

Overstroming en vegetatie



# **Overstroming en vegetatie**

**Vergelijkend onderzoek in vijf beekdallocalaties**

**J. Runhaar  
P.C. Jansen**

**Alterra-rapport 1079**

**Alterra, Wageningen, 2004**

## REFERAAT

Runhaar J., P.C. Jansen 2004. *Overstroming en vegetatie; Vergelijkend onderzoek in vijf beekdallocalties*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1079. 77 blz.; 29 fig.; 24 tab.; 31 ref.

Om te onderzoeken welke invloed waterberging heeft op de productiviteit en de soortensamenstelling van de vegetatie is een vergelijkend onderzoek uitgevoerd in een vijftal beekdallocalties die regelmatig overstromen. Analyse van de vegetatie- en bodemgegevens wijst er op dat de productiviteit van de vegetatie vooral wordt bepaald door de aanvoer van nutriënten met sediment. Ondanks de soms slechte waterkwaliteit worden in de onderzochte beekdallocalties goed ontwikkelde grote-zeggenvegetaties en dotterbloemhooilanden aangetroffen, hetgeen erop wijst dat overstroming niet noodzakelijkerwijs leidt tot eutrofiering.

Trefwoorden: overstroming, vegetatie, productie, nutriënten, sedimentatie

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door € 18,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 1079. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2004 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: [info.alterra@wur.nl](mailto:info.alterra@wur.nl)

Niets uit deze uitgave mag worden veeleenvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

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

# Inhoud

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Samenvatting                                                              | 7  |
| 1 Inleiding                                                               | 9  |
| 1.1 Achtergrond, doelstelling                                             | 9  |
| 1.2 Opzet onderzoek, keuze onderzoekslocaties                             | 11 |
| 1.3 Methode                                                               | 12 |
| 1.4 Opzet rapport                                                         | 15 |
| 2 Beschrijving onderzoekslocaties                                         | 17 |
| 2.1 Malpiebeemden                                                         | 17 |
| 2.2 Dommelbeemden                                                         | 21 |
| 2.3 Rheezermaten                                                          | 25 |
| 2.4 Havixhorst                                                            | 29 |
| 2.5 Kappersbult                                                           | 34 |
| 3 Analyse meetgegevens                                                    | 41 |
| 3.1 Relatie productiviteit met waterkwaliteit                             | 41 |
| 3.2 Relatie productiviteit met overige variabelen                         | 42 |
| 3.3 Nutriëntenbeperking                                                   | 48 |
| 3.4 Soortensamenstelling vegetatie                                        | 51 |
| 3.5 Relatie met kwel                                                      | 52 |
| 4 Discussie                                                               | 55 |
| 5 Conclusies en aanbevelingen                                             | 59 |
| Literatuur                                                                | 61 |
| <b><i>Bijlagen</i></b>                                                    |    |
| 1 Vegetatiebeschrijvingen                                                 | 65 |
| 2 Hoogteligging, overstromingsduur en overstromings-frequentie meetpunten | 71 |
| 3 Resultaten bodemanalyse                                                 | 73 |
| 4 Resultaten vegetatieanalyse                                             | 75 |
| 5 Onderlinge correlatie (R) tussen in de monsterpunten gemeten variabelen | 77 |



## Samenvatting

Vanwege een te verwachte verandering van het klimaat dat zich ondermeer zal uiten in nattere winters wordt in regionale watersystemen gezocht naar mogelijkheden om water te bergen in tijden van wateroverlast. Daarbij wordt door waterbeheerders de combinatie van waterberging met natuur als kansrijk gezien. Probleem is echter dat weinig bekend is over de effecten van waterberging op de natuur. Om inzicht te krijgen in de effecten van waterberging op de vegetatie is een vergelijkend onderzoek uitgevoerd in een vijftal beekdalallocaties langs de Dommel, de Overijsselse Vecht, de Reest en de Drentse Aa, op plekken waar regelmatig overstroming met beekwater optreedt en waar eenzelfde beheer wordt gevoerd: een extensief beheer met maaien maar zonder bemesting. In elke gebied is een transect uitgezet loodrecht op de beek waarbinnen een zestal punten zijn bemonsterd op vegetatie en bodem. Bovendien is voor elk punt op basis van gegevens van de waterschappen berekend hoe vaak en hoe lang overstroming plaats vindt.

De belangrijkste vragen uit het onderzoek zijn in hoeverre overstroming met voedselrijk oppervlaktewater leidt tot eutrofiëring, en wat de belangrijkste aanvoerbron voor nutriënten is: de aanvoer van in het water opgeloste voedingsstoffen of de aanvoer van nutriënten met sediment. In de onderzochte locaties lijken de eutrofiërende effecten van overstroming mee te vallen. Ondanks de soms slechte waterkwaliteit komen in de meeste locaties goed ontwikkelde dotterbloemhooilanden en grote-zeggenvegetaties voor, vegetaties die kenmerkend zijn voor half-natuurlijke overstromingsvlaktes. Wat betreft de aanvoer van nutriënten levert het onderzoek duidelijke aanwijzingen op dat het aangevoerde sediment de belangrijkste bron van voedingsstoffen is. De productiviteit van de vegetatie is gecorreleerd aan variabelen die samenhangen met sedimentatie, zoals gehalte aan zware metalen, fosfor en kalium in de bodem, en aan het aandeel klei en leem. Daarentegen worden geen relaties gevonden met oppervlaktewaterkwaliteit, overstromingsduur en overstromingsfrequentie. Op basis van de hoeveelheden fosfor in de vegetatie kan worden geconcludeerd dat in de onderzochte overstromingsvlakten fosfor nergens beperkend is, waarschijnlijk doordat met overstroming relatief veel fosfor wordt aangevoerd. Wel lijkt op veel punten kalium beperkend te zijn voor de groei.

In het vergelijkende onderzoek is de sedimentaanvoer zelf niet gemeten. Dat gebeurt in een apart deelproject. De eerste resultaten van dit onderzoek wijzen echter in dezelfde richting, namelijk dat sedimentatie een belangrijke bron is voor de aanvoer van nutriënten. In 2005 zal hierover worden gerapporteerd.





# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond, doelstelling

De publicatie van het rapport ‘Waterbeleid voor de 21e eeuw’ (Cie Waterbeheer 21e eeuw, 2000) markeert een omslag in het denken over het waterbeheer in Nederland. In de tweede helft van de vorige eeuw lag de nadruk in het waterbeheer nog op het zo snel mogelijk afvoeren van water. Enkele extreme hoogwatersituaties in de grote rivieren en regionale waterproblemen na excessieve regenval, in combinatie met een verwachte toename van extreme situaties als gevolg van het broeikaseffect, deden het besef ontstaan dat het zo snel mogelijk afvoeren van water onvoldoende oplossing biedt voor toekomstige problemen met een teveel aan water. Bovendien kan het versneld afvoeren van water in drogere perioden juist leiden tot een tekort aan water. Daarom wordt door de commissie aanbevolen om (1) zoveel mogelijk water vast te houden op de plek waar het als regenwater valt, (2) waar dat in perioden met veel regenval onvoldoende mogelijk is water zoveel mogelijk bovenstrooms te bergen, en pas in laatste instantie (3) water af te voeren. Dit onder het credo: ‘Vasthouden, bergen en afvoeren’. Op die manier kunnen benedenstrooms gelegen gebieden worden gevrijwaard van al te grote afvoerpieken, en kan tevens een bijdrage worden geleverd aan het verminderen van watertekorten in landbouw- en natuurgebieden.

Gestimuleerd door de aanbevelingen uit het rapport ‘Waterbeheer 21e eeuw’ zijn regionale waterbeheerders binnen hun beheergebied op zoek naar locaties die geschikt zijn om bij extreme regenval oppervlaktewater te bergen. Daarbij wordt onder meer gekeken naar mogelijkheden om waterberging te realiseren in bestaande of geplande natuurgebieden. Probleem is echter dat er weinig bekend is over de effecten van waterberging op vegetatie en fauna in natuurgebieden. Door het succes van het waterbeheer in de 20e eeuw, gericht op het zo snel mogelijk afvoeren van water, kwamen overstromingen in de afgelopen decennia nog maar zelden voor. Vanwege de verslechtering van de waterkwaliteit in met name jaren 70 van de vorige eeuw zijn bovendien door de beheerders van natuurgebieden maatregelen getroffen om de inlaat van en overstroming met oppervlaktewater zoveel mogelijk tegen te gaan. Gevolg is dat er nog maar weinig plekken zijn waar de gevolgen van waterberging op de natuur onderzocht kunnen worden.

Eerder uitgevoerd literatuuronderzoek door Aubroeck et al. (1998), Sival et al. (2002) en Runhaar et al. (2004) levert dan ook nauwelijks kwantitatieve relaties op tussen overstroming, standplaatscondities en vegetatie, en toont aan dat er zelfs nog onzekerheid is over het relatieve belang van processen die daarbij een rol spelen. Vragen zijn er met name rond de al dan niet eutrofiërende werking van overstromingen. De mogelijke eutrofiering door voedselrijk oppervlaktewater vormt al decennia lang een reden voor beheerders van natuurterreinen om de inlaat van en de overstroming met ongezuiverd oppervlaktewater tegen te gaan, en ook kwalitatieve gegevens lijken er op te wijzen dat overstroming met voedselrijk water

kan leiden tot een –in veel gevallen niet gewenste- toename van de productiviteit van de vegetatie. In een van de weinige kwantitatieve studies naar de effecten van overstroming op de productiviteit van de vegetatie wordt echter aangetoond dat de aanvoer van nutriënten via in het water opgelost fosfaat, kalium, nitraat en ammonium slechts een verwaarloosbaar aandeel heeft in de nutriëntenbalans, en dat nalevering vanuit de bodem een veel belangrijker aanvoerpost is voor nutriënten (Olde Venterink 2000). Een mogelijkheid om deze schijnbaar tegengestelde observaties met elkaar in overeenstemming te kunnen brengen is om aan te nemen dat de eutrofiërende werking van overstroming met voedselrijk oppervlaktewater vooral wordt veroorzaakt door de nutriënten die met het sediment worden aangevoerd.

*Doel van deze studie* is om te achterhalen of er een relatie bestaat tussen overstroming en de productiviteit van de vegetatie, en wat daarbij de meest verklarende factoren zijn: de overstromingsduur en de overstromingsfrequentie, die in combinatie met de oppervlaktewaterkwaliteit bepalend zijn voor de aanvoer van in het water opgeloste nutriënten, dan wel de aanvoer van nutriënten met sediment. Om deze vraag te beantwoorden is gekozen voor een vergelijkend onderzoek op plekken waar regelmatig overstroming plaats vindt. Deze aanpak is gekozen omdat daarmee naar verwachting het snelste te achterhalen is via welke mechanismen overstroming van invloed is op productiviteit en soortensamenstelling van de vegetatie, sneller dan via experimenteel onderzoek en monitoring van pilotstudies (tabel 1.1). Een vergelijkend onderzoek vormt daarmee een logisch vervolg op de eerdere binnen hetzelfde onderzoekprogramma uitgevoerde literatuurstudie door Sival et al..

*Tabel 1.1 Overzicht onderzoeksmethoden met geschatte tijdsduur onderzoek. Uit: Runhaar e.a. 2002*

| Type onderzoek           | Tijdsduur   | Doel                                                                       |
|--------------------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 1 deskundigenoordeel     | maanden     | verzamelen oordeel deskundigen                                             |
| 2 literatuuronderzoek    | 1 jaar      | verzamelen bestaande empirische kennis                                     |
| 3 vergelijkend onderzoek | 1 á 2 jaar  | opstellen/toetsen hypothesen, inschatten orde van grootte van effecten     |
| 4 experimenten           | 2 á 3 jaar  | identificeren en kwantificeren onderliggende processen                     |
| 5 praktijkonderzoek      | 5 à 15 jaar | validatie theorieën, bepaling uiteindelijke effecten op vegetatie en fauna |
| 6 modellering            | 5 à 10 jaar | voorspelling effecten                                                      |

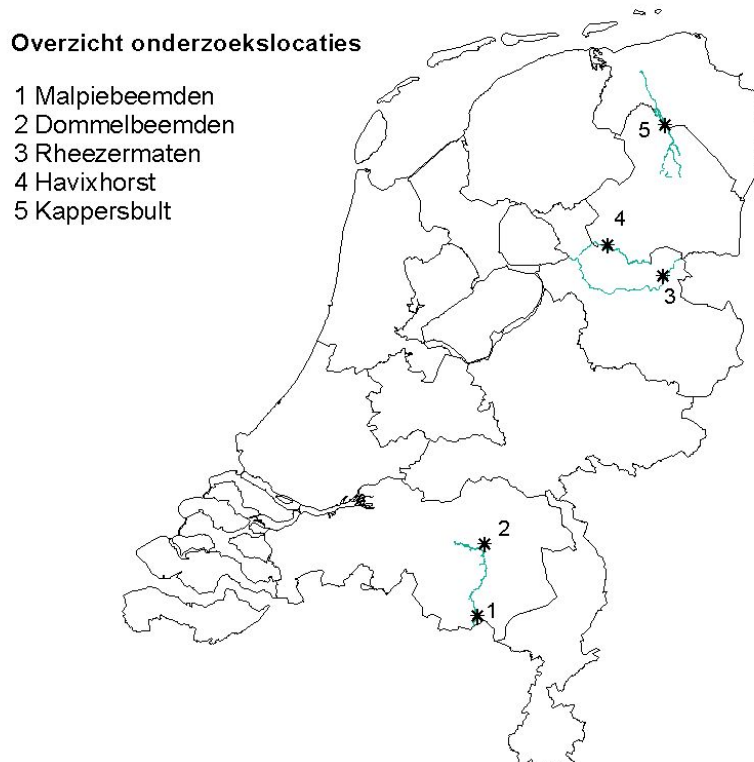
Het vergelijkende onderzoek bestaat uit twee delen. Dit rapport beschrijft het eerste deel van het onderzoek dat in 2003 is uitgevoerd. Daarbij zijn in een vijftal beekdalallocaties de bodem en de vegetatie in transecten dwars op het beekdal bemonsterd en geanalyseerd, en is op basis van de hoogteligging en waterpeilen een berekening gemaakt van de overstromingsduur en –frequentie. In dezelfde locaties zijn daarnaast ook slibmatten uitgezet, die bedoeld zijn om de aanvoer van nutriënten met sediment te bepalen. Daarover zal in een afzonderlijk rapport worden gerapporteerd (Sival et al. 2005 in prep.).

## 1.2 Opzet onderzoek, keuze onderzoekslocaties

Om geschikte locaties te vinden is een belronde gehouden onder terreinbeheerders en waterschappen, en zijn gesprekken gevoerd met ecologen bij Alterra (Weeda, Corporaal). Criteria die zijn gebruikt bij de keuze van locaties zijn:

- er vindt regelmatig overstroming met niet gezuiverd oppervlaktewater plaats (jaarlijks of tweejaarlijks);
- het gebied wordt al langere tijd extensief als natuurgebied beheerd (in natuurontwikkelingsgebieden is de invloed van vroegere bemesting naar verwachting dominant);
- het vegetatiebeheer bestaat uit hooilandbeheer (zodat de gegevens onderling vergelijkbaar zijn en de biomassa van de standing crop kan worden gebruikt als schatter voor de productiviteit).

In de belronde is informatie gevraagd over overstromingslocaties in zowel laagveengebieden als in beekdalen. Het bleek echter dat in de laagveengebieden nauwelijks nog plekken aanwezig zijn die aan bovenstaande criteria voldoen. Bovendien was het budget en dus ook het aantal locaties beperkt. Spreiding van de locaties over meer dan één gebiedstype zou de onderlinge vergelijkbaarheid van de gegevens en daarmee de mogelijkheden om conclusies te trekken nadelig beïnvloeden. Daarom zijn uiteindelijk alleen locaties in beekdalen uitgekozen, waarvan twee in Noord-Brabant (langs resp. de bovenloop en de middenloop van de Dommel), één in Overijssel (langs de middenloop van de Vecht), en twee in Drente (langs de benedenloop van respectievelijk de Reest en de de Drentse Aa) (Figuur 1.1).



*Figuur 1.1 Ligging van de onderzoekslocaties.*

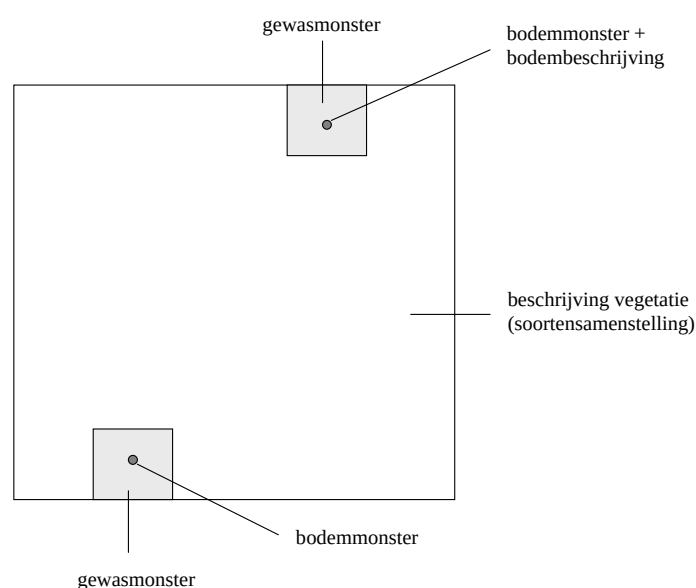
## 1.3 Methode

### *Keuze monsterpunten*

In de onderzochte gebieden zijn transecten uitgezet dwars op de beek of rivier. Op een zestal punten per transect zijn de bodem en de vegetatie beschreven en bemonsterd. De ligging van de punten is selectief gekozen. Per transect is een globale beschrijving gemaakt van de vegetatiepatronen in het gebied dat door het transect wordt doorsneden. Daarbij is gebruik gemaakt van een zwart-wit luchtfoto van het gebied. De punten zijn vervolgens zodanig verdeeld over het gebied dat:

- ze redelijk evenwichtig verdeeld zijn over de lengte van het transect,
- ze redelijk evenwichtig verdeeld zijn over de in het transect aangetroffen vegetatiepatronen.

Voor bepaalde statistische analyses zou een regelmatige verdeling over de transecten, met vaste onderlinge afstanden, meer geschikt zijn. Om de aanwezige variatie in bodemsamenstelling en vegetatiepatronen te kunnen beschrijven zou dan echter een veelvoud aan meetpunten nodig zijn geweest.



*Figuur 1.2 Bemonsteringsschema*

### *Bemonstering*

Per monsterpunt is een proefvlak uitgezet van enkele tientallen vierkante meters waarbinnen de vegetatie is beschreven volgens de methode van Braun-Blanquet. Moeilijk in het veld te herkennen mossen zijn meegenomen naar huis voor verdere determinatie. Bij de hogere planten zijn een aantal twijfelgevallen ter controle voorgelegd aan Eddy Weeda (Alterra). De opnamen zijn toegedeeld aan vegetatietypen met het programma ASSOCIA, in het geval van meerdere mogelijke vegetatietypen is aan de hand van beschrijvingen in De Vegetatie van Nederland (Schaminee et al. 1995, 1996) het meest passende vegetatietype bepaald.

Aan weerszijden van het proefvlak zijn vierkantjes van 50 x 50 cm afgezet waarvan de bovengrondse vegetatie met een grasschaar is verwijderd en voor verdere analyse meegenomen (figuur 1.2). De planten zijn zo kort mogelijk boven maaiveld afgeknipt. Mossen en ondergrondse delen zijn niet meegenomen. In de vierkantjes is met een Edelmanboor een monster van de bovengrond genomen (ca 0-15 cm, de eerste steek met de Edelmanboor). Tevens is bij een van de vierkantjes een beschrijving gemaakt van de eerste 120 cm van de bodem. Beschreven zijn per bodemlaag het organisch stofgehalte en de textuur, en eventuele bijzonderheden. Bovendien is in het veld de pH van boven- en ondergrond (resp. 5 en 100 cm) bepaald met behulp van pH-indicatorpapiertjes van Merck (Spezialindikator pH 2-9, art. nr 1.09584), die gedurende ca een kwartier in een met gedestilleerd water nat gemaakt deel van het bodemonmonster zijn gestoken<sup>1</sup>. De vegetatiemonsters en de bodemonsters van de twee vierkantjes zijn voor verdere analyses samengevoegd tot één samengesteld vegetatiemonster en één samengesteld bodemonmonster. Om een beeld te krijgen van de variatie binnen de opnameplekken zou het beter zijn geweest de monsters afzonderlijk te analyseren maar vanwege het beschikbare budget was dat niet mogelijk.

De beschrijving en bemonstering heeft voor alle locaties plaats gevonden in zomer 2003. Omdat de eerste percelen al vanaf half juni worden gemaaid is gekozen voor de maand juni, waarbij is begonnen met de gebieden waar als eerste wordt gemaaid. Voor de bepaling van de drogestofproductie is dat vrij vroeg, en bij de interpretatie van de gegevens moet er dus rekening mee worden gehouden dat de productie mogelijk wat aan de lage kant is. Voor dit onderzoek zijn echter alleen de onderlinge verschillen van belang.

Om een beeld te krijgen van de potentiële sedimentsamenstelling is in alle locaties ook 1 monster van de onderwaterbodem van de beek of rivier dicht bij de oever genomen.

### ***Analyse bodem en vegetatie***

De vegetatiemonsters zijn na monsternamen direct gedroogd in een droogstoof (24 uur bij 70°C) waarna het drooggewicht is bepaald. Door het Centraal Laboratorium voor Bodemkwaliteit (WUR) zijn vervolgens de totaalgehalten aan N, P en K bepaald na destructie met H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/salicylzuur/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/Se. Bepaling van N en P heeft plaatsgevonden met SFA (Segmented Flow Analysis) en van K met AES (Flame atomic emission spectrometer) (Temminghof et al. 2000). Een deel van het monster is gedroogd bij 105°C om het vochtgehalte te bepalen. Gehaltes aan N, P en K zijn weergegeven als fracties van het drooggewicht bij 105°C.

Ter wille van de vergelijkbaarheid met andere studies is in het verdere rapport voor de productiviteit uitgegaan van het drooggewicht bij 70°C. Overigens is het verschil tussen drooggewicht bij 105°C en 70°C gering, in de orde van enkele procenten. Een

---

<sup>1</sup> Deze 'veld-pH' is gemiddeld ruim een halve pH-punt lager dan de in het laboratorium bepaalde pH en vertoont meer spreiding (een spreiding van 0.53 en een range van 2.5, versus een spreiding van 0.30 en een range van 1.38 voor de in het laboratorium gemeten pH).

uitzondering vormt monsterpunt R2 in Rheezermaten, waar de dikke succulente stengels van Waterdrieblad zorgen voor een afwijking van ca 10%.

De bodemmonsters zijn aan de lucht gedroogd en door het Centraal Laboratorium voor Bodemkwaliteit geanalyseerd op:

- pH- H<sub>2</sub>O
- % organische stof (gloeiverlies)
- Cd
- Cu
- Zn
- N-totaal
- P-totaal
- K-totaal
- P-AL
- P-water

Totaalgehalten aan N, P en K zijn spectrofotometrisch bepaald na destructie met H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/alicylzuur/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/Se. Bepaling van de totaalgehalten aan zware metalen (Cd, Cu en Zn) hebben plaatsgevonden met behulp van atoom-emmissie-spectrometer (ICP-AES) na destructie met koningswater (HNO<sub>3</sub>/HCl). Bepaling van P-AL en P-water hebben plaatsgevonden na extractie met ammoniumoxalaat/oxaalzuur en water. Voor een beschrijving van de procedures wordt verwezen naar Houba et al. (1995).

Door het Laboratorium voor Bodemkunde en Geologie (WUR) is na gloeien met behulp van laserdiffractie de textuur van de minerale delen bepaald. Op basis van de textuuranalyse is het gehalte aan lutum (deeltjes < 2µm, in dit rapport verder aangeduid als klei) en silt (deeltjes van 2-50 µm, in dit rapport verder aangeduid als leem) bepaald.

Een weergave van de analyseresultaten is te vinden in de bijlagen 3 en 4.

### ***Hoogteligging, overstromingsduur en -frequentie***

Om de overstromingsduur van de meetlocaties te kunnen vaststellen zijn waterstanden opgevraagd bij Waterschappen, Rijkswaterstaat en Stichting het Drents Landschap. De geleverde gegevens verschilden in lengte van de meetreeksen, de meetfrequentie en de afstand tot het onderzoeksgebied. Per gebied is geprobeerd om toch tot eenduidige overzichten van overstromingsduur te komen zodat de uitkomsten onderling vergelijkbaar zijn.

Er is gebruik gemaakt van AHN-bestand dat voor gridcellen van 5x5 m de hoogte ten opzichte van NAP geeft. Bij een aantal punten zijn achteraf correcties uitgevoerd op basis van waterpassingen verricht in het onderzoek door Sival e.a. (2005 in prep.). De grootste afwijking werd gevonden bij punt 4 in de Malpiebeemden, waar het AHN waarden geeft die bijna een halve meter hoger liggen dan volgens de waterpassing. Het betreffende perceel werd in het verleden niet elk jaar gemaaid, en in combinatie met een zeer dichte en hoogopgaande vegetatie heeft dit waarschijnlijk geleid tot een foute hoogtemeting in AHN.

Uit de beschikbare gegevens is het peil in de beek of rivier ter hoogte van de meetpunten in het natuurgebied berekend. Vervolgens is voor ieder meetpunt het gemiddelde aantal dagen per jaar berekend dat het punt 5, 10, 20, 40 en 80 cm onder water staat en de frequentie waarmee dat gebeurt. Bij ieder gebied is in hoofdstuk 2 aangegeven in hoeverre de lokale situatie van invloed is op de stroomsnelheid van het inundatiewater.

#### ***Afstand tot de beek of rivier***

Voor alle punten is de afstand tot de beek of rivier berekend. Daarbij is in principe uitgegaan van de kortste afstand tot de oever, waarbij echter rekening is gehouden met barrières in de vorm van dijken of terreinopduikingen die zo hoog zijn dat ze bij hoogwater niet overstromen. Dit is het geval bij de transecten in de Havixhorst en de Dommelbeemden, waar een deel van de punten van de beek of rivier wordt gescheiden door een dekzandrug.

#### ***Waterkwaliteitsgegevens***

Voor de waterkwaliteit is uitgegaan van meetgegevens van de waterschappen. In de overzichten zijn alleen parameters opgenomen die van belang zijn voor het onderzoek. Daarom ontbreken zware metalen, bestrijdingsmiddelen, koolwaterstoffen, ed. Wel opgenomen zijn zuurgraad, elektrisch geleidingsvermogen, chloride, sulfaat en verschillende vormen van stikstof en fosfor. Van geen van de onderzoeksgebieden is de sedimentsamenstelling bekend.

### **1.4 Opzet rapport**

In het volgende hoofdstuk worden de onderzoekslocaties beschreven. Ingegaan wordt op de aanwezige vegetatie- en bodempatronen en de keuze van de monsterpunten. Per monsterpunt wordt een beschrijving gegeven van vegetatie en bodem. Ook wordt beschreven hoe de overstromingsduur en -frequentie zijn afgeleid uit de oppervlaktewaterpeilgegevens van de waterschappen.

In hoofdstuk 3 volgt een analyse waarin op basis van de gegevens wordt nagegaan welke relaties bestaan tussen bodem, hydrologie en vegetatie, en wat de meest bepalende factoren zijn voor de productiviteit van de vegetatie.

In hoofdstuk 4 volgt een discussie waarin de resultaten uit het onderzoek worden vergeleken met gegevens uit de literatuur.

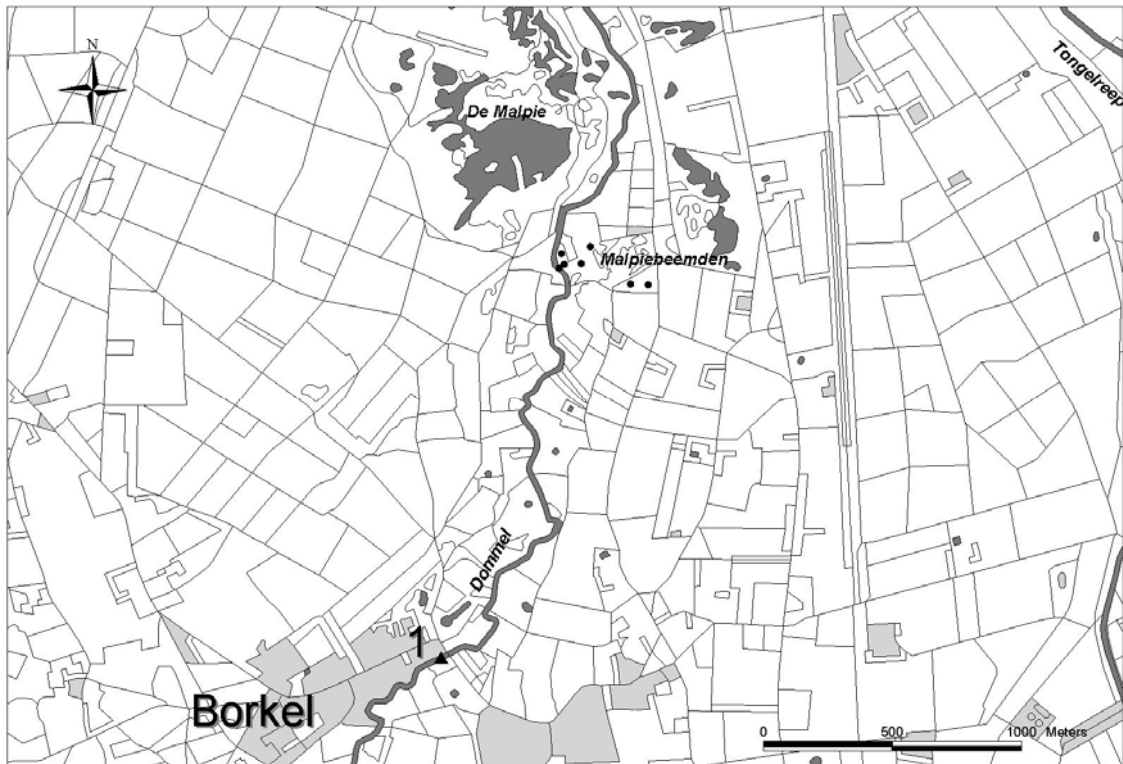
Het rapport wordt afgesloten met een hoofdstuk waarin wordt aangegeven welke conclusies kunnen worden getrokken uit dit onderzoek en wat daarvan de consequenties zijn voor de mogelijkheden om waterberging en natuur te combineren. Ook worden aanbevelingen gedaan voor vervolgonderzoek naar de invloed van waterberging op de natuur.





