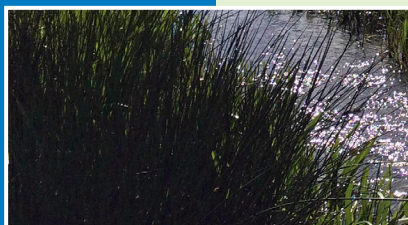
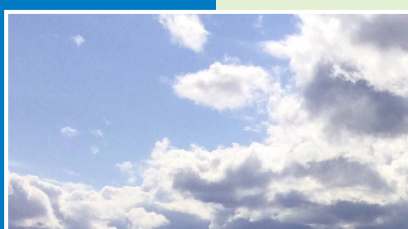


# Kwelgeulen en uiterwaardverlaging Maas

Een KRW-beoordeling van twee maatregeltypen



W.M. Liefveld  
I. van Gogh



**Bureau Waardenburg**  
Ecologie & landschap



# Kwelgeulen en uiterwaardverlaging Maas

## Een KRW-beoordeling van twee maatregeltypen

Drs. W.M. Liefveld & I. van Gogh MSc.

### Status uitgave: concept

Rapportnummer: 16-169  
Projectnummer: 16-736  
Datum uitgave: 8 december 2016  
Foto's omslag: W.M. Liefveld / Bureau Waardenburg bv  
Projectleider: W.M. Liefveld  
Naam en adres opdrachtgever: Rijkswaterstaat, Zuid-Nederland  
Dhr. W. Van der Heijden  
Postbus 25  
6200 MA Maastricht  
Referentie opdrachtgever: Kenmerk: RWS00027-10-14444

Akkoord voor uitgave:  
drs. A. Bak,



Paraaf:

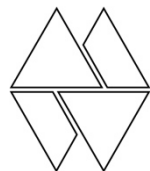
Graag citeren als: W.M. Liefveld & I. van Gogh, 2016. Kwelgeulen en uiterwaardverlaging Maas, een KRW-beoordeling van twee maatregeltypen. Bureau Waardenburg Rapportnr. 16-169. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Trefwoorden: KRW, maatregel, kwelgeul, uiterwaardverlaging, beoordeling

Bureau Waardenburg bv is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Bureau Waardenburg bv. Opdrachtgever hierboven aangegeven vrijwaart Bureau Waardenburg bv voor aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

© Bureau Waardenburg bv / Rijkswaterstaat Zuid-Nederland  
Dit rapport is vervaardigd op verzoek van opdrachtgever en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden d.m.v. druk, fotokopie, digitale kopie of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever hierboven aangegeven en Bureau Waardenburg bv, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Bureau Waardenburg bv is door CERTIKED gecertificeerd overeenkomstig ISO 9001:2008.



**Bureau Waardenburg bv**  
Onderzoek en advies voor ecologie en landschap

Postbus 365 4100 AJ Culemborg  
Telefoon 0345 51 27 10  
info@buwa.nl www.buwa.nl



# Inhoud

1	Kwelgeulen.....	5
1.1	Definitie en relevante kenmerken.....	5
1.2	Ecologische waarde kwelgeulen.....	6
1.3	KRW-waarde kwelgeulen.....	8
1.4	Risico's kwelgeulen.....	10
1.5	Koppeling hoogwaterveiligheid.....	11
1.6	Koppeling natura 2000.....	11
1.7	Kwaliteit.....	11
1.8	Conclusie.....	15
2	Uiterwaardverlaging.....	17
2.1	Definitie en relevante kenmerken.....	17
2.2	Ecologische waarde uiterwaardverlaging.....	18
2.3	KRW-waarde uiterwaardverlaging.....	19
2.4	Risico's uiterwaardverlaging.....	19
2.5	Koppeling hoogwaterveiligheid.....	20
2.6	Koppeling natura 2000.....	21
2.7	Kwaliteit.....	22
2.8	Conclusie.....	22
3	Discussie, conclusie en aanbevelingen.....	23
4	Literatuur.....	25
	Bijlage 1: SMART rivers Terrassenmaas.....	27



# 1 Kwelgeulen

## 1.1 Definitie en relevante kenmerken

### Definitie

Een kwelgeul is een permanent kwelgevoede geul die grondwater afvangt langs de terrasranden en alleen met extreem hoog water met de rivier meestroomt (Liefveld, 2011).

### Locatie

Kwelgeulen zijn alleen opportuun als er kwelstromen actief zijn, en dan specifiek grondwaterkwel. Langs de Maas speelt dit vooral langs het noordelijk deel van het waterlichaam Zandmaas. Dit deel, dat ook wel de terrassenmaas genoemd wordt, loopt ongeveer van Neer tot Gennep. De Maas loopt hier door een smal rivierdal dat in een tectonisch stijgingsgebied ligt. De uiterwaarden zijn hier dus niet hoog door opslibbing met rivierklei, maar door natuurlijke bodemstijging. De rivier meandert hier van nature niet. Het afgraven van de uiterwaarden of het aanleggen van dynamische nevengeulen zijn hier dan ook geen passende maatregelen. Kwelgeulen vormen wel een kenmerkend systeemelement als restanten van een verlaten rivierbedding, die nu door kwelwater wordt gevoed uit de naastgelegen hoogterrasen. Het is het de meest passende maatregel voor deze locatie, die zowel recht doet aan de KRW als aansluit bij de lokale systeemkenmerken (zie bijlage 1).

### Relevante kenmerken

- Kwelgeulen worden gevoed met helder grondwater uit terrasgronden;
- Het kwelwater is voedselarm, de EGV kan variëren (lager dan rivierwater en hoger dan regenwater);
- Kwelgeulen hebben in potentie een unieke soortensamenstelling.

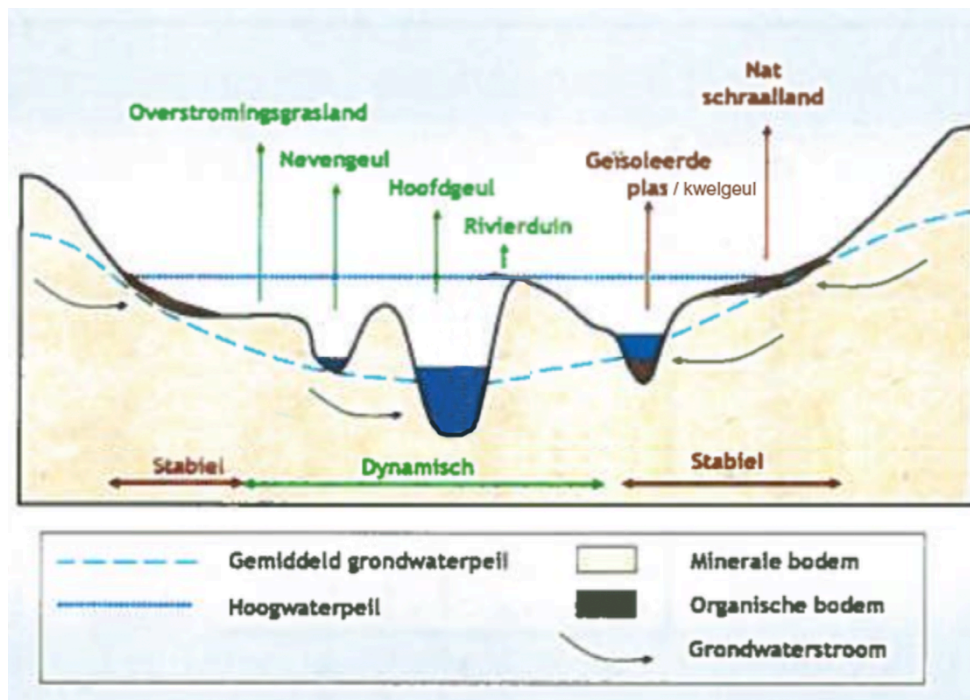
### Ontwerprichtlijnen

- Benutten van grondwater is leidend boven het vergroten van de invloed van rivierwater (Liefveld, 2011);
- Ondiep, < 1m (Liefveld, 2011). Maximale diepte ca. 0,3 tot 0,8 meter (Smart Rivers, bureau Drift);
- Beperkte breedte (Liefveld, 2011) van ca. 5 – 20 meter (Smart Rivers, Bureau Drift);
- Ligging tegen terrasrand aan, waar kwelwerking is;
- Uitgegraven tot op de zandige bodem in de ondergrond, net onder het grondwater, zodat kwelwater kan intreden (geen kleiige bodem) (Liefveld, 2011);
- Geleidelijke afvoer van water is essentieel om de kwelssystemen optimaal te laten functioneren en een continu proces van verversing en doorstroming in de geulen te krijgen zonder stagnerend oppervlaktewater;
- Hoogstens bij zeer hoge afvoeren meestromend met rivier.

