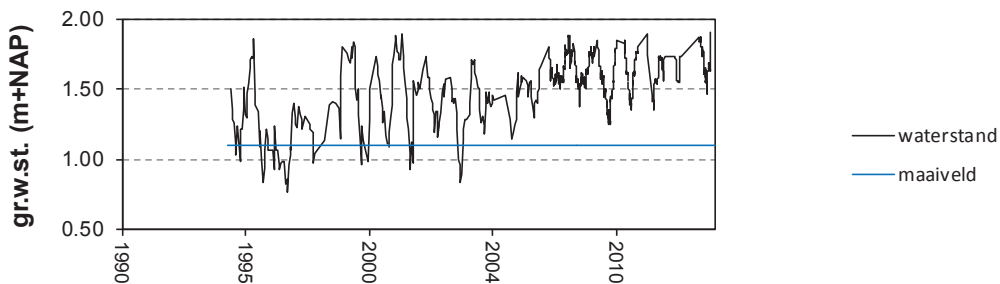
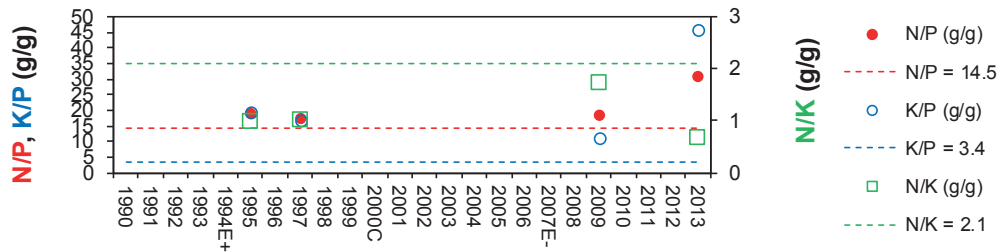
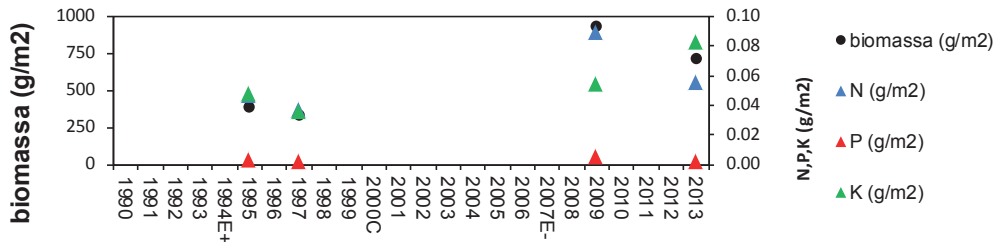
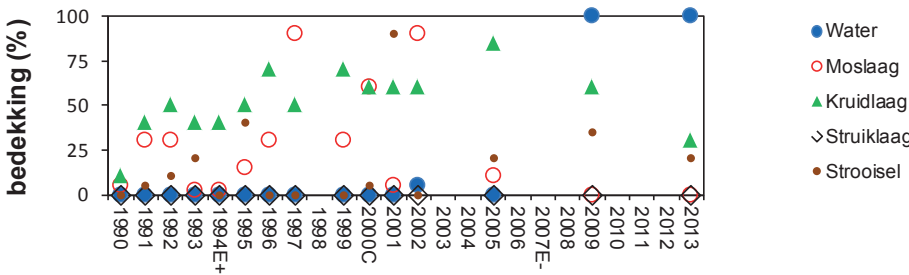
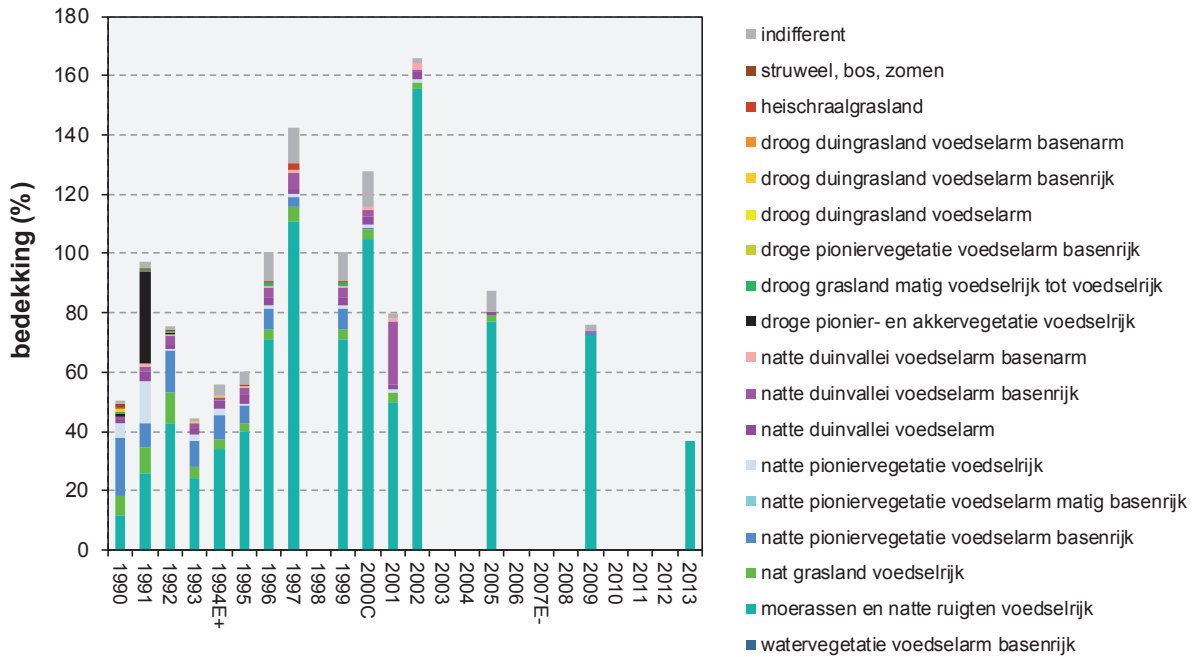
Raai: E3



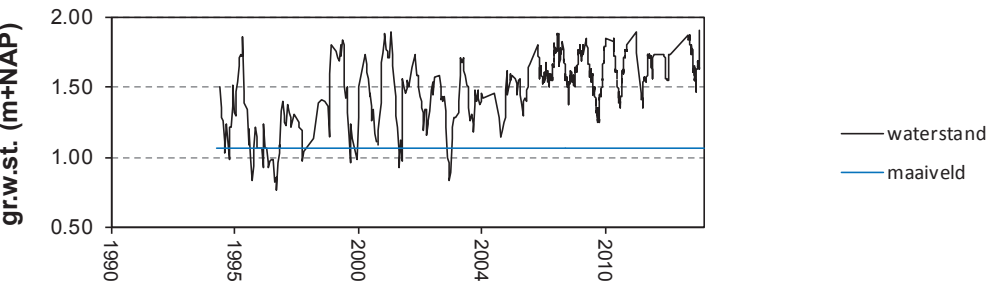
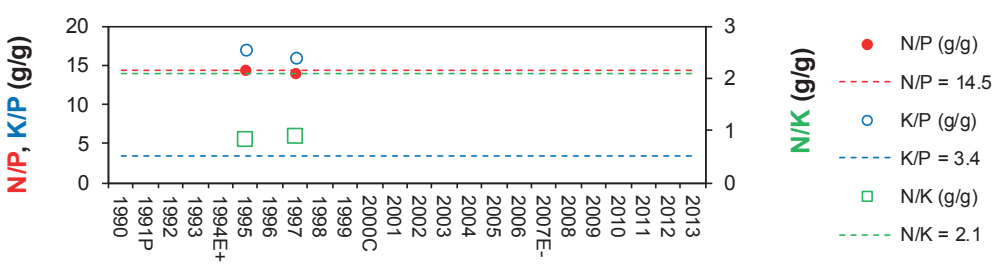
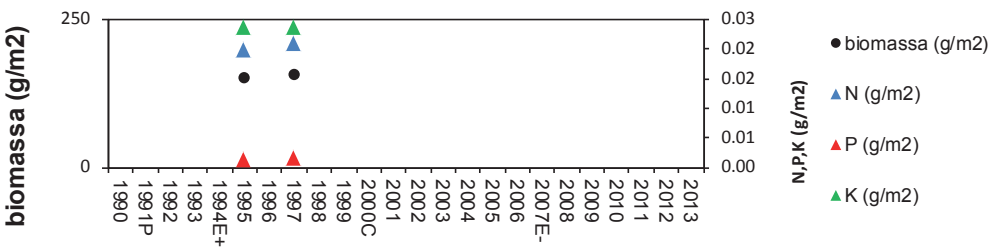
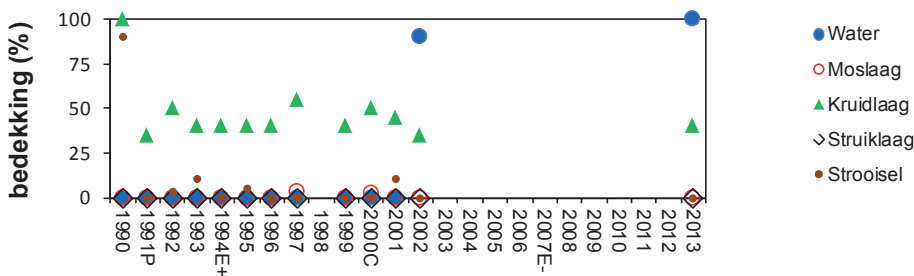
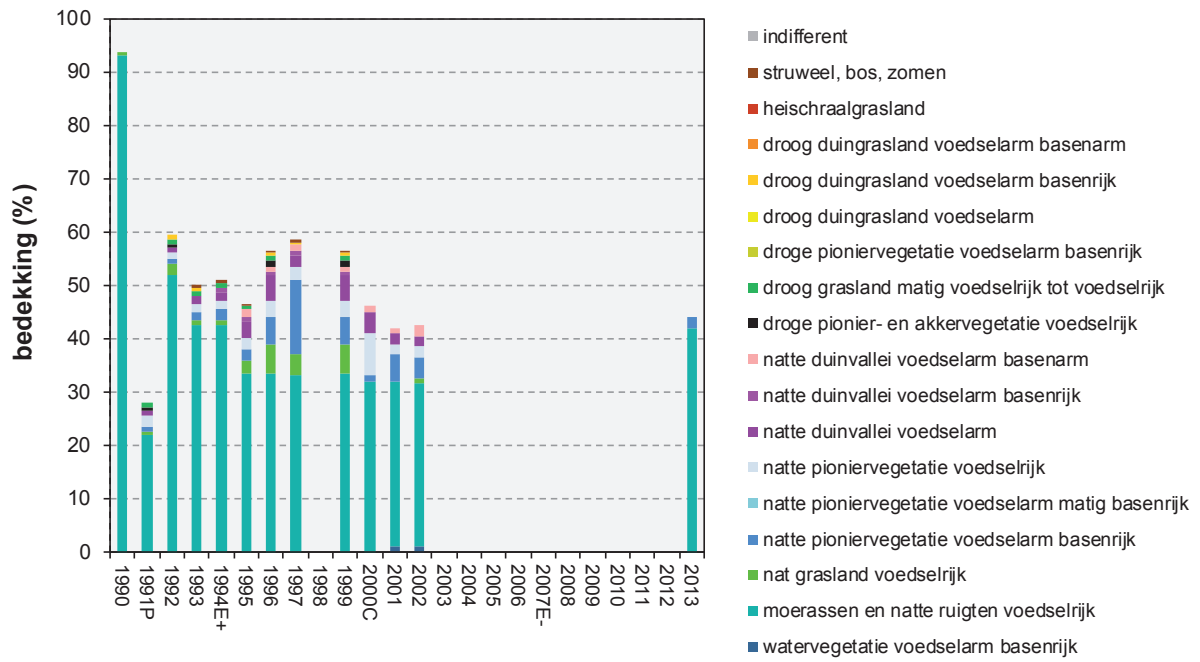
Raai: F24



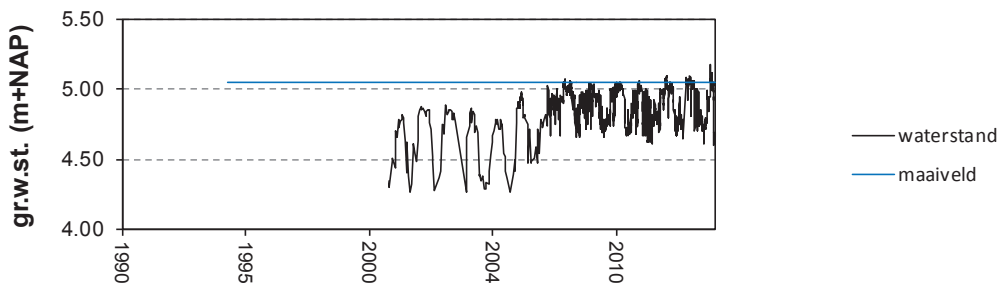
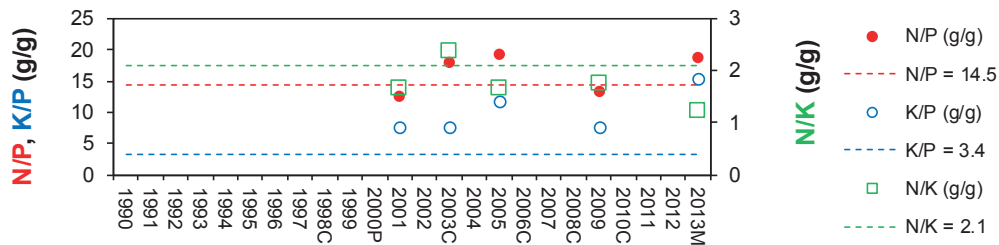
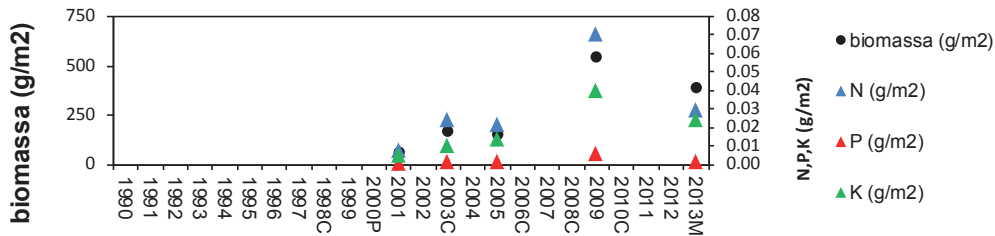
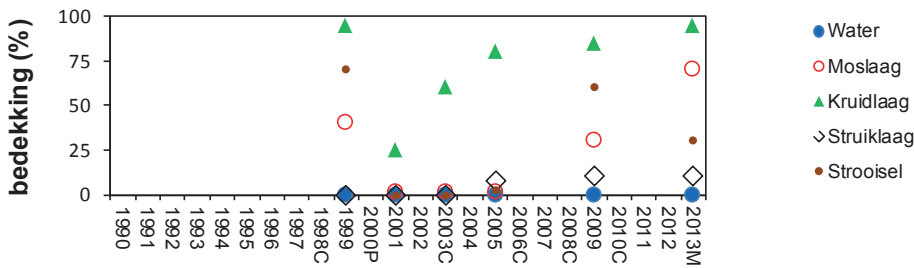
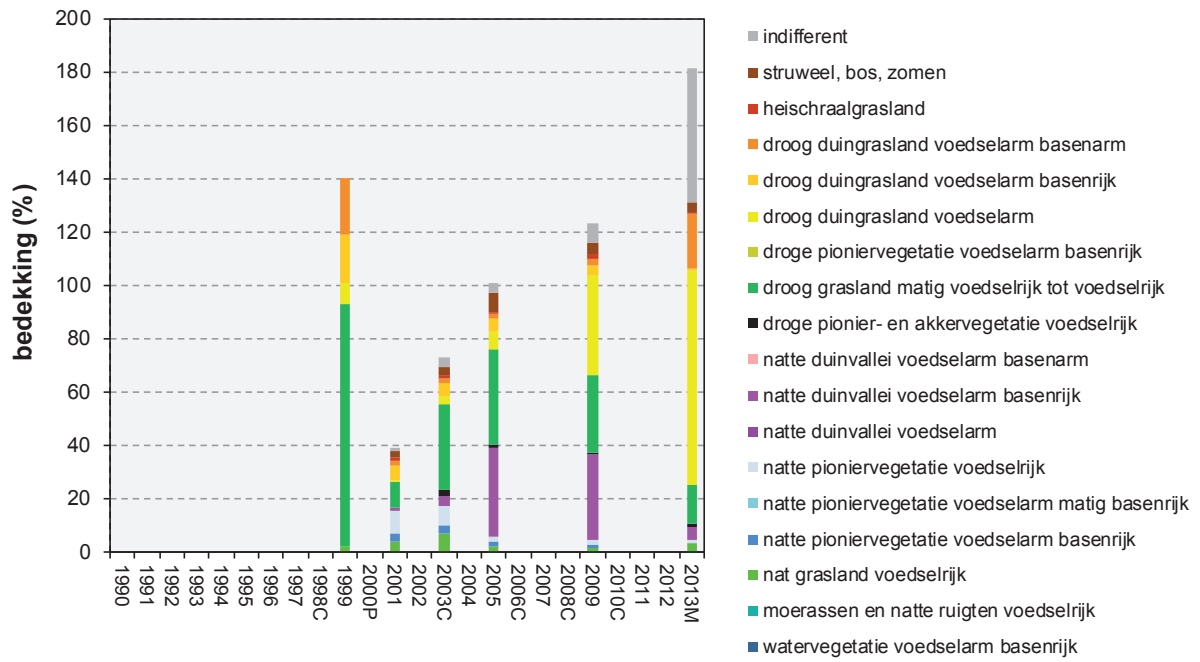
Raai: F25



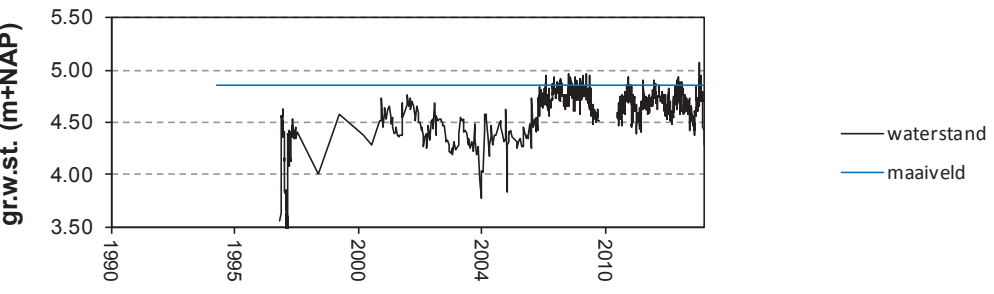
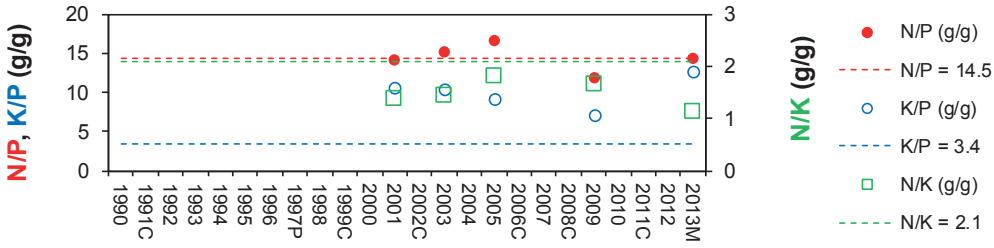
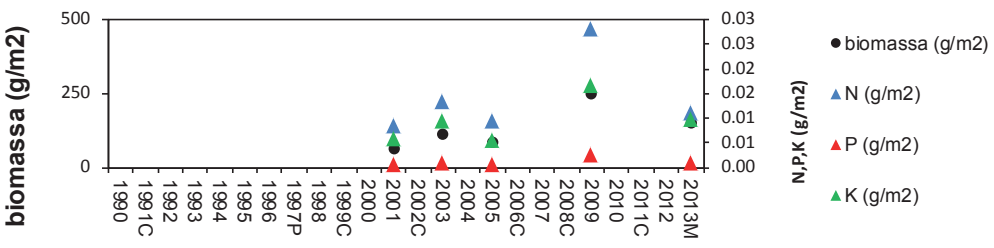
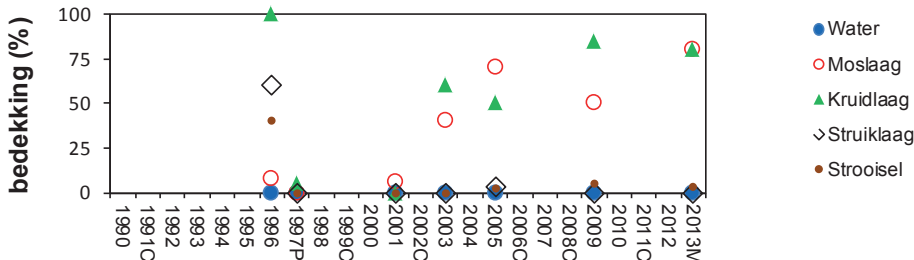
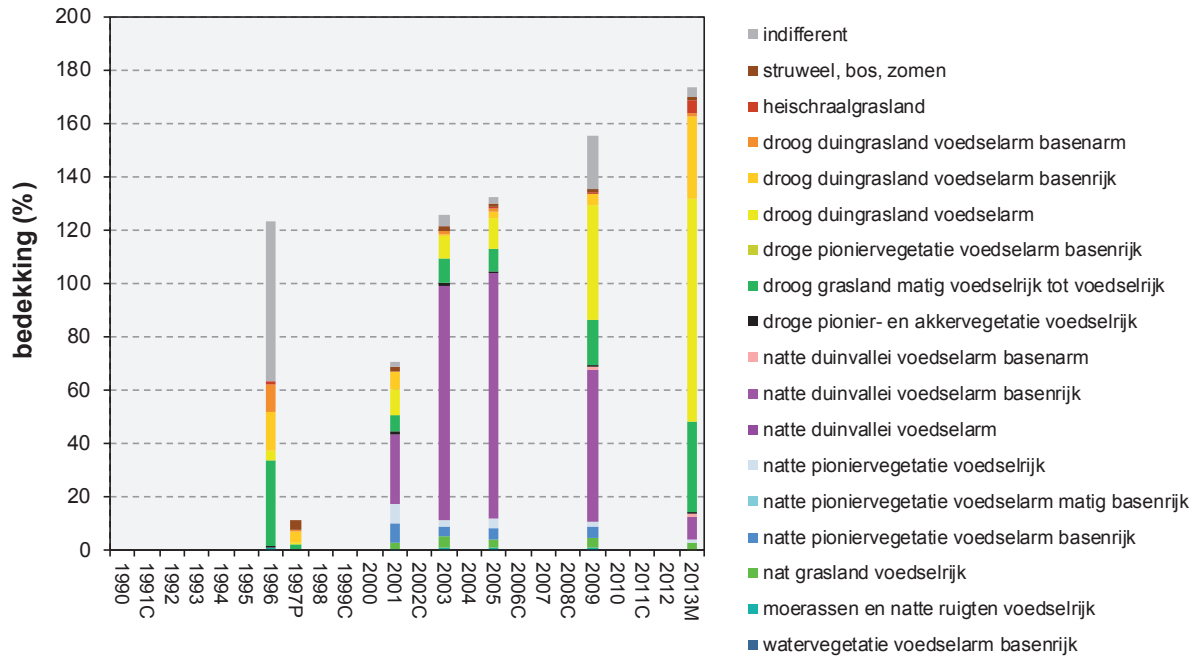
Raai: F27



