

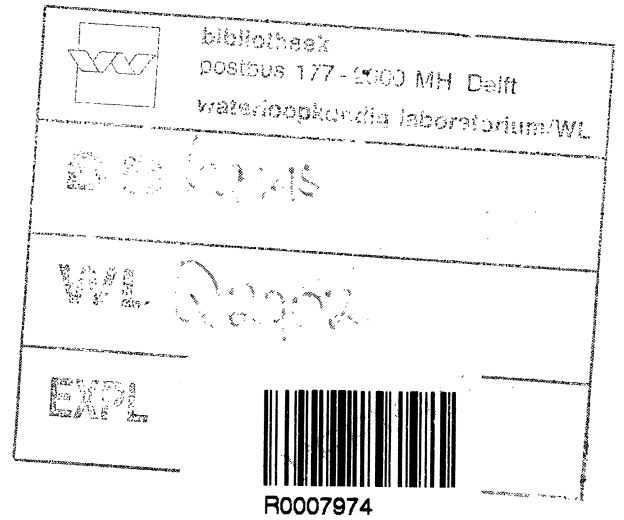
Opdrachtgever:

Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde

Kribhoogten in Zuid-Holland

Verslag

augustus 2000



Kribhoogten in Zuid-Holland

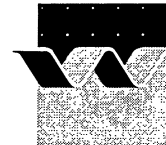
E. Mosselman, C. Stolker

Verslag

augustus 2000



wL | delft hydraulics



OPDRACHTGEVER: Rijkswaterstaat DWW
Van der Burghweg 1, Postbus 5044
2600 GA Delft

TITEL: Kribhoogten in Zuid-Holland, op basis van een morfologisch criterium

SAMENVATTING:

Voor trajecten van de Lek, de Boven Merwede, de Beneden Merwede en de Bergsche Maas worden minimaal vereiste kribhoogten bepaald op basis van een morfologisch criterium.

REFERENTIES: verplichtingnummer 3300/0895
opdrachtbrief AB/003085 d.d. 5 juli 2000

| VER. | AUTEUR | DATUM | OPMERK. | REVIEW | GOEDKEURING |
|----------------|------------------------------------|---|--|---------------|-------------|
| 1.0 | E. Mosselman | 19 juli 2000 | | F. v.d. Knaap | E. van Beek |
| 2.0 | E. Mosselman | 30 augustus 2000 | | F. v.d. Knaap | E. van Beek |
| PROJECTNUMMER: | | Q2771 | | | |
| TREFWOORDEN: | | kribben, riviermorfologie, getijden, Noordelijk Deltabekken | | | |
| INHOUD: | TEKST | TABELLEN | FIGUREN | APPENDICES | |
| STATUS: | <input type="checkbox"/> VOORLOPIG | <input type="checkbox"/> CONCEPT | <input checked="" type="checkbox"/> DEFINITIEF | | |

Inhoud

| | | |
|----------|---|------------|
| 1 | Inleiding | 1-1 |
| | 1.1 Aanleiding tot de studie | 1-1 |
| | 1.2 Organisatie | 1-1 |
| 2 | Methodiek | 2-1 |
| | 2.1 Morfologisch criterium | 2-1 |
| | 2.2 Discussie en voorbehoud | 2-2 |
| | 2.3 Toepasbaarheid op Nieuwe Waterweg | 2-3 |
| 3 | Resultaten | 3-1 |
| | 3.1 Bedvormende stroomsnelheden en maatgevende waterstanden | 3-1 |
| | 3.2 Minimaal vereiste kribhoogten | 3-1 |
| 4 | Nauwkeurigheid | 4-1 |
| 5 | Literatuurverwijzingen | 5-1 |

I Inleiding

I.1 Aanleiding tot de studie

Haskoning en WL | Delft Hydraulics hebben in 1999 een methodiek ontwikkeld voor het vaststellen van vereiste kribhoogten op basis van een morfologisch criterium (Akkerman & Mosselman, 1999). Zij hebben deze methodiek op een aantal riviertrajecten in Zuid-Holland toegepast. Per brief met kenmerk AB/003085 verleende de Dienst Weg- en Waterbouw van Rijkswaterstaat op 5 juli 2000 opdracht aan WL | Delft Hydraulics om met deze methodiek ook de minimaal vereiste kribhoogten te berekenen voor de aanvullende riviertrajecten die zijn weergegeven in Tabel 1.1. De resultaten van deze opdracht worden in dit rapport gepresenteerd.

| Rivier | Traject | | Lengte (km) |
|-----------------|---------------------------|-------------------------------|-------------|
| | bovenstroomse begrenzing | benedenstroomse begrenzing | |
| Lek | kmr 969.600 (Schoonhoven) | kmr 989.100 (Krimpen a/d Lek) | 19,5 |
| Boven Merwede | 952.500 (Gorinchem) | 961.300 (Werkendam) | 8,8 |
| Beneden Merwede | 961.300 (Hardinxveld) | Dordrecht (976.300) | 15,0 |
| Bergsche Maas | 248.000 | 251.000 | 3,0 |

Tabel 1.1: Studietrajecten.

I.2 Organisatie

De opdracht is uitgevoerd door dr.ir. Erik Mosselman en ir. Chris Stolker van WL | Delft Hydraulics. Vanuit de Dienst Weg- en Waterbouwkunde van Rijkswaterstaat werd het werk begeleid door drs. Claus Kruyt.

De opdracht is bij Rijkswaterstaat bekend onder verplichtingenummer 3300/0895 en bij WL | Delft Hydraulics onder projectnummer Q2771.

2 Methodiek

2.1 Morfologisch criterium

De theoretische achtergronden van de methodiek worden uitgebreid door Akkerman & Mosselman (1999) beschreven. Een korte samenvatting met de belangrijkste uitgangspunten en aannamen volgt hieronder.

De vereiste kribhoogte wordt gebaseerd op een *morfologisch criterium*. Met andere criteria, zoals bijvoorbeeld het effect op de maatgevende hoogwaterstanden, wordt geen rekening gehouden. Het uitgangspunt is dat in de meeste gevallen voor de bestaande kribben in Zuid-Holland onvoldoende bekend is of de hoogte van de kruin toereikend is en of de kribben verlaagd zouden kunnen worden zonder noemenswaardige gevolgen voor de riviermorfologie. Een criterium dat verlagingen toelaat is gunstig voor de hoogwaterstanden en voordelig bij beslissingen om verzakte kribben al dan niet te repareren.

Het morfologische criterium houdt rekening met de effecten van *rivierafvoer* en *getijdewerking*. Hiertoe worden berekeningen uitgevoerd met een door RIZA Dordrecht ter beschikking gesteld SOBEK-model van het Noordelijk Deltabekken (IVB-DOS).