### Doelen aanleg kwelgeul

Primaire doel van de aanleg van kwelgeulen is herstel van unieke natuur van grondwatergevoed riviermoeras.

Daarnaast kan een nevendoeel zijn om hoogwaterstanden te verlagen bij maatgevend hoogwater (Liefveld, 2011). Omdat maatgevend hoogwater ook zeer infrequent voorkomt (ééns per 1250 jaar), levert meekoppelen geen problemen op voor de gewenste mate van isolatie van de kwelgeulen.



Figuur 1.1: Positionering kwelgeulen in riviersysteem. Het zijn stabiele, laagdynamische systemen die vooral door grondwater gevoed worden (Bron: Brouwer 2006).

## 1.2 Ecologische waarde van kwelgeulen

Kwelgeulen hebben ijzerrijk (en dus defosfaterend), kalkarm water: er is meer invloed van grondwater dan regen- of rivierwater. Het water is helder en mesotroof (Peters & Rademakers 2016). Ze mogen ook niet te vaak overstromen (minder dan eens per 10 jaar) want de kwaliteit van het rivierwater wijkt sterk af van het kwelwater (is met name voedselrijker), zodat de ontwikkeling door een overstroming sterk verstoord wordt. Bovendien komen bij overstroming rivierdieren mee, die predator of concurrent kunnen zijn van de laagdynamische soorten uit de kwelgeul. Ook mag de geul niet, of hoogst zelden droogvallen, omdat ook dan successie weer helemaal teruggezet wordt.

De kenmerkende flora en fauna is aangepast aan deze laagdynamische omstandigheden. De levensgemeenschap heeft overeenkomsten met laagvenen



of sommige hoogkwalitatieve poldersloten. Voorbeelden van kenmerkende limnofiele vis zijn: bittervoorn, vetje en grote modderkruiper. Geen stroomminnende soorten dus, die kenmerkend zijn voor de rivier (en watertype R7).

Ook de kenmerkende macrofaunagemeenschap wijkt sterk af van die van de rivier, hoewel hier nog niet zoveel over bekend is. Er kan een brede en soortenrijke macrofaunagemeenschap ontstaan met verschillende soorten libellenlarven, kokerjuffers zoals *Cyrnus flavidus*, de waterjuffer *Coenagrion pulchellum*, de duikerwants *Cymatia coleoptrata* en de onder water levende rups *Parapoynx stratiotata* naast ook vele slakken en mijten die kwelgeulen rijk kunnen zijn. Dankzij de hoge mate van isolatie domineren exoten minder gauw de macrofaunasamenstelling, terwijl ze dat in de rivier zelf wel doen. Dit komt de soortenrijkdom ten goede. Ook als adult zijn verschillende libellensoorten te vinden langs kwelgeulen, zoals Glassnijder en Vroege glazenmaker.

Op de oevers kunnen lokaal waardevolle elzenbroekbosvegetaties voorkomen met kwelindicatoren als dotterbloem, ijle zegge en pluimzegge, maar in voedselarme situaties ook slangenwortel, adderwortel en veldrus (Peters & Rademakers 2016). Dit zijn allemaal soorten die direct aan de rivier niet te vinden zijn. Waterplantvegetaties die tot ontwikkeling kunnen komen in kwelwateren langs de rivier met een lage overstromingsduur (<2 dagen/jaar) bevatten soorten als groot blaasjeskruid, waterviolier, kransvederkruid en soms zelfs rossig fonteinkruid (van Geest *et al.*, 2011) en mogelijk drijvende waterweegbree en zeldzame sterrenkroossoorten (Peters & Rademakers 2016).



Foto 1.1: Adderwortel langs een kwelsloot bij Lottum op de linkeroever van de Terrassenmaas (foto's: W. Liefveld, Bureau Waardenburg)

In tegenstelling tot de aangetakte wateren langs de rivier kunnen kwelgeulen ook rijk aan bijzondere amfibieën zijn, zoals heikikker, kamsalamander en mogelijk ook poelkikker of zelfs rugstreepad (bij zeer flauwe, zandige oevers). Zodra zich echter een visgemeenschap in de geul ontwikkelt, leggen de amfibieën het af doordat de larven door vis gepredeerd worden (behalve door modderkruiper).



Foto 1.2: Poelkikker (links) en vrouwtje kamsalamander (rechts) (foto links: D. Wansink, rechts G. Smit, beide Bureau Waardenburg)

### 1.3 KRW-waarde

De ecologische waarde van een kwelgeul hangt van veel lokale factoren af, zoals waterkwaliteit, hydrodynamiek, bodemsamenstelling, nabijheid van bronpopulaties, ect. De waarde voor de KRW hangt bovendien af van de achterliggende beoordelingssystematiek. De huidige beoordeling van het waterlichaam waar de kwelgeulen in vallen (R7: langzaam stromende rivier op zand-klei) richt zich voornamelijk op kenmerkende soorten voor de hoofdstroom. Het gaat hierbij met name om herstel van reofiele<sup>1</sup> soorten naast, in mindere mate, enkele limnofiele<sup>2</sup> soorten. Nevenwateren in uiterwaarden worden hier om pragmatische redenen niet goed in meegenomen, ofschoon ze een wezenlijk onderdeel vormen van het rivierecosysteem, ook in de zin zoals de KRW voor ogen heeft (Buijse & Wortelboer 2016).

Er zijn drie opties om de KRW-waarde te beoordelen:

- 1) Waarderen als bijdrage aan R7 door als kraamkamer en leefgebied voor limnofiele vis en macrofauna te fungeren (ook R7 maatlat). Om deze functie te vervullen moet wel de overstromingsfrequentie van de aan te leggen kwelgeulen wat omhoog (b.v. eens per 5 jaar) om voldoende uitwisseling te garanderen. Beoordeling kan dan plaatsvinden op basis van de maatlaten voor R7 en meer specifiek op de limnofiele soorten die in de hoofdstroom ondervertegenwoordigd zijn, maar wel op de maatlat voorkomen (bittervoorn, grote modderkruiper, kroeskarper, ruisvoorn, vetje, zeelt).

---

<sup>1</sup> Stroominnende

<sup>2</sup> Plantinnende

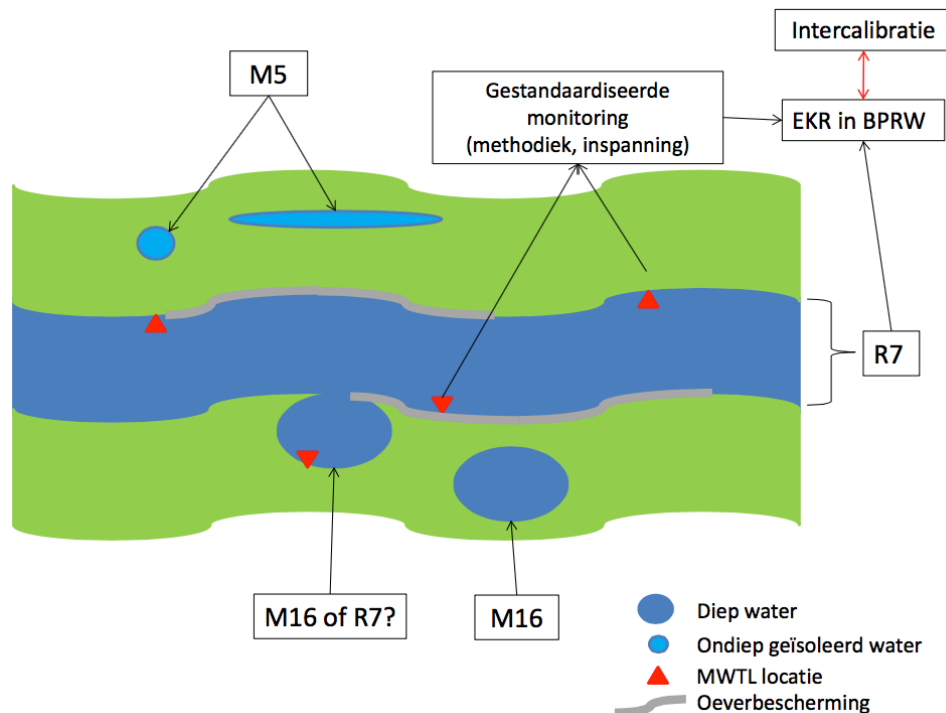
- 2) Apart waarderen, bijvoorbeeld als speciale variant op M5: ondiep lijnvormig water, open verbinding met rivier/geïnuundeerd (Van der Molen *et al* 2013). Ook Buijse en Wortelboer (2016) noemen dit type als meest passend voor uiterwaardwateren, hoewel hier ook de meer dynamische typen onder vallen (Figuur 1.2). De meeste soorten die voor kwelgeulen kenmerkend zijn (zie paragraaf 1.2) staan in elk geval ook op deze maatlat. Het best passende natuurdoeltype (Bal *et al.* 2001) voor de kwelvariant van dit watertype lijkt N1.17 te zijn: geïsoleerde meander en petgat (Van der Molen *et al* 2013). Soorten die hierbij horen zijn dezelfde als hierboven genoemd onder 1, met daarnaast ook snoek, giebel en kleine modderkruiper.
- 3) Niet volgens een KRW-systematiek, maar met een andere graadmeter, bijvoorbeeld op basis van kensoorten bij de natuurdoeltypen (Bal *et al.* 2001), op basis van ecologische sleutelfactoren ([www.Stowa.nl](http://www.Stowa.nl)) of op basis van een nog op te stellen watertype-specifiek waarderingssysteem.

