

Morfologische potenties van de Rijntakken, Benedenrivieren en Maas

Historische referentie (situatie rond 1850)

E. Stouthamer
H. Middelkoop

Departement Fysische Geografie
Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen
Universiteit Utrecht

7 februari 2003

Voorwoord

In opdracht van het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA) is door de Universiteit Utrecht, Departement Fysische Geografie, onderzoek verricht naar de relatie tussen geomorfologische processen en het voorkomen van rivierecotopen in het buitendijkse gebied van de Rijntakken, het Benedenrivierengebied en de Maas.

Binnen het project 'Geomorfologische geschiktheid ecotopen' wordt door RIZA-WSR onderzoek gedaan naar de (natuurlijke) geomorfologische processen en patronen binnen het winterbed van de grote rivieren in Nederland. Doel hiervan is om ten behoeve van beleid en plannen voor inrichting van het winterbed te onderzoeken in hoeverre en op welke plaatsen natuurlijke morfologische processen kunnen optreden, en waar vanuit historisch-morfologisch oogpunt kansen zijn voor de ontwikkeling van verschillende typen ecotopen. De historische situatie rond 1850 dient hierbij als referentie.

Eerdere studies hebben een beeld opgeleverd van de ecotopen-ontwikkeling langs de Rijntakken, Benedenrivieren en de Maas in de historische referentie situatie en van de randvoorwaarden voor het optreden van fluviatiele processen. Tevens is onderzocht met welke hydro- en morfodynamische parameters het al dan niet voorkomen van verschillende typen ecotopen samen zou kunnen hangen en zijn hydro- en morfologische parameters opgesteld die geschikt zijn om verschillen tussen riviertrajecten in beeld te brengen.

De volgende en laatste fase van het project is de verkregen resultaten te integreren en aan de hand van de resultaten richtlijnen te geven voor het beleid met betrekking tot de inrichting van het winterbed voor alle riviertakken in Nederland.

De laatste fase van het project wordt in twee stappen uitgevoerd, namelijk (1) analyse van de historische referentie situatie en (2) analyse van de huidige situatie en opstellen van richtlijnen voor de inrichting van het winterbed. In dit werkdocument wordt de historische referentie situatie (stap 1) beschreven.

Het onderzoek is uitgevoerd door E. Stouthamer en H. Middelkoop (beiden UU). De berekeningen van de morfodynamische parameters van de historische situatie voor een aantal riviertrajecten zijn uitgevoerd door R. van der Veen (RIZA-WSR). De projectleiding vanuit het RIZA was in handen van M.M. Schoor.

INHOUDSOPGAVE

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Inleiding | 4 |
| 1.1 | <i>Het project ‘Morfologische potenties Rijntakken, Benedenrivieren en Maas’</i> | 4 |
| 1.2 | <i>Doelstelling</i> | 4 |
| 1.3 | <i>Leeswijzer</i> | 5 |
| 2 | Algemene werkwijze | 6 |
| 2.1 | <i>Opstellen van classificatiediagrammen</i> | 6 |
| 2.2 | <i>Integratie van ecotopen en classificatiediagrammen</i> | 7 |
| 2.3 | <i>Gebruikte gegevens</i> | 7 |
| 3 | Klassificatie riviertrajecten | 8 |
| 3.1 | <i>Morfodynamiek</i> | 8 |
| 3.2 | <i>Hydrodynamiek</i> | 11 |
| 4 | Ecotopenverdeling | 12 |
| 4.1 | <i>Beddingecotopen</i> | 14 |
| 4.2 | <i>Uiterwaardecotopen</i> | 15 |
| 4.3 | <i>Verdeling bedding- en uiterwaardecotopen</i> | 15 |
| 5 | Klassificatiediagrammen | 16 |
| 5.1 | <i>Morfodynamiek</i> | 16 |
| 5.2 | <i>Hydrodynamiek</i> | 20 |
| 6 | Verband areaal ecotopen en morfo- en hydrodynamische parameters | 22 |
| 6.1 | <i>Verband tussen beddingecotopen en morfodynamische parameters</i> | 22 |
| 6.2 | <i>Verband tussen uiterwaardecotopen en hydrodynamische parameters</i> | 27 |
| 7 | Conclusies | 33 |
| | Literatuur | 34 |
| | Bijlage 1 | 36 |
| | Bijlage 2 | 41 |
| | Bijlage 3 | 45 |
| | Bijlage 4 | 49 |
| | Bijlage 5 | 50 |

1 Inleiding

1.1 Het project 'Morfologische potenties Rijntakken, Benedenrivieren en Maas'

In het kader van het RIZA-project 'Morfologische potenties Rijntakken, Benedenrivieren en Maas' is in samenwerking met Alterra, UU en WL onderzoek gedaan naar de relatie tussen geomorfologische processen en het voorkomen van rivierecotopen in het buitendijkse gebied van de grote rivieren. De historische situatie van voor de riviernormalisatie (ca. 1850) dient hierbij als referentie.

Eerdere studies hebben een beeld opgeleverd van de ecotopen-ontwikkeling langs de Rijntakken (Maas et al., 1997; Wolfert, 1998), Benedenrivieren en de Maas (Maas, 2000, 2002) in de afgelopen drie eeuwen en van de randvoorwaarden voor het optreden van fluviaatiele processen. Tevens is onderzocht met welke hydro- en morfodynamische parameters het al dan niet voorkomen van verschillende typen ecotopen samen zou kunnen hangen, en zijn hydro- en morfologische parameters opgesteld die geschikt zijn om verschillen tussen riviertrajecten in beeld te brengen (Lambeek en Mosselman, 1998; Middelkoop, 2001).

Het uiteindelijke doel van het RIZA-project is om op basis van de verkregen inzichten in de omstandigheden die nodig zijn voor de ontwikkeling van ecotopen en de hydro- en morfologische parameters voor de historische situatie:

- 1) een (geomorfologische) karakterisering te maken van de Rijntakken, Benedenriviertakken en de Maas, waarmee de kansrijkdom voor verschillende ecotopen in beeld gebracht kan worden,
- 2) nagaan voor de huidige situatie wat de potenties voor ecotopen zijn en aangeven welke maatregelen genomen zouden kunnen worden om deze potenties te vergroten.

1.2 Doelstelling

Het doel van het project dat in dit werkdocument beschreven wordt is de eerder binnen het RIZA-project 'Morfologische potenties Rijntakken, Benedenrivieren en Maas' verkregen resultaten te integreren en aan de hand hiervan:

- 1) classificatiediagrammen op te stellen om de morfodynamiek en hydrodynamiek van de Rijntakken, Benedenrivieren en de Maas te karakteriseren, voor de historische (19e eeuw) situatie;
- 2) vast te stellen wat de belangrijkste morfologische en hydrologische factoren zijn voor de verbreiding van ecotopen, de nadruk ligt hierbij op de invloed van morfodynamiek op het voorkomen van slikken, zandplaten en eilanden in het zomerbed en de invloed van hydrodynamiek op het voorkomen van riet- en biezemoerassen, in het Benedenriviereengebied, en langs de Rijntakken en de Maas in de historische tijd.

Het onderzoek richt zich op de volgende riviertrajecten: Waal, Nederrijn-Lek, IJssel, Merwede, Oude Maas, Hollandsch Diep, Haringvliet, Grensmaas, Roerdalslenkmaas, Maaskantmaas en Afgedamde Maas.

1.3 Leeswijzer

In het volgende hoofdstuk (2) wordt de algemene werkwijze die gevolgd is bij de uitvoering van dit onderzoek beschreven. In hoofdstuk 3 volgt een korte beschrijving van de betekenis en de berekeningsmethode van de morfo- en hydrodynamische parameters die gebruikt worden voor de karakterisatie van riviertrajecten. De ecotopensamenstelling van alle riviertrajecten voor de historische situatie wordt beschreven in hoofdstuk 4. In hoofdstuk 5 worden de morfodynamische en de hydrodynamische classificatiediagrammen behandeld. In hoofdstuk 6 wordt het verband tussen het voorkomen van de verschillende ecotopen en de morfo- en hydrodynamische parameters beschreven. De conclusies volgen in hoofdstuk 7.

2 Algemene werkwijze

2.1 Opstellen van klassificatiediagrammen

Alle binnen het onderzoeksgebied gelegen riviertrajecten worden samengebracht binnen klassificatiediagrammen voor hydrodynamiek en morfodynamiek, voor de historische situatie. In de classificatie wordt gebruik gemaakt van de parameters die het resultaat zijn van onderzoek van Middelkoop (2001), en aanvullingen en wijzigingen hierop zoals die tijdens overleg op 25 april 2002 bij het RIZA aangegeven zijn.

Voor de karakterisatie van de morfodynamiek worden de volgende parameters gebruikt;

- 1) verhouding breedte/diepte,
- 2) (specifiek) stroomvermogen,
- 3) Shields parameter voor de bovenrivieren,
- 4) verhouding natte geuldoorsnede / maximale natte doorsnede voor de benedenrivieren, en
- 5) verhouding oppervatervolume / getijvolume voor de benedenrivieren.

Er zijn drie klassificatiediagrammen gemaakt;

- 1) één met op de assen verhouding breedte / diepte en specifiek stroomvermogen,
- 2) één met op de assen verhouding breedte / diepte en de Shields parameter, en
- 3) één met op de assen verhouding natte doorsnede geul / maximale natte doorsnede en de verhouding oppervatervolume / getijvolume.

Voor de verhouding natte geuldoorsnede / maximale natte doorsnede en verhouding oppervatervolume / getijvolume is het bereik van de waarden 0 tot 1.

In het klassificatiediagram waarin de Shields parameter is uitgezet tegen de breedte/diepte verhouding (diagram 2) zijn alleen de waarden voor de bovenrivieren geplot, omdat voor het Benedenrivierengebied de Shields parameter niet goed te bepalen is (zie p. 9). Uit de studie van Maas et al. (1997) bleek dat het specifiek stroomvermogen een bruikbaar alternatief is voor de Shields parameter. De trajecten in het Benedenrivierengebied zijn daarom alleen geplot in de diagrammen 1 en 3. De trajecten in het bovenrivierengebied zijn geplot in de diagrammen 1 en 2.

De waarden voor de morfodynamische parameters zijn bepaald aan de hand van het historische materiaal dat ook gebruikt is door Middelkoop (2001), aangevuld met gegevens van het RIZA. In elk van de riviertrajecten zijn de morfodynamische parameters voor een aantal dwarsdoorsnedes door de bedding en de uiterwaard bepaald. Dit levert een beeld op van de spreiding in de waarden binnen een traject. Tevens is de gemiddelde waarde per riviertraject bepaald (Tabel 1).

De hydrodynamiek kan worden gekarakteriseerd door het 1-99% bereik van de gemiddelde dagwaterstanden en de P_{95} van de getijamplituden. Hiermee kan zowel de totale dynamiek (afstand van de oorsprong tot een punt) als de aard van de dynamiek (rivier – getij) weergegeven worden. De waarden voor het 1-99% bereik van de gemiddelde dagwaterstanden en de P_{95} van de getijamplituden zijn bepaald voor een

aantal meetstations. In sommige gevallen liggen meerdere meetstations binnen een riviertraject.

2.2 *Integratie van ecotopen en classificatiediagrammen*

Voor de integratie van de ecotopensamenstelling en de classificatiediagrammen voor de historische situatie zijn per deeltraject het voorkomen en de arealen van ecotopen bepaald. Uit historische informatie is de ruimtelijke verspreiding van ecotopen binnen de verschillende riviertrajecten afgeleid (voornamelijk uit historische kaarten). Tevens zijn op basis van historische gegevens voor de verschillende trajecten de waarden voor de rivierkundige procesparameters afgeleid. Per deeltraject wordt een onderscheid gemaakt in 'uiterwaardecotopen' (binnen de uiterwaard) en 'beddingecotopen' (binnen de geul) (Tabel 2). Vervolgens is het aandeel uiterwaardecotopen en beddingecotopen ten opzichte van respectievelijk het oppervlak uiterwaard en oppervlak van de geul bepaald. Hierdoor hangt de verdeling van ecotopen binnen de geul niet meer af van de oppervlakte van de aanliggende uiterwaard.

