

dergelijke situaties, zo stelt Ogink (1989), levert alleen het gebruik van dominante (lees: loggemiddelde) duinkarakteristieken in de ruwheidsformules goede resultaten op. Het gebruik van het loggemiddelde voor het onderzochte traject van de Maas, is dus correct.

Ook de manier waarop de ruwheid van de duinenstrook, de ruwheid van de oevers en de ruwheid van het vlak bed bij elkaar opgeteld worden om de totale ruwheid van het zomerbed te verkrijgen, kan bediscussieerd worden. De gebruikte formule (§5.2.4) is namelijk alleen geldig als de gemiddelde stroomsnelheid boven de duinenstrook gelijk is aan de gemiddelde stroomsnelheid boven de oevers en de gemiddelde duinenstrook boven het vlak bed (Ogink, 1989).

Verder hoeft ook de manier waarop Vanoni-Hwang, Engelund en Van Rijn de korrelruwheid berekenen niet juist te zijn. Sommige onderzoekers menen namelijk dat in de wervels achter een duin de korrelruwheid nul is en dat bij het bepalen van de (gemiddelde) korrelruwheid gecorrigeerd moet worden voor deze stukjes vlak beneden de wervels (Vittal, 1972; Yalin, 1964 en Engel & Lau, 1980; alle in: Ogink, 1989).

Er kan dus geconcludeerd worden dat er zoveel onzekerheden zijn opgetreden, dat er op basis van de duinkarakteristieken geen goede voorspelling gemaakt kon worden van de hydraulische ruwheid.

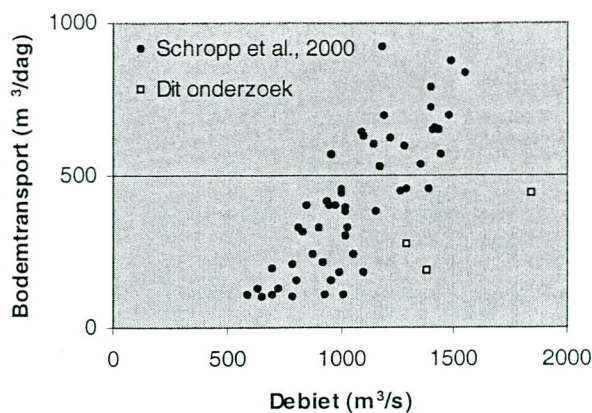
7.3 Bodemtransport

7.3.1 Verklaring van de resultaten

Uit figuur 20 is gebleken dat het bodemtransport klein is aan de linkerrand van de duinenstrook (centrum rivier), vervolgens sterk toeneemt en dan weer geleidelijk kleiner wordt tot aan de rechterrand van de duinenstrook (binnenbocht). Dit is hetzelfde patroon dat ook in de duinhoogte waargenomen is. Omdat de migratiesnelheid en de vormfactor nauwelijks veranderen over de breedte van de duinenstrook hebben deze geen invloed op de laterale variatie in het bodemtransport.

De temporele variatie van het bodemtransport in de duinenstrook is gelijk aan het temporeel patroon van de migratiesnelheid en de duinhoogte: hoge waarden ($450 \text{ m}^3/\text{dag}$) als de afvoer groot is en lage waarden ($250 \text{ m}^3/\text{dag}$) als de afvoer klein is (fig. 21). Dit patroon heeft echter alleen betrekking op de dalende poot van de afvoergolf; tijdens de stijgende poot zijn geen bodempeilingen verricht.

Volgens paragraaf 6.2 komt er bij Broekhuizen geen bodemtransport voor buiten de duinenstrook, die daar steeds tegen de binnenbocht van de Maas aanligt. Dat bodemtransport vooral plaatsvindt in de binnenbocht is ook aangetoond door Duizendstra (2001) aan de hand van metingen uit 1994 in de Grensmaas bij Maaseik (kilometer 52). Ook hier is in de binnenbocht een strook met fijner sediment aanwezig die vrijwel het gehele bodemtransport voor zijn rekening neemt.



Figuur 26. Vergelijking van het bodemtransport bij Nieuw-Bergen (Schropp *et al.*, 2000) met het bodemtransport bij Broekhuizen (dit onderzoek).

In figuur 26 worden de berekende bodemtransporten uit dit onderzoek vergeleken met de bodemtransportmetingen die zijn verricht tussen 1997 en 1999 in de Zandmaas bij Nieuw-Bergen, kilometer 141,3 (Schropp *et al.*, 2000). In dit gebied is het bodemmateriaal ongeveer vergelijkbaar met het bodemmateriaal in de duinenstrook bij Broekhuizen (Sloff, 2001). De bodemtransporten die zijn gemeten bij Nieuw-Bergen zijn echter veel hoger dan de berekeningen uit dit onderzoek. Mogelijk wordt het bodemtransport bij Broekhuizen onderdrukt door de aanwezigheid van een laag met grof bodemmateriaal op geringe diepte. Waarschijnlijker is echter dat bij Nieuw-Bergen niet alleen het bodemtransport, maar ook een deel van het zwevend transport gemeten is. De monsteropening van de gebruikte Helley-Smith zandvang is namelijk 7,5 centimeter hoog en juist in de onderste decimeters van de waterkolom vindt het grootste deel van het zwevend transport plaats.

7.3.2 Betrouwbaarheid van de resultaten

De betrouwbaarheid van de berekende bodemtransporten is enerzijds afhankelijk van de nauwkeurigheid waarmee het transport in de duinenstrook bepaald is en anderzijds van de nauwkeurigheid van de transportanalyse voor de gebieden buiten de duinenstrook.

In paragraaf 7.1 is gebleken dat de invoerparameters voor de dunetrackformule (migratiesnelheid, duinhoogte en vormfactor) waarschijnlijk correct berekend worden. Met de dunetrackformule kunnen echter alleen correcte bodemtransporten berekend worden als er aan een aantal aannamen voldaan is. Het netto dwarstransport en de netto aanvoer van suspensief materiaal moeten nul zijn, de gemiddelde bodemligging moet constant blijven en al het materiaal dat wordt opgenomen aan de loefzijde van een duin, moet weer worden afgezet wordt op de lijzijde van dezelfde duin (Wilbers & Kleinhans, 1999). Het is onwaarschijnlijk dat aan al deze aannamen wordt voldaan. Door Wilbers (2002) is echter beargumenteerd dat de fouten die optreden door het feit dat sommige aannames niet kloppen, doorgaans tenietgedaan worden door de fouten die ontstaan als gevolg van onjuistheden in de overige aannames. Er kan dus van uitgegaan worden dat de bodemtransporten die zijn berekend met de dunetrackformule juist zijn.

Volgens paragraaf 6.2 treedt in het vlak bed buiten de duinenstrook geen bodemtransport op, omdat het bodemmateriaal daar te grof is of tweetoppig verdeeld. Het is echter te verwachten dat net buiten de duinenstrook het aandeel zand zo groot is dat wel degelijk enig transport optreedt. Dit bodemtransport is echter waarschijnlijk gering. In dit onderzoek kon niet bepaald worden of er bodemtransport optreedt op de oevers van de Maas, omdat van de oevers geen korrelgroottegegevens beschikbaar zijn. Daarom kon de variatie in de bodemtransporten slechts ten dele gekwantificeerd kon worden.

8. Conclusie

Gedurende het hoogwater van maart 2001 kwamen bij Broekhuizen slechts in een beperkt deel van de Maas duinen voor. De duinenstrook lag steeds aan de binnenbocht van de rivier, waar het bodemsediment zandig was. De duinen waren vrij klein, met een gemiddelde lengte van 5 meter en een gemiddelde hoogte van 25 centimeter. De relatief kleine afmetingen zijn mogelijk het gevolg van de aanwezigheid van een laag grof bodemmateriaal op geringe diepte. De hoogte en de lengte van de duinen namen licht toe in de richting van de buitenbocht, waar de stroomsnelheid groter was. Precies op de rand van de duinenstrook waren de duinen echter weer kleiner, waarschijnlijk door een relatief groot aandeel grof materiaal in het bodemsediment. De duinhoogte en duinlengte vertoonden behalve een significante laterale variatie, ook een duidelijke temporele variatie. Na het bereiken van de maximale afvoer, nam de duinhoogte voortdurend af. De duinlengte vertoonde echter een stijgende trend. Deze wordt toegeschreven aan naijleffecten.

De duinkarakteristieken zijn in dit onderzoek met grote nauwkeurigheid vastgesteld. Geringe fouten kunnen echter zijn opgetreden door de enigszins subjectieve verwijdering van foutieve beddingvormen en de onzekerheid in de bepaling van de statistische verdeling van de duinkarakteristieken. Daarnaast zijn waarschijnlijk ook bij de ruiscorrectie fouten opgetreden. Deze onzekerheden daargelaten kon in dit onderzoek de variatie in de duinkarakteristieken goed gekwantificeerd worden.

De hydraulische ruwheid die is berekend op basis van de morfologie van de rivier, komt redelijk goed overeen met de hydraulische ruwheid die is berekend op basis van de stromingseigenschappen. Echter de ruwheid die is berekend op basis van de morfologie vertoont geen temporele variatie, terwijl de ruwheid die is berekend op basis van stromingseigenschappen kleiner wordt als de afvoer afneemt. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat bij de berekening van de ruwheid op basis van de morfologie geen rekening is gehouden met de invloed van de vegetatie.

De betrouwbaarheid van de berekende ruwheden is klein. De onzekerheid in de ruwheid op basis van stromingseigenschappen is het gevolg van de onnauwkeurige waterhoogtemetingen en de onnauwkeurige bepaling van de stroomsnelheid. Omdat er geen stroomsnelheidsmetingen beschikbaar waren, moest de stroomsnelheid bepaald worden op basis van de afvoer en het doorstroomde oppervlak, terwijl voor beide factoren geen betrouwbare waarden beschikbaar waren. De onzekerheid in de ruwheid die is berekend op basis van morfologische eigenschappen is vooral het gevolg van het gebrek aan korrelgroottegegevens van de oevers. Door de verschillende onnauwkeurigheden kon met de huidige dataset op basis van de duinkarakteristieken geen goede voorspelling gemaakt worden van de hydraulische ruwheid.

Het bodemtransport in de duinenstrook vertoont een belangrijke laterale variatie, overeenkomstig met de laterale variatie in de duinhoogte. Ook de temporele variatie in het bodemtransport is aanzienlijk. Het bodemtransport neemt op drie dagen tijd af van 450 m³/dag (bij een debiet van 1850 m³/s) tot 250 m³/dag (bij een debiet van 1300 m³/s). Het feit dat de waarden voor het bodemtransport relatief laag zijn, is waarschijnlijk het gevolg van de aanwezigheid van een vrij grove bodemlaag op geringe diepte. Of buiten de duinenstrook ook bodemtransport optreedt, is onduidelijk. In een groot deel van de rivier in ieder geval niet, omdat het bodemmateriaal hier te grof is. Voor de oevers kon echter geen schatting gemaakt worden van het bodemtransport omdat voor de oevers geen korrelgroottegegevens beschikbaar zijn.

Er kan van uitgegaan worden dat de aannamen die gedaan zijn om de transporten in de duinenstrook te berekenen juist zijn. Ook de gebruikte waarden voor de duinhoogte, de vormfactor en de migratiesnelheid zijn waarschijnlijk correct. Hierdoor is de betrouwbaarheid van de berekende transporten voor de duinenstrook groot. Omdat er echter geen schatting gemaakt kon worden van het bodemtransport buiten de duinenstrook, kon de variatie in de bodemtransporten slechts ten dele gekwantificeerd worden.

9 Aanbevelingen

De reden dat in deze studie slechts ten dele is voldaan aan de gestelde doelstellingen is vooral gelegen in de gebrekkige veldmetingen. In eventuele vervolgonderzoeken moeten de gesignaleerde tekortkomingen in de meetprocedures vermeden worden. In dit hoofdstuk komt eerst de optimale meetstrategie aan bod voor het onderzoek naar de duinkarakteristieken (§9.1), dan de optimale meetstrategie voor het onderzoek naar de hydraulische ruwheid (§9.2) en vervolgens de optimale meetstrategie voor het onderzoek naar het bodemtransport (§9.3). Verder worden een aantal algemene aanbevelingen gedaan voor de meetcampagne (§9.4) en wordt een aantal ideeën aangedragen voor verbetering van het programma DT2D (§9.5).

9.1 Aanbevelingen voor het onderzoek naar de duinkarakteristieken

Om de variatie in de duinkarakteristieken te kunnen bepalen zijn uitsluitend bodempeilingen vereist.

Bodempeilingen

De bodempeilingen moeten worden uitgevoerd met een zo klein mogelijke overlap tussen de meettraaien, maar wel met een zo'n hoog mogelijke ruimtelijke resolutie. De resolutie van de peilingen bij Broekhuizen, zo'n 3 à 6 punten per vierkante meter, is net voldoende. Om de betrouwbaarheid van de resultaten te bevorderen, is echter een resolutie van 15 à 30 punten per vierkante meter aan te bevelen. Dat geldt met name voor situaties waarin de afmetingen van de duinen klein zijn.

Als het niet nodig is de migratiesnelheid te kunnen berekenen, dan is één bodempeiling per dag in een kilometervak ruim voldoende. Om de migratiesnelheid te kunnen bepalen mag het tijdsverschil tussen twee bodempeilingen in hetzelfde kilometervak echter niet te groot zijn. Voor de Maas bij Broekhuizen geldt bij een afvoer van 1300 m³/s een maximaal tijdsverschil tussen twee metingen van 4 uur. Bij een afvoer van 1800 m³/s bedraagt het maximale tijdsverschil tussen twee metingen 2 uur. De maximaal toegestane tijdsperiode tussen twee metingen verschilt echter van gebied tot gebied. Globaal kan ervan worden uitgegaan dat bij afvoeren tot 1800 m³/s minimaal 2 bodempeilingen per dagdeel uitgevoerd moeten worden. Het is overigens niet nodig om *elk* dagdeel twee metingen te verrichten; na twee metingen in een dagdeel mag gerust een dag gewacht worden voor de volgende twee metingen uitgevoerd worden. Met de beschikbare gegevens is niet te bepalen wat de meetfrequentie moet zijn bij extreme afvoeren (boven de 1800 m³/s).

Meetgebied

De bodempeilingen moeten gebiedsdekkend zijn. Dit betekent dat niet alleen boven het centrale deel van de zomerbed bodempeilingen moeten worden verricht, maar ook boven een zo groot mogelijk deel van de oevers. Om de longitudinale variatie in de duinkarakteristieken te kunnen bepalen, dienen de bodempeilingen over een traject van enkele kilometers lang uitgevoerd te worden. Het meettraject bij Broekhuizen was te kort (2 kilometer) om zinnige uitspraken te kunnen doen over de longitudinale variatie.