De eerste optie is de “nul-optie”. Als er niet specifiek aandacht voor gevraagd wordt, worden alle maatregelen in R7-wateren op hun bijdrage aan deze maatlat beoordeeld. Omdat deze maatlat niet gericht is op de laagdynamische kenmerken van een kwelgeul, zal de waardering laag zijn, zelfs bij een goed ontwikkelde kwelgeul. Aanpassingen van het ontwerp om meer bijdrage aan de R7-maatlat te leveren doen sluiten dan ook niet aan bij de randvoorwaarden voor goed ontwikkelde kwelgeulen (paragraaf 1.1).

De tweede benadering sluit aan bij de recente ontwikkeling binnen RWS om een oplossing te vinden voor het buiten de boot vallen van nevenwateren in de huidige KRW-beoordeling langs rivieren. Zo is Deltares bezig met het inpassen van onder meer geïsoleerde nevenwateren in uiterwaarden in de KRW-verkenner (Wortelboer, *pers. med*) en worden steeds meer aangetakte nevenwateren in de KRW-monitoring opgenomen (Ohm, *pers. med.*). Bovendien worden momenteel door WVL onderzoeken op poten gezet, waarbij voor vis en macrofauna bekeken wordt waar de lage KRW-scores aan te wijten zijn: is het een reële weergave van de werkelijkheid of ligt het aan de manier of plek van bemonsteren of aan de opzet van de maatlaten? De nog uit te voeren analyse moet inzicht geven in hoe de beoordeling een compleet beeld geeft van de actuele ecologische waarde voor deze kwaliteitselementen in het rivierengebied. De huidige wijze (en frequentie) van monitoren en beoordelen lijkt in elk geval nog niet voldoende om effecten van maatregelen op EKR-scores te laten zien (Wortelboer *et al.* 2015).

De ecologische sleutelfactoren (optie 3) worden momenteel ontwikkeld door de STOWA en zijn bedoeld om watersysteemanalyses uit te kunnen voeren waarmee de vinger op zere plek gelegd kan worden, zodat met gerichte maatregelen de belangrijkste bottlenecks aangepakt kunnen worden. Hierbij ligt minder nadruk op de soorten en meer op de onderliggende processen. De

systematiek voor deze sleutelfactoren is momenteel nog in ontwikkeling en nog niet gereed voor toepassing in dit soort vraagstukken.



*Figuur 1.2: Mogelijke watertypen ('niet-KRW-wateren' uit van der Molen et al 2013) voor nevenwateren (Bron: Buijse & Wortelboer 2016)*

## 1.4 Risico's kwelgeulen

De doelen komen in gevaar op het moment dat een te grote, diepe en/of te brede geul wordt aangelegd en als deze aanleg plaatsvindt in een kleibodem in plaats van een zandbodem. Tevens zijn stagnatie van grondwater, en een verkeerde ligging met onvoldoende kwelwerking belangrijke risico's. Tot slot kan een te grote, permanente verbinding met de rivier ontstaan waardoor bijvoorbeeld roofvis op kan trekken, wat ongunstig is voor amfibieën en andere specifieke natuurwaarden van kwelgeulen (Liefveld, 2011).

Enkele algemene ecologische regels voor een goed functionerende kwelgeul:

- Zet er geen bomen en struiken langs, want beschaduwing heeft een sterk negatief effect op de flora van de oevers en bladval op de waterkwaliteit. Let op: daardoor wordt de geul ook minder geschikt voor bijvoorbeeld bever en ijsvogel.
- Zorg voor een groot areaal aan flauwere oevers, die in een gemiddelde zomer droogvallen. Door de grote waterdynamiek ontstaan op de flauwere

oeveren grote oppervlaktes slikkige rivieroeveren met een hoge kwaliteit. Flauwe zandige oeveren zijn ook voor bijvoorbeeld rugstreeppad belangrijk. Steilere oeveren zijn floristisch minder interessant, maar kunnen dat voor bepaalde fauna wel zijn (bijv: oeverzwaluw en solitaire bijen).

- Houd er rekening mee dat benedenstrooms aangetakte geulen altijd ook kwel vanuit de rivier aantrekken, omdat het benedenstroomse waterpeil van de rivier bepalend is voor de waterstand in de geul. Deze rivierkwel heeft een andere kwaliteit, tussen rivierwater en grondwaterkwel in.

## **1.5 Koppeling hoogwaterveiligheid**

Kwelgeulen hebben slechts een zeer beperkt verlagend effect op de hoogwaterstanden, doordat ze niet aangetakt zijn en in het algemeen op enige afstand van de hoofdstroom liggen. Het waterstandsverlagende effect kan echter vergroot worden door een gebied als geheel reliëfvolgend te verlagen (max 0,5 m) (Peters & Radermakers, 2016). Tegelijk moet ook rekening gehouden worden met het feit dat een waterstandsdalend effect op de ene plek, tot een stijging benedenstrooms kan leiden. Dit is bijvoorbeeld het geval bij het (Stroomlijn-inclusief) voorlopig ontwerp voor de Gebrande kamp.

## **1.6 Koppeling natura 2000**

Voor Rijkswaterstaat is het belang van de KRW-functie van nevenwateren voor een groot deel gekoppeld aan de betekenis voor Natura 2000-doelen. Voor kwelgeulen ligt koppeling met Natura 2000 voor de hand voor het habitatype Meren met Krabbescheer en fonteinkruiden. Langs de Rijn zijn verschillende plekken aangewezen voor dit type. Langs de Maas echter niet. Hier zijn, met uitzondering van de Grensmaas, alleen buitendijkse gebieden voor aangewezen zoals het Maasduinen gebied. Dit habitatype was langs de Maas dan ook nog nauwelijks ontwikkeld op het moment van aanwijzen van Natura 2000-gebieden. We kunnen de waarde van kwelgeulen echter wel beschouwen 'in de geest van' dit habitatype.