Voor de *rivierafvoer* zou men het criterium kunnen baseren op de kribverlaging die de lokale sedimenttransportcapaciteit van de rivier met een vooraf vast te stellen toelaatbaar percentage beïnvloedt. Gekozen wordt echter voor een eenvoudiger criterium vanuit de overweging dat de waterstanden bij hogere afvoeren weinig gevoelig zijn voor dit percentage of het bijbehorende afvoerniveau. Dit eenvoudigere criterium stelt de vereiste kribhoogte gelijk aan de waterstand die optreedt bij een gegeven constante afvoer die representatief is voor de morfologische ontwikkeling van het rivierbed. Voor een dergelijke bedvormende of 'dominante' rivierafvoer bestaan verschillende definities. Al die definities hebben zo hun beperkingen, omdat men de morfologische ontwikkeling onder variërende afvoeren slechts bij benadering kan reproduceren in een berekening met constante afvoer. Waterstanden blijken echter weinig gevoelig voor de precieze keuze van die afvoer. In de methodiek is ervoor gekozen om de bedvormende afvoer te definiëren als de afvoer waarbij het evenwichtsverhang en de jaarlijkse zandvracht gelijk zijn aan die bij de werkelijk optredende variërende afvoeren, onder de aanname dat het sediment getransporteerd wordt volgens de formule van Engelund & Hansen (1967). Deze definitie leidt tot de in Tabel 2.1 gegeven afvoeren ter plaatse van de instroomranden van het SOBEK-model.

| Locatie | Lek bij Hagestein | Waal bij Tiel | Maas bij Lith |
|--|-------------------|---------------|---------------|
| Bedvormende afvoer (m ³ /s) | 341 | 1531 | 336 |

Tabel 2.1: Bedvormende afvoeren.

Voor de *getijdewerking* wordt het representatieve getij gebruikt dat in de eerdere studie door Haskoning & WL | Delft Hydraulics (Akkerman & Mosselman, 1999) was geselecteerd als de enkele getijgolf die gemiddeld hetzelfde residuele sedimenttransport

geeft als twee volledige springtij-doodtijcycli, onder de aanname dat het sediment getransporteerd wordt volgens de formule van Engelund & Hansen (1967).

De effecten van de *combinatie van rivierafvoer en getijdewerking* worden met het SOBEK-model van het Noordelijk Deltabekken berekend. Daarbij worden de rivierafvoeren van Tabel 2.1 opgelegd aan de instroomranden van de rivieren en wordt het representatieve getij opgelegd aan de zeeranden bij Hoek van Holland en de zeegaten van Goeree. Voor iedere locatie wordt het verloop van de stroomsnelheid berekend over de periode van een enkele cyclus van het representatieve getij. Uit deze stroomsnelheden wordt een enkele bedvormende of 'dominante' stroomsnelheid afgeleid die gemiddeld hetzelfde residuele sedimenttransport geeft als de volledige getijcyclus, wederom onder de aanname dat het sediment getransporteerd wordt volgens de formule van Engelund & Hansen (1967). Deze bedvormende stroomsnelheid treedt doorgaans tweemaal per getijdeperiode daadwerkelijk op. De vereiste kribhoogte wordt gelijkgesteld aan de hoogste van de twee bijbehorende waterstanden.

2.2 Discussie en voorbehoud

De methodiek is in 1999 ontwikkeld om tot een eerste schatting van vereiste kribhoogten te komen, ter ondersteuning van het rivierbeheer bij beslissingen om verzakte kribben al dan niet te repareren. Criteria voor kribhoogte waren in het verleden ingegeven door uitvoeringstechnische eisen. Daarbij werd de hoogte afhankelijk gesteld van het gemiddelde waterniveau van de rivier opdat de kruin voldoende lang boven water uitstak om het zetwerk op te kruin te kunnen uitvoeren. Men wakte er echter voor dat de nu ontwikkelde methodiek geen eigen leven gaat leiden. Er zijn immers belangrijke beperkingen die als volgt kunnen worden samengevat:

- De vereiste kribhoogte wordt uitsluitend aan een morfologisch criterium gerelateerd. Met andere mogelijke criteria wordt geen rekening gehouden.
- Er wordt gerekend met een constante bedvormende of 'dominante' afvoer van de rivieren, hoewel men daarmee slechts bij benadering de morfologische ontwikkeling onder variërende afvoer kan reproduceren.
- Zonder nadere veldgegevens wordt aangenomen dat het zandtransport in het Noordelijk Deltabekken voldoet aan de formule van Engelund & Hansen (1967).
- Het morfologische criterium wordt met behulp van eendimensionale hydrodynamische berekeningen gekwantificeerd. Twee- en driedimensionale effecten worden niet meegenomen. Er wordt geen rekening gehouden met de mogelijke versterking van morfologische effecten wanneer een wijziging van de kribhoogte in een riviertak leidt tot een andere verdeling van water en zand over de takken van een riviersplitsing.
- Enigszins arbitrair wordt de vereiste kribhoogte gelijk gesteld aan een waterstand die optreedt wanneer de momentane stroomsnelheid gelijk is aan een stroomsnelheid die gemiddeld hetzelfde residuele sedimenttransport geeft als de volledige getijcyclus.

De belangrijkste overweging om, ondanks deze beperkingen, toch vertrouwen in de resultaten te hebben is dat de op deze wijze bepaalde kribhoogten weinig gevoelig zijn voor de onnauwkeurigheden in de methodiek. Verschillen liggen in de orde van enkele decimeters. Voor beslissingen om verzakte kribben al dan niet te repareren geeft de methodiek voldoende houvast. Aanbevolen wordt echter om de vereiste kribhoogten op

basis van meer gedegen onderzoek vast te stellen wanneer men kapitaalintensieve ingrepen aan de kribben overweegt.

2.3 Toepasbaarheid op Nieuwe Waterweg

Het in deze studie toegepaste morfologische criterium gaat uit van rivieren met getijdewerking, waarbij de morfologische ontwikkeling door zandtransport volgens de formule van Engelund & Hansen (1967) tot stand komt. De morfologische ontwikkeling van de Nieuwe Waterweg wordt echter in belangrijke mate bepaald door slibtransport en de interactie tussen zout en zoet water. Dat leidt tot geheel andere omstandigheden.

Indertijd zijn de kribben van de Nieuwe Waterweg beduidend lager aangelegd dan de kribben elders langs de Nederlandse rivieren. Hoewel de precieze uitgangspunten van het ontwerp niet meer bekend zijn, valt te vermoeden dat men met deze kribben alleen de onderste, zoutere waterlaag heeft willen beïnvloeden.

De afwijkende omstandigheden en de afwijkende ontwerphoogte duiden erop dat het in deze studie gehanteerde morfologische criterium niet geschikt is voor de Nieuwe Waterweg.

3 Resultaten

3.1 Bedvormende stroomsnelheden en maatgevende waterstanden

Tabel 3.1 geeft de met het SOBEK-model berekende bedvormende stroomsnelheden en maatgevende waterstanden. De figuren 3.1 tot en met 3.11 geven de bijbehorende grafieken van het verloop van de stroomsnelheid en de waterstand gedurende een cyclus van het representatieve getij. De tijdstippen waarop de ontwerpwaarden van Tabel 3.1 optreden zijn in die grafieken met verticale stippellijnen gemarkeerd.