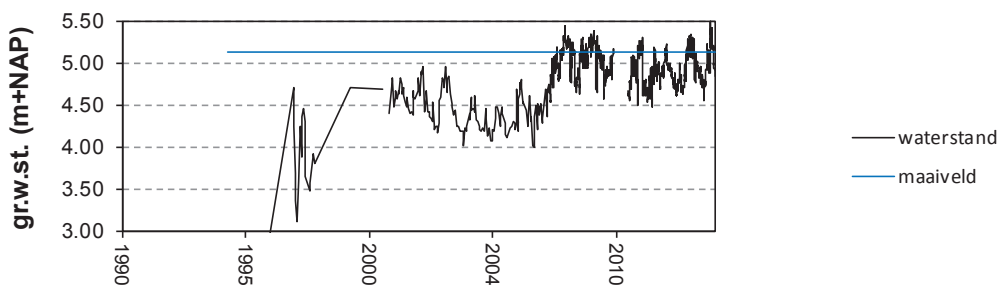
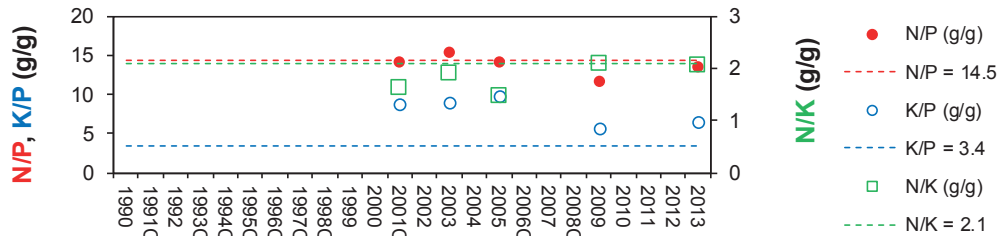
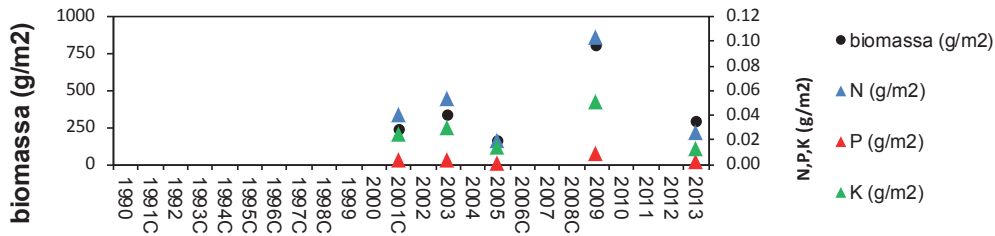
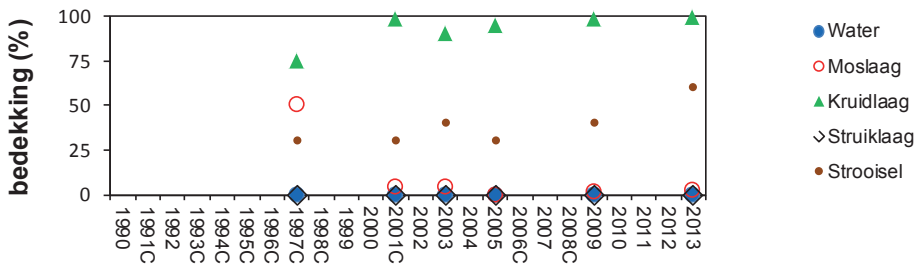
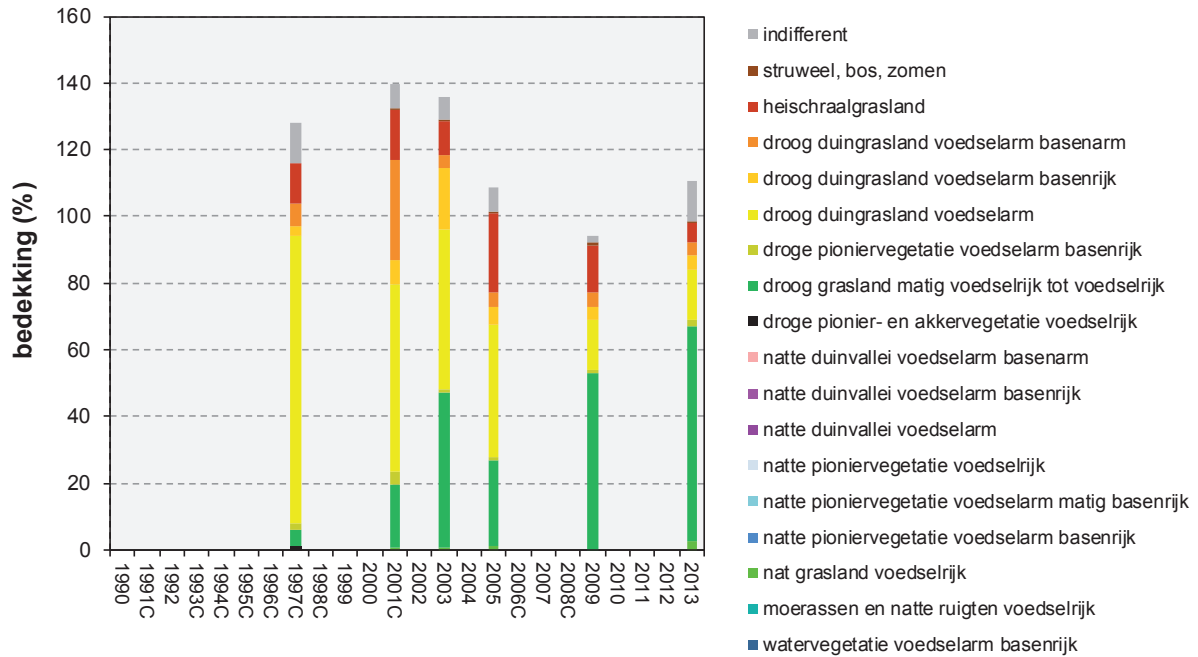
Raai: G



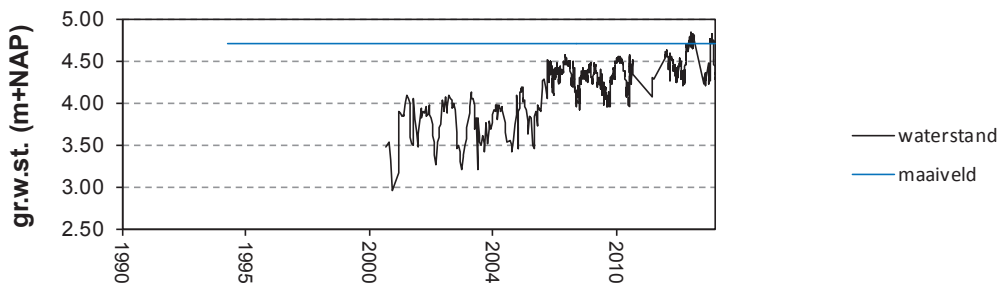
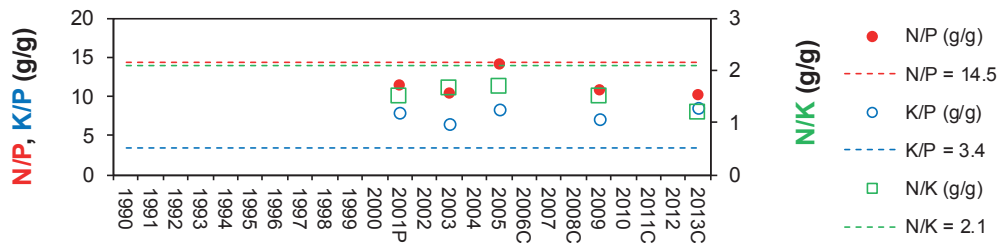
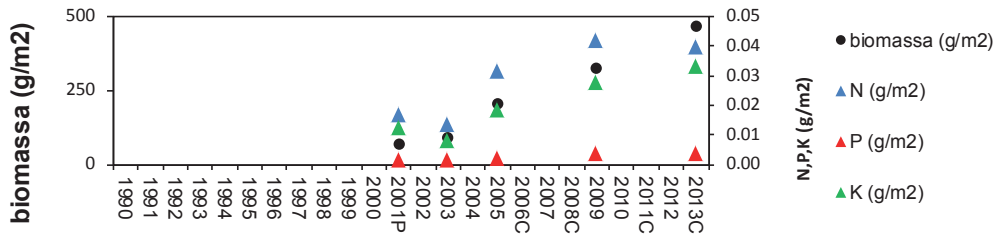
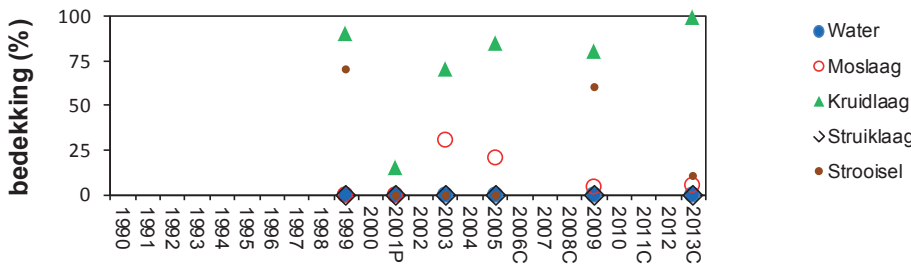
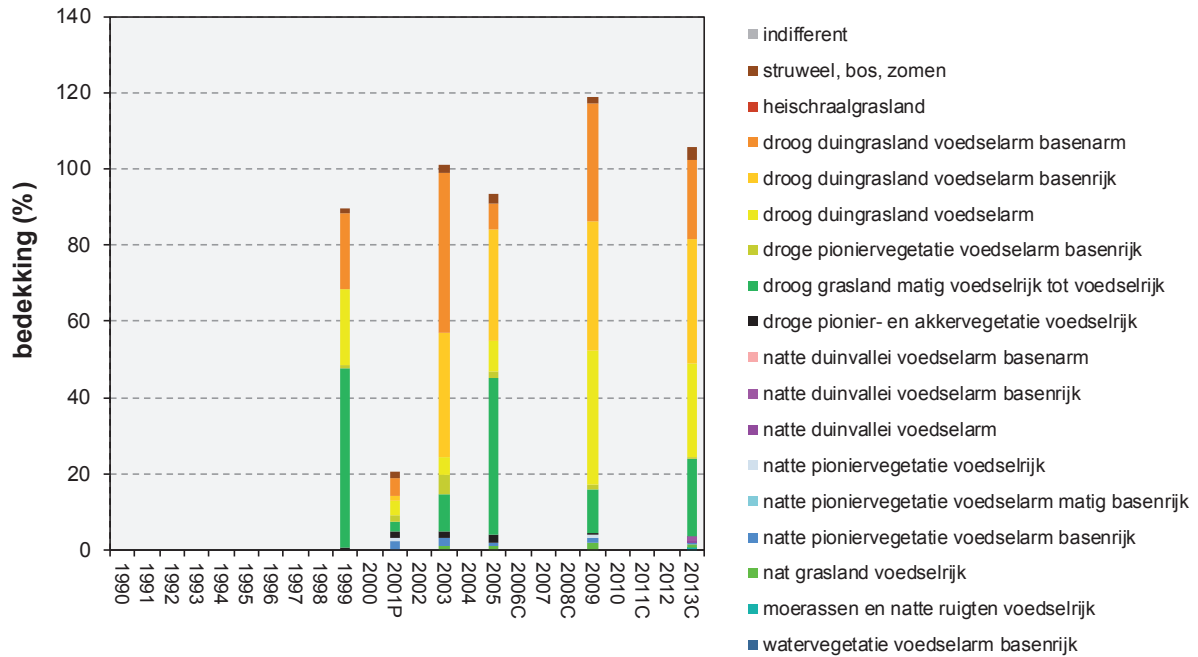
Raai: H



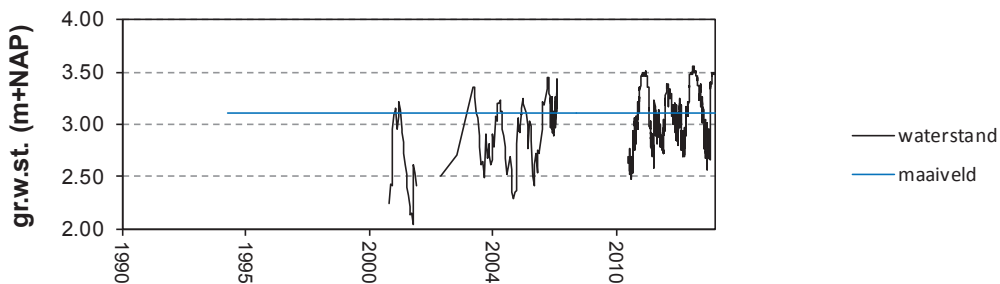
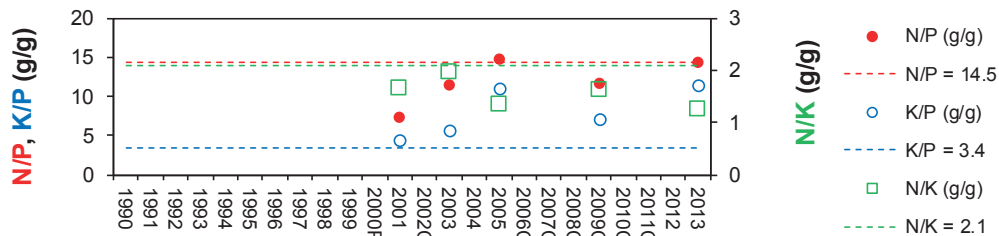
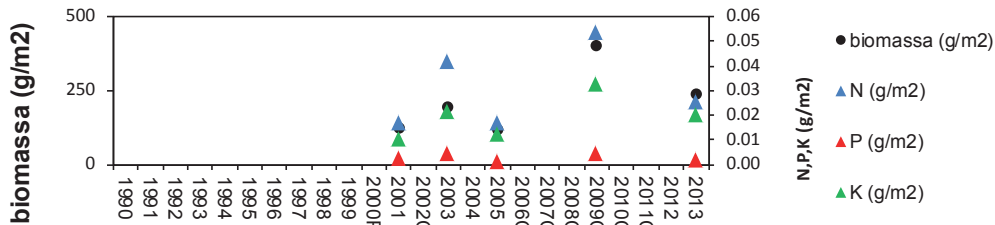
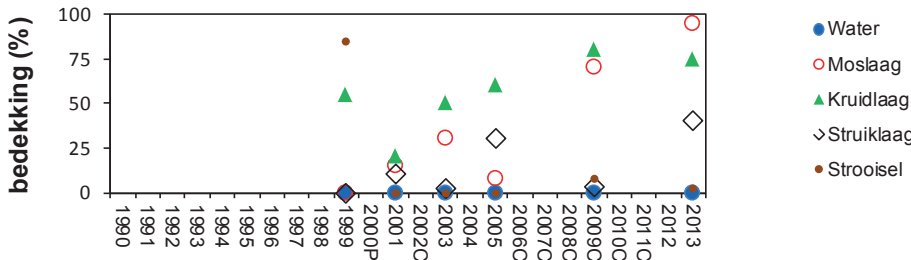
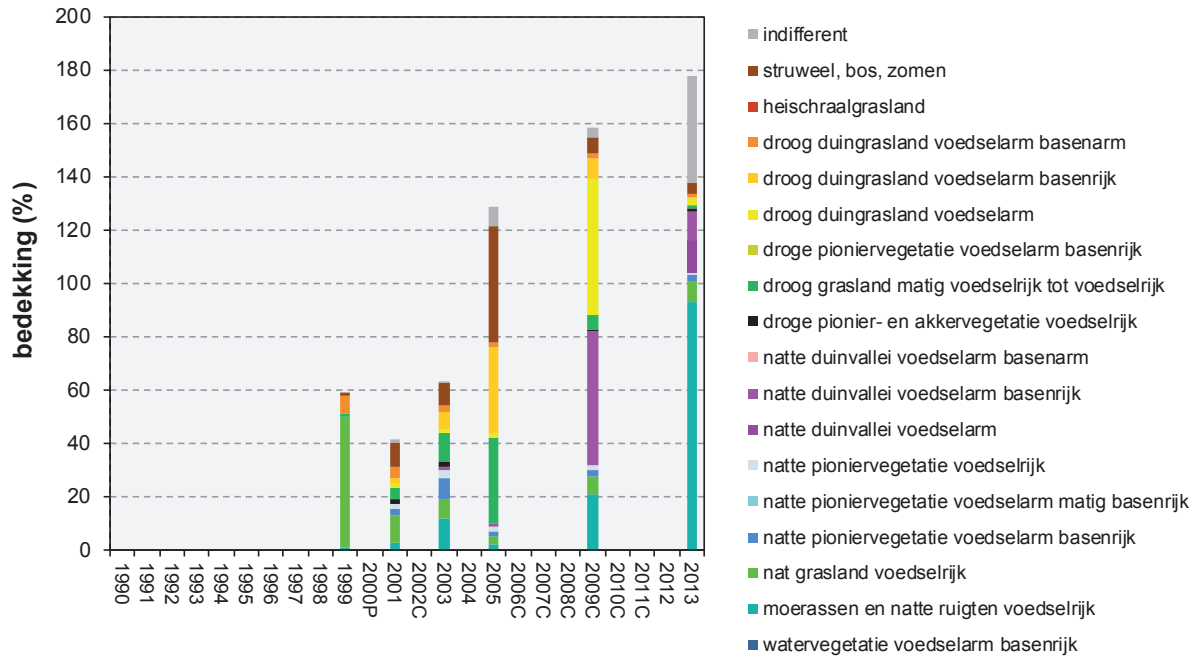
Raai: I



Raai: J



Raai: K



Bijlage II Ontwikkeling van de hydrochemie in ondiepe peilbuizen van de meetraaien

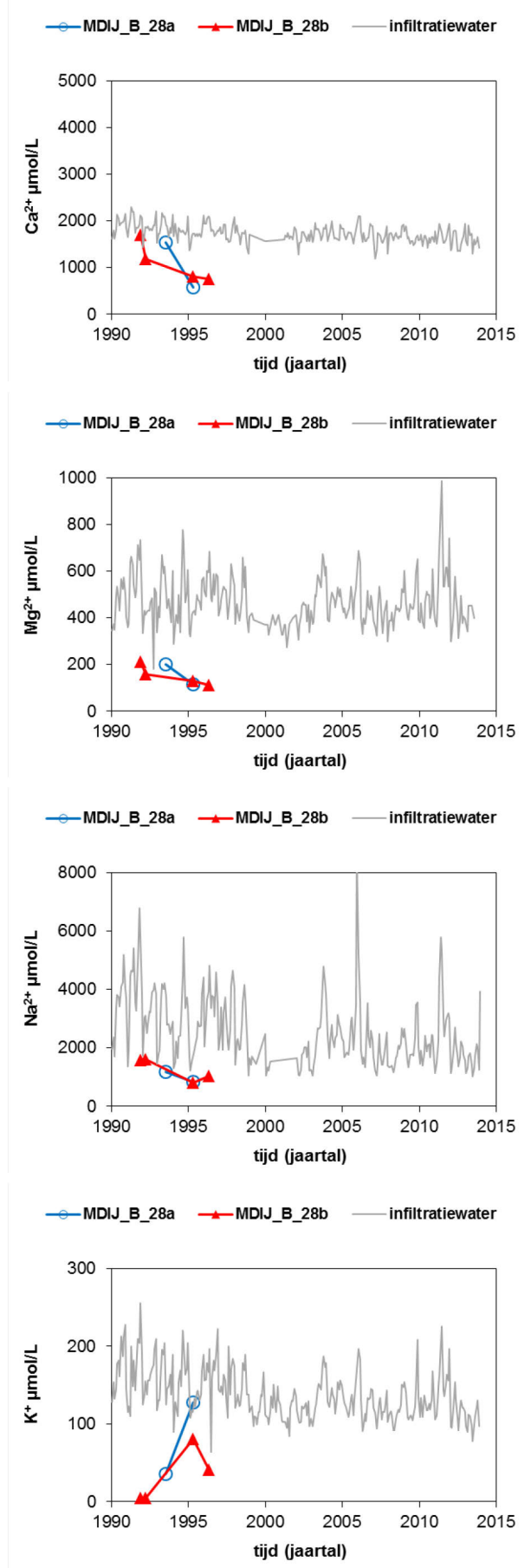
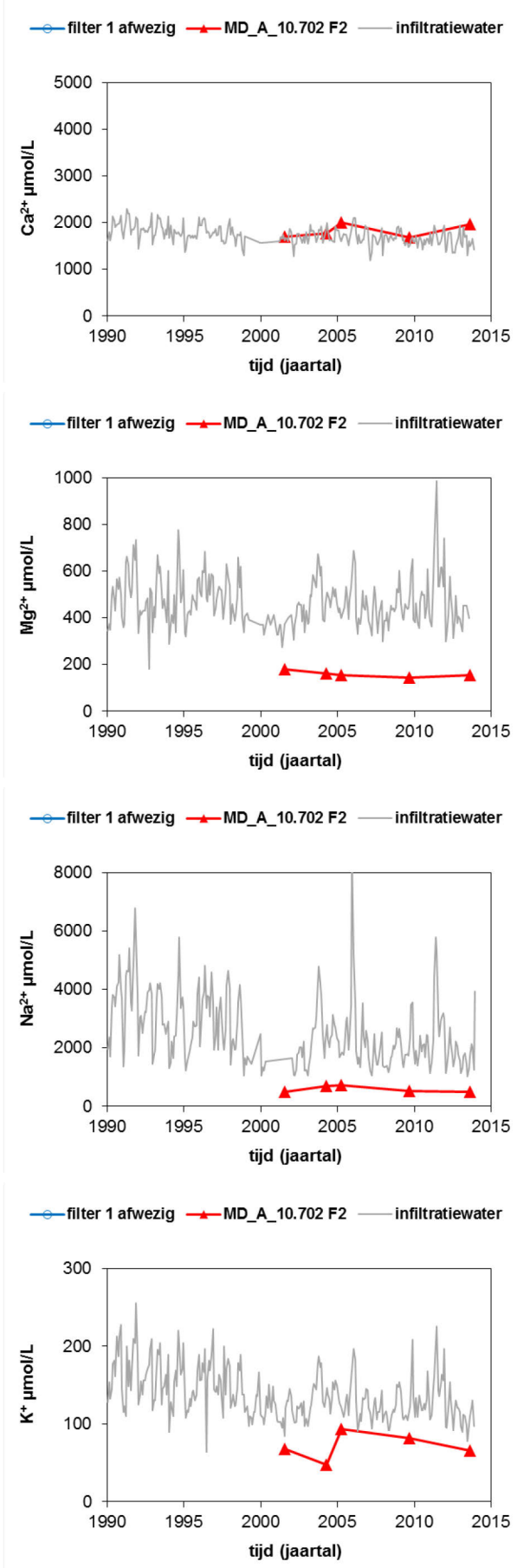
In elke meetraai zijn peilbuizen met ondiepe filters gebruikt voor het nemen van grondwatermonsters. Een deel van de meetraaien heeft locaties met een filterdiepte en een ander deel twee filterdiepte. Meetraai B en F hebben elk drie locaties met peilbuizen in een transect van hoog naar laag (resp. B28->B29->B30 en F24->F25->F27). De grondwatermonsters zijn geanalyseerd op macro-ionen en nutriënten. Van elke variabele wordt de in grafieken het verloop weergegeven. Voor vergelijking van de meetwaarden in het grondwatermonster met die het infiltratiewater wordt ook het verloop weergegeven van de concentraties in het infiltratiewater. Voor de periode met voorzuivering worden daarvoor de metingen van het voorgezuiverde Haringvlietwater gebruikt.