Meetperiode

Om de temporele variatie in de duinkarakteristieken en de invloed van de afvoer op de duinkarakteristieken goed te kunnen bepalen, is het noodzakelijk dat er bodempeilingen uitgevoerd worden vóór, tijdens en na de hoogwaterpiek.

9.2 Aanbevelingen voor het ruwheidsonderzoek

De optimale meetstrategie voor het bepalen van de invloed van de duinen op de hydraulische ruwheid bestaat uit een combinatie van bodempeilingen, stroomsnelheidmetingen, waterstandmetingen en korrelgroottebepalingen.

Bodempeilingen

De bodempeilingen moeten worden uitgevoerd op de manier die in de vorige paragraaf beschreven is. Omdat de migratie van de duinen niet ter zake doet, is het niet nodig om enkele malen per dag een bodempeiling te verrichten.

Stroomsnelheidmetingen

Na elke meting van de bodemligging dient de stroomsnelheid van de rivier bepaald te worden. Voor het meten van de stroomsnelheid kan gebruikt gemaakt worden van Ott-molens of ADCP-apparatuur. De stroomsnelheidmetingen moeten goed verspreid worden over het gebied waarin de bodempeilingen zijn verricht. Daarnaast moeten de stroomsnelheidmetingen zo worden uitgevoerd dat snelheidsveranderingen over de waterdiepte goed worden bepaald, met name de onderste meter nabij de bodem is daarbij belangrijk.

Waterstandmetingen en verhangbepaling

Nauwkeurige waterstandinformatie voor dezelfde dagen als waarop de bodemligging en de stroomsnelheid is bepaald, is essentieel. Op welke manier de waterstand het beste gemeten kan worden is echter onduidelijk. Mogelijkheden zijn: laseraltimetrie, druksensoren op de bodem van de geul, peilschalen aan de oevers en (zoals hier gebruikt) het opslaan van de waterlijn op de boot tijdens de bodempeilingen. Het nadeel van laseraltimetrie en druksensoren zijn de hoge kosten die eraan verbonden zijn. De peilschaalmethode leverde goede resultaten bij de proefmetingen rond de Merwedespitsing (Kleinhans *et al.*, 2001), maar minder goede resultaten rond de Pannerdense Kop (Kleinhans, 1999). Het opslaan van de waterlijn heeft in deze studie geen nauwkeurige waterstandinformatie opgeleverd. Mogelijk kan de nauwkeurigheid worden verhoogd door enkele aanpassingen. Met name de squat moet beter worden bepaald. Daarvoor moet het toerental van het meetschip voortdurend geregistreerd worden en de relatie tussen toerental, waterdiepte en squat beter vastgesteld worden. Welke methode er ook gebruikt wordt, de waterstandmetingen moeten zodanig uitgevoerd worden, dat het verhang van het wateroppervlak nauwkeurig bepaald kan worden.

Korrelgroottebepalingen

Tot slot is het ook noodzakelijk dat de samenstelling van het beddingmateriaal bekend is. Met name de ruimtelijke variatie in de korrelgrootte van het oppervlaktemateriaal moet bekend zijn. Korrelgroottegegevens uit het recente verleden zijn over het algemeen voldoende. Als het echter mogelijk is actuele korrelgroottegegevens te verkrijgen, verdient dit de voorkeur.

Meetgebied

Om de longitudinale variatie in de hydraulische ruwheid te kunnen bepalen, dienen de hierboven beschreven metingen over een traject van enkele kilometers lang uitgevoerd te worden. Het meettraject bij Broekhuizen was te kort (2 kilometer) om zinnige uitspraken te kunnen doen over de longitudinale variatie.

Het is niet noodzakelijk de hierboven beschreven metingen uit te voeren over de gehele breedte van de rivier. Zonder informatie over de oevers of het winterbed kan goed onderzocht worden of de ruwheid op basis van morfologische eigenschappen overeenkomt met de ruwheid op basis van stromingseigenschappen.

Is het echter de bedoeling te onderzoeken of op basis van de bodemmorfologie een goede voorspelling gemaakt kan worden van de totale hydraulische ruwheid (dus inclusief de oevers en het winterbed), dan is uitgebreide informatie over de oevers en het winterbed wel noodzakelijk. Naast gegevens over de bodemligging, de stroomsnelheid, de waterstand en de

korrelgrootte zijn dan ook gegevens over de vegetatie vereist. Bij hoge afvoeren oefent deze immers een grote invloed uit op de hydraulische ruwheid.

Meetperiode

Het is zinvol zowel voor, tijdens als na de piekafvoer metingen te verrichten van de bodemligging, de waterstand en de stroomsnelheid. Zo kan de invloed van de afvoer op de hydraulische ruwheid beter bepaald worden.

9.3 Aanbevelingen voor het sedimenttransportonderzoek

De optimale meetstrategie voor het bepalen van de variatie in het sedimenttransport bestaat uit een combinatie van bodempeilingen, directe transportmetingen en korrelgroottebepalingen.

Bodempeilingen

De bodempeilingen moeten worden uitgevoerd op de manier die in paragraaf 9.1 beschreven is. Omdat de migratie van de duinen bepaald moet kunnen worden, dienen de bodempeilingen enkele malen per dag uitgevoerd te worden.

Transportmetingen

Het is gewenst op enkele plaatsen metingen te doen van het bodemtransport, opdat de berekende waarden gecontroleerd kunnen worden. Daarbij kan gebruik gemaakt worden van een Helley-Smith Zandvang (HSZ) of van een Delft Nile Sampler (DNS).

Naast het bodemtransport moet ook de hoeveelheid zwevend transport worden bepaald. Dat kan door metingen te doen van de sedimentconcentratie en de stroomsnelheid, bijvoorbeeld met de AZTM en de PFS (Kleinhans en Ten Brinke, 2000). Het van belang dat de variatie in de hoeveelheid zwevend transport met de diepte goed bepaald wordt.

Zowel de metingen van het bodemtransport als de metingen van het zwevend transport moeten worden uitgevoerd op dezelfde dagen als ook de bodempeilingen worden verricht.

Korrelgroottebepalingen

Bij de metingen van het bodemtransport en het zwevend transport kan ook de samenstelling van het getransporteerde materiaal bepaald worden. Voor een goede vergelijking van de gemeten transporten met bestaande transportformules is echter ook informatie nodig over de samenstelling van het beddingmateriaal. Dit kan bijvoorbeeld worden bemonsterd met een Van Veen-Happer of met ondiepe boringen.

Meetgebied

Om de longitudinale variatie in het sedimenttransport te kunnen bepalen, dienen de hierboven beschreven metingen over een traject van enkele kilometers lang uitgevoerd te worden. Het meettraject bij Broekhuizen was te kort (2 kilometer) om zinnige uitspraken te kunnen doen over de longitudinale variatie.

Om de laterale variatie in het sedimenttransport te kunnen bepalen, moeten de bodempeilingen gebiedsdekkend zijn. Dit betekent dat niet alleen boven het centrale deel van de zomerbed bodempeilingen moeten worden verricht, maar ook boven een zo groot mogelijk deel van de oevers. De metingen van het bodemtransport en het zwevend transport moeten worden verricht op verschillende posities over de breedte van de rivier, met onderlinge afstanden van ongeveer 25 meter (zie ook Kleinhans en Ten Brinke, 2000). Datzelfde geldt voor de korrelgroottebepalingen.

Meetperiode

Om de temporele variatie in het sedimenttransport en de invloed van de afvoer op het sedimenttransport goed te kunnen bepalen, is het noodzakelijk dat de boven beschreven metingen uitgevoerd worden vóór, tijdens en na de hoogwaterpiek.

9.4 Algemene aanbevelingen voor de meetcampagne

Welke strategie er ook wordt gekozen, het belangrijkste is dat er altijd consequent volgens de gekozen meetstrategie wordt gemeten. Het aanpassen van de meetstrategie tijdens een meetcampagne wordt ernstig afgeraden, omdat dit de uitwerking van de resultaten zeer bemoeilijkt en de nauwkeurigheid negatief kan beïnvloeden.

Er moet een meetleider zijn die verantwoordelijk is voor het opzetten van de meetcampagne, voor de coördinatie tijdens de metingen en voor het afleveren van de data na de campagne. De meetleider moet het overzicht houden, beslissingen nemen bij problemen en bemiddelen tussen de verschillende instanties die aan de campagne meewerken.

Voorafgaand aan de meetcampagne moet er voor elk schip een duidelijke checklist gemaakt worden waarop vermeld wordt wat de meetstrategie is en wat de benodigdheden zijn (zoals instrumenten, reserveonderdelen, batterijen, handleidingen, monsterpotjes en etiketten). Hiermee kunnen veel problemen worden voorkomen en kunnen de metingen vrijwel direct beginnen.

Naast een duidelijke checklist is het ook belangrijk dat er bij elk apparaat een korte, heldere handleiding aanwezig is. Een dergelijke handleiding moet niet groter zijn dan een A4-tje en moet alleen die informatie bevatten die noodzakelijk is om het apparaat in de beoogde situatie goed en betrouwbaar te kunnen gebruiken. De handleidingen van de fabrikanten zijn doorgaans veel te technisch en veel te dik om aan boord te kunnen worden doorgenomen.

Verder is het wenselijk dat er door de betrokken medewerkers voorafgaand aan een meetcampagne wordt geoefend met de apparatuur en de bijbehorende software. Dat levert veel tijdswinst op aan boord van een meetschip, omdat de persoon die de metingen moet doen, niet eerst hoeft uit te zoeken hoe de apparatuur werkt. Bovendien kan de apparatuur dan op de goede werking ervan worden beproefd.

Na een meetcampagne moeten de meetgegevens eerst een basisbewerking ondergaan. Uit de bodempeilgegevens moeten bijvoorbeeld de outliers worden verwijderd en de stroomsnelheidsgegevens moeten worden omgerekend naar de eenheid meter per seconde. Verder moeten alle meetgegevens opgezet worden in ASCII-bestanden.

9.5 Aanbevelingen ten aanzien van DT2D

Hoewel DT2D goed functioneert, bestaat het gevaar van fouten bij het fitten van de centrale polynoom (zie §4.1). Het beste zou zijn de fit-algoritme te verbeteren. Een alternatief is DT2D een automatische foutmelding te laten geven als de centrale polynoom te veel afwijkt van de opgegeven rivieras. De gebruiker moet er overigens zelf alert op zijn dat de opgegeven rivieras overeenkomt met de migratierichting van de duinen.

Naast de verbetering van de inhoud van DT2D, zijn ook verbeteringen aan de user-interface gewenst. Op de eerste plaats dienen enkele wijzigingen aan de inzoommodus uitgevoerd te worden. In de huidige versie ontstaan foute lijnen bij ver inzoomen en dient uitgezoomd te worden door op “Z+” te klikken en ingezoomd door op “Z-” te klikken. Ook is het wenselijk een “pan”-functie toe te voegen.

Op de tweede plaats moet de programmafout verwijderd worden die soms optreedt bij het afsluiten van het tweede grafiekvenster. In de huidige versie leidt het optreden van deze fout er regelmatig toe dat DT2D helemaal afgesloten moet worden en opnieuw opgestart, voordat er verder gewerkt kan worden.

Verder moet DT2D de directory onthouden waarin de laatste keer resultaten zijn weggeschreven of waaruit de laatste keer data zijn opgevraagd. Nu wordt bij het openen of

exporteren van bestanden altijd standaard de directory geopend waarin DT2D geïnstalleerd is. Omdat dit meestal niet de directory is waarin de data staan of de resultaten terecht moeten komen, levert dit veel tijdverlies op.

Het is ook handig als nieuwe invoerbestanden automatisch onder aan de lijst met reeds ingevoerde databestanden geplaatst worden. In de huidige versie moet voor elk bestand apart aangegeven worden op welke plaats in de lijst met reeds ingevoerde bestanden dit bestand geplaatst moet worden.

Daarnaast moet er een zandlopertje of iets dergelijks verschijnen als er data geëxporteerd worden. Met name bij het wegschrijven van “dune-data”, geeft DT2D zo lang geen teken van activiteit dat gemakkelijk gedacht kan worden dat er een programmafout is opgetreden, terwijl dit niet het geval is.

Ook moeten de vormfactoren van de afzonderlijke duinen vermeld worden in het “dunedata.txt”-bestand en in het “dune-inspector”-venster. Nu geeft DT2D alleen de lodinggemiddelde vormfactor.

Tot slot moet er een nieuwe handleiding geschreven te worden. De huidige handleiding is verouderd.