## **1.7 Kwaliteit**

Niet elke kwelgeul heeft dezelfde waarde. De ecologische (KRW-)waarde wordt met name bepaald door:

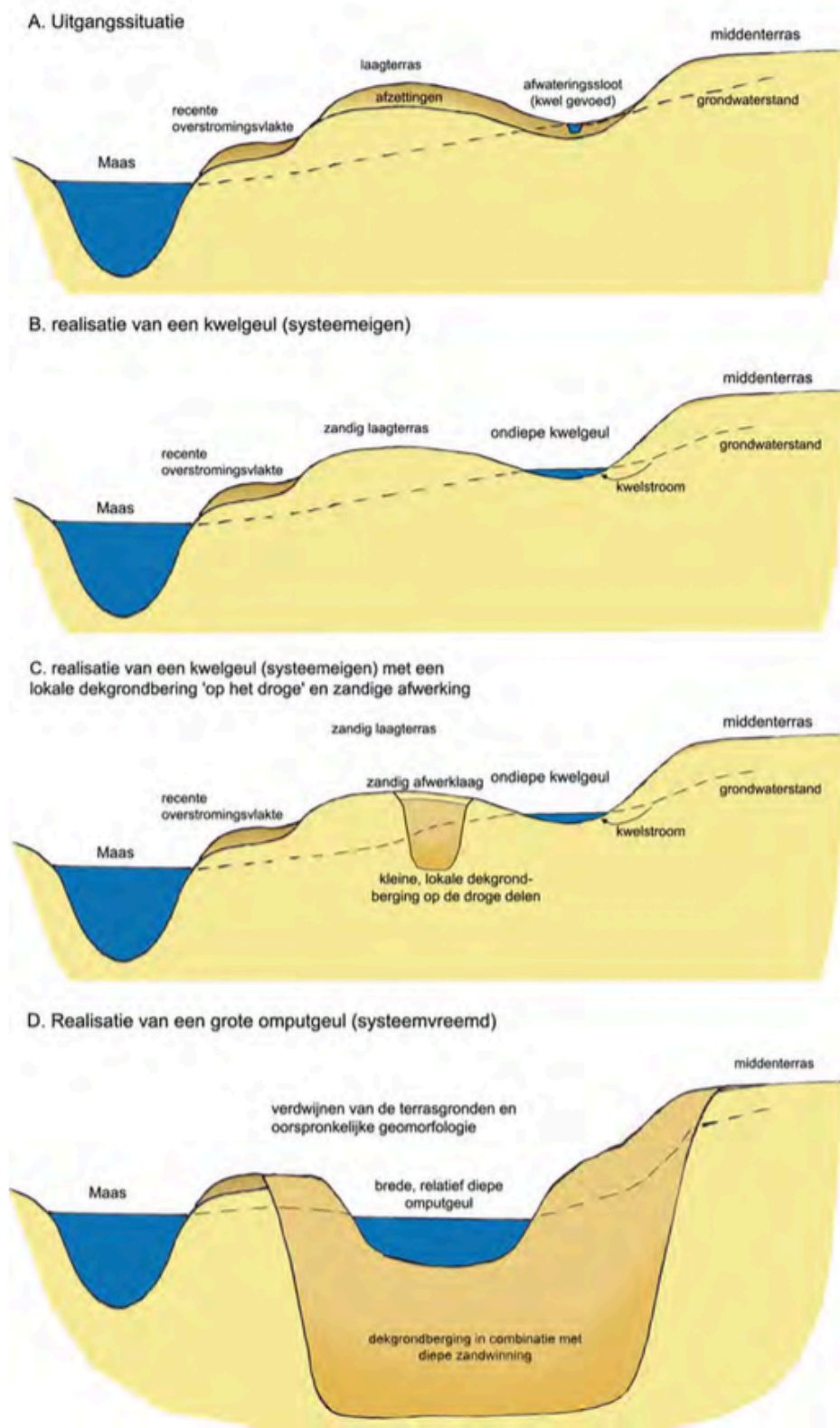
- De waterkwaliteit: deze mag maximaal mesotroof zijn, maar hoe voedselarmer hoe beter.
- De waterbodemkwaliteit: deze moet goed doorlatend en voedselarm zijn, dus bij voorkeur een zandbodem en geen klei.
- De mate van isolatie: hoe verder van de rivier, hoe minder invloed van rivierwater en hoe minder voedselrijk het water. Ook komen er dan minder roofvissen in het water die op laagdynamische organismen prederen.

Keerzijde is dat de uitwisseling met de rivier dan minder is, dus minder uitstralend effect naar de rivier.

- De vormgeving van de geul is ook van groot belang: de geul moet grotendeels ondiep zijn (< 3m) met flauwe oevers en de maatvoering moet passen bij het karakter en de historie van het gebied. In een overgedimensioneerde hoogwatergeul met steile oevers zullen zich niet de gewenste leefgebieden ontwikkelen (figuur 1.3). Wel zijn tussenvormen mogelijk, waarbij een deel van een geul een hoogwaterfunctie krijgt en een deel geoptimaliseerd wordt voor ecologie/KRW.



*Foto 1.3 Overgang terrasrand naar uiterwaarden Maas langs de N217 ten noorden van Arcen. (Foto: J-D. Buijzer, Bureau Waardenburg)*



1.3: Geulvarianten op het laagterras van de Zandmaas (Peters, 2009). Figuur b en c laten zien hoe het wel moet, de onderste figuur (D) laat een systeemvreemd ontwerp zien en levert niet de beoogde natuurwaarden.

### **Ontwikkeling in de tijd**

Bij het ontwerpen van (KRW-)maatregelen wordt impliciet uitgegaan van een statische eindsituatie. Het beoogde eindplaatje dat in de ontwerpschetsen is opgegeven, moet binnen enkele jaren bereikt zijn, en zo blijven! Er zijn maar weinig maatregeltypen waar rekening wordt gehouden met de verdere ontwikkeling van zo'n locatie. Uitzondering vormen de vrij eroderende oevers, die pas na verloop van tijd, als de oevers ver zijn terug geërodeerd hun optimale stadium bereiken (maar in de praktijk wordt vaak eerder ingegrepen, omdat er niet voldoende ruimte is om de oever zo ver terug te laten lopen).

Elk natuurlijk systeem kent echter successie, en al helemaal als er nieuwe situatie gecreëerd wordt: het systeem zoekt dan zelf naar een nieuw evenwicht, bijvoorbeeld in de vorm van erosie of aanzanding, maar ook de vegetatieontwikkeling heeft een richting. Langs de rivier is dat een richting naar oobos. Bij maatregelen vlak langs de rivier kan de hydrodynamiek zorgen voor het periodiek terugzetten van deze successie (cyclische verjonging) en met begrazing kan de vegetatiesuccessie vertraagd worden, maar bij ingrepen verder van de rivier af, of op riviertrajecten waar de hydrodynamiek gereduceerd is, zal de successie zijn natuurlijk loop hebben.

Voor kwelgeulen geldt dit zeker ook: net als bij geïsoleerde meanders/petgaten met watertype M5, zijn het wateren die langzaam verlanden. Door ophoping van organische materiaal van de water- en oevervegetatie, en het incidenteel invangen van rivierslib, slibt de bodem langzaam dicht en groeit de geul langzaam dicht. Dit is een natuurlijk proces. Van nature ontstaan in een riviersysteem altijd weer nieuwe plekken met een nieuwe uitgangssituatie waar de successie weer zijn gang kan gaan. Daardoor zijn in een natuurlijke situatie verschillende ontwikkelstadia naast elkaar aanwezig en hierdoor is de diversiteit in een natuurlijk riviersysteem zo groot.

In het Nederlandse riviersysteem zijn deze processen ernstig verstoord. Middels herstelmaatregelen worden ontbrekende elementen, zoals geulen en natuurlijke oevers, teruggebracht. Deze elementen zijn echter niet statisch: ze ontwikkelen zich en daarmee kunnen ze anders gaan functioneren. Voor kwelgeulen betekent dit dat uiteindelijk de toestroom grondwaterkwel kan gaan afnemen doordat de bodem minder doorlatend wordt. Ook kan de geul langzaam dichtgroeien. Het is aan de beheerder om te besluiten of de geul te zijner tijd opgeschoond moet worden of dat er een nieuwe geul aangelegd wordt, zodat er verschillende ontwikkelstadia naast elkaar aanwezig zijn. Dit speelt na verwachting pas enkele tientallen jaren na aanleg.