De meetlocaties zijn aangeduid met de lettercode van de meetraai en in geval van meerdere peilbuislocaties ook nog met een nummer voor de locatie. In geval van twee filterdiepte op een locatie is de meest ondiepe met code 'a' of 'F1' aangeduid en de diepere met code 'b' of 'F2'.

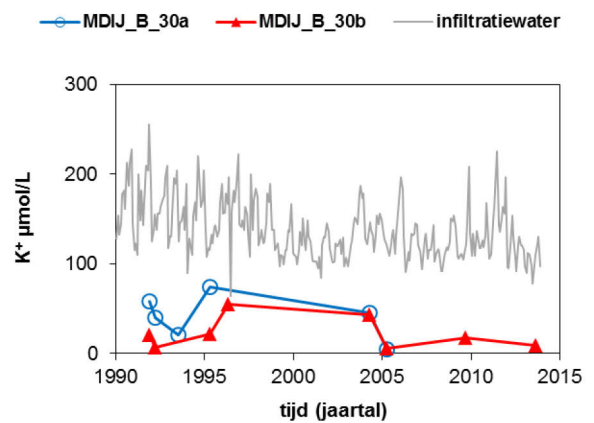
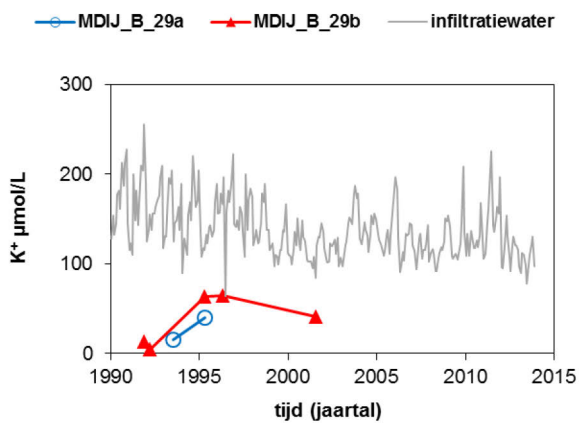
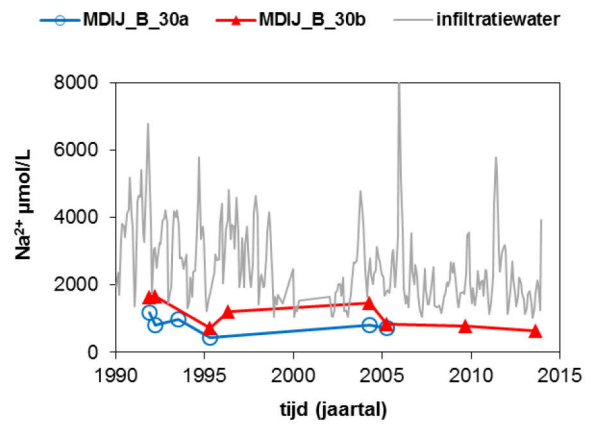
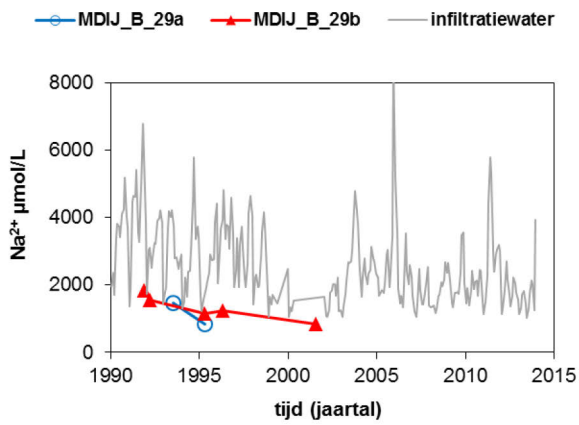
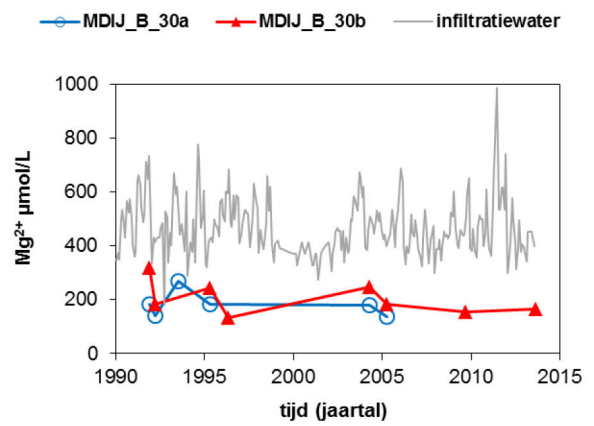
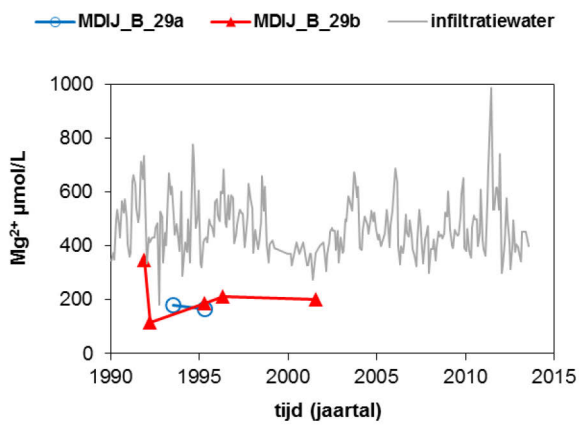
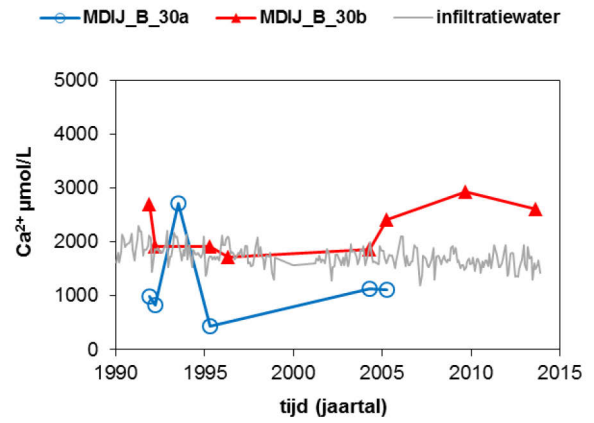
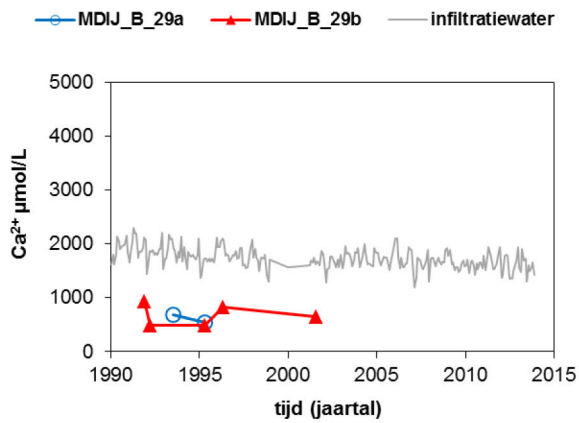
Overzicht peilbuisfilters

Locatie + filter	Code Evides	maaiveld m NAP	bovenkant filter m-mv	onderkant filter m-mv
A	10-702-1	3.30	1.28	1.78
B28-a	10-638-1	2.18	0.40	0.50
B28-b	10-638-2	2.18	1.90	2.00
B29-a	10-639-1	1.95	0.40	0.50
B29-b	10-639-2	1.95	1.90	2.00
B28-a	10-640-1	1.85	0.40	0.50
B28-b	10-640-2	1.85	1.90	2.00
C	10-630_2	3.00	1.08	0.35
D-a	10-703_1	1.69	1.34	1.84
D-b	10-703_2	1.69		
E-a	10-625_1	2.31	1.10	1.20
E-b	10-625_2	2.31	1.80	1.90
F24-a	10-624-1	1.55	1.10	1.20
F24-b	10-624-2	1.55	1.80	1.90
F25-a	10-623-1	1.10	1.10	1.20
F25-b	10-623-2	1.10	1.80	1.90
F27-a	10-622-1	1.07	1.10	1.20
F27-b	10-622-2	1.07	1.80	1.90
G	10-704	5.05		
H-a	10-664-1	4.85		0.54
H-b	10-664-2	4.85	2.47	2.97
I	10-662	5.14	3.43	4.43
J	10-693	4.72	1.39	1.89
K-a	10-695-1	3.11	0.75	1.25
K-b	10-695-2	3.11		1.61

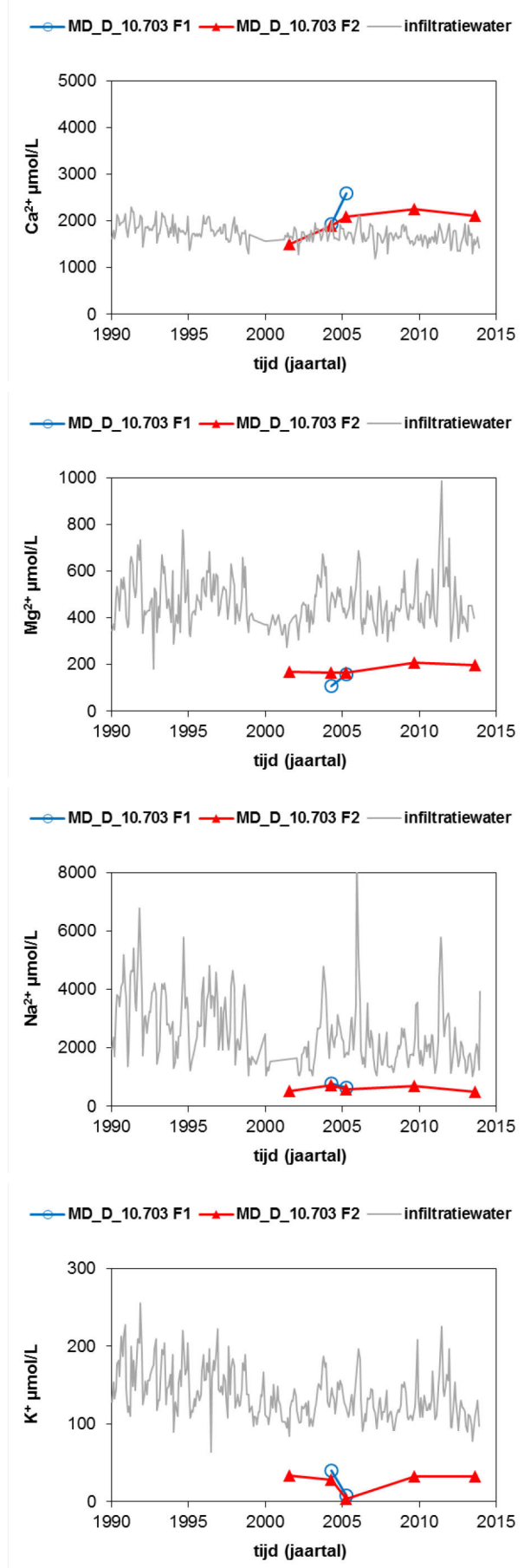
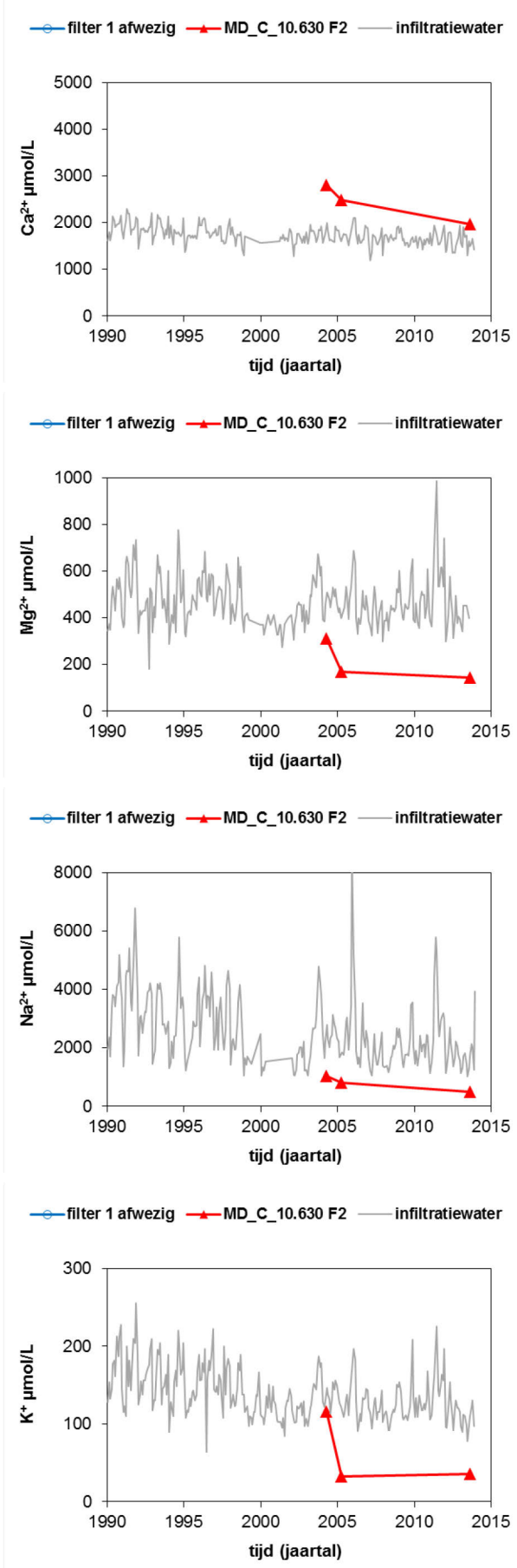
Ca, Mg, Na en K



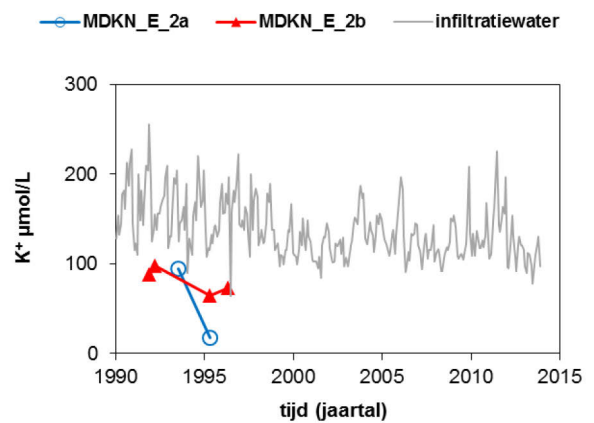
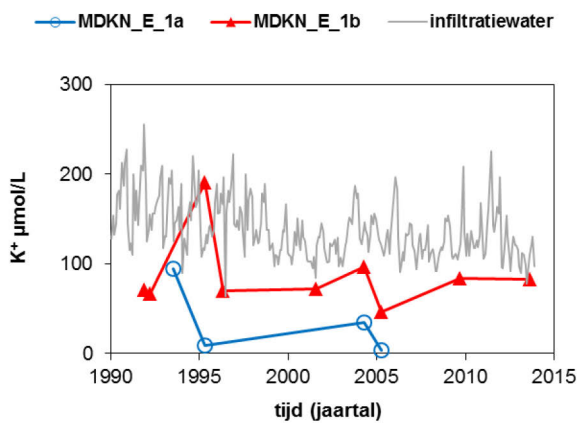
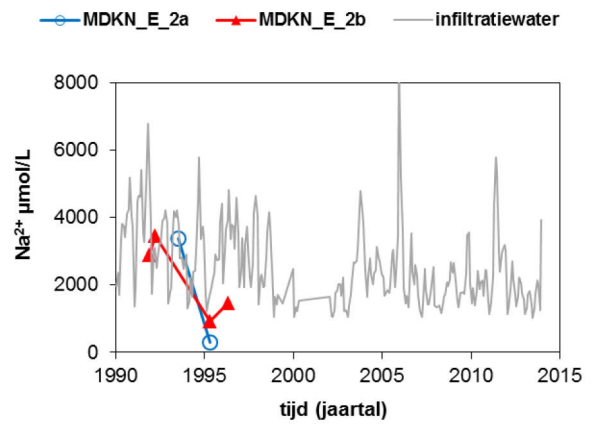
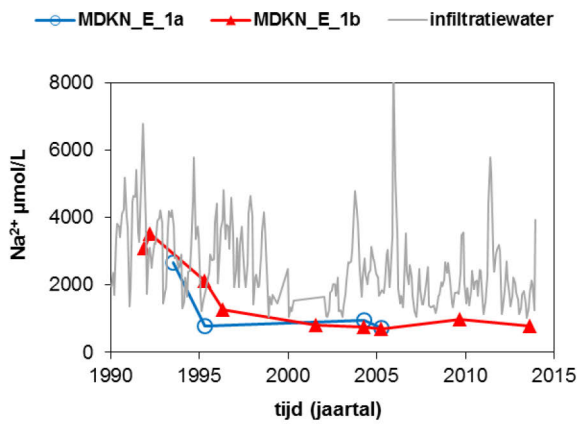
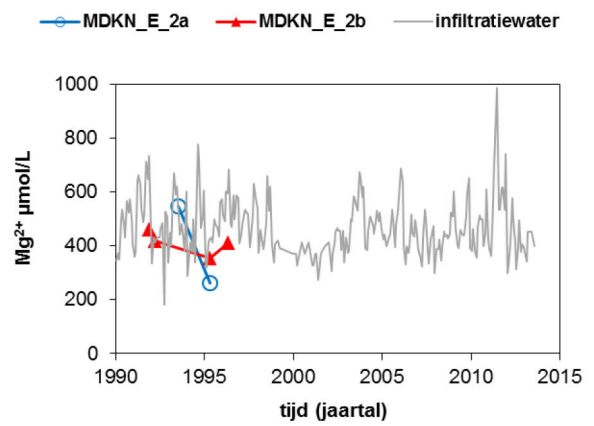
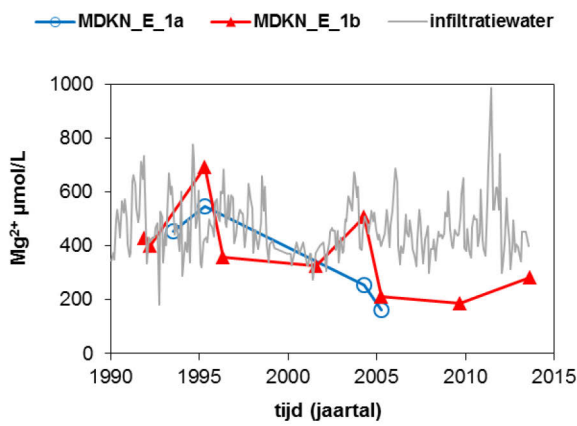
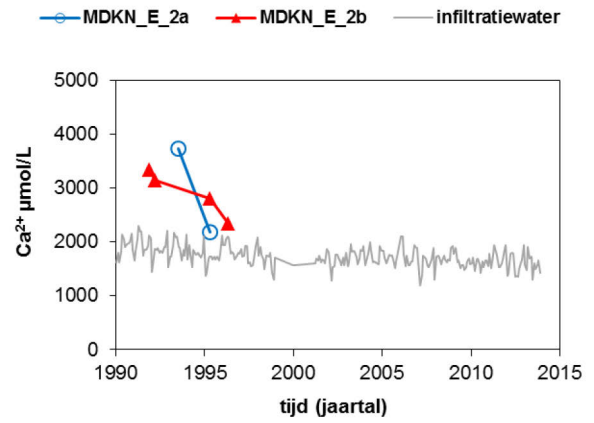
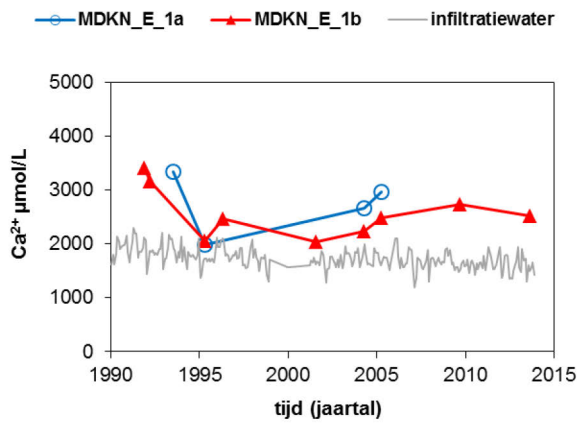
Ca, Mg, Na en K



