



collegae

Contactpersoon

-

T -06 -11109329

Datum

25 september 2009

Bijlage(n)

-

memo

voorstel ontwerp regels en functie-eisen
natuurvriendelijke oevers KRW

Geachte collega,

In dit memo zijn op basis van een voor rivierfuncties beheerste morfodynamiek in uiterwaard en zomerbed ontwerpregels en functie-eisen afgeleid voor het ontwerp van natuurvriendelijke oevers in de Rijntakken. Doel hiervan is om voor uitvoering van het KRW Programma een visie op haalbare natuurvriendelijke oevers te ontwikkelen en functie-eisen voor ontwerp en toetsing af te leiden.

In dit memo zijn empirische kentallen gebruikt en ontbreken uitgangspunten van optimaal beheer. Beide aspecten zijn aanleiding om het voorstel intern en extern RWS verder te bespreken voordat visie en functie-eisen definitief kunnen worden vastgesteld.

Met vriendelijke groet,

Arjan Sieben

Inhoud

Datum
25 september 2009

Hoofdstuk 1 Algemeen

- 1.1 Aanleiding
- 1.2 Achtergrond KRW
- 1.3 Aanpak

Hoofdstuk 2 Karakterisering systeem en streefbeelden

- 2.1 Waterstandsdynamiek
- 2.2 Haalbare oevertypen
- 2.3 Streefbeeld Waal
- 2.4 Streefbeeld IJssel
- 2.5 Streefbeeld Nederrijn-Lek

Hoofdstuk 3 Beheerste morfodynamiek in de uiterwaard

- 3.1 Karakteristieke parameters
- 3.2 Kentallen
- 3.3 Evenwichtsprofiel
- 3.4 Toepassing op IJsseloevers

Hoofdstuk 4 Beheerste morfodynamiek in de hoofdgeul

- 4.1 Functie-eisen
- 4.2 Voldoende vaardiepte
- 4.3 Stabiele bodem

Hoofdstuk 5 Conclusies en aanbevelingen

- 5.1 Algemeen
- 5.2 Oevertypen
- 5.3 Rivierkundige risico's
- 5.4 Ontwerpregels
- 5.5 Belangrijkste rivierkundige functie-eisen

Bijlage A Korte aanbevelingen KRW Themadag Natuurvriendelijke Oevers, Den Bosch

Bijlage B Natuurvriendelijke oevers IJssel (Instandhoudingsplan IJssel Natuurvriendelijke Oevers, concept Dec.2002, ON District Twenthekanalen-IJsseldelta)

Hoofdstuk 1 Algemeen

Datum
25 september 2009

1.1 Aanleiding

Voor de Kaderrichtlijn Water dienen langs de Rijntakken condities te worden gecreëerd waardoor natuur (ecosysteem van rivieren) beter kan ontwikkelen. In het kader daarvan heeft RWS-ON aan de WD de volgende vragen gesteld:

1. Wat zijn de morfologische effecten van grootschalige verwijdering van harde oeververdediging?
2. Geef richtlijnen voor locaties waar ingrepen gepleegd kunnen worden (met bepaalde eigenschappen, binnenbochten, buitenbochten, veel/weinig waterstandsfluctuaties e.d.)
3. Geef richtlijnen voor maatregelen om ongewenste morfologische effecten tegen te gaan.

Daarbij staat de maatregel natuurvriendelijker oevers door het geheel of gedeeltelijk verwijderen van oeververdediging centraal. In dit memo worden op verzoek van RWS ON bij monde van Margriet Schoor i) haalbare streefbeelden geschetst die passen bij de rivierkarakteristieken en ii) criteria geformuleerd om verstoring van de rivierfuncties "afvoer van sediment" en "scheepvaart" te voorkomen

De haalbare streefbeelden zijn gebaseerd op discussies van de KRW thema-dag Natuurvriendelijke Oevers. De criteria zijn gebaseerd op vuistregels voor een beheerste morfodynamiek van uiterwaard en zomerbed bodem.

1.2 Achtergrond KRW

De realisering van natuur is alleen haalbaar als het streefbeeld goed past bij het systeem. Met een systeemanalyse kunnen autonome trends worden vastgesteld (bv. de reden voor huidige inrichting (ecologie, morfodynamiek, gebruik, beheer en voorgenomen beleid (bv. *Overture*). Vervolgens kan met de gewenste KRW parameters (Tabel 1) per riviertraject worden vastgesteld hoe het meeste resultaat is te verwachten. Dit traject is voor de Rijntakken al grotendeels doorlopen. De weerslag hiervan is als volgt.

- algen helder water van goede kwaliteit (idem voor bodem)
- macro-invertebraten rivierbodem met weinig turbulentie, zandige oevers, dood hout en waterplanten
- (stroomminnende) vis langzaam stromend water (0,4 a 1,3 m/s) voor rust en jonge vis, paaigronden zoals overstroomd grasland en zandbanken, vrije migratie door het stroomgebied
- waterplanten ondiep, helder water met weinig turbulentie

Tabel 1 Relevante KRW-parameters voor oevers van de Rijntakken (D 2007.006¹).

¹Voor een uitvoerige beschrijving van KRW parameters wordt verwezen naar "Handboek Hydromorfologie, Monitoring en afleiding hydromorfologische parameters Kaderrichtlijn Water" (WD 2007.006) en "Richtlijnen Monitoring KRW"

Bij de indicatie van parameters in Tabel 1 geldt de volgende opmerking. De KRW maatlatten zijn gericht op versterking van ecologische waarden die passen bij het specifieke karakter van een waterlichaam. In een traject met langzaam stromend water op een zandbodem (R7) zijn dan ook soorten gewenst die in dit habitat leven. Dus zou aanleg van natuurvriendelijke oevers niet moeten leiden tot stilstaand water met een slibbodem, ook al groeien daar misschien meer waterplanten.

Datum
25 september 2009

1.3 Aanpak

Het systeem en de bijpassende streefbeelden zijn in deze vereenvoudigde aanpak in hoofdlijn weergegeven met een karakteristieke waterstandsdynamiek en huidige oevereigenschappen in Hoofdstuk 2.

Om richtlijnen en functie-eisen te kunnen af leiden is in Hoofdstuk 3 de voor het rivierkundig beheer gewenste grenzen aan morfodynamiek in uiterwaard aangegeven. De belangrijkste functie-eisen zijn²

Veilige afvoer van water, ijs en sediment. Aangegeven moet worden hoe ten aanzien van begroeiing en sedimentatie op opstuwing voorkomen wordt (WBR).

Een vaargeul van voldoende breedte en diepte (CEMT-klasse Va) waarop een veilige en vlotte vaart mogelijk is.

Oevers zodanig ingericht dat natuurlijke erosie- en sedimentatieprocessen kunnen plaatsvinden met behoud van de normalisatiewerking en voldoende vrij zicht voor de scheepvaart³

Oeverrecreatie, sportvisserij, landbouw en overige oeverfuncties komen in dit memo niet aan de orde voor de uitwerking van de rivierkundige aspecten. Deze zijn desondanks wel van belang voor het uiteindelijk functioneren van de oever.

Tenslotte wordt in Hoofdstuk 4 de invloed van vrij-eroderende oevers op de lokale vaardiepte en de stabiliteit van het globale systeem uitgewerkt.

De richtlijnen worden tenslotte in Hoofdstuk 5 uitgewerkt tot een voorstel voor functie-eisen van vrij-eroderende oevers langs de IJssel.

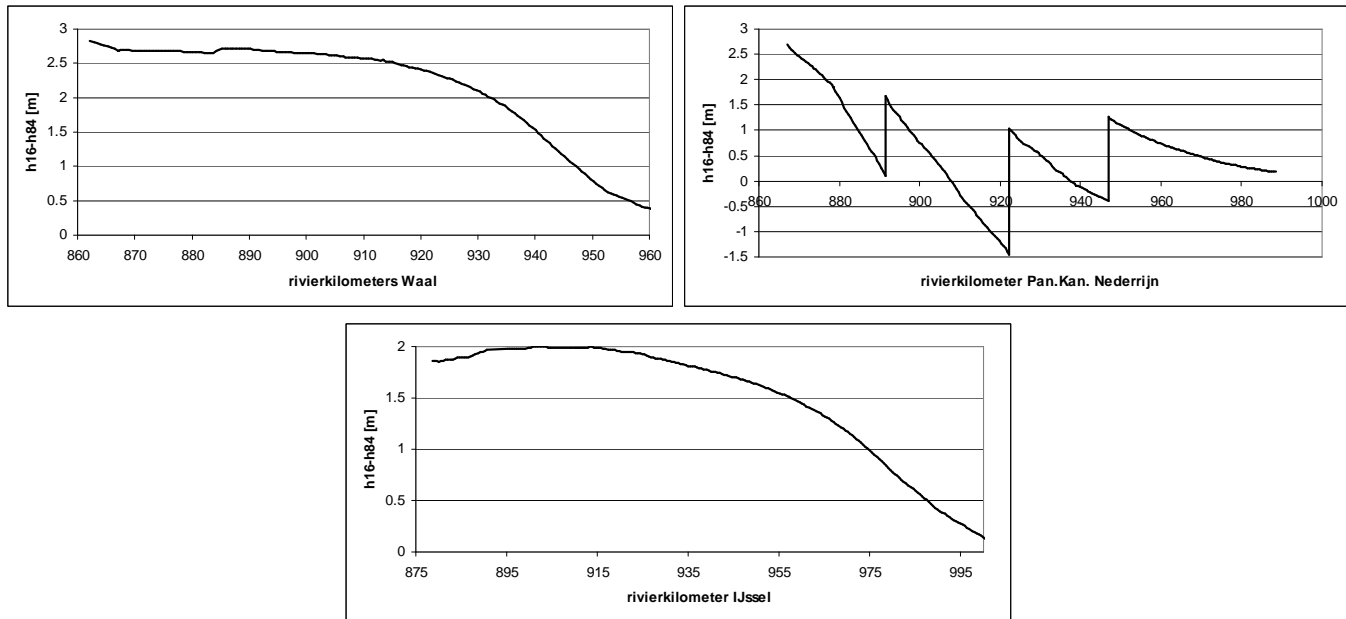
² Instandhoudingsplan IJssel, Natuurvriendelijke Oevers, concept Dec.2002, Waterdistrict Twenthekanalen, IJsseldelta

³ Oeverture Deelrapport IJssel, Rijkswaterstaat directie Gelderland nr. GLD 93/05-04. "Richtlijnen Vaarwegen", Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-generaal Rijkswaterstaat, Commissie Vaarweg Beheerders, tweede druk, september 1999.