De resultaten zijn samengebracht in een schema waarin voor elke ecotoop het bereik aan waarden van de hydro- en morfodynamische randvoorwaarden wordt weergegeven afhankelijk van het areaal van deze ecotoop. Per ecotooptype is voor elke areaalklasse het bereik weergegeven van de waarden van de morfo- en hydrodynamische parameters. Dit levert een overzicht op van het verband tussen de arealen van de verschillende ecotopen en de hydro- en morfodynamische randvoorwaarden.

In de classificatiediagrammen voor morfodynamiek en hydrodynamiek wordt per ecotooptype aangegeven met welk percentage zij voorkomen. Op deze manier wordt per ecotoop aangegeven waar deze binnen het classificatieschema voorkomt. Vervolgens wordt binnen een diagram steeds het dominante ecotoop weergegeven, zodat een beeld ontstaat van het voorkomen van de ecotooptypen en de morfo- en hydrodynamische randvoorwaarden.

2.3 *Gebruikte gegevens*

De gegevens die gebruikt zijn voor dit onderzoek zijn voornamelijk afkomstig uit:

- Goudriaan, 1830-1842; historische ecotopensamenstelling Lek bij Culemborg
- Lely, 1890; historische jaar- en getijamplitude aantal riviertakken
- Maas et al., 1997; historische ecotopensamenstelling Waal en IJssel
- Wolfert, 1998; 1-99% bereik van de gemiddelde dagwaterstanden
- Maas, 2000; historische ecotopensamenstelling Oude Maas, Merwede-Hollandse Biesbosch, Afgedamde Maas en Maaskantmaas
- Maas, 2002; historische ecotopensamenstelling Haringvliet-Hollandsch Diep, Roerdalslenkmaas en Grensmaas
- Middelkoop, 2001; morfo- en hydrodynamische parameters
- RIZA-WSR; waarden morfo- en hydrodynamische parameters

3 Klassificatie riviertrajecten

In dit hoofdstuk volgt een korte beschrijving van de betekenis en de berekeningsmethode van de gebruikte morfodynamische en hydrodynamische parameters, voor verdere uitleg wordt verwezen naar Middelkoop (2001).

3.1 Morfodynamiek

Breedte/diepte verhouding

De verhouding tussen de breedte en de diepte van een geul kan beschouwd worden als de resultante van de erosieve kracht van een rivier om zijn oevers te eroderen en de weerstand die de oevers bieden tegen erosie. Bij een kleine breedte/diepte verhouding heeft de rivier weinig eroderend vermogen ten opzichte van de weerstand die de oever biedt tegen erosie. Wanneer de breedte/diepte verhouding klein is zullen zich in het rivierbed geen of weinig banken ontwikkelen. Verschillen tussen rivierpatronen (verwilderd, meanderend, anastomoserend) komen tot uitdrukking in de breedte/diepte verhouding. Deze parameter kan in theorie met rivierkundige maatregelen (uitdiepen, verbreden/versmallen zomerbed) direct ‘kunstmatig’ aangepast worden.

Voor de bepaling van de breedte/diepte verhouding is er voor gekozen de ‘geulvullende’ breedte en diepte te gebruiken, met andere woorden de breedte en diepte van de geul bij een geulvullende afvoer, voor zowel rivier- als door getij beïnvloede takken. De breedte die wordt ingenomen door de oeverzones valt hier niet binnen, wel platen en banken in de geul.

Shields parameter

De Shields parameter θ is een maat voor het sedimenttransporterend vermogen (~ diepte en verhang) van een rivier, vergeleken met sedimenteigenschappen (korrelgrootte) in die rivier. De parameter wordt berekend uit de hydraulische straal en het verhang (of: stroomsnelheid en beddingruwheid), en de mediane korrelgrootte van het sediment:

$$\theta = Ri/\Delta D_{50}$$

waarin R = hydraulische straal en i = verhang, Δ = relatieve sedimentdichtheid ($\rho_s - \rho_w$)/ $\rho_w \sim 1.65$

De Shields parameter is een bruikbare maat gebleken om in de bovenrivieren riviertrajecten te onderscheiden (Maas et al., 1997), maar voor het Benedenrivierengebied is het moeilijk om deze goed in te vullen. Dit komt voornamelijk omdat de mediane korrelgrootte waarop deze parameter mede gebaseerd is in het Benedenrivierengebied slecht bepaald kan worden. Dit komt niet alleen omdat er weinig gegevens beschikbaar zijn, maar ook omdat een mediane korrelgrootte in een geul met zand/slib mengsels weinig betekenis heeft. Uit de studie van Maas et al. (1997) bleek dat het stroomvermogen een bruikbaar alternatief is voor de Shields parameter. Voor de trajecten in het Benedenrivierengebied is de Shields parameter niet berekend.

Stroomvermogen

Het stroomvermogen is een maat voor het vermogen van een rivier om sediment op te nemen en te transporteren. Fysisch gezien vertegenwoordigt deze parameter de energie die in het systeem aanwezig is. In rivieren wordt deze vooral door de waterstroom bepaald, binnen het estuarium wordt de energie vooral door de getijden geleverd. Bij rivieren is het stroomvermogen gedefinieerd op basis van de geulvullende afvoer, aannemende dat deze afvoer morfologisch het meest belangrijk is. Binnen het getijdegebied is het grootste debiet dat optreedt maatgevend voor het stroomvermogen. Als maat hiervoor wordt de ebstroom genomen. Deze is immers opgebouwd uit het vloedvolume en het volume opper(rivier-) water. Het stroomvermogen wordt dan als volgt berekend:

$$P = \rho g Q i_s$$

waarin P = stroomvermogen (W/m), ρ = massadichtheid van water (kg/m^3), Q = geulvullend debiet rivier of de afgeleide van het ebdebiet (Q bij maximale stroomsnelheid tijdens eb, bij gemiddelde rivierafvoer), i_s = waterspiegelverhang (-). In het benedenrivierengebied is Q afgeleid van het ebdebiet met de volgende cosinusfunctie: $(GHW+GLW)/2+(GHW-GLW)/2*\cos(t*\pi/(T/2))$ waarin: GHW = gemiddelde hoogwaterstand, GLW = gemiddelde laagwaterstand, t = tijdstip binnen een getijslag, en T = duur van een getijslag (12 uur 25 minuten).

Voor het verhang in het benedenrivierengebied is het verhang bij de gemiddelde dagwaterstand genomen.

De lokale sterkte van de stroming wordt het beste aangegeven met het stroomvermogen per eenheid van breedte B , het specifieke stroomvermogen ω (Engels: specific stream power); $\omega = P/B$ (in W/m^2).

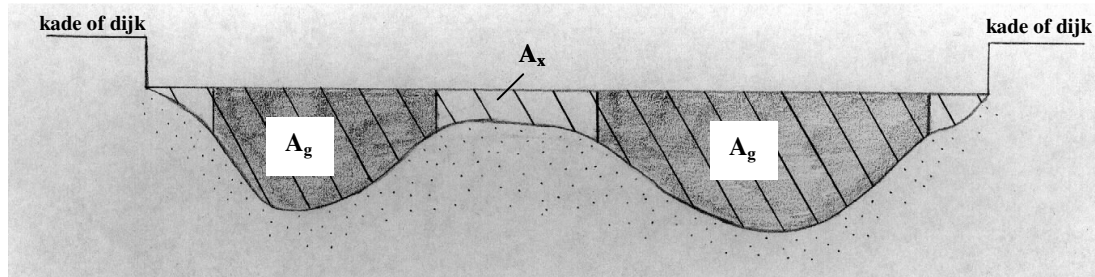
Verhouding natte geuldoorsnede / maximale natte doorsnede

De verhouding natte geuldoorsnede / maximale natte doorsnede is een maat voor de 'ruimte' binnen het systeem in het benedenrivierengebied, de aanwezigheid van geulen en platen en daarmee de morfologische stabiliteit van het traject.

In rivieren zonder getijbeweging wordt de natte doorsnede van de geul gehanteerd bij geulvullende afvoer. Bij rivieren buiten de getijzone is de verhouding natte geuldoorsnede / maximale natte doorsnede daarom gelijk aan 1 (Fig. 1).

In zeewaartse richting neemt de getijbeweging toe. Waar in het estuarium geulen en platen in de doorsnede aanwezig zijn, zal de natte geuldoorsnede onder geulvullende omstandigheden kleiner zijn dan bij vloed, wanneer ook de platen en de oeverzones onderlopen. De verhouding tussen de natte doorsnede van de geul (A_g) en de maximale natte doorsnede in het estuarium (A_x) is dus een maat voor het al dan niet aanwezig zijn van een afwisseling van geulen en platen. Hoe verder deze waarde onder 1 daalt hoe groter de natte doorsnede in het dwarsprofiel is boven platen en oeverzones. Een lage

waarde geeft dus aan dat er naast de geulen veel ruimte in het systeem is waar bij vloed water kan stromen.



Figuur 1 Verhouding tussen de natte doorsnede van de geul (A_g , donkergrijs) en de maximale natte doorsnede (A_x , gearceerd). Deze verhouding (A_g/A_x) is een maat voor het al dan niet aanwezig zijn van een afwisseling van geulen en platen.

Verhouding oppervatervolume / getijvolume

De verhouding oppervatervolume / getijvolume geeft aan hoeveel water er door de rivierafvoer verplaatst wordt ten opzichte van de hoeveelheid water die door de getijbeweging verplaatst wordt. De overgang van rivier- naar getijdegebied kan hiermee goed zichtbaar gemaakt worden. De verhouding tussen oppervatervolume (V_o) en getijvolume (V_g) kan als volgt berekend worden:

$$V_o/V_g$$

waarin: $V_g = V_e + V_v$; V_e = ebvolume; V_v = vloedvolume; V_o = oppervatervolume = $V_e - V_v$ (in een riviermonding is dit de bijdrage door rivierafvoer tijdens een getijslag). Volumina worden gerekend over de duur van de getijslag.

Omgerekend in afvoeren zijn de getij- en rivierwater volumina reeds verwerkt in het stroomvermogen. Het onderscheid tussen de bijdrage door rivierafvoer en getijbeweging is hierin echter niet meer zichtbaar.

Waarden morfodynamische parameters per riviertraject

De waarden van de morfodynamische parameters voor de verschillende riviertrajecten in de historische situatie zijn weergegeven in tabel 1. De waarden in de tabel zijn gemiddelden per riviertraject.

Tabel 1 Breedte/diepte verhouding, Specifiek stroomvermogen, Shields parameter, verhouding natte geuldoorsnede / maximale natte doorsnede (A_g/A_x) en verhouding oppervlaktvolume / getijvolume (V_{opp}/V_{get}) voor de verschillende riviertrajecten in de historische situatie. De waarden zijn gemiddelden per riviertraject.

| | Breedte/diepte verhouding | Shields parameter | Specifiek stroomvermogen | A_g/A_x | V_{opp}/V_{get} |
|-------------------------|----------------------------------|--------------------------|---------------------------------|-----------|-------------------|
| Grensmaas | 38 | 0,03 | 39,4 | 1 | 1 |
| Roerdalslenkmaas | 40 | 0,02 | 10,0 | 1 | 1 |
| Maaskantmaas | 31 | 0,34 | 3,3 | 1 | 1 |
| Afgedamde Maas | 88 | 0,23 | 1,2 | 1 | 1 |
| Oude Maas | 37 | niet bepaald | 1,0 | 0,95 | 0,39 |
| IJssel | 37 | 0,13 | 3,0 | 1 | 1 |
| Nederrijn-Lek | 75 | 0,01 | 3,2 | 1 | 1 |
| Waal | 151 | 0,34 | 5,6 | 1 | 1 |
| Boven Merwede | 177 | 0,01 | 9,1 | 0,94 | 0,97 |
| Haringvliet | 454 | niet bepaald | 0,7 | 0,05 | 0,25 |
| Hollandsch Diep | 330 | niet bepaald | 0,6 | 0,04 | 0,22 |

3.2 Hydrodynamiek

Amplitude van getijslag en gemiddelde dagwaterstanden

Een direct voor uiterwaardecotopen relevante parameter is de overschrijdingsduur van waterstanden, of het verticale bereik van de getijslag. Door beide waterbewegingen op afzonderlijke assen te zetten krijgt men tevens een beeld van (1) de overgang van rivier naar getijdegebied doordat de amplitude van de getijbeweging relatief steeds groter wordt, en (2) een maat voor de absolute verticale waterstandsbeweging. In plaats van maximale amplituden van getij en jaarlijkse waterstanden zijn percentielen gekozen (1-99% bereik dagwaterstanden en P_{95} getijamplitude), omdat deze minder gevoelig zijn voor het al dan niet toevallig opgetreden zijn van een extreem in de meetserie.