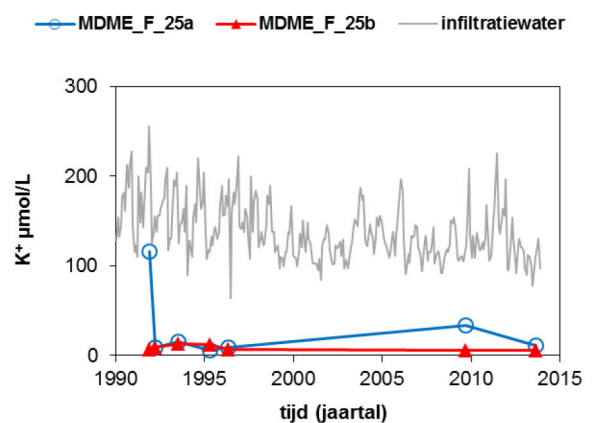
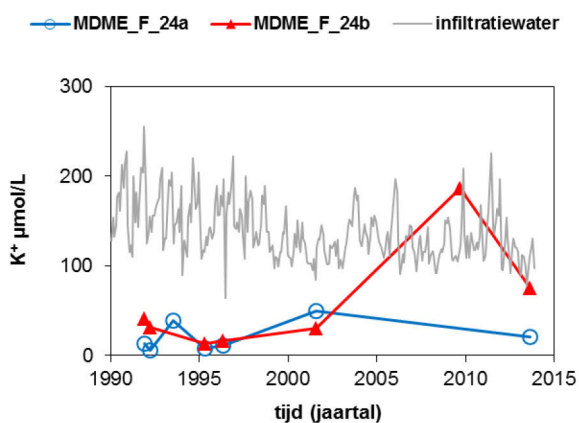
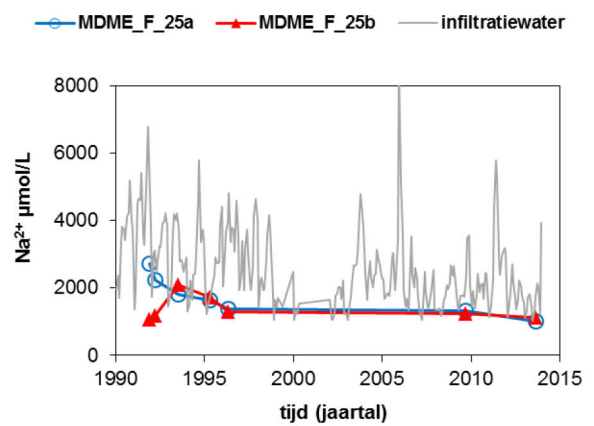
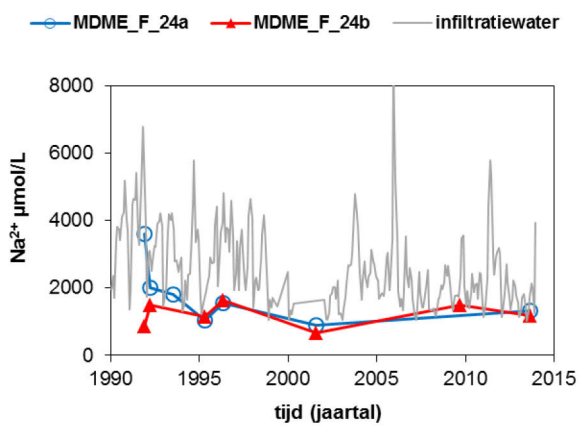
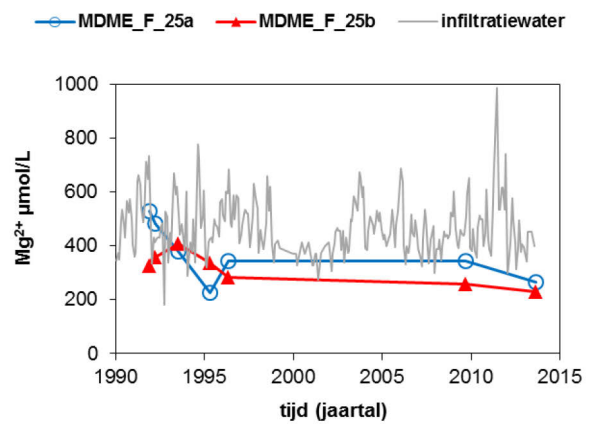
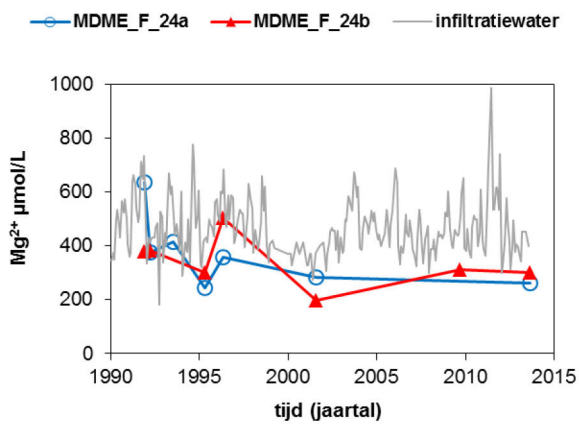
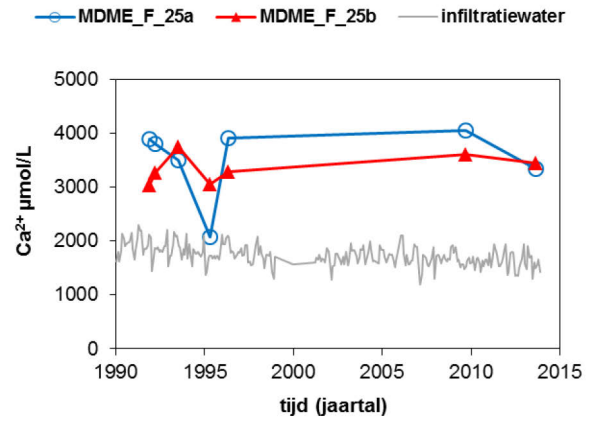
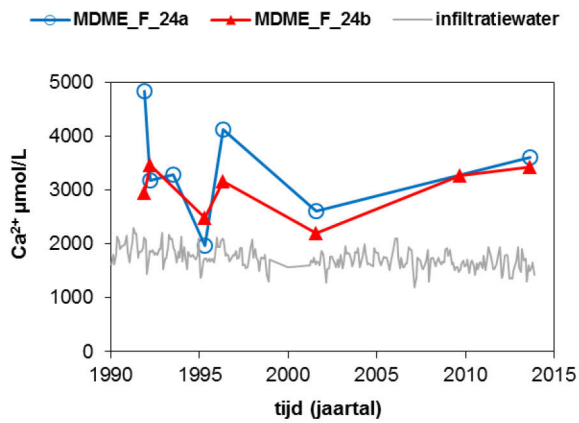
Ca, Mg, Na en K



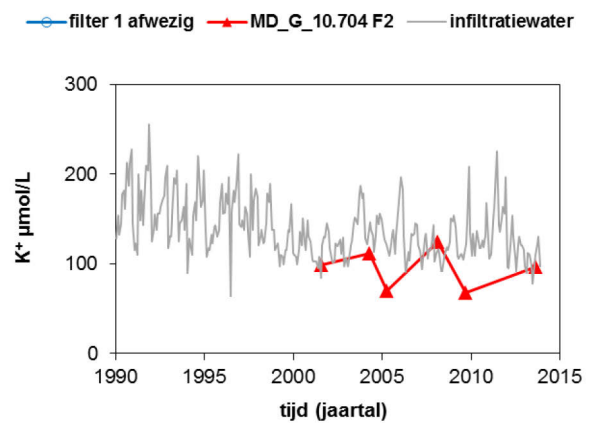
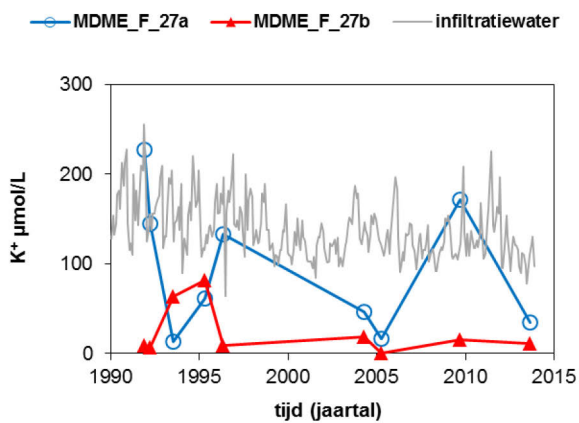
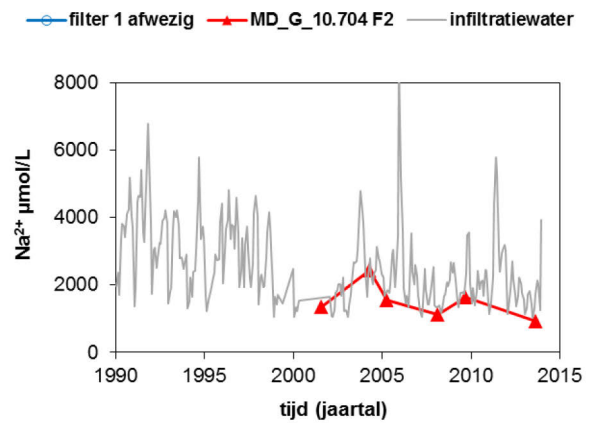
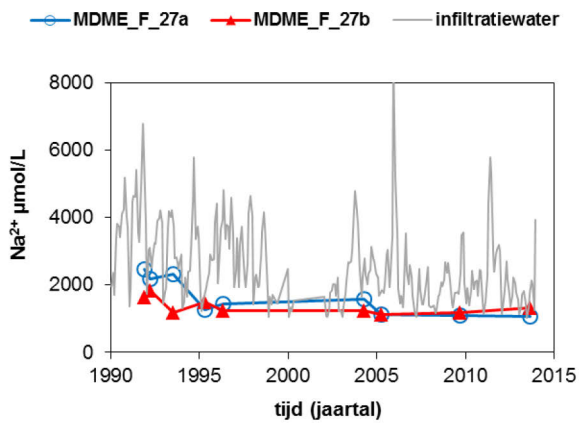
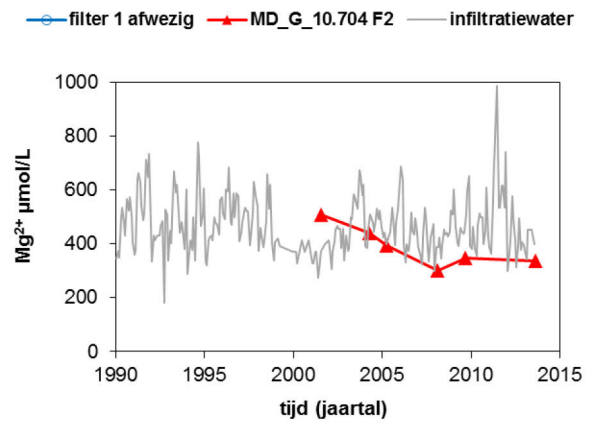
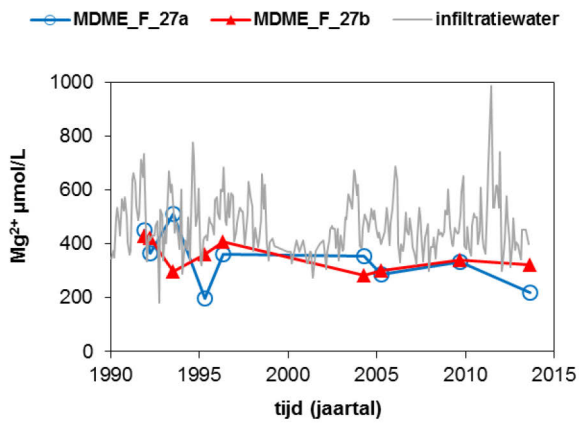
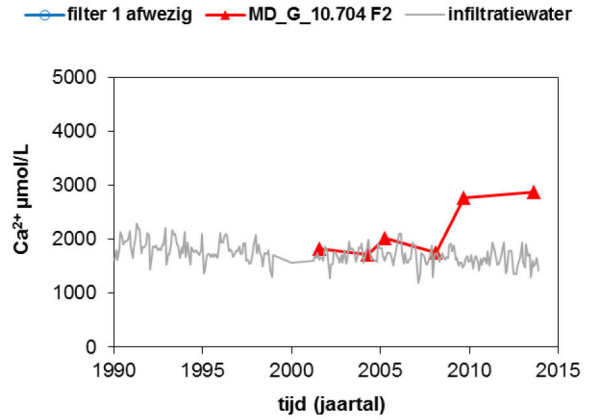
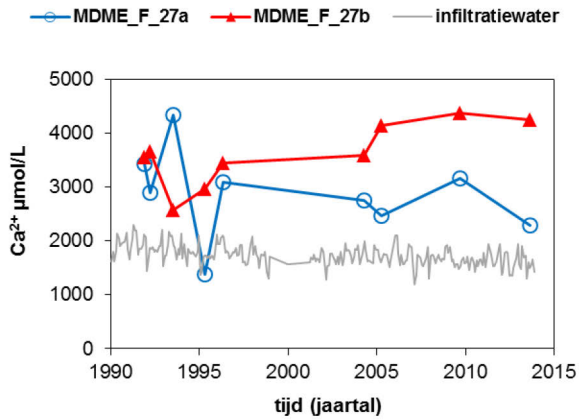
Ca, Mg, Na en K



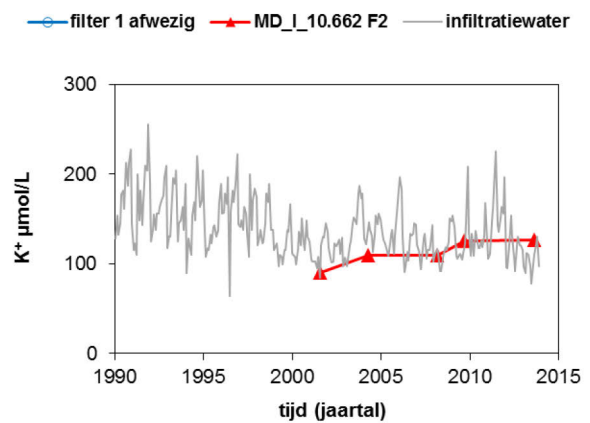
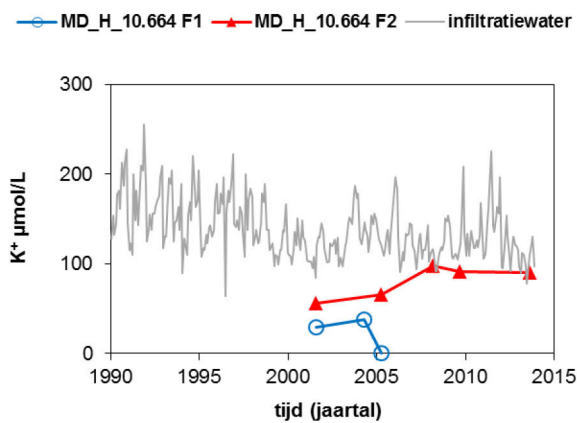
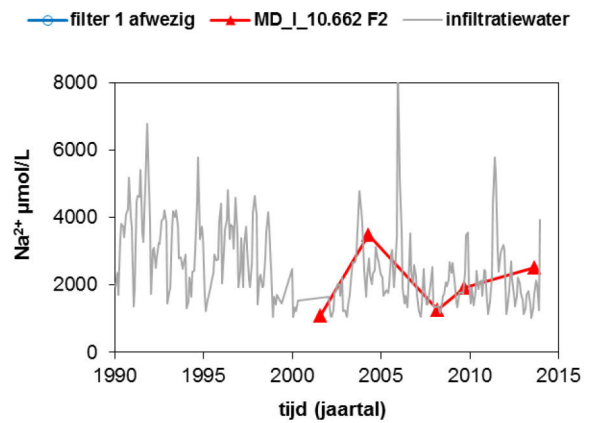
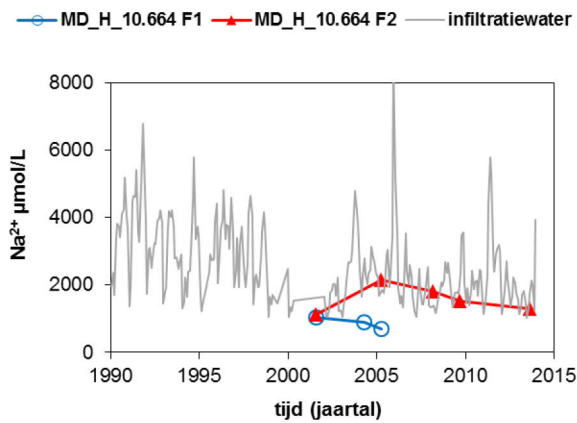
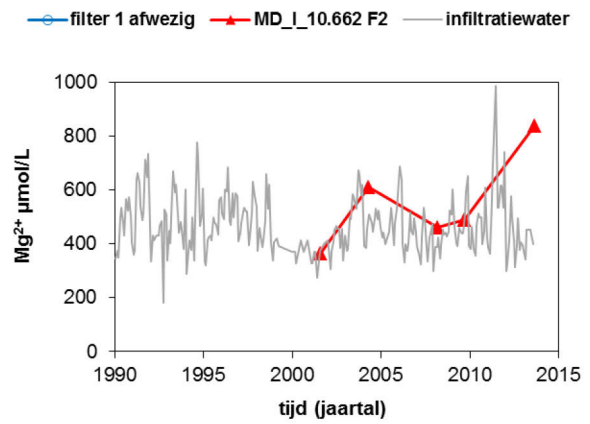
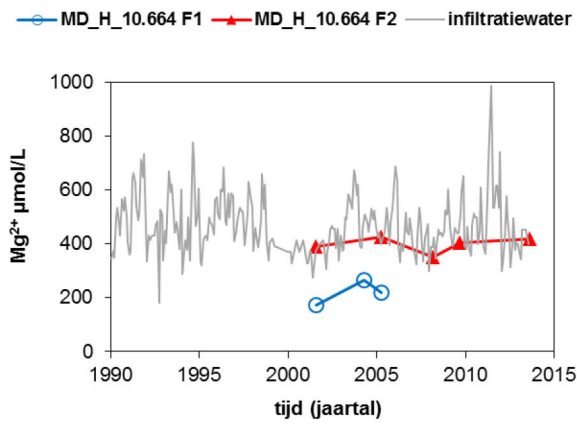
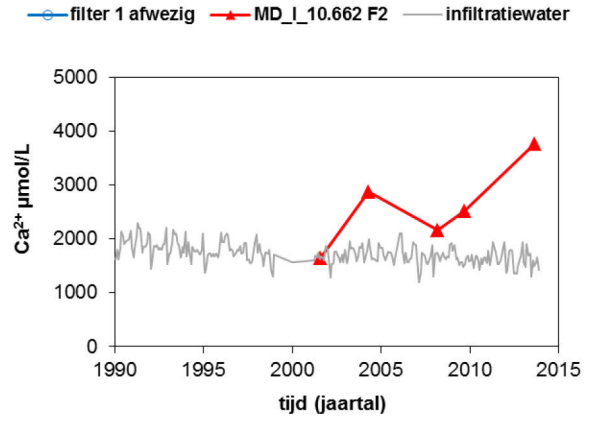
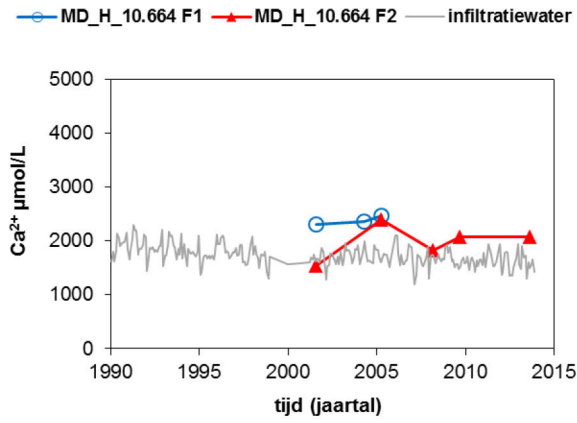
Ca, Mg, Na en K



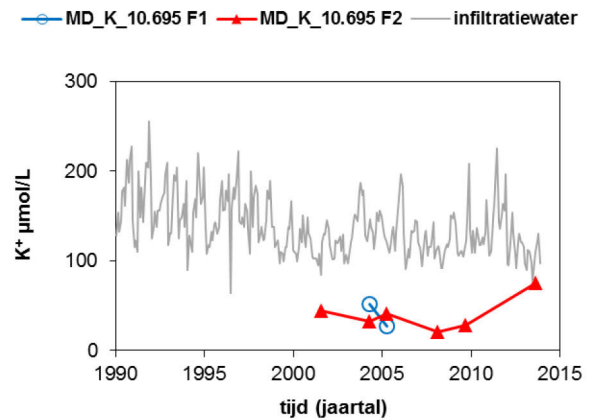
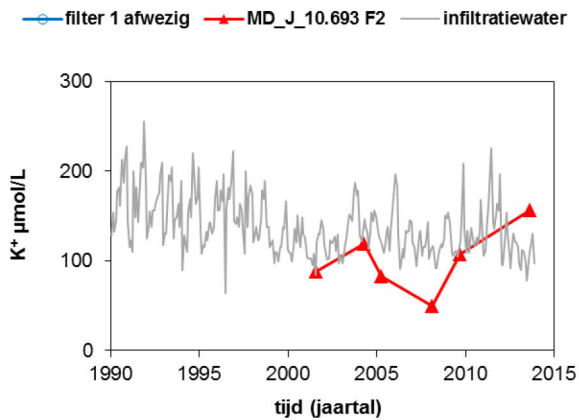
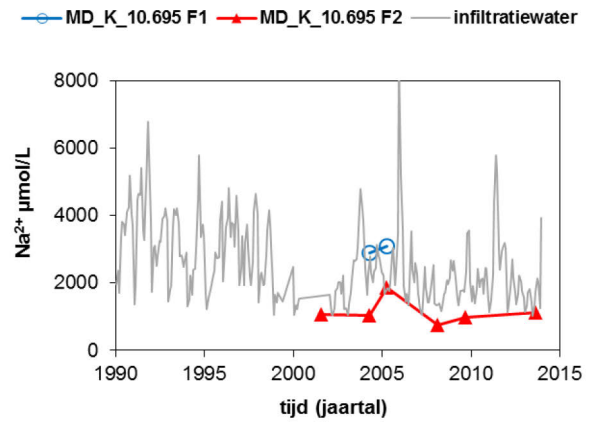
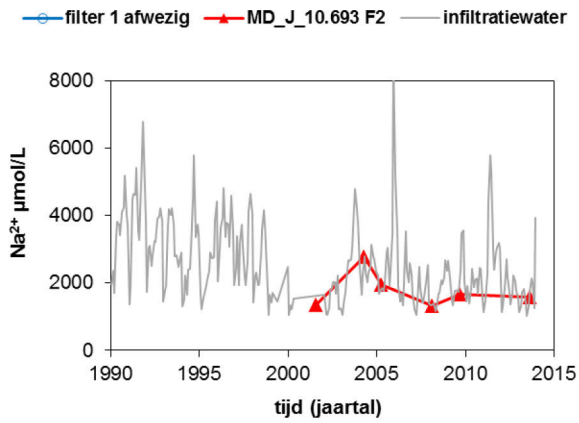
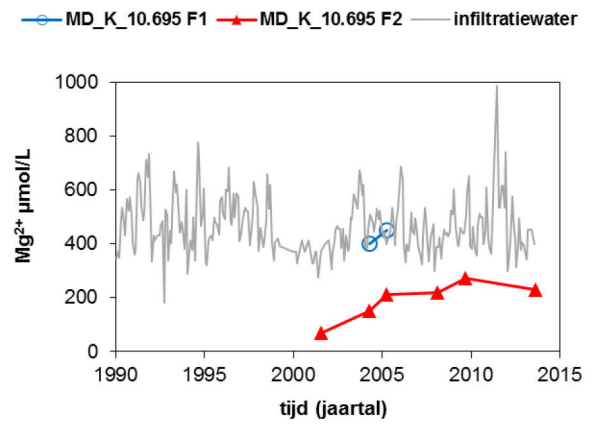
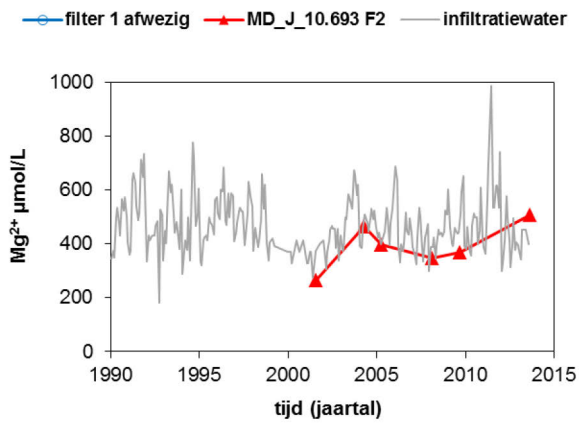
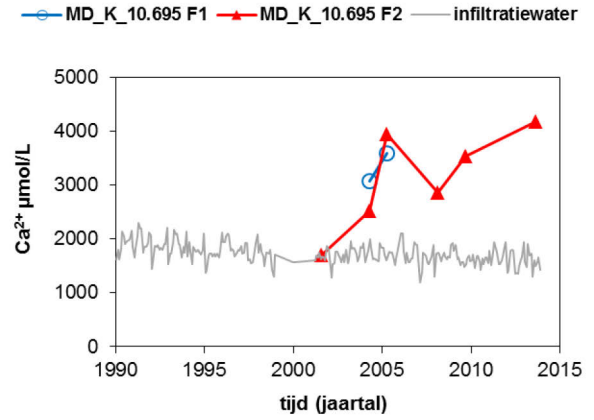
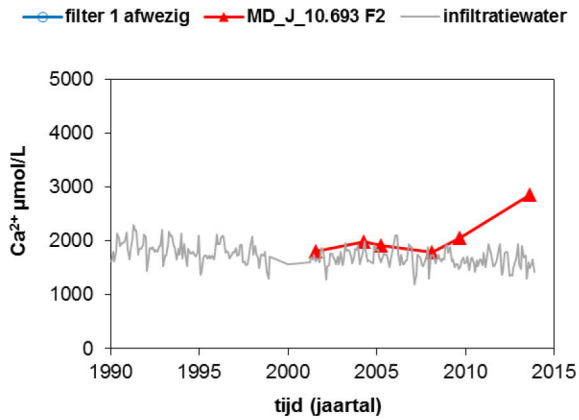
Ca, Mg, Na en K