2.1 Waterstandsdynamiek

In de ecotopen-systematiek zijn oevertypen gekoppeld aan gebruik en beheer, overstromingsduur en mate van dynamiek waardoor substraat in beweging komt en gebruik/beheer. Een belangrijke parameter is de te verwachten verticale en horizontale maat van oever-morfodynamiek. Deze maten schalen min of meer met een karakteristieke jaarlijkse waterstandsvariatie. Pragmatisch wordt hier daarom de waterstandsdynamiek gebruikt om potentiële morfodynamiek van oevers te beschrijven.

Om deze waterstandsdynamiek in de Rijntakken in te schatten is met het 1D Rijntakkenmodel (2000_31) de waterstandsvariatie bepaald die behoort bij de Bovenrijnafvoerrange van 1290 m³/s (jaarlijks gemiddeld 16% onderschreden en 3012 m³/s (jaarlijks gemiddeld 16% van de tijd overschreden). Het waterstandsverschil is weergegeven in de volgende figuren. Voor de stuwpannen in de Nederrijn komen de onderschrijdings-percentages van waterstanden en afvoeren uiteraard niet overeen, het verloop wordt hier desondanks gebruikt om de waterstandsvariatie te karakteriseren.



Figuur 2.1 Karakteristieke waterstandsvariatie door rivierafvoer volgens 1D Rijntakkenmodel.

Voor de Waal geldt dat afvoerdynamiek bovenstrooms van km 947 leidt tot grote jaarlijkse waterstandsdynamiek; in Bovenrijn, Bovenwaal en MiddenWaal circa 2,5 m. Stroomafwaarts van km 947 is de invloed van afvoervariatie gering (minder dan 1 m) en gedurende gemiddeld 84% van het jaar vergelijkbaar met de kleine getijslag.

Voor de Nederrijn is de invloed van het stuwprogramma dominant. In het eerste stuwpand (Driel) neemt de waterstandsvariatie sterk af naarmate de lokatie dichterbij de stuw ligt. Grofweg bovenstrooms km 885 is er nog dynamiek (meer dan 1 m) die karakteristiek is voor een vrij-afstromende rivier. Benedenstrooms km 885 tot de stuw is de waterstandsvariatie beperkt.

In het tweede stuwpand is er een minimale waterstandsvariatie halverwege het stuwpand, voor het trajecten km 898-917. Bovenstrooms in het stuwpand (km 892-898; dus net stroomafwaarts stuw Driel) geldt een grote waterstandsvariatie (meer dan 1 m) met overwegend lage waterstanden in de zomer en hogere in de winter. Benedenstrooms in het stuwpand (km 917-922, dus stroomopwaarts van stuw Amerongen) geldt eveneens veel waterstandsvariatie, maar mogelijk zelfs met een kunstmatig seizoensgedrag van hogere waterstanden in de zomer en lagere in de winter. Een dergelijke karakteristiek bepalend voor de ecologische ontwikkeling bij oevers.

In vrijwel het gehele derde stuwpand is de karakteristieke waterstandsvariatie minder dan 1 m, doordat bij getrokken stuwen de stabiliserende invloed van het benedenrivierengebied merkbaar wordt. De waterstandsvariatie is maximaal (circa 1 m) bovenstrooms in het stuwpand (km 922 stroomafwaarts stuw Amerongen) en minimaal (circa 0,5 m) bij km 946 (stroomopwaarts van stuw Hagestein). Ook hier geldt, net als in het tweede stuwpand, een "riviergedrag" van lagere zomer- en hogere winterwaterstanden stroomopwaarts in het stuwpand, en een "kunstmatig" gedrag van hogere zomer- en lagere winterwaterstanden stroomafwaarts in het stuwpand. In de Lek geldt tenslotte dat de invloed van afvoervariatie op de waterstandsdynamiek een orde kleiner is dan het getij.

In de IJssel geldt dat bovenstrooms van km 975 de waterstand minstens 1,5 m verandert gedurende 84% van het jaar. Stroomafwaarts van km 975 is de waterstandsvariatie door de invloed van het IJsselmeer beperkt

Kortom, bredere flauwe oevers passen voor wat betreft waterstandsdynamiek met name in de

Waal bovenstrooms km 947
Pannerdensch Kanaal en 1^{ste} stuwpand van de Nederrijn
IJssel bovenstrooms van km 975

Behalve de seizoensgestuurde waterstandsvariatie die wordt veroorzaakt door de rivierafvoer is er de waterstandsfluctuatie die wordt veroorzaakt door hek- en boeggolven van passerende scheepvaart. De intensiteit hiervan is met name afhankelijk van de

- opgewekte golfenergie (aangestroomd scheepsoppervlak / doorstroomprofiel ; scheepssnelheid ten opzichte van stroomsnelheid en frequentie van passerende schepen)
- afstand tussen oever en vaargeul
- oevertype (steil/flauw, kribvakken/gestreckte oever)

Voor de gestuwde Nederrijn concentreert de golfenergie zich een groot deel van het jaar op een vaste hoogte (met relatief grote oevererosie tot gevolg); circa 0,5 m rondom het stuwpeil. Op de vrij-afstromende rivieren is de dissipatie van de golfenergie het meest merkbaar in een zone van circa 1,0 m rondom de gemiddelde waterstand. In de Waal is de verstoring van de waterbeweging bij kribvakken het

grootst in buitenbochten bovenstrooms van km 930, waar dicht bij de normaallijn wordt gevaren. In de smalle IJssel is de door passerende scheepvaart opgewekte golfenergie bij alle oevers groot.

Datum
25 september 2009

2.2 Haalbare oevertypen

De oeverzone kan in dit memorandum enigszins willekeurig gedefinieerd worden als de zone waarin waterstandsvlak en bodemhoogte zich gedurende 84% van het jaar snijden. Voor de ontwikkeling en waardering van KRW natuur is het te overwegen om ook een deel van het onderwatertalud in het interessegebied te betrekken.

Oevers begrenzen en fixeren het normaalprofiel, dat stroomvoerend is onder normale (gemiddelde) condities. Om een goede afvoerfunctie (water, sediment en ijs) te garanderen kunnen natuurvriendelijker oevers in de Rijntakken het huidige vloeiende verloop van normaallijnen niet verstoren. De noodzaak om de normaallijn te handhaven leidt tot de volgende oplossingsrichtingen;

- handhaving of beperkte verwijdering van oeververdediging met een begrensde dynamiek in de hogere, achterliggende oeverzone
- verwijdering van oeververdediging in combinatie met aanleg van nieuwe normaliserende kunstwerken (bv kribben zoals bij het Engelse Werk)

De eerste optie moet leiden tot zones met langzaam stromend water, zonder slibbodem en met ruimte voor dynamiek (Sectie 1.2). De tweede optie is alleen mogelijk bij voldoende ruimtebeslag (Hoofdstuk 4). Zo mogelijk zou moeten worden gestreefd naar aaneengesloten trajecten met natuurvriendelijke oevers waar migratie van flora en fauna langs de oeverstroken mogelijk is, met het dagelijks beheer in handen van de instantie of organisatie die aangrenzend natuurgebied beheert.

Natuur-vriendelijke oevers laten zich vervolgens grofweg onderscheiden in grindoevers, onbegroeide zandige oevers, rietbegroeide oevers en oevers met biezen.

Grindoevers

Voor de Rijntakken zijn *grind-oevers* niet karakteristiek en daarmee geen streefbeeld.

Rietbegroeide oevers

Met *rietbegroeide* rivieroevers vergen een beperkte waterstandsdynamiek (grofweg $h_{84}-h_{16}<1,0$ m) en dat komt alleen voor

- in de Waal benedenstrooms km 947
- op deeltrajecten in de Nederrijn (direct bovenstrooms van de stuw bij Driel, halverwege het tweede stuwpaand en in het derde stuwpaand)
- in de Lek
- in de IJssel stroomafwaarts van km 975.

Oevers met biezen

Getij speelt weliswaar in de Waal benedenstrooms Zaltbommel en in de Lek benedenstrooms Hagestein een rol, maar voldoende getijslag voor de ontwikkeling van *biezen* is alleen te vinden in de Beneden-Lek.

Onbegroeide zandige oevers

Datum
25 september 2009

Onbegroeide, zandige oevers (zoals steile/afslagoevers en kribvakstranden) komen daarentegen in de boven- en middenloop van de Nederlandse Rijntakken dankzij bewegend bodemmateriaal en een hoogdynamische waterbeweging redelijk veel voor. De ontwikkeling van dit oevertype is dan ook een realistisch streefbeeld. Voor de KRW zijn onbegroeide zandige oevers echter pas een vooruitgang als deze worden beschermd tegen golven, maar desondanks voldoende stroomsnelheid (circa 0,5 m/s) kennen om het ontstaan van slibbodems te voorkomen. Dit kan op twee manieren; door aanleg van strangen en/of nevengeulen met *nieuwe* zandige oevers of door het verbeteren van *huidige* oevers. De eerste oplossingsrichting vergt waarschijnlijk veel grondaankoop. Dit overlapt met de herinrichting van uiterwaarden, en dat kan alleen in sterke afhankelijkheid van vigerend beleid (Natura 2000 en RVR). In dit memo staat daarom de tweede optie centraal.