4 Ecotopenverdeling

Door Maas et al. (1997) en Maas (2000, 2002) is de ecotopensamenstelling van voor het begin van de riviernormalisatie (rond 1850) gereconstrueerd voor de volgende riviertrajecten: Haringvliet, Hollandsch Diep, Roerdalslenkmaas, Grensmaas, Oude Maas, Merwede-Hollandse Biesbosch, Afgedamde Maas, Maaskantmaas, Waal en IJssel. In de verschillende studies worden voor dezelfde ecotopen andere namen gehanteerd en zijn ecotopen op een gedetailleerder niveau onderscheiden dan noodzakelijk is voor dit onderzoek. Voor dit onderzoek is daarom een nieuwe indeling in ecotopen gemaakt waarbij vaak meerdere ecotopen, onderscheiden in eerdere studies, zijn samengevoegd (Tabel 2). In tabel 2 is tevens een onderscheid gemaakt in beddingecotopen (ecotopen die voorkomen binnen de geul) en uiterwaardecotopen (ecotopen die voorkomen binnen de uiterwaard).

Tabel 2 De in dit onderzoek gehanteerde ecotopenindeling en de indeling volgens Maas et al. (1997) en Maas (2000, 2002). Tevens is het onderscheid in bedding- en uiterwaardecotopen aangegeven.

| In dit onderzoek gehanteerde ecotopen | Ecotopen in Maas et al. (1997) en Maas (2000, 2002) |
|--|---|
| Beddingecotopen | |
| Diep stromend water | - Zeer diep water - Diep water - Diep zomerbed - Laagwaterbedding - Zomerbedding |
| Ondiep stromend water | - Ondiep water - Killen - Nevengeulen |
| Natuurlijke rivieroever/zandbank/grindbank | - Natuurlijke rivieroever - Zandbank - Grindbank - Platen en slikken |
| Steiloever/terrasrand | - Steiloever/terrasrand |
| Uiterwaardecotopen | |
| Moerassen | - Moeras - Moerasruigte - Moerassige uiterwaard - Riet- en biezenhorzen |
| Uiterwaardruigte | - Uiterwaardruigte - Dynamische ruigte |
| Strangen | - Strangen - Dynamische strang - Aangekoppelde strang - Beekstrang |
| Geïsoleerd uiterwaardwater | - Geïsoleerd uiterwaardwater - Geïsoleerde strang/plas |
| Normaal en droog grasland | - Uiterwaardgrasland - Stroomdalgrasland - Grazige uiterwaarden - Grasgorzen - Grazige gorzen |

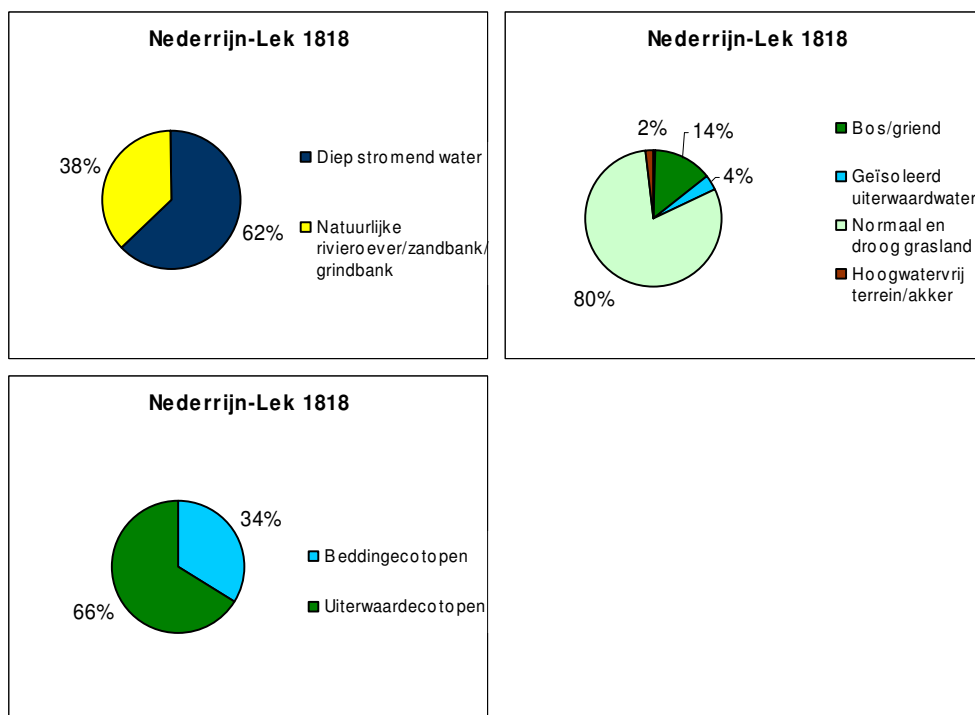
| | |
|-----------------------|--|
| Bos/griend | <ul style="list-style-type: none"> - Bos/griend - Vloedbos/griend - Oeverwal zachthoutoibos - Bos - Boomgaard |
| Hoogwatervrij terrein | <ul style="list-style-type: none"> - Hoogwatervrij terrein - Hoogwatervrije ruigte - Akker - Bebouwing |

De ecotopensamenstelling van de Nederrijn-Lek is bepaald aan de hand van de ‘Kaart van de rivieren de Rijn, de Waal en Merwede, de Oude Maas en Dordtsche Kil’ (Goudriaan, 1830-1842, blad no. 11, Everdingen). De verschillende ecotopen in de Goilberdingerwaard, Lazarus Waarden, Steenwaard, Middelwaard, Honswijkerwaarden en het zomerbed zijn gedigitaliseerd. Vervolgens is de oppervlakte van de ecotopen berekend in ArcView (Tabel 3). Aan de hand van deze oppervlaktes is het percentage van voorkomen van respectievelijk de bedding- en uiterwaardecotopen berekend.

Tabel 3 Ecotopensamenstelling Nederrijn-Lek.

| Ecotoop | Areaal ecotoop (km ²) | Percentage ecotoop t.o.v. respectievelijk het areaal bedding- en uiterwaardecotopen |
|--|-----------------------------------|---|
| <i>Beddingecotopen</i> | | |
| Diep stromend water | 1,87 | 62,5 |
| Natuurlijke rivieroever/zandbank/grindbank | 1,123 | 37,5 |
| <i>Uiterwaardecotopen</i> | | |
| Normaal en droog grasland | 4,739 | 80,3 |
| Moeras | 0,01 | 0,2 |
| Bos/griend | 0,728 | 14,3 |
| Geïsoleerd uiterwaardwater | 0,207 | 3,5 |
| Hoogwatervrij terrein/akker | 0,101 | 1,7 |

In bijlage 1 is per riviertraject de ecotopensamenstelling van de bedding- en uiterwaardecotopen en de verdeling bedding- en uiterwaardecotopen ten opzichte van het totale areaal bedding- en uiterwaardecotopen weergegeven (voorbeeld: Fig. 2).



Figuur 2 Taartdiagrammen van de ecotopensamenstelling van de bedding- en uiterwaardecotopen en de verdeling bedding-uiterwaardecotopen als percentage van het totale oppervlak van het winterbed van de Nederrijn-Lek tussen 1830 en 1842.

4.1 Beddingecotopen

In het Hollandsch Diep-Haringvliet komt het ecotoop natuurlijke rivieroever/zandbank/grindbank veel voor (respectievelijk 78,5 en 73,5%). Het gaat hierbij om het grote areaal aan platen en slikken in het estuarium. In de Beneden Merwede en de Hollandse Biesbosch neemt het aandeel natuurlijke rivieroever/zandbank/grindbank af. In dit traject komt veel ondiep stromend water voor (46%). Voor de Waal is de ecotopensamenstelling uitgezet voor de situatie in 1780 en 1830. In 1780 komen er nog veel eilanden en banken voor (12% natuurlijke rivieroever/zandbank/grindbank), in 1830 is het aandeel eilanden en banken gedaald tot 3%. Het aandeel ondiep stromend water is in 1830 echter wel toegenomen. In de Nederrijn-Lek komt het grootste aandeel natuurlijke rivieroever/zandbank/grindbank voor (86%). De IJssel bestaat voornamelijk uit diep stromend water; er zijn weinig natuurlijke rivieroever, zand- of grindbanken.

De Grensmaas en de Roerdalslenkmaas zijn de enige trajecten waar het ecotoop steiloever/terrasrand aanwezig is. Dit komt doordat de Maas zich hier nog insnijdt. Verder stroomafwaarts vindt sedimentatie in de bedding plaats. Ondiep stromend water komt in deze riviertrajecten weinig voor. In de Maaskantmaas en verder stroomafwaarts komt met name diep stromend water voor (Maaskantmaas 96%, Afgedamde Maas 88%, Oude Maas 1834 87%). Het aandeel natuurlijke rivieroever/zandbank/grindbank is ook in deze trajecten zeer gering (1-2%).

4.2 *Uiterwaardecotopen*

De uiterwaarden langs de Midden Waal, de Nederrijn-Lek, de IJssel, de Maaskantmaas en de Afgedamde Maas bestaan voornamelijk uit normaal en droog grasland. Nat grasland komt uitsluitend voor langs de Grensmaas, de Roerdalslenkmaas en de Maaskantmaas. Het aandeel moeras neemt sterk af in stroomopwaartse richting. Het aandeel moeras langs het Haringvliet bedraagt 47%, langs het Hollandsch Diep 53%, langs de Oude Maas (1834) 23%, langs de Afgedamde Maas 7% en langs de Maaskantmaas 1%. Strangen kwamen voornamelijk voor langs de Waal, waarbij het aandeel strangen langs de Waal tussen 1780 en 1830 is afgenomen van 14% tot 2%. Langs de overige riviertrajecten varieert het percentage strangen slechts tussen 0,1 en 2%. Langs het Haringvliet, Hollandsch Diep, de Nederrijn-Lek en de Oude Maas 1739 komen helemaal geen strangen voor. Uiterwaardruigte komt uitsluitend langs de Waal en de Boven IJssel (0,1%) voor. Het aandeel uiterwaardruigte langs de Waal is tussen 1780 en 1830 afgenomen van 18% naar 1%. Bos/griend komt in alle trajecten voor, alleen het oppervlakteaandeel verschilt sterk. Langs de Beneden Merwede (1738) (61%) en de Waal (1780) (44%) is het aandeel het grootst. Langs het Haringvliet komt helemaal geen bos/griend voor. Het oppervlakteaandeel hoogwatervrije terreinen is groot langs de Grensmaas (43%), de Oude Maas 1834 (34%), de Roerdalslenkmaas (26%) en de Boven IJssel (16%). Langs de andere trajecten komen vaak ook hoogwatervrije terreinen voor, maar bedraagt het aandeel 1-4%.

4.3 *Verdeling bedding- en uiterwaardecotopen*

In het Hollandsch Diep en het Haringvliet is het aandeel beddingecotopen het grootst (respectievelijk 72 en 87%). In stroomopwaartse richting neemt het aandeel beddingecotopen af. In de Beneden Merwede is het aandeel 40%, in de Waal 37% in 1830 (in 1780 was dit nog 58%) en in de Nederrijn-Lek 18%. In de IJssel bedraagt het aandeel beddingecotopen 11% en is in vergelijking met de andere Rijntakken klein.