## 2 Beschrijving onderzoekslocaties

### 2.1 Malpiebeemden



*Figuur 2.1 Ligging van de Malpiebeemden*

#### ***Algemeen***

De Malpiebeemden liggen ca. 6 km zuidelijk van Valkenswaard aan de oostzijde van de Dommel (Figuur 2.1). Het gebied bestaat uit een complex van hooilanden en populierenbossen. Het gebied wordt aan de oostkant begrensd door een dijk die de grens vormt met het dieper ontwaterde landbouwgebied dat via een gemaal afwatert op de Dommel. Het transect begint in het meest oostelijk gelegen hooiland en eindigt bij punt 6 op een oeverwal langs de Dommel (figuur 2.2). De punten 4 en 7 liggen buiten het eigenlijke transect en zijn gekozen vanwege hun duidelijk afwijkende vegetatie.



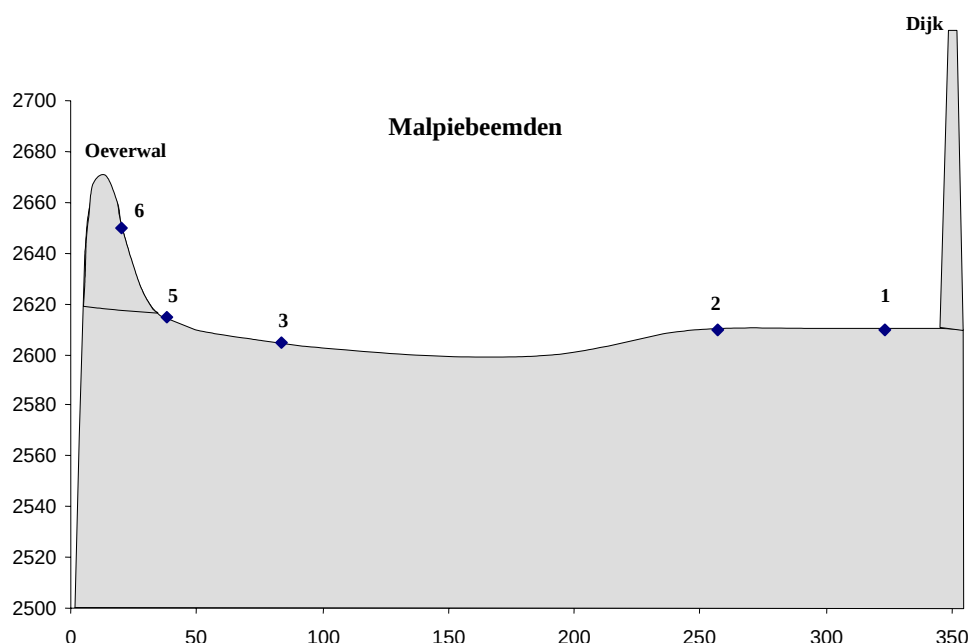
Figuur 2.2 Ligging monsterpunten in de Malpiebeemden

### **Beschrijving vegetatie**

Het transect begint bij het punt dat het verst verwijderd is van de Dommel (punt 1), en ligt dicht tegen de dijk die de scheiding vormt met het achterliggende, ontwaterde landbouwgebied. Het gaat om een soortenarm Veldrushooiland waarin naast Veldrus ook veel Grote wederik voorkomt. Punt 2 ligt aan de andere kant van hetzelfde perceel, dicht bij de houtwal die het perceel aan de westelijke zijde begrenst. Het gaat om een soortenarme, hoogopgaande vegetatie waarin Scherpe zegge, Ruw beemdgras en Beemdlangetbloem domineren. Aan de andere zijde van de houtwal volgt eerst een wat lager gedeelte waarin Pitrus domineert (punt 3). Dichter naar de Dommel toe ligt een relatief droog grasland gedomineerd door Gewoon struisgras, Gestreepte witbol, Ruwe smele en Gewoon dikkopmos (punt 5). Op de oeverwal langs de Dommel komt een Rietgrasruigte voor (punt 6). De punten 4 en 7 liggen in qua vegetiesamenstelling duidelijk afwijkende plekken. Punt 4 ligt in een gebied met een zeer hoge en productieve vegetatie van onder meer Oeverzegge, punt 7 ligt in een laagte direct achter de oeverwal waar een laagproductieve vegetatie met Zwarte zegge en Veenpluis voorkomt. De productiviteit is het hoogst bij de natte ruigtes in het middengedeelte (punten 3 en 4, drogestofproductie 7 tot 9 ton ds/ha).

Geen van de vegetaties is goed genoeg ontwikkeld om eenduidig tot een vegetatietype te kunnen worden gerekend. Hoewel ook in 1972 al omschreven als slecht ontwikkeld, kwamen in de hooilanden nog wel Adderwortel en Dotterbloem voor (Lambregts 1972), en in 1985 (Lüring, 1986) werden in de onderzochte

hooilandpercelen nog Blaaszegge en Draadrus gevonden. Tijdens het veldwerk zijn deze soorten niet aangetroffen.



*Figuur 2.3 Dwarsprofiel door de Malpiebeemden met ligging van de monsterpunten (punten 4 en 7 niet aangegeven, liggen buiten eigenlijke transect). Vanwege de complexe bodemopbouw en het geringe aantal boorpunten is geen poging gedaan de bodemsamenstelling weer te geven. Hiervoor wordt verwezen naar Sival et al. (2005 in prep)*

### **Beschrijving bodem**

De bovengrond bestaat in het merendeel van de punten uit veen, die aan de onderzijde op een diepte van een halve meter tot een meter wordt begrensd door een laag humeus zand. De ondergrond bestaat uit grof zand met grind of fijn zand met grindjes. Punt 1 wijkt af doordat hier geen veenlaag voorkomt en omdat de ondergrond bestaat uit zware leem. Punten 4 en 7 wijken weinig af van de punten 3 en 5, zij het dat de veenlaag iets dikker is (resp 100 en 60 cm). De oeverwal bij punt 6 bestaat uit matig grof zand met veenlensjes en bevat veel roestconcreties, waarschijnlijk ontstaan door de aanvoer van ijzerrijk materiaal. Ook bij de punten 2, 5 en 6 komen in de bovengrond veel roestconcreties voor, mogelijk als gevolg van kwel in het verleden. Gezien de lage pH van de bodem is het niet waarschijnlijk dat nu nog kwel optreedt. De in het veld gemeten pH van de bovengrond varieert van 3,5 tot 4,5. De pH van de ondergrond varieert van 4 tot 5,5. Voor een uitgebreidere beschrijving van de bodemopbouw en geomorfologie van het gebied wordt verwezen naar Sival et al. (2005 in prep).

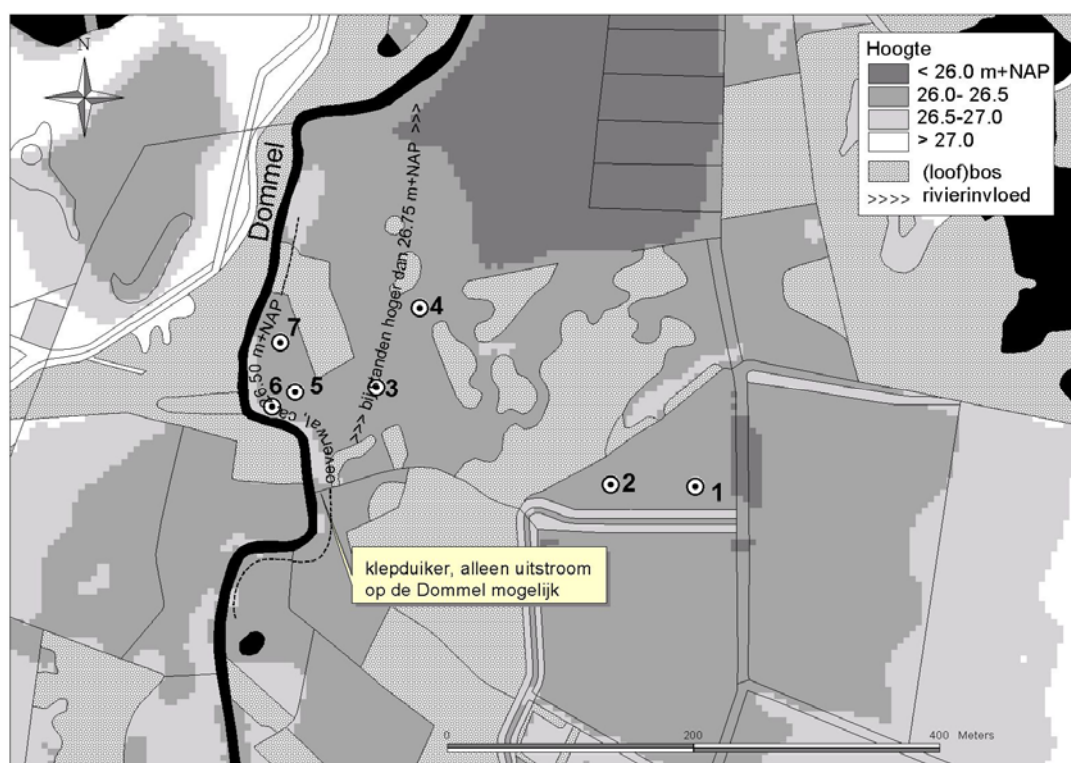
### **Hoogteligging en hydrologie**

De hoogteligging van de meetpunten varieert van 26.06 (punt 1) tot 26.47 m+NAP (punt 6). Het laagste gedeelte van de Malpiebeemden ligt even ten noorden van de raai met meetpunten. De NAP-hoogte bedraagt daar 25.75 m (figuur 2.4).

De afwatering van het gebied op de Dommel vindt plaats via één sloot. Een klepduiker zorgt ervoor dat alleen uitstroom op de Dommel mogelijk is. Inundatie met Dommelwater vindt plaats als het peil hoger is dan de oeverwal van 26.50 m+NAP. Eerder kan het gebied al wel onder water komen te staan, maar dat is dan met gebiedseigen water omdat de afvoer door de gesloten klepduiker stagneert. Bij een stand van 26.75 m+NAP staat een dermate groot gedeelte van de oeverwal onder water, dat stroming door het gebied gaat optreden. Dat zal dan met name bij de punten 3 en 4 het geval zijn omdat die in een binnenbocht liggen.

De meeste punten staan gemiddeld per jaar rond de tien dagen 20 cm of meer onder water. Uitzonderingen vormen het laaggelegen punt 4, dat gemiddeld 17 dagen 20 cm of meer onder water staat, en de op en langs de oeverwal gelegen punten 5 en 6 waar dat minder dan 4 dagen per jaar het geval is. In bijlage 2 wordt een overzicht gegeven van de berekende overstromingsduur en –frequentie bij verschillende waterdieptes.

In het gebied zijn geen peilbuizen aanwezig zodat er weinig bekend is over de grondwaterpotentialen. Gezien het feit dat het aangrenzende landbouwgebied diep wordt ontwaterd is het echter zeer onwaarschijnlijk dat in het gebied kwel optreedt.



*Figuur 2.4 Globale hoogteligging en waterafvoer bij standen van meer dan 26.75 m + NAP*

De kwaliteit van het beekwater wordt sinds januari 1996 in principe 1x per maand op 6.5 km bovenstrooms van de Malpiebeemden gemeten, vlak voor de Belgisch-Nederlandse grens. Van de meetgegevens zijn de datums geselecteerd waarop de laagste plekken in de Malpiebeemden onder water stonden. In totaal betreft het 10 bemonsteringen. De belangrijkste variabelen zijn gemiddeld (tabel 2.1). De gegevens zijn goed vergelijkbaar met de kwaliteit van de Dommel bij Son (tabel 2.3), omdat 8

overeenkomstige meetdatums gebruikt zijn en op dezelfde variabelen is geanalyseerd. Voor het totaal-gemiddelde zijn 101 meetresultaten gebruikt.

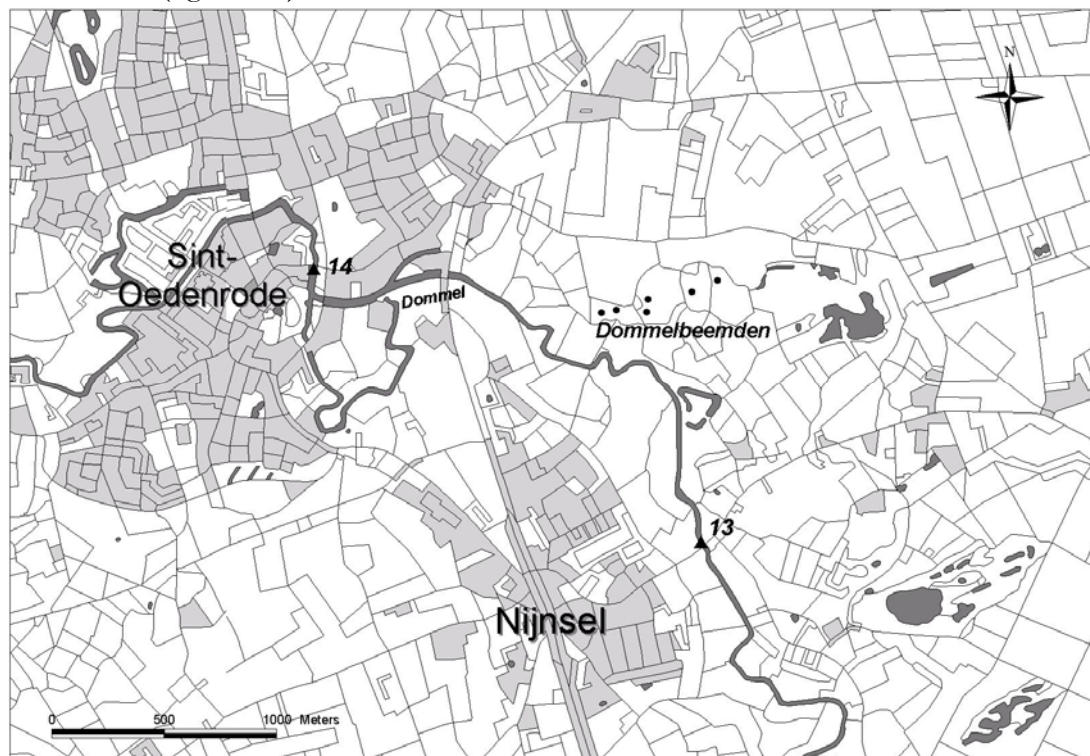
*Tabel 2.1 Gemiddelde samenstelling van de Dommel bovenstrooms van de Malpiebeemden bij hoog water. Tussen haakjes staat het gemiddelde van alle metingen*

|       | Zicht<br>(dm) | pH<br>(-)    | EC<br>(mS/m) | Cl<br>(mg/l) | N-kj<br>(mgN/l)<br>n=3/(59) | N-tot<br>(mgN/l)<br>n=3/(59) | NH4<br>(mgN/l) | NO3<br>(mgN/l) | Tot-P<br>(mgP/l) | SO4<br>(mg/l)<br>n=/(87) |
|-------|---------------|--------------|--------------|--------------|-----------------------------|------------------------------|----------------|----------------|------------------|--------------------------|
| Gem.  | 4<br>(5)      | 7.0<br>(7.0) | 53<br>(74)   | 68<br>(104)  | 2.8<br>(2.6)                | 5.9<br>(6.6)                 | 1.1<br>(1.5)   | 5.0<br>(4.2)   | 0.6<br>(0.6)     | 72<br>(101)              |
| stdv. | 1<br>(1)      | 0.2<br>(0.1) | 17<br>(24)   | 31<br>(51)   | 0.4<br>(1.2)                | 1.6<br>(1.4)                 | 0.8<br>(1.0)   | 1.5<br>(1.2)   | 0.2<br>(0.4)     | 43<br>(38)               |

## 2.2 Dommelbeemden

### *Algemeen*

De Dommelbeemden liggen ten oosten van Sint-Oedenrode aan de middenloop van de Dommel (figuur 2.5).



*Figuur 2.5 Ligging van de Dommelbeemden*

Het hooilandreservaat ligt in een oude Dommel-meander, die aan de noordzijde begrensd wordt door een steilrand. In het reservaat is in west-oost richting een transect uitgezet (figuur 2.6).





Figuur 2.6 Ligging monsterpunten in de Dommelbeemden

### **Beschrijving vegetatie**

Punt 1 ligt in het meest westelijke deel van de Dommelbeemden. De opname ligt in een Scherpe-zegge-hooiland, met naast Scherpe zegge ook soorten als Reukgras, Moerasstruisgras, Moeraswalstro, Kruipende boterbloem en Grote wederik. Meetpunt 2 ligt op een iets hoger gedeelte waar de vegetatie een wat ruiger karakter heeft. Dominerende soorten zijn Riet, Moerasspirea, Grote wederik, Moerasrolklaver en Dotterbloem. In de vegetatie komt ook Langbladige ereprijs voor. In het volgende perceel, iets ten oosten van het pad richting de Dommel, ligt meetpunt 3 in een Dotterbloemhooiland met behalve Dotterbloem en Scherpe zegge, ook veel Kruipende boterbloem en Moeraskartelblad. Meetpunt 4 ligt in een wat lager en natter gedeelte, waar op basis van veldwaarnemingen in februari 2003 waarschijnlijk sprake is van sterke kwel: lokaal stond het maaiveld hier bol als gevolg van de waterdruk onder de bewortelde bovenste veenlaag. De vegetatie van dit dotterbloemhooiland heeft overeenkomsten met die van een kleine-zeggenvegetatie, doordat veel Zwarte zegge en Moerasstruisgras, en daarnaast ook Draadrus en Sterzegge voorkomen. Meetpunt 5 ligt een stuk oostelijker en heeft duidelijk een wat schraler en zuurder karakter. Het gaat om een kleine-zeggenvegetatie waarin de aanwezigheid van Blauwe zegge en Pijpestrootje een overgang naar het blauwgrasland aangeven. Meetpunt 6 ligt in het meest oostelijke en meest hooggelegen deel van het transect, aan de beekdalflank. Het gaat om een blauwgrasland waarin de meest kenmerkende soorten voor dit vegetatietype, Blauwe zegge en Spaanse ruiter, voorkomen. De verschillen in productiviteit binnen het transect zijn beperkt, de drogestofproductie varieert van 4,5 ton ds/ha bij punt 2 tot 2 ton ds/ha bij punt 6.

Tabel 2.2 Vegetatiekundige indeling meetpunten in de Dommelbeemden

| Opn. | Code            | Latijnse naam                                                          | Ned. naam                                                                                        |
|------|-----------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| D1   | 8Bc             | Caricion gracilis                                                      | Verbond van Scherpe zegge                                                                        |
| D2   | 32Aa1           | Valeriano-Filipenduletum                                               | Associatie van Moerasspirea en Echte Valeriaan                                                   |
| D3   | 16Ab4           | Ranunculo-Senecionetum aquatici                                        | Associatie van Boterbloemen en Waterkruiskruid                                                   |
| D4   | 6Ab4/<br>9Aa3   | Ranunculo-Senecionetum aquatici /<br>Carici curtae-Agrostietum caninae | Associatie van Boterbloemen en Waterkruiskruid /<br>Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge |
| D5   | 9Aa3 /<br>16Aa1 | Carici curtae-Agrostietum caninae /<br>Cirsio dissecti-Molinietum      | Associatie van Moerasstruisgras en Zompzegge /<br>Blauwgrasland                                  |
| D6   | 16Aa1b          | Cirsio dissecti-Molinietum typicum                                     | Blauwgrasland; typische subass.                                                                  |

### **Beschrijving bodem**

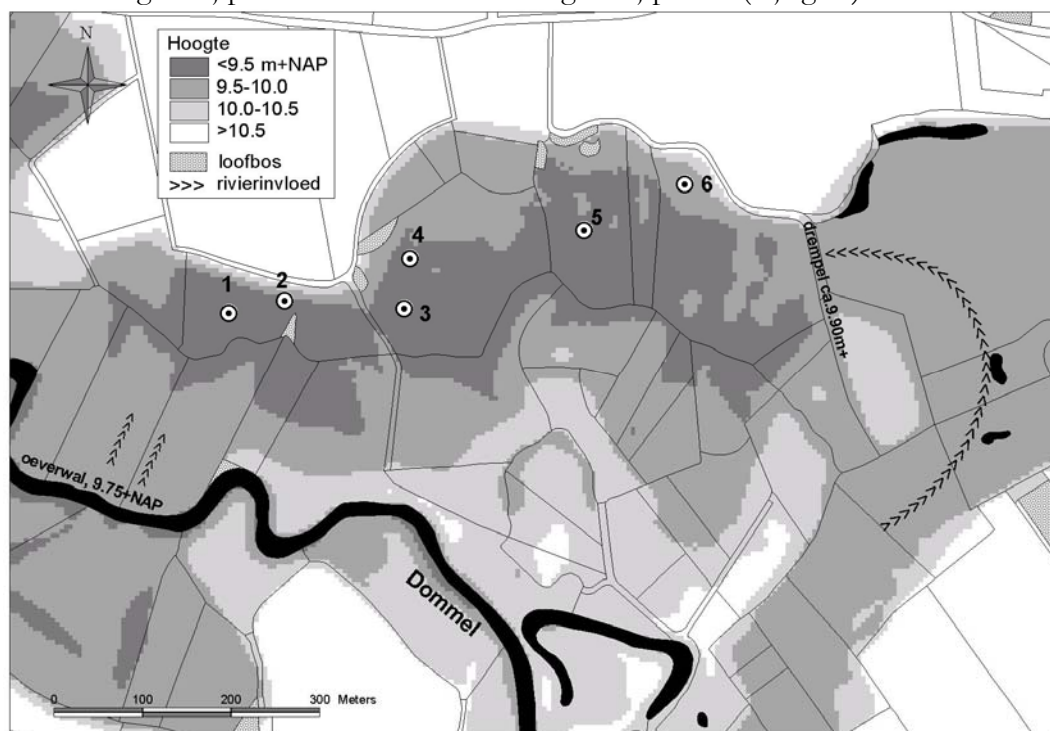
De bovengrond bestaat in het gehele transect uit al dan niet kleiig rietveen, deels ook riet-zeggenveen. Met uitzondering van punt 4 begint op ongeveer een meter diepte een laag klei. Volgens het geomorfologisch onderzoek door Sival et al. (2005 in prep.) is de kleilaag zeer continu en overal zeker een halve meter dik. Omdat maar tot 120 cm is geboord is niet duidelijk of de kleilaag bij punt 4 ontbreekt of alleen wat dieper begint. Het feit dat hier duidelijke kwelverschijnselen werden waargenomen (zie vorige paragraaf) doet echter vermoeden dat het eerste het geval is. Bij het wat hoger gelegen punt 2 ligt bovenop het veen een 2 dm dikke laag fijn, iets humeus zand met gebleekte zandkorrels. Het is niet duidelijk of dit zand ooit door de mens is opgebracht of spontaan is afgespoeld vanaf de steilrand. De in het veld gemeten pH van de bovengrond varieert van 4.5 tot 5.5 (bij punt 4), en ligt in de ondergrond overal bij een waarde van 5.5 à 6. Voor een uitgebreidere beschrijving van de bodemopbouw en geomorfologie van het gebied wordt verwezen naar Sival et al. (2005 in prep).

### **Hoogteligging en hydrologie**

Boven- en benedenstrooms van de Dommelbeemden wordt het rivierpeil gemeten bij respectievelijk Nijnsel (peilschaal 13) en Sint-Oedenrode (peilschaal 14). Er liggen geen stuwen in het tussenliggende traject van 2900 m die het peil van de Dommel beïnvloeden. Het Dommelpeil ter hoogte van de Dommelbeemden is door interpolatie uit beide peilschaalgegevens berekend. Er zijn dagwaarnemingen gebruikt van 1/1/1974 – 31/12/2002. Ontbrekende gegevens van één van de peilschalen zijn verhoudingsgewijs aangevuld met de stand van de andere peilschaal. En als beide gegevens ontbreken is lineair geïnterpoleerd tussen de laatste en eerstvolgende meting. Aldus is van 29 jaar het rivierpeil bekend.

De hoogteligging van de meetpunten varieert van 9.16 (1) tot 9.69 m+NAP (6). De laagste delen van de Dommelbeemden hebben een maaiveldshoogte van ca. 9.10 m +NAP (figuur 2.7). Omdat het gebied via een afwateringssloot in open verbinding staat met de Dommel, stroomt er Dommelwater het gebied in zodra deze stand is bereikt. Ten zuiden van punten 3 en 5 is de sloot recent verbreed. De andere slootjes en greppels in het gebied sluiten niet aan op de Dommel. Bij een stand van ca. 9.75 m + NAP overstroomt ook een laag deel in de oeverwal stroomafwaarts van de meetpunten. Het gebied is komvormig waardoor er tot standen tot ca. 9.90 m+NAP geen (neven)stroming van de Dommel door het gebied optreedt. Bij hogere standen komt er water over een dijkje dat op 175 m ten zuidoosten van punt 6 ligt. De

gemiddelde duur waarbij het water 20 cm of meer boven maaiveld staat varieert van ruim 15 dagen bij punt 1 tot minder dan 3 dagen bij punt 6 (bijlage 2)



Figuur 2.7 Globale hoogteligging en stromingsrichting bij hoog water

De kwaliteit van het rivierwater wordt sinds januari 1997 in principe 1x per maand op ruim 8 km bovenstrooms van de Dommelbeemden bij Son gemeten. De laatst bekende meting dateert van maart 2003. Van gegevens zijn de datums geselecteerd waarop de laagste plekken in de Dommelbeemden onder water stonden. In totaal betreft het 9 bemonsteringen. De belangrijkste variabelen zijn gemiddeld (tabel 2.3). Voor het totaal-gemiddelde zijn 91 meetresultaten gebruikt.

Tabel 2.3 Gemiddelde samenstelling van de Dommel bovenstrooms van de Dommelbeemden bij hoogwater. Tussen haakjes staat het gemiddelde van alle metingen.

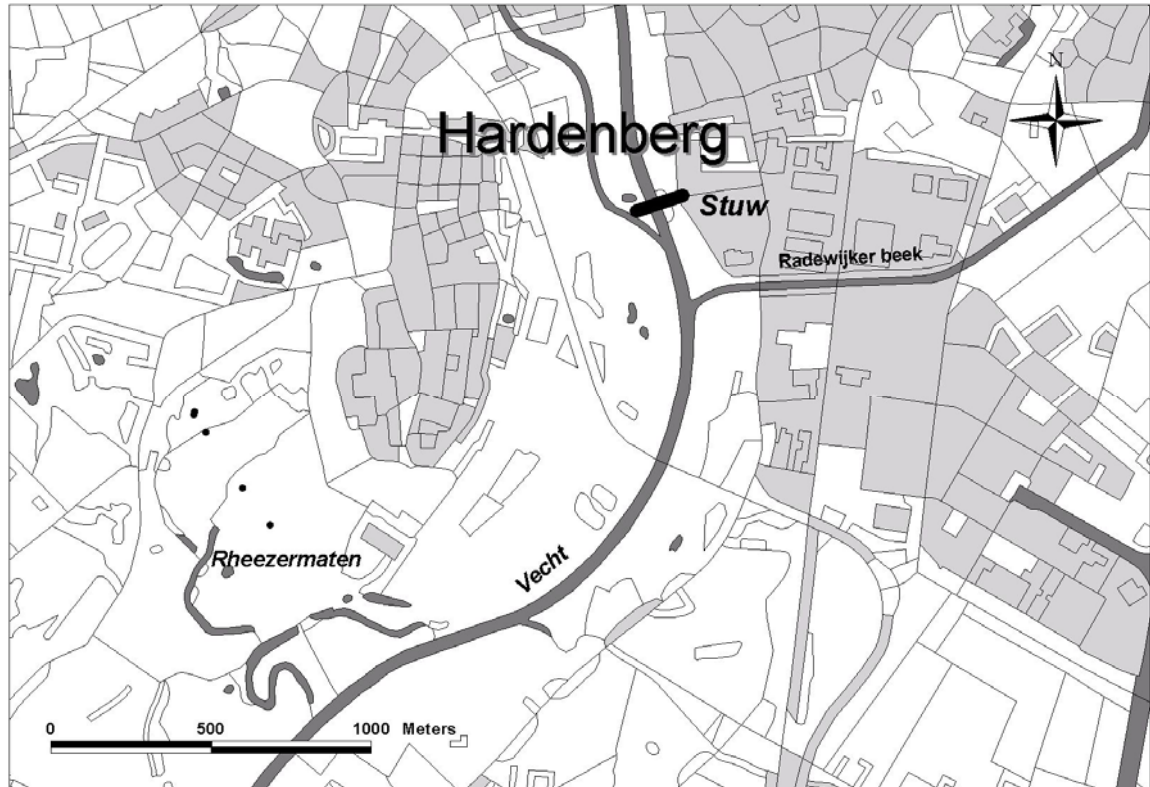
|       | Zicht<br>(dm) | pH<br>(-)    | EC<br>(mS/m)<br>n=5/(8) | Cl<br>(mg/l)<br>n=/(31) | N-kj<br>(mgN/l)<br>n=3/(52) | N-tot<br>(mgN/l)<br>n=3/(52) | NH4<br>(mgN/l) | NO3<br>(mgN/l) | Tot-P<br>(mgP/l) | SO4<br>(mg/l)<br>n=/(84) |
|-------|---------------|--------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------|----------------|------------------|--------------------------|
| Gem.  | 4<br>(8)      | 7.3<br>(7.3) | 51<br>(56)              | 58<br>(58)              | 2.8<br>(3.7)                | 5.9<br>(10.2)                | 0.9<br>(2.6)   | 4.8<br>(6.0)   | 0.6<br>(0.7)     | 76<br>(49)               |
| stdv. | 1<br>(2)      | 0.6<br>(0.1) | 18<br>(11)              | 30<br>(15)              | 0.4<br>(1.6)                | 1.6<br>(2.2)                 | 0.3<br>(1.9)   | 1.5<br>(2.4)   | 0.2<br>(0.3)     | 48<br>(9)                |



## 2.3 Rheezermaten

### *Algemeen*

De Rheezermaten is een hooilandcomplex in het Vechtdal iets ten westen van Hardenberg (figuur 2.8).