## 1.8 Conclusie

Kwelgeulen hebben wel degelijk een waarde in de geest van de KRW, alleen komt dit in de huidige Nederlandse uitwerking van de maatlatten nog niet tot uitdrukking. Er is een natuurlijk watertype dat beter past bij kwelgeulen (M5), maar kwelgeulen worden niet als apart waterlichaam beoordeeld. Voor de Zandmaas is nu alleen watertype R7 toegekend. Deze omissie wordt momenteel verder onderzocht door Deltares, ook om deze maatregel in de beoordeling van het verwachte doelbereik in de KRW-verkenner goed mee te kunnen nemen (Wortelboer, *pers. com*). Het kan dus zijn dat de ontwikkeling van prachtige, soortenrijke kwelwateren langs de rivier, straks niet leidt tot een betere KRW-score, omdat nog steeds alleen met de maatlat R7 wordt gemeten. Toch is de maatregel dan geen weggegooid geld, omdat in werkelijkheid het riviersysteem er een stuk rijker van is geworden en er bij de locatie passende aquatische natuur is gerealiseerd. Dit is conform de redeneerlijn van WVL (M. van de Berg *pers. com*) en met een goede onderbouwing ook prima aan Brussel uit te leggen. Het is dan wel aan te raden deze nieuwe kwelgeulen te monitoren, zodat de argumentatie met data onderbouwd kan worden.



Foto 1.2: Langs de Maas bij Arcen ligt de Roobeek (ofwel Ro(o)de beek), een kwelbeek die recent is hersteld door het Waterschap Peel en Maasvallei en Stichting het Limburgs Landschap, mede gefinancierd door RWS in het kader van herstel beekmondingen Maas (foto: W. Liefveld, Bureau Waardenburg).



## 2 Uiterwaardverlaging

### 2.1 Definitie en relevante kenmerken

#### Definitie

Een uiterwaardverlaging betreft het verlagen van de overstromingsvlakte (uiterwaarden/weerden) zodat de overstromingsfrequentie toeneemt. In het zoetwatergetijdengebied neemt hiermee ook de invloed van het getij toe. Het doel is het vergroten van het areaal frequent overstromd winterbed en het vergroten van de ruimte voor hydromorfologische processen (Liefveld, 2011). Er zijn allerlei varianten van uiterwaardverlaging mogelijk, maar in de huidige plannen voor de KRW-Maas voor de tweede planperiode, gaat het vooral om het creëren van natte, moerassige zones in het winterbed. Het gaat langs de Maas vooral om reliefolgend ontkleien waarbij verschillende habitats kunnen ontstaan, bijvoorbeeld vochtige graslanden, moerassige zone's of riet-of biezenvegetaties (benedenrivierengebied). Door uiterwaardverlaging kunnen in principe ook geïsoleerde strangen of geulen ontstaan, maar deze worden binnen KRW-kader dan ook als zodanig benoemd.

#### Locatie

Uiterwaardverlaging of weerdverlaging, kan langs de meeste waterlichamen van de Maas toegepast worden. Overal waar de overstromingsvlakte hoog is opgeslibd door sedimentatie, kan dit weer teruggedet worden met uiterwaardverlaging. Uitzondering hierop vormt de Terrassenmaas binnen het waterlichaam Zandmaas (zie voorgaande hoofdstuk). Per traject kan de KRW-opbrengst wel verschillen. Zo leveren de weerdverlagingen langs de Grensmaas (watertype R16) dynamische grindige oevers op, terwijl langs de Getijdenmaas (watertype R8) slikkige getijdemoerassen kunnen ontstaan. Uiterwaardverlaging kan ook heel goed in combinatie met andere maatregelen uitgevoerd worden, zoals de aanleg van strangen of geulen, zodat deze mooi ingebed liggen in het winterbed en de land-water overgangen geleidelijk kunnen verlopen.

#### Relevante kenmerken

- Leidt tot natte tot vochtige laagte in rivieruiterwaarden;
- Jaarlijkse overstroming met rivierwater;
- Vergroting van overstromingsfrequentie en invloed getijdendynamiek.

#### Ontwerprichtlijnen

- Zoek aansluiting bij natuurlijke stroombanen (Liefveld, 2011);
- Reliefolgend verlagen door de kleilaag/voedselrijke laag van onderliggende zand of grindlaag 'af te pellen' (Liefveld, 2011; Peters 2009);
- Het afgraafniveau ligt doorgaans tot ruim boven het niveau van de gemiddelde zomerafvoer;

- Uiterwaardverlagingen overstromen frequent in de winter/voorjaar gedurende meer dan 100 dagen per jaar (RWS & Buwa 2015) en staan doorgaans droog in de zomer;
- De toplaag is bij voorkeur van zandig/grindig sediment;
- Range stroomsnelheden in de ondiepe oeverzone in het groeiseizoen varieert tussen 0 – 2 m/s;
- Flauw talud van 1:15 of flauwer rond mediaan peil (0,5 m –NAP tot 1,5 m +NAP);
- Varieer in de ontgravingsdiepte, bijvoorbeeld door lokaal zeer ondiep, doorwaadbaar water aan te leggen met brede oeverzones en inunderende zandplaten;
- Laat gedeeltelijk vrije oevererosie van de oeverzone toe: neem stortsteen weg tot mediaan peil;
- Verwijder kades zo veel mogelijk tot het niveau van de uiterwaard zodat de rivier de overstromingsvlakte vrijelijk kan overstromen;
- Verwijder dwarskades en andere stromingsbelemmeringen om te zorgen dat overstromingswater zo min mogelijk stagneert (Peters & Rademakers, 2016);
  
- Plassen die aangelegd worden als onderdeel van uiterwaardverlaging dienen niet groter te zijn dan één hectare, te variëren in diepte en een gemiddelde waterdiepte hebben van twee meter en flauwe oevers te hebben (optimaal = 1:20/1:30) (Kleinveld, *et al.*, 2007).

#### **Doelen uiterwaardverlaging**

Doel van uiterwaardverlaging is het vergroten van de interactie tussen het winterbed en de rivier. De frequent overstroomde inundatievlakte wordt groter wat onder meer bijdraagt aan het ontstaan van moerasruigten en hardhoutoibossen, maar ook de mogelijkheden voor paaiende vis vergroot (Peters 2009). Een ander doel van uiterwaardverlaging kan zijn het realiseren van een waterstandsaling bij hoge afvoeren (Liefveld, 2011). Deze overruimte kan benut worden voor waterstandsaling, maar ook voor de ontwikkeling van ruwe vegetaties zoals zachthoutoibos of rietmoeras. Dit laatste levert voor KRW uiterwaard meer op.

## **2.2 Ecologische waarde uiterwaardverlaging**

Door de uiterwaarden te verlagen wordt het proces van opslibbende uiterwaarden een stapje teruggezet. Dit natuurlijke proces heeft zich in het Nederlandse rivierengebied versneld doordat de overstromingsvlakte door de bedijking zodanig is versmald dat bij hoogwater de waterstanden fors zijn toegenomen. Dit betekent dat al het sediment dat in het water zit in een veel smallere zone wordt afgezet. Hierdoor zijn de uiterwaarden sterk verhoogd: ze liggen hoger dan het omliggende binnendijkse gebied. Doordat tegelijk het zomerbed zich verdiept heeft, is de interactie tussen hoofdstroom en uiterwaard sterk afgenomen. Juist die interactie is zo belangrijk voor de ecologie van een rivier en is bepalend voor kenmerkende riviernatuur. Met uiterwaardverlaging wordt dus niet alleen een

kenmerkend habitat hersteld, maar ook een belangrijk sleutelproces (deels) hersteld.

Uiterwaardverlaging vergroot de vrije uitwisseling van water, sediment en organismen tussen de uiterwaard en de Maas weer. Hiermee neemt tegelijk de hydrodynamiek en de morfodynamiek in de uiterwaard toe, wat de habitatdiversiteit vergroot. Er kunnen bijvoorbeeld oeverwallen, slibafzettingen en erosiekuilen ontstaan, met elk weer hun eigen vegetatie-ontwikkeling en bijbehorende palet aan soorten.