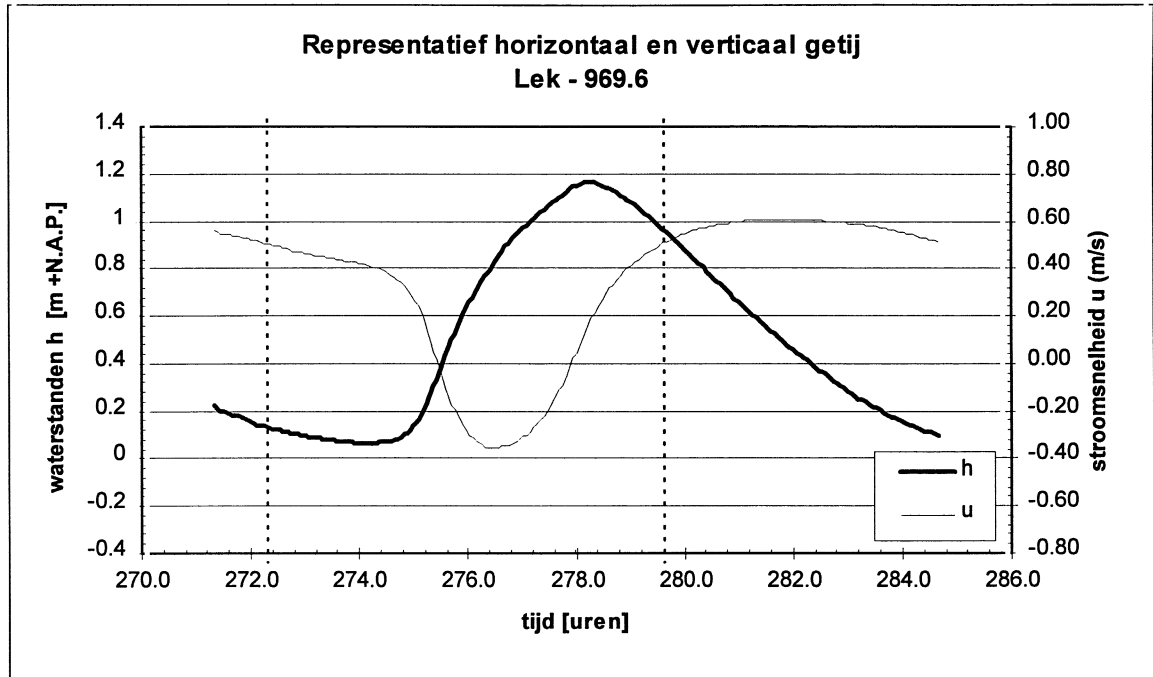
| Locatie | | Bedvormende stroomsnelheid (m/s) | Maatgevende waterstand (m + NAP) | Figuurnummer van grafiek |
|-----------------|-------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| rivier | km | | | |
| Lek | 969.6 | 0,50 | 0,97 | 3.1 |
| | 976.0 | 0,62 | 0,84 | 3.2 |
| | 983.0 | 0,56 | 0,76 | 3.3 |
| | 989.1 | 0,56 | 0,64 | 3.4 |
| Boven Merwede | 952.5 | 0,71 | 0,96 | 3.5 |
| | 961.3 | 0,62 | 0,80 | 3.6 |
| Beneden Merwede | 961.3 | 0,69 | 0,78 | 3.7 |
| | 969.0 | 0,53 | 0,55 | 3.8 |
| | 976.3 | 0,44 | 0,53 | 3.9 |
| Bergsche Maas | 248.0 | 0,28 | 0,52 | 3.10 |
| | 251.0 | 0,28 | 0,52 | 3.11 |

Tabel 3.1: Berekende bedvormende stroomsnelheden en maatgevende waterstanden.

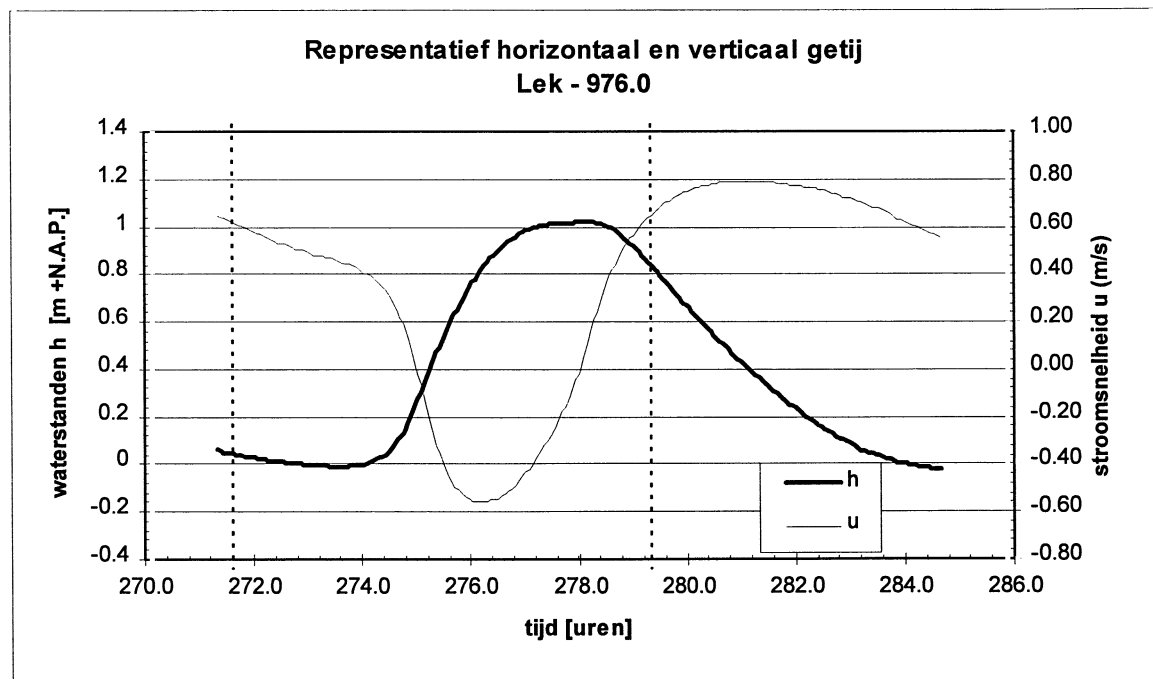
3.2 Minimaal vereiste kribhoogten

Uit de rekenresultaten zijn door middel van interpolatie ook minimaal vereiste kribhoogten bepaald voor tussenliggende locaties in de beschouwde riviertrajecten, met intervallen van 100 m. Deze kribhoogten zijn weergegeven in Tabellen 3.2 tot en met 3.5. De met SOBEK berekende waarden, waartussen de overige waarden geïnterpoleerd zijn, zijn in deze tabellen cursief afgedrukt.