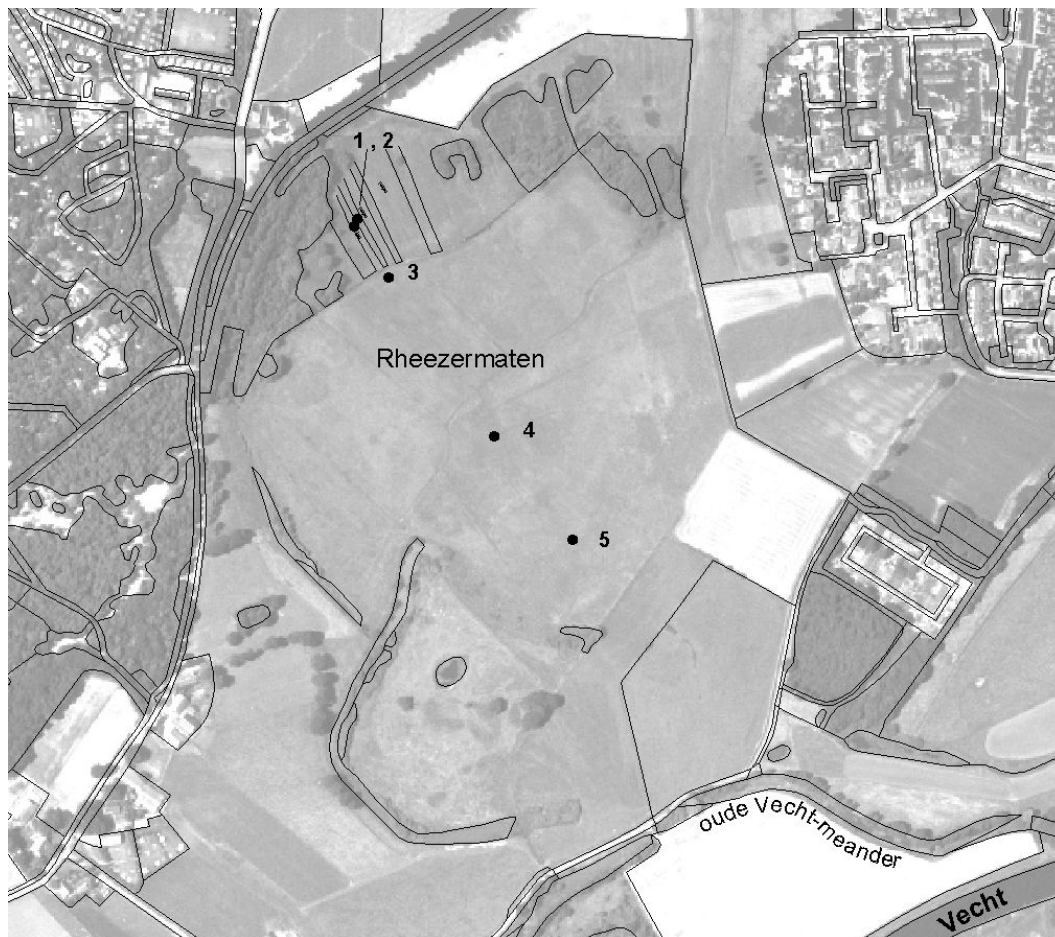
Figuur 2.8 Ligging van de Rheezermaten

In het noordelijk deel ligt een complex van veenwijken en -ruggen die zijn ontstaan door vervening (figuur 2.9). Ze liggen in een oude (laat-Pleistocene) en diep-ingesneden meander van de Vecht. Westelijk en zuidelijk liggen een aantal meer recent Vechtmeanders.

### *Beschrijving vegetatie*

Opnamen 1 en 2 liggen in het noordelijk deel van het transect, waar een groot aantal smalle veenruggen en -wijken naast elkaar liggen. Opname 1 is gemaakt in een Veldrushooiland op een rug, waarin naast Veldrus ook veel Grote wederik, Grote pimpernel, Rood zwenkgras, Tormentil en Haakmos voorkomen. In de direct naastgelegen veenwijk (opn. 2) komt een trilveenvegetatie voor met Ronde zegge, Snavelzegge, Scherpe zegge, Waterdrieblad en Wateraardbei. In het relatief goed ontwaterde hooiland aan de andere zijde van de sloot komt een bloemrijke vegetatie voor met Moerasrolklaver, Moeraswalstro, Moeraskruiskruid en Moerasspirea (opn. 3). Opname 4 is gemaakt in het minst ontwaterde centrale deel van het hooilandgebied. Hier wordt de vegetatie gedomineerd door Scherpe zegge en Hennegrass, met daarnaast veel Dotterbloem en Holpijp. Opname 5 ligt in een het wat hoger gelegen deel van het transect dat het dichtste bij de Vecht ligt. Het is een

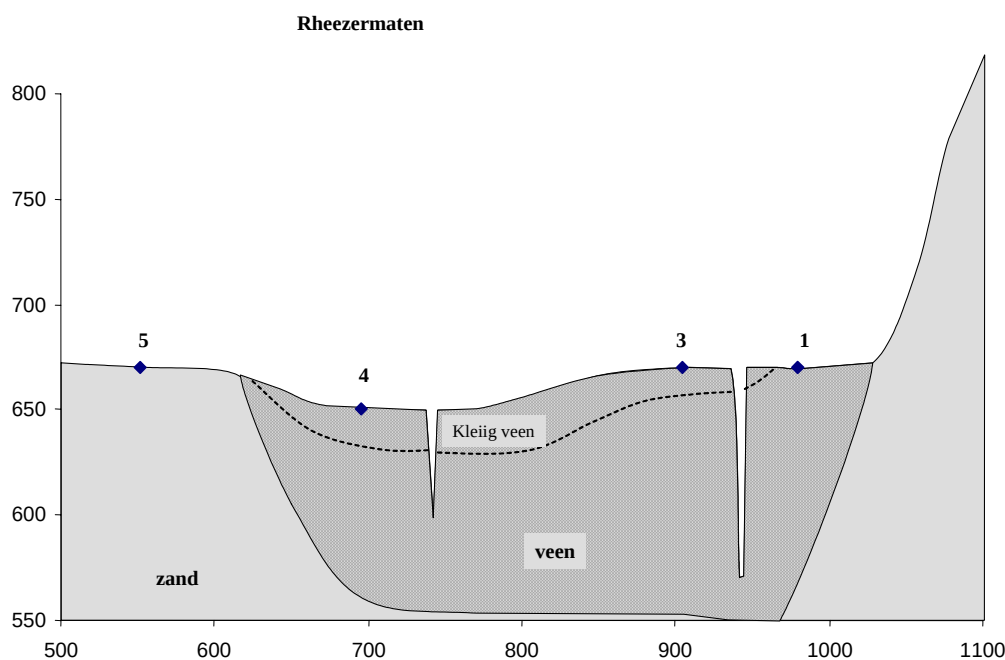
kruidenrijk hooiland met naast Rood zwenkgras, Gewoon struisgras, Reukgras, Gestreepte witbol en Ruwe smele soorten als Grote pimpernel, Blauwe knoop, Draadrus en Langbladige ereprijs. De drogestofproductie varieert van 3,5 ton ds/ha in het trilveen (punt 2) tot ruim 6 ton ds/ha in het natte hooiland bij punt 3.



Figuur 2.9 Ligging monsterpunten in de Rheezermaten

Tabel 2.4 Indeling monsterpunten naar vegetatiekundige eenheid

| Opn. | Code            | Latijnse naam                                               | Ned. naam                                                          |
|------|-----------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| 1    | 16Ab1/<br>16Aa1 | Crepido-Juncetum acutiflori / Cirsio<br>dissecti-Molinietum | Veldrus-associatie / Blauwgrasland                                 |
| 2    | 9Aa3b           | Carici curtae-Agrostietum<br>caricetosum diandrae           | Ass. van Moerasstruisgras en Zompzegge; subass.<br>met Ronde zegge |
| 3    | 16Ab4           | Ranunculo-Senecionetum aquatici                             | Associatie van Boterbloemen en Waterkruiskruid                     |
| 4    | 8Bc2b           | Caricetum gracilis comaretosum                              | Ass. van Scherpe zegge; subass. met Wateraardbei                   |
| 5    | (16Bc1b<br>)    | (Lolio-Cynosuretum lotetosum<br>uliginosi)                  | (Kamgrasweide; subass. met Moerasrolklaver)                        |



Figuur 2.10 Vereenvoudigd bodemprofiel Rheezermaten

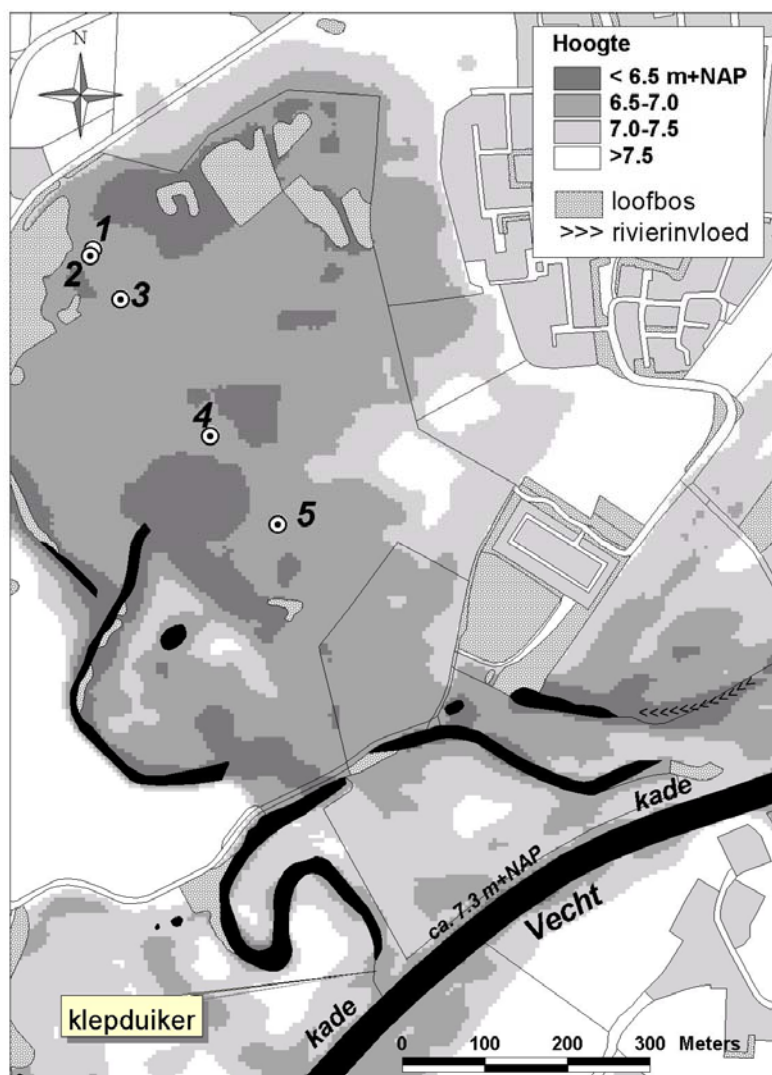
### **Beschrijving bodem**

De bodem in het transect bestaat merendeels uit veen (zeggenveen, riet-zeggenveen) waarvan in het centrale deel van de opgevulde bedding de eerste twee decimeter bestaat uit kleig veen (figuur 2.10). Punt 5 ligt op matig fijn zand, waarin dunne kleilenzen voorkomen. De eerste 20 cm van de bodem bestaat uit kleig zand met veel roest. De pH van de bovengrond varieert van 4.5 (punten 1 en 5) tot 5,5 (punten 3 en 4). De pH van de ondergrond ligt op 5.5 à 6. Voor een uitgebreidere beschrijving van de bodemopbouw en geomorfologie van het gebied wordt verwezen naar Sival et al. (2005 in prep).

### **Hoogteligging en hydrologie**

Op ruim 2 km bovenstrooms ligt bij Hardenberg een stuw in de Vecht (figuur 2.8), en een kleine 5 km stroomafwaarts ligt een volgende bij Mariëenberg. De stand van de Vecht bij de Rheezermaten is door interpolatie berekend uit de dagelijkse waarnemingen benedenstrooms van de stuw bij Hardenberg en bovenstrooms van de stuw bij Mariëenberg. Ontbrekende standen bij één van de stuwen zijn berekend uit de standen bij de andere stuw. Dat is gedaan met behulp van de laatst bekende verhouding tussen beide standen. Er is hier niet gekozen voor de gemiddelde verhouding omdat deze, afhankelijk van het debiet en de stand van de stuwen, sterk kan variëren. In enkele korte perioden ontbreken meetgegevens van beide stuwen. Deze zijn door interpolatie berekend. De beschikbare gegevens beslaan de perioden 1990 t/m 1995 en 1998 t/m 2002, in totaal 11 jaar. Tot 1990 zijn de meetgegevens door allerlei oorzaken onbetrouwbaar (pers. mededeling J. Heijnen, RWS-Arnhem). Datzelfde geldt voor de jaren 1996 en 1997.

De hoogteligging van de meetpunten in De Rheezermaten varieert van 6.55 (punt 4) tot 6.80 m+NAP (punt 2). Afgezien van de restgeulen hebben de laagste delen van de Rheezermaten een maaiveldshoogte van ca. 6.30 m +NAP (figuur 2.11). Het gebied watert via een restgeul en een klepduiker af op de Vecht. De klep voorkomt het binnenstromen van water en de zomerkade langs de Vecht overstroomt pas bij een stand van ca. 7.30 m +NAP.. Bij hogere standen treedt er stroming op in de restgeulen die langs de Vecht liggen, maar verder in het komvormige gebied zal alleen door windwerking verversing van het inundatiewater plaatsvinden. Gemiddeld staan de meetpunten ruim 7 dagen per jaar 20 cm of meer onder water.



*Figuur 2.11 Globale hoogteligging en aan- en afvoerroutes water in de Rheezermaten*

Om een beeld te krijgen van de kwaliteit van de Vecht zijn gegevens gebruikt van het meetpunt Hardenberg, 1 km stroomopwaarts van de Rheezermaten. Maar hier waren van slecht 4 metingen in de periode januari 2003 – juli 2003 gegevens beschikbaar. Daarom zijn ook gegevens gebruikt van het meetpunt dat op de grens met Duitsland ligt. Daar zijn 20 metingen in de periode januari 2002 – september 2003 gedaan.

Omdat er geen overeenkomst was tussen datums dat de watermonsters genomen zijn en een hoge stand van de Vecht zijn alle gegevens van de maanden oktober tot mei gebruikt omdat dan de kans op hoog water dan het grootste is. In totaal gaat het om 15 bemonsteringen. De resultaten van de belangrijkste variabelen zijn gemiddeld (tabel 2.5). Voor het totaal-gemiddelde zijn 24 meetresultaten gebruikt.

*Tabel 2.5 Waterkwaliteit Vecht bij Rheezermaten in de periode oktober-mei*

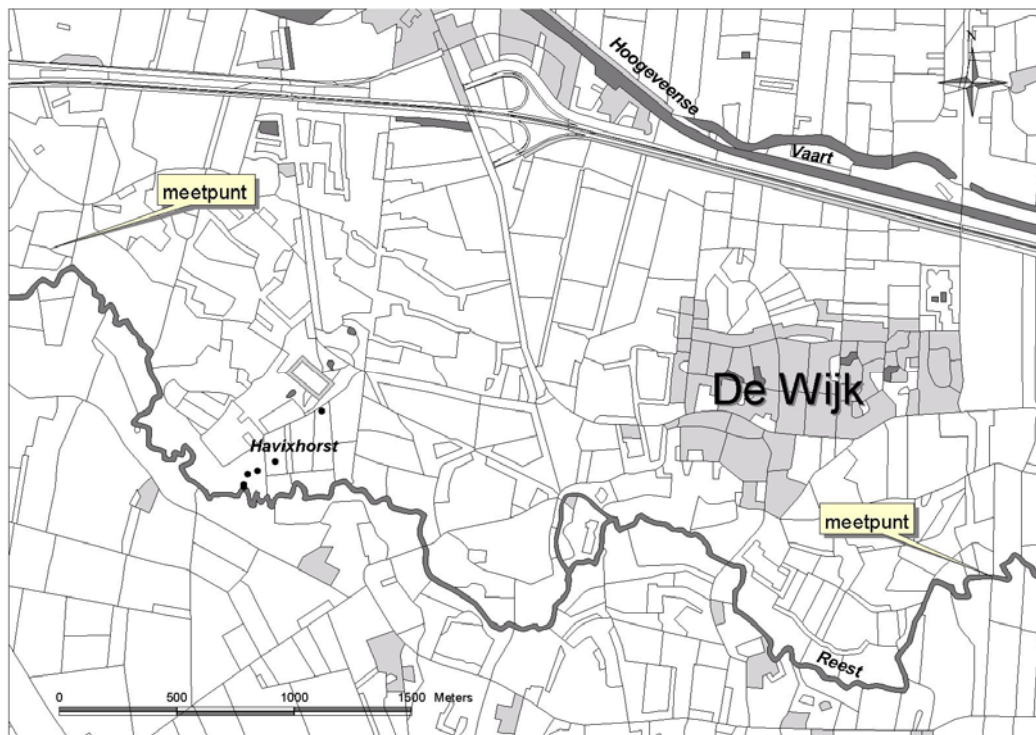
|       | Zicht<br>(dm)  | PH<br>(-)        | EC<br>(mS/m) | N-kj<br>(mgN/l)       | N-tot<br>(mgN/l)    | Org-N<br>(mgN/l)    | NH4<br>(mgN/l)     | NO3<br>(mgN/l)      |
|-------|----------------|------------------|--------------|-----------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| Gem.  | 6<br>(7)       | 7.4<br>(7.4)     | 51<br>(53)   | 1.5<br>(1.4)          | 6.7<br>(5.9)        | 1.1<br>(1.1)        | 0.3<br>(0.2)       | 5.2<br>(4.5)        |
| stdv. | 3<br>(3)       | 0.2<br>(0.2)     | 14<br>(13)   | 0.4<br>(0.4)          | 2.0<br>(2.3)        | 0.4<br>(0.3)        | 0.3<br>(0.2)       | 1.7<br>(2.0)        |
|       | o-P<br>(mgP/l) | Tot-P<br>(mgP/l) | Cl<br>(mg/l) | SO4<br>(mg/l)<br>n=11 | Ca<br>(mg/l)<br>n=7 | Mg<br>(mg/l)<br>n=7 | K<br>(mg/l)<br>n=7 | Na<br>(mg/l)<br>n=7 |
| Gem   | 0.1<br>(<0.1)  | 0.2<br>(0.2)     | 52<br>(55)   | 59<br>(58)            | 73<br>(73)          | 6.9<br>(6.9)        | 11.6<br>(11.8)     | 43<br>(46)          |
| stdv. | <0.1<br>(<0.1) | 0.1<br>(0.1)     | 21<br>(21)   | 12<br>(11)            | 4<br>(4)            | 0.4<br>(0.4)        | 3.6<br>(2.8)       | 30<br>(25)          |

## 2.4 Havixhorst

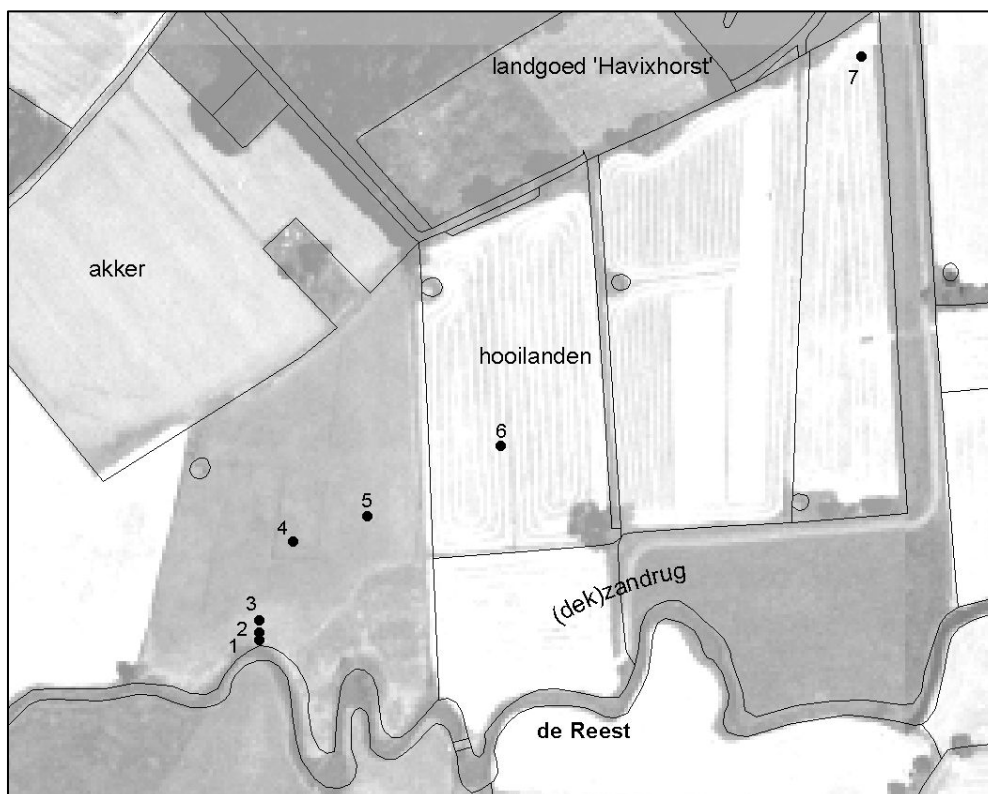
### *Algemeen*

Het gebied Havixhorst ligt aan de Drentse kant van de Reest, ongeveer 2 km ten westen van De Wijk (figuur 2.12). Het gaat om een hooilandreservaat van het Drents Landschap dat, vanwege de ligging aan de benedenloop van de Reest, regelmatig 's winters overstroomt. De bodem bestaat overwegend uit veen. Er zijn geen grondwatergegevens beschikbaar uit de Havixhorst zelf, maar volgens Vegter (1991) komt in de benedenloop overwegend zeer hard grondwater voor in het veenprofiel. Vegetatiekundig onderscheidt dit gebied zich volgens Vegter door de aanwezigheid van Grote zeggenvegetaties en Grote-zeggenvormen van het Dotterbloemhooiland.





*Figuur 2.12 Ligging van het gebied de Havixhorst met meetpunten waterpeil*



*Figuur 2.13 Ligging monsterpunten in de Havixhorst*

### ***Ligging monsterpunten***

In het hooilandgebied is een transect uitgezet van 7 monsterpunten die op toenemende afstand van de beek liggen (figuur 2.13). De eerste drie punten liggen op een oeverwal langs de Reest. Punt 4 ligt in een laag gedeelte met ondiepe greppels (ca 20 cm diep). De punten 5 t/m 7 liggen in een iets hoger gedeelte van het beekdal dat minder intensief begreppeld is. Aan de noordzijde worden de hooilanden begrensd door een hoger gelegen dekzandrug waarop het eigenlijke landgoed de Havixhorst is gelegen. In het oostelijk deel worden de hooilanden van de Reest gescheiden door een dekzandrug.

*Tabel 2.6 Syntaxonomische indeling opnamen*

| Opn. | Code    | Latijnse naam                                             | Ned. naam                                                         |
|------|---------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 1    | 32RG5   | RG Phalaris arundinacea-<br>[Convolvulo-Filipenduletea]   | Rompgemeenschap van Rietgras                                      |
| 2,3  | (16RG2) | (RG Holcus lanatus-Lychnis<br>flos-cuculi-[Molinietalia]) | (Rompgemeenschap van Gestreepte witbol<br>en Echte koekoeksbloem) |
| 4,5  | 8Bc2b   | Caricetum gracilis<br>comaretosum                         | Ass. van Scherpe zegge; subass. met<br>Wateraardbei               |
| 6,7  | 16Ab4a  | Ranunculo-Senecionetum<br>juncetosum articulati           | Ass. van Boterbloemen en Waterkruiskruid;<br>subass. met Zomprus  |

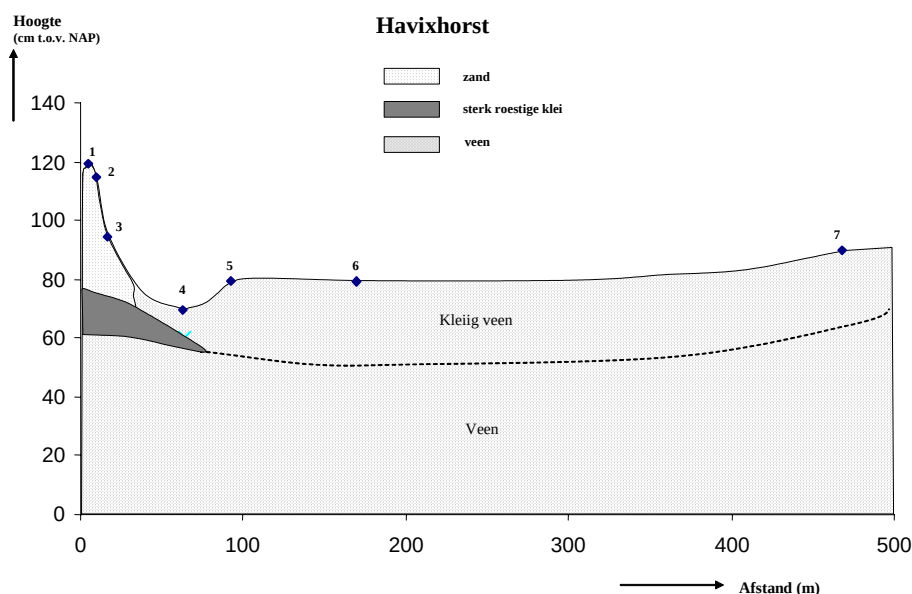
### ***Beschrijving vegetatie***

Op de oeverwal direct langs de Reest (opname 1) wordt de vegetatie gedomineerd door een ruigte van Rietgras en Grote vossenstaart. Op de lagere delen van de oeverwal (opnamen 2 en 3) volgt een grazige vegetatie met Beemdlangbloem, Reukgras, Gewone hoornbloem en Zachte dravik die vegetatiekundig moeilijk valt te plaatsen maar nog de meeste overeenkomsten heeft met een rompgemeenschap van Gestreepte witbol en Echte koekoeksbloem. In het laagste deel van het transect (opnamen 4 en 5) liggen Grote-zeggenvegetaties waarin naast veel Scherpe zegge ook veel Blaaszegge, Hennegras, Moerasvergeet-mij-nietje, Moeraswalstro en Waterkruiskruid voorkomen. In de wat verder van de beek afgelegen punten komen goed ontwikkelde dotterbloemhooilanden voor, met naast veel Dotterbloemen ook Moeraskartelblad en Blaaszegge. In bijlage 1 wordt een volledige beschrijving gegeven van de soortensamenstelling van de opnamen, en in tabel 2.6 de indeling van de opnamen in vegetatietypen volgens De Vegetatie van Nederland.

Wat betreft de drogestofproductie is er een duidelijk aflopende lijn met de hoogste biomassa's op de oeverwal langs de beek (bijna 6 ton ds/ha) en de laagste op het punt het verste van de beek verwijderd (ruim 2 ton ds/ha).

### ***Beschrijving bodem***

Figuur 2.14 geeft een beschrijving van de bodemopbouw in het transect. De ondergrond bestaat overal uit veen, merendeels kleiarm onveraard veen. De bovengrond bestaat merendeels uit kleiig veen. Uitzondering vormt de oeverwal, waar bijna een halve meter zavel en zeer fijn zand is afgezet. De oeverwal is humeus en heeft een roestige basis met veel ijzerconcreties. De in het veld gemeten pH van de bodem ligt op een halve meter diepte rond de 6, in de bovengrond varieert de pH van 4.5 tot 5.5. Voor een uitgebreidere beschrijving van de bodemopbouw en geomorfologie van het gebied wordt verwezen naar Sival et al. (2005 in prep).