2.3 Streefbeeld Waal

Langs de Waal moeten alle KRW maatregelen worden afgestemd op in ieder geval de RVR maatregel Kribverlaging. Hiermee is een start gemaakt met het initiatief *Waal Samen*, dat is gericht op Waaloever oplossingen die zijn afgestemd op KRW, rivierverruiming en beheer en onderhoud van de vaargeul.

In de huidige situatie zijn in kribvakken langs de Waal wel veel zandige oevers te vinden, maar deze staan bloot aan intens verstoorde waterbeweging door passerende scheepvaart. Een voor de KRW relevante verbetering zou dus zijn het creëren van beschutte kribvakken. Daarbij is het volgende onderscheid relevant.

- Scherpe binnenbochten (Bovenwaal)
In deze bochten kunnen onbegroeide zandige oevers (kribvakstranden) bijdragen aan rivierduinvorming. Al of niet gedeeltelijk afsluiten van kribvakken zou deze waardevolle morfodynamiek kunnen belemmeren. Daarom lijken de scherpe binnenbochten geen goede lokatie om middels extra beschutting van kribvakoevers KRW-doelen te realiseren.
- Minder scherpe binnenbochten (MiddenWaal)
In minder scherpe bochten zijn voor beschutting van de zandige kribvakoevers verschillende opties denkbaar. Deze variëren van de aanleg van langsdammen⁴ tot aan het gedeeltelijk afsluiten van kribvakken (mits hiermee geen maatgevende hoogwaterstanden worden opgestuwd).
- Buitenbochten
Ook in buitenbochten is beschutting van zandige kribvakoevers relevant (zie bv kribvakgeul bij Opijnen). Omdat aanlegkosten van (golfdempende) constructies toenemen bij grotere diepte is een combinatie van (regelmatige) kribvaksuppletie met een hardere kribvakafsluiting (verlengde kribkop door aanstort, schanskorven, palenrij,...) denkbaar.

De kribvakafsluiting zou beperkt moeten worden tot kribvakken die niet of nauwelijks bijdragen aan de sedimenthuishouding van de rivier. Dit betekent een

⁴ Behalve een verbetering van voor de KRW relevante parameters ook rivierverruimend en vaarweg-verbeterd voor het huidige en toekomstige klimaat.

extra beperking voor kribafsluiting in het bodemdalingsgebied⁵ Immers, in het bodemdalingsgebied van de bovenrivieren kunnen kribvakken als langzaam toeleverende sedimentbron dienen.

Datum
25 september 2009

Behalve kribvakoevers komen her en der langs de Waal gestrekte harde oevers voor zonder bijzondere functie (zoals loswal, extra stroomgeleiding of veerstoep). Deze oevers zijn ontstaan doordat voormalige kribvakken zijn opgevuld. Een goede KRW maatregel is dan ook om, in afstemming met het RVR project Kribverlaging deze afgesloten kribvakken uit te graven en te verbinden met de rivier.

2.4 Streefbeeld IJssel

Voor de IJssel ontbreken zandige oevers in de huidige situatie vrijwel geheel omdat de oevers grootschalig zijn verdedigd tegen oeverafslag door golven rondom de passerende scheepvaart. Om normaallijnen en vaargeulijnen te kunnen handhaven is (ook op aandringen van eigenaren van eroderende oevers) zijn de IJsseloevers in de jaren zeventig van de vorige eeuw grootschalig aangevuld en met stortsteen verdedigd. Een voor de KRW relevante verbetering is daarom het herstel van zandige oevers door het (gedeeltelijk) verwijderen van de huidige oeververdediging (en zodanig het bereikbare onderliggende puin) met

1. handhaving van de normaliserende werking in het zomerbed
2. een gecontroleerd effect op morfodynamiek in vaargeul en uiterwaard.

Het eerste criterium wordt hieronder verder uitgewerkt, het tweede criterium wordt beschreven in Sectie 6.

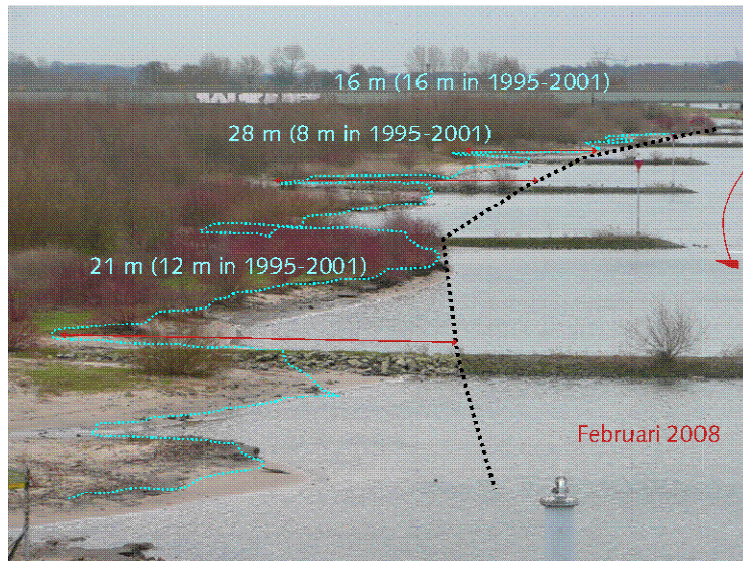
Handhaving van de normaliserende werking ad i) betekent geen verbreding van stroomvoering voor waterstanden onder OLR+1.0 m⁶. Dus, voor de gestrekte IJsseloevers (*oevers zonder kribben*) geen verlaging onder OLR+1,0 m want onder dit niveau kan door een verminderde geulfixatie de vaardiepte afnemen⁷. Dit komt voor de IJssel bovenstrooms van km 940 overeen met een maximale verlaging tot 0,7 m onder de gemiddelde waterstand⁸. Als deze grens onvoldoende is voor de realisering van KRW natuur, dan is verdere verwijdering van oeververdediging alleen mogelijk als deze gepaard gaat met aanleg van kribben of langsdammen voor handhaving van het normaalprofiel. Voor het IJsseltraject benedenstrooms van km 940 is deze marge te klein vanwege een afnemende waterstandsvariatie. Dus, benedenstrooms van km 940 (ca Deventer) kan verwijdering van gestrekte oevers praktisch gesproken alleen worden toegestaan als deze wordt gecompenseerd door andere normalisatiewerken.

⁵ Voor de Waal is het bodemdalingsgebied bovenstrooms km 915, de Nederrijn-Lek daalt integraal en in de IJssel vindt insnijding plaats bovenstrooms in km 980

⁶ OLR (Overeengekomen Lage Rivierpeil) komt ongeveer overeen met de waterstand die 5% van het jaar (gemiddeld 20 dagen) wordt onderschreden.

⁷ Behalve deze directe hydraulische invloed door verbreding van het stroomprofiel is er ook een vermoedelijk grotere invloed op de diepte door aanzanding van het zomerbed.

⁸ Op basis van waterstanden uit het 1D Rijntakkenmodel 2000_31.



Datum
25 september 2009

Figuur 2.2-a Verwijdering oeververdediging & aanleg kribben Engelse Werk.

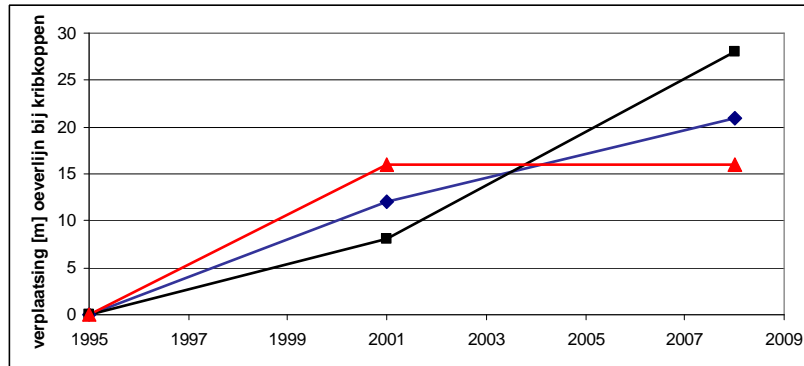
Een voorbeeld hiervoor is de verwijdering van oeververdediging met de aanleg van nieuwe kribben zoals is uitgevoerd bij het Engelse Werk (Fig.2.2-a) nabij Zwolle. Hier is halverwege de jaren negentig van de vorige eeuw oeververdediging tussen kribben verwijderd, zijn nieuwe kribben aangelegd ter handhaving van het normaalprofiel en zijn bestaande kribben achterwaarts verlengd om achterloopsheid⁹ te voorkomen. Doel hiervan is de ontwikkeling van een dynamische oever waarop een grotere diversiteit in soorten kan ontwikkelen.

Bij kribvakoevers blijft de normaliserende werking door kribben redelijk gegarandeerd zolang de kribben tot OLR+1,0 m voldoende blijven aansluiten op de oever. Als deze aansluiting ontbreekt of door oevererosie verloren dreigt te gaan moet het kriblichaam tot minimaal 25 m¹⁰ achter de oeverlijn achterwaarts verlengd worden. Zoals in Fig.2.2-a is te zien is juist op deze aansluiting de oeverafslag maximaal. Dit komt omdat in het benedenstroomse "oksel" van het kribvak de golfenergie bij gewone afvoer en de stroming tijdens hoogwater zich concentreren, met zowel bij hoge als lage rivierwaterstanden een maximale hydraulische belasting op het oevermateriaal tot gevolg.

Benedenstrooms km 975 varieert de waterstand in de IJssel gedurende het grootste deel (68%) van het jaar met minder dan 1 m. Voor de Beneden-IJssel kan dan ook worden gestreefd naar rietoevers. Omdat rietvegetatie een grote hydraulische ruwheid heeft zou rietvegetatie bij voorkeur in stroomluwe zones of parallel aan de stroomrichting in een gestroomlijnd cluster moeten staan om grote opstuwing te voorkomen. Veelal is parallel aan het riet een in stroomrichting verlaagde oeverzone nodig van enkele malen de breedte van de rietzone om opstuwing van hoogwaterstanden te voorkomen.