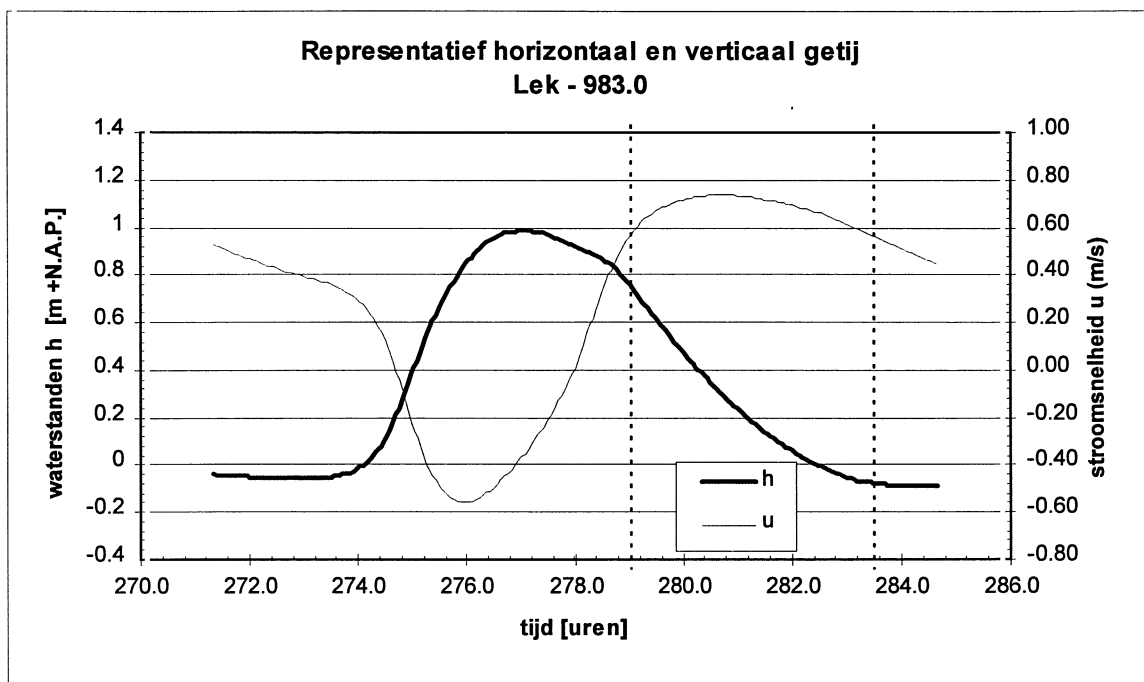
Voor een willekeurige krib zal de beheerder uit deze tabellen de ontwerpwaarde rechtstreeks kunnen aflezen door te kijken naar de dichtstbijzijnde kilometerraai. Door de intervallen van 100 m bedraagt het verschil in ligging maximaal 50 m. Omdat de grootteorde van rivierverhangen 0,1 m/km bedraagt, zal het rechtstreeks aflezen onnauwkeurigheden van hooguit 5 mm veroorzaken. Dat is te verwaarlozen in vergelijking met de nauwkeurigheid van de methodiek, die in de orde van enkele decimeters ligt, en de nauwkeurigheid waarmee een krib op een bepaalde hoogte kan worden aangelegd.



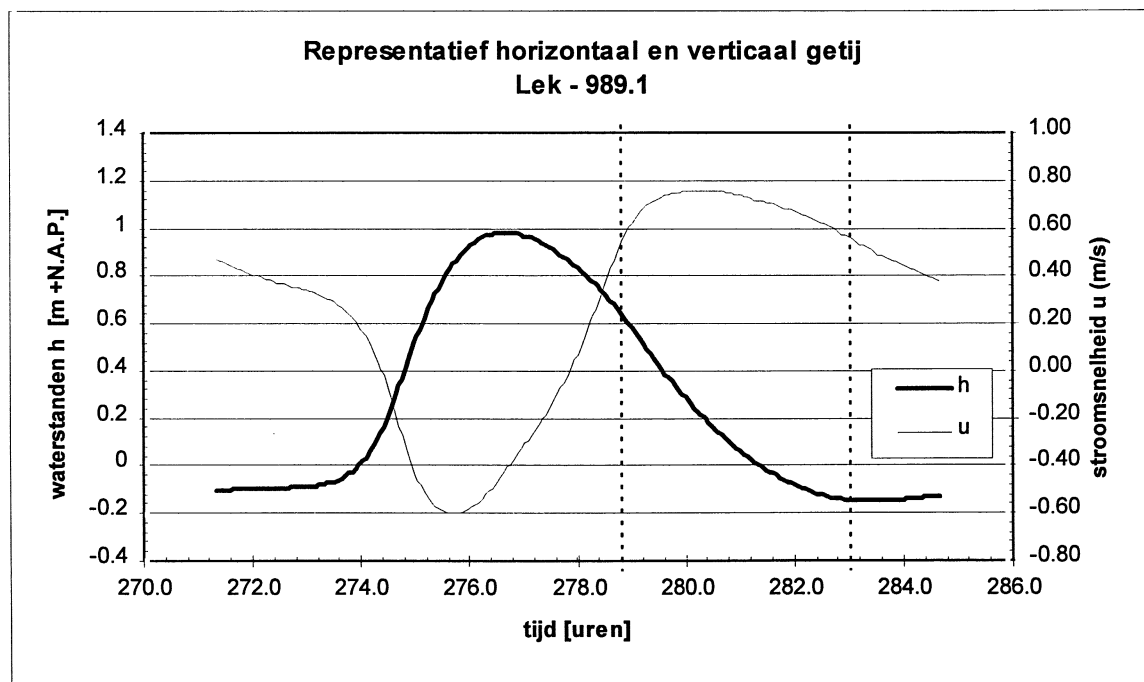
Figuur 3.1: Representatief horizontaal en verticaal getij op de Lek, km 969.6.



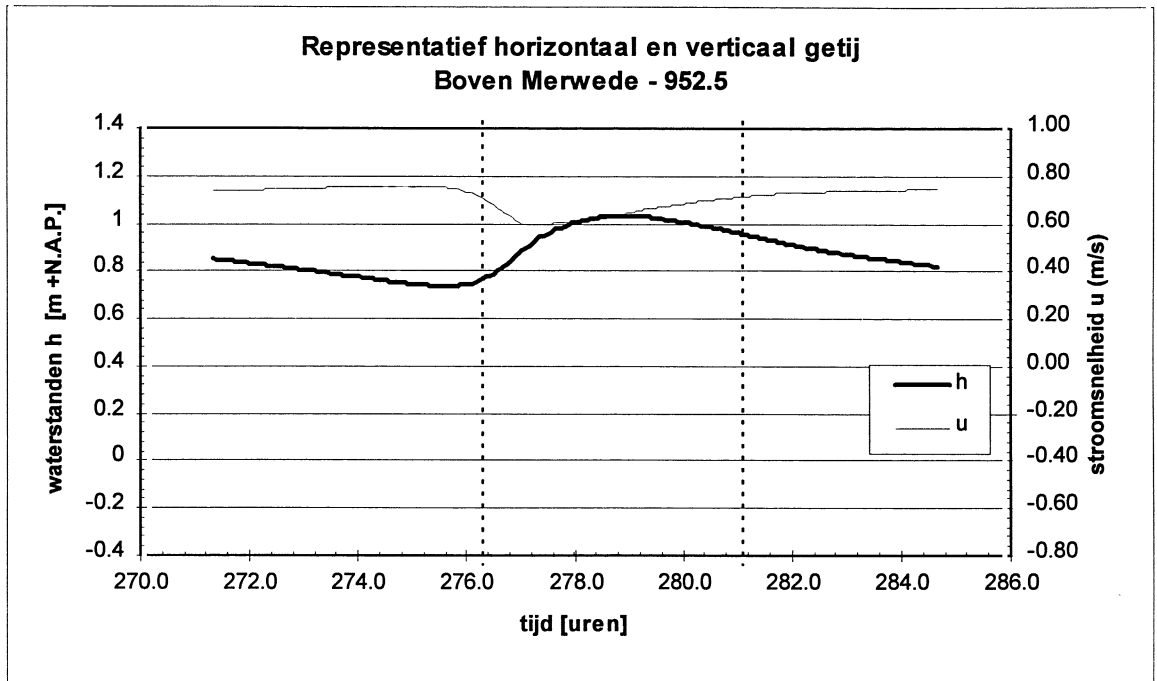
Figuur 3.2: Representatief horizontaal en verticaal getij op de Lek, km 976.0.