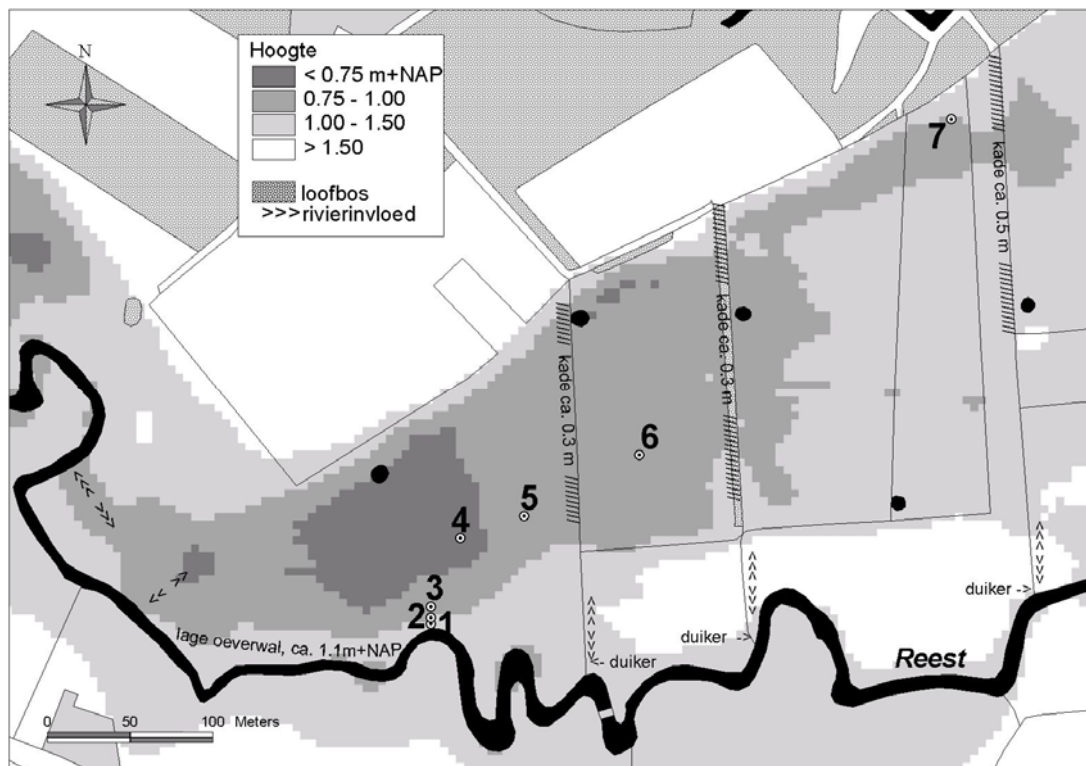
*Figuur 2.14 Dwarsprofiel van het transect door de Havixhorst met bodemopbouw*

### **Hoogteligging en hydrologie**

De hoogteligging van de meetpunten in de Havixhorst varieert van 0.69 (punt 4) tot 1.03 m+NAP (punt 1). Punt 1 ligt op een oeverwallepje dat zich langs grote delen van de Reest uitstrekt (figuur 2.15). Bij de Havixhorst is de hoogte van het wallepje ongeveer 1.10 m + NAP. Wat verder stroomafwaarts ontbreekt het wallepje. Het gebied staat via drie diep liggende duikers in feite in open verbinding met de Reest. Bij een stand van 0.70 m+NAP staat plek 4 dus al onder water. Bij een stand van 0.95 m+NAP ontstaat er een kortsluiting met de laagte in de oeverwal en zal er stroming door het gebied optreden. Bij de meetpunten 6 en 7 wordt stroming afgeschermd door kades.

Omdat het waterschap geen peilgegevens beschikbaar had is gebruik gemaakt van gegevens uit het grondwaterarchief DINO van NITG-TNO. Het betreft meetgegevens van een peilschaal die 6.2 km stroomopwaarts staat en een peilschaal die 1.7 km stroomafwaarts in een zijtak van de Reest staat (figuur 2.12). Van deze laatste peilschaal bedraagt de afstand tot de Reest ruim 150 m. In droge perioden stond deze zijtak droog, maar de hoge standen komen ongeveer overeen met het peil van de Reest. De meetperiode loopt van juli 1991 tot juli 2003. In 1991 en 1992 zijn de standen 2x per maand geregistreerd en vanaf 1993 slechts 1x per maand (rond de 28e), waarbij bovendien nog enkele metingen ontbraken. Om toch een overstromingsfrequentie voor de Havixhorst te kunnen vaststellen zijn van de 12 jaar alle standen rond de 28e van iedere maand gebruikt, waarbij ontbrekende gegevens door interpolatie zijn berekend. Iedere meting is verondersteld representatief te zijn voor een maand (ca. 30.5 dagen).





Figuur 2.15 Globale hoogteligging en aan- en afvoerroutes bij hoogwater in de locatie Havixhorst

Om een schatting van de inundatieduur van de meetpunten in de Havixhorst te kunnen geven zijn de waterstanden die hoger zijn dan het laagst gelegen meetpunt (0.69 m+NAP) cumulatief gerangschikt. Door de 33 waarnemingen die dat betrof is een trendlijn berekend ( $R^2=0.98$ ), waaruit vervolgens het aantal inundatiedagen is vastgesteld. In bijlage 2 staat voor de meetpunten het aantal dagen dat het jaarlijks onder water staat. Gemiddeld staan de punten 8 dagen per jaar 20 cm of meer onder water. Er is geen schatting gegeven van de frequentie waarmee dat gebeurt omdat de meetfrequentie daarvoor te laag was.

De kwaliteit van het Reestwater wordt op meerdere plaatsen systematisch gemeten. Het dichtst bij de Havixhorst wordt dat gedaan bij de stuw voor de Hoogeveense Vaart. In de periode waarvan meetgegevens beschikbaar zijn (april 2001 – mei 2002) is 18 keer bemonsterd. Omdat geen enkele meetdatum samenviel met een dag waarop een hoge stand van de Reest is gemeten, zijn de metingen van de maanden oktober t/m april gebruikt omdat dan de kans op overstroming het grootst is. Overigens is de kwaliteit van de Reest, ongeacht de stand of de periode van het jaar, erg stabiel. In tabel 2.7 staan de gemiddelde waarden van de 7 bemonsteringen. Voor het totaal-gemiddelde zijn 18 meetresultaten gebruikt.

Tabel 2.7 Gemiddelde samenstelling van de Reest bij kans op hoog water. Tussen haakjes staat het gemiddelde van alle metingen

|       | Zicht<br>(dm) | PH<br>(-)    | EC<br>(mS/m) | Cl<br>(mg/l) | N-kj<br>(mgN/l<br>) | NH4<br>(mgN/l<br>) | NO3<br>(mgN/l<br>) | o-P<br>(mgP/l) | Tot-P<br>(mgP/l) |
|-------|---------------|--------------|--------------|--------------|---------------------|--------------------|--------------------|----------------|------------------|
| Gem.  | 3<br>(4)      | 7.5<br>(7.4) | 38<br>(36)   | 33<br>(34)   | 1.9 (1.8)           | 0.4<br>(0.3)       | 1.5<br>(1.5)       | 0.06<br>(0.07) | 0.2<br>(0.2)     |
| stdv. | 1<br>(1.5)    | 0.3<br>(0.4) | 3<br>(5)     | 3<br>(5)     | 0.4 (0.5)           | 0.3<br>(0.3)       | 0.1<br>(2.0)       | 0.03<br>(0.09) | <0.1<br>(0.1)    |

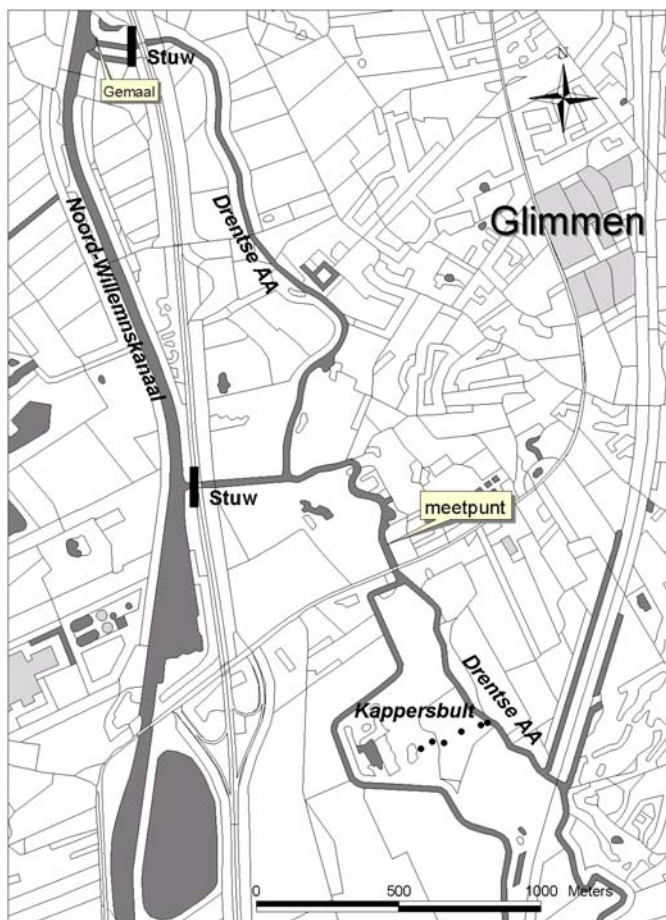
## 2.5 Kappersbult

### *Algemeen*

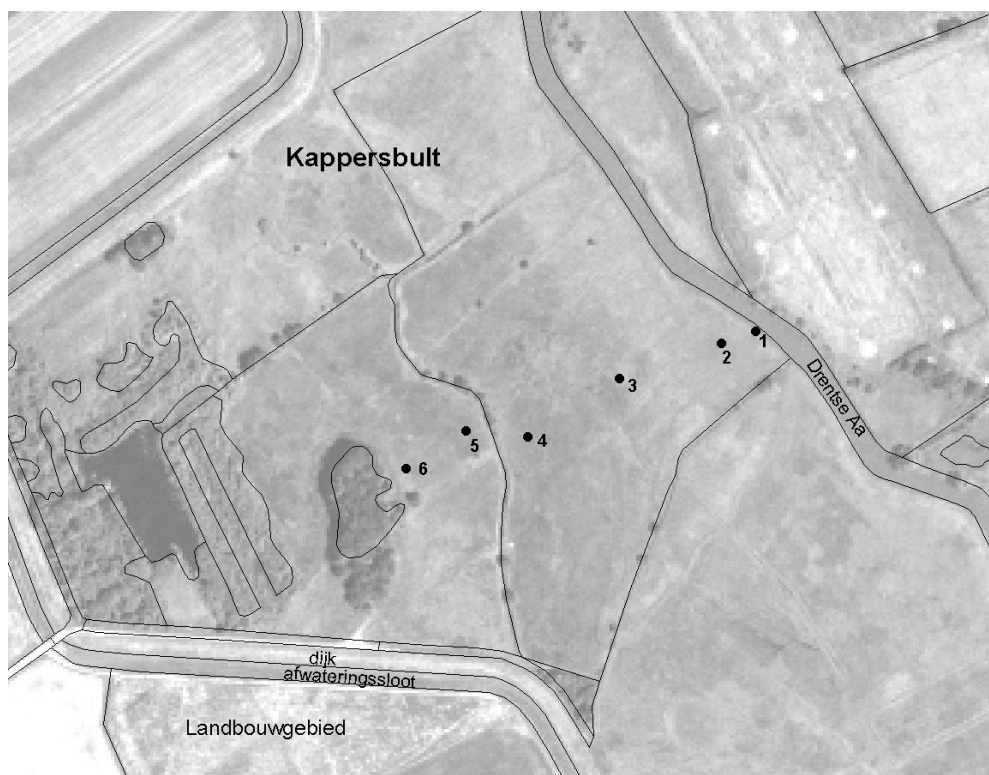
De Kappersbult ligt in het noordelijkste deel van het Drentse Aa, 1,5 km ten zuiden van Glimmen (figuur 2.16). De bodem bestaat grotendeels uit veen. Het reservaat ligt op de westelijke oever van de Drentse Aa. Aan de westzijde liggen dieper ontwaterde landbouwgronden die door een dijk worden gescheiden van het reservaat. In figuur 2.17 is de ligging van de monsterpunten aangegeven. Het transect begint bij de oever van de Drentse Aa (punt 1) en eindigt aan de voet van een lage dekzandrug begroeid met eikenbos (punt 6).

### *Beschrijving vegetatie*

Langs de oever van de Drentse Aa wordt de vegetatie gedomineerd door een hoge ruigte van Rietgras en Hennegras (punt 1). Daarachter volgt een wat lager gedeelte met een dichte vegetatie van Scherpe zegge (punt 2). Verder van de oever wordt de vegetatie geleidelijk opener en lager, en volgt een zone waarin Noordse Zegge voorkomt (punt 3). De vegetatie wordt gedomineerd door Hennegras en de (fertiele) bastaard tussen Scherpe zegge en de Zwarte zegge. Doordat de begroeiing wat opener is, is er meer ruimte voor een moslaag van voornamelijk Gewoon puntmos. Deze begroeiing vormt de overgang naar een Kleine-zeggenvegetatie (punt 4), waarin naast Zwarte zegge en Moerasstruisgras ook veel Snavelzegge en Waterdrieblad voorkomen. Aan de overkant van een waterloop ligt wat kruidenrijkere Kleine-zeggenvegetatie (punt 5) die door het voorkomen van Blauwe zegge wel wat overeenkomsten heeft met een blauwgrasland. In dit gedeelte komen naast Zwarte zegge, Blauwe zegge en Moerasstruisgras ook relatief veel Veenpluis en Waternavel voor. Het transect eindigt aan de voet van de dekzandrug in een grazige vegetatie met Rood zwenkgras, Reukgras en Ruwe smele (punt 6), die door het overgangskarakter tussen natte moerasvegetaties en droge schraallanden vegetatiekundig niet goed plaatsbaar is. Een uitgebreidere beschrijving van de vegetatie is te vinden in bijlage 1. In tabel 2.8 is de indeling van de opnamen in vegetatietypen volgens De Vegetatie van Nederland aangegeven. Wat betreft de drogestofproductie is er een duidelijk aflopende lijn, met de hoogste biomassa op de oeverwal (9 ton ds/ha) en de laagste biomassa bij punt 6 (1,8 ton ds/ha).



*Figuur 2.16 Ligging van de Kappersbult*



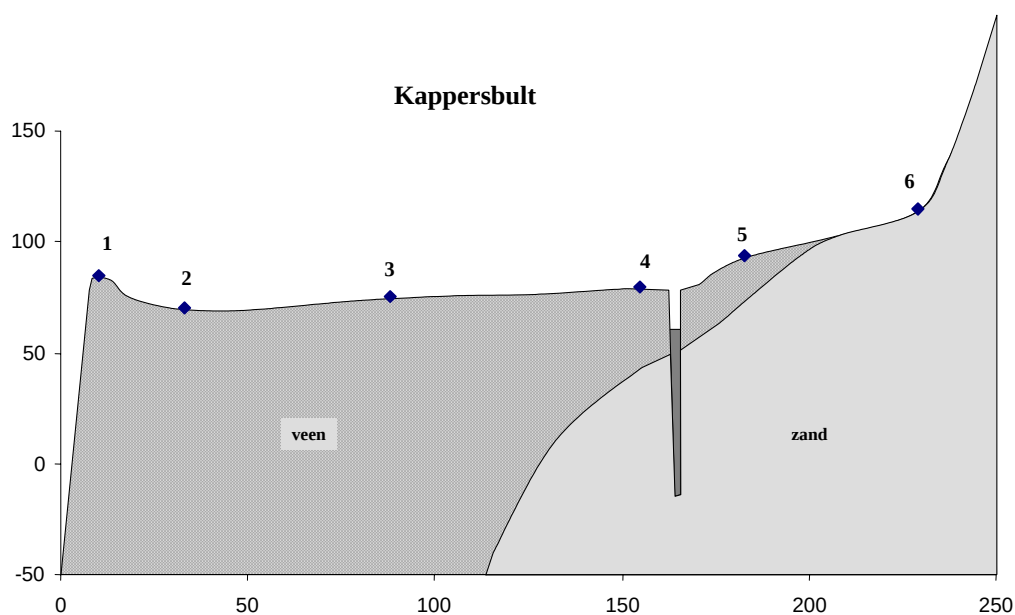
Figuur 2.17 Transect door de Kappersbult met ligging van de monsterpunten

Tabel 2.8 Syntaxonomische indeling opnamen Kappersbult

| Opn. | Code   | Latijnse naam                                           | Ned. naam                                                   |
|------|--------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| K1   | 32RG05 | RG Phalaris arundinacea-<br>[Convolvulo-Filipenduletea] | Rompgemeenschap van Rietgras                                |
| K2   | 8Bc2a  | Caricetum gracilis typicum                              | Ass. van Scherpe zegge; typische subass.                    |
| K3   | 8Bc4   | Lysimachio-Caricetum aquatilis                          | Associatie van Noordse zegge                                |
| K4   | 9Aa3a  | Carici curtae-Agrostietum<br>typicum                    | Ass. van Moerasstruisgras en Zompzegge;<br>typische subass. |
| K5   | 9Aa3   | Carici curtae-Agrostietum                               | Ass. van Moerasstruisgras en Zompzegge                      |
| K6   | -      | -                                                       | -                                                           |

### **Beschrijving bodem**

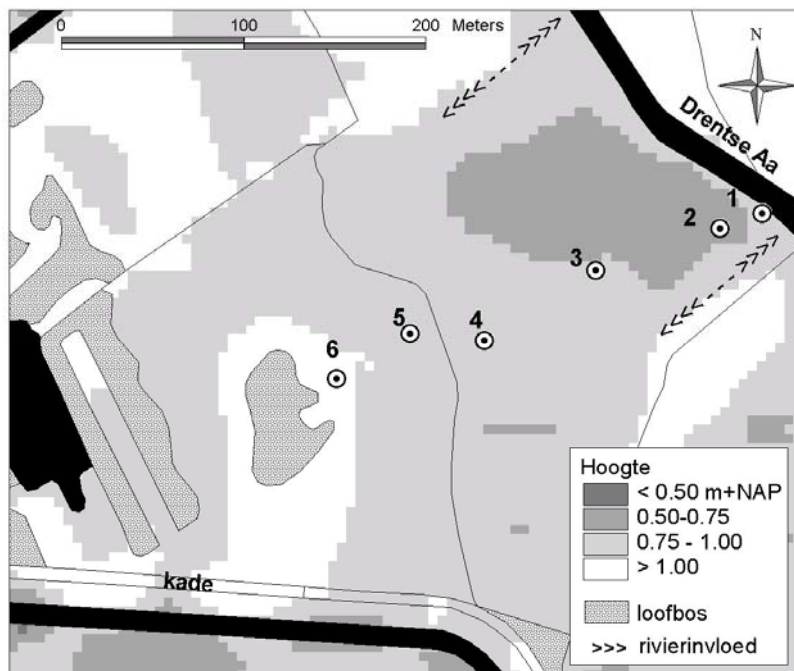
De bodem bestaat in het eerste gedeelte van het profiel uit kleiig veen en enige klei, die bij punt 5 uitwigt tegen de pleistocene ondergrond. De ondergrond bestaat bij de punten 5 en 6 uit lemig fijn zand, met in punt 6 op 90 centimeter diepte met een dunne laag leem. Voor een uitgebreidere beschrijving van de bodemopbouw en geomorfologie van het gebied wordt verwezen naar Sival et al. (2005 in prep).



*Figuur 2.18 Bodemprofiel Kappersbult. Hoogte in cm t.o.v. NAP, lengte in meters vanaf Drentse Aa.*

### ***Hoogteligging en hydrologie***

De hoogteligging van de meetpunten varieert van 0.70 (punt 2) tot 1.09 m+NAP (punt 6). De laagste delen van Kappersbult hebben een maaiveldshoogte van ca. 0.6 m +NAP. Langs de Drentse Aa bevindt zich wel een lage oeverwal maar die vormt geen beletsel voor inundatie vanuit de Drentse Aa (figuur 2.19). Het gebied ligt over een 1 km lang traject langs de Drentse Aa, waardoor er bij inundatie stroming op gaat tredt. De sterkte zal afhangen van de afstand tot de Drentse Aa en de inundatiediepte. Het gebied kent geen geulvormige laagtes of kortsluitingen waar sterke nevenstromingen kunnen optreden.



*Figuur 2.19 Globale hoogteligging en aanvoer- en afvoerroutes water bij hoogwater in de Kappersbult*

Tot dit voorjaar 2004 stroomde de Drentse Aa enkele kilometers stroomafwaarts uit op de Noord-Willemsvaart. Dat gebeurt via stuwen in de oorspronkelijke loop en via een iets zuidelijker gelegen afleidingskanaal.. Sinds voorjaar 2004 stroomt de Drentse Aa enkele kilometers stroomafwaarts onder het Noord-Willemsvaart door waarna het de oorspronkelijke loop vervolgt. Bij de oorspronkelijke monding kan ook water worden ingelaten. Aan de westzijde van Kapperbult ligt een kade die het gebied scheidt van een polder. De waterhuishouding in Kapperbult zelf staat onder directe invloed van de Drentse Aa. Er zijn geen gemalen, kades of duikers die een barrière vormen bij de inundaties.

Er zijn waterstanden van de Drentse Aa opgenomen voor het afleidingskanaal, vlak bij de Kapperbult. Het opnamepunt is in 2003 verplaatst naar iets zuidelijker gelegen spoorbrug waar de standen automatisch geregistreerd worden. Van geen beide meetplekken zijn echter betrouwbare meetreeksen van voldoende lengte beschikbaar (pers. mededeling G. Nijhof, ws. Hunze en Aa's). Daarom moet vooralsnog gebruik worden gemaakt van meetgegevens van het meetpunt Schipborg dat 9 km stroomopwaarts ligt. Er is rekening gehouden met een verval van 1.35 m tot aan het transect met meetpunten in de Kappersbult. In totaal zijn gegevens van de periode 1977 - 1999 beschikbaar voor het berekenen van de inundatieduur en -frequentie. Uit de relatie tussen afvoerdebiet en waterstand zijn ontbrekende peilgegevens aangevuld. Van 1989, 1991, 1992 en 1994 ontbraken dermate veel gegevens, dat deze niet zijn gebruikt. Er resteerden in totaal gegevens van 19 jaar. In bijlage 2 wordt een overzicht gegeven van de berekende overstromingsduren en -frequenties. Het gemiddelde aantal dagen dat de meetpunten 20 cm of meer onder water staan varieert van minder dan 2 dagen bij punt 6 tot meer dan 12 dagen bij punt 2.

De kwaliteit van het beekwater wordt al geruime tijd op meerdere plekken van de Drentse Aa gemeten. Daaronder bevindt zich een punt aan de noordzijde van de Kappersbult waar sinds januari 1981 meestal maandelijks de kwaliteit is gemeten. De laatste meting waarvan gegevens beschikbaar zijn dateert van januari 2002. Uit de meetreeks zijn de datums geselecteerd dat de laagste delen van de Kappersbult onder water stonden. De meeste van de 15 datums waarop dat het geval was vielen in de winter. Vervolgens zijn de analyseresultaten van de verschillende parameters gemiddeld (tabel 2.9). Calcium (19.0), magnesium (3.9 mg/l), natrium (7.5 mg/l) en kalium (7.8 mg/l) zijn slechts éénmaal bepaald. Voor het totaal-gemiddelde zijn 252 meetresultaten gebruikt.

*Tabel 2.9 Gemiddelde samenstelling van de Drentse Aa bij hoog water. Tussen haakjes staat het gemiddelde van alle metingen*

|       | PH<br>(-)    | EC<br>(mS/m) | Cl<br>(mg/l) | N-kj<br>(mgN/l) | NH4<br>(mgN/l) | NO3<br>(mgN/l) | o-P<br>(mgP/l) | Tot-P<br>(mgP/l) | SO4<br>(mg/l)<br>n=3 (54) |
|-------|--------------|--------------|--------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|---------------------------|
| Gem.  | 7.2<br>(7.6) | 28<br>(31)   | 28<br>(28)   | 2.6<br>(1.5)    | 0.4<br>(0.2)   | 4.5<br>(2.4)   | 0.1<br>(<0.1)  | 0.4<br>(0.2)     | 21<br>(23)                |
| stdv. | 0.3<br>(0.3) | 6<br>(7)     | 6<br>(6)     | 0.9<br>(0.8)    | 0.2<br>(0.2)   | 1.5<br>(2.1)   | <0.1<br>(0.4)  | 0.3<br>(0.1)     | 7<br>(7)                  |

Aan de noord-, oost- en zuidzijde van Kappersbult bevinden de peilbuizen P0168, P0163 en P0164 met filterdieptes tot -55m tov NAP, en in het gebied zelf wordt op een groot aantal plaatsen de freatische grondwaterstand gemeten. De verschillen tussen de stijghoogte van het diepe grondwater en de grondwaterstand duiden op een permanente neerwaartse stroming.





### 3 Analyse meetgegevens

#### 3.1 Relatie productiviteit met waterkwaliteit

De slechte waterkwaliteit van de Nederlandse oppervlaktewateren wordt vaak gezien als de voornaamste risicofactor bij de overstroming van natuurgebieden. Een vraag is daarom of er een relatie is te vinden tussen de waterkwaliteit en de gemiddelde productiviteit van de vegetatie. Om deze vraag te beantwoorden is in tabel 3.1 de oppervlaktewaterkwaliteit van de beken vergeleken met de drogestofproductie van de onderzochte beekdalgraslanden. Links is het gemiddelde gehalte aan nutriënten in het oppervlaktewater aangegeven. Daarbij is uitgegaan van het gemiddelde in het zomerhalfjaar om de gehalten te kunnen vergelijken met de MTR-normen (Maximaal Toelaatbaar Risico) uit de 4<sup>e</sup> Nota Waterhuishouding. In alle onderzochte wateren liggen de nutriëntengehaltes boven de streefwaarden op basis van het MTR. (max. 2.2 mg N-tot/l en 0.15 mg P-tot/l), met uitzondering van de Reest waar de waarden ongeveer liggen op de normwaarden volgens het maximaal toelaatbaar risico. In alle andere gevallen worden de normwaarden voor N en P ruim overschreden. Voor de nutriëntengehaltes van het bodemsediment vormt de eenmalige bemonstering tijdens het veldwerk de enige bron van gegevens. Hoewel weinig betrouwbaar kan uit deze bemonstering wel worden afgelezen dat –wederom met uitzondering van de Reest– het bodemsediment hoge gehalten aan makkelijk oplosbaar fosfor bevat, waarbij de hoogste gehalten worden aangetroffen in de Dommel.

Tabel 2.1 Waterkwaliteit<sup>1</sup>, fosfaatbeschikbaarheid<sup>2</sup> waterbodem en productiviteit<sup>3</sup> in de onderzochte transecten

| Beek-natuurgebied      | oppervlaktewater             |                              |                              | water-<br>bodem<br>P-al<br>mg/kg <sup>2</sup> | Productiviteit<br>(ton d.s./ha) <sup>3</sup> |           |
|------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------|
|                        | P-tot<br>mg P/l <sup>1</sup> | N-tot<br>mg N/l <sup>1</sup> | N-amm<br>mg N/l <sup>1</sup> |                                               | gem                                          | range     |
| Reest-Havixhorst       | 0.2                          | >1.9                         | 0.4                          | 33                                            | 4.0                                          | (2.2-5.7) |
| Vecht-Rheezermaten     | 0.2                          | 6.7                          | 0.3                          | 165                                           | 5.1                                          | (3.5-6.4) |
| Drentse Aa-Kappersbult | 0.4                          | >4.9                         | 0.4                          | 121                                           | 4.6                                          | (1.8-9.0) |
| Dommel-Dommelbeemden   | 0.6                          | 5.9                          | 0.9                          | 419                                           | 2.8                                          | (2.0-4.5) |
| Dommel-Malpiebeemden   | 0.6                          | 5.9                          | 1.1                          | 248                                           | 5.1                                          | (2.8-8.9) |

1 gemiddelden zomerhalfjaar (mei t/m september) op basis gegevens waterschappen

2 eenmalige enkelvoudige bemonstering onderwaterbodem juni 2003

3 standing crop hooilanden juni 2003

Aan de rechterzijde van tabel 2.1 staat de gemiddeld productiviteit en de range in drogestofproductie van de in de transecten bemonsterde vegetaties aangegeven. Er lijkt geen relatie te bestaan met de waterkwaliteit. Wat opvalt is dat langs de Dommel, met van de onderzochte beken en rivieren de slechtste waterkwaliteit, zowel een locatie voorkomt met een zeer hoge gemiddelde productiviteit (Malpiebeemden) als een locatie met een zeer lage gemiddelde productiviteit (Dommelbeemden). De oppervlaktewater-kwaliteit lijkt dus geen doorslaggevende factor te zijn voor de productiviteit van de onderzochte hooilanden.