⁹ Achterloopsheid is het ontstaan van een stroomvoerende geul tussen kriblichaam en oever. Dit kan de normaliserende werking van een krib aantasten.

¹⁰ De oeverlijn ter plekke van de kribben is kwetsbaar; in deze oksels van de kribvakken concentreert zich golfenergie bij lagere afvoer en stroming bij lagere hoogwaters. Bij het Engelse werk verplaatste de oeverlijn zich bij de nieuwe kribben in de 13 jaar na verwijdering van de oeververdediging met gemiddelde snelheden van 1 tot 2m per jaar.



Figuur 2.2-b Overzicht verplaatsende oeverlijn Engelse Werk

Als dan een rietzone kan worden aangelegd, zou deze in ieder geval in de eerste seizoenen met een tijdelijke constructie tegen golfslag beschermd moeten worden. Hoe de rietoever er dan uiteindelijk uit komt te zien hangt van verschillende dingen af. Bij oevers met grote golfbelasting is bijvoorbeeld golfdemping op de nieuwe oever van belang voor de vegetatieontwikkeling. Een zuivere rietvegetatie in het water geeft de meeste golfdemping. Dit vergt aanplant op en onder de gemiddelde waterstand van stekken gebiedseigen materiaal. Aanplant levert echter een vrijwel monotone rietvegetatie op, dus als het golfklimaat milder is heeft een volledig natuurlijke ontwikkeling van de oever de voorkeur. Langs de IJssel geldt echter een relatief grote belasting van golven op de oever(vegetatie). Daarom zijn ook in het verleden langs de Beneden-IJssel vooroevers aangelegd ter verdediging van rietoeveren. De natuurlijke vegetatie wordt dan veel soortenrijker (en aantrekkelijker), en voor meer andere organismen interessant. Bij een natuurlijke ontwikkeling kan een oevervegetatie ontstaan met riet en soorten als liesgras, gewone waterbies, grote waterweegbree, gele lis en waterzuring. De golfdemping is dan wel minder.

Boven de gemiddelde waterstand kan een natuurlijke vegetatieontwikkeling worden afgewacht, dus in die zone is geen aanplant nodig. Als er boven de waterlijn wordt aangeplant zal de rietvegetatie zeer waarschijnlijk de kant van een soortenarme rietruigte op gaan, met riet en verder alleen kleeftkruid, brandnetel en haagwinde. Als een natuurlijke ontwikkeling op gang komt gaat de vegetatie meer richting aanspoelselruigte met naast riet soorten als echte valeriana, kattenstaart, moerasandoorn, moerasmelkdistel, grote engelwortel en gewone engelwortel. Bloemrijk en aantrekkelijk om naar te kijken.

2.6 Streefbeeld Nederrijn-Lek

Door het stuwprogramma varieert de waterstandsdynamiek langs de Nederrijn aanzienlijk.

De deeltrajecten met grote waterstandsvariatie zijn geschikt voor een morfodynamisch oevertype met een bredere range van vegetatie-zones, mits er voldoende ruimte beschikbaar is. Uit inspectiegegevens van het district (RIZA werkdocument 2005.048) blijkt dat op deze lokaties ook de meeste oeverafslag plaatsvindt. Met een verondersteld talud van 1:10 a 1:20 heeft dit oevertype een ruimte beslag van circa 20 m.

Een dynamische oever in het bovenstroomse deel van het tweede en derde stuwpand heeft daarbij een gunstige invloed op de stabiliteit van de Nederrijn. Immers, net benedenstrooms van de stuwen is de Nederrijn-bodem ook het meest ingesneden¹¹; aanbod van uit de oevers geërodeerd bodemmateriaal kan deze bodemdaling voor een deel weer teniet doen.

Datum
25 september 2009

In deeltrajecten met een kleinere waterstandsdynamiek zijn minder hoge en brede, en minder morfodynamische oevertypen denkbaar met een stabielere vegetatie-ontwikkeling. Met een talud van 1:10 a 1:20 heeft deze oever een ruimtebeslag van circa 10 m. Voorwaarde is wel dat de oever zonodig¹² beschut wordt tegen golfaanval, die op deze trajecten steeds op hetzelfde niveau en daarmee op dezelfde oeverhoogte aangrijpt.

Op basis van de waterstandsvariatie zijn aan deeltrajecten van de Nederrijn dus eenvoudig twee karakteristieke bijpassende oevertypen toe te kennen; die vervolgens per lokatie verder dienen te worden uitgewerkt.

Gestreckte oevers

In de Nederrijn is de normalisatie-functie van oevers met name van belang voor stroomgeleiding bij hoogwater. Wijzigingen in de oever kunnen leiden tot het vrijkomen van oevermateriaal en tot lagere stroomsnelheden in het zomerbed. Beiden dragen bij aan een grotendeels plaatsvast hoogwateraanzanding in de vaargeul. Zolang deze aanzanding past in de overdiepte onder OLR-2,8 m is wijziging van de normaliserende oeverfunctie goed mogelijk. *Dit criterium maakt een eenvoudige selectie van potentiële lokaties mogelijk, verlaging en verbreding van oevers is mogelijk op lokaties met overdiepte (=bodempligging onder OLR-2.5m) in de Nederrijn¹³.*

Kribvakoevers

Langs de Nederrijn zijn voldoende zandige kribvakoevers aanwezig maar ook hier lijkt de door passerende scheepvaart verstoorte waterbeweging belemmerend voor de biologische kwaliteit. Dus lijkt ook voor de Nederrijn het beschutten van kribvakoevers een voor de KRW relevante verbetering. Dit betekent voor deze riviertak in feite een vervolg van de reeds ingeslagen weg van kribvakafsluitingen (Everdingen, Lexkesveer), mits er in de afgesloten kribvakken geen slibbodem ontwikkelt. Dit lijkt haalbaar zolang er in de situatie met geopende stuwen minimaal 0,5 m/s stroming door de kribvakken kan ontwikkelen.

¹¹ Sinds de aanleg van de Nederrijnstuwen is de bodempligging direct benedenstrooms van de stuwen circa 1,0 á 1,5 m gedaald.

¹² Zie de criteria voor beheerste uiterwaarddynamiek in Sectie *.

¹³ Een dergelijke kaart is in het kader van Stroomlijn op het moment van schrijven in de maak (WD&ON).

3.1 Karakteristieke parameters

Voor de KRW doelen en voor een goede ecologische ontwikkeling van de terrestrische natuur, is oeverdynamiek gewenst. De vraag daarbij is hoe dynamiek kan worden toegelaten zonder rivierfuncties te verstoren. De *hydraulische* oorzaken voor oeverafslag in de Rijntakken zijn (brekende) *golven* opgewekt door passerende schepen en bodemschuifspanningen uitgeoefend door *stroming tijdens hoogwater*. In de smalle IJssel varen schepen op korte afstand van de oever. Dit leidt tot een relatief heftige golfaanval op de oevers. Om afslag te voorkomen zijn in het verleden de IJsseloevers dan ook grotendeels met stortsteen verdedigd. Als deze verdediging geheel of gedeeltelijk wordt verwijderd kan oevererosie opnieuw optreden. De voor oeverafslag gevoelige lokaties zijn dan vooral te verwachten

- o op trajecten met kleiner doorstroomprofiel voor de lagere hoogwaters
- o in buitenbochten met scharende bandijken
- o in binnenbochten waar tijdens hoogwater stroombanen de uiterwaarden inkomen
- o bij openingen naar zandwinplassen/havens
- o bij overgangen in type belijning

Behalve de grootte van de belasting speelt ook de sterkte een rol en deze *sterkte* kan bijvoorbeeld worden aangetast door:

- ontgronding bij het onderwatertalud (door baggeren of (op langere termijn) door natuurlijke daling van de vooroever)
- ontgronding tussen oever en oeververdediging door hoogte- en ruwheidsverschillen
- wijkende vegetatielijijn
- vertrappen van de (steilere) oever (landgebruik)
- vandalisme (verwijderen zetsteen)
- destabiliserende (omvallende) begroeiing
- variaties in samenstelling (grind, zand, klei), zetting (leeftijd en wording) en doorlatendheid van oevermateriaal

3.2 Kentallen

Datum
25 september 2009

De lokale variatie in belasting en sterkte bemoeilijkt een goede deterministische voorspelling van oeverafslag, zelfs als de processen beter gesimuleerd kunnen worden¹⁴. Als alternatief hiervoor kunnen empirische kentallen voor oeverafslag worden gebruikt¹⁵

- IJssel 1 a 2 m per jaar (vóór grootschalige bestorting)
- Nederrijn-Lek 1 m per jaar
- Waal 0,5 m per jaar (met name Beneden-Waal)

Aangenomen wordt dat deze kentallen de gemiddelde combinatie van belasting en sterkte van de oevers weergeven.