Literatuur

- ASHLEY, G.M., 1990: Classification of large-scale subaqueous bedforms: a new look at an old problem. *Journal of Sedimentary Petrology*, vol. 60, pp. 160-172.
- BERG, J.H. VAN DEN & A. VAN GELDER, 1993: A new bedform stability diagram, with emphasis on the transition of ripples to plane bed in flows over fine sand and silt. *Special Publications of the International Association of Sedimentologists*, vol. 17, pp. 11-21.
- BRINKE, W.B.M. TEN, A.W.E. WILBERS & C. WESSELING, 1999: Dune growth, decay and migration rates during a large-magnitude flood at a sand and mixed sand-gravel bed in the Dutch Rhine river system. *Special Publications of the International Association of Sedimentologists*, vol. 28, pp. 15-32.
- DUIZENDSTRA, H.D., 2001: Determination of the sediment transport in an armoured gravel-bed river. *Earth Surface Processes and Landforms*. Vol 26, pp. 1381-1393.
- EGIAZAROFF, I.V., 1965: Calculation of nonuniform sediment concentrations. *Journal of Hydraulic Engineering*, vol. 91(HY4), pp. 225-248.
- ENGEL, P & Y.L. LAU, 1980: Friction factor for two-dimensional dune roughness. *Journal of Hydraulic Research*, vol 18 (3).
- ENGELUND, F., 1977: Hydraulic resistance for flow over dunes. Progress report 44. Institute for Hydrodynamic and Hydraulic Engineering, Technical University of Denmark.
- JULIEN, P.Y., 1995: Studie of bedform geometry in large rivers. WL|Delft Hydraulics, Delft.
- JULIEN, P.Y. & G.J. KLAASSEN, 1995: Sand-dune geometry of large rivers during floods. *Journal of Hydraulic Engineering*, vol. 121 (9), pp. 657-663.
- JULIEN, P.Y., G.J. KLAASSEN, W.B.M. TEN BRINKE & A.W.E. WILBERS, 2002: Bed resistance of the Bovenrijn River during the 1998 flood. *Journal of Hydraulic Research*, *submitted*.
- KLEINHANS, M.G., 1999: Sedimenttransport in de Waal: Hoogwater november 1998. ICG 01/6; Fysische Geografie, Universiteit Utrecht, Utrecht.
- KLEINHANS, M.G. & W.B.M. TEN BRINKE, 2001: Accuracy of cross-channel sampled sediment transport in large sand-gravel bed rivers. *Journal of Hydraulic Engineering*, vol. 127 (4), pp. 258-269.
- KLEINHANS, M.G., A.W.E. WILBERS & J.H. VAN DEN BERG, 2001: Effect van het getij op het sedimenttransport in de Merwede. Proefmeting splitsingspunt, april 2001. ICG 01/6; Fysische Geografie, Universiteit Utrecht, Utrecht.
- KLEINHANS, M.G., 2002: Sorting out sand and gravel: sediment transport and deposition in sand-gravel bed rivers. *Nederlandse Geografische Studies* 263. Fysische Geografie, Universiteit Utrecht, Utrecht
- KLEINHANS, M.G. & L.C. VAN RIJN, 2002: Stochastic prediction of sediment transport in sand-gravel bed rivers. *Journal of Hydraulic Engineering*, vol. 128 (4), pp. 412-425.
- KLEINHANS, M.G., A.W.E. WILBERS, A. DE SWAAF & J.H. VAN DEN BERG, 2002: Sediment supply-limited bedforms in sand-gravel bed rivers. *Journal of Sedimentary Research*, *in press*.
- MCGREW, J.C. JR. & C.B. MONROE, 1993: An introduction to statistical problem solving in geography. WCB Publishers, Dubuque.
- OGINK, H.J.M., 1989: Hydraulic roughness of single and compound bed forms. Part XI, Report on model investigations. Delft Hydraulics, Delft.
- RIJN, L.C. VAN, 1983: Sediment transport phenomena. 1. Sediment transportation in heavy sediment laden-flow. 2. Prediction of bed-forms and alluvial roughness. 3. Equivalent roughness of alluvial bed. Publication no. 311. Delft Hydraulics Laboratory, Delft.
- RIJN, L.C. VAN, 1984: Sediment transport, part 1: bed load transport. *Journal of Hydraulic Engineering*, vol. 110, pp. 1431-1456.
- SCHROPP, M.H.I., P. JESSE & J.A.F. VAN ESSEN, 2000: Morfologie en zandtransport Maas zomerbedverdieping Gennep-Grave. Monitoringsresultaten 1996-1999. Rapport

- 2000.001. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Arnhem.
- SLOFF, C.J., 2001: Morfologische berekeningen Zandmaas Scope 2000 met gegradeerd sediment. Rapport Q2772, WL | Delft Hydraulics, Delft.
- TOPOGRAFISCHE DIENST NEDERLAND, 1997: Topografische kaart 1:25.000. Blad 52^E, Blitterswijk. Topografische Dienst Nederland, Emmen.
- VANONI, V.A. & L.S. HWANG, 1989: Relation between bed forms and friction in streams. Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Journal of the Hydraulics Division, Vol. 93 (HY3).
- VEEN, R. VAN DER, U. PAKES & L. SCHUTTE, 2002: Bouw en calibratie SOBEK-Maas. Versie 2000.1 tot en met 2000.3. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Arnhem.
- VITTAL, N.K.G., 1972: Flow over triangular roughnesses in open channels. Ph.D. Thesis, University of Roorkee, India.
- WESSELING, C. & A.W.E. WILBERS, 2000: Handleiding DT2D versie 2.3, software voor dune-tracking in twee dimensies. Fysische Geografie, Universiteit Utrecht, Utrecht.
- WILBERS, A.W.E., 1997: Duinkarakteristieken en dune tracking tijdens een hoogwater in de Rijntakken. Verwerking van gegevens bij Druten en de Pannerdensche Kop met DT2D. ICG 97/8; Fysische Geografie, Universiteit Utrecht, Utrecht.
- WILBERS, A.W.E., 1999: Bodemtransport en duinontwikkeling in de Rijntakken, bodempeilingen hoogwater november 1998. ICG 99/10; Fysische Geografie, Universiteit Utrecht, Utrecht.
- WILBERS, A.W.E. & M.G. KLEINHANS, 1999: Gevoeligheidsanalyse dune tracking in 2 dimensies. ICG 99/8; Fysische Geografie, Universiteit Utrecht, Utrecht.
- WILBERS, A.W.E., 2001: Verbetering van de Dune Track methode, aanpassingen aan DT2D. Fysische Geografie, Universiteit Utrecht, Utrecht.
- WILBERS, A.W.E. & J.H. VAN DEN BERG, 2001: Beddingvormen en baggerwerk in de Waal. ICG 01/7; Fysische Geografie, Universiteit Utrecht, Utrecht.
- WILBERS, A.W.E., 2002: Bed load transport obtained by dune tracking: reliability and optimisation. *Not published*.
- YALIN, M.S., 1964: On the average velocity of flow over a mobile bed. La Houille Blanche, no. 1 (Jan-Febr).

Bijlage 1. Gebruikte symbolen

α	Coëfficiënt (-)
θ'	Shields mobiliteitsparameter, betrokken op de korrelruwheid (-)
$\theta'_{cr,i}$	Kritieke waarde voor Shield's mobiliteitsparameter voor korrelgroottefractie i , gecorrigeerd voor hiding-exposure-effecten (-)
$\theta'_{cr,D50}$	Kritieke waarde voor Shield's mobiliteitsparameter bij uniform sediment (-)
ρ	Dichtheid van water (ca. 1000 kg/m ³)
ρ_s	Dichtheid van het sediment (ca. 2650 kg/m ³)
A	Doorstroomd oppervlak (m ²)
C	Chézy-coëfficiënt (m ^{1/2} /s)
c	Migratiesnelheid van de beddingvormen (m/s)
D_{50}	Mediane korrelgrootte (m)
D_{90}	Negentigste percentiel van de korrelgrootteverdeling (m)
F	Vormfactor (-)
f	Darcy-Weisbach's wrijvingscoëfficiënt (-)
f'	Darcy-Weisbach's korrelruwheid (-)
f''	Darcy-Weisbach's vormruwheid (-)
f_d	Darcy-Weisbach's wrijvingscoëfficiënt voor de duinenstrook (-)
f_v	Darcy-Weisbach's wrijvingscoëfficiënt voor het vlak bed (-)
f_o	Darcy-Weisbach's wrijvingscoëfficiënt voor de oevers (-)
g	Zwaartekrachtversnelling (9.81 m/s ²)
H	Hoogte van de beddingvormen (m)
k_s	Nikuradse's equivalente ruwheidlengte (m)
k'_s	Nikuradse's equivalente korrelruwheidlengte (m)
k''_s	Nikuradse's equivalente vormruwheidlengte (m)
L	Lengte van de beddingvormen (m)
n	Coëfficiënt van Manning (s/m ^{1/3})
P	Natte omtrek (m)
P_d	Natte omtrek van de duinenstrook (m)
P_v	Natte omtrek van het vlakke deel van de bodem (m)
P_o	Natte omtrek van de twee schuine oeverstukken (m)
p	Porositeit (-)
Q	Afvoer (m ³ /s)
q_b	Bodemtransport per meter breedte (m ² /s)
q'_b	Bodemtransport per meter breedte (kg.s ⁻¹ .m ⁻¹)
R	Hydraulische straal (m)
S	Verhang van het wateroppervlak (-)
S_{lij}	Lijzijdehelling van de beddingvormen (°)
S_{loef}	Loefzijdehelling van de beddingvormen (°)
\bar{u}	Gemiddelde stroomsnelheid (m/s)
V	Volume van de beddingvormen per meter breedte (m ²)

Bijlage 2. Duinas

RD-X (m)	RD-Y (m)
209735.13	387837.03
209709.25	387876.72
209476.03	388216.63
209395.34	388345.00
209299.36	388544.91
209249.22	388656.19
209217.33	388741.88
209185.83	388839.41
209162.09	388924.28
209156.44	388950.13
209150.11	389019.47
209148.13	389080.88
209147.86	389139.41
209148.39	389191.06
209157.88	389332.38
209173.30	389467.34
209189.52	389576.75
209208.09	389681.91
209231.95	389823.22
209246.59	389938.69
209262.27	390045.69
209270.44	390109.22
209288.77	390252.38
209294.70	390315.13
209301.55	390381.03
209305.64	390455.63
209304.58	390538.41
209302.47	390579.25
209296.14	390631.72
209287.70	390717.66
209271.91	390896.53
209244.52	390987.97
209235.09	391023.53
209183.52	391137.38
209175.69	391154.44
209081.48	391326.22
208990.48	391458.72
208977.05	391477.06
208957.36	391504.84
208944.11	391521.53
208924.23	391544.59
208900.39	391570.56

As van de duinenstrook in de Maas (van kilometer 121,0 tot kilometer 125,0) tijdens het hoogwater van maart 2001.

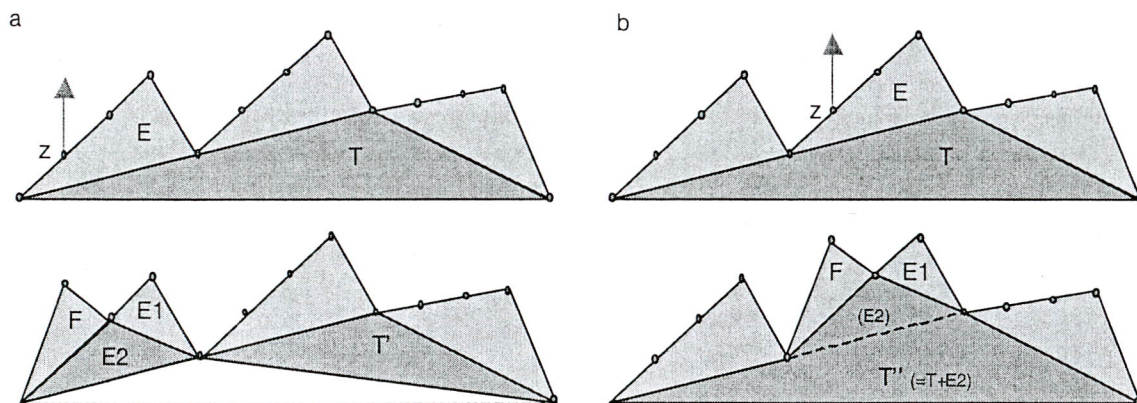
Bijlage 3. Beddingvormen die het gevolg zijn van ruis in de data

Het ontstaan van foute beddingvormen

Multibeamdata bevatten een random meetfout, ruis genaamd. Als deze ruis groot is ten opzichte van de duinhoogte, maakt DT2D de ruis tot aparte beddingvormen, die vaak slechts bestaan uit twee troggen en een top.

Dit wordt geïllustreerd in figuur 1. Door een meetfout (aangegeven met een pijltje) wordt de hoogteligging van meetpunt z overschat, waardoor DT2D dit punt als de top van een afzonderlijke beddingvorm beschouwt. Deze foute beddingvorm (F) wordt opgenomen in de eerste duinlaag. Van de werkelijke duin (E) die in de eerste duinlaag aanwezig was, blijft in de eerste duinlaag slechts een restant over ($E1$); het grootste deel van de werkelijke duin wordt opgenomen in de tweede duinlaag ($E2$). Daar vormt dit in sommige gevallen een zelfstandige duin ($E2$), terwijl de duin die oorspronkelijk aanwezig was in de tweede duinlaag (T) aan lengte en hoogte inboet (T' , zie fig. 1a). Het is echter ook mogelijk dat de eerste-duinlaag-duin ($E2$) samen met de oorspronkelijke duin (T) een nieuwe duin vormt (T'' , zie fig. 1b).

Omdat de foute beddingvormen in de eerste duinlaag (F en $E1$) korter en lager zijn dan de oorspronkelijke duinen in de eerste duinlaag (E), wordt de gemiddelde hoogte en lengte van de duinen in deze duinlaag onderschat. De foute vormen in de tweede duinlaag ($E2$, T en T'') zijn in verhouding tot de oorspronkelijke duinen in de tweede duinlaag (T), korter of even lang. Daarom wordt de gemiddelde lengte van de duinen in de tweede duinlaag onderschat. De gemiddelde duinhoogte kan echter zowel onderschat als overschat worden, omdat sommige foute beddingvormen lager zijn dan de werkelijke beddingvormen ($E2$ en T' , zie fig. 1a) en sommige hoger (T'' , zie fig. 1b).



Figuur 1. Het ontstaan van onjuiste duinen als gevolg van (random) meetfouten (boven: situatie zonder meetfouten; beneden: situatie met meetfouten).

Verwijdering van de foute beddingvormen uit de eerste duinlaag

Om de gemiddelde hoogte en lengte van de duinen uit de eerste duinlaag correct te kunnen berekenen, dienen de onjuiste vormen (F en $E1$) verwijderd te worden. Dit kan op een tweetal manieren. Ten eerste kan er een minimale lengte vastgesteld worden die een beddingvorm moet hebben om een duin genoemd te worden. Het probleem is echter dat nooit met zekerheid te zeggen is of duinen kleiner dan de kritieke duinlengte wel fout zijn en geen werkelijke beddingvormen. Dit probleem wordt enigszins vermeden door voor de kritieke duinlengte 1,6 à

2 meter te nemen. Indien er dan ongewild echte beddingvormen verwijderd worden, zijn dit in ieder geval geen duinen. Beddingvormen korter dan 1,6 à 2 meter vallen namelijk niet in de categorie duinen, maar in de categorie ribbels (Ashley, 1990).

Het alternatief is beddingvormen die slechts uit een top en twee troggen bestaan te verwijderen. Het nadeel hiervan is echter dat alleen de vormen die uitsluitend uit ruis bestaan (F) verwijderd worden, de overige foute vormen (E1) blijven in de eerste duinlaag achter.

Door het verwijderen van de foute vormen kunnen de gemiddelde lengte en hoogte van de duinen in de eerste duinlaag correct berekend worden. Een nadeel is wel dat het aantal duinen waarover deze gemiddelde duinkarakteristieken berekend worden, kleiner is dan het werkelijke aantal duinen in de eerste duinlaag. Dit kan voor problemen zorgen als op vele plaatsen de meetfout zo groot is dat hij een aparte beddingvorm wordt. Een groter probleem is dat de duinkarakteristieken van de tweede duinlaag nog altijd niet betrouwbaar bepaald kunnen worden.