De uiterwaardverlaging langs de Maas vindt vooral plaats langs de Getijdenmaas. In ondiep water tot 1 meter onder het meest voorkomende waterpeil ontwikkelt zich hier moerasnatuur met soorten als mattenbies, liesgras, riet en lis. (Peters & Rademakers, 2016). Verlaagde uiterwaarden vormen ook uitgelezen locaties voor de ontwikkeling van zachthoutoobos. De maatregel creëert hiervoor zelf de benodigde rivierkundige ruimte

### **2.3 KRW-waarde uiterwaardverlaging**

Een verlaagde uiterwaard die vaker (in het voorjaar) overstroomt, biedt op dat moment paai- en foerageerhabitat voor verschillende riviergebonden soorten. Er kunnen bijvoorbeeld ook geïsoleerde geulen of ondiepe plassen aangelegd worden als onderdeel van een uiterwaardverlaging. Als deze altijd water bevatten en heel soms meestromen met de rivier biedt deze vorm van uiterwaardverlaging habitat voor soorten van lagere dynamiek, zoals limnofiele vissoorten en (ondergedoken) waterplanten. (RWS & BUWA, 2015). Uiterwaardverlaging direct langs de rivier is vooral van ecologische waarde voor riviergebonden soorten vis en macrofauna. Zo zijn in het voorjaar bepaalde vissoorten afhankelijk van geïnundeerde uiterwaarden om hun eitjes af te zetten op de ondergelopen vegetatie. (RWS & BUWA, 2015)

### **2.4 Risico's uiterwaardverlaging**

De aanleg van een uiterwaardverlaging kan ten koste gaan van bestaande laagdynamische of droge natuurwaarden op oevers. Ook bestaat het risico dat uiterwaardverlaging plaatsvindt op plekken waar dit niet thuishoort (zoals droge terrasgronden van de Zandmaas). Dit soort aspecten moet vooraf goed afgewogen worden.

Als een ontgraving te diep is, ontstaat een uniforme watervlakte en daarmee te weinig variatie in hydromorfologie (foto 2.1). Door te grootschalige en diepe uiterwaardverlaging ontstaan onnatuurlijke grote oppervlakten nat gebied met stilstaand water (badkuipen) (Liefveld, 2011). Het is belangrijk dat er variatie in bodemhoogte is (volgens natuurlijk reliëf!), om voldoende overgangszones te

hebben en bij wisselende waterstanden een breed scala aan soorten habitat te bieden. Daarnaast zijn hoogteverschillen belangrijk om het vluchten van dieren bij een vollopende uiterwaard, of het terugtrekken van vis bij dalend waterpeil te faciliteren.



*Foto 2.1: De weerdverlaging bij de Itterense weerd in de Grensmaas pakte, mede door de benedenstrooms gelegen drempel, anders uit dan in het oorspronkelijke ontwerp beoogd was: er ontstond een grote watervlakte in plaats van een reliëfrijke oever (links boven). Voor deel twee van de uitvoering is dan ook een aangepast ontwerp gemaakt (foto: Consortium Grensmaas).*

## **2.5 Koppeling hoogwaterveiligheid**

Uiterwaardverlaging leidt tot daling van de waterstand bij maatgevend hoogwater. Als echter veel wilgenopslag plaatsvindt na afgraving van de uiterwaard, kan dit weer een opstuwende werking hebben, wat niet overal gewenst is. Om wilgenopslag te voorkomen, kunnen bijvoorbeeld grote grazers ingezet worden (Kleinveld *et al.*, 2007), maar het is ook verstandig een realistische mate van bosontwikkeling in te calculeren in de vergunde vegetatie.

Om verruiging van de oeverzone door boomopslag te beperken, wordt vanuit hoogwaterveiligheid geadviseerd om bij geulen en strangen steilranden aan te leggen boven het vlakke talud (>2:1, deels recht) tot maaiveld ('Duurzaam beheer maatregelen'). Vanuit KRW-oogpunt is dit echter ongewenst, omdat de overgangszone land-water juist ecologisch de belangrijkste zone is, zodat een flauwe oeverzone het meeste ecologisch rendement oplevert (foto 2.2).



*Foto 2.2: Oever van de nieuwe strang bij Maasbommel. Het steile profiel van de oever is niet conform KRW, maar volgens het principe van 'duurzaam beheer maatregelen' om vegetatieopslag te beperken (foto: W. Liefveld, Bureau Waardenburg).*

## **2.6 Koppeling natura 2000**

De maatregel uiterwaardverlaging kan met name bijdragen aan het habitatype 'Slikkige rivieroever'. Dit habitatype is precies te vinden in de dynamische overgangszone tussen water en land, waar alleen pioniervegetaties kunnen overleven. Deze zone wordt vergroot door uiterwaardverlaging, mits deze ook echt zeer flauwe land-water overgangen kent. Ook bij uiterwaardverlaging in de vorm van geulen of strangen kan dit habitatype zich ontwikkelen. Geïsoleerde strangen kunnen verder nog bijdragen aan het habitatype 'Meren met krabbescheer'. Het habitatype Zachthoutoobos kan zich ook prima ontwikkelen op verlaagde uiterwaarden, omdat ook dit habitatype een bepaalde inundatiefrequentie nodig heeft. Ook stroomdalgrasland is in grote mate afhankelijk van hydro- en morfodynamiek. Er is echter een uitgebreide set aan omstandigheden die dit habitatype nodig heeft, waardoor het niet gemakkelijk te ontwikkelen is.

Voor deze habitattypen geldt dat hier geen gebieden voor zijn aangewezen langs de Maas, met uitzondering van de slikkige rivieroeveren en zachthoutoebos langs de Grensmaas (zie ook paragraaf 1.6).

## 2.7 Kwaliteit

De kwaliteit van deze maatregel wordt echt bepaald door de wijze van uitvoering. Aansluiten bij natuurlijke patronen (de opgeslibde kleilaag verwijderen), variatie en goede afstemming op de heersende waterpeildynamiek zijn hierbij de belangrijkste elementen. Een combinatie van natte habitats (strangen/moerassen), frequent overstroomde uiterwaarden en flauwe oevers lijkt het meeste te bieden voor de KRW-kwaliteitselementen. Een natuurlijk ingerichte uiterwaard levert bovendien meer op dan een verlaagde uiterwaard die in landbouwkundig gebruik blijft. Dit heeft onder meer te maken met de vegetatie die in de winter/voorjaar nog op het land moet staan.

## 2.8 Conclusie

Deze maatregel levert zonder twijfel een bijdrage aan de KRW-doelen. In de recente evaluatie van de KRW-doelen van Buijse en Wortelboer (2016) is dit ook zo beoordeeld. Het is een belangrijke maatregel, omdat naast de realisatie van leefgebied ook aan enkele sleutelprocessen geschaafd wordt. De bijdrage zit hem vooral in de kwaliteitselementen vis en (in mindere mate) macrofauna en voor de R8 watertypen (zoet getijdenwater: Beneden Maas en Bergse Maas) ook in oeverplanten (biezen). Indien ook permanent natte ecotopen gecreëerd worden, kunnen ook waterplanten zich ontwikkelen.



*Foto 2.3: Het aanbrengen van rivierhout in de vorm van bomen (met kruin en wortels) in de rivier of in geulen of plassen, verhoogt het ecologisch rendement van de maatregelen (foto Rijkswaterstaat).*



### 3 Discussie, conclusie en aanbevelingen

Zowel de aanleg van kwelgeulen als uiterwaardverlaging draagt bij aan het vergroten van de ecologische waarde van de Maas, en meer specifiek de KRW-waarde. Voorop staat dat dit wel gebeurt volgens het lokale karakter van de rivier en de maatregel, volgens het 'DNA' van de rivier. Voor kwelgeulen geldt dat de ecologische meerwaarde momenteel nog niet direct zal blijken uit een hogere KRW-score. Dit komt doordat de huidige maatregelen en monitoring alleen zijn gericht op het dynamische deel van de rivier en niet op het laagdynamische deel waarin de kwelgeulen thuishoren. Het verdient dan ook aanbeveling om bij de MIRT-toetsen die straks voor de maatregelen opgesteld gaan worden te verwijzen naar, of delen over te nemen uit paragraaf 1.8.