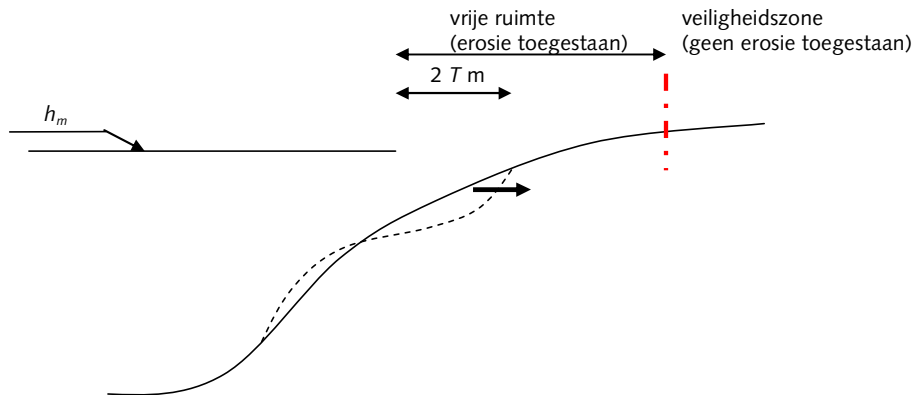
NB, de achteruitgang van de oeverlijn bij het Engelse Werk bedroeg in de eerste 13 jaar na aanleg bij de kribwortel circa 20 m (gemiddeld 1,6 m per jaar, Fig.1-b). Dit past in de range van de historische kentallen. De gemiddelde verplaatsing van de oeverlijn in de kribvakken van het Engelse Werk bedraagt ongeveer de helft van 1,6m/jaar (Fig.1-a). Dus, de kentallen hebben betrekking op een gemiddelde (kribvak)oever. Ter plekke van de kribaansluiting met de oever kan de lokale oeverafslag aanzienlijk sneller gaan dan de gemiddelde afslag van kribvakoevers. Zo bedroeg in de Waal de achteruitgang van de oeverlijn bij een achterloopse krib zelfs circa 10 m per hoogwaterseizoen.

Om oeverdynamica te kunnen toelaten dient in de aangrenzende uiterwaard ruimte parallel aan de oever te worden geclaimd. *Dit vergt de definitie van veiligheidszones waar erosie niet wenselijk is*, bijvoorbeeld bij constructies, in een door de Waterschappen vereiste 50 m zone vanaf de teen van waterkeringen of bij ecologisch waardevolle plekken. Hoeveel ruimte nodig is voor een vrij bewegende oever hangt af van de oeverlijnverplaatsing die in de periode van de benodigde ecologische ontwikkeling waarschijnlijk is. Veronderstel dat voor een goede ecologische ontwikkeling 15 jaar nodig is, en dat conform de Instandhoudingsplannen (IHP's) eventueel groot onderhoud 20 jaar na aanleg nodig is. Er zijn dan twee scenario's mogelijk; i) door beheersinterventies wordt de oeverlijn na 20 jaar weer "teruggezet" zodat het dynamisch proces opnieuw kan beginnen of ii) er ontwikkeld binnen 20 jaar een evenwichtsprofiel dat de rivierfuncties niet verstoort. Met de kentallen voor oeververplaatsing betekent dit een *minimale* vrije ruimte van

- 40 m in de IJssel
- 20 m in de Nederrijn-Lek
- 25 m vanaf kribwortels in de Waal (10 m voor de gemiddelde afslag in 20 jaar en 15 m buffer om eerder ontstane hoogwaterschade bij kribwortels te kunnen herstellen).

¹⁴ RIZA WRR memo 2006-027, Kentallen oeverafslag Maasoever.

¹⁵ Wie het water deert, die het water keert, inventarisatie van beheer en onderhoud van kribben en oeververdedigingen, RIZA werkdocument 2005.034x.



Datum
25 september 2009

Figuur 3.1 Principeschets van eroderend oeverprofiel, T jaar na aanleg.

3.3 Evenwichtsprofiel

Als dynamiek niet de primaire parameter is heeft de ontwikkeling van een evenwichtsprofiel (het tweede scenario uit de vorige sectie) vanwege duurzaamheid de voorkeur. Een dergelijk profiel is langs de Rijntakken (nog) onbekend, maar de ontwikkeling ervan lijkt realistisch als

- i) stroomsnelheden (tijdens hoogwater) niet groot genoeg zijn om het van de oever losgeraakte materiaal af te kunnen voeren. Dit is in de Rijntakken niet waarschijnlijk¹⁶.
- ii) tijdens hoogwater voldoende sediment wordt aangevoerd om de jaarlijkse erosie te compenseren. Lokaties met oeverwallen (in binnenbochten) waar sedimentrijk water de uiterwaard instroomt bieden hiervoor de beste kansen.
- iii) de hydraulische belasting van golven met de eroderende oever afneemt, dit is het geval als in een zone van circa 1 m onder en boven de gemiddelde waterstand een flauw talud (orde 1:10 a 1:20) ontwikkelt dat de inkomende golfenergie voldoende kan dissiperen.
- iv) de stabiliteit van het oevermateriaal toeneemt, dit is het geval als begroeiing op de hogere (drogere) delen van vrij-eroderende oevers kan ontwikkelen. Aangenomen wordt dat een stabiele vegetatielijn grofweg 2 m boven de gemiddelde waterstand ligt¹⁷.
- v) de grootte van steilranden is afgenomen tot minder dan bijvoorbeeld 0,2 m

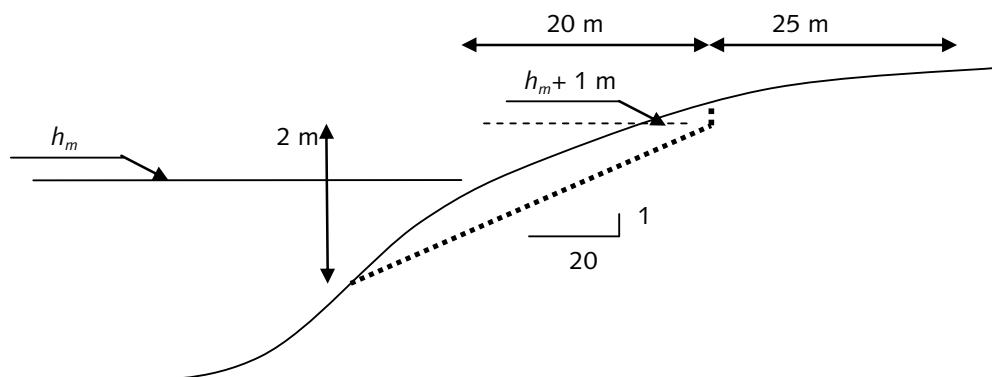
Dus, ter plekke van oeverwallen (in hogere (en scherpere) binnenbochten met hoogwatersedimentatie op de oever) is een evenwichtsprofiel mogelijk in een zone van circa 40 m vanaf de oeverlijn bij gemiddelde waterstand. Dus, bij de aanleg van vrij-eroderende oevers zou op plekken met hoogwater-sedimentatie geanticipeerd moeten worden op een vrije ruimte van circa 40 m, vanaf de huidige oeverlijn en

¹⁶ Als uit de oever losgeraakt materiaal op de vooroever blijft liggen kan dit inkomende golven dempen en daarmee de afslag van de vrij-eroderende oever enigszins beperken.

¹⁷ Langs de Waal en vermoedelijk langs de IJssel bovenstrooms van km 975 is een vegetatie lijn herkenbaar op ongeveer 2 m boven de gemiddelde waterstand. Langs de Nederrijn en vermoedelijk langs de Beneden Waal is dit ongeveer 0,5 m.

buiten de veiligheidszone van waterkeringen en constructies. Van deze 40 m past 20 m bij een eventuele 1:20 evenwichtshelling vanaf de huidige oeverlijn bij gemiddelde waterstand, en is overige 20 m de marge voor een 20 jaar durend interval tussen aanleg en groot-onderhoud.

Datum
25 september 2009



Figuur 3.1 Principeschets van vermoedelijk evenwichtprofiel bij voldoende aanvulling door hoogwatersedimentatie.

Als min of meer parallel aan de oever *stabiele vegetatie* kan ontwikkelen¹² zonder ontoelaatbare opstuwing en buiten de zichtlijnen voor de scheepvaart, en als deze vegetatielijn *buiten de veiligheidszone* van een waterkering en op minstens 40 m afstand van de oeverlijn bij gemiddelde afvoer ligt, dan lijkt extra sediment aanbod door hoogwatersedimentatie niet nodig voor de ontwikkeling van een evenwichtsoever.

3.4 Toepassing op de IJsseloevers

Een beheerste morfodynamiek in de uiterwaard vergt de selectie van rivierstukken met i) minimaal 40 m vrije ruimte¹⁸ voor een ongestoorde ontwikkeling en met ii) (potentiële) oeverwalontwikkeling als wordt gestreefd naar de ontwikkeling van een evenwichtprofiel. In het Instandhoudingsplan IJssel Natuurvriendelijke Oevers (concept December 2002) staat vermeld:

In de toekomst wil Rijkswaterstaat een strook grond, tussen de 80 en 95 m breed, langs de IJssel aankopen t.b.v. het aanleggen van natuurvriendelijke oevers. Op locaties waar de ruimte beperkt is zal de natuurvriendelijke oever smaller zijn. Het aankopen van de diverse gronden zal nog lange tijd op zich wachten, maar omdat deze acties wel gepland staan, heeft men toch gemeend om het IHP oevers uiterwaarden op te splitsen. Het gevolg van deze opsplitsing is het apart behandelen van de natuurvriendelijke oevers.

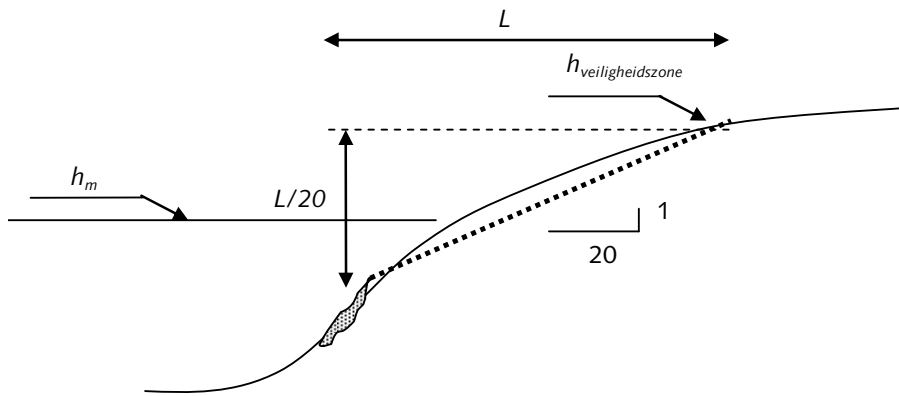
¹⁸ De definitie van vrije ruimte langs een oever vergt uiteraard eerst de markering van veiligheidszones waar geen erosie toelaatbaar is. De buffer rond de waterkeringen is hiervoor een goed uitgangspunt.