De frequentiepolygoonmethode

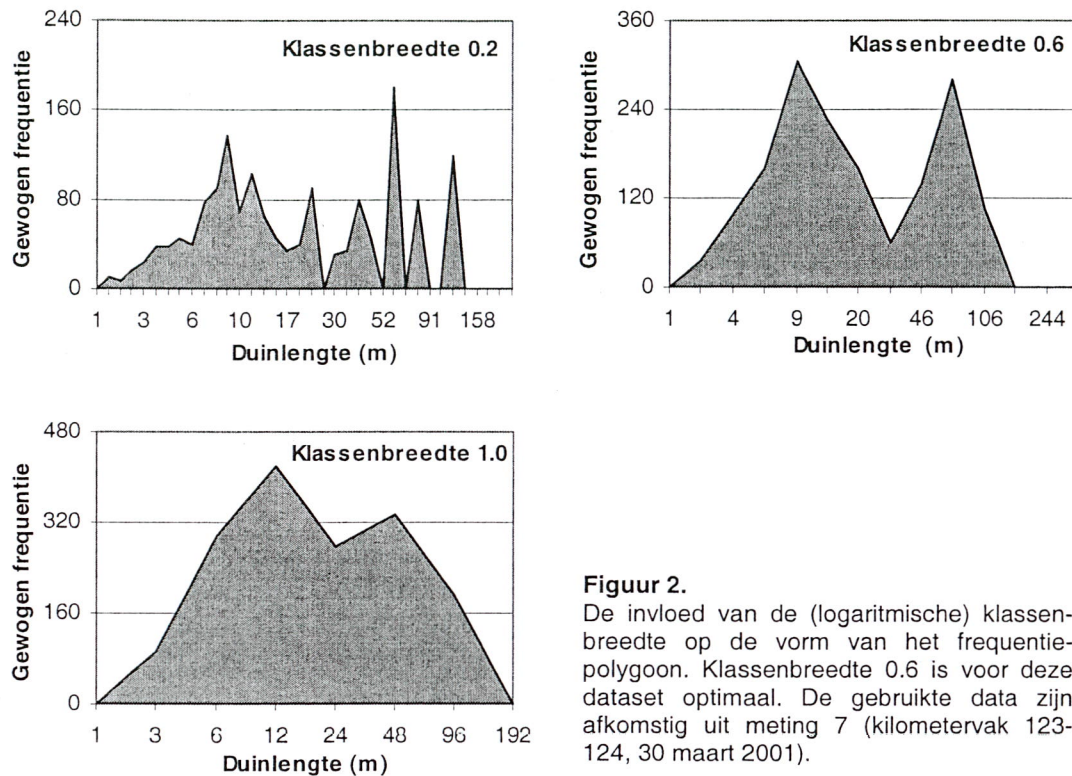
Het is mogelijk de onterecht in de tweede duinlaag terecht gekomen duinen weer samen te voegen met de duinen uit de eerste duinlaag door een histogram of frequentiepolygoon te maken van de duinlengte van de duinen (Wilbers, 2001). Ervan uitgaande dat in werkelijkheid beide duinlagen vrij homogeen zijn, moet het histogram twee pieken vertonen, één met kleine duinen en één met grote duinen. De piek met kleine duinen bevat de duinen van de eerste duinlaag (E) en de onterecht in duinlaag twee terecht gekomen duinen uit de eerste duinlaag (E2). De piek met de grote duinen bevat de oorspronkelijke duinen uit de tweede duinlaag (T), de verkorte duinen uit de tweede duinlaag (T') en de verhoogde duinen uit de tweede duinlaag (T'').

Om een histogram of frequentiepolygoon te kunnen maken, dienen de duinlengtedata geïnclassificeerd te worden. Hierbij kan het beste een logaritmische klassenindeling gebruikt worden, daar de variabele duinlengte niet normaal, maar lognormaal verdeeld is (zie hoofdstuk 4). De klassenbreedte heeft een belangrijke invloed op de vorm van het frequentiepolygoon. Te kleine klassenbreedtes leveren een sterk piekerig frequentiepolygoon op, terwijl grote klassenbreedtes het moeilijk maken beide pieken in het frequentiepolygoon van elkaar te scheiden (fig. 2). De optimale klassenbreedte is afhankelijk van de klassenvulling. Hoe beter de klassen gevuld zijn, hoe gladder het verloop van het frequentiepolygoon. De klassenvulling wordt voornamelijk bepaald door het aantal duinen en door de spreiding in de duinlengte van die duinen. Als het aantal duinen groot is, is er een goede klassenvulling, zelfs bij kleine klassenbreedtes. Bij een grote spreiding wordt hetzelfde aantal duinen over meer klassen verdeeld, hetgeen noodzaakt tot een grotere klassenbreedte om toch een goede klassenvulling te krijgen. Omdat de klassenbreedte zo sterk afhangt van de kenmerken van de dataset, dient ze voor elke dataset opnieuw empirisch vastgesteld te worden.

De frequenties van de klassen moeten in het frequentiepolygoon gewogen weergegeven worden; dat wil zeggen vermenigvuldigd met het klassenmidden. Hierdoor wordt bereikt dat de beide pieken ongeveer even hoog zijn. Zonder weging zal de piek van de kleine duinen altijd hoger zijn dan de piek van de grote duinen. Grote duinen kunnen immers niet zo vaak voorkomen als kleine duinen (op 800 meter kunnen slechts 40 duinen van 20 meter voorkomen, maar wel 200 van 4 meter lengte). De grens tussen de grote en de kleine duinen kan nu bepaald worden als het klassenmidden van de klasse met de laagste frequentie.

Vervolgens kunnen voor elke piek afzonderlijk de gemiddelde duinkarakteristieken bepaald worden. Voor de tweede duinlaag levert dit vrij betrouwbare waarden op, omdat de vorm uit de eerste duinlaag (E2) niet meegenomen wordt in de berekening. Er blijft echter een geringe onderschatting van de duinlengte, omdat de tweede duinlaag de verkorte duinen (T') nog steeds bevat. Ook de gemiddelde hoogte van de tweede duinlaag zal niet helemaal correct berekend worden. Voor de eerste duinlaag levert de frequentiepolygoonmethode het voordeel dat het aantal duinen waarover het gemiddelde bepaald wordt, toeneemt. Een nadeel is echter

dat de duinhoogte nu onderschat wordt, omdat de duin die weer opgenomen wordt in de eerste duinlaag (E2) lager is dan de oorspronkelijke duin (E).



Figuur 2.
De invloed van de (logaritmische) klassenbreedte op de vorm van het frequentiepolygoon. Klassenbreedte 0.6 is voor deze dataset optimaal. De gebruikte data zijn afkomstig uit meting 7 (kilometervak 123-124, 30 maart 2001).

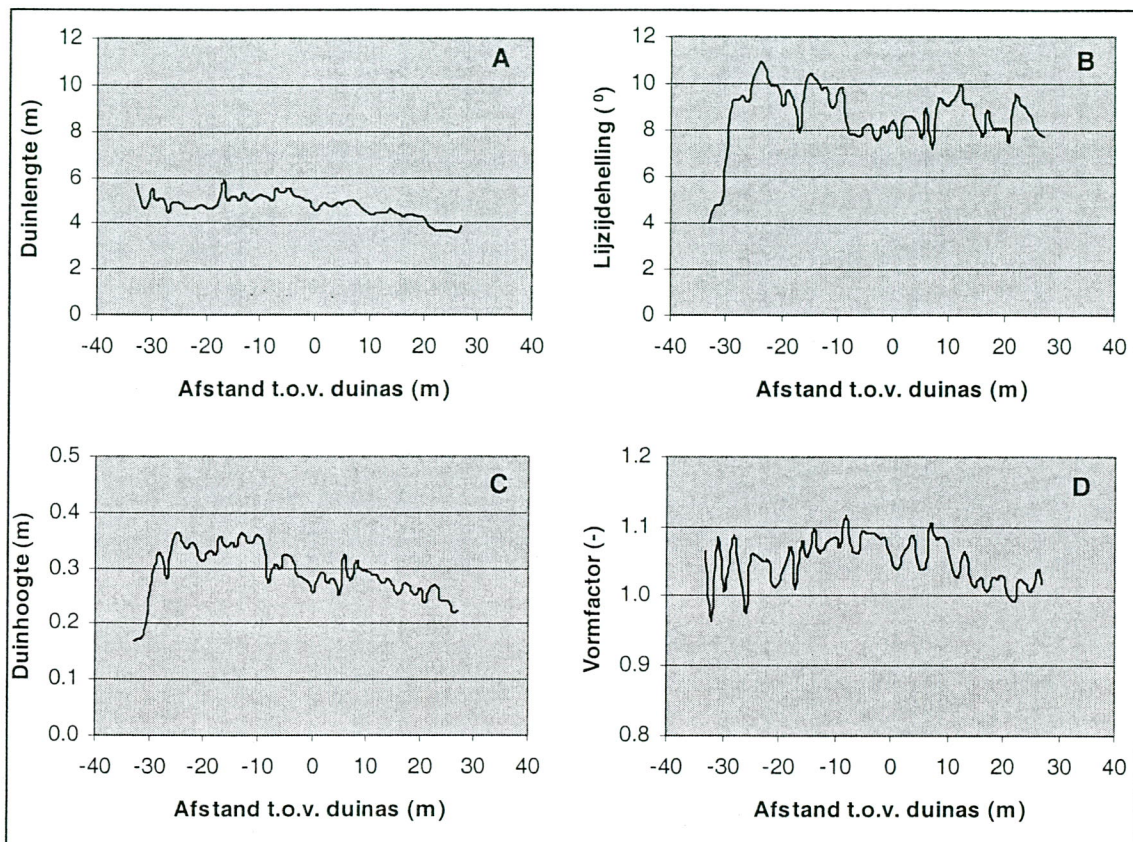
Conclusie

In het algemeen kan dus gesteld worden dat de gemiddelde duinkarakteristieken van de eerste duinlaag het beste berekend kunnen worden direct na de verwijdering van de foute vormen uit de eerste duinlaag, maar dat voor een correcte berekening van de gemiddelde karakteristieken van de tweede duinlaag toepassing van de frequentiepolygoonmethode noodzakelijk is. De juiste aanpak is echter afhankelijk van het soort foute beddingvormen dat is ontstaan als gevolg van de ruis. Dit verschilt van dataset tot dataset afhankelijk van de grootte van de meetfout, de richting van de meetfout, de plaats van de meetfout (halverwege een duin of op de plaats van de top) en de meetdichtheid.

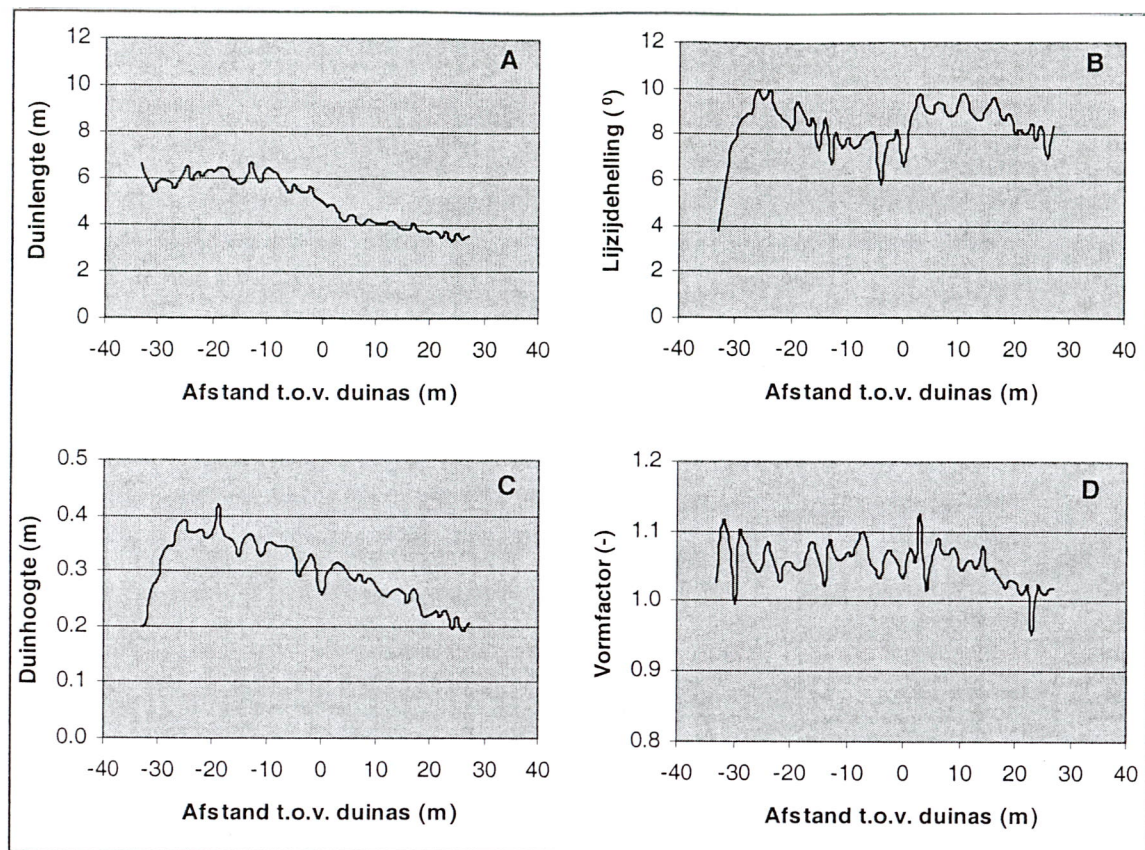
Literatuur

- Ashley, G.M., 1990: Classification of large-scale subaqueous bedforms: a new look at an old problem. *Journal of Sedimentary Petrology*, vol. 60. pp 160-172.
- Wilbers, A.W.E., 2001: Verbetering van de Dune Track methode, aanpassingen aan DT2D. *Fysische Geografie*, Universiteit Utrecht, Utrecht.