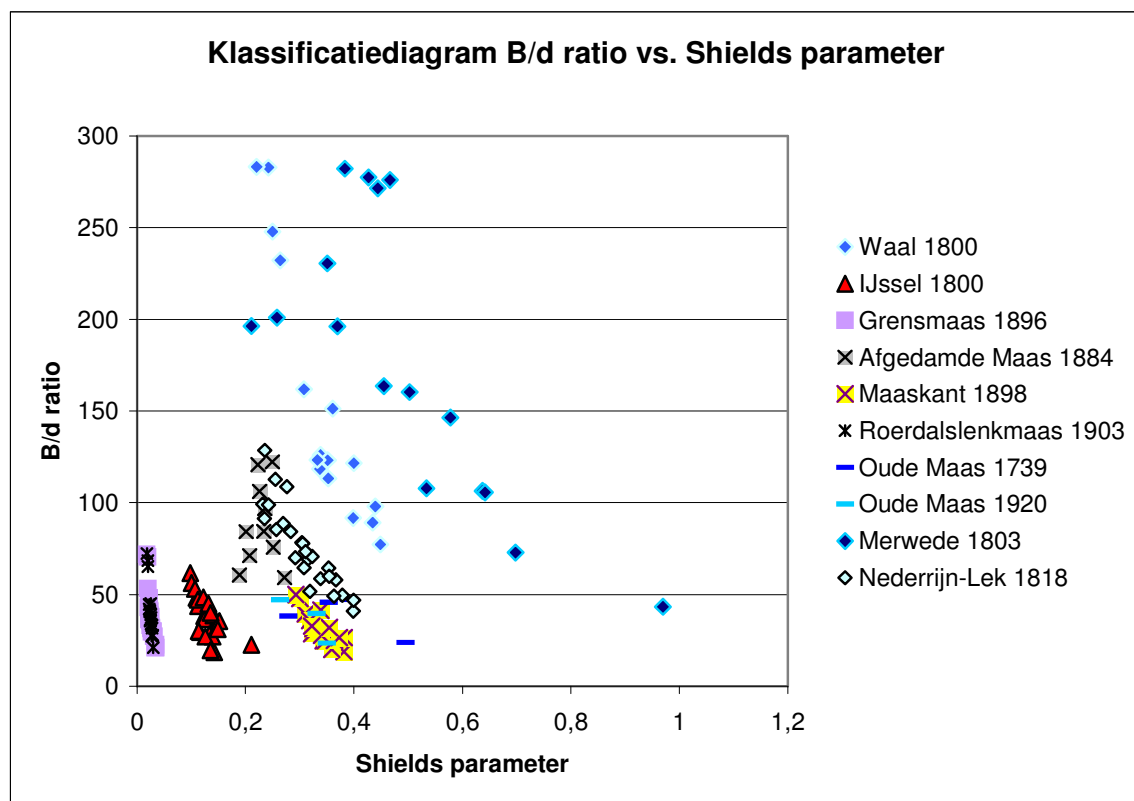
Ook langs de Maas is deze verandering in het aandeel beddingecotopen binnen het totale winterbed aanwezig. In de Grensmaas en de Roerdalslenkmaas bedraagt het aandeel beddingecotopen 11-16%. In de Maaskantmaas is het aandeel toegenomen tot 22%, In de Afgedamde Maas bedraagt het aandeel 29%.

5 Klassificatiediagrammen

5.1 Morfodynamiek

Verhouding breedte/diepte versus Shields parameter

In figuur 3 is van de riviertakken de breedte/diepte verhouding uitgezet tegen de Shields parameter. In het algemeen neemt binnen alle riviertakken bij een toenemende breedte/diepte verhouding de Shields parameter af. Bij de Waal en de Merwede varieert de breedte/diepte verhouding het meest, en ligt tussen 45 en 285. De Merwede heeft echter een grotere Shields parameter dan de Waal, door de geringere korrelgrootte van het beddingsediment in de Merwede. De Roerdalslenkmaas, de Grensmaas en de IJssel hebben het laagste sedimenttransporterend vermogen. Dit wordt in de Grensmaas en de Roerdalslenkmaas veroorzaakt door het relatief grove sediment dat in de bedding aanwezig is. De lage waarde voor de IJssel is het gevolg van een gering verhang en hydraulische straal en een relatief grote korreldiameter van het beddingsediment.



Figuur 3 Klassificatie van riviertrajecten op basis van de verhouding breedte/diepte en de Shields parameter voor de historische situatie.

De Grensmaas heeft een lagere breedte/diepte verhouding dan voor een grindrivier verwacht wordt. Gedeeltelijk kan dit verklaard worden doordat de Grensmaas zich insnijdt waardoor de breedte min of meer constant blijft en de diepte *bij geulvullend debiet* groter is dan bij de Roerdalslenkmaas. De breedte van de riviertakken is bepaald

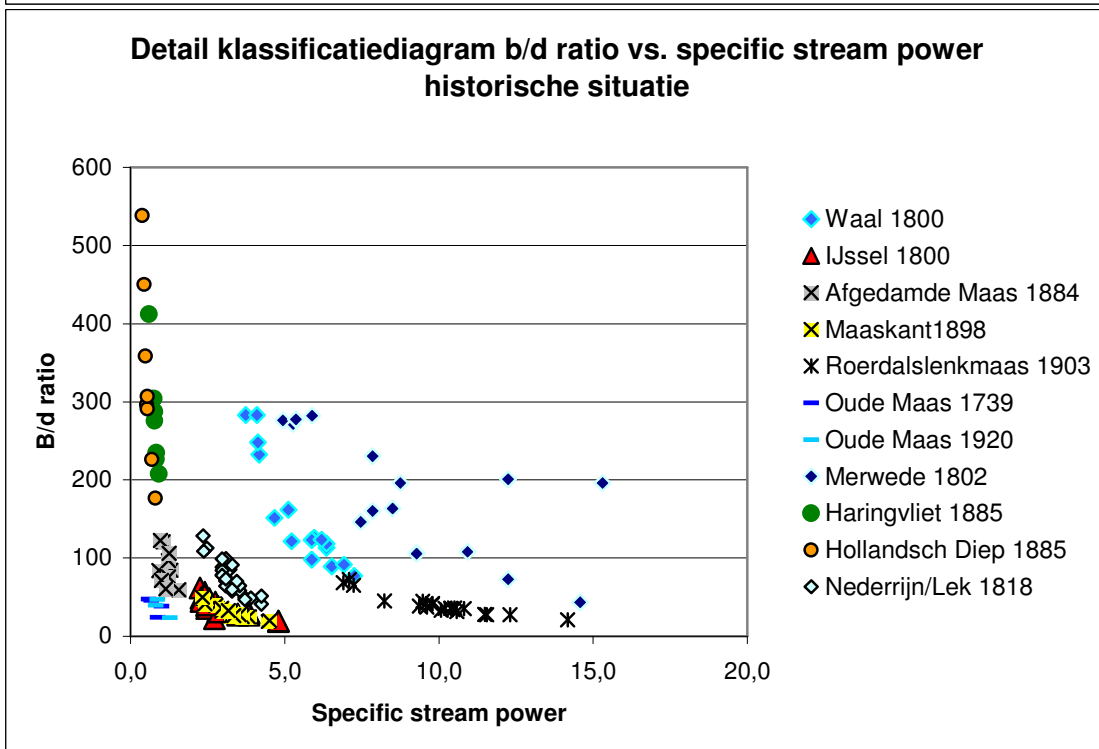
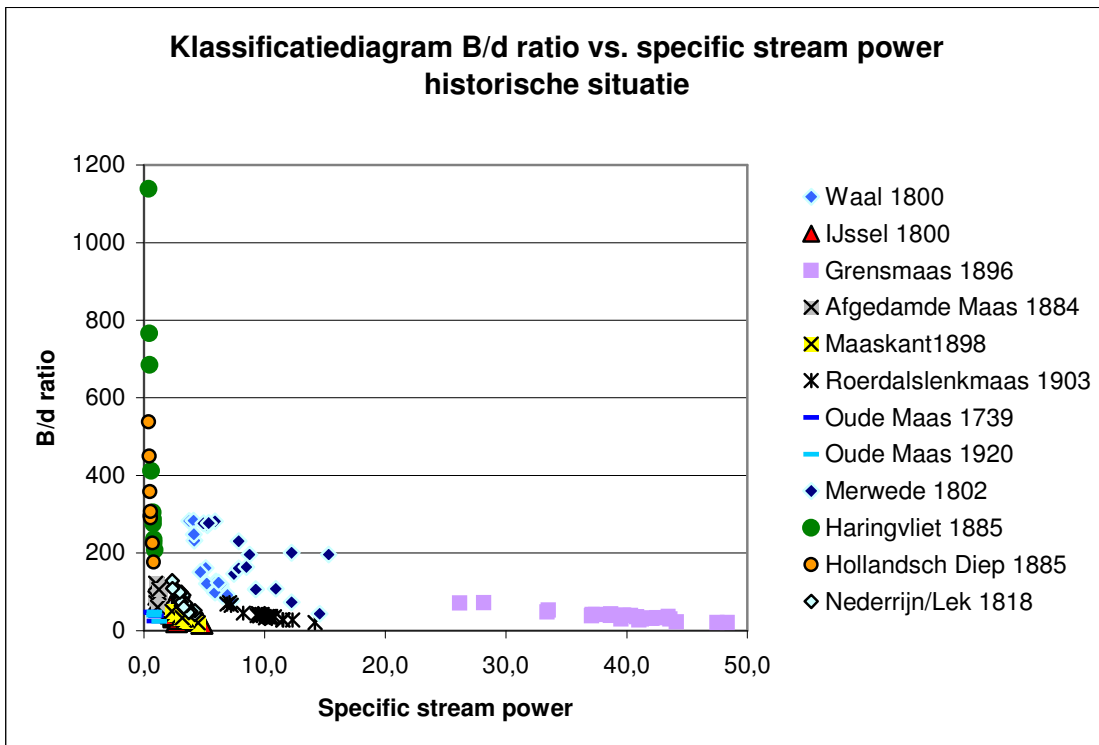
aan de hand van de geulvullende breedte in de profielen. Dit betekent dat de breedte min of meer onafhankelijk is van de geulvullende afvoer, maar de diepte, die wel afhankelijk is van de afvoer, is voor de Grensmaas groter dan voor de Roerdalslenkmaas als gevolg van de grotere geulvullende afvoer waarbij deze bepaald is (respectievelijk $1270 \text{ m}^3/\text{s}$ en $620 \text{ m}^3/\text{s}$).

Verhouding breedte/diepte versus specifiek stroomvermogen

Van de Rijntakken heeft de Merwede het hoogste stroomvermogen ($5\text{-}15 \text{ W/m}^2$). De breedte/diepte verhouding van de Merwede ligt tussen 40 en 280. Het bereik van de breedte/diepte verhouding van de Waal ligt tussen 80 en 280. De IJssel heeft een relatief klein specifiek stroomvermogen ($2,3\text{-}4,8 \text{ W/m}^2$). Ook de breedte/diepte verhouding is laag (20-50). Het specifiek stroomvermogen van de Waal is kleiner dan van de Merwede en ligt tussen 4 en $7,5 \text{ W/m}^2$. Het stroomvermogen in de Nederrijn-Lek varieert van 2,5 tot 4 W/m^2 . De breedte/diepte verhouding in de Nederrijn-Lek ligt tussen 40 en 130. Verder stroomafwaarts richting het Haringvliet en Hollandsch Diep wordt het specifieke stroomvermogen beïnvloed door het getij. Het getij heeft een remmende werking en leidt tot een lager stroomvermogen. Het stroomvermogen in het Haringvliet en het Hollandsch Diep bedraagt $0,4\text{-}0,9 \text{ W/m}^2$. De breedte/diepte verhouding is daarentegen veel groter dan in de riviertrajecten verder stroomopwaarts.