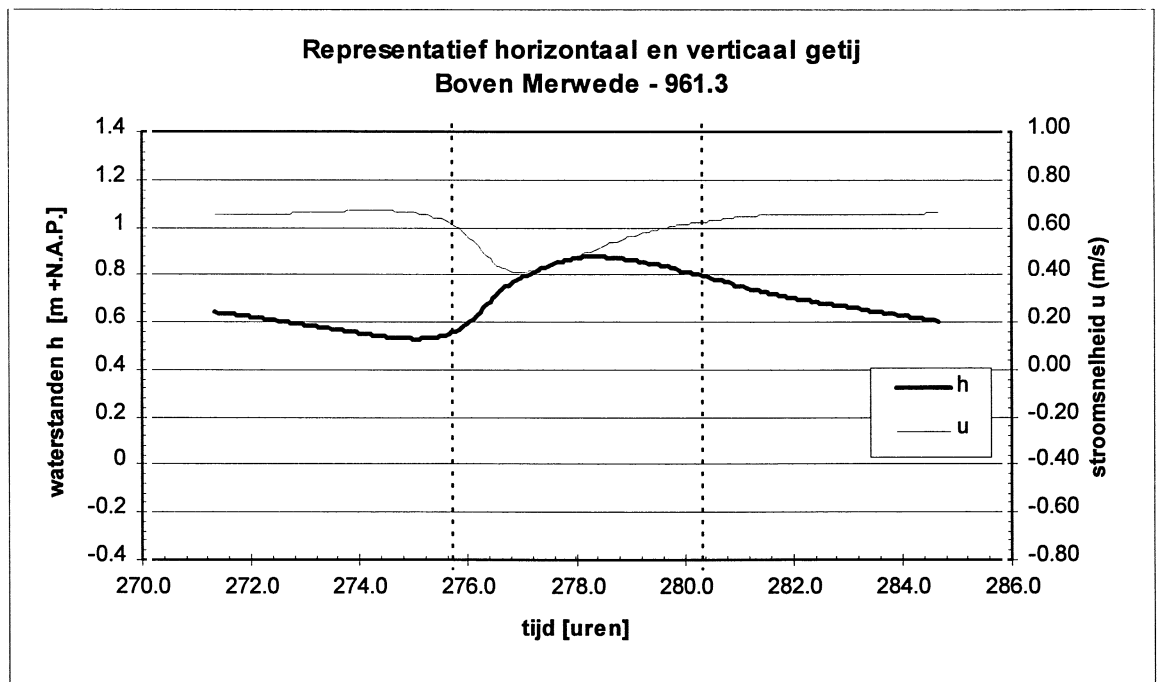
Figuur 3.3: Representatief horizontaal en verticaal getij op de Lek, km 983.0.



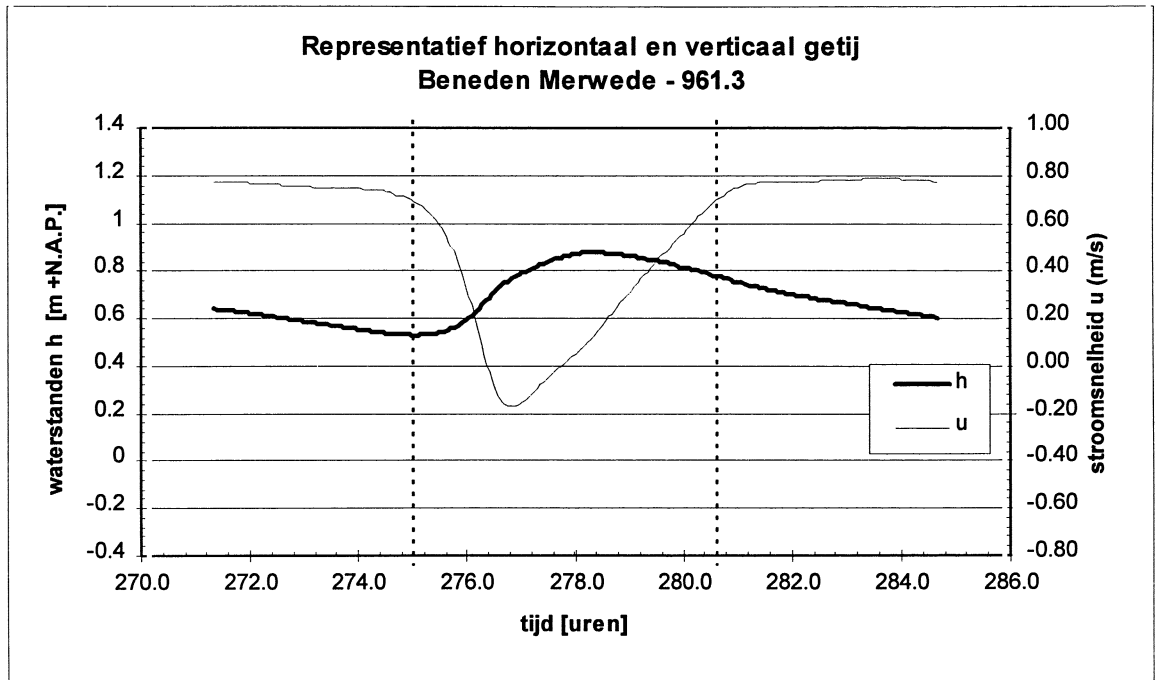
Figuur 3.4: Representatief horizontaal en verticaal getij op de Lek, km 989.1.