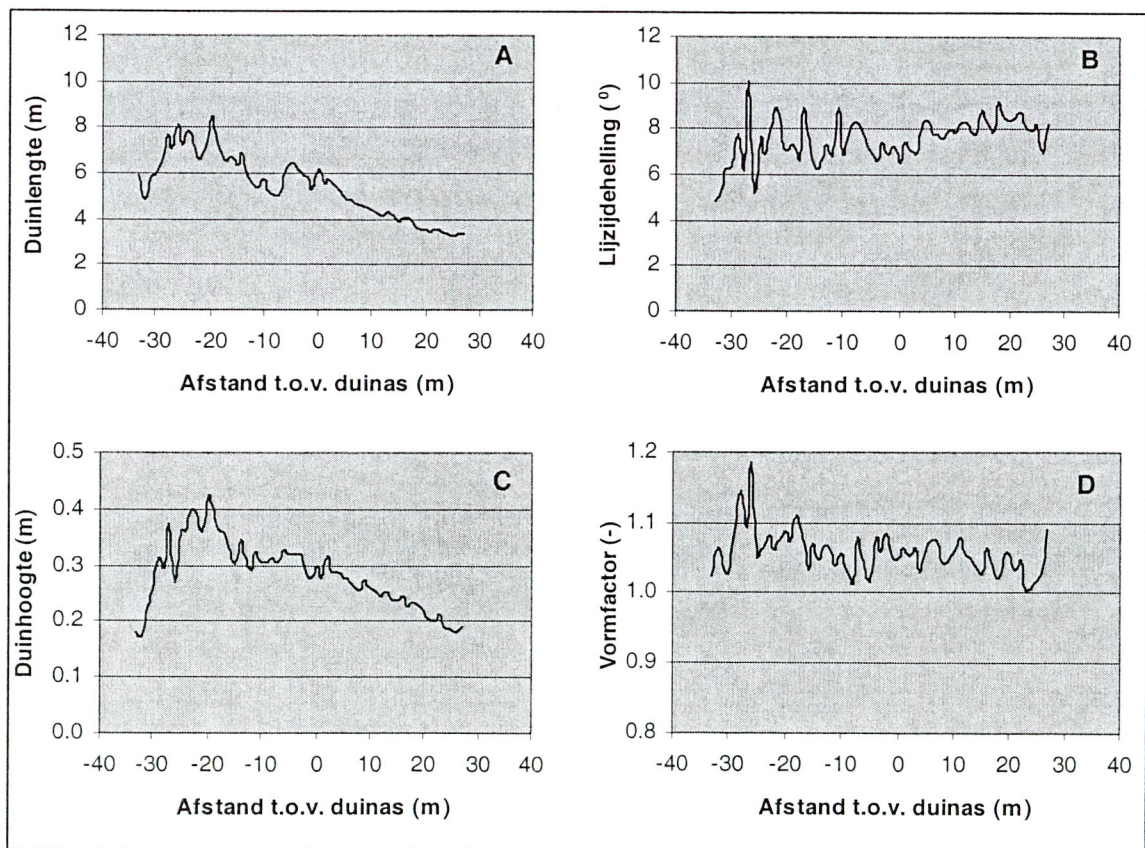
Bijlage 4. Laterale variatie in duinkarakteristieken



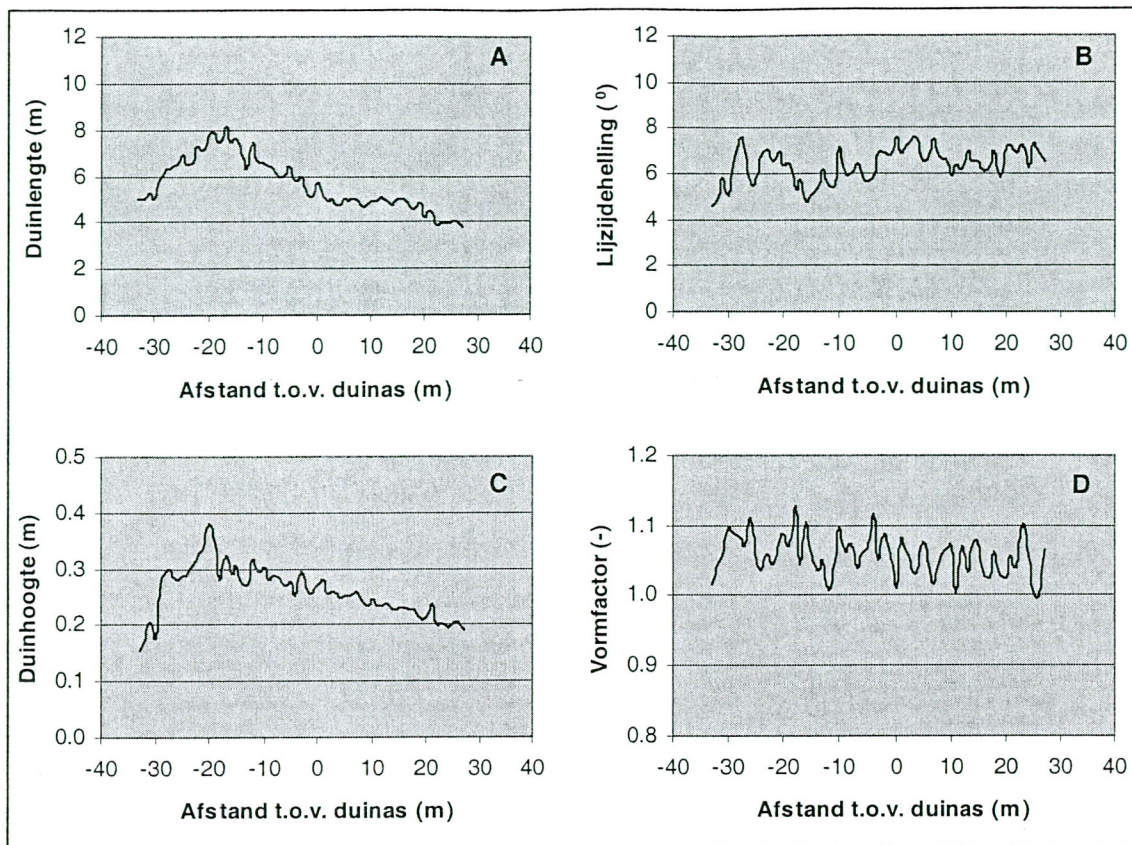
Laterale variatie in de duinkarakteristieken op 27 maart 2001 in riviersectie 123.0 - 123.8 (meting 1).



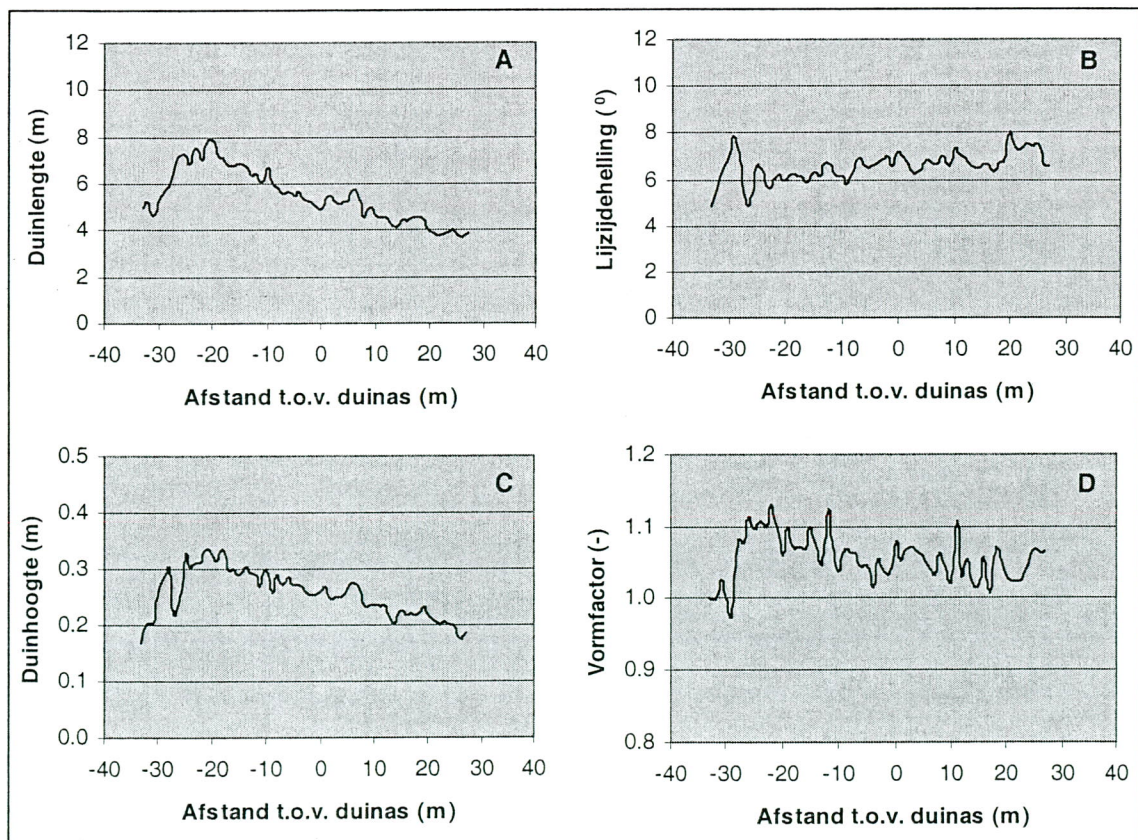
Laterale variatie in de duinkarakteristieken op 27 maart 2001 in riviersectie 123.0 - 123.8 (meting 2).



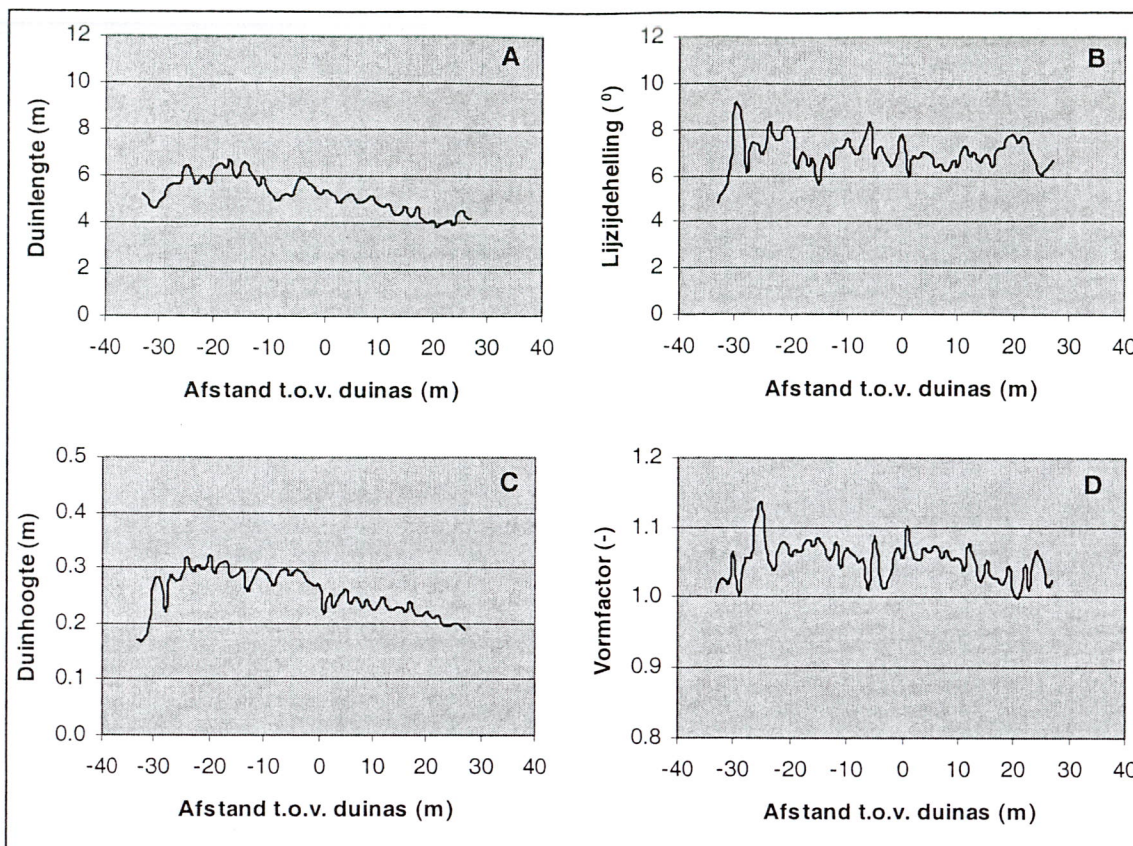
Laterale variatie in de duinkarakteristieken op 28 maart 2001 in riviersectie 123.0 - 123.8 (meting 3).



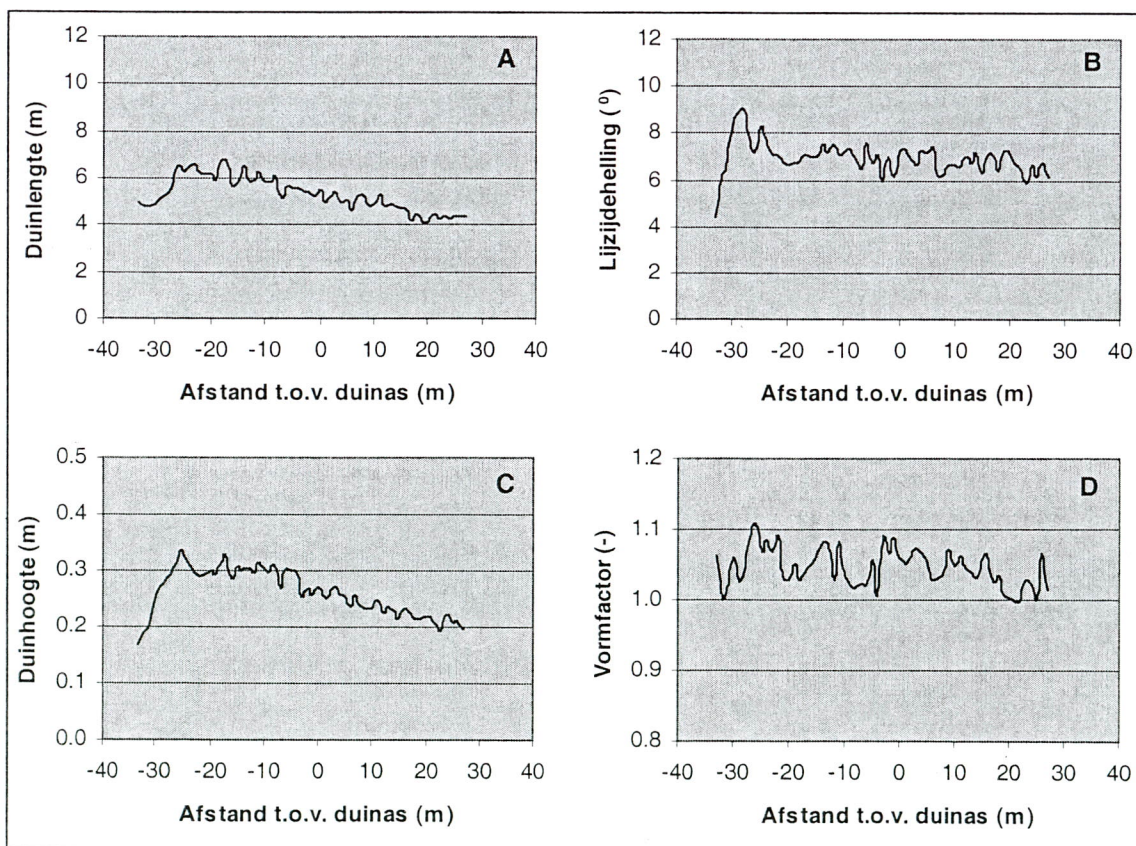
Laterale variatie in de duinkarakteristieken op 29 maart 2001 in riversectie 123.0 - 123.8 (meting 4).