### 3.2 Relatie productiviteit met overige variabelen

Op basis van de waarnemingen per monsterpunt is nagegaan welke factoren mogelijk wél gerelateerd zijn aan de productiviteit van de vegetatie. Om een eerste indruk te krijgen is een lineaire regressie uitgevoerd voor alle op de monsterplekken gemeten variabelen. De resultaten daarvan zijn weergegeven in tabel 3.2. De regressie is uitgevoerd op twee manieren: in de linkertabel de resultaten wanneer een lineaire regressie wordt uitgevoerd over alle meetpunten, in de rechtertabel wanneer de gegevens worden gegroepeerd naar gebied en verschillen in hellingshoek en snijpunt met de Y-as worden toegestaan per gebied (linear regression with grouped data). De analyse is uitgevoerd met GENSTAT 7.1 (Payne e.a. 2003)

*Tabel 3.2 Relatie van de onderzochte variabelen met de productiviteit van de vegetatie, uitgaande van lineaire regressie, links zonder en rechts met groepering naar gebieden. Aangegeven wordt het percentage verklaarde variantie en de significantie op basis van de overschrijdingskans*

| Verklarende<br>variabele | over alle geb.<br>%Var. | sign     | per gebied<br>%Var | p         |
|--------------------------|-------------------------|----------|--------------------|-----------|
| afstand                  | 0%                      | -        | 47%                | **        |
| Zn                       | 8%                      | -        | 45%                | **        |
| Cd                       | 5%                      | -        | 21%                | -         |
| Cu                       | 8%                      | -        | 49%                | **        |
| Pw                       | 21%                     | **       | 31%                | *         |
| Pal                      | 4%                      | -        | 34%                | *         |
| Ptotaal                  | 11%                     | *        | 52%                | **        |
| Ntotaal                  | 0%                      | -        | 27%                | -         |
| Ktotaal                  | 9%                      | -        | 41%                | *         |
| %klei                    | 0%                      | -        | 23%                | -         |
| %leem                    | 16%                     | **       | 38%                | *         |
| %leem+klei               | 12%                     | *        | 34%                | *         |
| dgn5cm                   | 0%                      | -        | 17%                | -         |
| dgn10cm                  | 0%                      | -        | 17%                | -         |
| dgn20cm                  | 0%                      | -        | 20%                | -         |
| keer5cm                  | 0%                      | -        | 18%                | -         |
| keer10cm                 | 0%                      | -        | 21%                | -         |
| significantie:           | -                       | p > 0.05 | *                  | p < 0.05  |
|                          | **                      | p < 0.01 | ***                | p < 0.001 |

Wat opvalt in tabel 3.2 is dat vrijwel alle variabelen waarmee een significante relatie wordt gevonden, op de een of ander manier zijn gerelateerd aan de afzetting van sediment: gehaltes aan zware metalen, fosfor en kalium, gehalte aan leem en de afstand. Ook onderling bestaat een duidelijk relatie tussen deze variabelen (zie bijlage 5). In tabel 3.3 is voor de variabelen die het duidelijkst aan de drogestofproductie van de vegetatie zijn gerelateerd weergegeven wat de relatie is met afstand. Met name voor de zware metalen geldt dat de gehaltes in de bodem vrijwel geheel verklaard kunnen worden tussen verschillen in gebieden in combinatie met de afstand vanaf de beek of rivier.

*Tabel 3.3 Relatie van een aantal significant aan de drogestofproductie gerelateerde variabelen met de afstand tot de beek of rivier. Aangegeven wordt het percentage verklaarde variantie op basis van lineaire regressie en de significantie van de relatie op basis van de overschrijdingskans*

| Responsvariabele | over alle geb. |          | per gebied |           |
|------------------|----------------|----------|------------|-----------|
|                  | %Var.          | sign     | %Var       | p         |
| Zn               | 9%             | -        | 81%        | ***       |
| Cu               | 6%             | -        | 79%        | ***       |
| %leem            | 11%            | *        | 52%        | **        |
| Ptotaal          | 19%            | **       | 51%        | **        |
| significantie:   | -              | p > 0.05 | *          | p < 0.05  |
|                  | **             | p < 0.01 | ***        | p < 0.001 |

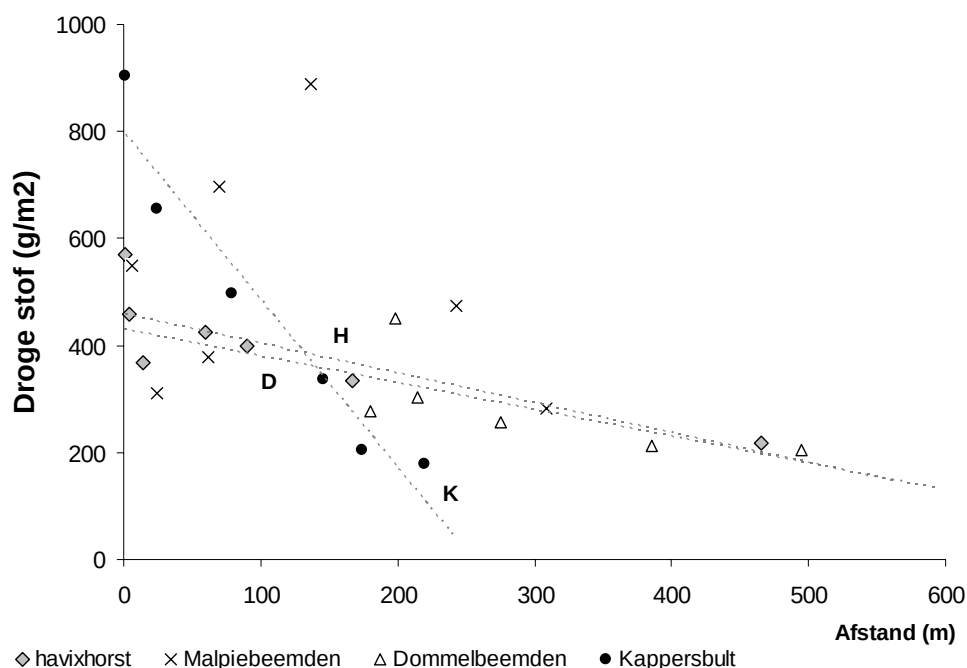
Wat verder opvalt in tabel 3.2 is dat geen enkel verband wordt gevonden met overstromingsduur- en frequentie, ook niet wanneer rekening wordt gehouden met verschillen tussen gebieden.

Voor een aantal variabelen worden de gevonden relaties in het onderstaande gedetailleerder geanalyseerd.

### ***Relatie productiviteit met afstand***

In figuur 3.1 is de relatie weergegeven tussen de drogestofproductie van de vegetatie in de meetpunten en de afstand tot de beek of rivier. De waarnemingen in de Rheezermaten zijn weggelaten omdat deze alle op grote afstand van de rivier liggen. Zoals te zien in de figuur varieert de aard van de relatie sterk per gebied, wat de reden is dat geen overall relatie met de afstand wordt gevonden (tabel 3.2, linker-kolom). Wordt wel onderscheid gemaakt tussen de gebieden dan is er in de Kappersbult, Dommelbeemden en Havixhorst wel sprake van een duidelijke relatie met de afstand, zij het dat de relatie voor de Dommelbeemden niet significant is (tabel 3.4). Het duidelijkste is de relatie in de Kappersbult waar de productie afneemt van ruim 900 g/m<sup>2</sup> (9 ton ds/ha) bij punt 1 tot 180 g/m<sup>2</sup> bij punt 6. In de Dommelbeemden en de Havixhorst zijn de verschillen in droge-stofproductie veel kleiner.

In de Malpiebeemden is er geen relatie tussen droge-stofproductie en afstand. Het ontbreken van een relatie wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de grilliger sedimentatiepatronen in het gebied, die weer samenhangen met het relatief grote verhang en de actieve meandering van deze bovenloop van de Dommel. De punten met de hoogste productie (punten 3 en 4, met resp. 7 en 9 ton ds/ha) liggen relatief ver van de beek maar liggen wel in een preferente stroombaan van het water bij hoge waterstanden (figuur 2.4). Punt 7 ligt vrij beschut achter de oeverwal, en heeft ondanks de ligging vlak naast de beek een relatief lage productie (minder dan 4 ton ds/ha), waarschijnlijk doordat hier nauwelijks sedimentatie optreedt.



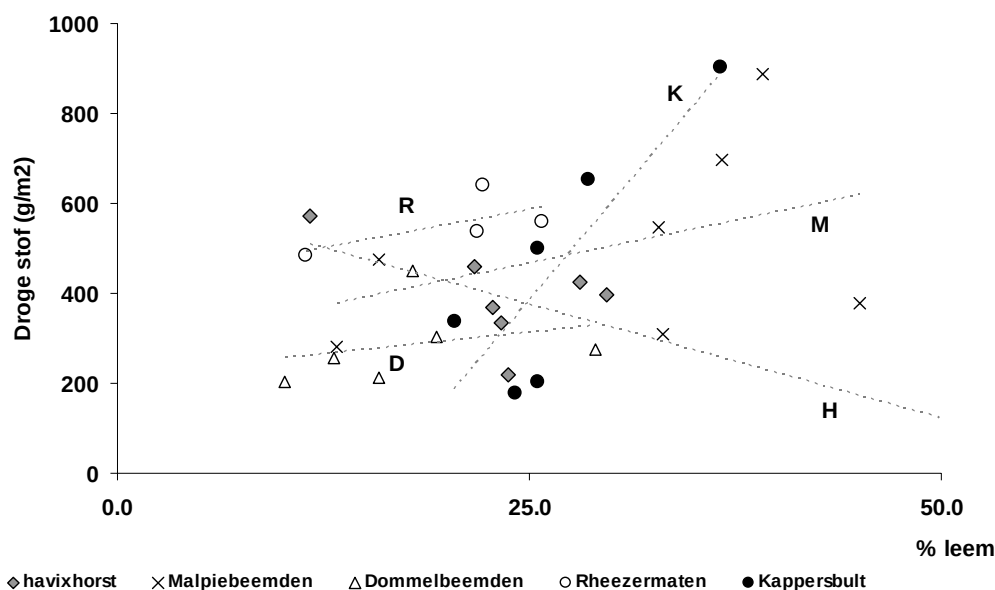
Figuur 3.1 Drogenstofproductie als functie van de afstand tot de beek of rivier

Tabel 3.4 Relatie tussen drogestofproductie en afstand voor de afzonderlijke gebieden op basis van lineaire regressie

| Gebied         | R       | p      |
|----------------|---------|--------|
| Malpiebeemden  | -0.18   | 0.79   |
| Dommelbeemden  | -0.69   | 0.13   |
| Havixhorst     | -0.84   | 0.02   |
| Kappersbult    | -0.97   | 0.00   |
| (Rheezermaten) | (-0.11) | (0.85) |

### Relatie productiviteit met gehalte aan leem

In figuur 3.2 is de relatie weergegeven tussen de drogestofproductie in de meetpunten en het leemgehalte in de bodem. Alleen in de Kappersbult wordt een significante relatie gevonden met het leemgehalte. In de overige gebieden wordt wel een positieve relatie gevonden met het leemgehalte, maar is de relatie niet significant. Een uitzondering vormt de Havixhorst, waar sprake lijkt te zijn van een negatief verband tussen productie en leemgehalte. Deze negatieve correlatie wordt vooral veroorzaakt door het eerste punt op de oeverwal, waar een hoge productie ( $570 \text{ g ds/m}^2$ ) gepaard gaat met een laag gehalte aan leem (12%). In de overige punten varieert het leemgehalte weinig, het ligt daar tussen de 22 en 30%.



Figuur 3.2 Drogestofproductie als functie van het leemgehalte

Tabel 3.5 Relatie tussen drogestofproductie en het leemgehalte voor de afzonderlijke gebieden op basis van lineaire regressie

| Gebied        | R     | p    |
|---------------|-------|------|
| Malpiebeemden | 0.41  | 0.36 |
| Dommelbeemden | 0.28  | 0.59 |
| Havixhorst    | -0.54 | 0.21 |
| Kappersbult   | 0.84  | 0.04 |
| Rheezermaten  | 0.65  | 0.35 |

### Relatie productiviteit met gehalte aan zware metalen

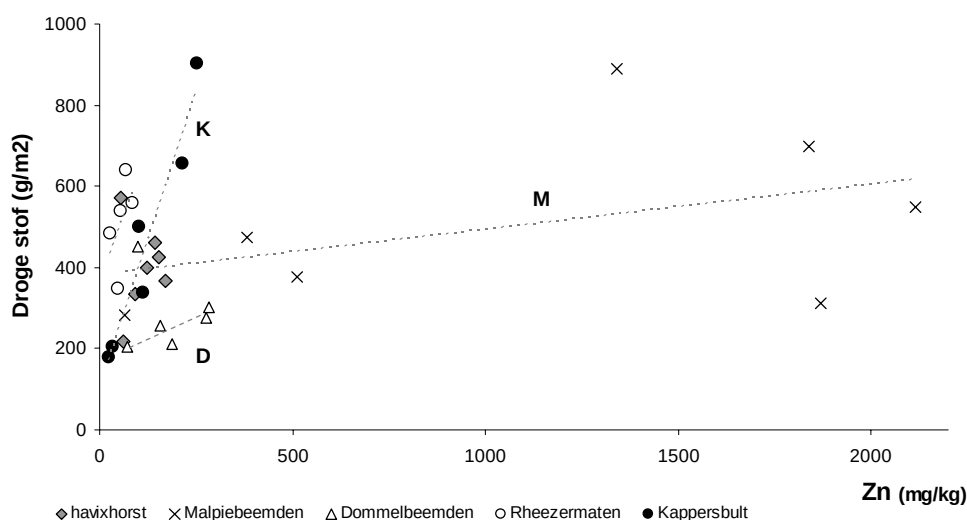
In figuur 3.3 is de relatie weergegeven tussen de drogestofproductie in de meetpunten en het gehalte aan zink in de bodem. Wat als eerste opvalt is dat de gehalten aan zink in de Malpiebeemden extreem hoog zijn. Dat is nog een gevolg van vroegere lozingen door metaalindustrie. De gehalten aan zink in de bodem liggen meestal hoger dan aangetroffen in het huidige bodemsediment (gehalten tot 2 g/kg in de bodem versus 0,4 g/kg in de onderwaterbodem, zie bijlage 3). In de Malpiebeemden, Kappersbult en Rheezermaten lijkt er een duidelijke positieve relatie te bestaan tussen productie en het gehalte aan zink, maar door het geringe aantal meetpunten is de relatie alleen in de Kappersbult significant.

In de Dommelbeemden is het één afwijkend punt wat zorgt voor de slechte relatie, te weten punt 2. Hier is ondanks een relatief hoge productiviteit van de vegetatie (450 g/m<sup>2</sup>) het zinkgehalte relatief laag (98 mg/kg). Zoals aangegeven in de gebiedsbeschrijvingen (par. 2.2) wijkt dit punt nogal af omdat sprake is van een opgehoogde grond. Wordt het punt weggelaten dan neemt de correlatiecoëfficiënt toe tot 0.84 en de overschrijdingskans af tot 0.075.

In de Havixhorst is het wederom punt 1 op de oeverwal (zie vorige paragraaf over de relatie met het leemgehalte) die duidelijk afwijkt van de andere punten. Het punt heeft de hoogste productiviteit binnen het transect (570 g ds/m<sup>2</sup>), maar tevens het laagste gehalte aan zink (54 mg/kg). Zou met dit punt geen rekening worden

gehouden dan neemt de correlatiecoëfficiënt toe tot 0.98 en de overschrijdingskans af tot 0.057. Deze relatie wordt dan echter wel grotendeels bepaald door het andere afwijkende punt 7, dat aan het andere uiteinden van het transect ligt en waar zowel zinkgehalte als productiviteit veel lager zijn dan in de rest van het transect.

Omdat de gehalten aan zink en koper onderling sterk aan elkaar zijn gerelateerd (correlatiecoëfficiënt is 0.95) zijn de relaties met koper vergelijkbaar met die voor zink. Voor cadmium zijn de gehalten vaak zo laag dat ze liggen beneden het meetbereik van de gebruikte methode.



Figuur 3.3 Drogenstofproductie als functie van het gehalte aan zink in de bodem. NB: trendlijn voor Dommelbeemden berekend met weglating van punt 2 (toelichting zie tekst)

Tabel 3.6 Relatie tussen drogestofproductie en het gehalte aan zink voor de afzonderlijke gebieden op basis van lineaire regressie

| Gebied        | R     | p     |
|---------------|-------|-------|
| Malpiebeemden | 0.41  | 0.36  |
| Dommelbeemden | 0.10* | 0.85* |
| Havixhorst    | 0.06  | 0.90  |
| Kappersbult   | 0.96  | 0.00  |
| Rheezermaten  | 0.52  | 0.37  |

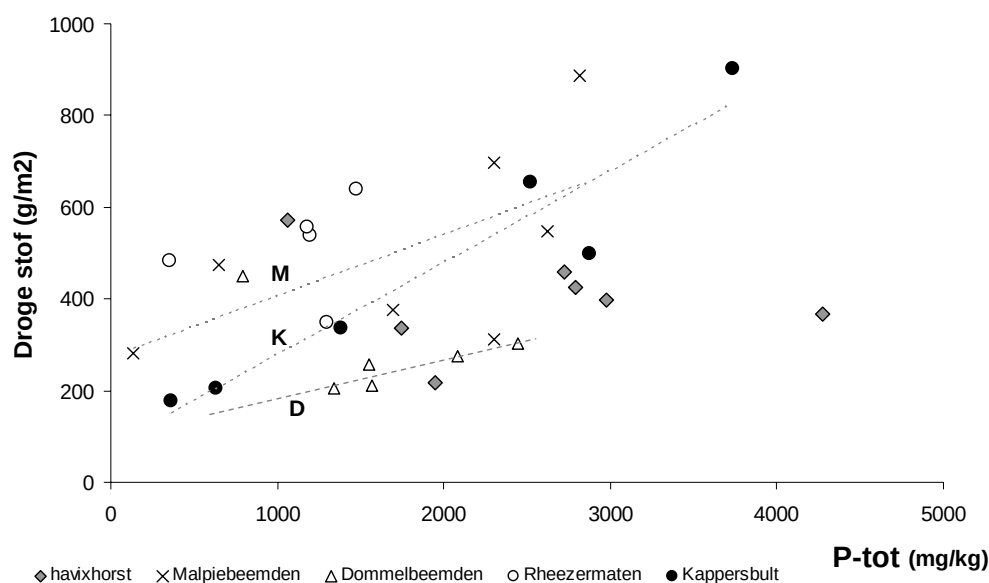
\*) R=0.84 en p=0.08 bij weglating van punt 2

### Relatie productiviteit met gehalte totaal-fosfaat

In figuur 3.4 is de relatie weergegeven tussen de drogestofproductie in de meetpunten en het gehalte aan fosfaat in de bodem. Alleen in de Kappersbult en de Malpiebeemden lijkt er een duidelijke relatie te bestaan met het fosfaatgehalte van de bodem., maar door het geringe aantal meetpunten is de relatie alleen in de Kappersbult significant. In de Dommelbeemden is het één afwijkend punt wat zorgt voor de slechte relatie, te weten punt 2. Hier is ondanks een relatief hoge productiviteit van de vegetatie (450 g/m<sup>2</sup>) het fosfaatgehalte relatief laag (790 mg/kg). Zoals aangegeven in de gebiedsbeschrijvingen (par. 2.2) wijkt dit punt ook in andere opzichten af, omdat sprake is van een opgehoogde grond. Wordt het punt

weggelaten dan neemt de correlatiecoëfficiënt toe tot 0.91 en de overschrijdingskans af tot 0.032.

Bij de Rheezermaten, wijkt punt 2 nogal af door een lage productie bij een hoog fosfaatgehalte. Daarbij moet echter worden aangetekend dat dit monster nogal afwijkt omdat het gaat om een trilveen waar van een 'echte' bodem geen sprake is: het substraat bestaat uit drijvende plantenwortels en water, met daarin een geringe hoeveelheid slib. Het bodemonmonster heeft betrekking op het slibgedeelte, dat voor een groot deel bestaat uit organisch materiaal en daarom relatief veel voedingsstoffen bevat. Wordt dit punt weggelaten dan neemt de correlatiecoëfficiënt toe tot 0.89. Vanwege het geringe aantal punten is deze relatie echter niet significant ( $p=0.109$ ).



Figuur 3.4 Drogestofproductie als functie van het totaal-fosfaatgehalte. NB: trendlijn voor Dommelbeemden berekend met weglating van punt 2 (toelichting zie tekst)

Tabel 3.7 Relatie tussen drogestofproductie en het totale fosfaatgehalte voor de afzonderlijke gebieden op basis van lineaire regressie

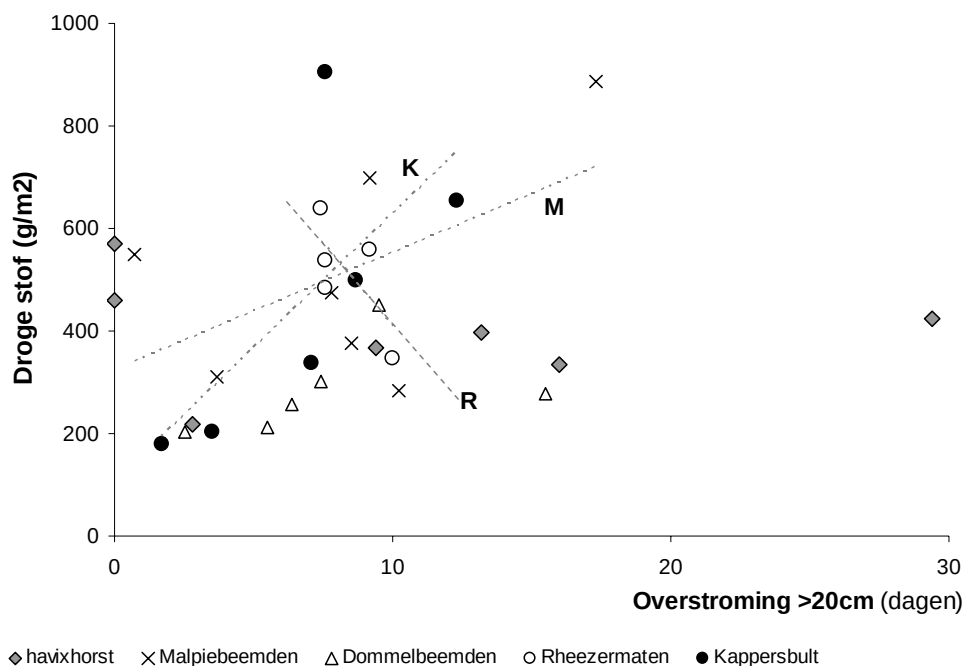
| Gebied        | R     | p     |
|---------------|-------|-------|
| Malpiebeemden | 0.62  | 0.14  |
| Dommelbeemden | 0.38* | 0.46* |
| Havixhorst    | 0.20  | 0.67  |
| Kappersbult   | 0.95  | 0.00  |
| Rheezermaten  | 0.22  | 0.72  |

\*)  $R=0.91$  en  $p=0.03$  bij weglating van punt 2

### Relatie productiviteit met de overstromingsduur

In figuur 3.5 is de relatie weergegeven tussen de drogestofproductie in de meetpunten en het aantal dagen dat het punt 20 cm of meer onder water staat. Alleen in de Kappersbult en de Malpiebeemden lijkt een positieve relatie te bestaan met de overstromingsduur, zij het dat deze relatie vanwege het geringe aantal punten niet significant is. In de Rheezermaten bestaat een duidelijke, maar eveneens niet significante, negatieve relatie met de overstromingsduur. De negatieve relatie wordt

vooral veroorzaakt door punt 2, het trilveen in een veenput, waar een relatief lange overstromingsduur samengaat met een lage productiviteit.



Figuur 3.5 Drogestofproductie als functie van de overstromingsduur

Tabel 3.8 Relatie tussen drogestofproductie en overstromingsduur voor de afzonderlijke gebieden op basis van lineaire regressie

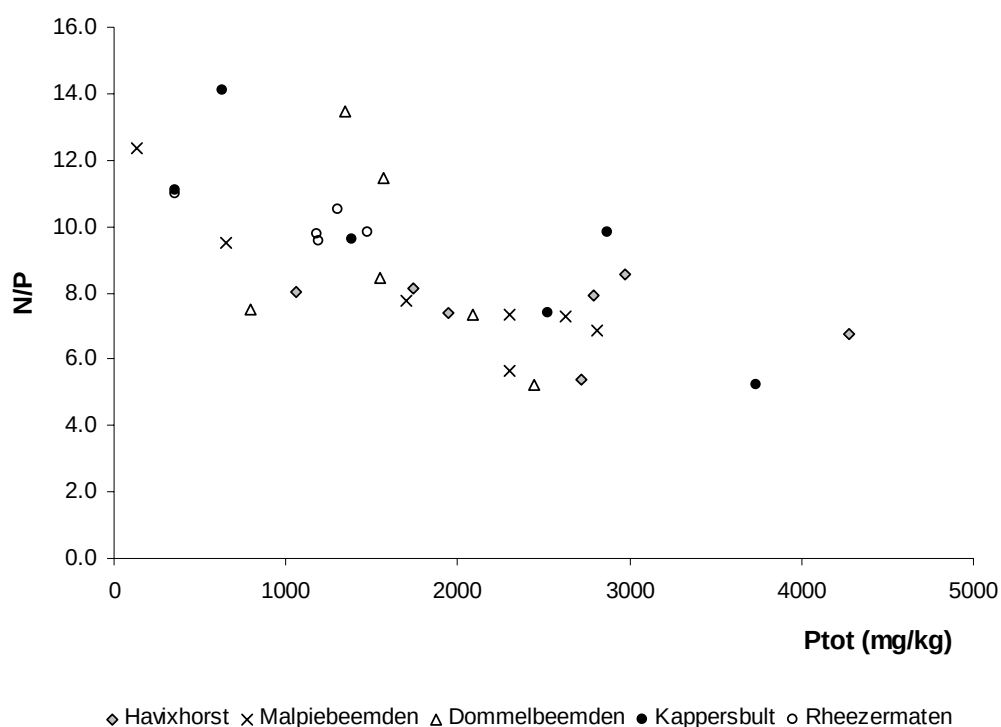
| Gebied        | R     | p    |
|---------------|-------|------|
| Malpiebeemden | 0.54  | 0.21 |
| Dommelbeemden | 0.42  | 0.40 |
| Havixhorst    | -0.13 | 0.78 |
| Kappersbult   | 0.70  | 0.12 |
| Rheezermaten  | -0.70 | 0.19 |

### 3.3 Nutriëntenbeperking

Een belangrijke indicatie voor de aard van de nutriëntenbeperking is de N/P verhouding van de vegetatie. Bij een verhouding van meer dan 16 is overwegend sprake van een beperking door P, bij een verhouding van minder dan 14 overwegend van een beperking door N (Koerselman en Meuleman 1996). In de onderzochte transecten ligt de N/P verhouding overwegend onder de 10 (bijlage 4) hetgeen aangeeft dat P op de meeste plekken hoogstwaarschijnlijk niet beperkend is. Monsterpunten met een N/P ratio van meer dan 14 komen niet voor. Wel komen een paar monsterpunten voor met N/P ratios tussen 12 en 14. Deze punten worden gekenmerkt door een schraalgrasland-achtige vegetatie (blauwgrasland of veldrushooiland) en liggen op de overgang naar de aangrenzende dekzandruggen (punt 5 Kappersbult, punt 1 Malpiebeemden, Punt 6 Dommelbeemden). Deze gegevens wijzen er op dat, met uitzondering van de uiterste randen van de overstromingsvlakten, er zoveel P wordt aangevoerd dat alleen N en K beperkend



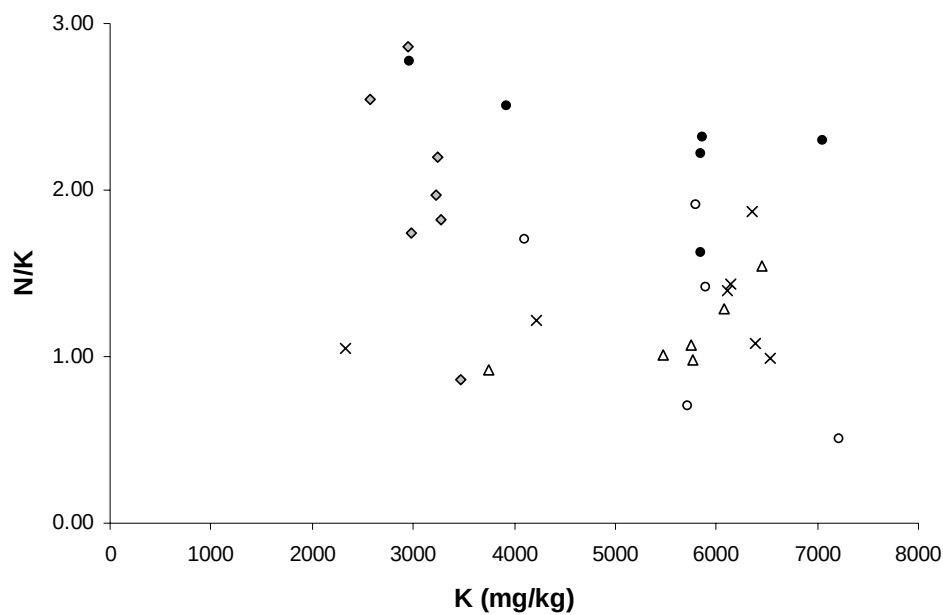
zijn. De N/P ratio is negatief gecorreleerd aan de hoeveelheid P in de bodem, het sterkst met P-totaal (zie bijlage 5).