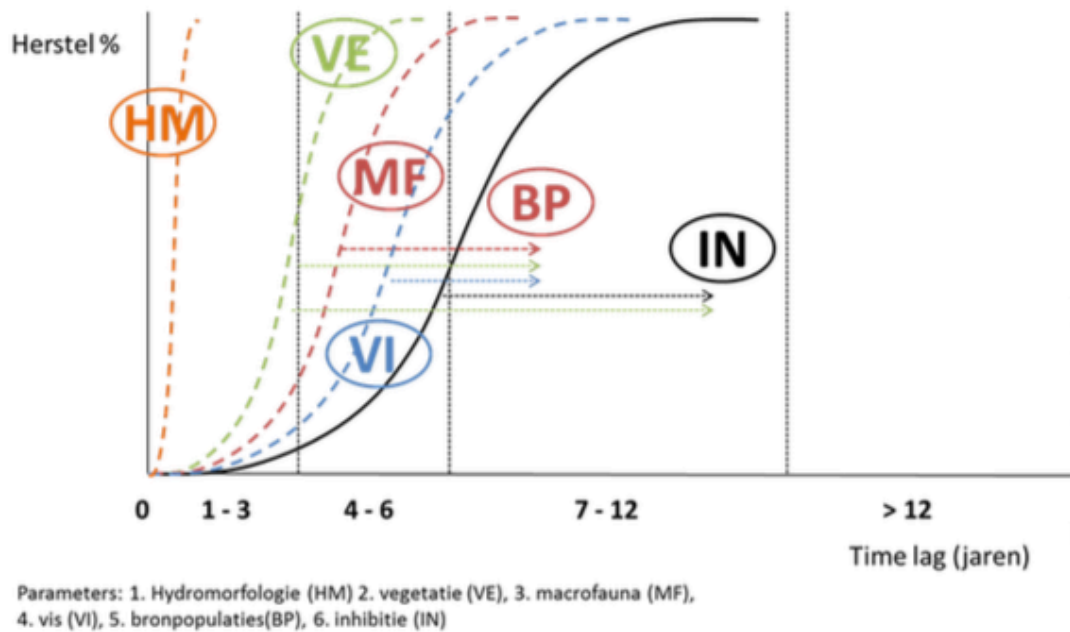
Momenteel loopt binnen OBN (Ontwikkeling en Beheer Natuurkwaliteit, het kennisplatform van de VNBE) een onderzoek naar herstel, aanleg en beheer van kwelmilieus en kwelgeulen langs de Terrassenmaas. Het onderzoek richt zich met name op de kansrijkdom van herstel van kwelgeulen op basis van geo- en hydromorfologie. Bij de realisatie van kwelgeulen zou de kennis uit dit onderzoek benut moeten worden.

Het verdient bovendien aanbeveling om in aanvulling hierop ook onderzoek te starten naar de flora en met name de aquatische fauna (macrofauna en vis) van deze (bestaande) kwelgeulen. In aanvulling op de bestaande referenties voor kwelgeulen kan dan een completer beeld gevormd worden van de verschillende gradiënten in kwaliteit die in de praktijk zullen ontstaan, alleen al door verschillende soorten water- en bodemkwaliteit, maar ook door afstand tot bronmateriaal.

Bij het interpreteren van monitoringsgegevens moet ook rekening gehouden worden met een 'time-lag' effect. Dit betekent dat de ecologische waarden nog niet meteen optimaal zijn, maar enige tijd nodig hebben om zich te ontwikkelen. Hoewel geen specifieke data-analyse is gedaan voor kwelgeulen, ligt de verwachte ontwikkeltijd voor het ecologische doelbereik op meer dan 12 jaar (Noordhuis 2016). Geulen op zandbodem bereiken dit punt eerder dan geulen op organische bodem. Belangrijke vertrager voor het doelbereik is de bereikbaarheid voor bronmateriaal van de gewenste planten en dieren (zie figuur 3.1).

Naast het time-lag effect speelt ook het feit dat de huidige MWTL-monitoring te infrequent plaatsvindt en niet op de plek van de maatregelen zelf is gelocaliseerd een rol in het uitblijven van effecten op de EKR-scores (Wortelboer *et al* 2015). Rijkswaterstaat (WVL) gaat dit aspect nader onderzoeken in 2017 (zie paragraaf 1.3).

## Maatregel: Geïsoleerde Plassen



Figuur 3.1. Schematisering van time-lag effecten voor doelbereik van geïsoleerde plassen. (bron: Noordhuis 2016). De zwarte lijn (inhibitie) geeft de verwachte netto ontwikkeling in de tijd weer, inclusief de remmende factor van de beperkte bereikbaarheid voor bronmateriaal (IN).

## 4 Literatuur

Rijkswaterstaat en Bureau Waardenburg, 2015. Bespreking KRW MIRT toetsen 2015: afspraken. (notitie)

Brouwer E. 2006. Herstelbeheer in rivier- en beekdalen. College in de cursus Ecologisch herstelbeheer. Venen, beekdalen en natuurontwikkeling in het veenweidegebied. B-ware research Centre , Radboud Universiteit.

Buijse A.D. & R. Wortelboer 2016. Advies actualisatie afleiding Ecologische Doelen Rijkswateren 2016. Expertoordeel over de consequenties van de veranderingen in maatlatten en maatregelen.

Kleinveld, E., S. Oom, W.M. Liefveld, 2007. Synergie Kaderrichtlijn Water en Ruimte voor de Rivier Maatregelen. B0622.01.001. Rijkswaterstaat RIZA.

Noordhuis, R. 2016. Time-lag effecten in doelbereik bij KRW-maatregelen.

Peters, 2009. Kwaliteitsprincipes uiterwaardinrichting. Principes voor de landschapsecologische kwaliteit van inrichtingsprojecten in het rivierengebied. Handboek i.o.v. Ministerie van LNV, Staatsbosbeheer, Rijkswaterstaat en Dienst Landelijk Gebied. Bureau Drift, Berg en Dal.

Van der Molen, D.T., R. Pot, C.H.M. Evers, R. Buskens, F.C.J. van Herpen, 2013. Referenties en maatlatten voor overige wateren (geen KRW-waterlichamen). rapport 2013-14. ISBN 978.90.5773.609.4. STOWA, Amersfoort

Van Geest, G., A. de Niet, S. Teurlincx, 2011. Waterplanten langs de Nederlandse Rijntakken, huidige waarden, aanbevelingen voor inrichting, KRW-Tool. Deltares. 1203415-000-ZWS-0008, Versie 1, 11 februari 2011, definitief.

Wortelboer, R., C. Chrzanowski, G. Roskam, R. Noordhuis, T. Vriese, 2015. Effect van maatregelen BPRW-2 voor de KRW. Vergelijking van berekeningswijzen. Deltares rapport nr: 1220096-002



## **Bijlage 1: SMART rivers Terrassenmaas**



# De Zandmaas

Unieke terrassenrivier met subtiele kwelgeulen

# SMART RIVERS

**Ligging:** Traject tussen Neer en Gennepe.

**Type rivierdal:**

De enige Nederlandse Terrassenrivier.

**Eigenheid en kenmerkende geologie**

De Zandmaas kent een unieke geologie van oplopende, **oude rivierterrassen en grondwatergevoede restgeulen**, die door de afwisseling van ijsjeden en warmere insnijdingsperiodes zijn gevormd. Doordat de Maas zich hier sinds de laatste ijsijd in de diepte insnijdt, meandert ze nauwelijks in zijdelings richting. Er is sprake van een relatief rechte loop ('canyonrivier'). De recente overstromingsvlakte is zeer smal en soms zelfs volledig afwezig (zoals bij Sleijf en de Hamert). Pas in het noorden bij Heijen wordt het jonge dal weer breder en zien we voor het eerst weer meanderbochten ontstaan. De Zandmaas kent van nature dan ook geen dynamische nevengeulen of hoogwatergeulen.

In plaats daarvan kenmerkt het riviertraject zich door **andere kwelgeulen op verschillende terrasniveaus**. Deze geulen vangen **helder grondwater** af uit oudere, naast gelegen terrassen. De meeste geulen zijn in feite 'fossiele geulen', die niet door de Maas van tegenwoordig zijn gevormd, maar door 'een Maas uit het verleden' met volledig andere kenmerken en andere afvoerkarakteristieken. De rivierterrassen waarop de oude kwelgeulen liggen hebben een **zandig en droog karakter** met weinig recente rivierklei. Door de werking van grondwater kennen de terrassen (in potentie) een unieke plantengroei met soorten als Dotterbloem en Goudveil. Op sommige plaatsen zijn bijzondere overgangen naar oude rivierduinen uit de laatste ijsijd aanwezig, zoals bij Arcen en Belfeld.

Slechts heel lokaal is de 'recente overstromingsvlakte' breed genoeg voor de vorming van een **kleine hoogwatergeul** of een zandveld, waarin rivierinvloeden belangrijker zijn dan grondwaterinvloeden (zoals die Blericker Nak, vroeger bij Grubbevorst). Tegenwoordig is de diepe, ingesneden ligging van de Zandmaas minder goed zichtbaar door opstuwing van het rivierpeil. Dit heeft er ook voor gezorgd dat delen van de recente overstromingsvlakte sinds de jaren '20 op veel plaatsen natter zijn geworden (zoals bij Bergen).