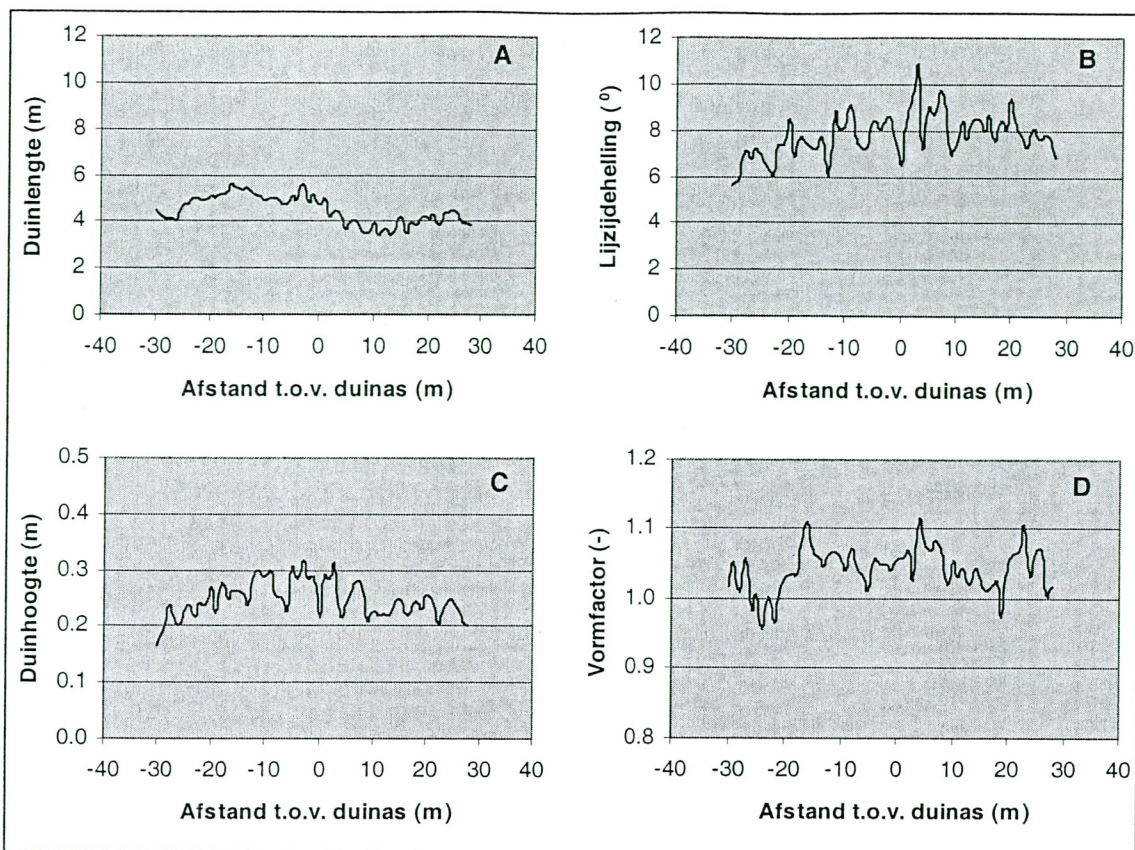
Laterale variatie in de duinkarakteristieken op 29 maart 2001 in riversectie 123.0 - 123.8 (meting 5).



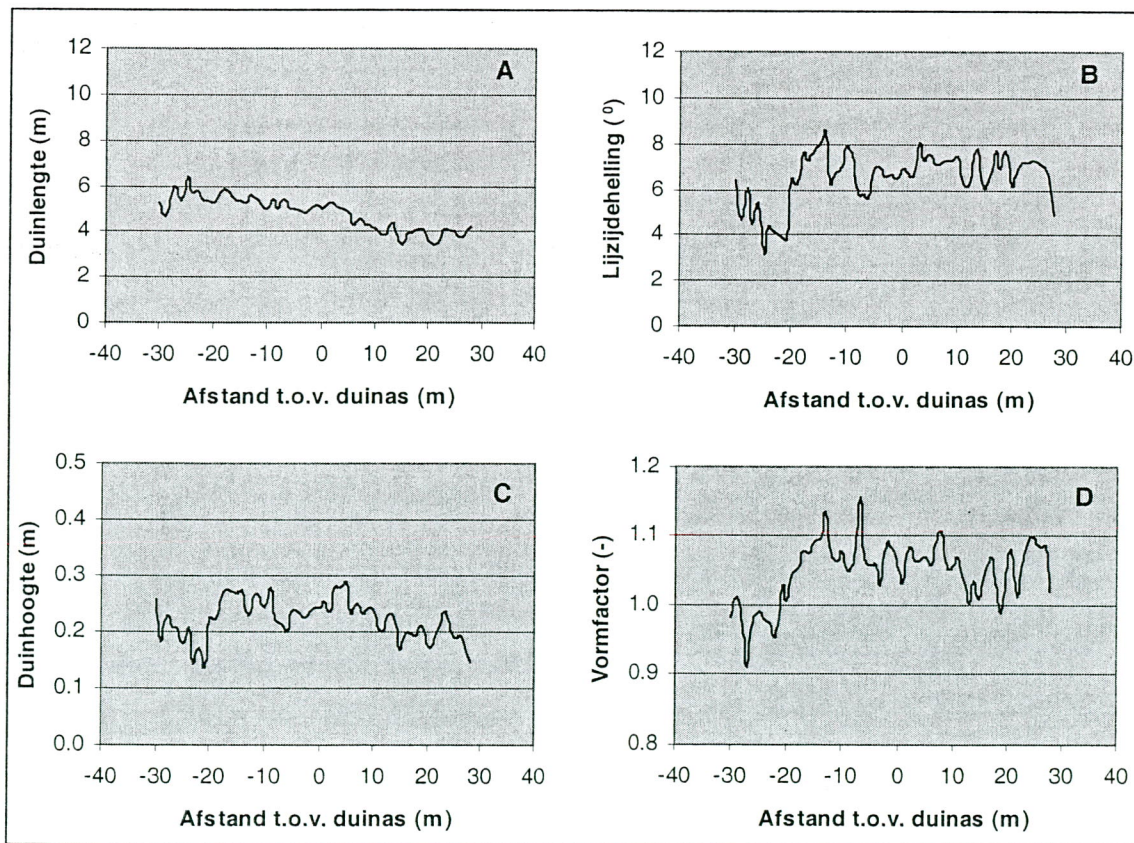
Laterale variatie in de duinkarakteristieken op 30 maart 2001 in riversectie 123.0 - 123.8 (meting 6).



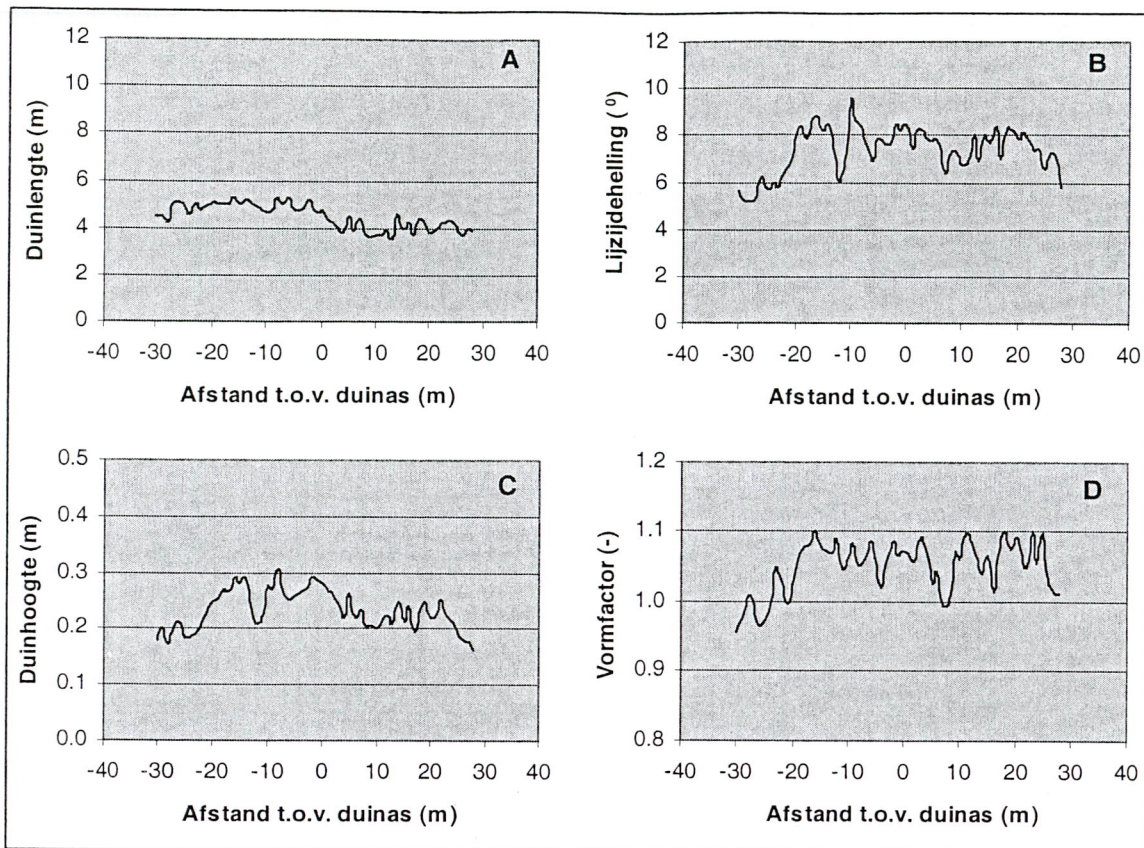
Laterale variatie in de duinkarakteristieken op 30 maart 2001 in riversectie 123.0 - 123.8 (meting 7).



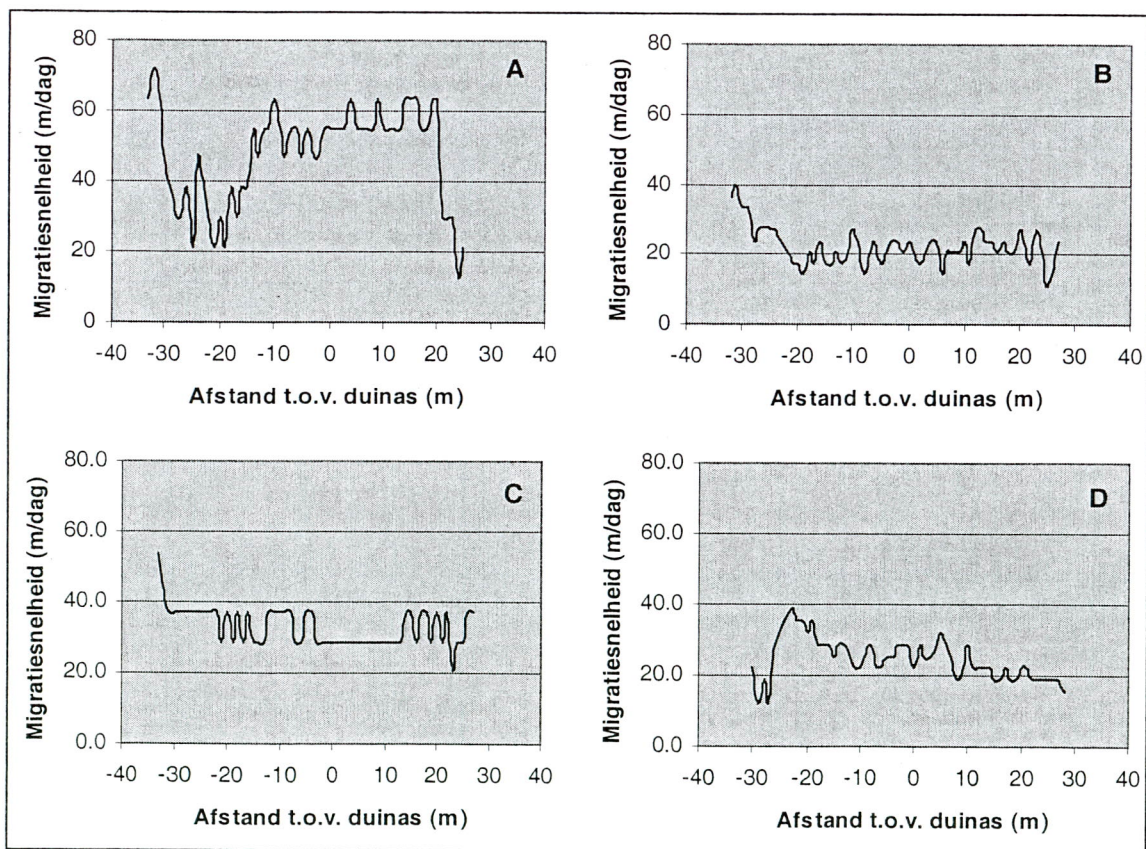
Laterale variatie in de duinkarakteristieken op 28 maart 2001 in riversectie 122.4 - 123.0 (meting 8).



Laterale variatie in de duinkarakteristieken op 29 maart 2001 in riversectie 122.4 - 123.0 (meting 9).