*Figuur 3.6 N/P ratio als functie van de hoeveelheid P in de bodem*

*Tabel 3.9 Relatie tussen N/P-verhouding in de vegetatie en het P-gehalte van de bodem op basis van lineaire regressie*

| Gebied        | R     | p    |
|---------------|-------|------|
| Malpiebeemden | -0.90 | 0.01 |
| Dommelbeemden | -0.45 | 0.37 |
| Havixhorst    | -0.36 | 0.43 |
| Kappersbult   | -0.84 | 0.04 |
| Rheezermaten  | -0.74 | 0.15 |
| alle gebieden | -0.68 | 0.00 |



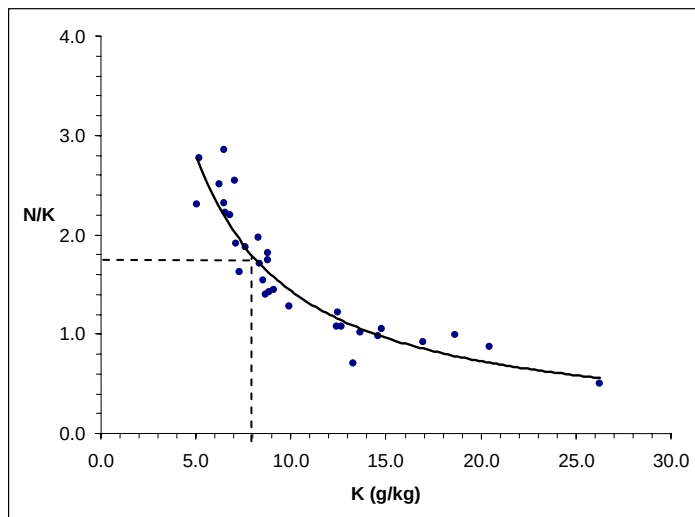
◆ Havixhorst × Malpiebeemden △ Dommelbeemden ● Kappersbult ○ Rheezermaten

Figuur 3.7 N/K ratio als functie van de hoeveelheid K in de bodem

Tabel 3.10 Relatie tussen N/K-verhouding in de vegetatie en het kalium-gehalte van de bodem op basis van lineaire regressie

| Gebied        | R     | p     |
|---------------|-------|-------|
| Malpiebeemden | +0.34 | 0.451 |
| Dommelbeemden | +0.72 | 0.107 |
| Havixhorst    | -0.72 | 0.067 |
| Kappersbult   | -0.63 | 0.183 |
| Rheezermaten  | -0.65 | 0.237 |
| alle gebieden | -0.37 | 0.040 |

De N/K verhoudingen zijn relatief hoog, en variëren van 0.51 tot 2.86. Volgens Pegtel et al. (1996) zouden verhoudingen van meer dan 1,2 wijzen op beperking door kalium. Volgens dit criterium zou in een groot deel van de monsterpunten kaliumbeperkt zijn: vrijwel alle punten in de Kappersbult en de Havixhorst, en een deel van de punten in de Rheezermaten en de Malpiebeemden. Alleen in de Dommelbeemden zou kaliumbeperking geen rol spelen. Door Willby et al. (2001) wordt, op basis van gegevens van De Wit et al. (1963), een kaliumgehalte van minder dan 8 g/kg genoemd als indicierend voor kaliumgebrek. Volgens dit criterium zou minder dan de helft van de punten, voornamelijk de punten in de Kappersbult en de Havixhorst, kaliumbeperkt zijn. Op basis van de eigen waarnemingen komt een kaliumgehalte van 8 g/kg overeen met een N/K verhouding van ca 1,8 (figuur 3.8). Dit getal sluit beter aan bij de N/K verhouding van 2,1 die door Olde Venterink (2000) wordt genoemd als grens tussen wel en niet door K gelimiteerde vegetaties.



Figuur 3.8 Relatie tussen N/K verhouding en kaliumgehalte in de vegetatie voor de onderzochte monsterpunten

De N/K verhouding is negatief gecorreleerd aan het gehalte K<sub>totaal</sub> en de afstand, en positief aan het gehalte klei en leem (bijlage 5). In figuur 3.7 is de N/K verhouding uitgezet tegen het totaalgehalte aan kalium in de bodem. Tussen beide bestaat een significante relatie, zij het dat de relatie niet sterk is ( $R = -0.37$ ,  $p = 0.04$ , zie tabel 3.10). Omdat het gehalte aan beschikbaar kalium in de bodem niet gemeten is, is niet aan te geven of de hoge N/K verhoudingen in onder meer de Kappersbult en de Havixhorst veroorzaakt worden door een geringe beschikbaarheid van het aanwezige kalium. Vanwege de positieve relatie met het gehalte aan klei zou kaliumfixatie mogelijk een rol kunnen spelen: van kleigronden is bekend dat kalium relatief sterk binden (Scheffer & Schachtschabel 1976).

### 3.4 Soortensamenstelling vegetatie

In hydrologisch weinig beïnvloede midden- en benedenlopen van beken en rivieren is bij extensief landbouwkundig beheer vaak sprake van een zonering waarbij dicht bij de beek relatief productieve grote-zeggenvegetaties en dotterbloemhooilanden voorkomen, die verder van de beek af overgaan in kleine-zeggenvegetaties en blauwgraslanden (Grootjans 1985). In hoeverre een dergelijke zonering zich kan ontwikkelen is echter afhankelijk van de lokale geomorfologie en het gevoerde beheer.

Tabel 4.1 Mate waarin vegetatietypen binnen gebied vertegenwoordigd zijn

|               | Natte<br>(strooisel)<br>ruigte | Grote-<br>zeggen<br>vegetatie | Dotterbloem<br>-hooiland | Kleine-<br>zeggen<br>veg./<br>Trilveen | Veldrus-<br>hooiland | Blauw-<br>grasland |
|---------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------|----------------------------------------|----------------------|--------------------|
| Malpiebeemden | +                              | (+)                           | -                        | -                                      | (+)                  | -                  |
| Dommelbeemden | +                              | -                             | ++                       | (+)                                    | -                    | +                  |
| Rheezermaten  | -                              | ++                            | +                        | ++                                     | +                    | -                  |
| Havixhorst    | +                              | ++                            | ++                       | -                                      | -                    | -                  |
| Kappersbult   | +                              | ++                            | -                        | ++                                     | -                    | (+)                |

(+) fragmentair /rompgemeenschap + aanwezig ++ soortenrijk

In de onderzochte gebieden worden vooral in de Dommelbeemden, Rheezermaten en de Kappersbult gradiënten aangetroffen die redelijk aan het geschetste beeld voldoen (tabel 4.1). In de Havixhorst is het beekdal te smal en de overgang naar de aangrenzende hogere gronden waarschijnlijk te abrupt voor een overgangszone met minder productieve kleine-zeggenvegetaties en/of blauwgraslanden.

In de meeste gebieden komen goed ontwikkelde grote-zeggenvegetaties en dotterbloemhooilanden voor. Een uitzondering vormt het gebied de Malpiebeemden. Hier komen soortenarme vegetaties voor die hooguit als rompgemeenschappen van grote-zeggenvegetaties en veldrushhooilanden kunnen worden ingedeeld. Mogelijke oorzaken zijn het beheer (niet alle percelen werden in het verleden jaarlijks gemaaid) en verdroging door de diepe waterpeilen in het aangrenzende landbouwgebied. Gemiddeld komen in dit gebied niet meer dan 10 soorten per opname voor, tegen meer dan 20 in de andere gebieden (tabel 4.2).

Rode-Lijstsoorten die in meerdere gebieden worden aangetroffen zijn Moeraskartelblad, Wateraardbei, Waterdrieblad en Draadrus. Wat betreft het gemiddeld aantal soorten per opname en het aantal Rode-lijstsoorten per opname zijn de vegetaties in de Dommelbeemden het rijkst ontwikkeld. Het feit dat in dit gebied veel kwel optreedt draagt hier mogelijk aan bij.

*Tabel 4.2 Gemiddelde soortenrijkdom en productiviteit van monsterpunten per gebied*

| Gebied        | Aantal opnamen | Gemiddeld Aantal soorten | Gemiddeld aantal Rode-lijst soorten | Gemiddelde score Rode-lijstsoorten* | Gemiddelde productie (g ds/m <sup>2</sup> ) |
|---------------|----------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------|
| Malpiebeemden | 7              | 10,7                     | 0                                   | 0                                   | 511                                         |
| Kappersbult   | 6              | 21,0                     | 1,3                                 | 2,0                                 | 463                                         |
| Havixhorst    | 7              | 21,4                     | 0,7                                 | 1,3                                 | 396                                         |
| Rheezermaten  | 5              | 27,6                     | 1,2                                 | 2,0                                 | 513                                         |
| Dommelbeemden | 6              | 26,5                     | 2,0                                 | 3,7                                 | 284                                         |

### 3.5 Relatie met kwel

Plekken met kwel hebben vaak een lagere productiviteit en een hogere soortenrijkdom dan plekken zonder kwel. Mogelijke verklarende mechanismen zijn de buffering van de bodem door het aangevoerde calciumcarbonaat en de vermindering van de fosfaatbeschikbaarheid door vastlegging aan met het kwelwater meegevoerde ijzer en calcium. Vanwege het beperkte budget was het niet mogelijk om de mate van kwel dan wel infiltratie in de monsterpunten te kwantificeren. Om toch enige indruk te krijgen van de invloed van het al dan niet aanwezig zijn van kwel zijn de monsterpunten op grond van de informatie uit de beschikbare literatuur en op basis van de veldwaarnemingen provisorisch ingedeeld naar kwel/infiltratie, waarbij de volgende ordening is gebruikt:

1. monsterpunt gelegen in infiltratiegebied
2. monsterpunt gelegen in potentieel kwelgebied, maar relatief hooggelegen en ver van inzijgingsgebied
3. in potentieel kwelgebied, laag gelegen
4. natte plekken met zeer duidelijke aanwijzingen voor kwel

De monsterpunten in de Malpiebeemden en de Kappersbult zijn alle ingedeeld bij categorie 1. Vanwege het feit dat tussen de overstromingsvlakte en de hoger gelegen inzijgingsgebieden een diep ontwaterd landbouwgebied ligt maakt het zeer onwaarschijnlijk dat hier nog kwel optreedt anders dan zeer lokale kwel. In de Kappersbult wijzen ook de beschikbare peilbuisgegevens op infiltratie (par. 2.5). In de overige gebieden is naar verwachting wel sprake van kwel, zij het dat deze niet in het hele gebied van invloed is op de standplaats en de vegetatie. Op vochtige-droge standplaatsen die niet direct aan de hoger gelegen inzijgingsgebieden grenzen is aangenomen dat de invloed van kwel gering is. Deze punten zijn ingedeeld bij categorie 2. In de overige punten is aangenomen dat ze in meer of mindere mate onder invloed staan van kwel. In het trilveen in de Rheezermaten en in punt 4 in de Dommelbeemden zijn de aanwijzingen voor kwel overduidelijk (bol maaiveld, uitredend grondwater, roest, permanente hoge grondwaterstanden), deze zijn ingedeeld in categorie 4. De andere punten zijn ingedeeld bij categorie 3.

*Tabel 4.3 Gemiddelde soortenrijkdom en productiviteit van monsterpunten ingedeeld naar geschatte invloed kwel (lopend van 1 = infiltratie tot 4 = sterke kwelinvloed)*

| Kwel/<br>infiltratie | Aantal<br>opnamen | Gemiddeld<br>Aantal soorten | Gemiddeld<br>aantal Rode-lijst<br>soorten | Gemiddelde<br>score Rode-<br>lijstsoorten* | Gemiddelde<br>productie<br>(g ds/m <sup>2</sup> ) |
|----------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 1                    | 13                | 15,5                        | 0,6                                       | 0,9                                        | 489                                               |
| 2                    | 4                 | 21,8                        | 0,5                                       | 1,0                                        | 491                                               |
| 3                    | 12                | 25,3                        | 1,2                                       | 2,3                                        | 327                                               |
| 4                    | 2                 | 28,5                        | 3,5                                       | 5                                          | 302                                               |

\* bij berekening scores tellen soorten in de categorie 'gevoelig' mee voor 1 en soorten ingedeeld bij de categorie 'kwetsbaar' voor 2.

Voor de opnamen behorend tot deze 4 categorieën is nagegaan wat het gemiddelde soortenaantal is, hoeveel Rode-lijst soorten erin voorkomen (uitgaande van de Rode Lijst 2000, van der Meijden et al. 2000), en wat de gemiddelde productiviteit is. De resultaten zijn weergegeven in tabel 4.3. Zoals te zien in de tabel lijkt er inderdaad een verband te bestaan tussen de aanwezigheid van kwel en de soortenrijkdom en de productiviteit. Op de veronderstelde kwelplekken is de soortenrijkdom hoger en de productiviteit lager dan op plekken zonder kwel. Daarbij moet wel worden opgemerkt dat het lage soortenaantal van de infiltratieplekken (categorie 1) sterk wordt bepaald door de extreme soortenarmoede van de hooilanden in de Malpiebeemden, waar gemiddeld slechts 11 soorten per opname voorkomen. In de Kappersbult, eveneens ingedeeld bij categorie 1, is de soortenrijkdom nauwelijks lager dan in de andere gebieden (tabel 4.2).

Hoewel er inderdaad een verband lijkt te zijn tussen de productiviteit en de aanwezigheid van kwel, is deze voor zover na te gaan niet gekoppeld aan een verminderde beschikbaarheid van fosfaat. In het gebied met de meeste kwel en de laagste productiviteit, de Dommelbeemden, is het gehalte P-al juist erg hoog (gemiddeld 53 mg P/kg) en wijzen de N/P verhoudingen in de vegetatie niet op fosfaatbeperking (in de meeste punten N/P ver onder de 10). Denitrificatie of verminderde mineralisatie door permanent natte omstandigheden zou in dit geval een waarschijnlijker oorzaak zijn voor de gevonden lage productiviteit. Omdat kwelfluxen niet gemeten zijn en het aantal waarnemingen beperkt is, is het echter niet

mogelijk om met zekerheid uitspraken te kunnen doen over de invloed van kwel op de productiviteit.

## 4 Discussie

### *Aanvoer nutriënten via opgeloste stoffen en sediment*

Een belangrijke vraag in dit onderzoek was wat de meest bepalende factor is in de relatie tussen overstroming en de drogestofproductie van de vegetatie: (1) de overstromingsduur en –frequentie in combinatie met de hoeveelheid in het water opgeloste voedingsstoffen, dan wel (2) de hoeveelheid sediment en de hoeveelheid nutriënten in het sediment.

In de onderzochte locaties zijn geen aanwijzingen gevonden dat de hoeveelheid in het water opgeloste voedingsstoffen van belang is. Er is geen relatie tussen de gemiddelde productie van de hooilanden met de hoeveelheid nutriënten in het oppervlaktewater, en er zijn geen significante relaties te vinden tussen de drogestofproductie en de overstromingsduur en overstromingsfrequentie van de monsterpunten.

Wel zijn significante relaties te vinden met een aantal variabelen die samenhangen met de afzetting van sediment: de afstand tot de beek of rivier, het gehalte aan leem, het fosfaatgehalte (P-totaal en P-water), het kaliumgehalte en het gehalte aan zware metalen. Voor de meeste van deze variabelen verschilt de aard van de relatie per gebied. Meest extreem is dit voor de hoeveelheid zink, waarbij de gehalten aan zink in de Malpiebeemden een factor tien hoger liggen dan in de overige gebieden, zonder dat de drogestofproductie evenredig hoger is (figuur 3.3). De grote verschillen tussen de gebieden wijzen er op dat het gaat om indirecte relaties, die grotendeels verlopen via correlaties met een andere, niet gemeten factor: in dit geval waarschijnlijk de aanvoer van voedingsstoffen met sediment. In de Malpiebeemden zal naar verwachting als gevolg van het hoge zinkgehalte per hoeveelheid sediment veel meer zink worden aangevoerd dan in de andere gebieden.

Over het algemeen wordt de hoogste drogestofproductie gevonden in punten dicht bij de rivier of beek, met een hoog gehalte in de bodem aan leem, fosfor, kalium en zware metalen. Er zijn echter tal van afwijkingen van dit patroon. Zo worden bijvoorbeeld in de Malpiebeemden de hoogste productie en de hoogste gehalten aan leem en fosfaat gevonden in een tweetal punten (punten 3 en 4, zie figuur 2.2) die relatief ver van de beek af liggen. Waarschijnlijk hangt dit samen met de stromingspatronen in dit gebied: in dit relatief sterk hellende gebied ontstaat bij hoogwater een preferente stroomgeul tussen twee kronkels in de beek (figuur 2.4), waardoor punten verder van de beek soms een veel hoger gehalte hebben aan leem en nutriënten dan punten dicht bij de beek.

Ook afwijkend zijn twee punten op de oeverwallen van respectievelijk de Dommel in de Malpiebeemden en van de Reest bij Havixhorst. Hier wordt op korte afstand van de beek een hoge productiviteit gevonden, terwijl de gehalten aan leem, fosfaat, kalium en zware metalen relatief laag zijn. De meest waarschijnlijke verklaring is dat gehalten aan deze stoffen in de oeverwal geen goede maat vormen voor de input aan nutriënten via sedimentatie omdat:

1. er op deze oeverwallen veel sediment wordt afgezet, zodat relatieve gehalten geen goede maat vormen voor de fluxen (leemgehalten zijn relatief gering, maar absolute hoeveelheden die worden afgezet zijn niet noodzakelijkerwijs lager dan in de verder weg gelegen punten)
2. er relatief veel nutriënten worden aangevoerd in de vorm van makkelijk afbreekbaar organisch materiaal (na overstroming van de Malpiebeemden werden direct op de oever lokaal tot enkele decimeters dikke lagen organisch materiaal gemengd met plastic aangetroffen).

Een derde mogelijke verklaring is dat door de betere ontwatering op de oeverwal de afbraak van organisch materiaal sneller plaatsvindt en daarmee het aanbod aan voedingsstoffen groter is, zoals door El Kahloun en Meire (2003) gevonden voor de oevers van de Briebrza in Polen. Hoewel de betere ontwatering mogelijk een bijdrage levert aan de hogere productie op de genoemde oeverwallen levert deze hypothese echter onvoldoende verklaring voor de in dit onderzoek gevonden patronen: op de verder van de oevers bemonsterde hoger gelegen en goed ontwaterde plekken (bv. punt 6 in de Kappersbult en punt 6 in de Dommelbeemden) is de productiviteit juist zeer laag.

De in dit onderzoek gevonden relatie tussen afstand van de rivier en gehalten aan klei en fosfaatbeschikbaarheid werden niet gevonden door Visser (2002) in zijn onderzoek in een overstromingsvlakte aan de benedenloop van de Mark. De meest waarschijnlijke oorzaak hiervoor is dat het gaat om een tamelijk vlak gebied met een uniforme bodemopbouw (klei op veen), waarbinnen verschillen in sedimentatie niet erg groot zijn.

*Tabel 5.1 Hoeveelheden N en P die bij eenmalige overstroming van de IJssel met het sediment werd aangevoerd. Uit: Olde Venterink e.a. 2002*

| Structuurtype          | N<br>(kg/ha) | P<br>(kg/ha) |
|------------------------|--------------|--------------|
| Landbouw grasland      | 11           | 4.6          |
| Semi-landbouw grasland | 16           | 8.4          |
| Riet                   | 45           | 19.1         |
| Bos                    | 16           | 6.8          |

### ***Vergelijking met literatuurgegevens over aanvoer nutriënten met overstroming***

In regionale wateren is maar weinig onderzoek gedaan naar de hoeveelheid voedingsstoffen die met het sediment wordt aangevoerd. Onderzoek in Denemarken (Kronvang 2003) laat zien dat bij overstroming met het sediment vele tientallen kilogrammen fosfaat per hectare (tot 65 kg P/ha) kunnen worden afgezet. Mitsch e.a. (1979) vonden een aanvoer van 36 kg P/ha in een moerasgebied aan de Cache-river, een zijrivier van de Ohio. Olde Venterink et al. (2002) noemen hoeveelheden van 5 tot 20 kg P/ha en 11 tot 45 kg N/ha die bij een overstroming van de IJssel met het sediment werden aangevoerd (tabel 5.1). Daarbij werden de grootste hoeveelheden gemeten op plekken met een structuurrijke vegetatie waar veel sediment wordt ingevangen.



Ook gegevens over de aanvoer van nutriënten opgelost in water zijn schaars. Door Olde Venterink (2000) wordt voor een aantal beekdalgraslanden langs de Dommel en de Zwarte Beek een maximale jaarlijkse input van 0.1 tot 4.3 kg N/ha en 0.01 tot 0.71 kg P/ha berekend in een situatie waarin al het water in het gebied achterblijft. Omdat een groot deel van het water na de overstroming weer wordt afgevoerd zal de hoeveelheid in werkelijkheid lager zijn. Door Kemmers en Sival (2004) worden voor bevoeiingen langs de Reest bij Avereest, in Noord-Brabant's Plateaux en bij de Zijdebrug (Krimpenerwaard) aanvoeren berekend van 0.05 tot 0.2 kgP/ha en iets meer dan 1 kg N/ha bij waterdiepte van 10 cm.

Hoewel er maar dus maar weinig gegevens zijn, wijzen die gegevens wel in dezelfde richting als de conclusies uit het vergelijkende onderzoek in de vijf beekdalallocaties: de aanvoer van nutriënten met sediment is kwantitatief veel belangrijker dan de aanvoer van in het water opgeloste nutriënten.

De resultaten van dit onderzoek, die er op wijzen dat overstroming een grote invloed heeft op de productiviteit van beekdalgraslanden, zijn schijnbaar in tegenspraak met de resultaten van Olde Venterink (2000), die concludeert dat aanvoer van nutriënten door overstroming in de onderzochte beekdalgraslanden langs de Dommel en Zwarte Beek slechts een zeer beperkte rol speelt. Daarbij wordt echter door hem de kanttekening geplaatst dat bij de berekening van de aanvoer van nutriënten door overstroming geen rekening is gehouden met aanvoer met sediment. Er is alleen gekeken naar in het water opgeloste stoffen (zie boven). Met name bij fosfaat is er bij de meer productieve graslanden een groot gat tussen de door hem berekende jaarlijkse afvoer (gemiddeld 19 kg P/ha, grotendeels via afvoer maaisel) en de berekende input (1 kg P/ha). Vermoedelijk kan een groot deel van de resterende 18 kg P worden verklaard uit de aanvoer met sediment.

Ook de voorlopige resultaten uit het onderzoek van Sival et al. (2005 in prep.) wijzen er op dat sediment een belangrijke bron van nutriënten kan zijn. In de Kappersbult werd bij overstroming in voorjaar 2004 een P-aanvoer gemeten die varieerde van 45 kg P/ha bij de oeverwal tot ca 1 kg P/ha aan de rand van de overstromingsvlakte. Dit ligt in dezelfde orde als de jaarlijkse P-afvoer met maaisel, die in het transect in de orde van 20 tot 2 kg P/ha bedraagt (zie bijlage 4).

### ***Aard nutriëntenbeperking***

Op basis van de gevonden N/P verhoudingen is het waarschijnlijk dat met overstroming zoveel fosfor wordt aangevoerd dat limitatie door fosfor geen rol speelt in de onderzochte overstromingsvlakten. Alleen aan de uiterste rand van de vlakte, waar de invloed van overstromingen beperkt zijn, worden N/P verhoudingen rond de 14 aangetroffen. In het merendeel van de punten ligt deze verhouding onder de 10. Dit lijkt in de overeenstemming met de conclusies van Willby et al. (2001), die in een vergelijkend onderzoek in een zevental wetland-gebieden in Schotland, Ierland en Frankrijk vinden dat overstroming leidt tot verhoogde beschikbaarheid van nutriënten, met name fosfor. Opvallend zijn de hoge N/K verhoudingen, die er op wijzen dat in een groot deel van de punten kalium een beperkende factor vormt.

Omdat de hoeveelheid beschikbare kalium niet is gemeten valt er weinig te zeggen over mogelijke oorzaken.

### ***Invloed van kwel***

In het onderzoek is de invloed van kwel niet gemeten. Op grond van kwalitatieve inschattingen lijkt er echter wel een verband te zijn tussen productiviteit en de aanwezigheid van kwel. De vastlegging van fosfaat door met het kwelwater aangevoerd ijzer lijkt daarbij geen rol te spelen omdat op alle onderzochte plekken fosfaat in voldoende mate beschikbaar was.

De verschillen in hoeveelheid kwel zijn niet afdoende om de variatie in productiviteit te verklaren. De verschillen in drogestofproductie die worden aangetroffen binnen de gebieden, en waarvan in paragraaf 3.2 is aangegeven dat ze samenhangen met aan sedimentatie gerelateerde factoren als leemgehalte, afstand en fosfaatgehalte, zijn veel groter dan de verschillen die worden waargenomen tussen locaties met en zonder kwel. En ook binnen de gebieden waar kwel naar verwachting geen rol speelt, te weten de Kappersbult en de Malpiebeemden, worden grote productiviteitsverschillen gevonden die samenhangen met aan sedimentatie gekoppelde variabelen.

### ***Invloed van overstromingen op soortensamenstelling van de vegetatie***

Een grote angst van natuurbeheerders is dat overstroming met voedselrijk oppervlaktewater leidt tot eutrofiëring van natuurgebieden (Runhaar et al 2004, 2004a). Op basis van dit onderzoek lijken de risico's mee te vallen. Ondanks het feit dat het oppervlaktewater relatief voedselrijk is (P-gehaltenes van 0.2 tot 0.6 mg/l, te vergelijken met een gemiddeld gehalte van 0.1 rond 1900<sup>2</sup>) worden in de meeste overstromingsvlakten nog soortenrijke dotterbloemhooilanden en grote-zeggenvegetaties aangetroffen, vegetaties die kenmerkend zijn voor overstromingsvlakten in de de midden- en benedenlopen van beken. Een uitzondering vormen de Malpiebeemden, waar alleen slecht ontwikkeld soortenarme vegetaties voorkomen. Het is echter niet waarschijnlijk dat overstroming met voedselrijk water hier de hoofdoorzaak is van het voorkomen van slecht ontwikkeld vegetaties. Naast hoogproductieve soortenarme vegetaties komen hier ook laagproductieve soortenarme vegetaties voor. Verdroging en een in het verleden niet consequent doorgevoerd maaibeheer lijken belangrijker oorzaken voor de soortenarmoede van de vegetatie.

In hoeverre overstromingen leiden tot eutrofiëring hangt in de eerste plaats af van de uitgangssituatie. In de onderzochte overstromingsvlaktes komen natte schraalgraslanden alleen voor aan de uiterste rand, op de overgang naar de hoger gelegen gronden. Dit doet vermoeden dat in gebieden met bijvoorbeeld blauwgraslanden regelmatige overstroming inderdaad zal leiden tot eutrofiëring. In gebieden met matig tot zeer productieve vegetaties zijn de eutrofiërende effecten van overstroming waarschijnlijk beperkt. Het is echter niet mogelijk om in detail aan te geven in welke situaties eutrofiëring wel of niet te verwachten is. Daarvoor is de kennis over de aanvoer van nutriënten met sediment en oppervlaktewater nog te gering.

---

<sup>2</sup> Op basis gegevens Staatscommissie voor de Bevoeiingen 1879, zie Runhaar et al. 2004.

## 5 Conclusies en aanbevelingen

Doel van deze studie was om na te gaan of er een relatie bestaat tussen overstroming en de productiviteit en de vegetatie, en zo ja, wat daarbij de meest bepalende factor is: de aanvoer van nutriënten opgelost in het overstromingswater of de aanvoer van nutriënten gebonden aan sediment. Op basis van dit vergelijkende onderzoek is het waarschijnlijk dat er inderdaad een relatie bestaat tussen overstroming en de productiviteit, en dat die relatie loopt via de aanvoer van nutriënten met sediment. Er worden hoge correlaties gevonden tussen drogestofproductie en factoren die aan sedimentatie gekoppeld zijn, zoals gehalten aan zware metalen, afstand tot de beek of rivier, leemgehalte en gehalte aan fosfor en kalium in de bodem. Er bestaat geen correlatie met overstromingsduur en -frequentie en met de oppervlaktewaterkwaliteit. Ook de weinige literatuurgegevens over dit onderwerp wijzen er op dat aanvoer van nutriënten met sediment belangrijker is dan de aanvoer in de vorm van in het water opgeloste nutriënten.

Om bovenstaande hypothese te verifiëren zijn meer kwantitatieve gegevens nodig over de aanvoer van nutriënten met sediment. Door Sival et al. (2005 in prep.) is hiermee een begin gemaakt. Omdat in voorjaar 2004 maar op beperkte schaal overstromingen hebben plaatsgevonden is de hoeveelheid gegevens echter gering. Voortzetting van dit onderzoek is nodig om te kunnen beschikken over voldoende meetgegevens.

Onduidelijk is nog wat de invloed van kwel is op de productiviteit en soortensamenstelling van de vegetatie. Op basis van het vergelijkende onderzoek lijkt de aanwezigheid van kwel inderdaad van invloed op de productiviteit, maar welke processen daarbij een rol spelen en in hoeverre er interacties bestaan met de aanvoer van nutriënten via overstroming is onduidelijk. In vervolgonderzoek naar de effecten van overstroming zou aan deze factor meer aandacht moeten worden besteed. Experimenteel veldonderzoek lijkt daarvoor de meest geëigende vorm.

Waar het gaat om de effecten van overstroming op de natuur worden door Runhaar et al. (2004) nog tal van andere kennishiaten genoemd. Het grootste hiaat vormt het gebrek aan kennis over de effecten op de fauna. Een vergelijkend onderzoek naar de fauna in gebieden met en zonder overstroming zou een geschikt middel zijn om meer inzicht te krijgen in mogelijke effecten.



## Literatuur

Aubroeck, B., W. Huybrechts en P. De Becker, 1998. Verkennend ecohydrologisch onderzoek van de Demervallei tussen Diest en Wercher. Instituut voor Natuurbehoud. Rapport IN 98.05.

Commissie Waterbeheer 21e eeuw, 2000. Waterbeleid voor de 21e eeuw.

De Wit, C.T., W. Dijkshoorn & J.G.Noggle, 1963. Ionic balance and growth of plants. Verslagen van Landbouwkundige Onderzoeken 69.15. Landbouwniversiteit Wageningen.

El Kahloun, M en P. Meire, 2003. N and P cycling in relation to plant productivity and diversity in the Briebrza fens. Proceedings ECOFLOOD conference 'Toward natural flood reduction strategies', Warsaw, 6-13 sept 2003.

Grootjans, A.P.G., 1985. Changes of groundwater regime in wet meadows. Proefschrift, R.U. Groningen.

Houba, V.J.G., J.J. van der Lee en I. Novozamsky, 1995. Soil and plant analysis. Part 5b, Soil analysis procedures: other procedures. Dpt. of Soil Science and Plant Nutrition, Wageningen Agricultural University, Wageningen.

Kemmers, R.H en F.P. Sival, 2004. Gevolgen van waterberging voor de natuur. H2O 25(8): 28-31.

Koerselman, W. en A. Meuleman, 1996. N:P ratio's en nutriëntenbeperking. Landschap 13(4).