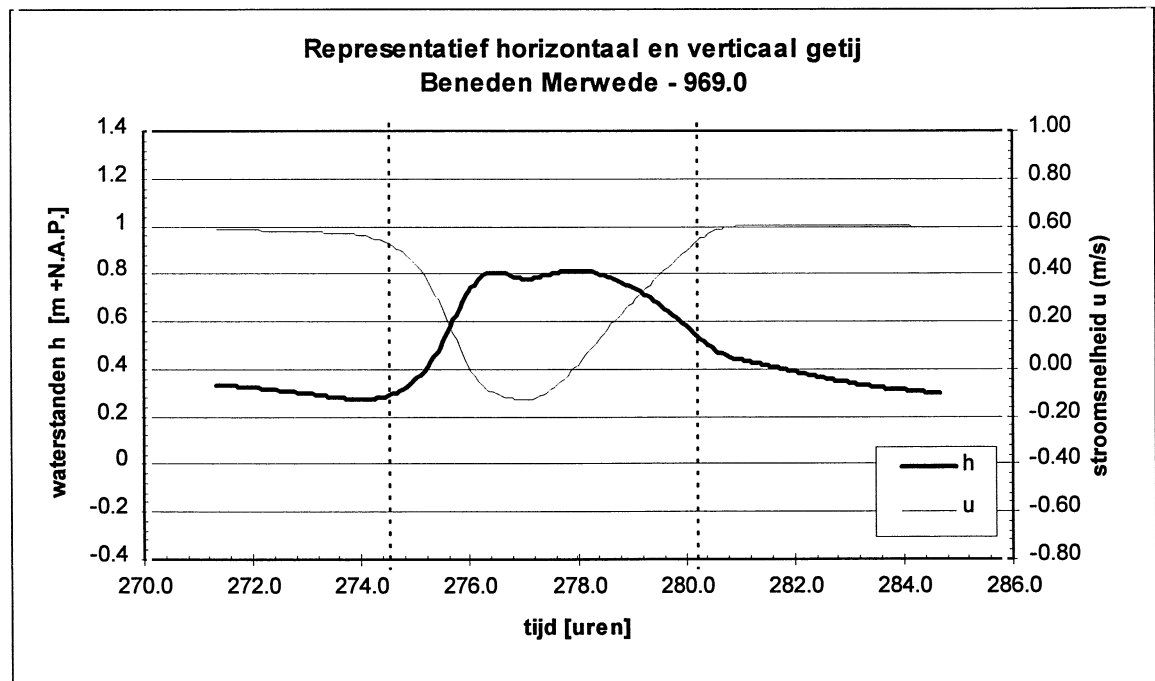
Figuur 3.5: Representatief horizontaal en verticaal getij op de Boven Merwede, km 952.5.



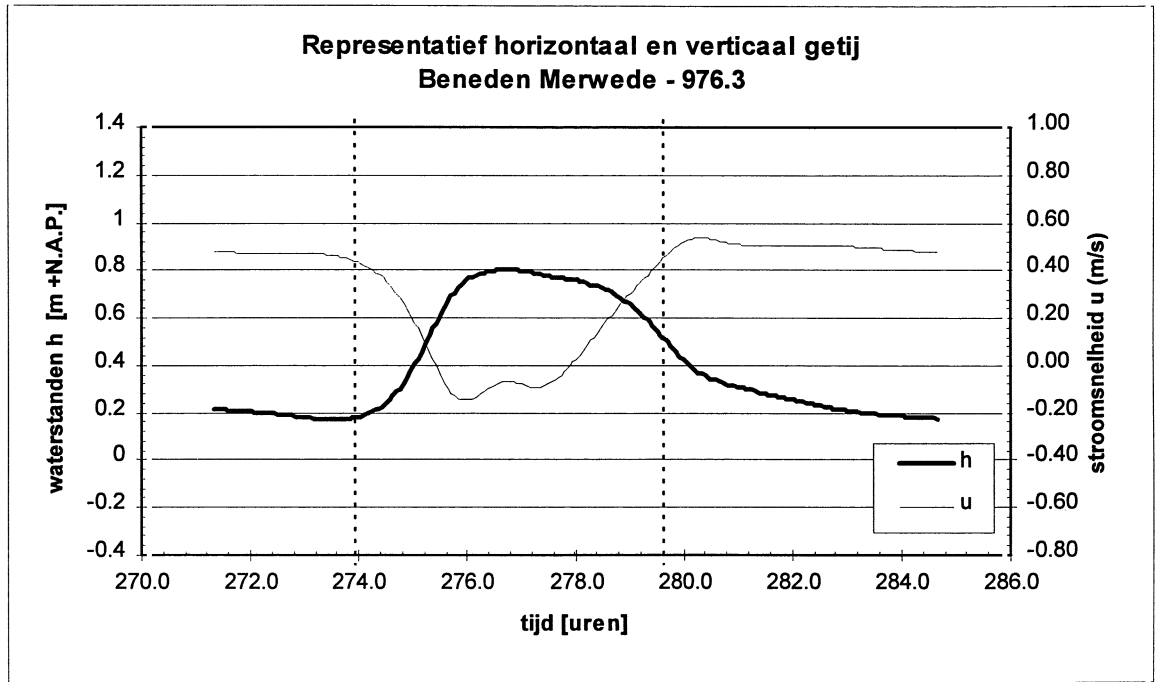
Figuur 3.6: Representatief horizontaal en verticaal getij op de Boven Merwede, km 961.3.



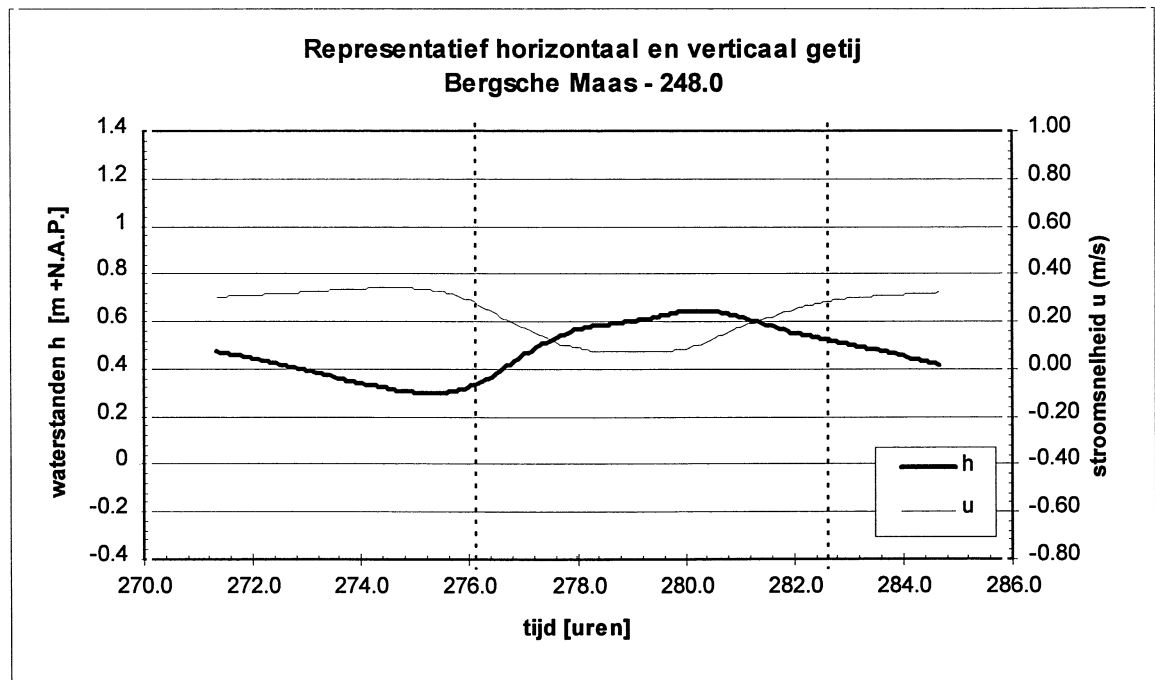
Figuur 3.7: Representatief horizontaal en verticaal getij op de Beneden Merwede, km 961.3.



