

HANDBOEK ECOHYDROLOGISCHE SYSTEEMANALYSE BEEKDALLANDSCHAPPEN



2017
05

stowa

ontwikkeling+beheer natuurkwaliteit

o+bn

HANDBOEK ECOHYDROLOGISCHE SYSTEEMANALYSE BEEKDALLANDSCHAPPEN



**FEUILLETON
BEEKHERSTEL**

COLOFON

Amersfoort, april 2017

Uitgave

Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

Auteurs

Daan Besselink (Arcadis), Dolf Logemann (Arcadis), Harmen van de Werfhorst (Arcadis), André Jansen (Unie van Bosgroepen), Bart Reeze (Bart Reeze Water & Ecologie).

Begeleidingscommissie

Pui Mee Chan (STOWA), Daniël Coenen (Waterschap Brabantse Delta), Rob van Dongen (Staatsbosbeheer), Corine Geujen (Natuurmonumenten), Paul Hendriks (Waterschap Hunze en Aa's), Marcel Horsthuis (Unie van Bosgroepen), Harry Huijskes (Provincie Gelderland), Esther de Jong (Waterschap Limburg), Mirja Kits (Waterschap Aa en Maas), Johan Medenblik (Provinsje Fryslân), Erik Raaijmakers (Waterschap Limburg), Michelle Talsma (STOWA), Linda van der Toorn (Waterschap Vechtstromen), Bas van der Wal (STOWA), Wim Wiersinga (VBNE)

Referaat

Dit handboek richt zich op de instrumenten om een goede systeemanalyse van het stroomgebied ten behoeve van ecologisch herstel op te stellen. Het gaat om het snappen van de processen die bijdragen aan het herstel van levensgemeenschappen in de beek en in het beekdal. Tot nog toe was de kennis hierover slechts gefragmenteerd aanwezig. Dit handboek wil deze kennis samenbrengen en beschikbaar stellen voor de praktijk van het ecologisch herstel van beken en beeklandschappen. Het accent van dit handboek ligt bij de instrumenten die nodig zijn om een systeemanalyse op te stellen voor herstelmaatregelen in beken en beekdalen en richt zich op een probleemgestuurde aanpak, afgeleid van de beleidsvragen die waterschappen, terreinbeherende organisaties en anderen regelmatig tegenkomen.

Trefwoorden

Ecohydrologie, systeemanalyse, beekdallandschappen, hydrologie, ecologie, terreinbeheerders, stroomgebied, beekdalbreed, praktijkgericht.

Uitvoering

Deze studie is tot stand gekomen in opdracht van Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA) en de Deskundigenteams Beekdallandschappen en Nat Zandlandschap van het Kennisnetwerk Ontwikkeling en Beheer Natuurkwaliteit (OBN).

De kennis en ervaringen die in dit rapport zijn beschreven zijn algemeen geldend, vandaar dat de STOWA dit rapport opneemt in de publicatiereeks.

Vormgeving Shapeshifter.nl | Utrecht

Fotografie Adobe Stock (blz . 8, 14 en 212), Daan Besselink (blz. 10 en 234), Istockphoto (blz 6, 28 en cover), Dolf Logemann (blz. 192), Lars Soerink/Vildaphoto (blz. 4, 24, 38 en 168).

Druk Drukkerij Libertas Pascal | Utrecht

STOWA 2017-05

ISBN 978.90.5773.730.5

Copyright

De informatie uit dit rapport mag worden overgenomen, mits met bronvermelding. De in het rapport ontwikkelde, dan wel verzamelde kennis is om niet verkrijgbaar. De eventuele kosten die STOWA voor publicaties in rekening brengt, zijn uitsluitend kosten voor het vormgeven, vermenigvuldigen en verzenden.

Disclaimer

Dit rapport is gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijd kritisch worden beschouwd. De auteurs en STOWA/OBN/VBNE kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit dit rapport.

De grondbeginselen van STOWA/OBN zijn verwoord in onze missie:

Het samen met regionale water- en natuurbeheerders definiëren van hun kennisbehoeften op het gebied van het water- en natuurbeheer en het voor én met deze beheerders (laten) ontwikkelen, bijeenbrengen, beschikbaar maken, delen, verankeren en implementeren van de benodigde kennis.