Kronvang, B., 2003. Functioning and importance of lowland river floodplains as sinks for sediment. organic matter and nutrients during flooding. Proceedings ECOFLOOD conference 'Toward natural flood reduction strategies', Warsaw, 6-13 sept 2003.

Lambregts, ir. C.P., 1972. Inventarisatie natuur- en bosgebieden in de gemeente Valkenswaard. Bijlage bij brief aan gemeente Valkenswaard i.v.m. bestemmingsplan buitengebied. Staatsbosbeheer, Tilburg.

Lüring, H., 1986. Een floristische inventarisatie van de Malpiebeemden, in het bijzonder van de begrazingseenheid op de westelijke Dommeloever. Rapport nr. 20-07-1986. Staatsbosbeheer Tilburg.

Meijden, R. Van der, B. Odé, C.L.G. Groen, J.P.M Witte en D. Bal, 2000. Bedreigde en kwetsbare vaarplanten in Nederland. Basisrapport met voorstel voor de Rode Lijst. Gorteria 26(4): 85-208.

Ministerie van verkeer en Waterstaat, 1997. Water Kader: 4<sup>e</sup> Nota Waterhuishouding. Min. V&W, Den Haag.

Mitsch, W.J., C.L. Dorge & J.R. Wiemhoff, 1979. Ecosystem dynamics and a phosphorus budget of an alluvial cypress swamp in southern Illinois. *Ecology* 60: 116-1124.

Olde Venterink, H.G.M., 2000. Nitrogen, phosphorous and potassium flows controlling plant productivity and species richness. Proefschrift, Univ. Utrecht.

Olde Venterink, H., J.E. vermaat, M. Pronk, F. Wiegman, G.E.M. van der Lee, M.W. van den Hoorn, L.W.G. Higler & J.T.A. Verhoeven. 2002. Importance of sedimentation and denitrification for plant productivity and nutrient retention in various floodplain wetlands along the river Rhine. In: Hoekstra, A.Y., H. Olde Venterink, E.F.W. Ruijgh en G.E.M. van der Lee (Eds.). Evaluation of floodplain management strategies: the added value of wetland rehabilitation. IRMA-SPONGE project no.8

Pegtel, D.M., J.P. Bakker, G.L. verwij en L.F.M. Fresco, 1996. N, K an P deficiency in chronosequential cut summer-dry grasslands on gley podzol after the cessation of fertilizer application. *Plant and Soil* 178: 121-131.

Payne, R.W. (2003, ed). The Guide to Genstat Release 7.1. Part 2: Statistics. VSN Int., Oxford, England.

Runhaar, J., N. vd Brink, F.P.Sival en W.C. Knol. Natuur en waterberging: ecologische kennislacunes. Notitie t.b.v. projectgroep pilotprogramma Waterberging en Natuur. Alterra, maart 2002.

Runhaar, J., G. Arts, W.C. Knol, A. Makaske en N. van den Brink, 2004. Waterberging en natuur. Kennisoverzicht ten behoeve van regionale waterbeheerders. Rapport 2004-16. STOWA, Utrecht.

Runhaar, J., M. Talsma, B. Spiers en W.C. Knol, 2004a. Waterberging en natuur, een goede combinatie ? *H2O* 37-19: 93-95.

Schaminée, J.H.J., E.J. Weeda & V. Westhoff, 1995. De vegetatie van Nederland. Deel 2: Wateren, moerassen en natte heiden. Opulus Press, Uppsala/Leiden.

Schaminée, J.H.J., A.H.F. Stortelder & E.J. Weeda, 1996. De vegetatie van Nederland. Deel 3: Graslanden, zomen en droge heiden. Opulus Press, Uppsala/Leiden.

Scheffer F. & P. Schachtschabel, 1976. Lehrbuch der Bodenkunde. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart. 9<sup>e</sup> herziene editie, bewerkt door Schachtschabel, Blume, Hartge en Schwertmann.

Sival, F.P., P.C. Jansen, B.S.J. Nijhof & A.H. Heidema, 2002. Overstroming en vegetatie. Literatuurstudie over de effecten van overstroming op voedselrijkdom en zuurgraad. Rapport 335, Alterra Wageningen.

Sival, F.P., A. Makaske en G.J. Maas, 2005 (in prep). Overstroming en vegetatie. Sedimentatie en nutriëntenaanvoer in beekdalgraslanden. Rapport 1064, Alterra Wageningen.

Staatscommissie voor de bevoeiingen, 1897. Verslag van Staatscommissie benoemd bij koninklijk Besluit van 5 mei 1893, no. 16 tot het instellen van een onderzoek omtrent bevoeiingen. Den Haag.

Vegter, U, 1991. Hydro-ecologie van het Reestdal. Stichting Het Drentse Landschap, Assen.

Visser, H., 2002. Invloed van de inundatie op de fosfaatbeschikbaarheid in twee bergboezems van de Mark (Noord-Brabant). Rapport NITG 02-183-B. TNO-NITG, Delft.

Temminghof, F.J.M., V.J./G Houba, W. van der Vark en G.A. Gaikhorst, 2000. Soil and plant analysis. Part 3: Plant analysis procedures. Dpt. of Environmental Sciences, Wageningen University, Wageningen.

Willby, N. J., Pulford, I. D. & Flowers, T. H., 2001. Tissue nutrient signatures predict herbaceous-wetland community responses to nutrient availability. *New Phytologist* 152 (3), 463-481.





## Bijlage 1 Vegetatiebeschrijvingen

In deze bijlage wordt een beschrijving gegeven van de vegetatie op de monsterplekken. De vegetatie is beschreven in proefvlakken van gemiddeld 25 m<sup>2</sup> waarbij van alle aangetroffen soorten de abundantie is weergegeven met behulp van de Braun-Blanquet schaal:

| code | aantal exemplaren       | bedekking |
|------|-------------------------|-----------|
| r    | < 4                     | < 5 %     |
| +    | < 3 per m <sup>2</sup>  | < 5 %     |
| 1    | 3-10 per m <sup>2</sup> | < 5 %     |
| 2m   | > 10 per m <sup>2</sup> | < 5 %     |
| 2a   | -                       | 5-12 %    |
| 2b   | -                       | 13-25 %   |
| 3    | -                       | 26-50 %   |
| 4    | -                       | 51-75 %   |
| 5    | -                       | 76-100 %  |

Soorten die volgens de Rode Lijst 2000 *gevoelig* zijn, zijn met *cursief* aangegeven, soorten die volgens de Rode Lijst **kwetsbaar** zijn, zijn met **vet** aangegeven.

*Vegetatiebeschrijvingen Kappersbult*

| Opnamenummer                                | K1  | K2  | K3  | K4  | K5  | K6  |                            |
|---------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------------------|
| Lengte proefvlak (m)                        | 7   | 5   | 5   | 8   | 6   | 9   |                            |
| Breedte proefvlak (m)                       | 1   | 5   | 5   | 5   | 5   | 2.5 |                            |
| Bedekking totaal (%)                        | 100 | 100 | 100 | 90  | 100 | 90  |                            |
| Bedekking kruidlaag (%)                     | 100 | 100 | 95  | 90  | 95  | 85  |                            |
| Bedekking moslaag (%)                       | 1   | 4   | 20  | 4   | 25  | 20  |                            |
| Aantal soorten                              | 11  | 13  | 18  | 23  | 31  | 30  |                            |
| Productiviteit (gr/m <sup>2</sup> )         | 904 | 654 | 499 | 337 | 204 | 179 |                            |
| <i>Poa trivialis</i>                        | 2a  | .   | .   | .   | .   | .   | Ruw beemdgras              |
| <i>Glyceria maxima</i>                      | 2a  | .   | +   | .   | .   | .   | Liesgras                   |
| <i>Phalaris arundinacea</i>                 | 4   | +   | .   | .   | +   | +   | Rietgras                   |
| <i>Poa palustris</i>                        | 1   | +   | 1   | .   | .   | .   | Moerasbeemdgras            |
| <i>Agrostis stolonifera</i>                 | .   | +   | 1   | .   | .   | .   | Fioringras                 |
| <i>Caltha palustris</i> s. <i>palustris</i> | .   | +   | 1   | .   | .   | .   | Gewone dotterbloem         |
| <i>Carex acuta</i>                          | .   | 5   | +   | +   | .   | .   | Scherpe zegge              |
| <i>Calliergon cordifolium</i>               | .   | 1   | 1   | 1   | +   | .   | Hartbladig puntmos         |
| <i>Drepanocladus aduncus</i>                | .   | 1   | .   | r   | .   | .   | Moerassikkelmos            |
| <i>Galium palustre</i>                      | 1   | +   | .   | 1   | 1   | +   | Moeraswalstro              |
| <i>Calamagrostis canescens</i>              | 4   | +   | 3   | 2m  | 2b  | +   | Hennegras                  |
| <i>Calliergonella cuspidata</i>             | 1   | 1   | 2b  | 2m  | 2b  | 2b  | Gewoon puntmos             |
| <i>Juncus effusus</i>                       | r   | .   | +   | r   | +   | 1   | Pitrus                     |
| <b><i>Carex aquatilis</i></b>               | .   | .   | 2b  | .   | .   | .   | Noordse zegge              |
| <i>Carex rostrata</i>                       | .   | .   | 2a  | 2a  | .   | .   | Snavelzegge                |
| <i>Equisetum fluviatile</i>                 | .   | .   | 2m  | 1   | +   | .   | Holpijp                    |
| <i>Glyceria fluitans</i>                    | .   | .   | +   | +   | .   | .   | Mannagras                  |
| <b><i>Pedicularis palustris</i></b>         | .   | .   | r   | +   | 2a  | .   | Moeraskartelblad           |
| <i>Ranunculus flammula</i>                  | .   | .   | 1   | 2a  | +   | .   | Egelboterbloem             |
| <i>Carex acuta</i> x <i>nigra</i>           | .   | .   | 3   | +   | .   | .   | Scherpe x Zwarte zegge     |
| <i>Eleocharis palustris</i>                 | .   | .   | .   | 2a  | .   | .   | Gewone waterbies           |
| <i>Juncus acutiflorus</i>                   | .   | .   | .   | 2a  | .   | 1   | Veldrus                    |
| <i>Menyanthes trifoliata</i>                | .   | .   | .   | 2a  | .   | .   | Waterdrieblad              |
| <i>Potentilla palustris</i>                 | .   | .   | .   | +   | 2a  | .   | Wateraardbei               |
| <i>Carex nigra</i>                          | .   | .   | .   | 4   | 3   | +   | Zwarte zegge               |
| <i>Agrostis canina</i>                      | .   | .   | .   | 1   | 2a  | 2a  | Moerasstruisgras           |
| <i>Carex panicea</i>                        | .   | .   | .   | .   | 2b  | .   | Blauwe zegge               |
| <i>Hydrocotyle vulgaris</i>                 | .   | .   | .   | .   | 2a  | .   | Gewone waternavel          |
| <i>Anthoxanthum odoratum</i>                | .   | .   | .   | .   | 2m  | 2b  | Gewoon reukgras            |
| <i>Carex ovalis</i>                         | .   | .   | .   | .   | +   | +   | Hazenzegge                 |
| <i>Cirsium palustre</i>                     | .   | .   | .   | .   | +   | +   | Kale jonker                |
| <i>Filipendula ulmaria</i>                  | .   | .   | .   | .   | +   | 2a  | Moerasspirea               |
| <i>Lotus pedunculatus</i>                   | .   | .   | .   | .   | 1   | +   | Moerasrolklaver            |
| <i>Ranunculus acris</i>                     | .   | .   | .   | .   | +   | 1   | Scherpe boterbloem         |
| <i>Rumex acetosa</i>                        | .   | .   | .   | .   | r   | 2a  | Veldzuring                 |
| <i>Viola palustris</i>                      | .   | .   | .   | .   | r   | r   | Moerasviooltje             |
| <i>Festuca rubra</i>                        | .   | .   | .   | .   | +   | 2b  | Rood zwenkgras s.l.        |
| <i>Luzula multiflora</i>                    | .   | .   | .   | .   | r   | +   | Veelbloemige veldbies s.l. |
| <i>Rhynchospora squarrosa</i>               | .   | .   | .   | .   | +   | 2m  | Gewoon haakmos             |
| <i>Agrostis capillaris</i>                  | .   | .   | .   | .   | .   | 2a  | Gewoon struisgras          |
| <i>Deschampsia cespitosa</i>                | .   | .   | .   | .   | .   | 2a  | Ruwe smele                 |
| <i>Plantago lanceolata</i>                  | .   | .   | .   | .   | .   | 2a  | Smalle weegbree            |

Aanvullingen:

- Opn 1:** *Glechoma hederacea* (r), *Stachys palustris* (r), *Urtica dioica* (+)  
**Opn 2:** *Myosotis laxa* ssp. *cespitosa* (+), *Plagiomnium ellipticum* (+), *Cardamine pratensis* (+)  
**Opn 3:** *Carex disticha* (1), *Mentha aquatica* (1)  
**Opn 4:** *Carex acutiformis* (+), *Eriophorum angustifolium* (+), *Lysimachia vulgaris* (+), *Veronica scutellata* (+)  
**Opn 5:** *Holcus lanatus* (+), *Lythrum salicaria* (r), *Prunella vulgaris* (r), *Ranunculus repens* (+),  
*Senecio aquaticus* (+), *Climacium dendroides* (+)  
**Opn 6:** *Festuca pratensis* (+), *Galium uliginosum* (+), *Juncus conglomeratus* (+), *Poa pratensis* (1),  
*Nardus stricta* (r), *Potentilla erecta* (r), *Brachythecium rutabulum* (+), *Cardamine pratensis* (+)

*Vegetatiebeschrijvingen Malpiebeemden*

| Opnamenummer                        | M1  | M2  | M3  | M5  | M6  | M4  | M7  |                      |
|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------------|
| Lengte proefvlak (m)                | 6   | 5   | 5   | 5   | 6   | 10  | 5   |                      |
| Breedte proefvlak (m)               | 5   | 4   | 4   | 4   | 2.5 | 5   | 5   |                      |
| Bedekking totaal (%)                | 80  | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 95  |                      |
| Bedekking struiklaag (%)            | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |                      |
| Bedekking kruidlaag (%)             | 80  | 100 | 100 | 95  | 100 | 100 | 95  |                      |
| Bedekking moslaag (%)               | 1   | 0   | 2   | 20  | 0   | 0   | 3   |                      |
| Aantal soorten                      | 12  | 13  | 10  | 12  | 10  | 10  | 8   |                      |
| Productiviteit (gr/m <sup>2</sup> ) | 283 | 475 | 698 | 310 | 548 | 888 | 377 |                      |
| Juncus acutiflorus                  | 3   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | Veldrus              |
| Leontodon autumnalis                | 1   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | Vertakte leeuwentand |
| Lysimachia vulgaris                 | 3   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | Grote wederik        |
| Iris pseudacorus                    | r   | +   | +   | .   | .   | +   | .   | Gele lis             |
| Carex acuta                         | .   | 3   | .   | +   | .   | .   | .   | Scherpe zegge        |
| Festuca pratensis                   | .   | 3   | .   | .   | .   | .   | .   | Beemdlanbloem        |
| Poa trivialis                       | .   | 3   | .   | .   | 2m  | 4   | .   | Ruw beemdgras        |
| Anthoxanthum odoratum               | 2m  | +   | 2b  | 3   | +   | .   | 4   | Gewoon reukgras      |
| Ranunculus repens                   | +   | 1   | 2a  | r   | +   | .   | .   | Kruipende boterbloem |
| Agrostis stolonifera                | .   | 1   | 1   | .   | .   | .   | .   | Fioringras           |
| Cardamine pratensis                 | .   | 1   | 1   | +   | .   | .   | .   | Pinksterbloem        |
| Juncus effusus                      | +   | .   | 4   | .   | +   | .   | +   | Pitrus               |
| Agrostis capillaris                 | 2a  | .   | .   | 4   | .   | .   | .   | Gewoon struisgras    |
| Holcus lanatus                      | .   | 2m  | 3   | 2a  | 1   | .   | r   | Gestreepte witbol    |
| Deschampsia cespitosa               | .   | .   | .   | 2a  | +   | .   | .   | Ruwe smele           |
| Brachythecium rutabulum             | +   | .   | +   | 2b  | .   | .   | 2m  | Gewoon dikkopmos     |
| Rumex acetosa                       | .   | 1   | 1   | 1   | 1   | .   | .   | Veldzuring           |
| Phalaris arundinacea                | .   | 1   | .   | .   | 5   | .   | .   | Rietgras             |
| Calamagrostis canescens             | .   | .   | .   | .   | .   | 1   | .   | Hennegras            |
| Carex riparia                       | .   | .   | .   | .   | .   | 3   | .   | Oeverzegge           |
| Phragmites australis                | .   | +   | .   | +   | +   | 1   | .   | Riet                 |
| Eupatorium cannabinum               | .   | .   | .   | .   | .   | 2a  | .   | Koninginnenkruid     |
| Humulus lupulus                     | .   | .   | .   | .   | .   | 2a  | .   | Hop                  |
| Agrostis canina                     | 1   | .   | .   | .   | .   | .   | 2m  | Moerasstruisgras     |
| Carex rostrata                      | .   | .   | 1   | +   | .   | .   | 2a  | Snavelzegge          |
| Carex nigra                         | .   | .   | .   | .   | .   | .   | 2m  | Zwarte zegge         |
| Eriophorum angustifolium            | .   | .   | .   | .   | .   | .   | 3   | Veenpluis            |

Aanvullingen:

- Opn 1:** Carex panicea (+), Rhytidadelphus squarrosus (+),  
**Opn 2:** Alopecurus pratensis (+)  
**Opn. 4:** Symphytum officinale ( r ), Urtica dioica (+), Galeopsis species ®  
**Opn. 5:** Climacium dendroides (+)  
**Opn. 6** Galeopsis species (+)

Tabel Vegetatiebeschrijvingen Dommelbeemden

| Opnamenummer                                | D1  | D2  | D3  | D4  | D5  | D6  |                          |
|---------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------------|
| Lengte proefvlak (m)                        | 5   | 5   | 5   | 5   | 8   | 8   |                          |
| Breedte proefvlak (m)                       | 5   | 4   | 5   | 4   | 3   | 3   |                          |
| Bedekking totaal (%)                        | 90  | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |                          |
| Bedekking struiklaag (%)                    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |                          |
| Bedekking kruidlaag (%)                     | 85  | 100 | 100 | 90  | 70  | 85  |                          |
| Bedekking moslaag (%)                       | 45  | 8   | 4   | 30  | 45  | 40  |                          |
| Aantal soorten                              | 20  | 26  | 29  | 29  | 28  | 27  |                          |
| Productiviteit (gr/m <sup>2</sup> )         | 276 | 451 | 302 | 258 | 212 | 204 |                          |
| <i>Calamagrostis canescens</i>              | 1   | +   | .   | .   | .   | .   | Hennegras                |
| <i>Mysosotis cespitosa</i>                  | +   | .   | +   | .   | r   | .   | Zompvergeet-mij-nietje   |
| <i>Myosotis scorpioides</i>                 | r   | +   | +   | .   | .   | .   | Moerasvergeet-mij-nietje |
| <i>Phragmites australis</i>                 | r   | 2a  | +   | .   | .   | .   | Riet                     |
| <i>Carex acuta</i>                          | 3   | .   | 1   | 2a  | .   | .   | Scherpe zegge            |
| <i>Caltha palustris</i> s. <i>palustris</i> | +   | 2a  | 3   | .   | .   | .   | Gewone dotterbloem       |
| <i>Lotus pedunculatus</i>                   | +   | 2b  | 2a  | 1   | +   | +   | Moerasrolklaver          |
| <i>Holcus lanatus</i>                       | +   | 1   | +   | +   | .   | +   | Gestreepte witbol        |
| <i>Cardamine pratensis</i>                  | +   | .   | +   | +   | +   | .   | Pinksterbloem            |
| <i>Equisetum palustre</i>                   | +   | .   | 1   | 2m  | 2m  | .   | Lidrus                   |
| <i>Filipendula ulmaria</i>                  | r   | 2a  | +   | +   | +   | .   | Moerasspirea             |
| <i>Lychnis flos-cuculi</i>                  | 1   | +   | .   | +   | +   | +   | Echte koekoeksbloem      |
| <b>Pedicularis palustris</b>                | 1   | +   | 1   | 1   | 2a  | +   | Moeraskartelblad         |
| <i>Ranunculus flammula</i>                  | +   | .   | 1   | 2m  | 1   | .   | Egelboterbloem           |
| <i>Ranunculus repens</i>                    | 2a  | 2b  | 3   | 2a  | .   | .   | Kruipende boterbloem     |
| <i>Lysimachia vulgaris</i>                  | 2a  | 2b  | +   | +   | 1   | .   | Grote wederik            |
| <i>Galium palustre</i>                      | 2a  | 2a  | 1   | 1   | +   | +   | Moeraswalstro            |
| <i>Calliergonella cuspidata</i>             | 3   | 2a  | 2m  | +   | 1   | 2a  | Gewoon puntmos           |
| <i>Anthoxanthum odoratum</i>                | 2a  | .   | 2a  | 2a  | 2a  | 2m  | Gewoon reukgras          |
| <i>Agrostis canina</i>                      | 2b  | 2m  | 2a  | 3   | 1   | 2m  | Moerasstruisgras         |
| <i>Carex disticha</i>                       | .   | 2b  | 1   | 2a  | 2a  | 1   | Tweerijige zegge         |
| <i>Poa trivialis</i>                        | .   | 2m  | 1   | .   | .   | .   | Ruw beemdgras            |
| <i>Iris pseudacorus</i>                     | .   | +   | +   | +   | +   | .   | Gele lis                 |
| <i>Calliergon cordifolium</i>               | .   | .   | 2m  | 2b  | 2b  | .   | Hartbladig puntmos       |
| <i>Drepanocladus aduncus</i>                | .   | .   | 1   | 2a  | r   | .   | Moerassikkelmos          |
| <i>Festuca rubra</i>                        | .   | .   | 2a  | 1   | 2b  | 2b  | Rood zwenkgras s.l.      |
| <i>Carex nigra</i>                          | .   | .   | .   | 2a  | 2a  | 1   | Zwarte zegge             |
| <i>Potentilla palustris</i>                 | .   | .   | .   | r   | .   | +   | Wateraardbei             |
| <i>Carex echinata</i>                       | .   | .   | .   | +   | .   | +   | Sterzegge                |
| <i>Juncus conglomeratus</i>                 | .   | .   | .   | +   | +   | +   | Biezenknoppen            |
| <b>Juncus filiformis</b>                    | .   | .   | .   | 2b  | r   | .   | Draadrus                 |
| <i>Molinia caerulea</i>                     | .   | .   | .   | +   | 2b  | 2a  | Pijpenstrootje           |
| <i>Rhytidiadelphus squarrosus</i>           | .   | .   | .   | 2m  | 2m  | 2a  | Gewoon haakmos           |
| <i>Calliergon stramineum</i>                | .   | .   | .   | .   | 2b  | .   | Sliertmos                |
| <i>Aulacomnium palustre</i>                 | .   | .   | .   | .   | 1   | +   | Roodviltmos              |
| <i>Carex panicea</i>                        | .   | .   | .   | .   | 2a  | 3   | Blauwe zegge             |
| <i>Carex vesicaria</i>                      | .   | .   | .   | r   | 1   | 1   | Blaaszegge               |
| <i>Hydrocotyle vulgaris</i>                 | .   | .   | .   | .   | 1   | 1   | Gewone waternavel        |
| <i>Eriophorum angustifolium</i>             | .   | .   | .   | .   | 1   | 1   | Veenpluis                |
| <i>Juncus acutiflorus</i>                   | .   | .   | .   | .   | +   | 2a  | Veldrus                  |
| <b>Cirsium dissectum</b>                    | .   | .   | .   | .   | .   | 1   | Spaanse ruiter           |
| <i>Galium uliginosum</i>                    | .   | .   | .   | .   | .   | 1   | Ruw walstro              |
| <i>Sphagnum denticulatum</i>                | .   | .   | .   | .   | .   | 1   | Geoord veenmos           |

Aanvullingen:

**Opn 2:** *Festuca pratensis* ( r ), *Persicaria amphibia* (+), *Veronica longifolia* (+), *Rumex acetosa* (+), *Vicia cracca* ( r ), *Brachythecium rutabulum* (1), *Poa palustris* (+), *Lythrum salicaria* ( r ), *Rumex hydrolapathum* ( r )

**Opn. 3:** *Stellaria palustris* (+), *Trifolium repens* (+), *Agrostis stolonifera* (+), *Phalaris arundinacea* (+), *Glyceria fluitans* (+), *Lythrum salicaria* (+), *Rumex hydrolapathum* (+), *Juncus effusus* (+)

**Opn 4:** *Carex ovalis* (+), *Juncus effusus* (+)

**Opn 6:** *Vicia cracca* (+), *Trifolium repens* (+), *Ranunculus acris* (+), *Danthonia decumbens* (+), *Viola palustris* ( r )

*Vegetatiebeschrijvingen Rheezermaten*

| Opnamenummer                                | R2  | R1  | R3  | R4  | R5  |                      |
|---------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|----------------------|
| Aantal soorten                              | 28  | 33  | 27  | 20  | 30  |                      |
| Bedekking kruidlaag (%)                     | 80  | 90  | 100 | 95  | 100 |                      |
| Bedekking moslaag (%)                       | 10  | 40  | 6   | 30  | 1   |                      |
| Bedekking struiklaag (%)                    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |                      |
| Bedekking totaal (%)                        | 85  | 97  | 100 | 100 | 100 |                      |
| Lengte proefvlak (m)                        | 10  | 10  | 5   | 5   | 5   |                      |
| Breedte proefvlak (m)                       | 2.5 | 2.5 | 5   | 6   | 6   |                      |
| Productiviteit (gr/m <sup>2</sup> )         | 348 | 538 | 639 | 558 | 484 |                      |
| <i>Menyanthes trifoliata</i>                | 3   | .   | .   | .   | .   | Waterdrieblad        |
| <i>Lysimachia thyrsiflora</i>               | 1   | .   | .   | .   | .   | Moeraswederik        |
| <i>Potentilla palustris</i>                 | 2a  | .   | .   | .   | .   | Wateraardbei         |
| <b>Carex diandra</b>                        | 2b  | .   | .   | .   | .   | Ronde zegge          |
| <i>Carex rostrata</i>                       | 2b  | +   | .   | .   | .   | Snavelzegge          |
| <i>Juncus acutiflorus</i>                   | 1   | 4   | +   | .   | .   | Veldrus              |
| <i>Agrostis canina</i>                      | 1   | 2m  | 2m  | .   | .   | Moerasstruisgras     |
| <i>Rhytidadelphus squarrosus</i>            | .   | 2b  | .   | .   | .   | Gewoon haakmos       |
| <i>Potentilla erecta</i>                    | .   | 2a  | .   | .   | +   | Tormentil            |
| <i>Carex nigra</i>                          | .   | +   | .   | .   | +   | Zwarte zegge         |
| <i>Galium uliginosum</i>                    | .   | 1   | .   | +   | +   | Ruw walstro          |
| <i>Festuca rubra</i>                        | .   | 2a  | .   | .   | 3   | Rood zwenkgras s.l.  |
| <i>Sanguisorba officinalis</i>              | .   | 2b  | +   | .   | 2a  | Grote pimpernel      |
| <i>Anthoxanthum odoratum</i>                | .   | 2m  | 2a  | 1   | 2a  | Gewoon reukgras      |
| <i>Calamagrostis canescens</i>              | 1   | +   | 2a  | 3   | .   | Hennegras            |
| <i>Calliergonella cuspidata</i>             | 2a  | 2b  | 2a  | 3   | 1   | Gewoon puntmos       |
| <i>Carex acuta</i>                          | 2b  | +   | 3   | 3   | 1   | Scherpe zegge        |
| <i>Lysimachia vulgaris</i>                  | +   | 2a  | .   | 2a  | r   | Grote wederik        |
| <i>Caltha palustris</i> s. <i>palustris</i> | .   | .   | .   | 2b  | .   | Gewone dotterbloem   |
| <i>Equisetum fluviatile</i>                 | 1   | +   | +   | 2m  | .   | Holpijp              |
| <i>Lotus pedunculatus</i>                   | .   | +   | 3   | 2b  | .   | Moerasrolklaver      |
| <i>Galium palustre</i>                      | 1   | .   | 2a  | .   | +   | Moeraswalstro        |
| <i>Senecio aquaticus</i>                    | .   | .   | 2a  | +   | .   | Waterkruiskruid      |
| <i>Juncus effusus</i>                       | .   | .   | 2a  | .   | 1   | Pitrus               |
| <i>Filipendula ulmaria</i>                  | .   | +   | 2a  | +   | 2a  | Moerasspirea         |
| <i>Holcus lanatus</i>                       | .   | +   | 1   | 1   | 2a  | Gestreepte witbol    |
| <i>Rumex acetosa</i>                        | .   | +   | +   | +   | 1   | Veldzuring           |
| <i>Juncus conglomeratus</i>                 | .   | +   | 1   | +   | 1   | Biezenknoppen        |
| <i>Lychnis flos-cuculi</i>                  | .   | .   | +   | +   | +   | Echte koekoeksbloem  |
| <i>Festuca pratensis</i>                    | .   | .   | 1   | +   | .   | Beemdlangbloem       |
| <i>Ranunculus repens</i>                    | .   | .   | 1   | +   | +   | Kruipende boterbloem |
| <i>Cardamine pratensis</i>                  | r   | .   | +   | 1   | 1   | Pinksterbloem        |
| <i>Plantago lanceolata</i>                  | .   | +   | 1   | .   | 2a  | Smalle weegbree      |
| <i>Ranunculus acris</i>                     | .   | +   | .   | .   | 2a  | Scherpe boterbloem   |
| <i>Trifolium pratense</i>                   | .   | .   | r   | .   | 2a  | Rode klaver          |
| <i>Agrostis capillaris</i>                  | .   | .   | .   | .   | 2b  | Gewoon struisgras    |
| <i>Deschampsia cespitosa</i>                | .   | .   | .   | .   | 2a  | Ruwe smele           |
| <b>Juncus filiformis</b>                    | .   | .   | .   | .   | 2a  | Draadrus             |