De Grensmaas heeft van alle onderzochte riviertakken het grootste specifieke stroomvermogen ($27\text{-}49 \text{ W/m}^2$). Dit wordt met name veroorzaakt door het relatief grote verhang van dit traject. Daarbij is de geulvullende afvoer op dit traject groter, waardoor ook het specifiek stroomvermogen hoger ligt dan in de benedenstroomse Maastrajecten. De Grensmaas heeft een lage breedte/diepte verhouding. In stroomafwaartse richting (Roerdalslenkmaas, Maaskantmaas, Afgedamde Maas, Oude Maas) neemt het specifieke stroomvermogen steeds verder af tot $0,6 \text{ W/m}^2$ in de Oude Maas. Dit wordt vooral veroorzaakt door de afname van het verhang, waarbij het debiet min of meer gelijk blijft. De breedte/diepte verhouding van de Maastakken ligt tussen de 20 en 90, met uitzondering van de Afgedamde Maas, hier ligt de breedte/diepte verhouding tussen 59 en 122.

Bij een breedte-diepte verhouding van 100 of meer kunnen eilanden (opwassen) ontstaan in de rivier (Maas et al., 1997). In de historische situatie kwamen bij een breedte/diepte verhouding van meer dan 100 eilanden voor in de Waal, de Merwede, de Nederrijn-Lek, de Afgedamde Maas, het Haringvliet en het Hollandsch Diep.



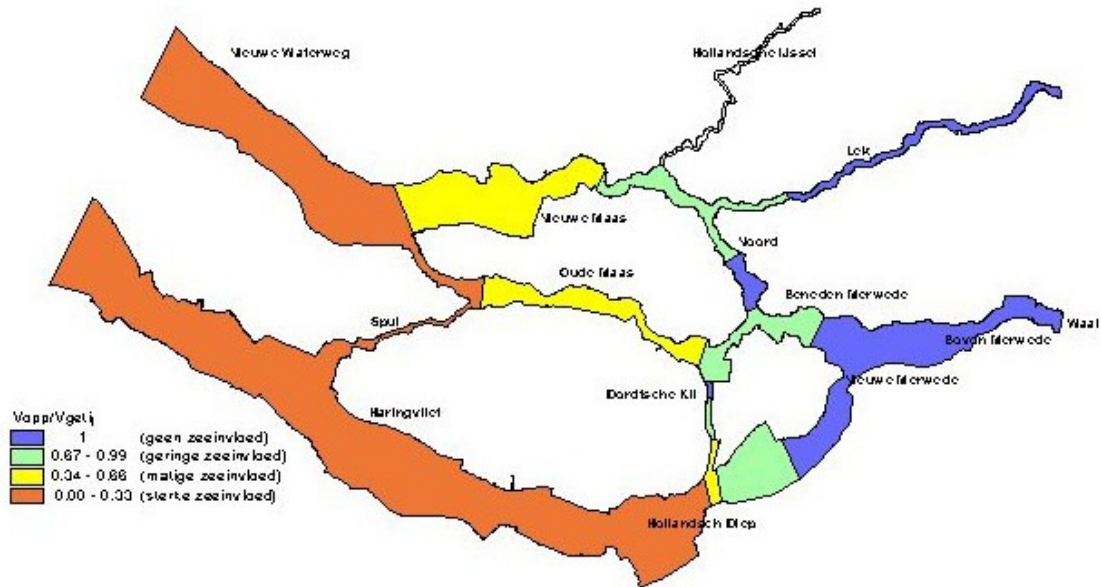
Figuur 4 Klassificatie van riviertrajecten op basis van specifiek stroomvermogen en de breedte/diepte verhouding voor de historische situatie.

Verhouding A_g/A_x versus verhouding V_{opp}/V_{get}

De waarden voor de verhouding natte geuldoorsnede / maximale natte doorsnede en oppervatervolume / getijvolume staan in tabel 1. Voor de riviertrajecten die bovenstrooms van het punt waar kentering optreedt liggen is de verhouding natte geuldoorsnede / maximale natte doorsnede en oppervatervolume / getijvolume gelijk aan 1. Opvallend is dat stroomafwaarts van het kenteringspunt bij Gorkum de verhoudingen tussen de natte doorsnedes van de geul en de totale natte doorsnedes niet sterk afnemen. De verhouding natte geuldoorsnede / maximale natte doorsnede in de Merwede is ongeveer gelijk aan die van de Oude Maas. Dit is mede het gevolg van het feit dat de Oude Maas een relatief smal systeem was (en nog steeds is) binnen het Noordelijk Delta Bekken (Middelkoop, 2001). In het Hollandsch Diep en het Haringvliet is de verhouding natte geuldoorsnede / maximale natte doorsnede wel klein, als gevolg van de relatief grote breedte van het systeem. De getij-invloed wordt in westelijke richting duidelijk groter, wat blijkt uit de afname in de verhouding oppervatervolume / getijvolume (Fig. 5).

Onder natuurlijke omstandigheden zijn een aantal parameters gecorreleerd. Zo wordt in het algemeen de breedte/diepte verhouding vanuit de rivier richting het estuarium groter, terwijl de verhoudingen (natte doorsnede geul) / (maximale natte doorsnede) en (oppervatervolume) / (getijvolume) juist kleiner worden. Binnen het estuarium (Hollandsch Diep - Haringvliet) neemt de breedte/diepte verhouding inderdaad toe met een afnemende verhouding natte geuldoorsnede / maximale natte doorsnede en oppervatervolume / getijvolume. Ook bij de IJssel neemt de breedte / diepte verhouding richting de monding iets toe. Voor de bepaling van de verhouding natte geuldoorsnede / maximale natte doorsnede en oppervatervolume / getijvolume zijn voor de monding van de IJssel geen gegevens beschikbaar.

Zee-invoed 1879 = restvolum e/getijvolume (Vopp/Vget)

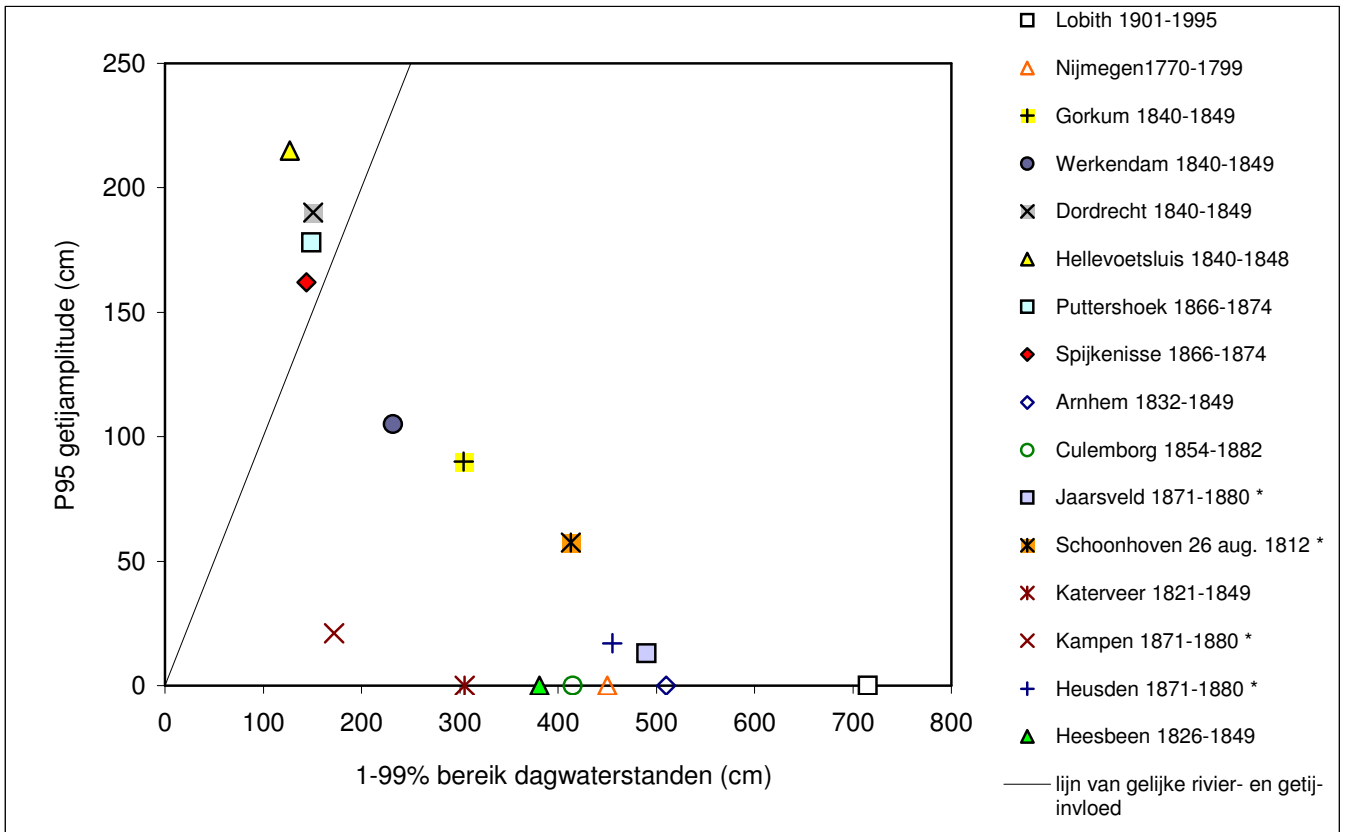


Figuur 5 De verhouding oppervlaktewater / getijvolume als maat voor de zee-invoed in het benedenrivierengebied in 1879.

5.2 Hydrodynamiek

In figuur 6 zijn voor verschillende meetstations waarden van de P_{95} getijamplitude en het 1-99% bereik van de dagwaterstanden geplote. Deze figuur representeert de situatie in de 19^e eeuw. Bovenstrooms van Gorkum (Boven Merwede/Waal), Jaarsveld (Nederrijn-Lek) en Heusden (Maas) worden de waterstanden uitsluitend beïnvloed door de rivierafvoer. De waterstandsfluctuaties als gevolg van wisselende rivierafvoer nemen in westelijke richting af. Vanaf Gorkum, Jaarsveld en Heusden tot de monding van het Haringvliet worden de waterstanden steeds meer beïnvloed door het getij. De lijn in de figuur geeft aan waar de rivier- en getij-invoed gelijk zijn. Ten westen van Werkendam is de getijamplitude groter dan de rivieramplitude. Bij de meetstations Hellevoetsluis, Dordrecht, Puttershoek en Spijkenisse is de getij-invoed groter dan de rivierinvoed. Bij de overige meetstations is de rivierinvoed groter dan de getij-invoed. In het algemeen worden bij een jaaramplitude van meer dan 500 cm de waterstanden niet meer beïnvloed door het getij. De waterstanden in de IJssel worden bij Kampen nog beïnvloed door het getij, verder stroomopwaarts bij Katerveer worden de waterstanden uitsluitend beïnvloed door de rivierafvoer.

De punten die het dichtst bij de oorsprong in het diagram liggen zijn het minst dynamisch. Dit betekent dat de beneden-IJssel het minst dynamisch en de Boven-Rijn en het Haringvliet het meest dynamisch zijn.



Figuur 6 Karakterisatie van de waterstandsregimes aan de hand van het bereik van de gemiddelde dagwaterstanden en getijamplitudes. De waarden voor de jaar- en getijamplitudes zijn afkomstig uit analyse van de dagelijkse waterstanden (Middelkoop, 2001) en Lely (1890). De waarden die afkomstig zijn uit Lely (1890) zijn gemarkeerd met een * en bevatten de getijamplitude bij M.R. (kleine onderschatting P95) en de jaaramplitude bij LW (kleine overschatting 1-99%).

6 Verband areaal ecotopen en morfo- en hydrodynamische parameters

Het verband tussen het voorkomen van beddingecotopen en uiterwaardecotopen en de morfo- en hydrodynamische parameters die het voorkomen beïnvloeden is geanalyseerd door per ecotooptype het percentage van voorkomen uit te zetten tegen het bereik van de waarden van de morfo- en hydrodynamische parameters binnen alle trajecten samen. Voor de duidelijkheid is ervoor gekozen het bereik van de breedte/diepte verhouding uit te zetten tot een maximum van 400. De drie profielen van het Haringvliet die een hogere breedte/diepte verhouding hebben, staan daarmee niet in de figuren.

De morfodynamische parameters hebben betrekking op de morfodynamiek in de geul bij geulvullende afvoer. Deze parameters zijn daarom vooral van invloed op de beddingecotopen. De uiterwaardecotopen worden juist voornamelijk beïnvloed door de hydrodynamische parameters. Voor de beddingecotopen is daarom het verband bepaald met de morfodynamische parameters en voor de uiterwaardecotopen met de hydrodynamische parameters.