**Inrichtingsconcepten**

- De Zandmaas vraagt om een volledig andere inrichtingsbenadering dan andere riviertrajecten in Nederland.
- **Grondwater is leidend principe** voor inrichtingsprojecten (en dus niet zozeer het overstromings/rivierwater). De diepte van kwelgeulen is beperkt en wordt bepaald door de diepte van het grondwater.
- De Zandmaas vraagt als geen ander riviertraject om een **subtiele aanpak** met veel aandacht voor **kostbare terrasstructuren en grondwaterinvloeden**.

**Kenmerkende inrichtingsstructuren**

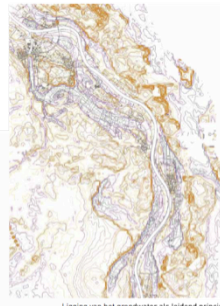
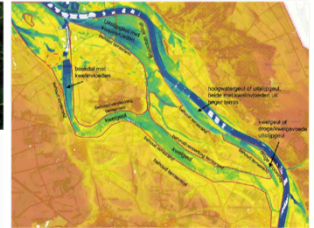
- **Kwelgeulen.** Relatief ondiepe grondwatergevoede kwelgeulen, maximale diepte ca. 0,30 tot 0,80 meter, breedte ca. 5-20 m.
- **Droge geulen:** In bepaalde terrassen zit het grondwater vrij diep; hier zijn droge uitslijpgeulen in een zandige ondergrond kenmerkend.
- **Kleine hoogwatergeulen (recente overstromingsvlakte):** In wat bredere delen van de recente overstromingsvlakte ligt soms ruimte voor een kleine hoogwatergeul. Deze geulen hebben een beperkte diepte (max. 1,5 m, aftopend naar 0) en hebben een relatief hoge instroom en onringende stroomruim langs de rivier lopen. Ondanks rivierinvloeden kennen ze meestal nog steeds grondwaterinvloeden vanuit het naastgelegen laagterras. De (landschaps)ecologische kwaliteit is doorgaans gebaat bij een aftakking van de rivier (alleen een natuurlijke 'overloopdrempel' voor het grondwater).
- **Droge terrassen:** De droge component van het terraslandschap is net zo belangrijk als de natte component. De Zandmaasterrassen zijn van nature over grote arealen droge systemen (met bijv. potenties voor stroomdalgraslanden en hardhoutoebos).

**Niet-kenmerkende inrichtingsstructuren:**

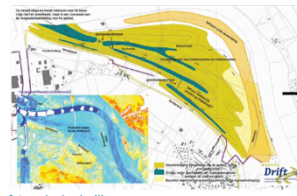
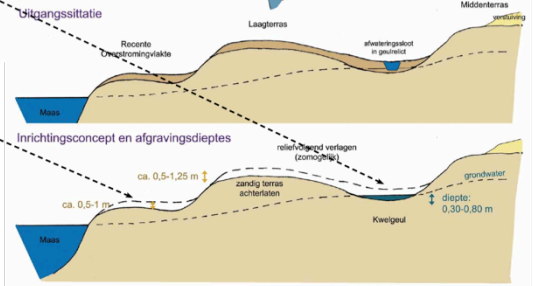
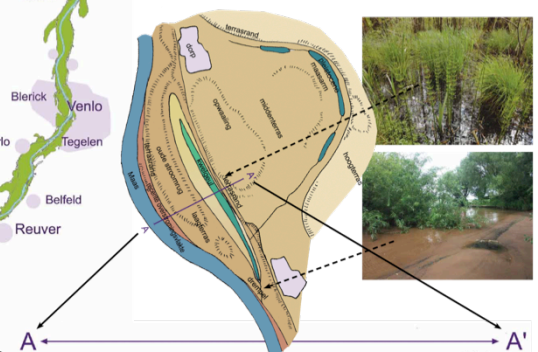
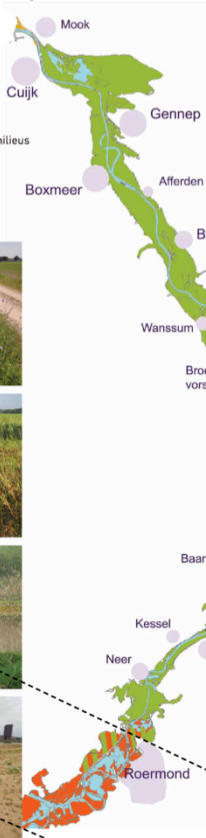
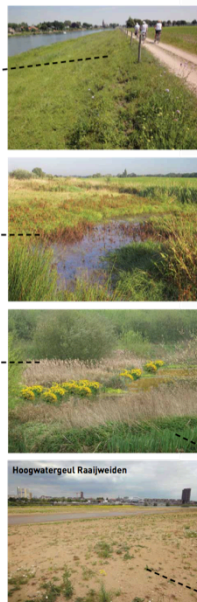
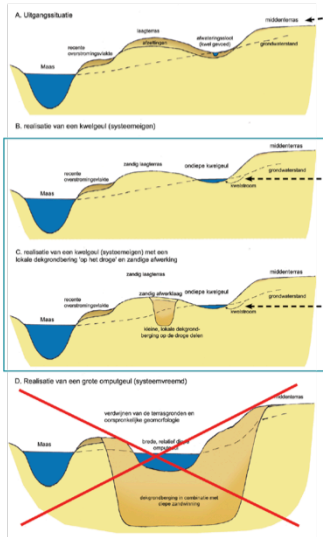
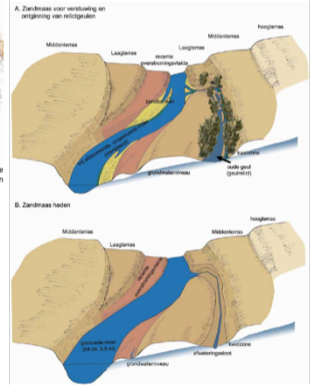
- **Stromende nevengeulen** zijn systeemvreemd voor de Zandmaas. Lokaal liggen wel nieuwe kansen rond de stuwen (systeemmerken zijn hier definitief gewijzigd).
- Ook kent de Zandmaas van nature geen grote hoogwatergeulen of plassen (bv. type Lomm of Well-Aijen).

**Referentiegebieden/projecten**

- **Kwelgeulen (in terraslandschap):** Nog geen referentieproject langs dit riviertraject uitgevoerd (in ontwikkeling: hoogwatergeul Wanssum).
- **Kleine hoogwatergeul recente overstromingsvlakte:** Raaijweide bij Venlo/Blerick.
- **Droge terrassen:** de natuurgebieden als de Barbara's Weerd (Arcen) en Berckerveld (Baarlo).
- **Natuurlijke referenties:** Lokaal nog kenmerkende kwelmilieus in oude Maasarmen, zoals bij Reuver, Meerlo en Arcen.



Terrassenstructuur van de Zandmaas



Ontwerp kwelgeulen Wanssum (ontwerp: Bureau Drift)

**Meer weten?**

- **De Zandmaas, ecologie en historische veranderingen van een terrasrivier.** Peters, B., 2010. Limburgse Natuur in een veranderend landschap. Natuurhistorisch Genootschap in Limburg, Maastricht.
- **Kwaliteitsprincipes Uiterwaardinrichting.** Peters, B., 2009. Principes voor de landschaps-ecologische kwaliteit van inrichtingsprojecten in het rivierengebied. Uitgave van het ministerie van LNV, Staatsbosbeheer, Rijkswaterstaat en Dienst Landelijk Gebied.

- **Toekomst van een Zandrivier.** deelrapport Geologie, geomorfologie en hydrologie. A. van Winden & W. Overmars, 1999. In opdracht van SMF Limburg, SLL, SSB, NM en WNF, Stroming, Koop-Kapstel.
- **Inrichtingsplan hoogwatergeul Wanssum.** B. Peters & H. de Mars. In opdracht van DLG-Limburg, Bureau Drift, Berg en Dal.









**Bureau Waardenburg bv**  
Onderzoek en advies voor ecologie & landschap  
Postbus 365, 4100 AJ Culemborg  
Telefoon 0345-512710, Fax 0345-519849  
E-mail [info@buwa.nl](mailto:info@buwa.nl), [www.buwa.nl](http://www.buwa.nl)