De aan te kopen strook was gedefinieerd vanaf de vaargeullijn tot 80 á 95 m vanaf de kribkop. In dit memo wordt de huidige oeverlijn als uitgangspunt gebruikt, wat niet alleen beter aansluit bij de te verwachten processen, maar ook consistent is voor oevers met en zonder kribben.

Datum
25 september 2009

Als de oeverlijn op een afstand L van minder dan 40 m van een veiligheidszone ligt, dan is een resterende verdediging van de eroderende oever nodig. Met een 1:20 evenwichtsprofiel zou de oever in dat geval minstens tot een hoogte $L/20$ onder het niveau van de veiligheidszone verdedigd moeten blijven (Fig.3.2). Dit heeft natuurlijk ook een grens, voor het traject bovenstrooms km 975 is een grote waterstandsvariatie (Figuur 2.1 met toeslag voor golfhoogte) kenmerkend. De hoogte van een vrij bewegende oever heeft dan een vergelijkbare schaal. Het is voor dat traject dan ook minder zinvol om oeververdedigingen met minder dan 0,5 m te verlagen.

Grofweg betekent dit ook dat bovenstrooms km 975 de vrije ruimte tussen oeverlijn en veiligheidszone minstens 10 m zou moeten zijn om enige dynamiek te kunnen realiseren.

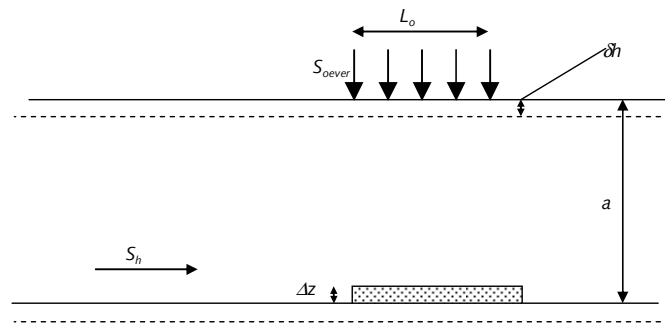


Figuur 3.2 Schets van vermoedelijk evenwichtsprofiel bij resthoogte van oeververdediging.

4.1 Functie-eisen

De invloed van vrij-eroderende oevers op de hoofdgeul kan op twee schaalniveau's worden bekeken;

- Lokaal (circa 3 km) mag het sediment aanbod vanuit de eroderende oever niet leiden tot te grote verondieping in de vaargeul
- Globaal (circa 20 km) mag het sedimentaanbod vanuit de eroderende oever de sedimentbalans niet te veel verstoren



Figuur 4.1 Schets van bodemverandering bij lokaal aanbod uit eroderende oever.

4.2 Voldoende vaardiepte

Het lokale criterium kan als volgt worden uitgewerkt. Aangenomen wordt dat de waterstandsopzet δh vele malen kleiner is dan de lokale bodemverhoging Δz . Veronderstel verder dat over een lengte L_o [m] sprake is van een vrij-eroderende oever met een hoogte Δh [m], die met een jaargemiddelde snelheid w_o [m/jaar] erodeert. Daar komt dus jaarlijks een hoeveelheid $S_{oever} = \Delta h L_o w_o$ [m³/jaar] sediment van in de hoofdgeul. Met de massabalans voor sediment in de hoofdgeul en een machtswet $S_h \sim B(Q/Ba)^b$ met S_h [m³/jaar] het sediment transport door de hoofdgeul; B [m] de hoofdgeulbreedte; Q [m³/s] de afvoer; a [m] de waterdiepte in de hoofdgeul en b [-] een coëfficiënt $O(b)=5$ kan uiteindelijk worden geschreven

$$\frac{\Delta z}{a} = 1 - \left(1 + \frac{S_{oever}}{S_h} \right)^{-1/b} \approx \frac{1}{b} \frac{S_{oever}}{S_h} \quad (1)$$

Hierin is Δz [m] de profielgemiddelde verondieping als gevolg van het jaarlijks losgeraakte oevermateriaal. Omdat het sedimenttransport door de hoofdgeul S_h ook kan worden geschreven als

$$S_h = \frac{1}{b} w_h B a \quad (2)$$

met w_h [m/jaar] de jaargemiddelde voortplantingssnelheid van bodemveranderingen kan voor de toelaatbare hoogte van het eroderend deel met Verg.1 ook worden geschreven als

$$\Delta h_{\max} = \Delta z_{\max} \frac{B w_h}{L_o w_o} \quad (3)$$

Datum
25 september 2009

Met Δz_{\max} [m] de toelaatbare lokale aanzanding in de hoofdeul ter plekke van de eroderende oever. Om bijvoorbeeld de profielgemiddelde aanzanding in de hoofdeul langs een 3000 m lange vrij-eroderende oever tot maximaal $\Delta z_{\max}=0,1$ m te beperken¹⁹ zou, met een hoofdeulbreedte $B=100$ m, een jaargemiddelde voortplantingssnelheid $w_h=1160$ m/jaar²⁰ en een oeverlijn-migratiesnelheid van 2 m per jaar, de hoogte van de eroderende oever volgens Verg.3 maximaal 2 m moeten bedragen. Dit is voor de verschillende trajecten weergegeven in Tabel 4.1. Hoe vaak een dergelijk aaneengesloten oeverlengte L_o in een traject kan voorkomen wordt beschreven in de volgende paragraaf.

	B [m]	w_h [km/jaar]	bovengrens Δh [m] bij		
			$L_o=2000$ m	$L_o=3000$ m	$L_o=4000$ m
BovenIjssel (km 880-930)	89	1,50	3,5	2,0	1,5
MiddenIjssel (km 930-970)	105	1,16	3,0	2,0	1,5
BenedenIjssel (km 970-1000)	145	1,06	4,0	2,5	2,0

Tabel 4.1 Afgerond criterium voor maximale eroderende hoogte langs de IJssel om de lokale breedte-gemiddelde aanzanding tot 0,1 m te beperken.

Omdat de erosiehoogte van de oever (steilrand) de eerste jaren na aanleg overeenkomt met de verlaging van de oeververdediging, geeft Tabel 4.1 een maat voor de *maximale* verlaging van de oeververdediging over een aaneengesloten lengte L_o . In de meeste gevallen neemt de oevererosie hoogte daarna vermoedelijk af (zie de principe schets van Fig.3.1). De getallen in Tabel 4.1 lijken daarmee een veilige schatting.

De toepassing van Tabel 4.1 kan als volgt geïllustreerd worden. Als in een rivierstuk met kritische vaargeulafmetingen (nautisch knelpunt) in de Boven-IJssel, het streven is om op een aaneengesloten traject de oeververdediging 2 m te verlagen, dan kan dit maximaal over een lengte van 3 km gebeuren. Of, als ter plekke van een nautisch knelpunt de oeververdediging van een binnenbocht over een lengte van 4 km verlaagd moet worden voor de ontwikkeling van een natuurvriendelijke oever, dan kan de verlaging maximaal 1,5 m bedragen.

4.3 Stabiele bodem

Afgezien van het criterium voor *lokaal* toegestane aanzanding dat leidt tot een maximale verlaging van de oeververdediging (Tabel 1) is de bijdrage van eroderende oevers aan de *sedimentbalans op grotere schaal* relevant. Dat kan als volgt worden uitgewerkt. Het volume sediment V_{hoofdeul} [m³] dat jaarlijks uit een traject met lengte L_{traject} [m] verdwijnt of er juist bij komt is te schrijven als

$$V_{\text{hoofdeul}} = B L_{\text{traject}} z_t \quad (4)$$

¹⁹ De lokale bodemverandering ter plekke van de oever kan grofweg een factor 2 groter zijn.

²⁰ Morfologische effecten Ruimte voor de Rivier in het Bovenrivierengebied RIZA werkdokument 2005.044X.

Met B [m] de breedte van de hoofdgeul en z_t [m/jaar] de jaarlijkse trajectgemiddelde bodemverandering. Veronderstel dat het jaarlijks volume sediment van een eroderende oever weer wordt beschreven met

$$V_{oever} = \Delta h L_o w_o \text{ [m}^3\text{/jaar]} \quad (5)$$

De verhouding tussen beide volumes is dan
$$\frac{V_{oever}}{V_{hoofdgeul}} = \frac{\Delta h L_o w_o}{B L_{traject} z_t} \quad (6)$$

Benedenstrooms van km 980 is de bodemligging van de IJssel min of meer stabiel en dit kan de oevererosie stimuleren. Echter, een grootschalig jaarlijks extra sedimentaanbod uit de vrij-eroderende oevers leidt in dit traject vooral tot een kleinere waterdiepte en is vanwege de waterstandsstabilisatie door de invloed van het vaste IJsselmeepeil een kanteling van de bodemhelling waarschijnlijk minder relevant. Dus, extra sediment vanuit de oevers zou benedenstrooms van km 980 het onderhoud van bijvoorbeeld zomerbedverdieping (RVR) extra kunnen belasten.

Een indicatie hiervoor is mogelijk met de dynamiek in de zandvang bij Kampen (km 996). Deze 1,5 m diepe zandvang sedimenteerde in 2005-2006 $150 \text{ m}^3/\text{m}^2$. De bijbehorende zandvracht over 100 tot 145 m sedimentvoerende breedte is dan $15.000 \text{ á } 21.750 \text{ m}^3$. De theoretische jaarlijkse transportcapaciteit in deze drogere jaren bedroeg circa 20% van het gemiddelde over de periode 1970-1999¹⁸, wat de bijbehorende geschatte zandvracht in de BenedenIJssel brengt op $75.000 \text{ á } 108.750 \text{ m}^3$. Veronderstel dat het aanbod vanuit de oevers deze zandvracht met niet meer dan 10% mag vermeerderen om significant beheer en onderhoud te voorkomen. Dan wordt geldt Verg.6 $V_{oever} = \Delta h L_o w_o < 7.500 \text{ m}^3$. Met een vanwege de beperkte waterstandsdynamiek beperkte erosiehoogte $\Delta h = 0,5 \text{ m}$ en een oevererosie-snelheid $w_o = 2 \text{ m/a}$ geldt dan een maximale oevererosie-lengte $L_o = 7,5 \text{ km}$ stroomafwaarts van km 980.