Een belangrijke kanttekening bij de interpretatie van de grafieken in bijlage 2 en 3 is dat het percentage ecotoop een gemiddelde waarde is voor een riviertraject. Dit betekent dat het voor kan komen dat een bepaald ecotoop binnen een riviertraject alleen op die plaatsen voorkomt waar bijvoorbeeld de breedte/diepte (B/d) verhouding klein is, en niet op die punten binnen het traject waar de B/d verhouding groot is. Voor het traject als geheel verdwijnt dit onderscheid echter, en lijkt het ecotoop bij alle in het traject voorkomende B/d verhoudingen voor te kunnen komen. Het is daarom alleen mogelijk om op trajectniveau uitspraak te doen over het verband tussen de parameters en het voorkomen van een bepaald ecotoop. Het is niet mogelijk om lokale verschillen uit de gegevens af te leiden.

In bijlage 4 en 5 is het voorkomen van respectievelijk de bedding- en uiterwaardecotopen geplot in de morfo- en hydrodynamische classificatiediagrammen. De morfo- en hydrodynamische parameters zijn voor meerdere dwarsdoorsnedes per riviertraject bepaald. Alle beschikbare punten zijn geplot in de classificatiediagrammen, dit geeft een beeld van de spreiding binnen een traject. Het percentage van voorkomen van de ecotopen is per traject bepaald, er is per traject dus één gemiddelde waarde voor het percentage van de afzonderlijke ecotopen beschikbaar. De kleuren in de diagrammen geven de areaalklassen aan.

6.1 Verband tussen beddingecotopen en morfodynamische parameters

Voor de beddingecotopen is het verband bepaald tussen het areaal van de afzonderlijke ecotopen en de morfo- en hydrodynamische parameters:

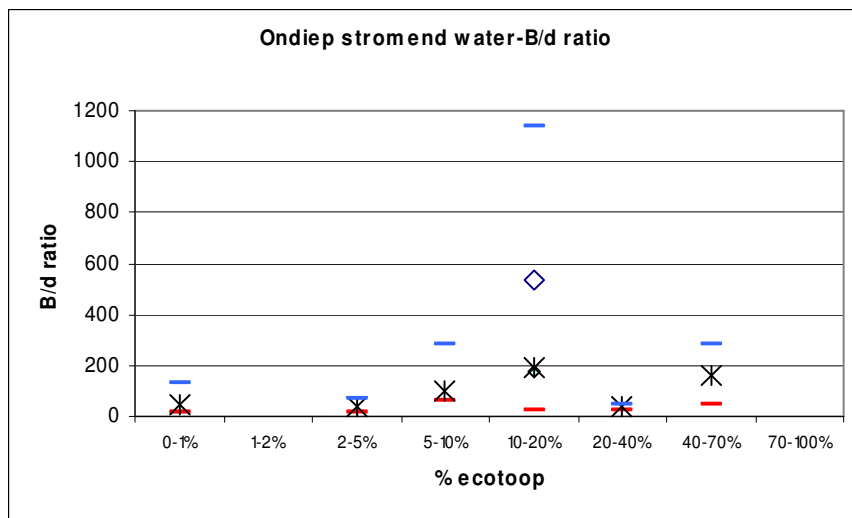
- 1) breedte/diepte verhouding
- 2) specifiek stroomvermogen
- 3) verhouding natte geuldoorsnede / maximale natte doorsnede
- 4) verhouding oppervlaktewater / getijvolume

De resultaten zijn weergegeven in bijlage 2. In de grafieken in de bijlage is per areaalklasse de minimum waarde, de 10 percentiel, de mediaan, de 90 percentiel en de maximum waarde weergegeven. Tevens is het voorkomen van de beddingecotopen geplot in de morfo- en hydrodynamische klassificatiediagrammen.

Diep en ondiep stromend water

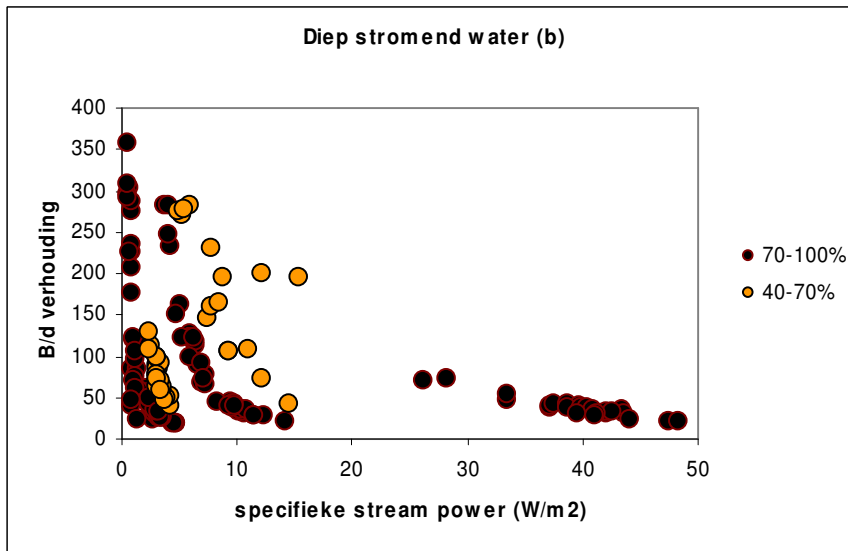
In bijna alle riviertrajecten komt 70-100% diep stromend water voor. Het voorkomen van diep stromend water vertoont geen verband met (één van) de morfodynamische parameters, omdat deze ecotoop bij elke parameter voorkomt in het hele bereik (Fig. 7).

Het oppervlakteaandeel ondiep stromend water lijkt enigszins gerelateerd te zijn aan de breedte/diepte verhouding. Bij een lage breedte/diepte verhouding (<50 à 75) komt minder dan 5% ondiep stromend water voor.

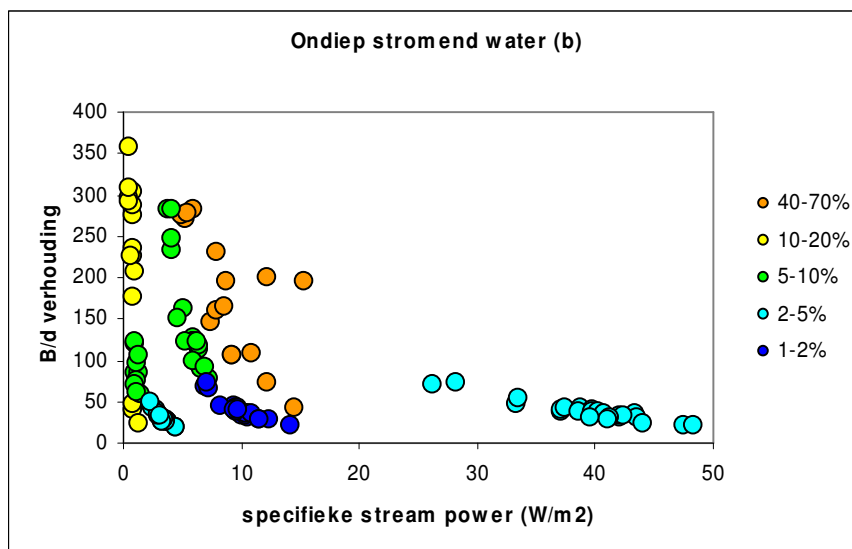


Figuur 7 Het voorkomen van ondiep stromend water vertoont een zwak verband met de breedte/diepte verhouding. Bij een lage breedte/diepte verhouding (< 50 tot 75) komt minder dan 5% ondiep stromend water voor.

In de klassificatiediagrammen (Fig. 8 en 9) is te zien dat relatief weinig diep stromend water (areaalklasse 40-70%) en dus relatief veel ondiep stromend water, natuurlijke rivieroeveren en banken (de oranje punten in Fig. 9) voorkomen bij een breedte/diepte verhouding variërend van 20-300 in combinatie met een specifiek stroomvermogen variërend van 2-15 W/m².



Figuur 8 Klassificatiediagram met het areaal diep stromend water uitgezet tegen de breedte/diepte verhouding en het specifiek stroomvermogen.



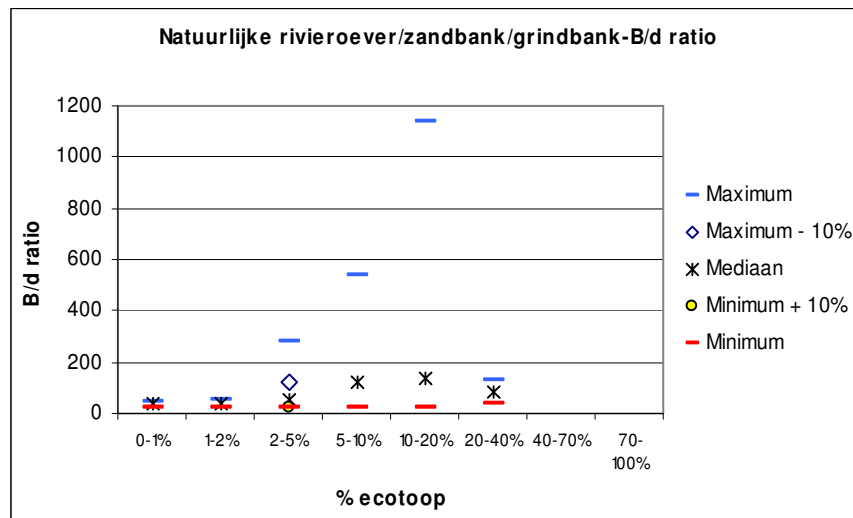
Figuur 9 Klassificatiediagram met het areaal ondiep stromend water uitgezet tegen de breedte/diepte verhouding en het specifiek stroomvermogen.

Natuurlijke rivieroever, zand- en grindbanken

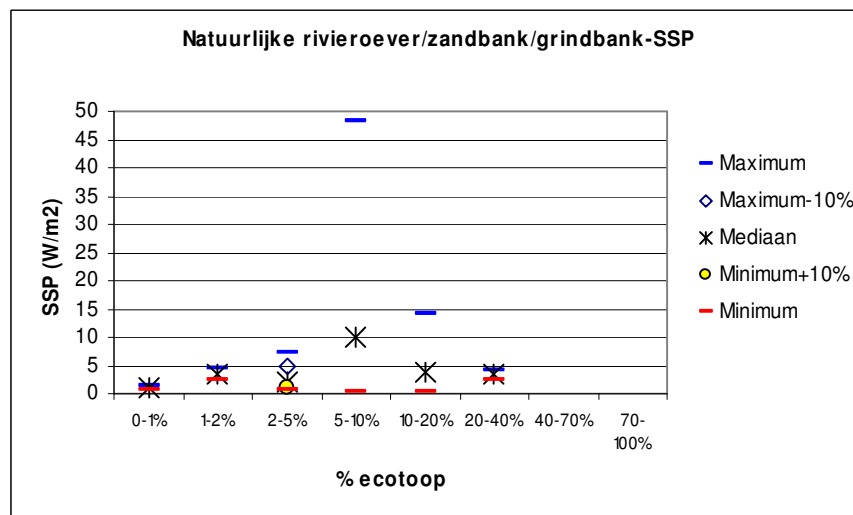
Bij een breedte-diepte verhouding van minder dan ongeveer 50 is het areaal natuurlijke rivieroever en banken erg gering (<2%). Bij een grotere breedte/diepte verhouding komen meer natuurlijke oevers en banken voor, er is echter geen eenduidig lineair verband. Het hoogste percentage (20-40%) komt voor bij een relatief kleine breedte-diepte verhouding in het traject van de Nederrijn-Lek (Fig. 10 en 12).

Er is een zwakke relatie met het specifiek stroomvermogen: wanneer deze groter is dan 8 W/m² is het areaal banken meer dan 5%, andersom geldt dat niet. De meeste en de minste natuurlijke rivieroever, zand- en grindbanken komen voor bij een laag specifiek stroomvermogen (2,4-3,3 W/m²) (Fig. 11 en 12).