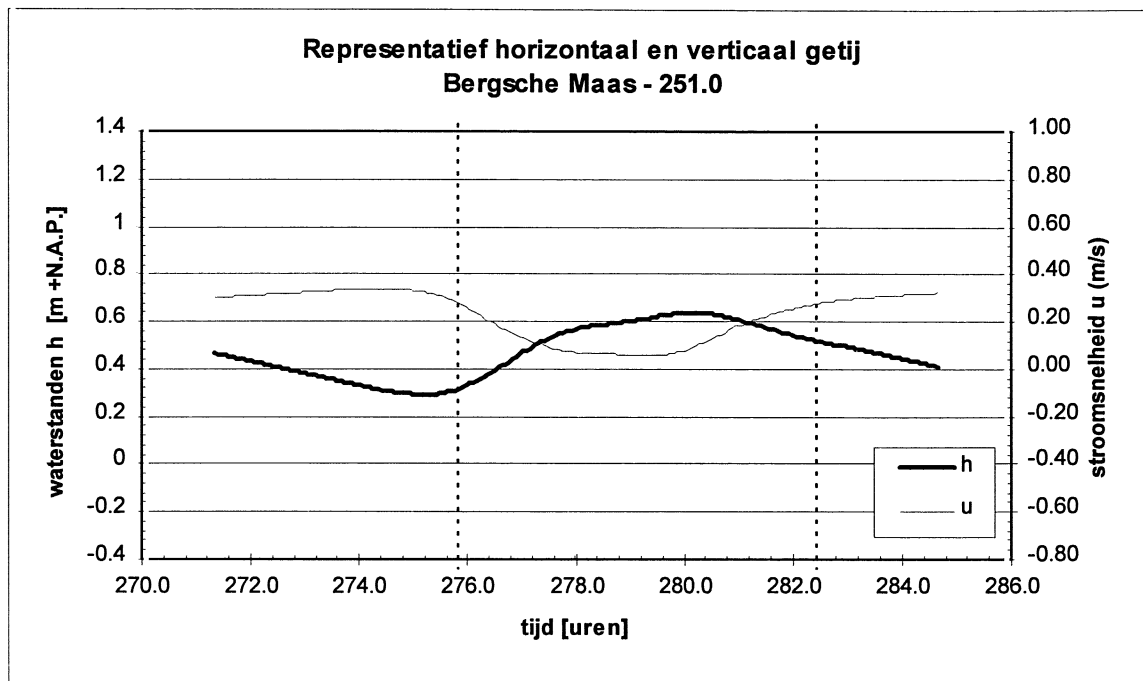
Figuur 3.8: Representatief horizontaal en verticaal getij op de Beneden Merwede, km 969.0.



Figuur 3.9: Representatief horizontaal en verticaal getij op de Beneden Merwede, km 976.3.



Figuur 3.10: Representatief horizontaal en verticaal getij op de Bergsche Maas, km 248.0.



Figuur 3.11: Representatief horizontaal en verticaal getij op de Bergsche Maas, km 251.0.

| Minimaal vereiste hoogteligging (m + NAP) van kribkoppen op de Lek tussen km 969,6 en 989,1 | | | | | | | | | | |
|---|-------------|-------------|--------|--------|--------|--------|-------------|--------|--------|--------|
| km-raai | +0 m | +100 m | +200 m | +300 m | +400 m | +500 m | +600 m | +700 m | +800 m | +900 m |
| 969 | | | | | | | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.96 |
| 970 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.94 |
| 971 | 0.94 | 0.94 | 0.94 | 0.94 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.92 |
| 972 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.90 |
| 973 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.89 | 0.89 | 0.89 | 0.89 | 0.89 | 0.88 | 0.88 |
| 974 | 0.88 | 0.88 | 0.88 | 0.87 | 0.87 | 0.87 | 0.87 | 0.87 | 0.86 | 0.86 |
| 975 | 0.86 | 0.86 | 0.86 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.84 | 0.84 |
| 976 | 0.84 | 0.84 | 0.84 | 0.84 | 0.84 | 0.83 | 0.83 | 0.83 | 0.83 | 0.83 |
| 977 | 0.83 | 0.83 | 0.83 | 0.83 | 0.82 | 0.82 | 0.82 | 0.82 | 0.82 | 0.82 |
| 978 | 0.82 | 0.82 | 0.81 | 0.81 | 0.81 | 0.81 | 0.81 | 0.81 | 0.81 | 0.81 |
| 979 | 0.81 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |
| 980 | 0.79 | 0.79 | 0.79 | 0.79 | 0.79 | 0.79 | 0.79 | 0.79 | 0.79 | 0.78 |
| 981 | 0.78 | 0.78 | 0.78 | 0.78 | 0.78 | 0.78 | 0.78 | 0.77 | 0.77 | 0.77 |
| 982 | 0.77 | 0.77 | 0.77 | 0.77 | 0.77 | 0.77 | 0.76 | 0.76 | 0.76 | 0.76 |
| 983 | 0.76 | 0.76 | 0.76 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.74 | 0.74 |
| 984 | 0.74 | 0.74 | 0.74 | 0.73 | 0.73 | 0.73 | 0.73 | 0.73 | 0.72 | 0.72 |
| 985 | 0.72 | 0.72 | 0.72 | 0.71 | 0.71 | 0.71 | 0.71 | 0.71 | 0.70 | 0.70 |
| 986 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.69 | 0.69 | 0.69 | 0.69 | 0.69 | 0.68 |
| 987 | 0.68 | 0.68 | 0.68 | 0.68 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.66 |
| 988 | 0.66 | 0.66 | 0.66 | 0.66 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.64 |
| 989 | 0.64 | 0.64 | | | | | | | | |

Tabel 3.2: Minimaal vereiste kribhoogten op de Lek.