Voor een duurzaam beheer zou daarom gesteld kunnen worden dat vrij-eroderende oevers vooral bovenstrooms van km 980 zouden moeten worden toegepast, en dat benedenstrooms km 980 oevererosie beperkt zou moeten blijven.

Bovenstrooms van km 980 vindt in de IJssel bodemdaling plaats²² met een snelheid van $0,01 \text{ á } 0,02 \text{ m}$ per jaar. Voor een duurzaam beheer zou in dit eroderende traject het sedimentvolume uit de oevers vergelijkbaar mogen zijn met deze jaarlijkse bodemdaling. Met Verg.6 leidt dit tot een maximale lengte van vrij-eroderende

oevers volgens
$$\frac{L_o}{L_{traject}} < \frac{B z_t}{\Delta h w_o} \approx \frac{100 \cdot 0,01}{\Delta h \cdot 2} \approx 0,5 \frac{1}{\Delta h} \quad (7)$$

Met een gemiddelde oevererosiehoogte $\Delta h = 1 \text{ m}$ (Tabel 1) betekent dit dat bovenstrooms van km 980 (ca Zwolle) maximaal grofweg 50 % (50 km als totaal van linker en rechteroever) van de IJsseloevers vrij-eroderend gemaakt zou kunnen worden. Als de jaargemiddelde erosie-snelheid niet 2 m maar 1 m is verdubbelt deze toelaatbare lengte van vrij-eroderende oevers in het bodemdalingsgebied. Het vergt echter minimaal drie hoogwaterperioden om door monitoring een dergelijk kental te kunnen bepalen.

²¹ WD rapport 2008-049 Taal van de bodem, parameters voor morfodynamiek in rivieren.

²² Morfologische effecten Ruimte voor de Rivier in het Bovenrivierengebied RIZA werkdocument 2005.044X en WD rapport 2008-049.

De vraag is hoe deze criteria zich verhouden tot de KRW taakstelling. Voor de KRW staat gepland om vóór 2015 35 km natuurvriendelijke oevers langs de IJssel te realiseren en tussen 2015 en 2017 nog eens 50 km (totaal van 85 km). Als dit bovenstrooms van km 980 wordt toegepast met een gemiddelde oevererosiehoogte van 1 m, dan leidt dit volgens de range in historische kentallen (1 a 2 m/jaar oevererosie en 0,01 m bodemdaling) het aanbod vanuit de oever gedurende een periode van 15 jaar ongestoord eroderende oever hoogstwaarschijnlijk tot een trajectgemiddelde bodemstijging in de IJssel. Het lijkt daarom van belang om i) gefaseerd uit te voeren, ii) bodemliggingen en oevererosie gedurende minstens drie hoogwaters goed te monitoren en iii) zonedig te overwegen om het ontwerp (oevererosie-hoogte en -lengte) naar aanleiding van de monitoringsresultaten aan te kunnen passen.

Datum
25 september 2009

5.1 Algemeen

Oevers bieden een grote potentie voor het realiseren van KRW doelen. Ingrepen moeten leiden tot *zones met langzaam stromend water, zonder slibbodem en met ruimte voor dynamiek*. Dus, aangepaste oeverzones zijn in ieder geval aan de boven- en benedenstroomse rand tot minstens OLR verbonden met de hoofdgeul. De aanleg van de oeverzone door uiterwaardverlaging moet enerzijds afgestemd zijn op het beoogde KRW doel in de jaren na oplevering (gewenst oever-areaal) en anderzijds rekening houden met de ontwikkeling van morfodynamiek en vegetatie in de decennia daarna.

Allereerst geldt voor aanleg en ontwikkeling van natuurvriendelijker oevers dat er voldoende ruimte moet zijn vanaf de normaallijn. Kentallen hiervoor zijn in de volgende paragraaf te vinden. Als er wel ruimte is in de uiterwaard kan vervolgens de normalisatie-functie beperkingen op leveren. Immers, de huidige oevers begrenzen en fixeren het normaalprofiel, dat stroomvoerend is onder normale (gemiddelde) condities. Om deze afvoerfunctie (water, sediment en ijs) te garanderen moet ook met natuurvriendelijker oevers in de Rijntakken het huidige vloeiende verloop van normaallijnen gehandhaafd blijven. Dit leidt tot

- handhaving of beperkte verwijdering van oeververdediging met een begrensde dynamiek in de hogere, achterliggende oeverzone

of indien nodig en bij voldoende ruimtebeslag tussen vaargeul en (toekomstige) oeverlijn

- verwijdering van oeververdediging in combinatie met aanleg van nieuwe normaliserende kunstwerken (bv langsdammen of kribben)

Criteria hiervoor zijn eveneens te vinden in de volgende paragraaf.

5.2 Oevertypen

Grind-oevers zijn geen streefbeeld voor de Rijntakken

Met *rietbegroeide* rivieroevers kunnen een streefbeeld zijn voor de

- Waal benedenstrooms km 947
- Nederrijn; deeltrajecten direct bovenstrooms van de stuw bij Driel, halverwege het tweede stuwpannd en in het derde stuwpannd)
- Lek
- IJssel stroomafwaarts van km 975.

Oevers met biezen kunnen een streefbeeld zijn voor de Beneden-Lek.

Onbegroeide, zandige oevers, beschut tegen golfenergie en met met langzaam stromend water (minstens 0,5 m/s) zijn streefbeeld voor de boven- en middenloop

van de vrij-afstromende Nederlandse Rijntakken. De bredere zandoevers passen vervolgens vooral in de
Waal bovenstrooms km 947
Pannerdensch Kanaal en 1^{ste} stuwpand van de Nederrijn
IJssel bovenstrooms van km 975

Datum
25 september 2009

5.3 Rivierkundige risico's

De belangrijkste risico's die kunnen worden onderkend zijn

- gevaar van overstroming achterland door opstuwing (met name vegetatie en in minder mate sedimentatie)
- gevaar voor scheepvaartverkeer; verminderde diepgang door te grote sedimentatie van oevermateriaal in de vaargeul en verminderd zicht door opgaande vegetatie binnen de zichtlijnen
- verlies van waardevolle natuurlandschappen bijvoorbeeld door erosie van stroomdalgraslanden grenzend aan een dynamische oever
- onvoldoende ontwikkeling van KRW natuur door
 - te grote golfwerking in de natuurvriendelijke oeverzone
 - ontstaan van een slibodem

Om deze risico's te beheersen wordt de volgende hoofdlijn met functie-eisen voorgesteld;

- Definieer vrije ruimte (veiligheidszone) tussen oeverlijn en uiterwaardobjecten (keringen, kunstwerken, eigendommen,...). Er is minimaal 10 m vrije ruimte nodig om enige dynamiek toe te kunnen laten.
- Geen belemmering van zicht binnen de zichtlijnen (Richtlijnen Vaarwegen)
- Geen toename van het stroomvoerend oppervlak onder OLR+1,2 m
- Handhaaf normaallijnen
- Geen aanpassing van de oeverzone op minder dan de vaste schrikafstand vanaf de vaargeullijn
- Beperk waterstandsopstuwing door (riet)vegetatie te combineren met parallelle uiterwaardverlaging enkele malen de breedte van de (riet)vegetatiezone.
- Concentreer op oeverzones
 - met minimale huidige (KRW) natuurwaarde
 - aansluitend op huidige/geplande natuurvriendelijke oevers (Bijlage B)
 - met genoeg vrije ruimte (40 m IJssel en 20 m Nederrijn-Lek vanaf de huidige oeverlijn en 25 m in de Waal vanaf de kribwortel)
 - met hoogwatersedimentatie
- Geen nieuwe harde (volledig afsluitende) constructies in kribvakken van het bodemdalingsgebied (grofweg bovenstrooms km 915 in de Waal en bovenstrooms km 980 in de IJssel)
- Beperk het potentieel sedimentaanbod vanuit eroderende oevers ter plekke van vaargeultrajecten zonder overdiepte (zie hiervoor bv Tabel 4.1 en de vaargeuldiepte-kaarten van ON)
- Schaal het ontwerp voor beschutte, onbegroeide zandoevers met de karakteristieke waterstandsvariatie (Fig.2.1)

Daarbij is het te overwegen om te streven

- naar aanpassing van oeverzones waar uitvoering van lopende projecten, bodemkwaliteit, grondaankoop en vigerend beleid (Natura 2000) geen belemmering zijn
- geen verwijdering van oeververdediging meer dan 1 m onder de gemiddelde waterstand toe te passen
- Aaneengesloten ontwerp en uitvoering per binnen- of buitenbocht

Datum
25 september 2009

Tenslotte. Naast voorzorg in het ontwerp is beheer de belangrijkste risico-beheersmaatregel. De uitgangspunten voor optimaal beheer zijn voornamelijk onbekend. Aanbevolen wordt deze uitgangspunten in het verdere voorbereidingstraject voor realisering van KRW maatregelen te ontwikkelen. Ondertussen wordt enigszins willekeurig in dit memo voorgesteld om bij ontwerp en toetsing uit te gaan van een 20 jarige levensduur (of ongestoorde ontwikkeling) voor de gemiddelde morfodynamiek en vegetatie-ontwikkeling van zandoevers. Dit afgezien van eventueel frequenter variabel onderhoud ten aanzien van bijvoorbeeld afwijkende vegetatie-ontwikkeling (Stroomlijn) en herstel van achterloopsheid.