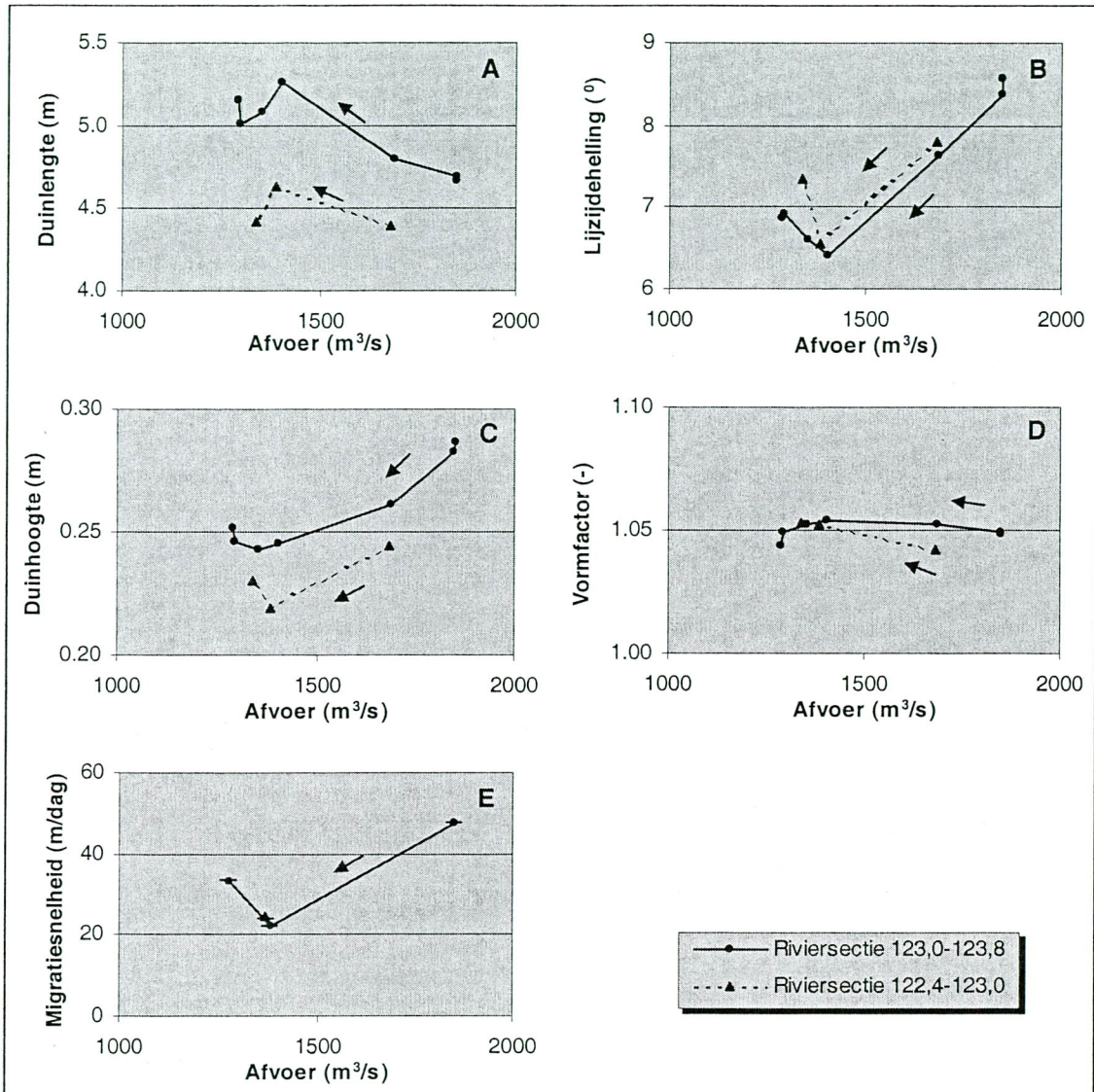


Laterale variatie in de duinkarakteristieken op 29 maart 2001 in riversectie 122.4 - 123.0 (meting 10).



Laterale variatie in de migratiesnelheid. A: 27 maart 2001, kilometervak 123,0-123,8 (meting 1-2). B: 29 maart 2001, kilometervak 123,0-123,8 (meting 4-5). C: 30 maart 2001, kilometervak 123,0-123,8 (meting 6-7). D: 29 maart 2001, kilometervak 122,4-123,0 (meting 9-10).

Bijlage 5. De invloed van de afvoer op de duinkarakteristieken



De invloed van de afvoer op de duinlengte (A), de lijzijdehelling (B), de duinhoogte (C), de vormfactor (D) en de migratiesnelheid (E).

Bijlage 6. Invoerwaarden voor de berekening van de hydraulische ruwheid

A: Uitgaande van een oever die uit grind bestaat.

Meting	Datum	Riviersectie	h	Q	Z _{kade}	Z _d	Z _v	B	B _d	B _v	B _o	P	P _d	P _v	P _o	A	A _{d+v}	A _o
1	27-03-01	123.0-123.8	15.00	1850	13.34	5.43	5.43	175	61	32	82	177	61	32	84	1350	890	460
2	27-03-01	123.0-123.8	14.99	1847	13.34	5.43	5.43	175	61	32	82	177	61	32	84	1348	889	459
3	28-03-01	123.0-123.8	14.78	1688	13.34	5.43	5.43	175	61	32	82	177	61	32	84	1312	869	442
4	29-03-01	123.0-123.8	14.18	1404	13.34	5.43	5.43	175	61	32	82	177	61	32	84	1207	813	393
5	29-03-01	123.0-123.8	14.09	1352	13.34	5.43	5.43	175	61	32	82	177	61	32	84	1191	805	386
6	30-03-01	123.0-123.8	13.78	1295	13.34	5.43	5.43	175	61	32	82	177	61	32	84	1137	776	360
7	30-03-01	123.0-123.8	13.76	1289	13.34	5.43	5.43	175	61	32	82	177	61	32	84	1133	774	359
8	28-03-01	122.4-123.0	14.88	1680	13.29	5.71	5.71	169	59	32	78	170	59	32	79	1254	834	419
9	29-03-01	122.4-123.0	14.22	1385	13.29	5.71	5.71	169	59	32	78	170	59	32	79	1142	774	368
10	29-03-01	122.4-123.0	14.14	1336	13.29	5.71	5.71	169	59	32	78	170	59	32	79	1129	767	362

Meting	R	R _{d+v}	R _o	u	S	g	d90 _d	d90 _v	d90 _o	H _d	L _d
1	7.65	9.57	5.51	1.37	8.6E-05	9.81	0.005	0.024	0.024	0.29	4.67
2	7.64	9.56	5.50	1.37	9.2E-05	9.81	0.005	0.024	0.024	0.28	4.69
3	7.43	9.35	5.30	1.29	7.5E-05	9.81	0.005	0.024	0.024	0.26	4.80
4	6.84	8.75	4.71	1.16	6.1E-05	9.81	0.005	0.024	0.024	0.24	5.26
5	6.75	8.66	4.62	1.14	6.1E-05	9.81	0.005	0.024	0.024	0.24	5.08
6	6.44	8.35	4.31	1.14	5.6E-05	9.81	0.005	0.024	0.024	0.25	5.01
7	6.42	8.33	4.29	1.14	6.2E-05	9.81	0.005	0.024	0.024	0.25	5.16
8	7.38	9.17	5.28	1.34	7.9E-05	9.81	0.005	0.024	0.024	0.24	4.39
9	6.72	8.51	4.63	1.21	5.6E-05	9.81	0.005	0.024	0.024	0.22	4.63
10	6.64	8.43	4.55	1.18	6.2E-05	9.81	0.005	0.024	0.024	0.23	4.41

Gebruikte symbolen

h	Waterstand (m + NAP)
Q	Afvoer bij Broekhuizen (m ³ /s)
Z	Bodemhoogte (m + NAP)
B	Breedte (m)
P	Natte omtrek (m)
A	Doorstroemd oppervlak (m ²)
R	Hydraulische straal (m)
u	Stroomsnelheid (m/s)
S	Verhang van het wateroppervlak (-)
g	Zwaartekrachtversnelling (m/s ²)
d90	Negentigste percentiel van de korrelgrootteverdeling (m)
H	Duinhoogte (m)
L	Duinlengte (m)

Gebruikte suffixes

d	Duinenstrook
v	Vlak bed
o	Oevers

Als een parameter niet van een suffix is voorzien, heeft hij betrekking op de gehele breedte van het zomerbed.

B: Uitgaande van een oever die uit zand bestaat.

Meting	Datum	Riviersectie	h	Q	Z _{kade}	Z _d	Z _v	B	B _d	B _v	B _o	P	P _d	P _v	P _o	A	A _{d+v}	A _o
1	27-03-01	123.0-123.8	15.00	1850	13.34	5.43	5.43	175	61	32	82	177	61	32	84	1350	890	460
2	27-03-01	123.0-123.8	14.99	1847	13.34	5.43	5.43	175	61	32	82	177	61	32	84	1348	889	459
3	28-03-01	123.0-123.8	14.78	1688	13.34	5.43	5.43	175	61	32	82	177	61	32	84	1312	869	442
4	29-03-01	123.0-123.8	14.18	1404	13.34	5.43	5.43	175	61	32	82	177	61	32	84	1207	813	393
5	29-03-01	123.0-123.8	14.09	1352	13.34	5.43	5.43	175	61	32	82	177	61	32	84	1191	805	386
6	30-03-01	123.0-123.8	13.78	1295	13.34	5.43	5.43	175	61	32	82	177	61	32	84	1137	776	360
7	30-03-01	123.0-123.8	13.76	1289	13.34	5.43	5.43	175	61	32	82	177	61	32	84	1133	774	359
8	28-03-01	122.4-123.0	14.88	1680	13.29	5.71	5.71	169	59	32	78	170	59	32	79	1254	834	419
9	29-03-01	122.4-123.0	14.22	1385	13.29	5.71	5.71	169	59	32	78	170	59	32	79	1142	774	368
10	29-03-01	122.4-123.0	14.14	1336	13.29	5.71	5.71	169	59	32	78	170	59	32	79	1129	767	362

Meting	R	R _{d+v}	R _o	u	S	g	d90 _d	d90 _v	d90 _o	H _d	L _d
1	7.65	9.57	5.51	1.37	8.6E-05	9.81	0.005	0.024	0.005	0.29	4.67
2	7.64	9.56	5.50	1.37	9.2E-05	9.81	0.005	0.024	0.005	0.28	4.69
3	7.43	9.35	5.30	1.29	7.5E-05	9.81	0.005	0.024	0.005	0.26	4.80
4	6.84	8.75	4.71	1.16	6.1E-05	9.81	0.005	0.024	0.005	0.24	5.26
5	6.75	8.66	4.62	1.14	6.1E-05	9.81	0.005	0.024	0.005	0.24	5.08
6	6.44	8.35	4.31	1.14	5.6E-05	9.81	0.005	0.024	0.005	0.25	5.01
7	6.42	8.33	4.29	1.14	6.2E-05	9.81	0.005	0.024	0.005	0.25	5.16
8	7.38	9.17	5.28	1.34	7.9E-05	9.81	0.005	0.024	0.005	0.24	4.39
9	6.72	8.51	4.63	1.21	5.6E-05	9.81	0.005	0.024	0.005	0.22	4.63
10	6.64	8.43	4.55	1.18	6.2E-05	9.81	0.005	0.024	0.005	0.23	4.41

Gebruikte symbolen

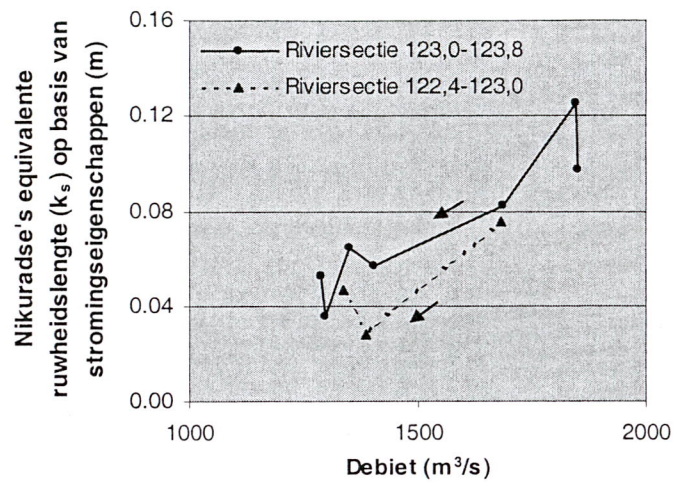
h	Waterstand (m + NAP)
Q	Afvoer bij Broekhuizen (m ³ /s)
Z	Bodemhoogte (m + NAP)
B	Breedte (m)
P	Natte omtrek (m)
A	Doorstroomd oppervlak (m ²)
R	Hydraulische straal (m)
u	Stroomsnelheid (m/s)
S	Verhang van het wateroppervlak (-)
g	Zwaartekrachtversnelling (m/s ²)
d90	Negentigste percentiel van de korrelgrootteverdeling (m)
H	Duinhoogte (m)
L	Duinlengte (m)

Gebruikte suffixes

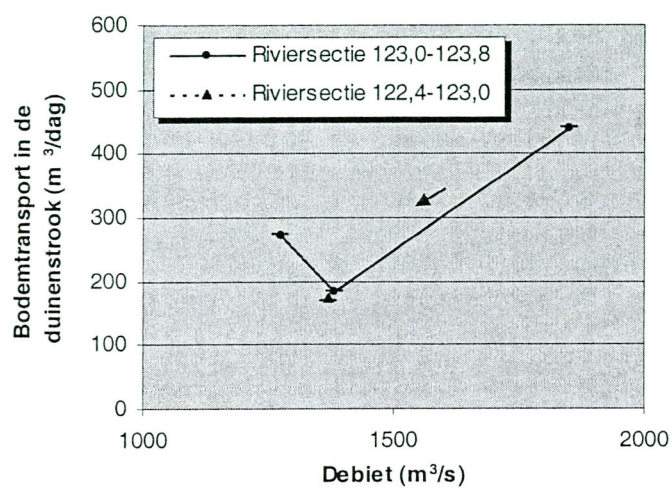
d	Duinenstrook
v	Vlak bed
o	Oevers

Als een parameter niet van een suffix is voorzien, heeft hij betrekking op de gehele breedte van het zomerbed.

Bijlage 7. De invloed van de afvoer op de hydraulische ruwheid



Bijlage 8. De invloed van de afvoer op het bodemtransport





Het ICG onderzoekprogramma richt zich op de volgende thema's gebundeld in het onderzoekprogramma **"Patterns and Processes in Changing Environments"**:¹

1. **"Dynamics and Palaeorecords of Depositional Environments"**
 - a. "Dynamics and evolution of river and coastal systems"
 - b. "Palaeoclimatology and paleoecology of the Quaternary"
2. **"Functioning of Landscape Ecosystems"**
 - a. "Processes and change in terrestrial ecosystems"
 - b. "Processes and changes in geomorphological systems"

Bij vele onderzoeken wordt gebruik gemaakt van technieken van "Methods, data analysis and modelling". Een deel van de ICG medewerkers houdt zich bezig met ontwikkelen en uitvoeren van deze technieken.