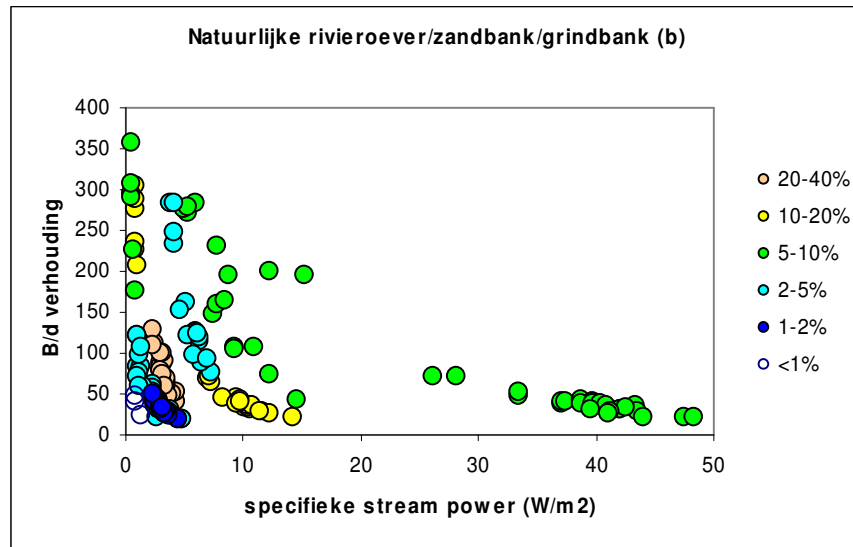
Het voorkomen van natuurlijke rivieroever, zand- en grindbanken vertoont geen verband met de verhouding (natte geuldoorsnede) / (maximale natte doorsnede) en (opperwatervolume / (getijvolume)).



Figuur 10 Het verband tussen het voorkomen van het ecotoop natuurlijke rivieroever/zandbank/grindbank en de breedte/diepte verhouding.



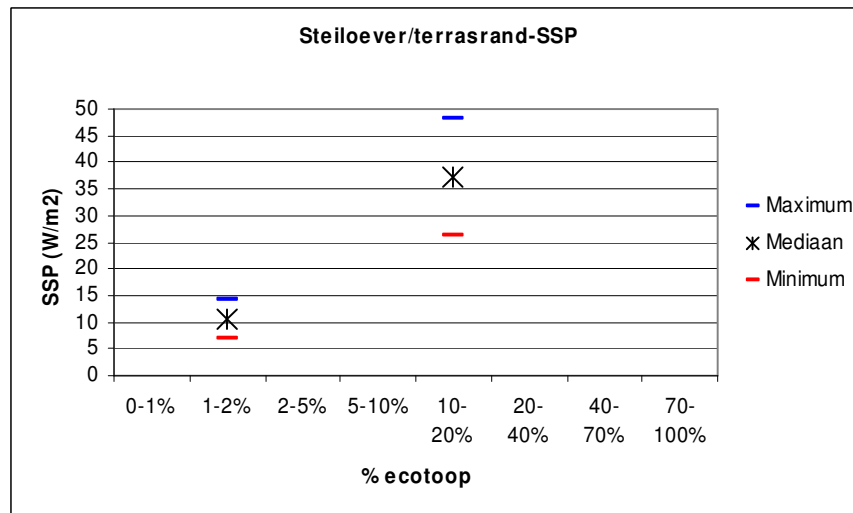
Figuur 11 De meeste natuurlijke rivieroever, zand- en grindbanken (areaalklasse 20-40%) komen voor bij een laag specifiek stroomvermogen (2,4-3,3 W/m²).



Figuur 12 Klassificatiediagram met het areaal natuurlijke rivieroever, zand- en grindbanken uitgezet tegen de breedte/diepte verhouding en het specifiek stroomvermogen.

Steiloever/terrasrand

Het ecotoop steiloever/terrasrand komt uitsluitend langs de Grensmaas en de Roerdalslenkmaas voor. Het voorkomen van steiloevers is gerelateerd aan het specifiek stroomvermogen; hoe hoger het specifieke stroomvermogen, hoe meer steiloever/terrasrand voorkomt (Fig. 13).



Figuur 13 Hoe hoger het specifieke stroomvermogen, hoe groter het areaal steiloever/terrasrand.

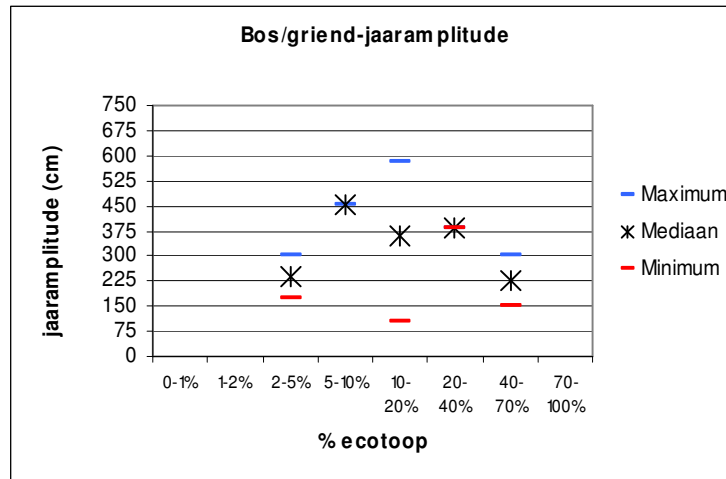
Het voorkomen van steiloevers en terrasranden langs de Grensmaas en de Roerdalslenkmaas hangt nauw samen de ligging in het Maasdal. Het ecotoop hoort bij actieve meandering, gerelateerd aan een hoog specifiek stroomvermogen in combinatie met een lage Shields parameter. De lage Shields parameter zorgt voor geringe beddingerosie en dientengevolge sterke oevererosie, resulterend in steiloevers die op andere trajecten afwezig zijn.

6.2 Verband tussen uiterwaardecotopen en hydrodynamische parameters

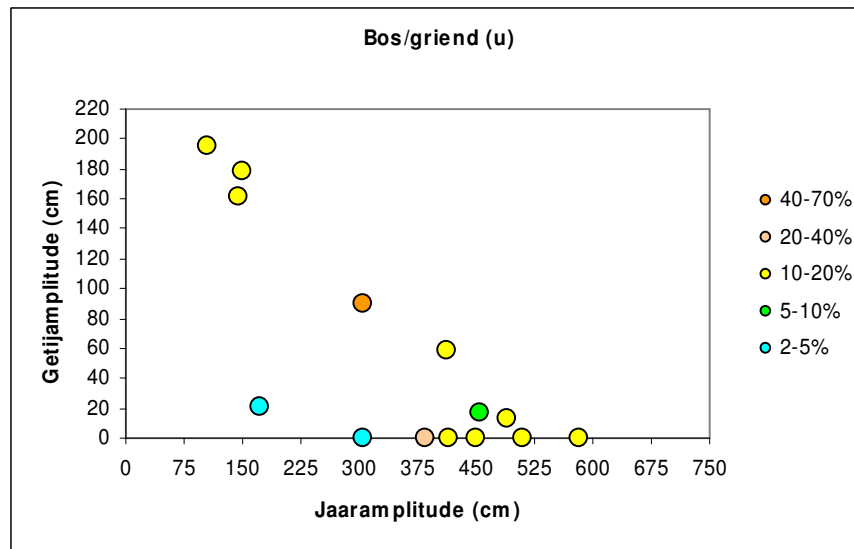
Voor de uiterwaardecotopen is het verband bepaald tussen het areaal van de afzonderlijke ecotopen en de hydrodynamische parameters, jaaramplitude en getijamplitude. De resultaten zijn weergegeven in bijlage 3. Per ecotooptype is per areaalklasse de minimale waarde, de mediane waarde en de maximale waarde aangegeven.

Bos/griend

Het meeste bos/griend (40-70%) komt voor bij een jaaramplitude tussen 150 en 300 cm. Het aandeel bos neemt grofweg toe met een afnemende jaaramplitude (mediaan). Echter, in de klasse 2-5% is het aandeel bos en de jaaramplitude juist lager dan in klasse 5-10% (Fig. 14). Het aandeel bos/griend lijkt een zwak verband te vertonen met de jaaramplitude en geen verband met de getijamplitude. Het classificatiediagram (Fig. 15) suggereert dat het grootste areaal bos/griend voorkomt in het overgangsgebied tussen rivier- en getij gedomineerd regime.



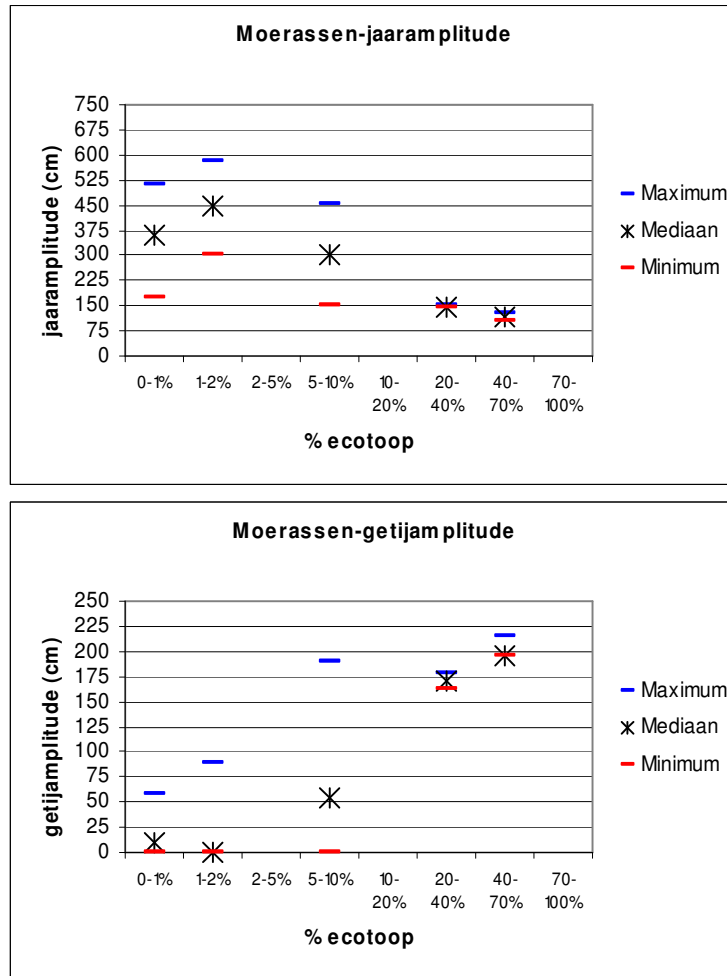
Figuur 14 Het aandeel bos/griend vertoont een zwak verband met de jaaramplitude. Vanaf areaalklasse 5-10% tot en met klasse 40-70% neemt het aandeel bos grofweg toe met een afnemende jaaramplitude (mediaan)



Figuur 15 Klassificatiediagram met het areaal bos/griend uitgezet tegen de breedte/diepte verhouding en het specifiek stroomvermogen.

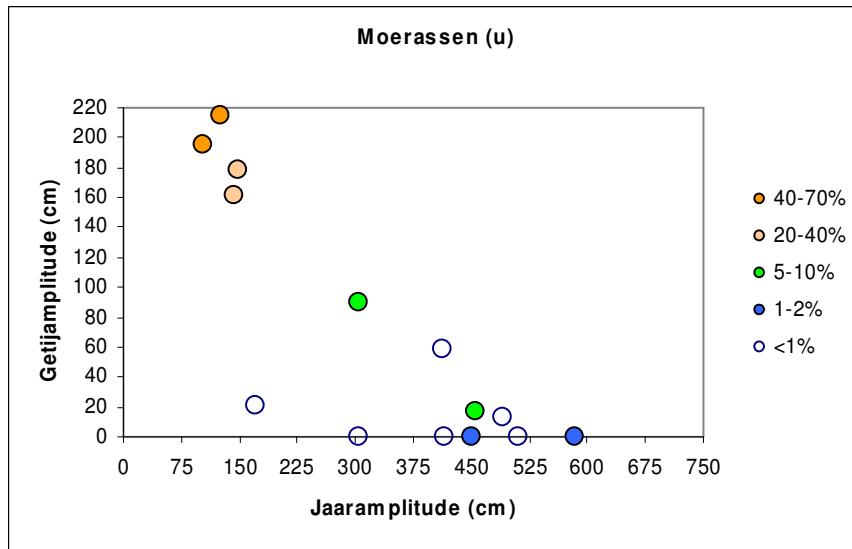
Moerassen

Het voorkomen van moerassen is duidelijk gerelateerd aan de jaar- en getijamplitude. Het aandeel moerassen neemt toe bij een afname van de jaaramplitude en een toename van de getijamplitude. Het aandeel moerassen is het grootst (>20% van de uiterwaardecotopen) bij een jaaramplitude van minder dan 150 cm en een getijamplitude van meer dan 150 cm (Fig. 16).