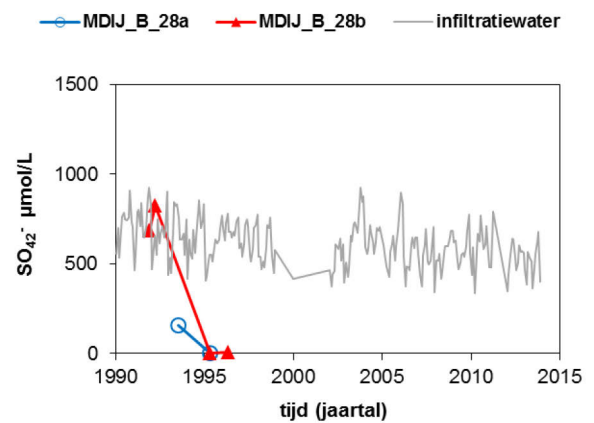
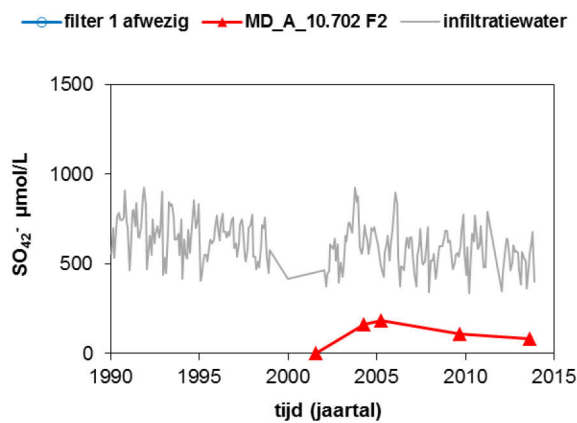
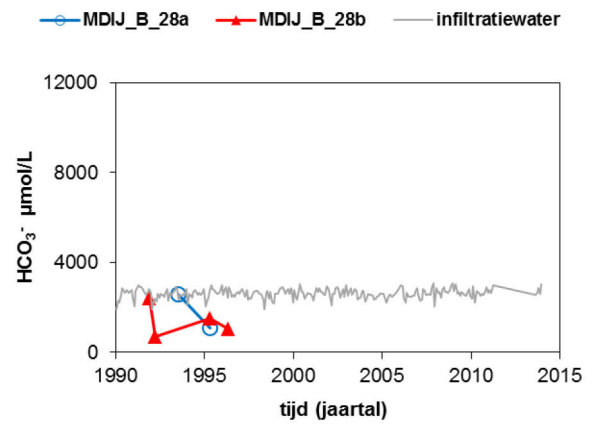
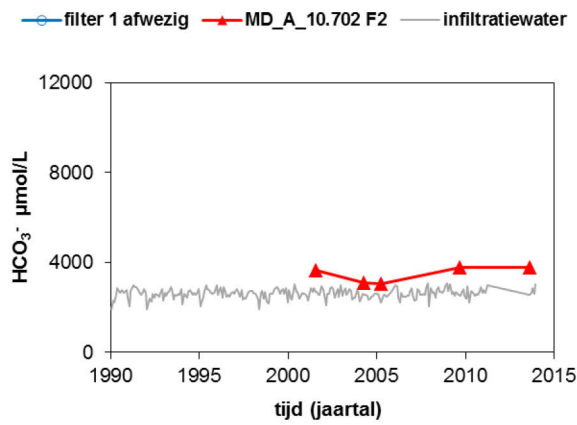
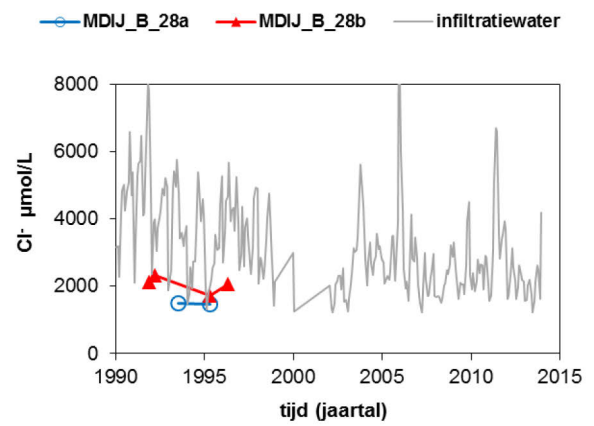
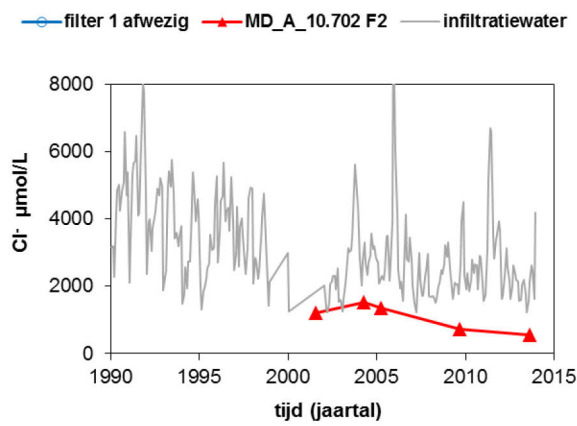
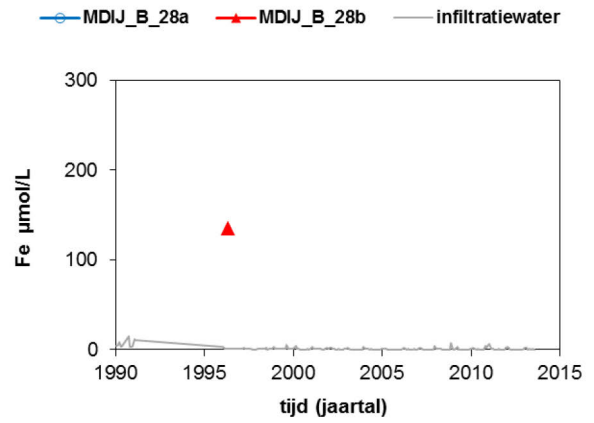
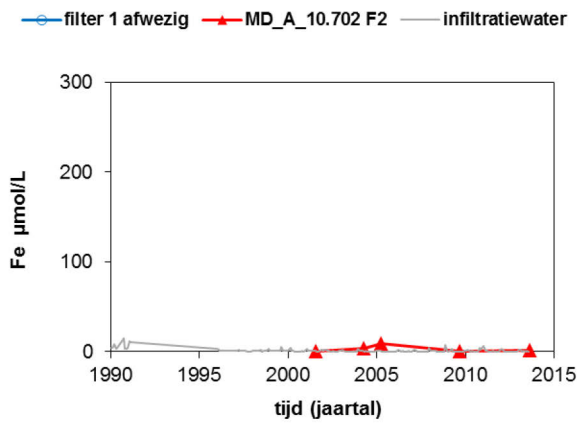
Ca, Mg, Na en K



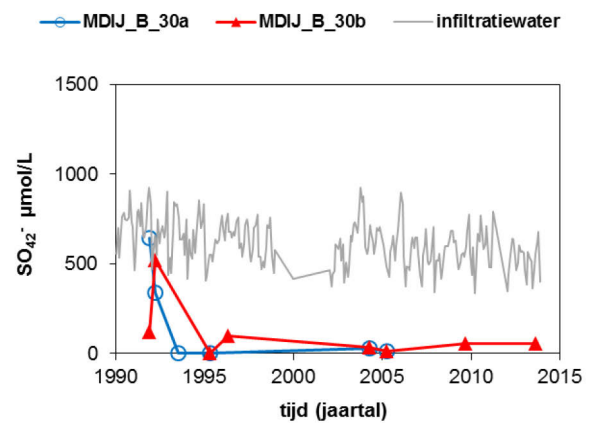
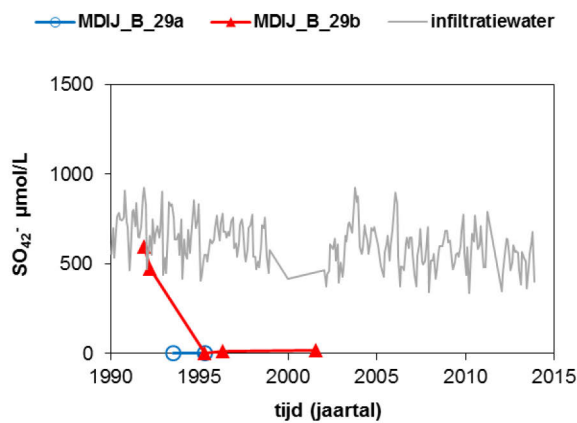
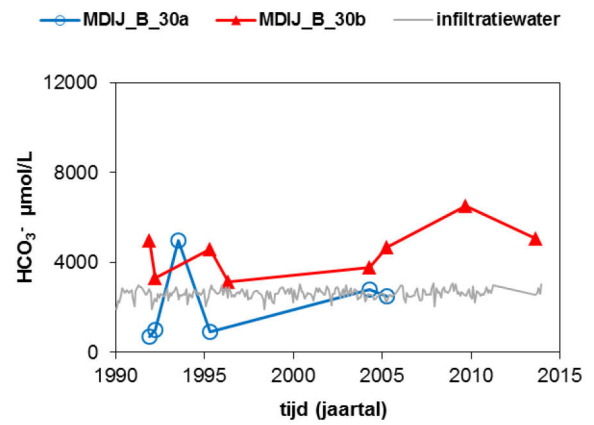
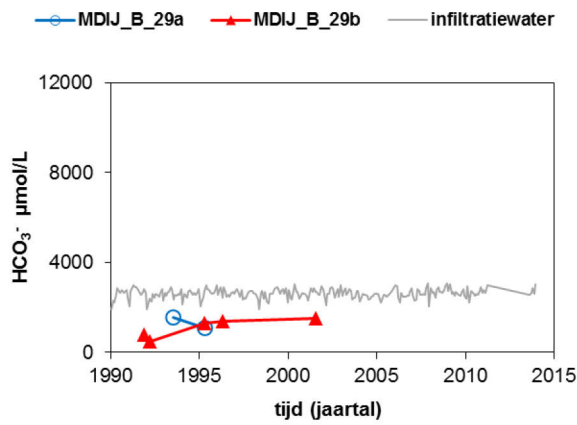
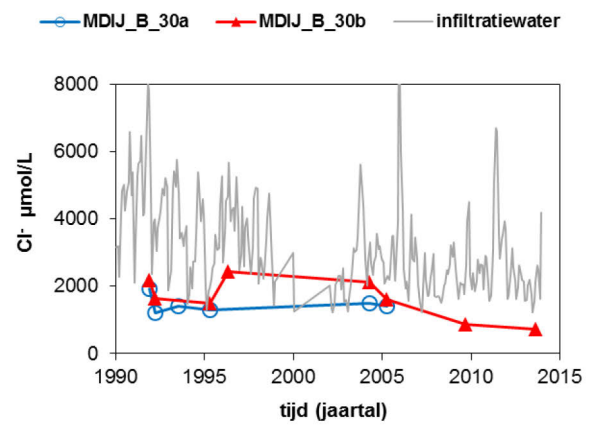
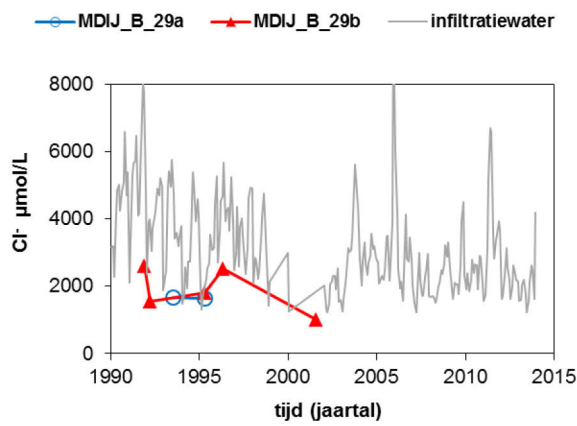
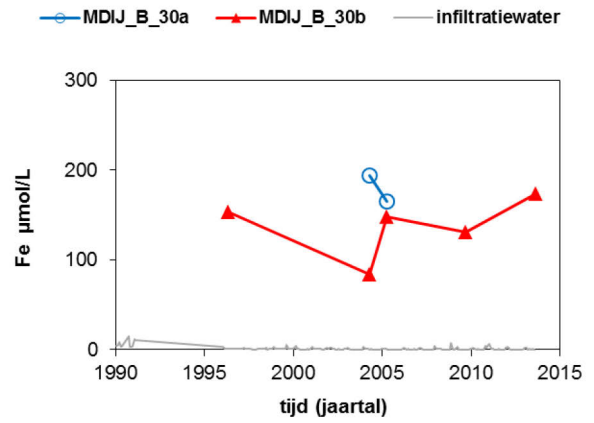
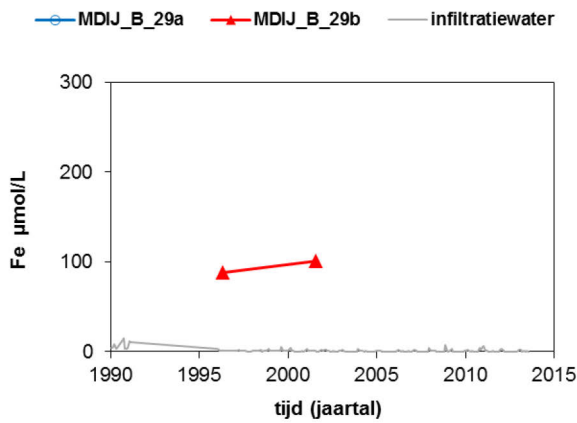
Ca, Mg, Na en K



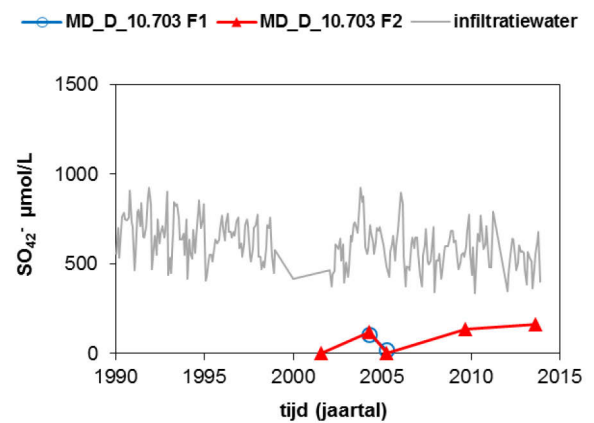
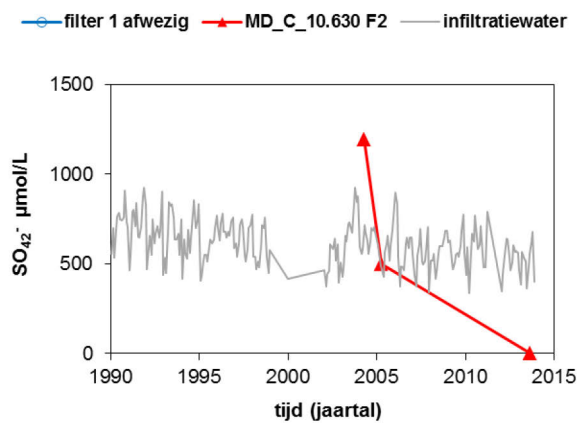
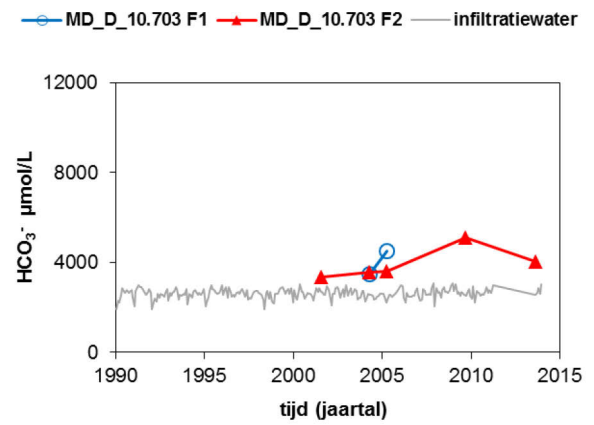
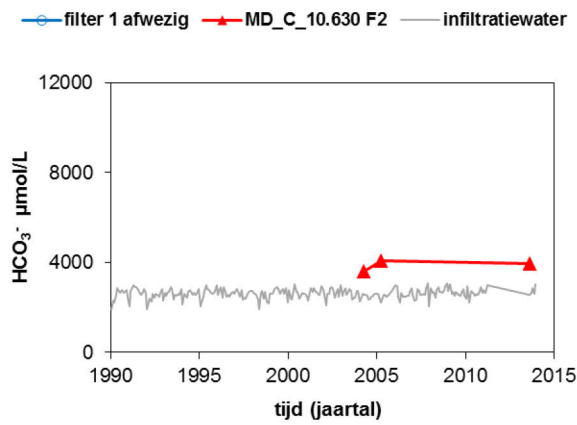
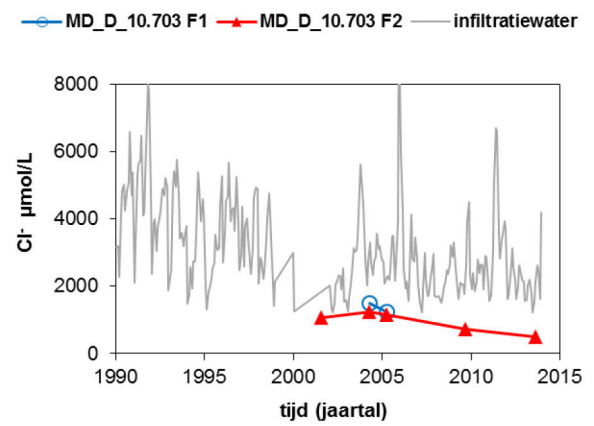
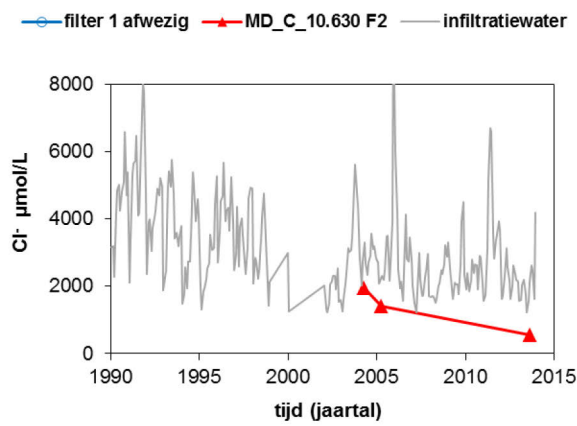
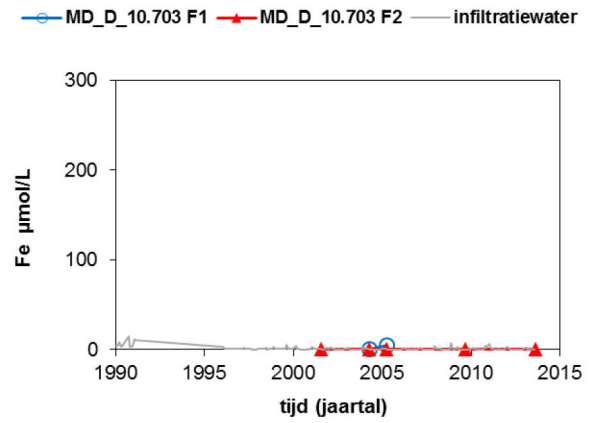
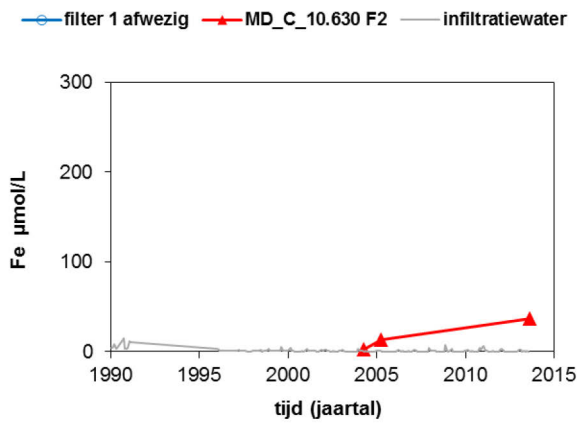
Fe, Cl⁻, HCO₃⁻ en SO₄²⁻