De rapporten die in de ICG-reeks verschijnen worden in zeer beperkte oplage gedrukt en worden verspreid onder deelnemende onderzoeksgroepen en andere belangstellenden. Overname van gegevens en/of citeren is alleen toegestaan na overleg met de auteur(s) en/of leider(s) van het onderzoek. Losse afleveringen zijn verkrijgbaar bij onderstaande personen:

Fysische Geografie en Milieukunde
Universiteit Utrecht

Dr. J.H. van den Berg
(030-2532752)

IBED/Fysische Geografie en Bodemkunde
Universiteit van Amsterdam

Dr. Ir G.B.M. Heuvelink
(020-5257448)

IBED/Palynologie en Paleo/Actuo-ecologie
Universiteit van Amsterdam

Prof dr. H. Hooghiemstra
(020-5257857)

Kwartairgeologie en Geomorfologie
Vrije Universiteit Amsterdam

Dr. C. Kasse
(020-4447381)

Centrum voor Isotopenonderzoek
Rijksuniversiteit Groningen

Afdeling Geografie en Geologie,
Fysische Geografie en Regionale Geografie
Katholieke Universiteit Leuven, België

TOT NU TOE VERSCHENEN:

- 95/1 Zeeberg, J.J., Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *The nature and distribution of Late Pleistocene dunes in the European lowlands and on the Russian platform*
- 95/2 Dinter, M. van, Sorber, A.M. en H.J.A. Berendsen, Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Inventarisatie van de sedimentatie van zand op de oeverwallen van de Waal en de Gelderse IJssel tijdens het hoogwater van januari en februari 1995*
- 95/3 Sorber, A.M. en G. de Vaan, Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Ruimtelijke variatie van de sedimentaire structuur en textuur van de bedding van de Grensmaas (stuw Borgharen, km. 15.5 - Maaseik, km. 52.7)*
- 95/4 Hessel, R., Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Investigation of drought patterns - a case study in Southern Germany*
- 95/5 Meursing, L., Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *De hydraulische ruwheid van doorstroomde vegetatie. Analyse van gepubliceerde model- en prototype metingen.*

¹ Research Programme 1999-2003

1996

- 96/1 Asselman, N.E.M., Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Suspended sediment concentrations during high discharge events in the river Rhine.*
- 96/2 Makaske, B. en M. Terlien, Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Le développement géomorphologique de la partie méridionale du Delta intérieur du Niger.*
- 96/3 Van der Wateren-de Hoog, B., Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Adaptation of a daily weather generator to represent long term precipitation persistence.*
- 96/4 Fehse, J. Universiteit van Amsterdam, Sectie Palynologie en Paleo/Actuo-ecologie: *The Chocó biogeographic region - high levels of biodiversity and endemism threatened in Colombia's Pacific lowland.*
- 96/5 Asselman, N.E.M., Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Grainsize characteristics used to identify sediment transport pathways on fine grained aggrading floodplains.*
- 96/6 Boer, A. de, Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *(Semi)automatische meetsystemen voor het sedimenttransport in rivieren - literatuurstudie.*
- 96/7 Kleinhans, M.G., Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Sediment transport in de Nederlandse rijntakken -verwerking metingen 1988-1995 en toetsing transportvergelijkingen.*
- 96/8 Hesselink, A.W., Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Eilanden en zandbanken in de Rijntakken rond 1850*
- 96/9 Kleinhans, M.G., Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Sediment transport in the dutch Rhine branches - annual transport and interim sediment budget.*

1997

- 97/1 Asselman, N., van Deursen, W., Kwadijk, J., Middelkoop, H. en C. Wesseling (Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie) van Dijk, P. en F. Kwaad. Universiteit van Amsterdam, Vakgroep Fysische Geografie en Bodemkunde: *Environmental change and the river Rhine, implications for discharge, sediment supply and water management - progress report 1*
- 97/2 Kabout, J.A.H., Hesselink, A.W. en H.J.A. Berendsen, Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Inventarisatie van de sedimentatie van zand op de oeverwallen van de Waal tijdens het hoog water van februari en maart 1997.*
- 97/3 Kleinhans, M.G., Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Sedimenttransport in de Waal: betrouwbaarheidsanalyse en meetstrategie.*
- 97/4 Bruinsma, M. en J.C.J. Kwadijk, Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Uitbreiding Rhine Flow Model 1902 - 1980*
- 97/5 Storms, J. en J.C.J. Kwadijk, Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Verandering van de kans op extreme afvoeren 1990 - 2100 voor het UKHI klimaat scenario.*
- 97/6 Hoek, W.Z., Vrije Universiteit, Sectie Kwartairgeologie en Laaglandgenese: *Reference list of Late glacial and Early Holocene pollen diagrams from The Netherlands and adjacent parts of Belgium and Germany.*
- 97/7 Kleinhans, M.G., Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Sedimenttransport in de Waal: hoogwater Maart 1997.*
- 97/8 Wilbers, A., Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Duinkarakteristieken en dune tracking tijdens een hoogwater in de Rijntakken.*
- 97/9 Ancker, J.A.M. van den en Jungerius, P.D., Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek, Universiteit van Amsterdam, Vakgroep Fysische Geografie en Bodemkunde: *Eolische processen langs de Waal, zomer 1997.*

1998

- 98/1 Wateren, B. van der, Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Een afvoer model gebaseerd op het probability distributed principe.*

- 98/2 Asselman, N.E.M., Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *The impact of climatic change on suspended sediment transport in the river Rhine*
- 98/3 Buma, J., Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Finding the most suitable slope stability model for the assessment of the impact of climate change on a landslide in South East France*
- 98/4 Buma, J., Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *The impact of climate change on a landslide in South East France, simulated using different GCM-scenarios and downscaling methods for local precipitation.*
- 98/5 Buma, J., Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Modelling the impact of climate change on a landslide in the Italian Dolomites*
- 98/6 Dijk, P.M. van and Kwaad, F.J.P.M., Universiteit van Amsterdam, Vakgroep Fysische Geografie en Bodemkunde: *Estimation of suspended sediment supply to the stream network of the river Rhine under present-day climate and land use*
- 98/7 Hesselink, A.W., Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Ontwikkeling van de uiterwaarden langs de Lek. Vanaf de 16e eeuw tot heden*
- 98/8 Imeson, A.C., Cammeraat, L.H. and Bergkamp, G., Universiteit van Amsterdam, Vakgroep Fysische Geografie en Bodemkunde: *Mediterranean Desertification and Land Use. Annual report for 1996*
- 98/9 Blom, J. van, Coppus, R., Dekker, L.C. and Sevink, J., Universiteit van Amsterdam, Vakgroep Fysische Geografie en Bodemkunde: *De bodems van de loofbossen op de oudere duinen en strandwallen van de Nederlandse kust. Profielontwikkeling en bodemverzuring*
- 98/10 Lenders, R., Maren, B. van and Mol, J.-W., Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Wind-, golf-, en stormingsgeïnduceerd sedimenttransport in kribvakken langs de Waal*
- 98/11 Lev, T., M. van der Perk, A. Gillett, J.P. Absalom, N.M.J. Crout and G. Voigt, Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *GIS-based modelling of radiocaesium transfer to agricultural food products in the Chernobyl region, Ukraine.*
- 98/12 Wilbers, A., Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Bodemtransport en duinontwikkeling tijdens afvoergolven in de Rijn en Waal.*
- 98/13 Kleinhans, M.G., Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Kalibratie van de Valbuis Fysische Geografie Utrecht.*
- 98/14 Cohen, K.M., S. Quartel en H.J.A. Berendsen, Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Zanddikte op de oeverwallen van de Waal (km 900 - 910) een jaar na het hoogwater van 1997.*
- 98/15 Schans, H., Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Representativiteit van kribvakmetingen uit 1996 en 1997 ten opzichte van de hele Waal.*
- 98/16 Schans, H., Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Bed level development in Bovenrijn, Pannerdensch Kanaal and the upstream part of the Waal.*
- 98/17 Asselman, N.E.M., Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Estimation of the sediment load in the lower Rhine basin using sediment rating curves.*
- 98/18 Asselman, N.E.M., Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *The concept of a suite of linked models to simulate sediment transport in the Rhine basin.*
- 98/19 Wilbers, A.W.E., Universiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie: *Ruimtelijke variabiliteit van duinkarakteristieken in de Waal tijdens een afvoergolf in 1997.*
- 98/20 Dijk, P.J.M. van, Kwaad F.J.P.M. Universiteit van Amsterdam, Fysische Geografie en Bodemkunde: *The Rhine basin sediment supply model: the quality of morphometric input parameters and snowmelt modelling.*
- 98/21 Hesselink, A.W. Universiteit Utrecht ,Disciplinegroep Geomorfologie en klimaat: *Beschrijving van steekboringen in twee uiterwaarden langs de IJssel en de Waal, Nederland. Data rapport.*

1999

- 99/1 Cohen K.M. & H.J.A. Berendsen, Universiteit Utrecht, Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen, Fysische Geografie: *Inventarisatie van zand op oeverwallen van de Waal (km 900-917) na het hoogwater van November 1998.*
- 99/2 Tietema A., Universiteit van Amsterdam, Faculteit der Ruimtelijke Wetenschappen, Fysische Geografie en Bodemkunde: *Nitraatuitspoeling in een intrekgebied bestudeerd met een dynamisch GIS.*
- 99/3 Hiemstra J.F. & J.J.M. van der Meer, Universiteit van Amsterdam, Faculteit der Ruimtelijke Wetenschappen, Fysische Geografie en Bodemkunde. *Neogene Glacial History at the Allan Hills, Antarctica – Section Logs*
- 99/4 Moor J.J.W. , Vrije Universiteit Amsterdam, Faculteit der Aardwetenschappen, Kwartairgeologie en Geomorfologie: *Sub-arctic Rivers in Northern Russia. The influence of vegetation, landscape, climate and hydrology on the river morphology of two catchments areas in the Usa Basin in Northeast-European Russia.*
- 99/5 Dijk P.M. van & F.J.P.M. Kwaad, Universiteit van Amsterdam, Faculteit der Ruimtelijke Wetenschappen, Fysische Geografie en Bodemkunde: *The supply of sediment to the river Rhine drainage network*
- 99/6 Kleinhans M.G., Universiteit Utrecht, Ruimtelijke Wetenschappen, Fysische Geografie: *Sedimenttransport in de Waal: hoogwater november 1998*
- 99/7 Hesselink A.W., Universiteit Utrecht, Ruimtelijke Wetenschappen, Fysische Geografie: *Opzet digitale inventaris oude rivierkaarten: combineren van verschillende inventarissen van oude rivierkaarten.*
- 99/8 Wilbers A.W.E. & M.G. Kleinhans, Universiteit Utrecht, Ruimtelijke Wetenschappen, Fysische Geografie: *Gevoeligheidsanalyse dune tracking in 2 dimensies.*
- 99/9 Middelkoop, H. & A. Kroon: Universiteit Utrecht, Ruimtelijke Wetenschappen, Fysische Geografie: *Analyse historische waterstanden Maas -Benedenrivierengebied.*
- 99/10 Wilbers, A., Universiteit Utrecht, Ruimtelijke Wetenschappen, Fysische Geografie: *Bodemtransport en duinontwikkeling in de Rijntakken: bodempeilingen hoogwater november 1998.*
- 99/11 Linden, S. van der, Universiteit Utrecht, Ruimtelijke Wetenschappen, Fysische Geografie: *Modelling runoff in arctic river systems: the impact of climate change.*

2000

- 00/1 Tietema, A. & J. Kros, Universiteit van Amsterdam, Faculteit der Natuurwetenschappen, Wiskunde en Informatica, Fysische Geografie: *Modelling critical nitrogen loads and nitrate leaching in Dutch forest ecosystems.*
- 00/2 Tietema, A., Universiteit van Amsterdam, Faculteit der Natuurwetenschappen, Wiskunde en Informatica, Fysische Geografie: *Validatie van gemodelleerde nitraatuitspoeling in bossen.*
- 00/3 Dankers, R., Universiteit Utrecht, Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen, Fysische Geografie: *Application of remote sensing in hydrological modelling of sub-arctic environments, a literature review.*
- 00/4 Middelkoop, H., N.E.M. Asselman, H. Buitenveld, M. Haasnoot, J.C.J. Kwadijk, J.A.P.H. Vermulst, W.P.A. van Deursen, P.M. van Dijk, and C. Wesseling, Universiteit Utrecht, Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen, Fysische Geografie: *The impact of climate change on the river Rhine and the implications for water management in the Netherlands.*
- 00/5 Kroon, A., S. Vermeer, Universiteit Utrecht, Ruimtelijke Wetenschappen, Fysische Geografie: *Eolische processen Millinger Duin.*
- 00/7 Veer J.A. , Vrije Universiteit Amsterdam, Faculteit Aardwetenschappen, Afdeling Kwartairgeologie en Geomorfologie: *Geochemical comparison of Lateglacial lacustrine deposits in the Weerterbos area (southern Netherlands)*
- 00/8 Middelkoop H. & B.G. Ruessink, Universiteit Utrecht, Ruimtelijke Wetenschappen, Fysische Geografie: *Analyse historische waterstanden Maas - Benedenrivierengebied II.*
- 00/9 Putten, M.J. van, Vrije Universiteit Amsterdam, Faculteit Aardwetenschappen, Afdeling Kwartairgeologie en Geomorfologie : *Fluvial response to climatic fluctuations in north eastern European Russia.*

- 00/10 Pebesma, E.J., R.N.M. Duin & A.M.F. Bio, Universiteit Utrecht, Ruimtelijke Wetenschappen, Fysische Geografie: *Spatial interpolation of sea bird densities on the Dutch part of the North Sea.*

2001

- 01/1 Bogaard, T.A. & M.R. Hendriks, Universiteit Utrecht, Ruimtelijke Wetenschappen, Fysische Geografie: *Hydrological pilot study of the Ijen caldera and Asembagus irrigation area.* Technical report. Visit 14-28 August 2000.
- 01/2 Dankers, R. Universiteit Utrecht, Ruimtelijke Wetenschappen, Fysische Geografie: *TANAFLOW, a large-scale water balance model of the Tana river basin.*
- 01/3 Kleinhans, M. Universiteit Utrecht, Ruimtelijke Wetenschappen, Fysische Geografie: *Calibratie van bodem-transportmeetmethoden, literatuurstudie*
- 01/4 Lloyd Davies, Mark T. & Jaap J.M. van der Meer, Universiteit van Amsterdam, Faculteit NWI/IBED: *Neogene Glacial History of the Allan Hills. South Victoria Land, Antarctica-Field Report, 1999-2000*
- 01/5 Middelkoop, H. Universiteit Utrecht, Ruimtelijke Wetenschappen, Fysische Geografie: *Morfologische karakterisatie van het Nederlandse benedenrivierengebied, verkenning van parameters.*
- 01/6 Kleinhans, M.G., A.W.E. Wilbers & J.H. van den Berg, Universiteit Utrecht, Ruimtelijke Wetenschappen, Fysische Geografie: *Effect van het getij op het sedimenttransport in de Merwede: Proefmeting splitsingspunt, April 2001*
- 01/7 Wilbers, A.W.E. & J.H. van den Berg, Universiteit Utrecht, Ruimtelijke Wetenschappen, Fysische Geografie: *Beddingvormen en baggerwerk in de Waal*

2002

- 02/1 Frings, R.M. Universiteit Utrecht, Ruimtelijke Wetenschappen, Fysische Geografie: *Duinen, hydraulische ruwheid en bodemtransport in het zomerbed van de Maas bij Broekhuizen*