5.4 Ontwerpregels

Per riviertak kan worden gesteld;

Waal

- scherpe binnenbochten ongemoeid laten
- streven naar beschutting van zandige kribvakoevers,
 - in binnenbochten met constructies zoals langsdammen / gedeeltelijke kribvakafsluiting
 - in buitenbochten gedeeltelijke kribvakafsluiting gecombineerd met kribvasuppletie
 - uitgraven en verbinden van huidige gevulde/volgestorte kribvakken

IJssel

- benedenstrooms km 980 niet streven naar zeer dynamische oevers.
- bovenstrooms km 980 streven naar herstel van (beschutte) zandige oevers met minimaal 40 m vrije ruimte voor verplaatsing van de huidige oeverlijn
- op voor de vaarweg kritische plaatsen de oeververdediging niet meer dan 1,5 m verlagen
- op voor de uiterwaard kritische plaatsen de oeververdediging niet meer dan $L/20$ onder de hoogte van de veiligheidszone verlagen (met L de beschikbare ruimte tussen huidige oeverlijn en veiligheidszone).
- bij gestrekte oevers (oevers zonder kribben) kan de oeververdediging benedenstrooms km 940 niet worden verlaagd en bovenstrooms van km 940 maximaal tot 0,7 m onder gemiddelde waterstand (OLR+1,2 m) worden verlaagd, tenzij de verwijdering van de oeververdediging wordt gecombineerd met aanleg van kribben of langsdammen die het normaalprofiel bij lage afvoeren handhaven
- Bij een streven van 85 km natuurvriendelijke oever bovenstrooms van km 980 (bodemdalinggebied) kan voor een duurzame bodemligging maximaal 50 km vrij-eroderend worden gemaakt met gemiddeld 1 m verlaging van de

oeververdediging. De overige 35 km zou achter vaste vooroevers moeten worden aangelegd.

- gefaseerd uitvoeren van de vrij-eroderende oevers, zo mogelijk met een 10 km lang proeftraject. Daarna zou de zomerbedbodemplugging en oevererosie gedurende de eerste drie hoogwaters na aanleg gemonitord moeten worden om het ontwerp (oevererosie-hoogte en -lengte) van de overige vrij-eroderende oevertrajecten te optimaliseren.

Achter de al of niet aangepaste oeververdediging is de inrichting van een langzaam stromende oeverzone nodig. Deze zone past binnen bovengeschetste vrije ruimte, is op minstens twee plaatsen tot onder OLR verbonden met de hoofdgeul. De verlaging in deze zone is bovendien zodanig dat de combinatie van beschreven beheer en de verwachte ontwikkelingen in morfologie en vegetatie geen ontoelaatbare opstuwing van maatgevende hoogwaterstanden tot gevolg hebben.

Nederrijn-Lek

- Verlaging en verbreding van oevers is mogelijk op lokaties met overdiepte (=bodemplugging onder OLR-2.5m)
- Streef naar beschutten zandige kribvakoevers met name in binnenbochten conform huidige pilots
- Op basis van de karakteristieke waterstandsvariatie bijpassend oevertypen toe kennen (small en minder dynamisch mits beschut in het midden van de stuwpanden, breder en dynamisch daarbuiten)

5.5 Belangrijkste rivierkundige functie-eisen

Natuurvriendelijke oevers leiden tot

- langzaam stromende oeverzones (0,5 m/s) zonder slibbodem en zonder golfwerking die de natuurwaarden verstoort.

Natuurvriendelijke oevers leiden zowel direct na aanleg als na 20 jaar niet tot

- waterstandsopstuwing
- bodemveranderingen in de uiterwaard buiten de vrije ruimte
- verslechtering van de vaargeulafmetingen
- belemmering van zicht binnen de zichtlijnen (Richtlijnen Vaarwegen)
- een toename van het stroomvoerend oppervlak onder OLR+1,2 m
- veranderingen in normaallijnen
- constructies op minder dan de vaste schrikafstand vanaf de vaargeullijn
- sedimentaanbod die de stabiliteit van de rivier bedreigt

De ontwerpregels en aanbevelingen van de vorige paragrafen zijn er op gericht om bovenstaande functie-eisen te vervullen.

Bijlage A Kort overzicht opmerkingen NVO dag in Den BOSCH

Datum
25 september 2009

2 Welke eisen moeten aan de NVO worden gesteld / 4 Wat is nodig voor een goed ontwerp

Haalbare aankoop grond (budget, planning)
Beheersbare dynamiek (vegetatie en bodemveranderingen)
Duidelijk beheersplan met ruimte in het ontwerp voor dynamiek
Doelgerichte monitoring
WBR criteria geen opstuwing van maatgevende hoogwaterstanden
vrijwaring van nautische zichtlijnen
normaliserende werking
geen hinder voor de scheepvaart (sediment in vaargeul, drijvend vuil, behoud schrikafstand tussen normaallijn en vaargeul)
geen aantasting rivierlandschap door successie naar boslandschap (behoud bijzondere flora)
afstemming op nabijgelegen natuurgebieden (&beheer)
zo mogelijk aaneengesloten trajecten
zo mogelijk doorgroeibare constructies

Knelpunten

Bestemmingsplan-wijzigingen & noodzaak MER
Voldoende Bodemkwaliteit
Afstemming ander beleid / projecten
Kloof tussen aanleg en B&O
Draagvlak voor aanleg en beheer en onderhoud
Aankoop gronden
Kokervisie door concentratie op KRW deelfacet
Kans op eenheidsworst door opschalen
Onvoldoende kennis over i) effectiviteit van maatregelen en ii) ontwikkelingssnelheid en evenwichtssituaties

Vanwege de morfodynamiek ad ii) het pragmatisch om ook hier te stellen dat de nieuwe hoogte maximaal 1 m onder het nabije maaiveld na aanleg de grens voor het ontwerp.

Om de morfodynamiek ad ii) te kunnen controleren zou de nieuwe hoogte van de oeververdediging niet lager dan 1 m onder het nabije maaiveld na aanleg moeten liggen. (Dit verder uitwerken).

Bijlage B Natuurvriendelijke oevers IJssel (Instandhoudingsplan IJssel Natuurvriendelijke Oevers)

Datum
25 september 2009

Natuurvriendelijke oevers IJssel				
Linkeroever				
Code	Naam	van kmr	tot kmr	lengte (km)
	Groete of koningspleij	878,50	880,30	1,80
	Ijsseloordsche polder	880,30	883,00	2,70
	Velperwaarden	883,00	886,60	3,60
	Rheden en de Steeg	886,60	890,80	4,20
	Havikerwaard	890,80	903,00	12,20
	Noordingsbouwing	903,00	910,80	7,80
	Brummensche waarden	911,70	918,70	7,00
	Reuversweerd	918,70	925,20	6,50
	Tichelbeekse waarden	925,20	928,10	2,90
	Gelderhoofsche waard	928,10	930,60	2,50
	Rammelwaard	930,60	934,80	4,20
	Wilpse Klei	934,80	943,00	8,20
	Epsweerdse polder	936,90	943,00	6,10
	Bolwerksweide	941,00	944,50	3,50
	Ossenwaard	943,00	947,20	4,20
	Dorperwaard	947,20	951,40	4,20
	Wesumervelder buitenwaarden	951,40	957,00	5,60
	Oenendijker - en Welsumerwaarden	957,00	961,50	4,50
	Vorchterwaarden	961,50	966,60	5,10
	Marlerwaarden	966,60	972,00	5,40
	Hoerwaard	972,00	977,80	5,80
	Gelderijkse Waard	977,80	980,10	2,30
	Bentinckwellen	980,10	984,00	3,90
	Zalkerbos en de Welle	984,00	990,60	6,60
	Onderdijkse Waard	990,60	993,70	3,10
	Kampen	993,70	998,00	4,30
	De Greente	998,00	999,80	1,80
	Ketelpolder	1002,00	1003,50	1,50

Natuurvriendelijke oevers IJssel				
Rechteroever				
Code	Naam	van kmr	tot kmr	lengte (km)
	Hondsbroekse pleij	878,50	880,30	1,80
	Westervoort	880,30	881,50	1,20
	Ijsseldijker waard	881,50	884,30	2,80
	Koppenwaard	884,30	887,40	3,10
	Lathumsche en Bahrsche waarden	887,40	888,00	0,60
	Zuiderwaard	887,50	889,00	1,50
	Vaalwaard	889,00	897,00	8,00
	Kroonestein	897,00	901,00	4,00
	Doesburg	901,00	903,00	2,00
	Fraterwaard	903,00	904,50	1,50
	De Grind	903,10	904,50	1,40
	Olburgsche Waard	904,50	913,90	9,40
	Spaansweerd	913,90	916,60	2,70
	Bronkhorsterwaarden	916,60	921,80	5,20
	Stokebrandsweerd	921,80	927,00	5,20
	Zutphen	927,00	931,20	4,20
	Rijselsche waard	931,20	934,00	2,80
	Ravenswaarden	934,00	938,80	4,80
	Epse- en Blokkenwaard	938,80	942,00	3,20
	Deventer	942,00	947,90	5,90
	Keizers- en Stobbenwaarden	947,90	953,60	5,70
	Olsterwaard	953,60	957,00	3,40
	Duursche waarden en fortmund	957,00	965,00	8,00
	Buitenwaarden Wijhe	965,00	968,40	3,40
	Herxer uiterwaarden	968,40	971,20	2,80
	Harculosche buitenwaard	971,20	974,70	3,50
	Ijsselcentrale	974,70	975,30	0,60
	Scheller en oldener buitenwaarden	975,30	979,80	4,50
	Spoolderwaard	979,80	980,70	0,90
	Vreugderijkerwaard	980,70	985,30	4,60
	Scherenwelle en Koppelerwaard	985,30	992,60	7,30
	De Naters	992,60	995,50	2,90
	De Pijper	995,50	999,80	4,30