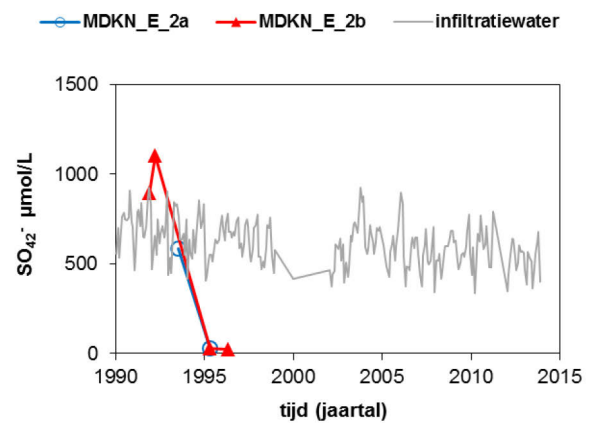
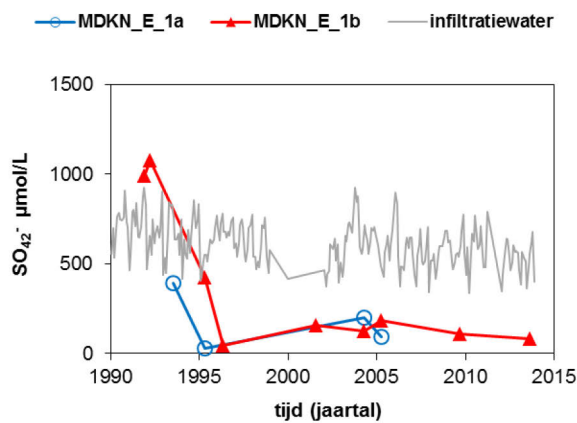
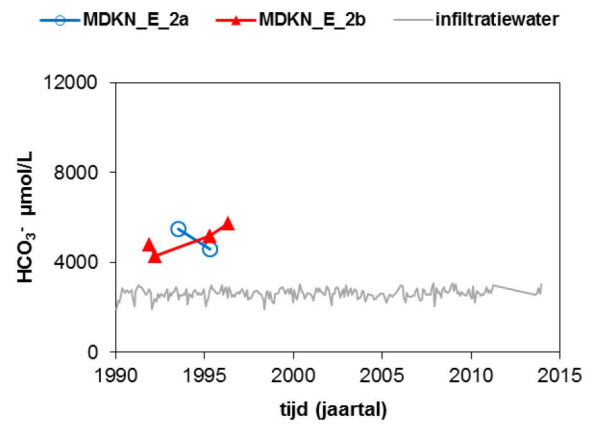
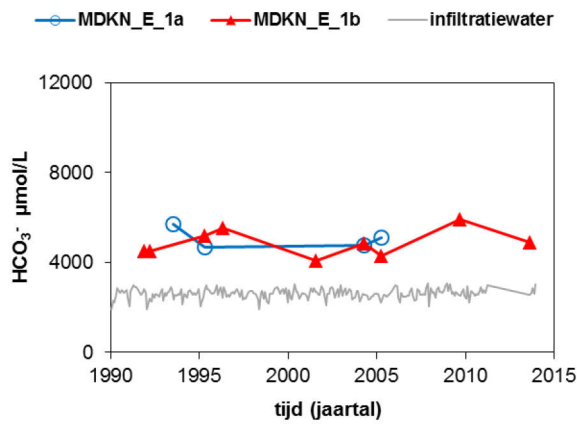
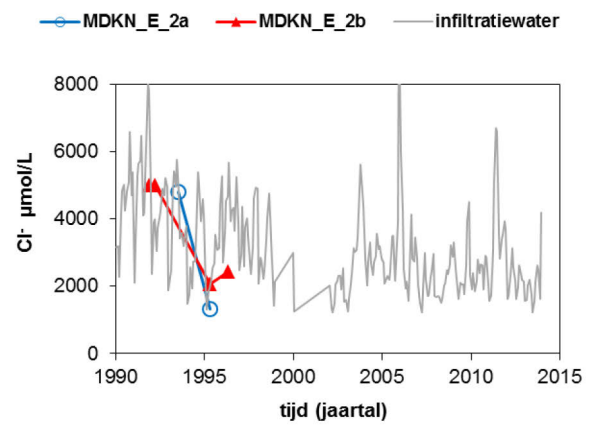
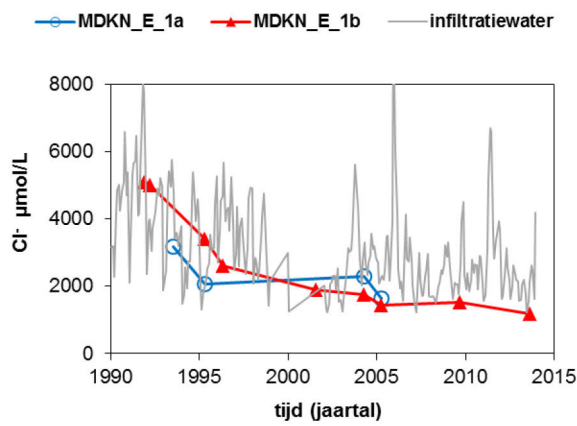
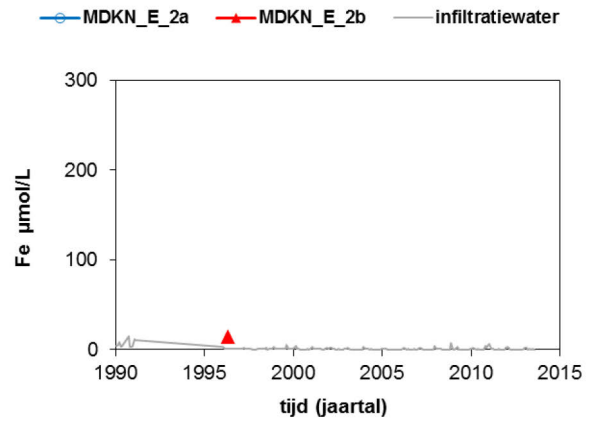
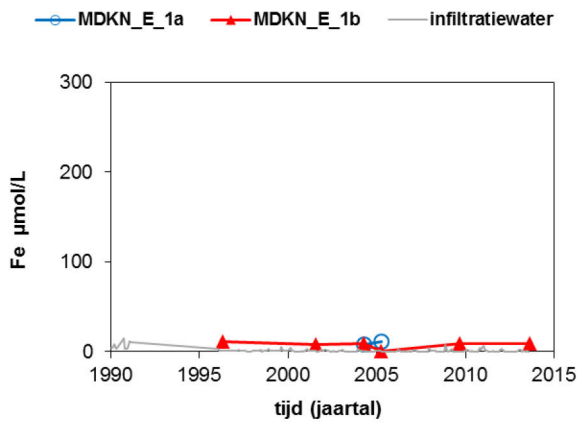
Fe, Cl⁻, HCO₃⁻ en SO₄²⁻



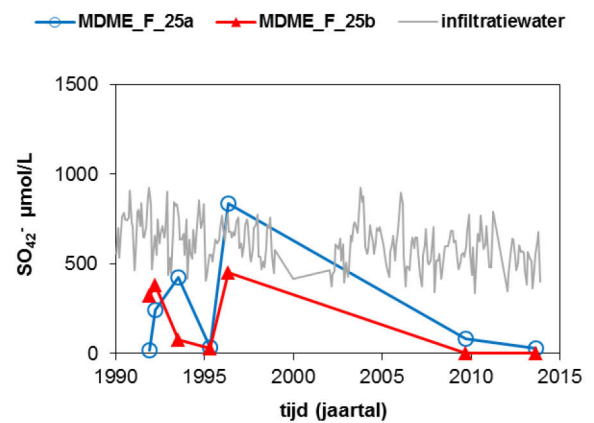
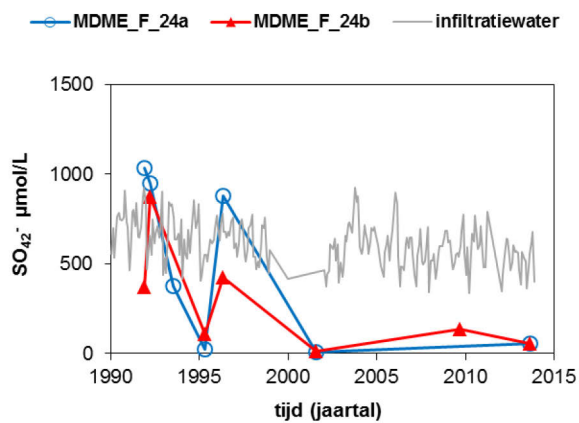
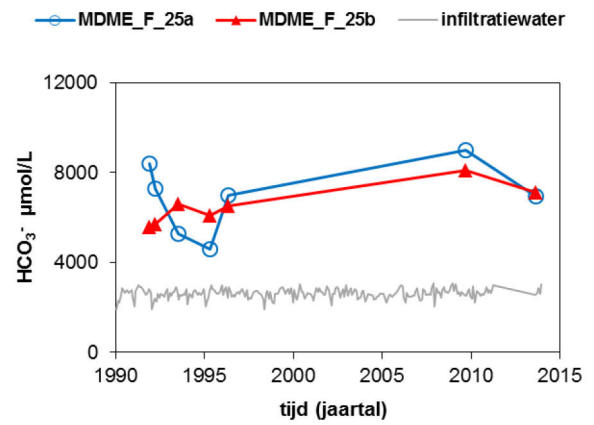
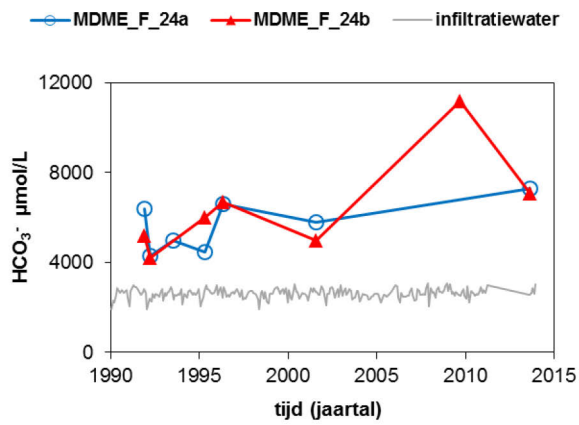
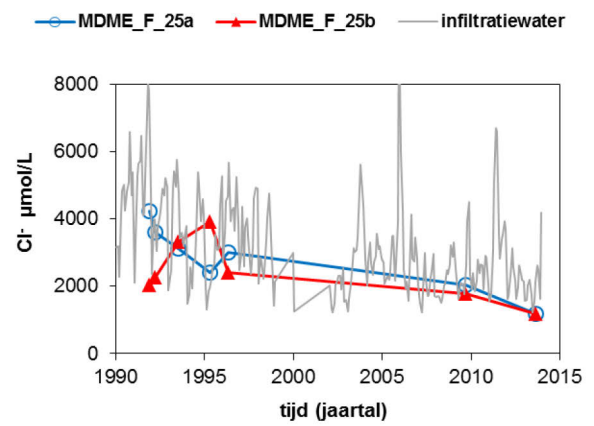
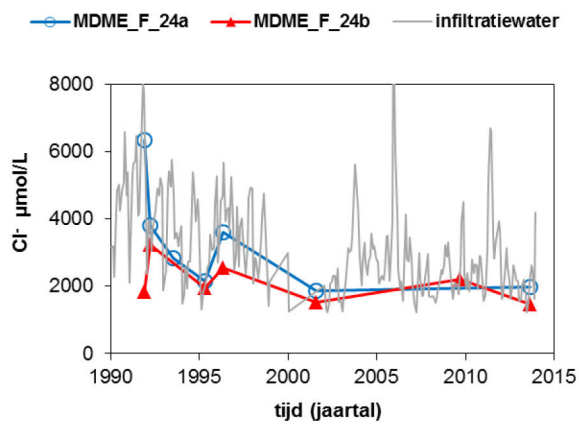
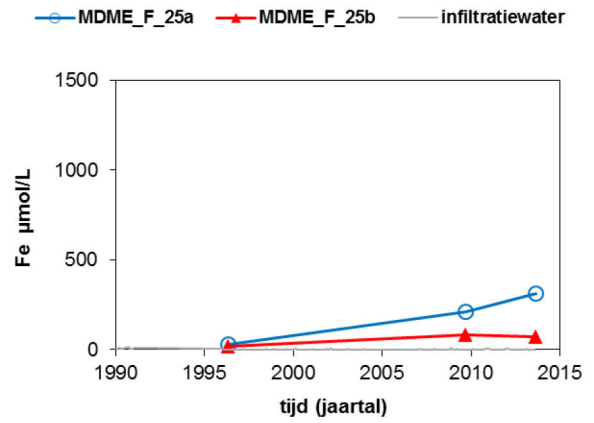
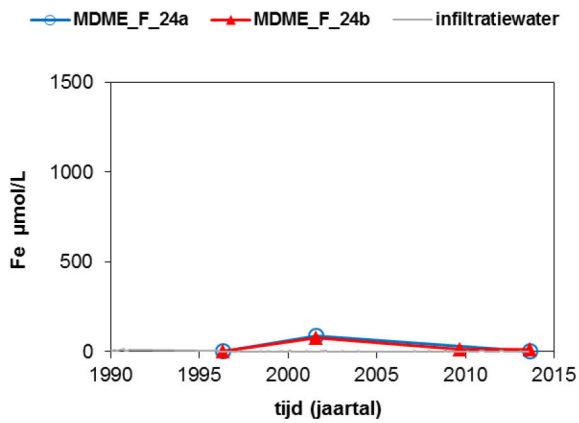
Fe, Cl⁻, HCO₃⁻ en SO₄²⁻



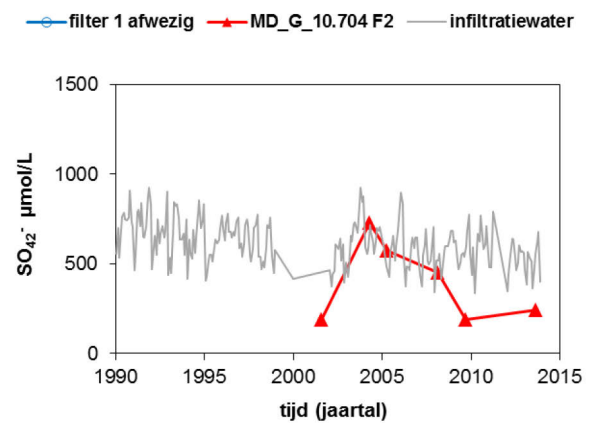
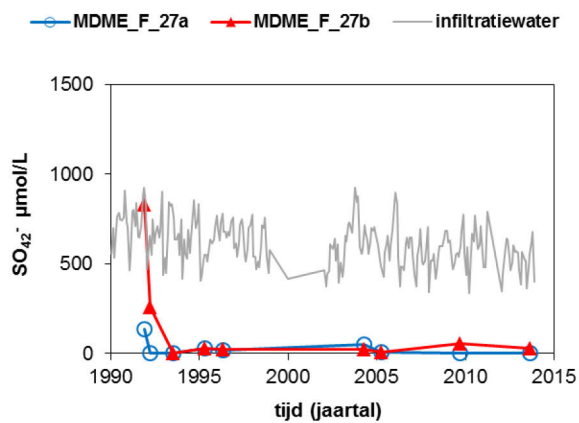
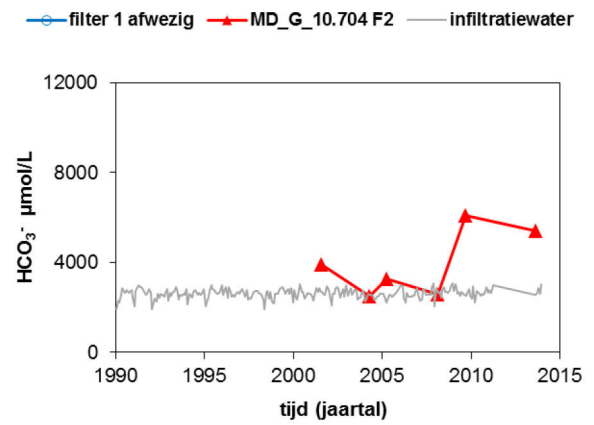
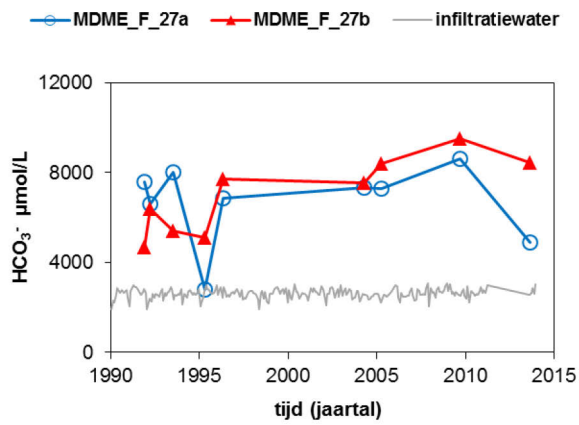
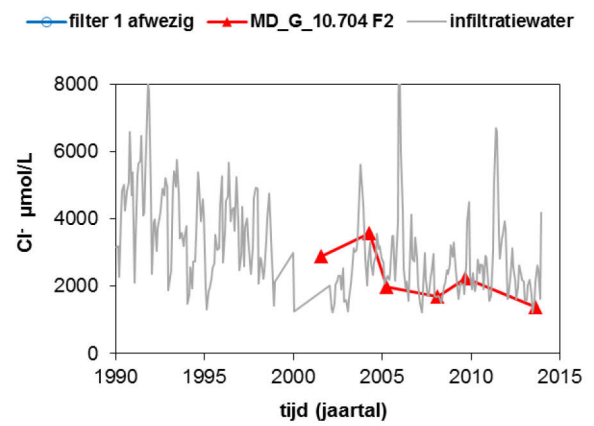
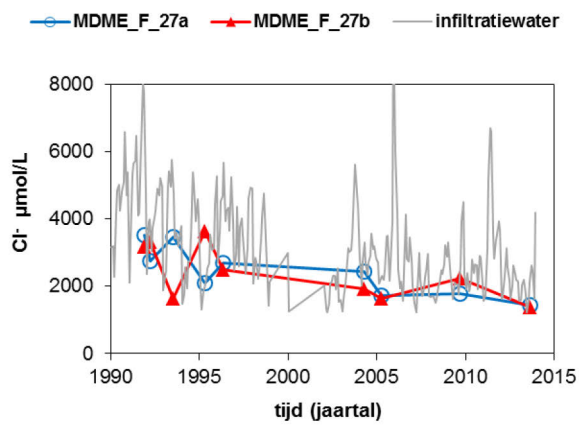
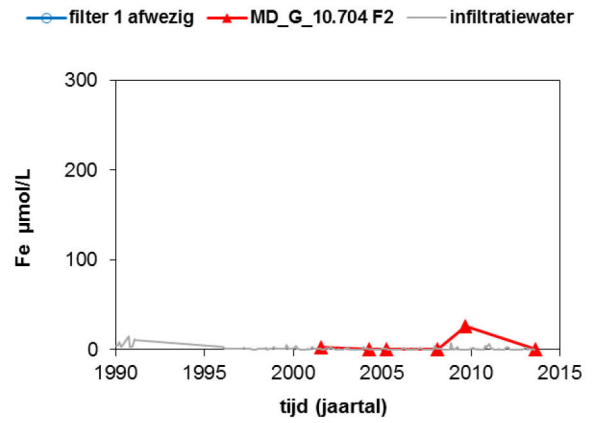
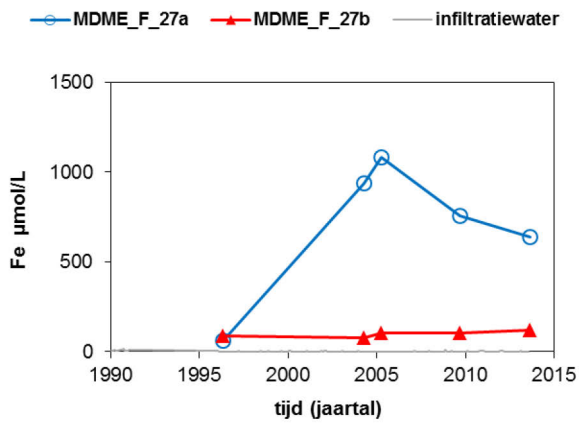
Fe, Cl⁻, HCO₃⁻ en SO₄²⁻



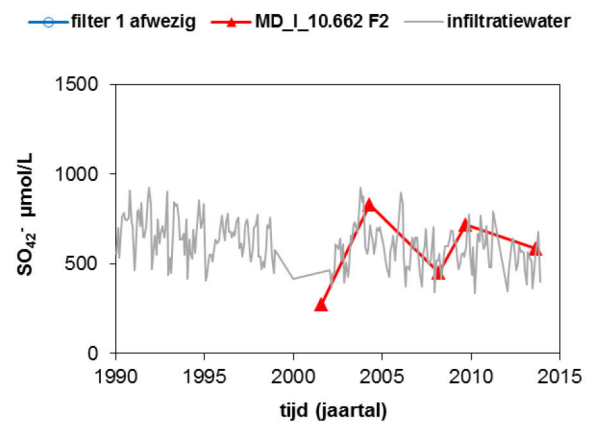
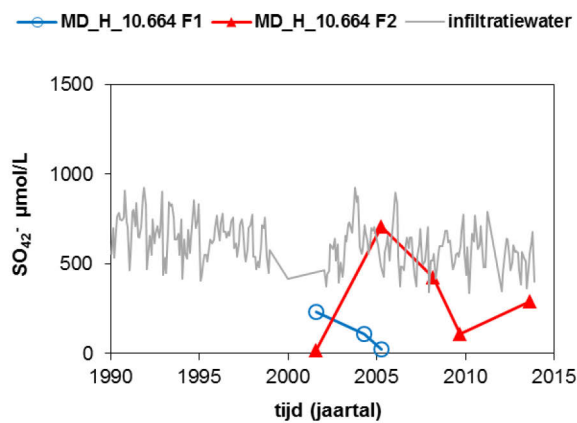
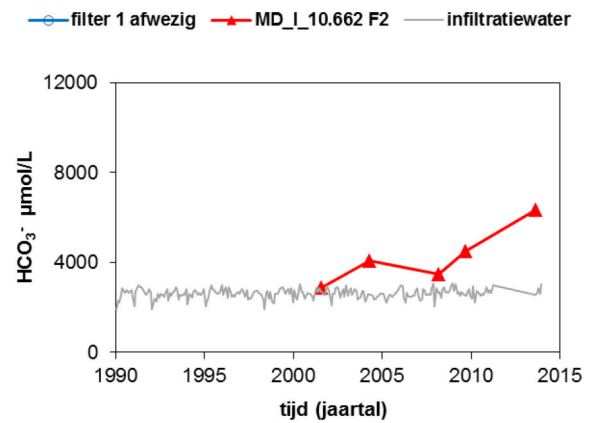
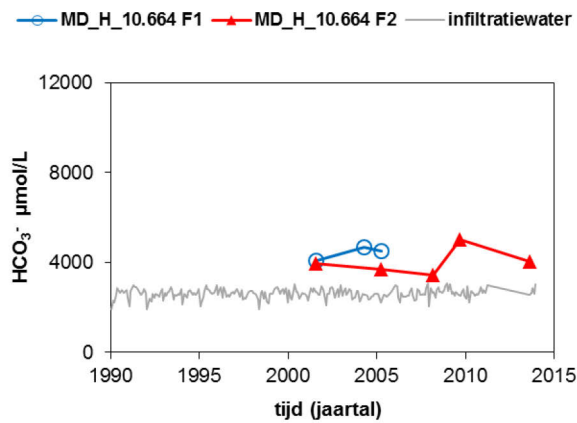
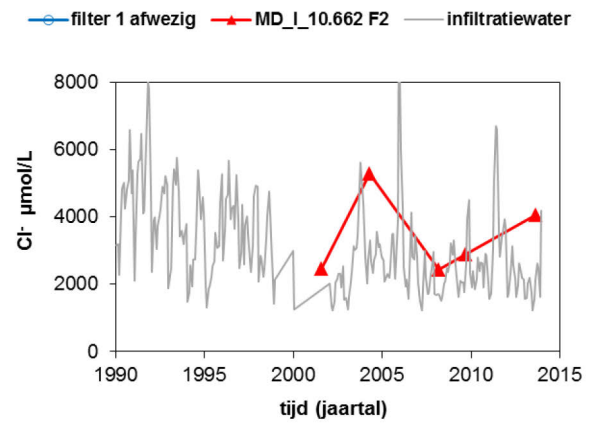
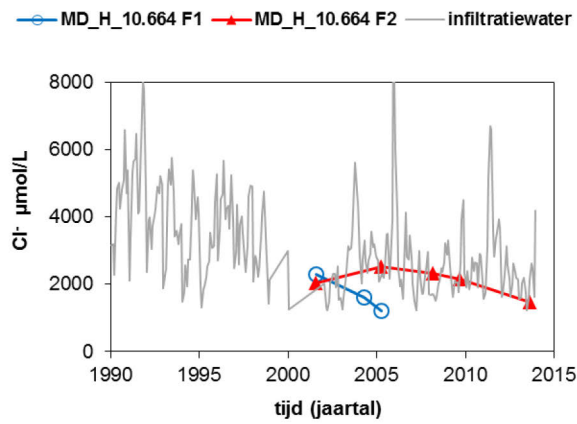
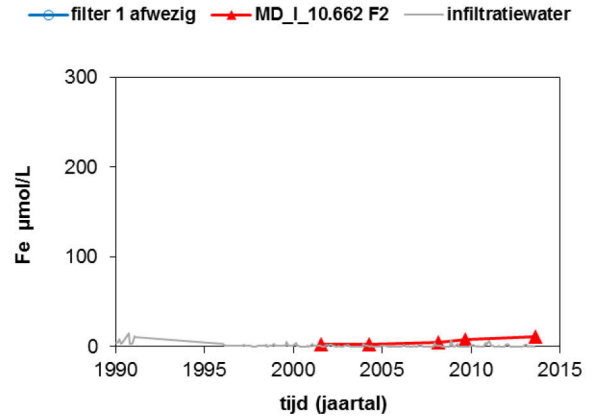
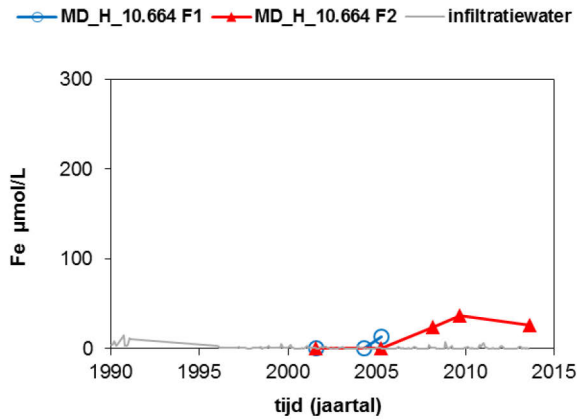
Fe, Cl⁻, HCO₃⁻ en SO₄²⁻