| Minimaal vereiste hoogteligging (m + NAP) van kribkoppen op de Boven Merwede tussen km 952,5 en 961,3 | | | | | | | | | | |
|---|------|--------|--------|-------------|--------|-------------|--------|--------|--------|--------|
| km-raai | +0 m | +100 m | +200 m | +300 m | +400 m | +500 m | +600 m | +700 m | +800 m | +900 m |
| 952 | | | | | | <i>0.96</i> | 0.96 | 0.96 | 0.95 | 0.95 |
| 953 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.94 | 0.94 | 0.94 | 0.94 | 0.94 | 0.93 |
| 954 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 |
| 955 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 |
| 956 | 0.90 | 0.89 | 0.89 | 0.89 | 0.89 | 0.89 | 0.89 | 0.88 | 0.88 | 0.88 |
| 957 | 0.88 | 0.88 | 0.87 | 0.87 | 0.87 | 0.87 | 0.87 | 0.87 | 0.86 | 0.86 |
| 958 | 0.86 | 0.86 | 0.86 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.84 |
| 959 | 0.84 | 0.84 | 0.84 | 0.84 | 0.83 | 0.83 | 0.83 | 0.83 | 0.83 | 0.83 |
| 960 | 0.82 | 0.82 | 0.82 | 0.82 | 0.82 | 0.81 | 0.81 | 0.81 | 0.81 | 0.81 |
| 961 | 0.81 | 0.80 | 0.80 | <i>0.80</i> | | | | | | |

Tabel 3.3: Minimaal vereiste kribhoogten op de Boven Merwede.

| Minimaal vereiste hoogteligging (m + NAP) van kribkoppen op de Beneden Merwede tussen km 961,3 en 976,3 | | | | | | | | | | |
|---|-------------|--------|--------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| km-raai | +0 m | +100 m | +200 m | +300 m | +400 m | +500 m | +600 m | +700 m | +800 m | +900 m |
| 961 | | | | <i>0.78</i> | 0.78 | 0.77 | 0.77 | 0.77 | 0.77 | 0.76 |
| 962 | 0.76 | 0.76 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.74 | 0.74 | 0.74 | 0.74 | 0.73 |
| 963 | 0.73 | 0.73 | 0.72 | 0.72 | 0.72 | 0.71 | 0.71 | 0.71 | 0.71 | 0.70 |
| 964 | 0.70 | 0.70 | 0.69 | 0.69 | 0.69 | 0.68 | 0.68 | 0.68 | 0.68 | 0.67 |
| 965 | 0.67 | 0.67 | 0.66 | 0.66 | 0.66 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.64 |
| 966 | 0.64 | 0.64 | 0.63 | 0.63 | 0.63 | 0.62 | 0.62 | 0.62 | 0.62 | 0.61 |
| 967 | 0.61 | 0.61 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.59 | 0.59 | 0.59 | 0.59 | 0.58 |
| 968 | 0.58 | 0.58 | 0.57 | 0.57 | 0.57 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.55 |
| 969 | <i>0.55</i> | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.55 |
| 970 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.55 | 0.54 |
| 971 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 0.54 |
| 972 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 0.54 |
| 973 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 0.54 |
| 974 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 0.53 | 0.53 | 0.53 | 0.53 | 0.53 |
| 975 | 0.53 | 0.53 | 0.53 | 0.53 | 0.53 | 0.53 | 0.53 | 0.53 | 0.53 | 0.53 |
| 976 | 0.53 | 0.53 | 0.53 | <i>0.53</i> | | | | | | |

Tabel 3.4: Minimaal vereiste kribhoogten op de Beneden Merwede.

| Minimaal vereiste hoogteligging (m + NAP) van kribkoppen op de Bergsche Maas tussen km 248 en 251 | | | | | | | | | | |
|---|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| km-raai | +0 m | +100 m | +200 m | +300 m | +400 m | +500 m | +600 m | +700 m | +800 m | +900 m |
| 248 | <i>0.52</i> | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0.52 |
| 249 | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0.52 |
| 250 | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0.52 |
| 251 | <i>0.52</i> | | | | | | | | | |

Tabel 3.5: Minimaal vereiste kribhoogten op de Bergsche Maas.

4 Nauwkeurigheid

De nauwkeurigheid van de resultaten wordt bepaald door

- de nauwkeurigheid van het instrumentarium;
- de nauwkeurigheid van de methodiek;
- onnauwkeurigheden ten gevolge van de interpolatie van rekenresultaten voor tussenliggende locaties;
- onnauwkeurigheden ten gevolge van het rechtstreeks aflezen van ontwerpwaarden door te kijken naar de dichtstbijzijnde kilometerraai.

Deze verschillende bijdragen aan de nauwkeurigheid van de resultaten worden hieronder nader toegelicht.

De *nauwkeurigheid van het instrumentarium* wordt bepaald door de kwaliteit van modelschematisatie, ijking en validatie. Deze nauwkeurigheid is hier niet nader geanalyseerd, maar zal voor waterstanden in de orde van enkele decimeters liggen.

In paragraaf 2.2 is uiteengezet dat ook de *onnauwkeurigheden in de methodiek* enkele decimeters kunnen bedragen.

Tijdens de uitvoering van de opdracht is gebleken dat *onnauwkeurigheden ten gevolge van de interpolatie van rekenresultaten voor tussenliggende locaties* veel groter zijn dan aanvankelijk onderkend werd. Dit heeft tot verschillen geleid tussen de in de huidige opdracht berekende kribhoogten en de kribhoogten volgens de eerdere studie door Haskoning en WL. De achterliggende oorzaak is dat de dwarsprofielen, en daardoor de bedvormende stroomsnelheden, van plaats tot plaats veel sterker variëren dan de op een bepaald moment optredende waterstanden. Gebruikt men de SOBEK-resultaten van andere rekenpunten, dan vindt men andere bedvormende stroomsnelheden. De bijbehorende waterstanden zijn daardoor ook anders, omdat men dan waterstanden kiest die op een ander moment binnen de getijcyclus optreden. Een vergelijking tussen de huidige resultaten en de resultaten uit de studie door Haskoning en WL laat zien dat dit tot verschillen in de orde van 0,1 m kan leiden. Deze verschillen zouden overigens geëlimineerd kunnen worden door de bedvormende stroomsnelheden en bijbehorende maatgevende waterstanden niet alleen voor de locaties in Tabel 3.1 met SOBEK uit te rekenen, maar voor alle SOBEK-rekenpunten binnen de beschouwde riviertrajecten.

In paragraaf 3.2 is berekend dat *onnauwkeurigheden ten gevolge van het rechtstreeks aflezen van ontwerpwaarden voor de dichtstbijzijnde kilometerraai* hooguit 5 mm bedragen. Deze vallen in het niet bij de andere bronnen van onzekerheid.

Aangenomen wordt dat de onnauwkeurigheden geen systematische afwijkingen veroorzaken, maar aanleiding geven tot een zekere spreiding rond de berekende waarden. Dan kan op basis van een deskundigenoordeel de conclusie getrokken worden dat de juiste waarden voor de vereiste kribhoogten volgens het morfologische criterium met 90% zekerheid zullen liggen binnen een band van $\pm 0,5$ m rond de berekende waarden.

5 Literatuurverwijzingen

Akkerman, G.J. & E. Mosselman (1999), Kribben in Zuid-Holland, Ontwerpcriteria. Rapport H1592.A0/R001/GJA/NL, Haskoning & WL | Delft Hydraulics, december 1999.

Engelund, F. & E. Hansen (1967), A monograph on sediment transport in alluvial streams. Teknisk Forlag, Copenhagen.