Figuur 16 Het aandeel moerassen neemt toe bij een afname van de jaaramplitude en een toename van de getijamplitude.

Bij een jaaramplitude in de orde van minder dan 2 meter en een getijamplitude van meer dan 1 meter wordt de situatie voor moerassen kansrijk (>20% van de uiterwaard-ecotopen) (Fig. 17).



Figuur 17 Klassificatiediagram met het areaal moerassen uitgezet tegen de jaaramplitude en de getijamplitude.

Uiterwaardruigte en geïsoleerd uiterwaardwater

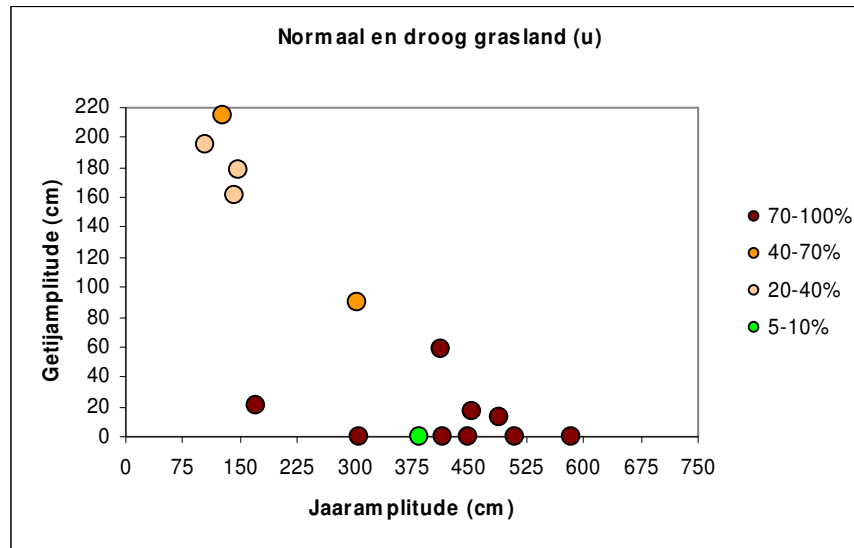
Slechts langs twee riviertrajecten voor (Waal en IJssel) komt uiterwaardruigte voor, waar dit slechts een klein areaal (<1%) inneemt. Het is daarom niet mogelijk om een verband tussen het voorkomen van het ecotoop en de jaar- en/of getijamplitude af te leiden.

Het grootste oppervlak geïsoleerd uiterwaardwater komt voor langs trajecten die riviergedomineerd zijn. Het areaal geïsoleerd uiterwaardwater vertoont geen verband met de jaar- en de getijamplitude.

Beide ecotopen komen voor bij een geringe getijamplitude; maximaal 25 cm voor uiterwaardruigte en 75 cm voor geïsoleerd uiterwaardwater (Bijlage 5).

Normaal en droog grasland

Het voorkomen van normaal en droog grasland lijkt zwak gerelateerd te zijn aan de jaaramplitude. Vanaf de klasse 20-40% neemt het aandeel toe met een toenemende jaaramplitude. In de klasse 5-10% is de jaaramplitude echter hoger dan in de klassen 20-40% en 40-70% (Bijlage 3). Het grootste oppervlakteaandeel normaal en droog grasland komt voor bij een lage of afwezige getijamplitude (< 30 cm) en een wat hogere jaaramplitude (> 4 m) (Fig. 18).



Figuur 18 Klassificatiediagram met het areaal normaal en droog grasland uitgezet tegen de jaaramplitude en de getijamplitude.

Nat grasland

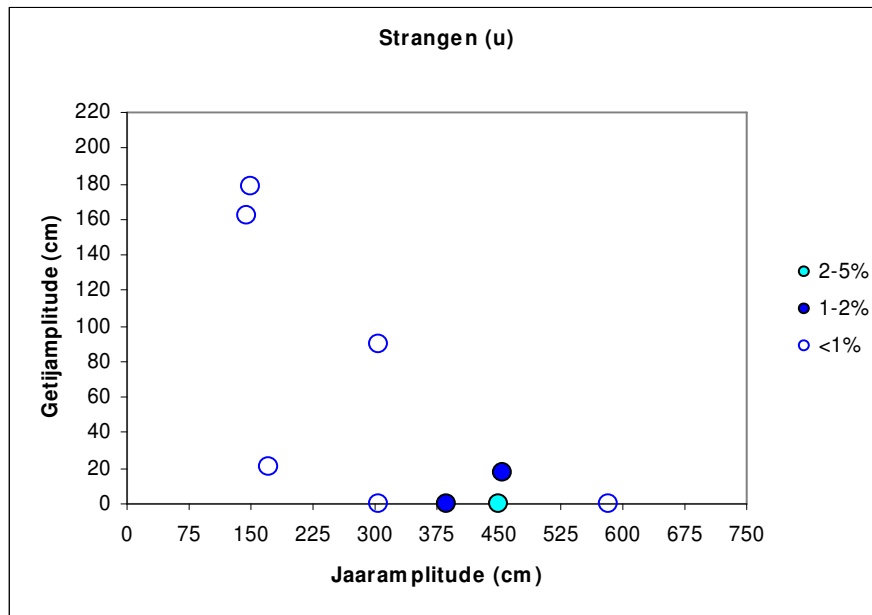
Nat grasland komt slechts langs drie trajecten voor (Grensmaas, Roerdalslenkmaas en Maaskantmaas) en valt slechts in twee areaalklassen. Op basis van twee punten is het niet mogelijk om een verband af te leiden. In de areaalklasse 2-5% is de jaaramplitude ongeveer 6 m en in de klasse 10-20% ongeveer 4 m. De getijamplitude is in alle gevallen 0.

Hoogwatervrij terrein, strangen, steilrand en terrasrand

De grootte van het areaal hoogwatervrij terrein/akkers is niet gerelateerd aan de jaar- en/of getijamplitude. Het oppervlakteaandeel lijkt gerelateerd aan de oppervlakte van de uiterwaard; hoe groter de oppervlakte van de uiterwaard, hoe groter naar verhouding de oppervlakte hoogwatervrij terrein.

Strangen

Strangen komen voor binnen een groot bereik van de jaar- en de getijamplitude (Fig. 19) en lijken niet gerelateerd te zijn aan deze hydrodynamische parameters. De meeste strangen komen voor bij een jaaramplitude tussen 3 en 5 m, en een zeer geringe getijamplitude (< 30 cm).



Figuur 19 Klassificatiediagram met het areaal strangen uitgezet tegen de jaaramplitude en de getijamplitude.

7 Conclusies

De ecotopensamenstelling is in de historische situatie, vlak voor de riviernormalisatie, al sterk beïnvloed door het beheer. Daardoor zijn de meeste uiterwaardecotopen onafhankelijk geworden van de onderzochte hydro- en morfodynamische parameters. Een uitzondering hierop vormen de moerassen.

Het voorkomen van moerassen is sterk gerelateerd aan de jaaramplitude van de waterstanden en aan de getijamplitude. Het oppervlakteaandeel moerassen neemt toe bij een afname van de jaaramplitude en een toename van de getijamplitude. Een optimale situatie voor moerassen doet zich voor bij een jaaramplitude van minder dan 1.5 m en een getijamplitude van meer dan 1.5 m.

Hoewel de relatie tussen breedte/diepte verhouding en het voorkomen van eilanden en banken theoretisch te verklaren is, komt deze niet eenduidig naar voren in het voorkomen van oevers en banken. Wel is duidelijk dat bij een breedte/diepte verhouding van minder dan ongeveer 50, het areaal natuurlijke rivieroevers en banken erg gering (<2%) is. Is de breedte/diepte verhouding groter, dan komen er meer natuurlijke oevers en banken voor. Er is ook een (zwakke) relatie met het stroomvermogen. Bij een specifiek stroomvermogen van >8 W/m² komen minstens 5 % natuurlijke oevers en banken voor. Andersom geldt deze relatie niet, bij een laag specifiek stroomvermogen komen hoge en lage percentages banken voor. In trajecten met een breedte/diepte verhouding van minder dan 50 à 75, komt ook weinig (<5%) ondiep stromend water voor.

Een belangrijke kanttekening bij de interpretatie van de gegevens is dat het percentage ecotoop een *gemiddelde* waarde is voor een riviertraject, die vergeleken wordt met de totale variatie aan morfologische parameters binnen dat traject. De correlatie tussen het areaal van een ecotoop en de hydro-morfologische parameter *binnen* een traject wordt hierdoor niet zichtbaar, waardoor het ecotoop bij alle in het traject voorkomende B/d verhoudingen voor lijkt te kunnen komen. Het is daarom alleen mogelijk om op trajectniveau uitspraak te doen over het verband tussen de parameters en het voorkomen van een bepaald ecotoop. De resultaten van dit onderzoek geven aan of ergens binnen een riviertraject met bepaalde hydro- en morfologische kenmerken een bepaald ecotoop *zou kunnen* voorkomen. De hydro-morfologische parameters dienen dan ook vooral om het karakter van een bepaalde riviertak te schetsen, waarbij de ecotopenarealen aangeven of binnen een dergelijk type riviertraject veel of juist weinig van een dergelijk ecotoop te verwachten is. De exacte locatie en lokale randvoorwaarden voor het ecotoop kunnen hieruit echter niet afgeleid worden.

Een belangrijke vraag blijft dan of het schaalniveau van deze studies en van de uitkomsten voldoende specifiek is voor de beheerder om hiermee de potenties van voorkomen van verschillende typen ecotopen binnen de huidige riviertakken en in toekomstige inrichtingsplannen te kunnen bepalen.

Literatuur

- Lambeek, J.J.P. en Mosselman, E., 1998. Huidige en historische rivierkundige parameters van de Nederlandse Rijntakken. WL, Delft Hydraulics, projectnummer Q2382, Delft.
- Lely, C., 1890. Rivier en rivierwerken. Tweede deel , 1^e aflevering, afd. XI. In: N.H. Henket, C.M. Schols en J.M. Telders (eds.), Waterbouwkunde. 's Gravenhage, Van Cleef.
- Maas, G.J., 2000. Historische geomorfologie Maas en Benedenrivieren; Oude Maas, Merwede-Hollandse Biesbosch, Afgedamde Maas en Maaskant. Alterra-rapport 075, Wageningen.
- Maas, G.J., 2002. Historische ecotopen en morfologische processen rivieren; Haringvliet-Hollandsch Diep, Roerdalslenkmaas en Grensmaas. Alterra-rapport 505, Wageningen.
- Maas, G.J., Wolfert, H.P., Schoor, M.M. en Middelkoop, H., 1997. Classificatie van riviertrajecten en kansrijkdom voor ecotopen; een voorbeeldstudie vanuit historisch-geomorfologisch en rivierkundig perspectief. DLO-Staring Centrum, Rapport 552, Wageningen.
- Middelkoop, H., 2001. Morfologische karakterisatie van het Nederlandse benedenriviereengebied; verkenning van parameters. ICG-rapport 01/5. Departement Fysische Geografie, Universiteit Utrecht.
- Wolfert, H.P., 1998. Geomorfologische geschiktheid voor nevengeulen, strangen en moerassen in de riviertrajecten van de Rijntakken. DLO-Staring Centrum, Rapport 621, Wageningen.

BIJLAGEN