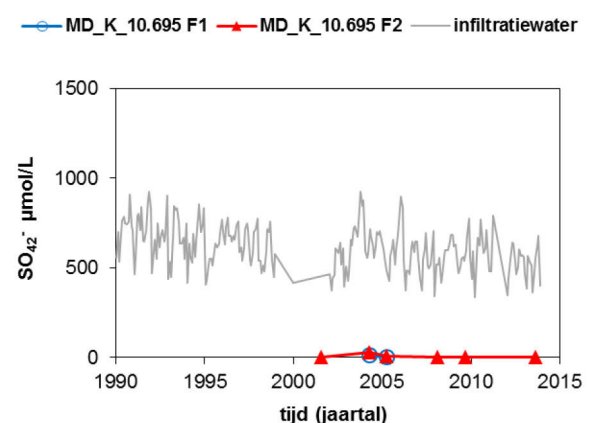
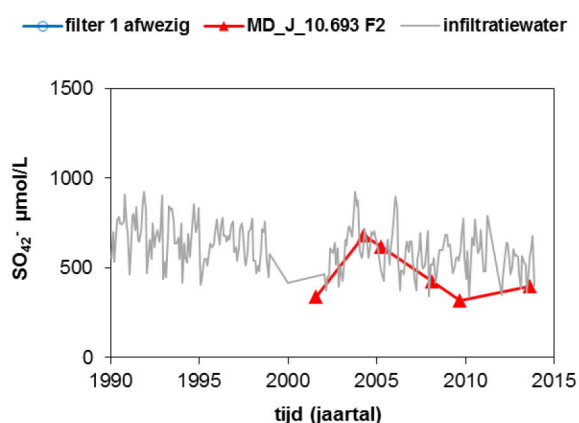
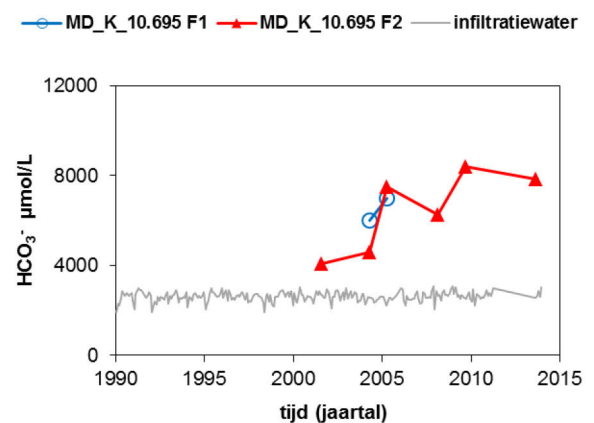
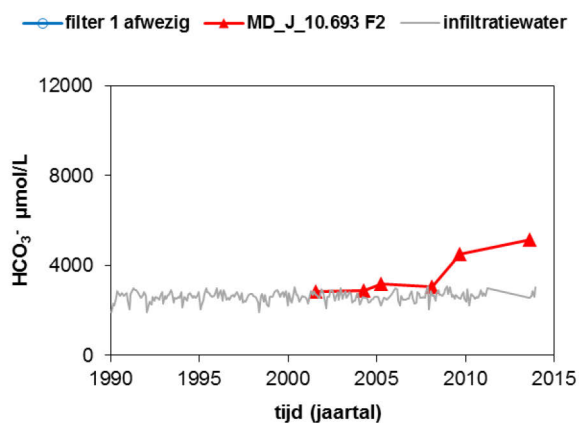
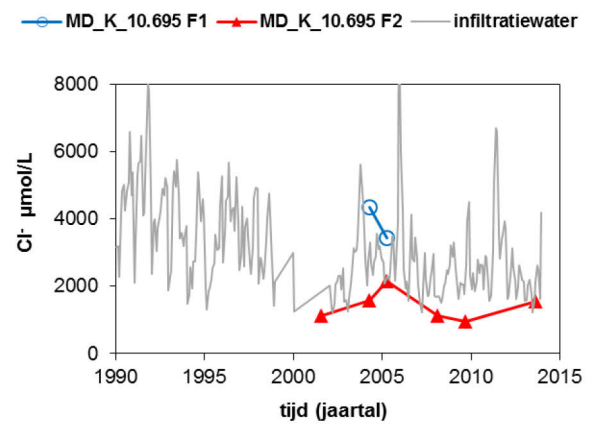
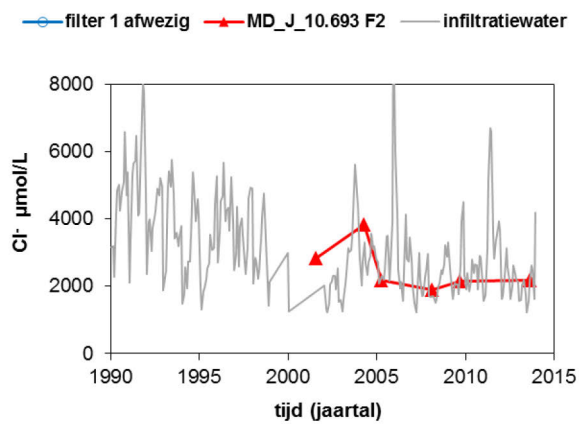
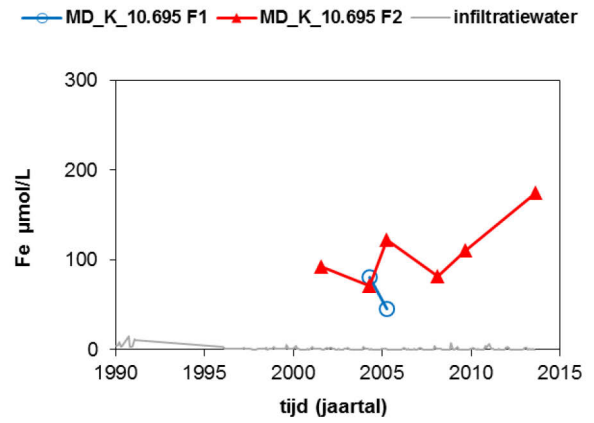
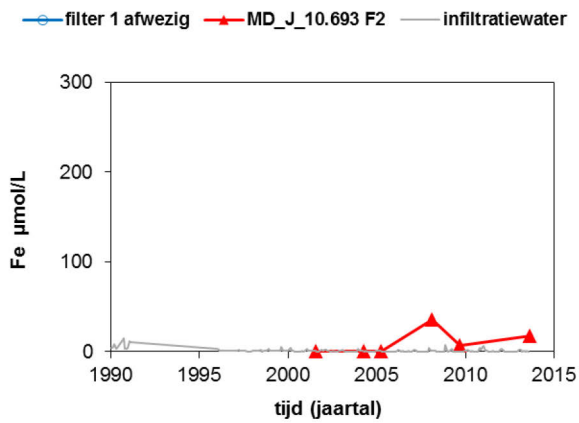
Fe, Cl⁻, HCO₃⁻ en SO₄²⁻



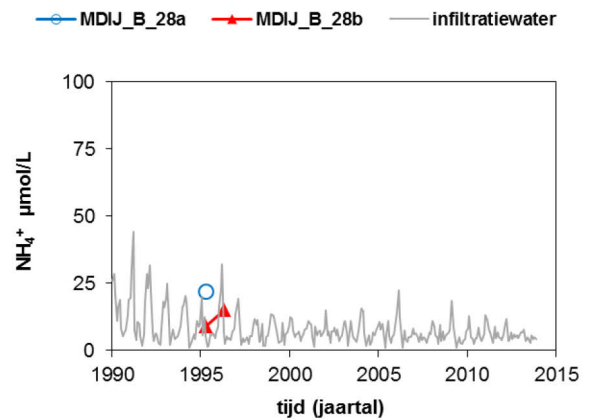
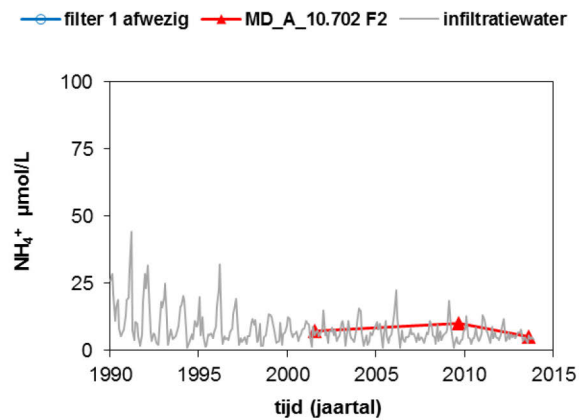
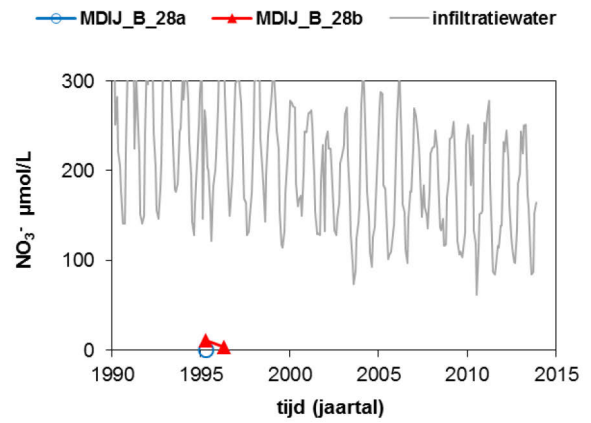
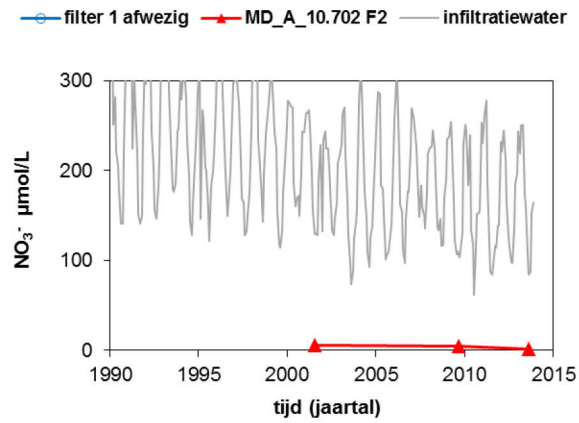
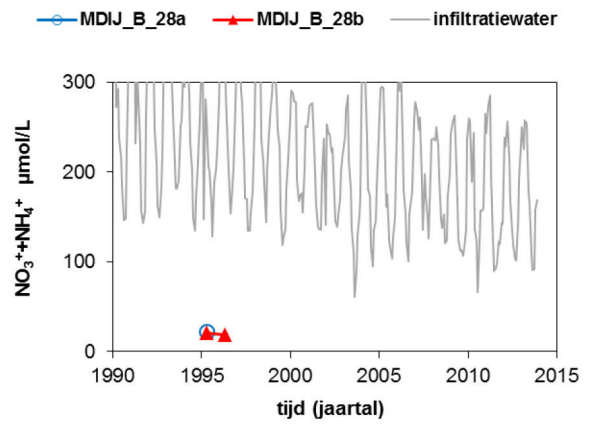
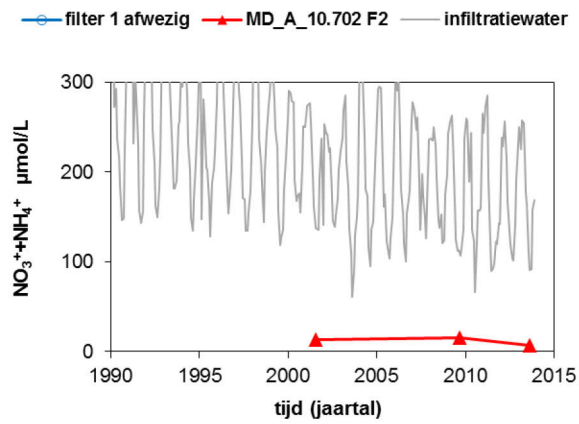
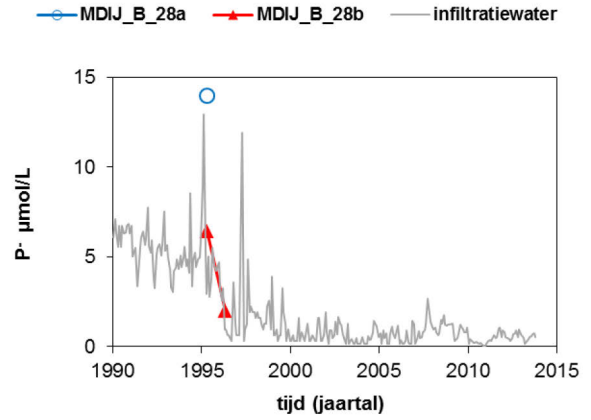
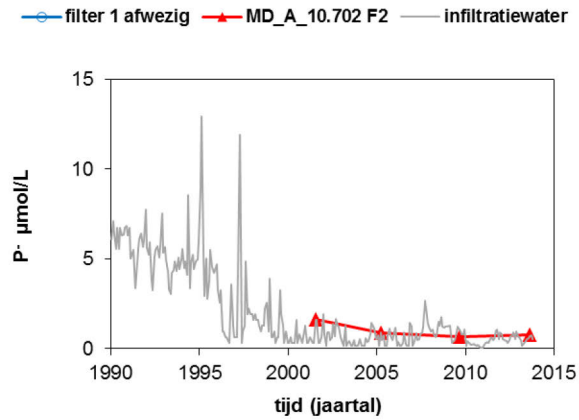
Fe, Cl⁻, HCO₃⁻ en SO₄²⁻



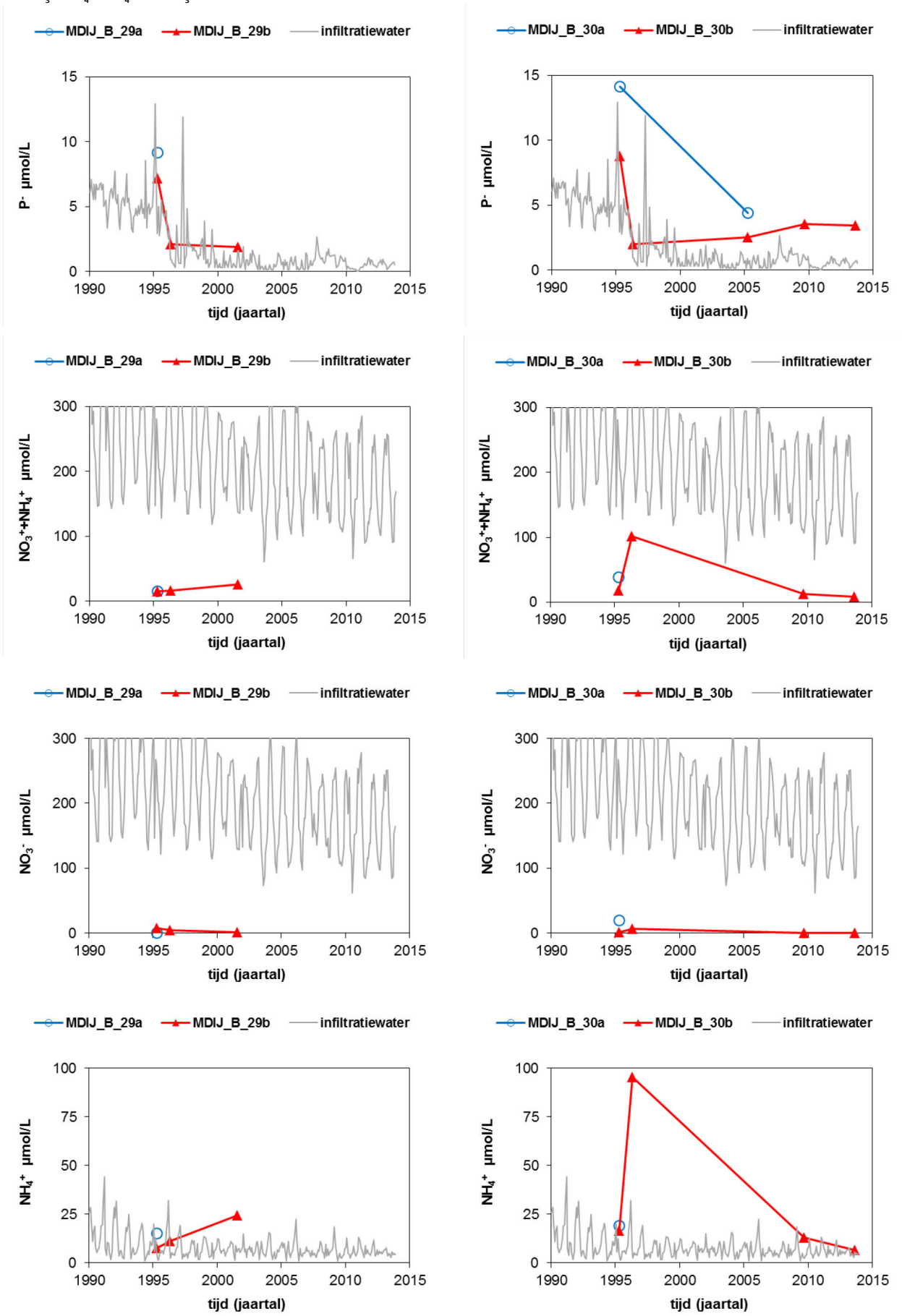
Fe, Cl⁻, HCO₃⁻ en SO₄²⁻



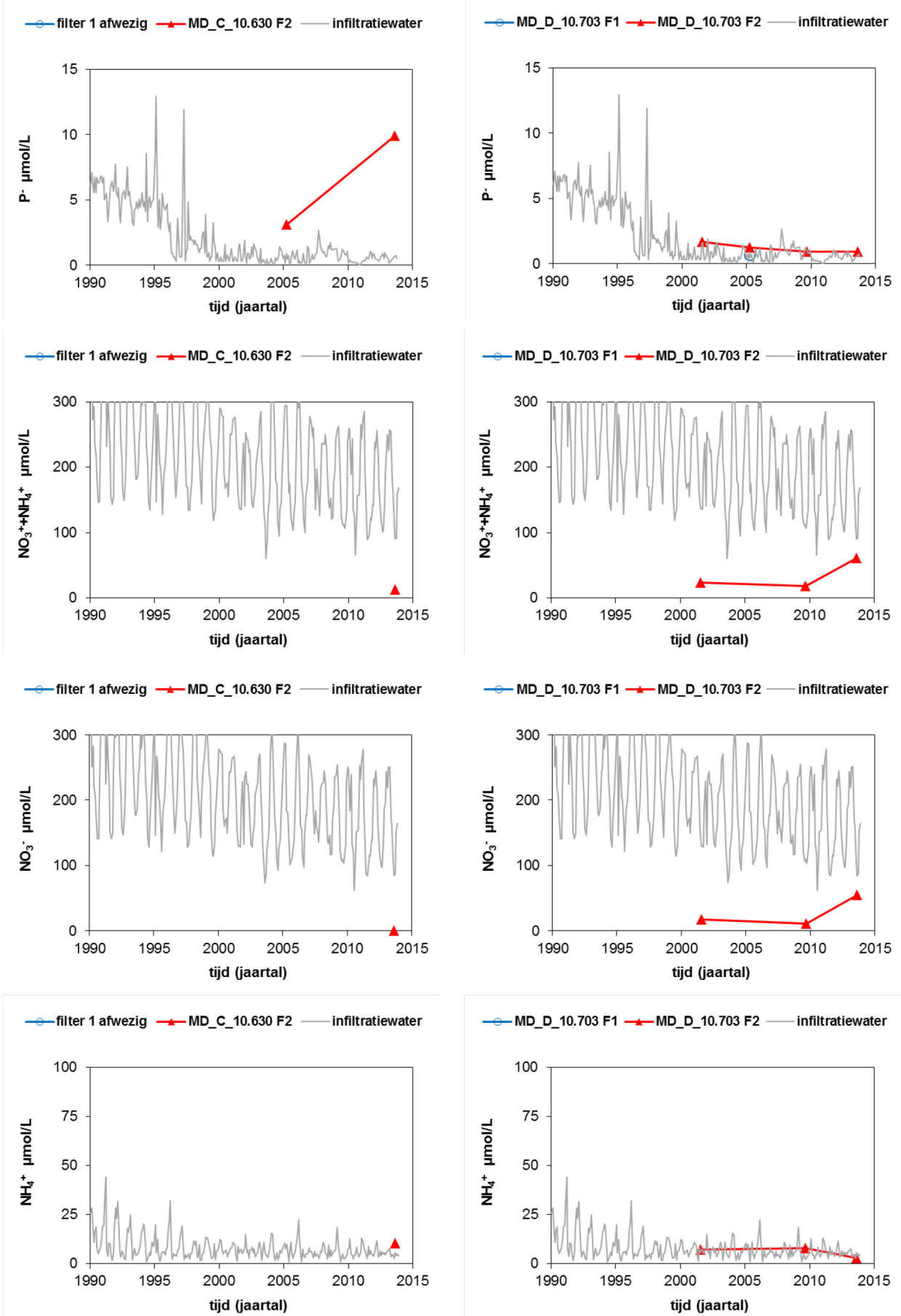
P, NO₃⁻+NH₄⁺, NH₄⁺ en NO₃⁻



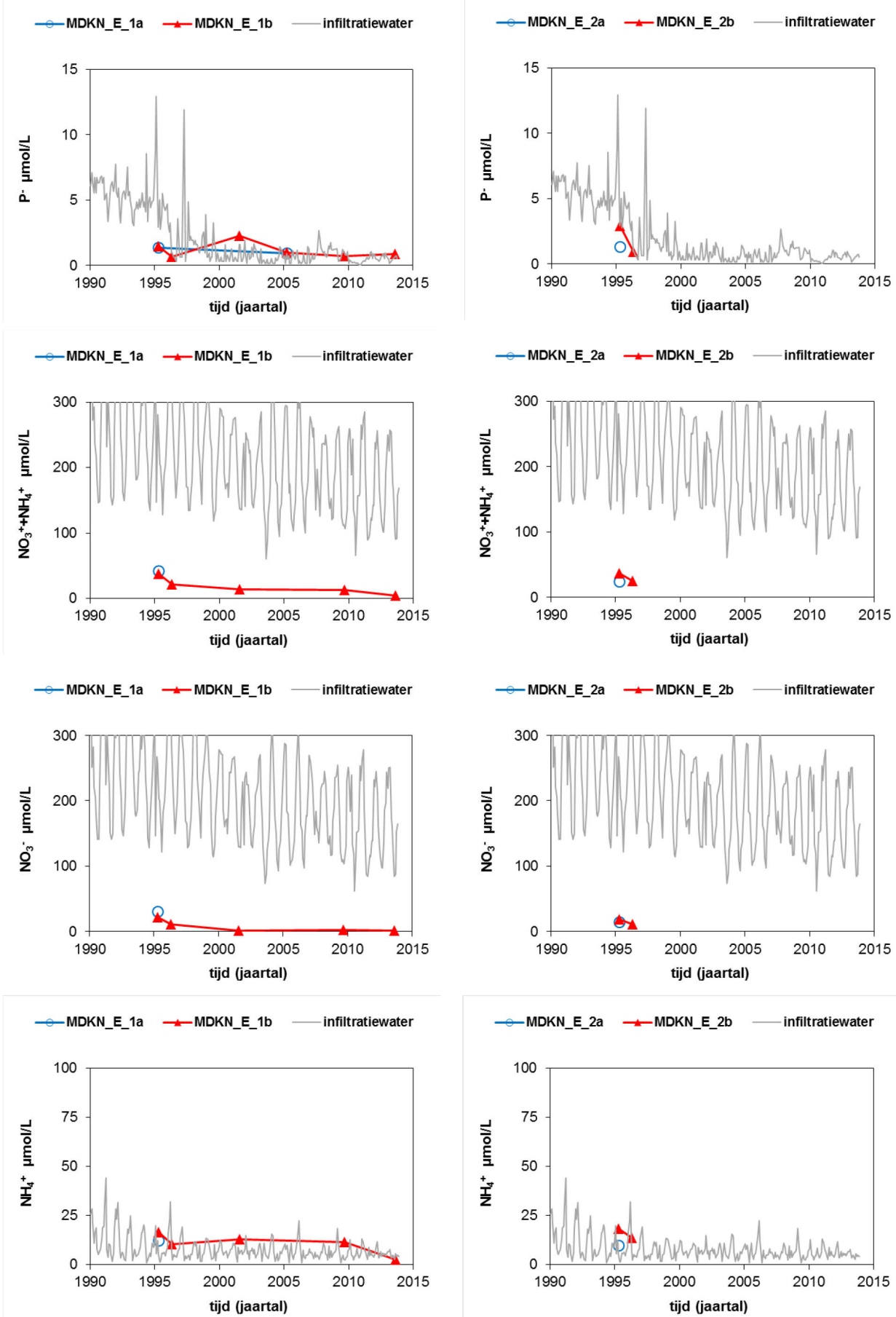
P, $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$, NH_4^+ en NO_3^-