Aanvullingen:

- Opn 1:** *Aulacomnium palustre* (+), *Calypogeia fissa* (1), *Climacium dendroides* (1), *Luzula multiflora* s. *multiflora* (+), *Myosotis scorpioides* (r), *Sphagnum denticulatum* (1), **Valeriana dioica** (+), *Valeriana officinalis* (r), *Vicia cracca* (+), *Sphagnum squarrosum* (+), *Carex panicea* (1)
- Opn 2:** *Acorus calamus* (+), *Calliergon cordifolium* (1), *Carex curta* (+), *Cirsium palustre* (r), *Eleocharis palustris* (+), *Epilobium palustre* (+), *Eriophorum angustifolium* (+), *Hottonia palustris* (+), *Lythrum salicaria* (+), *Rumex hydrolapathum* (r), *Salix cinerea* (r), *Sparganium erectum* (+), *Ranunculus flammula* (+), *Sphagnum squarrosum* (+)
- Opn 3:** *Glyceria fluitans* (+), *Rhinanthus angustifolius* (+), *Taraxacum* sectie *Ruderalia* (+), *Ranunculus flammula* (+), *Poa trivialis* (1)
- Opn 4:** *Phalaris arundinacea* (+), *Stellaria palustris* (+)
- Opn 5:** *Achillea ptarmica* (+), *Alopecurus pratensis* (r), *Leontodon autumnalis* (+), *Persicaria amphibia* (+), *Succisa pratensis* (+), *Veronica longifolia* (+)

*Vegetatiebeschrijvingen Havixhorst*

| Opnamenummer                                  | H1  | H2  | H3  | H4  | H5  | H6  | H7  |                          |
|-----------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------------|
| Lengte proefvlak (m)                          | 6   | 6   | 6   | 8   | 6   | 8   | 6   |                          |
| Breedte proefvlak (m)                         | 1   | 2   | 4   | 4   | 5   | 5   | 4   |                          |
| Bedekking totaal (%)                          | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 97  | 95  |                          |
| Bedekking kruidlaag (%)                       | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 95  | 90  |                          |
| Bedekking moslaag (%)                         | 0   | 0   | 0   | 3   | 1   | 30  | 15  |                          |
| Aantal soorten                                | 13  | 18  | 25  | 16  | 23  | 26  | 29  |                          |
| Drogestofproductie (gr/m2)                    | 570 | 460 | 368 | 424 | 398 | 335 | 218 |                          |
| <i>Urtica dioica</i>                          | 2a  | .   | .   | .   | .   | .   | .   | Grote brandnetel         |
| <i>Alopecurus pratensis</i>                   | 3   | 2m  | +   | .   | .   | .   | .   | Grote vossenstaart       |
| <i>Cirsium arvense</i>                        | 1   | r   | .   | .   | .   | .   | .   | Akkerdistel              |
| <i>Holcus lanatus</i>                         | +   | 2b  | +   | .   | +   | .   | +   | Gestreepte witbol        |
| <i>Phalaris arundinacea</i>                   | 3   | +   | +   | 2b  | .   | 2m  | .   | Rietgras                 |
| <i>Poa trivialis</i>                          | 1   | 3   | 3   | .   | 2b  | 2a  | 2b  | Ruw beemdgras            |
| <i>Anthoxanthum odoratum</i>                  | .   | 2m  | 2m  | .   | r   | .   | +   | Gewoon reukgras          |
| <i>Bromus hordeaceus</i> s. <i>hordeaceus</i> | .   | 2m  | .   | .   | .   | .   | .   | Zachte dravik s.s.       |
| <i>Cerastium fontanum</i> s. <i>vulgare</i>   | .   | 1   | +   | .   | .   | .   | .   | Gewone hoornbloem        |
| <i>Festuca pratensis</i>                      | .   | 3   | 2b  | .   | 1   | 2a  | +   | Beemdlangbloem           |
| <i>Cardamine pratensis</i>                    | .   | +   | 2m  | 1   | 1   | .   | +   | Pinksterbloem            |
| <i>Carex acuta</i>                            | .   | +   | 3   | 4   | 2b  | 1   | .   | Scherpe zegge            |
| <i>Leontodon autumnalis</i>                   | .   | r   | +   | .   | +   | +   | +   | Vertakte leeuwentand     |
| <i>Ranunculus repens</i>                      | .   | 2a  | 2a  | r   | 2a  | 2a  | 2a  | Kruipende boterbloem     |
| <i>Rumex acetosa</i>                          | .   | 1   | +   | .   | +   | .   | r   | Veldzuring               |
| <i>Agrostis stolonifera</i>                   | .   | .   | +   | .   | .   | 2b  | 2b  | Fioringras               |
| <i>Caltha palustris</i> s. <i>palustris</i>   | .   | .   | +   | +   | 2a  | 2a  | 2a  | Gewone dotterbloem       |
| <i>Carex vesicaria</i>                        | .   | .   | +   | 2a  | .   | 2b  | 2b  | Blaaszegge               |
| <i>Filipendula ulmaria</i>                    | .   | .   | +   | .   | +   | .   | .   | Moerasspirea             |
| <i>Glyceria fluitans</i>                      | .   | .   | 1   | +   | 1   | 1   | +   | Mannagras                |
| <i>Lychnis flos-cuculi</i>                    | .   | .   | r   | .   | +   | .   | r   | Echte koekoeksbloem      |
| <i>Mentha arvensis</i>                        | .   | .   | +   | 1   | +   | 1   | +   | Akkermunt                |
| <i>Myosotis scorpioides</i>                   | .   | .   | 2a  | 1   | 2a  | +   | 1   | Moerasvergeet-mij-nietje |
| <b><i>Pedicularis palustris</i></b>           | .   | .   | r   | .   | .   | 2b  | 2a  | Moeraskartelblad         |
| <i>Senecio aquaticus</i>                      | .   | .   | 2a  | .   | +   | +   | +   | Waterkruiskruid          |
| <i>Agrostis canina</i>                        | .   | .   | +   | .   | 3   | 1   | 2b  | Moerasstruisgras         |
| <i>Galium palustre</i>                        | .   | .   | 2a  | 1   | 2b  | 2a  | 2a  | Moeraswalstro            |
| <i>Drepanocladus aduncus</i>                  | .   | .   | 1   | 2m  | 2m  | .   | 2m  | Moerassikkelmos          |
| <i>Calamagrostis canescens</i>                | .   | .   | .   | 2a  | .   | .   | .   | Hennegras                |
| <i>Eleocharis palustris</i>                   | .   | .   | .   | +   | .   | 1   | +   | Gewone waterbies         |
| <i>Ranunculus flammula</i>                    | .   | .   | .   | +   | .   | 2m  | 1   | Egelboterbloem           |
| <i>Stellaria palustris</i>                    | .   | .   | .   | r   | +   | r   | 1   | Zeegroene muur           |
| <i>Equisetum fluviatile</i>                   | .   | .   | .   | .   | r   | +   | 1   | Holpijp                  |
| <i>Trifolium repens</i>                       | .   | .   | .   | .   | r   | .   | +   | Witte klaver             |
| <i>Carex nigra</i>                            | .   | .   | .   | .   | .   | 1   | +   | Zwarte zegge             |
| <b><i>Juncus filiformis</i></b>               | .   | .   | .   | .   | .   | 2a  | .   | Draadrus                 |
| <i>Calliergon cordifolium</i>                 | .   | .   | .   | .   | .   | 2m  | 2m  | Hartbladig puntmos       |
| <i>Calliergonella cuspidata</i>               | .   | .   | .   | .   | .   | 2a  | 2a  | Gewoon puntmos           |
| <i>Poa palustris</i>                          | .   | .   | .   | .   | .   | .   | +   | Moerasbeemdgras          |

Aanvullingen:

- Opn1:** *Anthriscus sylvestris* (r), *Glechoma hederacea* (+), *Heracleum sphondylium* (+), *Rumex crispus* x *obtusifolius* (r), *Stachys palustris* (+), *Symphytum officinale* (+), *Valeriana officinalis* (+)
- Opn2:** *Alopecurus geniculatus* (r), *Trifolium pratense* (r), *Taraxacum sectie Ruderalia* (+), *Plantago lanceolata* (+)
- Opn4:** *Potentilla palustris* (+), *Veronica scutellata* (r)
- Opn6:** *Carex rostrata* (r), *Juncus acutiflorus* (r)

## Bijlage 2 Hoogteligging, overstromingsduur en overstromings-frequentie meetpunten

Per monsterpunt is weergegeven wat de hoogte is, en hoeveel dagen en hoeveel keer de monsterpunten gemiddeld in een jaar onder water staan met een diepte groter of gelijk aan 5 cm, 10 cm en 20 cm.

|               | hoogte   | 5    |      | 10   |      | 20   |      |
|---------------|----------|------|------|------|------|------|------|
|               | (m +NAP) | dgn  | keer | dgn  | keer | dgn  | keer |
| Havixhorst    |          |      |      |      |      |      |      |
| H1            | 1.03     | 0    |      | 0    |      | 0    |      |
| H2            | 0.99     | 0    |      | 0    |      | 0    |      |
| H3            | 0.98     | 24.6 |      | 19   |      | 9.4  |      |
| H4            | 0.69     | 55.8 |      | 44.4 |      | 29.4 |      |
| H5            | 0.84     | 29.4 |      | 23.3 |      | 13.2 |      |
| H6            | 0.81     | 33.2 |      | 26.9 |      | 16   |      |
| H7            | 0.88     | 16   |      | 11.2 |      | 2.8  |      |
| Malpiebeemden |          |      |      |      |      |      |      |
| M1            | 26.08    | 27.7 | 10.4 | 18.3 | 8.4  | 10.2 | 6.3  |
| M2            | 26.11    | 18.3 | 8.4  | 13.9 | 7.8  | 7.8  | 5.2  |
| M3            | 26.09    | 21   | 9.3  | 16.7 | 8.3  | 9.2  | 5.9  |
| M4            | 25.97    | 41.1 | 13.6 | 29.9 | 11.5 | 17.3 | 8.3  |
| M5            | 26.24    | 7.7  | 5.2  | 5.8  | 4.5  | 3.7  | 3    |
| M6            | 26.26    | 2.7  | 2.2  | 1.9  | 1.7  | 0.7  | 0.7  |
| M7            | 26.10    | 19.3 | 8.9  | 15.2 | 7.9  | 8.5  | 5.5  |
| Dommelbeemden |          |      |      |      |      |      |      |
| D1            | 9.16     | 23   | 7.3  | 20.3 | 6.3  | 15.5 | 5.1  |
| D2            | 9.34     | 14.3 | 4.6  | 13.1 | 4.3  | 9.5  | 3    |
| D3            | 9.43     | 11.7 | 3.8  | 10.1 | 3.3  | 7.4  | 2.3  |
| D4            | 9.48     | 10.1 | 3.3  | 8.4  | 2.6  | 6.4  | 2    |
| D5            | 9.47     | 10.4 | 3.4  | 8.7  | 2.7  | 5.5  | 2.1  |
| D6            | 9.69     | 5    | 1.4  | 4.2  | 1.2  | 2.5  | 0.8  |
| Kappersbult   |          |      |      |      |      |      |      |
| K1            | 0.81     | 14.5 | 4.9  | 11.7 | 4.4  | 7.6  | 3.4  |
| K2            | 0.70     | 23.9 | 7.6  | 19.2 | 6.2  | 12.3 | 4.7  |
| K3            | 0.77     | 17.9 | 5.7  | 14   | 4.8  | 8.7  | 3.8  |
| K4            | 0.82     | 14   | 4.8  | 11.1 | 4.3  | 7.1  | 3.4  |
| K5            | 0.95     | 7.7  | 3.5  | 6.2  | 2.9  | 3.5  | 2    |
| K6            | 1.09     | 3.8  | 2.1  | 2.9  | 1.6  | 1.7  | 0.9  |
| Rheezermaten  |          |      |      |      |      |      |      |
| R1            | 6.69     | 9.5  | 2.5  | 8.8  | 2.4  | 7.6  | 2.3  |
| R2            | 6.52     | 11.9 | 3.2  | 11.3 | 3.1  | 10   | 2.7  |
| R3            | 6.72     | 9    | 2.5  | 8.5  | 2.3  | 7.4  | 2.2  |
| R4            | 6.55     | 11.5 | 3.2  | 10.6 | 3    | 9.2  | 2.5  |
| R5            | 6.70     | 9.2  | 2.5  | 8.6  | 2.4  | 7.6  | 2.3  |





### Bijlage 3 Resultaten bodemanalyse

| Gebiedsnaamnaam | meet-punt | pH-H <sub>2</sub> O | % org.mat | % klei | % leem | % zand | Cd mg/kg | Cu mg/kg | Zn mg/kg | N-tot g/kg | P-tot mg/kg | K-tot mg/kg | P-al mg P/kg | Pw mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /l |
|-----------------|-----------|---------------------|-----------|--------|--------|--------|----------|----------|----------|------------|-------------|-------------|--------------|----------------------------------------|
| Havixhorst      | H1        | 6.3                 | 6.0       | 7.0    | 11.7   | 75.4   | 0        | 3        | 54       | 1.6        | 1063        | 3465        | 60           | 1                                      |
|                 | H2        | 5.6                 | 10.9      | 11.0   | 21.7   | 56.4   | 1        | 7        | 144      | 3.7        | 2720        | 2985        | 68           | 11                                     |
|                 | H3        | 5.6                 | 21.2      | 15.2   | 22.8   | 40.8   | 2        | 9        | 171      | 7.4        | 4277        | 2580        | 26           | 16                                     |
|                 | H4        | 5.6                 | 41.0      | 15.9   | 28.1   | 15.0   | 2        | 9        | 153      | 13.0       | 2789        | 3242        | 7            | 2                                      |
|                 | H5        | 5.9                 | 38.5      | 18.0   | 29.7   | 13.8   | 1        | 8        | 121      | 12.8       | 2976        | 2948        | 5            | 2                                      |
|                 | H6        | 5.4                 | 45.4      | 11.1   | 23.3   | 20.1   | 1        | 8        | 93       | 16.3       | 1744        | 3226        | 7            | 0                                      |
|                 | H7        | 5.6                 | 30.3      | 6.9    | 23.7   | 39.1   | 1        | 8        | 61       | 10.4       | 1950        | 3277        | 14           | 2                                      |
| Malpiebeemden   | M1        | 5.1                 | 4.8       | 1.5    | 13.3   | 80.4   | 2        | 5        | 65       | 1.5        | 135         | 2328        | 9            | 6                                      |
|                 | M2        | 5.5                 | 14.4      | 2.4    | 15.8   | 67.4   | 19       | 20       | 381      | 4.9        | 651         | 4218        | 14           | 7                                      |
|                 | M3        | 5.3                 | 42.4      | 4.8    | 36.7   | 16.2   | 114      | 49       | 1838     | 16.0       | 2305        | 6140        | 38           | 7                                      |
|                 | M4        | 5.6                 | 44.2      | 6.3    | 39.2   | 10.3   | 72       | 66       | 1341     | 15.9       | 2815        | 6391        | 43           | 10                                     |
|                 | M5        | 5.6                 | 18.2      | 7.1    | 33.1   | 41.5   | 96       | 65       | 1869     | 5.6        | 2298        | 6112        | 40           | 13                                     |
|                 | M6        | 5.5                 | 16.3      | 7.7    | 32.8   | 43.2   | 125      | 88       | 2115     | 5.8        | 2626        | 6533        | 54           | 10                                     |
|                 | M7        | 4.9                 | 26.5      | 6.3    | 45.0   | 22.1   | 45       | 32       | 511      | 8.8        | 1696        | 6359        | 29           | 5                                      |
| Dommelbeemden   | D1        | 5.2                 | 44.5      | 5.9    | 29.0   | 20.7   | 16       | 30       | 278      | 16.5       | 2085        | 6452        | 63           | 3                                      |
|                 | D2        | 5.5                 | 15.2      | 4.2    | 17.9   | 62.7   | 4        | 18       | 98       | 4.5        | 790         | 3744        | 29           | 2                                      |
|                 | D3        | 5.3                 | 48.3      | 4.8    | 19.3   | 27.6   | 9        | 20       | 282      | 18.6       | 2442        | 6079        | 88           | 7                                      |
|                 | D4        | 5.2                 | 45.7      | 2.9    | 13.1   | 38.3   | 7        | 16       | 157      | 16.2       | 1549        | 5473        | 31           | 6                                      |
|                 | D5        | 5.1                 | 48.4      | 3.4    | 15.8   | 32.4   | 8        | 18       | 187      | 17.9       | 1567        | 5746        | 65           | 1                                      |
|                 | D6        | 5.5                 | 54.7      | 1.9    | 10.2   | 33.1   | 3        | 16       | 73       | 18.7       | 1344        | 5760        | 42           | 5                                      |
| Kappersbult     | K1        | 5.4                 | 24.3      | 10.3   | 36.6   | 28.9   | 1        | 22       | 253      | 7.4        | 3733        | 7056        | 73           | 29                                     |
|                 | K2        | 4.9                 | 46.2      | 4.2    | 28.5   | 21.0   | 2        | 13       | 216      | 16.4       | 2524        | 5854        | 91           | 6                                      |
|                 | K3        | 5.1                 | 49.4      | 4.5    | 25.5   | 20.6   | 1        | 11       | 103      | 18.1       | 2873        | 5846        | 99           | 10                                     |
|                 | K4        | 5.0                 | 53.3      | 3.5    | 20.5   | 22.8   | 2        | 9        | 111      | 18.1       | 1385        | 5860        | 11           | 3                                      |
|                 | K5        | 5.2                 | 19.2      | 5.2    | 25.5   | 50.1   | 1        | 7        | 33       | 7.0        | 635         | 3931        | 5            | 0                                      |

| Gebiedsnaamnaam | meet-<br>punt | pH-<br>H2O | %<br>org.mat | %<br>klei | %<br>leem | %<br>zand | Cd<br>mg/kg | Cu<br>mg/kg | Zn<br>mg/kg | N-tot<br>g/kg | P-tot<br>mg/kg | K-tot<br>mg/kg | P-al<br>mg P/kg | Pw<br>mg<br>P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /l |
|-----------------|---------------|------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|----------------------------------------------|
| Rheezermaten    | K6            | 5.2        | 8.4          | 3.9       | 24.2      | 63.5      | 0           | 3           | 22          | 2.8           | 360            | 2970           | 4               | 1                                            |
|                 | R1            | 5.4        | 58.8         | 4.3       | 21.9      | 15.0      | 1           | 11          | 56          | 17.9          | 1193           | 5721           | 12              | 1                                            |
|                 | R2            | 5.6        | 81.7         | -         | -         | -         | 0           | 8           | 49          | 19.2          | 1300           | 7214           | 14              | 7                                            |
|                 | R3            | 5.5        | 46.5         | 4.8       | 22.2      | 26.6      | 1           | 10          | 69          | 15.3          | 1475           | 5802           | 10              | 5                                            |
|                 | R4            | 5.5        | 39.4         | 6.1       | 25.8      | 28.7      | 2           | 12          | 85          | 15.0          | 1176           | 5897           | 10              | 3                                            |
|                 | R5            | 5.2        | 7.5          | 2.3       | 11.5      | 78.8      | 0           | 4           | 26          | 2.8           | 354            | 4104           | 6               | 3                                            |

**Monsters onderwaterbodem** (indicatief, enkelvoudige eenmalige bemonstering)

|               | pH  | %<br>org.mat | Cd<br>mg/kg | Cu<br>mg/kg | Zn<br>mg/kg | N-tot<br>g/kg | P-tot<br>mg/kg | K-tot<br>mg/kg | P-al<br>mg P/kg | Pw<br>mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /l |
|---------------|-----|--------------|-------------|-------------|-------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|-------------------------------------------|
| Havixhorst    | 6.0 | 2.5          | 0           | 2           | 20          | 0.6           | 400            | 3401           | 33              | 1                                         |
| Malpiebeemden | 6.8 | 1.1          | 26          | 15          | 406         | 0.4           | 606            | 4500           | 248             | 21                                        |
| Dommelbeemden | 6.7 | 1.4          | 6           | 15          | 177         | 0.5           | 883            | 2328           | 419             | 32                                        |
| Kappersbult   | 5.8 | 19.0         | 2           | 13          | 232         | 6.0           | 2893           | 5918           | 121             | 6                                         |
| Rheezermaten  | 6.9 | 4.3          | 0           | 7           | 99          | 1.3           | 1190           | 5860           | 165             | 18                                        |

## Bijlage 4 Resultaten vegetatieanalyse

|                      | ds                  | N    | P    | K    | N/P  | N/K  |
|----------------------|---------------------|------|------|------|------|------|
| <b>Havixhorst</b>    | (g/m <sup>2</sup> ) | g/kg | g/kg | g/kg |      |      |
| H1                   | 570                 | 17.7 | 2.2  | 20.5 | 8.0  | 0.87 |
| H2                   | 460                 | 15.3 | 2.8  | 8.8  | 5.4  | 1.74 |
| H3                   | 368                 | 17.9 | 2.7  | 7.0  | 6.7  | 2.55 |
| H4                   | 424                 | 14.9 | 1.9  | 6.8  | 7.9  | 2.20 |
| H5                   | 398                 | 18.5 | 2.2  | 6.5  | 8.5  | 2.86 |
| H6                   | 335                 | 16.3 | 2.0  | 8.3  | 8.1  | 1.97 |
| H7                   | 218                 | 16.0 | 2.2  | 8.8  | 7.4  | 1.82 |
| <b>Malpiebeemden</b> |                     |      |      |      |      |      |
| M1                   | 283                 | 15.5 | 1.3  | 14.8 | 12.4 | 1.05 |
| M2                   | 475                 | 15.1 | 1.6  | 12.5 | 9.5  | 1.21 |
| M3                   | 698                 | 13.1 | 1.8  | 9.1  | 7.4  | 1.44 |
| M4                   | 888                 | 13.6 | 2.0  | 12.7 | 6.8  | 1.07 |
| M5                   | 310                 | 12.1 | 2.1  | 8.7  | 5.7  | 1.39 |
| M6                   | 548                 | 18.4 | 2.5  | 18.6 | 7.3  | 0.99 |
| M7                   | 377                 | 14.3 | 1.8  | 7.6  | 7.8  | 1.88 |
| <b>Dommelbeemden</b> |                     |      |      |      |      |      |
| D1                   | 276                 | 13.2 | 1.8  | 8.5  | 7.3  | 1.54 |
| D2                   | 451                 | 15.7 | 2.1  | 17.0 | 7.5  | 0.92 |
| D3                   | 302                 | 12.7 | 2.4  | 9.9  | 5.2  | 1.28 |
| D4                   | 258                 | 13.8 | 1.6  | 13.6 | 8.5  | 1.01 |
| D5                   | 212                 | 13.3 | 1.2  | 12.4 | 11.5 | 1.07 |
| D6                   | 204                 | 14.4 | 1.1  | 14.6 | 13.5 | 0.98 |
| <b>Kappersbult</b>   |                     |      |      |      |      |      |
| K1                   | 904                 | 11.7 | 2.2  | 5.1  | 5.2  | 2.30 |
| K2                   | 654                 | 11.9 | 1.6  | 7.3  | 7.4  | 1.63 |
| K3                   | 499                 | 14.4 | 1.5  | 6.5  | 9.8  | 2.22 |
| K4                   | 337                 | 15.0 | 1.6  | 6.5  | 9.6  | 2.31 |
| K5                   | 204                 | 15.6 | 1.1  | 6.2  | 14.1 | 2.51 |
| K6                   | 179                 | 14.4 | 1.3  | 5.2  | 11.1 | 2.77 |
| <b>Rheezermaten</b>  |                     |      |      |      |      |      |
| R1                   | 538                 | 9.4  | 1.0  | 13.3 | 9.6  | 0.71 |
| R2                   | 347                 | 13.3 | 1.3  | 26.3 | 10.5 | 0.51 |
| R3                   | 639                 | 13.5 | 1.4  | 7.1  | 9.8  | 1.91 |
| R4                   | 558                 | 12.5 | 1.3  | 8.9  | 9.7  | 1.42 |
| R5                   | 484                 | 14.2 | 1.3  | 8.4  | 11.0 | 1.70 |



## Bijlage 5 Onderlinge correlatie (R) tussen in de monsterpunten gemeten variabelen

|             | %<br>OM     | Cd          | Cu          | Ktot        | N/K         | N/P          | Ntot        | Pal         | Ptot         | Pw          | Zn          | afst.        | dgn<br>10cm | dgn<br>20cm | dgn<br>5cm | droge<br>stof | pH          | %<br>klei   | %<br>kl+lm  | %<br>leem |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-----------|
| % org_mat   | 1.00        |             |             |             |             |              |             |             |              |             |             |              |             |             |            |               |             |             |             |           |
| Cd          | -0.11       | 1.00        |             |             |             |              |             |             |              |             |             |              |             |             |            |               |             |             |             |           |
| Cu          | -0.05       | <b>0.94</b> | 1.00        |             |             |              |             |             |              |             |             |              |             |             |            |               |             |             |             |           |
| K_totaal    | <b>0.57</b> | 0.40        | <b>0.52</b> | 1.00        |             |              |             |             |              |             |             |              |             |             |            |               |             |             |             |           |
| N/K         | -0.20       | -0.24       | -0.30       | -0.37       | 1.00        |              |             |             |              |             |             |              |             |             |            |               |             |             |             |           |
| N/P         | 0.09        | -0.34       | -0.40       | -0.15       | -0.02       | 1.00         |             |             |              |             |             |              |             |             |            |               |             |             |             |           |
| N_totaal    | <b>0.96</b> | -0.07       | 0.00        | <b>0.56</b> | -0.14       | 0.05         | 1.00        |             |              |             |             |              |             |             |            |               |             |             |             |           |
| P_al        | 0.09        | 0.14        | 0.26        | 0.42        | -0.17       | -0.44        | 0.19        | 1.00        |              |             |             |              |             |             |            |               |             |             |             |           |
| P_totaal    | 0.18        | 0.23        | 0.32        | 0.18        | 0.32        | <b>-0.69</b> | 0.23        | <b>0.48</b> | 1.00         |             |             |              |             |             |            |               |             |             |             |           |
| Pw          | -0.13       | 0.23        | 0.33        | 0.31        | 0.09        | -0.49        | -0.16       | 0.43        | <b>0.63</b>  | 1.00        |             |              |             |             |            |               |             |             |             |           |
| Zn          | -0.11       | 0.99        | <b>0.95</b> | 0.40        | -0.22       | -0.40        | -0.07       | 0.19        | 0.30         | 0.31        | 1.00        |              |             |             |            |               |             |             |             |           |
| afstand     | <b>0.47</b> | -0.32       | -0.31       | 0.21        | -0.39       | <b>0.47</b>  | 0.35        | -0.42       | <b>-0.47</b> | -0.32       | -0.35       | 1.00         |             |             |            |               |             |             |             |           |
| dgn10cm     | 0.26        | -0.03       | 0.00        | -0.14       | 0.24        | -0.18        | 0.29        | -0.17       | 0.34         | -0.06       | -0.01       | -0.19        | 1.00        |             |            |               |             |             |             |           |
| dgn20cm     | <b>0.35</b> | -0.09       | -0.04       | -0.03       | 0.15        | -0.14        | <b>0.35</b> | -0.16       | 0.26         | -0.10       | -0.07       | -0.06        | <b>0.96</b> | 1.00        |            |               |             |             |             |           |
| dgn5cm      | 0.21        | 0.00        | 0.03        | -0.18       | 0.24        | -0.17        | 0.24        | -0.17       | 0.34         | -0.03       | 0.02        | -0.23        | <b>0.99</b> | <b>0.93</b> | 1.00       |               |             |             |             |           |
| ds          | 0.00        | 0.29        | 0.34        | <b>0.35</b> | -0.09       | -0.43        | 0.01        | 0.27        | <b>0.38</b>  | <b>0.48</b> | 0.33        | -0.09        | 0.18        | 0.20        | 0.18       | 1.00          |             |             |             |           |
| pH          | -0.16       | 0.05        | 0.04        | -0.27       | -0.16       | -0.27        | -0.25       | -0.12       | 0.18         | 0.04        | 0.09        | 0.02         | -0.07       | -0.10       | -0.07      | 0.19          | 1.00        |             |             |           |
| % klei      | -0.07       | -0.02       | -0.02       | -0.35       | <b>0.52</b> | <b>-0.47</b> | -0.09       | -0.09       | <b>0.69</b>  | 0.21        | 0.03        | -0.38        | <b>0.47</b> | 0.39        | 0.45       | 0.13          | <b>0.48</b> | 1.00        |             |           |
| % klei+leem | -0.06       | 0.44        | <b>0.46</b> | 0.12        | <b>0.49</b> | <b>-0.57</b> | -0.01       | 0.10        | <b>0.68</b>  | 0.33        | <b>0.46</b> | <b>-0.50</b> | 0.44        | 0.35        | 0.45       | 0.40          | 0.06        | <b>0.67</b> | 1.00        |           |
| % leem      | -0.05       | <b>0.57</b> | <b>0.58</b> | 0.31        | 0.37        | <b>-0.49</b> | 0.03        | 0.16        | <b>0.53</b>  | 0.32        | <b>0.56</b> | -0.45        | 0.34        | 0.26        | 0.35       | 0.44          | -0.14       | 0.38        | <b>0.94</b> | 1.00      |

0.44 grijs: correlatie significant (p <0.05)

**0.67** vet: correlatie zeer significant (p <0.01)