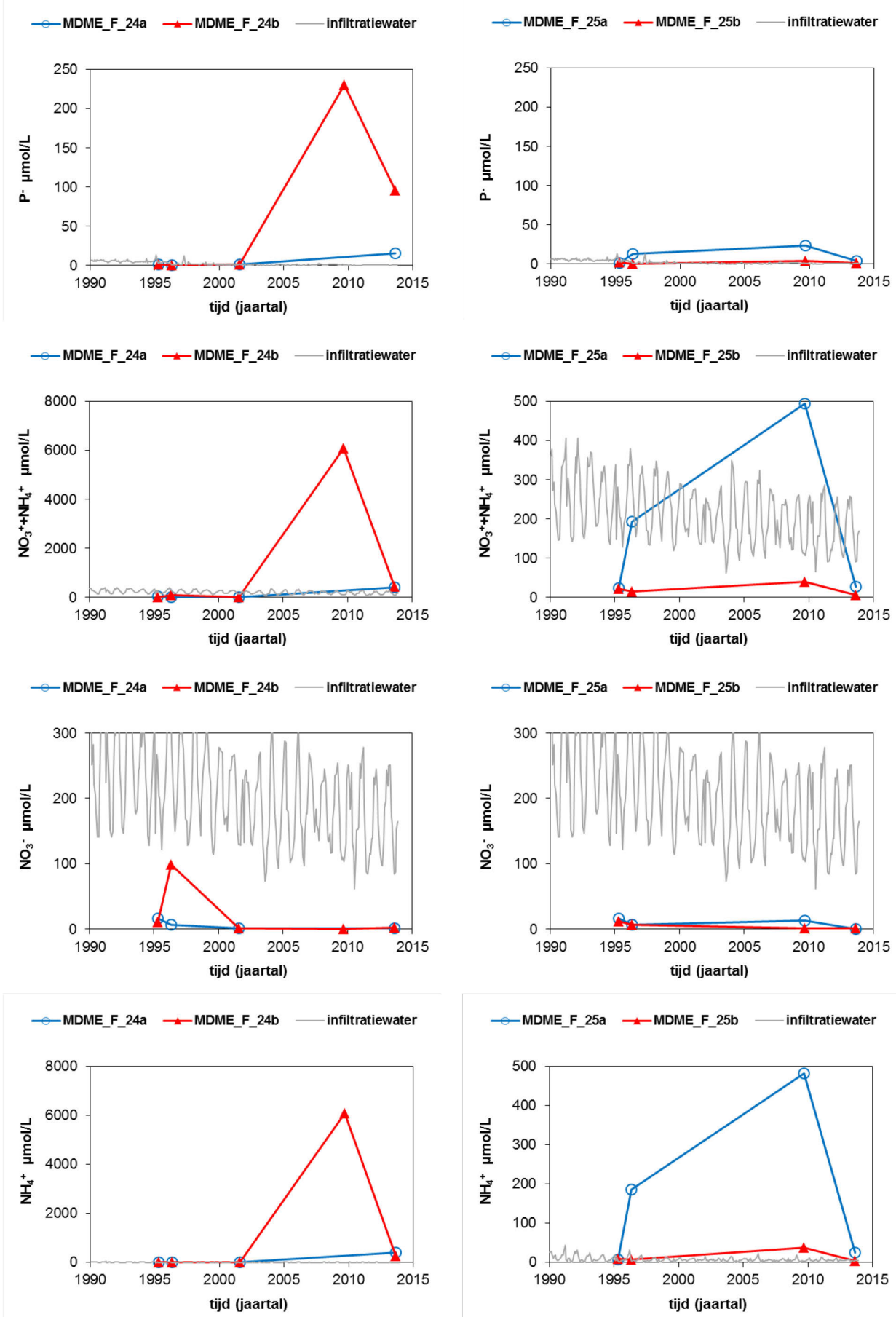
P, $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$, NH_4^+ en NO_3^-



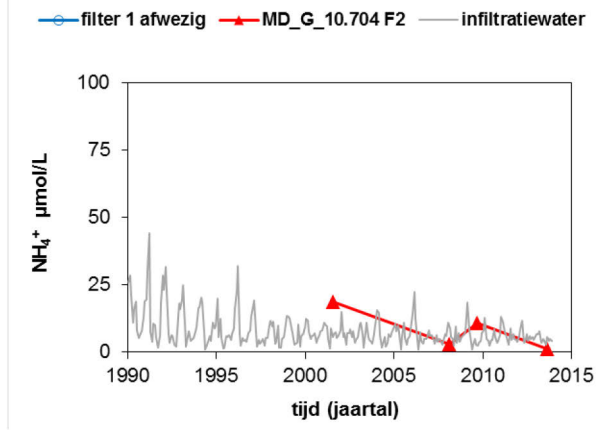
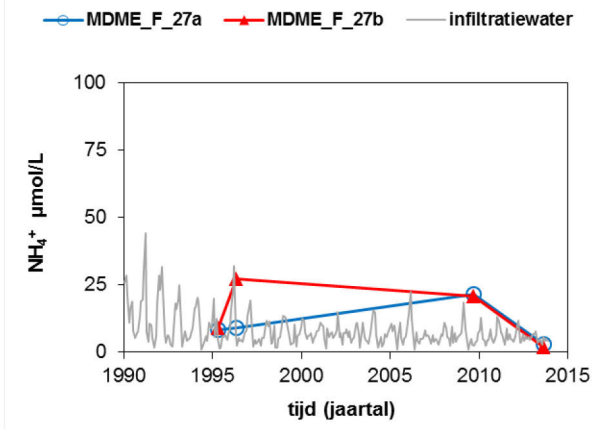
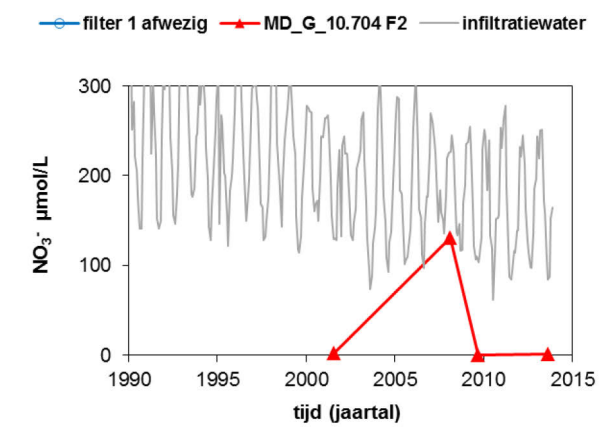
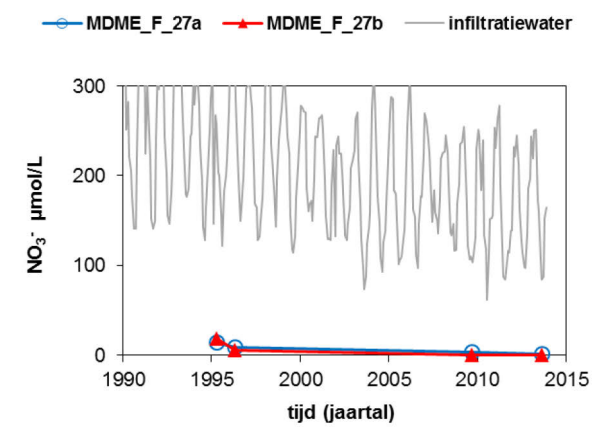
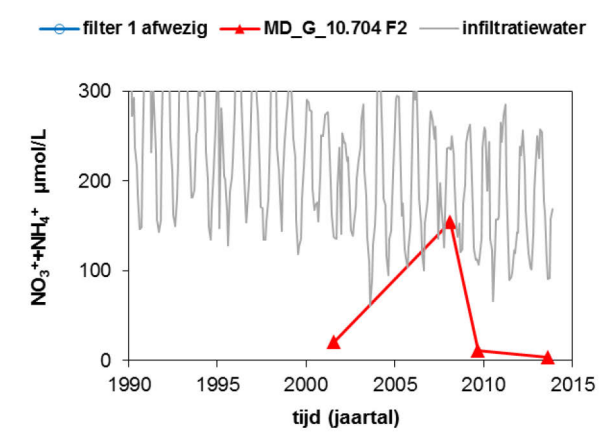
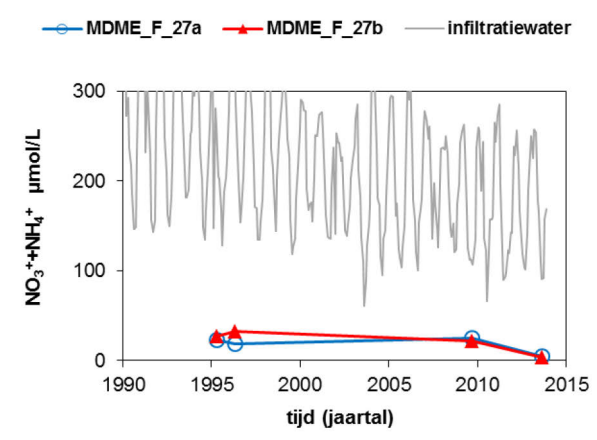
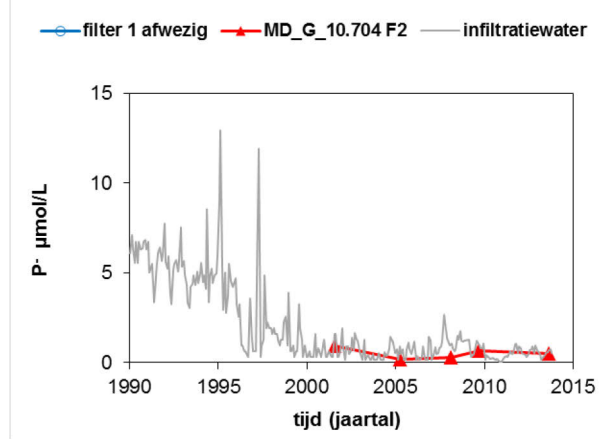
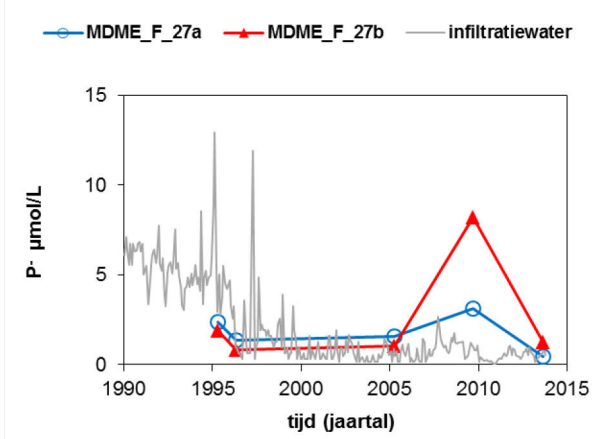
P, $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$, NH_4^+ en NO_3^-



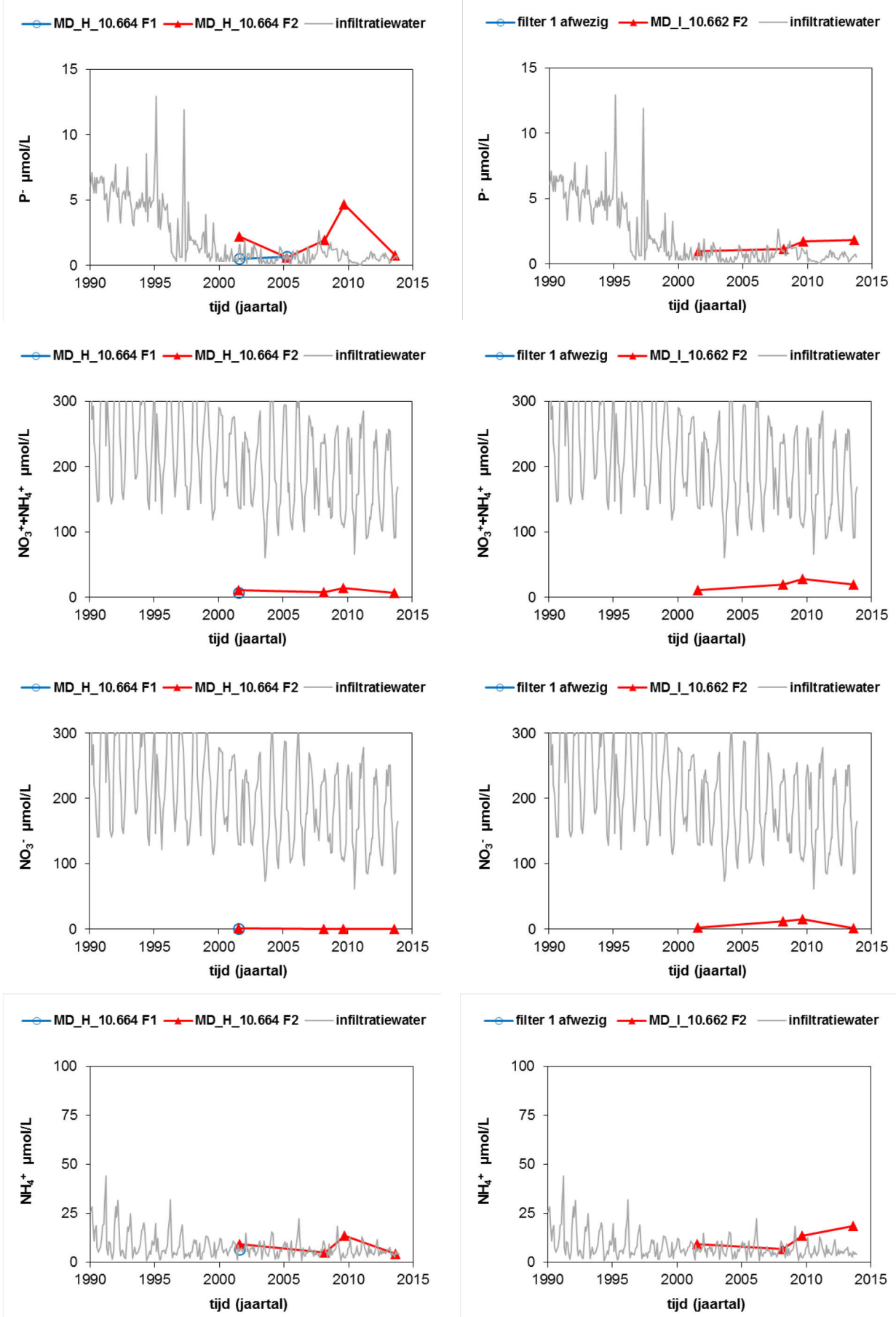
P, $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$, NH_4^+ en NO_3^-



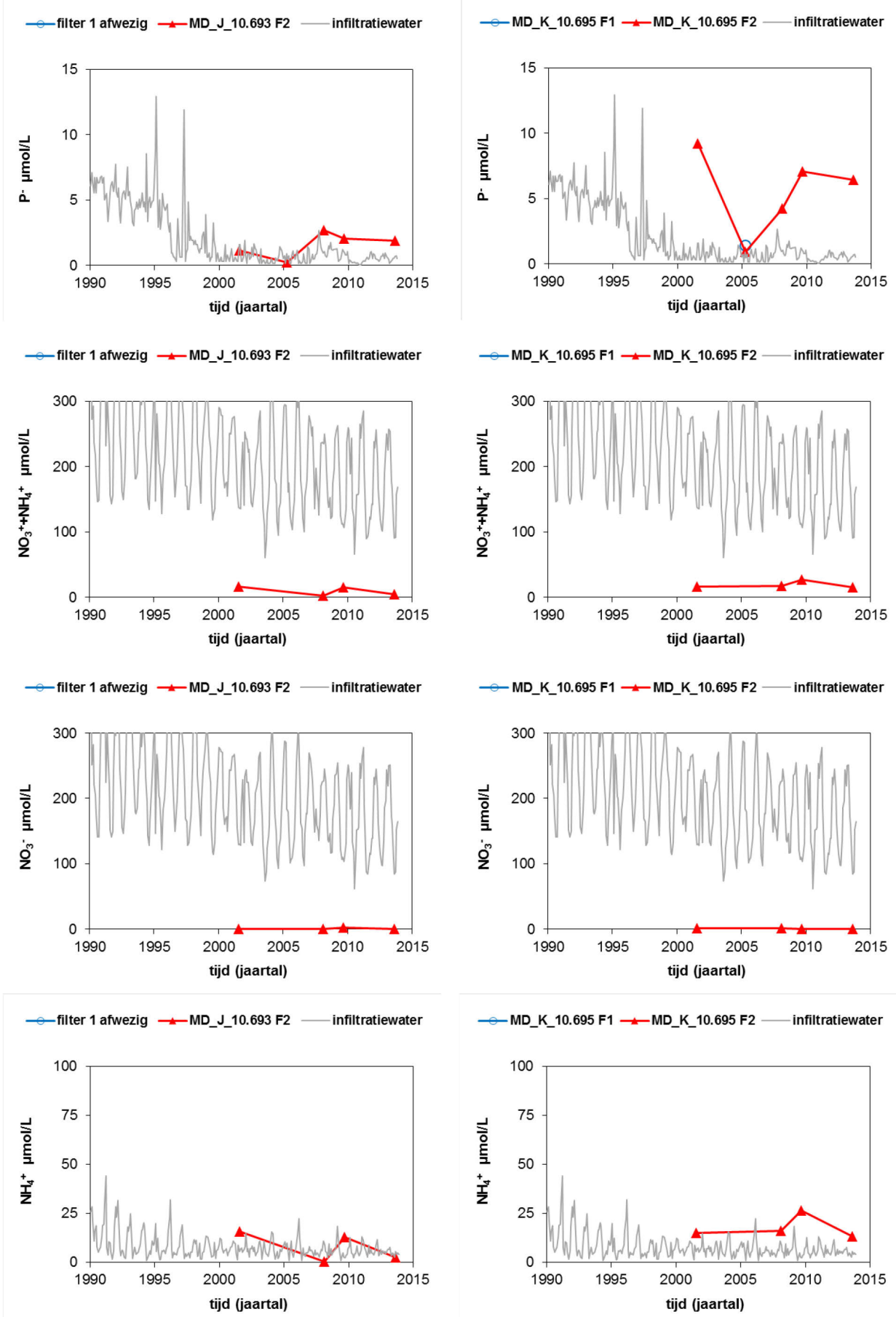
P, $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$, NH_4^+ en NO_3^-



P, NO₃⁻+NH₄⁺, NH₄⁺ en NO₃⁻



P, $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$, NH_4^+ en NO_3^-



Bijlage III Ontwikkeling van de bodemchemie in de meetraaien

In elke meetraai zijn bij de permanente kwadraten metingen verricht aan de bodemchemie. De meeste meetraaien hebben één permanent kwadraat. Meetraai B en F hebben elk drie permanente kwadraten in een transect van hoog naar laag (resp. B28->B29->B30 en F24->F25->F27). De meetlocaties zijn aangeduid met de lettercode van de meetraai en in geval van meerdere peilbuislocaties ook nog met een nummer voor de locatie.

Uitleg grafieken:

- Alle variabelen hebben betrekking op de bovenste 10 cm van de bodem.
- ▲ = moment van plaggen
- In jaren met replica monsters wordt met een verticale streep de standaard deviatie aangeven.

Grafiek 1

Linker as: organisch stof gehalte (%); op basis van gloeien bij 550°C

Rechter as: de voorraad organisch stof per oppervlakte in de bovenste 10 cm van de bodem ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)

Grafiek 2

Linkeras

pHH₂O = zuurgraad van de bodem bepaald in demi-wateroplossing

pHKCl = zuurgraad van de bodem bepaald in 1 M KCl-oplossing

Rechteras:

BK/ org.stof = ratio van de som van geadsorbeerde basische kationen (Ca+Mg+Na+K) en de hoeveelheid organische stof ($\text{meq} \cdot \text{kg}^{-1}$); is een maat voor de basenverzadiging. Een waarde van 3000 $\text{meq} \cdot \text{kg}^{-1}$ komt overeen met de kationadsorptiecapaciteit van goed gehumificeerde organische stof

Grafiek 3

Verticale as: kalkgehalte in % (DW)

Het kalkgehalte is op twee manieren bepaald:

CaCO₃ (1) = bepaald met methode van Wesemael; deze methode is minder nauwkeurig voor het meten van lage kalkgehalte (<0.5-1.0 %) en is gebruikt in de periode voor 2005.

CaCO₃ (2) = bepaald met een sterke zuur extractie en met aftrek van uitwisselbaar Ca; deze methode levert betrouwbare metingen op van de lage kalkgehalte in het gebied en is gebruikt in de twee laatste monitoringjaren (2005 en 2009)

Grafiek 4

Verticale as: zuurbuftercapaciteit per oppervlakte-eenheid bodem ($\text{eq} \cdot \text{m}^{-2}$) weergegeven als:

Ca-CaCO₃ = Ca in calcië (kalk)

Basische kat ads. = de som van geadsorbeerde basische kationen (Ca+Mg+Na+K)