INHOUDSOPGAVE

	Colofon	2
	Ten geleide	4
	Links	6

H1	INLEIDING	8
-----------	------------------	----------

DEEL 1	HET BEGRIP SYSTEEMANALYSE	14
H2	Systeemgericht denken	14
H3	Onderzoeksstrategie	24

DEEL 2	DE SYSTEEMANALYSE	28
H4	Eerste algemene orientatie	28
H5	Systeemanalyse op niveau van stroomgebied en standplaats	38

DEEL 3	DE SYSTEEMANALYSE PER THEMA	168
H6	Beekherstel	168
H7	Hydrologisch herstel van beekdalnatuur	192
H8	Inundatie en waterberging	212

	Nawoord	235
	Literatuur	237
	Bijlage	238
	STOWA in het kort	240
	OBN in het kort	242

TEN GELEIDE



Bij het beheer van beekdalen zijn veel partijen betrokken. Daaronder zijn gemeenten, agrariërs, drinkwaterbedrijven, (natuur)terreinbeheerders en waterschappen. Die organisaties hebben belangen bij goed waterbeheer, dat afgestemd is op hun beheerdoelen. Hoe divers die doelen ook mogen zijn, veelal zijn ze geënt op het samenhangend systeem van grond- en oppervlaktewater. Dat water is in feite een ‘onderlegger’ onder veel ecosysteemdiensten.

Het is daarom belangrijk dat inzicht bestaat in het functioneren van het grond- en oppervlaktewatersysteem. Voorliggend Handboek beschrijft de methode die gevolgd kan worden bij een ecohydrologische systeemanalyse van beekdalen. Het ontsluit de meest recente kennis en de bewezen instrumenten die water- en terreinbeheerders ten dienste staan bij zo’n analyse.

Het Handboek is bovendien een goede basis voor beleids- en beheerdoelen, doordat alle beheerders hiermee een grondige analyse van het functioneren van het watersysteem uitvoeren. Maatregelen die zijn uitgevoerd op grond van een goede analyse en systeembegrip zijn het meest effectief en duurzaam en vergen vaak minder onderhoud. Het Handboek is opgesteld in gezamenlijke opdracht van het Kennisnetwerk Ontwikkeling en Beheer Natuurkwaliteit (OBN) en de Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA). Het stimuleert de samenwerking tussen de waterbeheerder en natuurbeheerder. Dit is zeer belangrijk omdat water en natuur en meer specifiek de uitvoering van beekherstel, verdrogingsbestrijding en waterberging niet los van elkaar kunnen worden aangepakt.

Om de verschillende aspecten van beekherstel te belichten, geeft STOWA een beekfeuilleton uit, het Handboek Ecohydrologische systeemanalyse beekdallandschappen is het tweede deel (het eerste deel is het Handboek geomorfologisch beekherstel).

Wij hopen dat het Handboek zijn weg naar de praktijk zal vinden en dat reacties die voortkomen uit het gebruik naar ons terugstromen.

JOOST BUNTSMA,
Directeur STOWA



TEO WAMS
*Voorzitter van de
Adviescommissie OBN*



LINKS





In dit Handboek wordt regelmatig verwezen naar websites door middel van links in de tekst. De links verwijzen naar websites waarop bijvoorbeeld aanvullende informatie staat of een interactieve kaart. De links naar de websites zijn tot en met april 2017, de maand van uitgave, up-to-date.

Omdat de verwijzingen statisch zijn, maar internet dynamisch, kan het voorkomen dat enkele links in de tijd niet meer up-to-date zijn en naar een verouderde pagina verwijzen. Wij zullen ons inzetten om de links in de beschikbare PDF-versie bij te werken, maar wij kunnen niet garanderen dat alle verwijzingen altijd werken. Wij adviseren in dat geval via de hoofdpagina te zoeken naar de juiste pagina.

Wij hopen dat u optimaal gebruik zult maken van de extra informatie die op internet wordt ontsloten.

H1 INLEIDING

1.1 VERANTWOORDING

Het initiatief voor dit handboek ligt bij de Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA) en de Deskundigenteams 'Beekdallandschap' en 'Nat zandlandschap' van het Kennisnetwerk Ontwikkeling en Beheer Natuurkwaliteit (OBN).

Het handboek maakt deel uit van het feuilleton over beek(dal)herstel van de STOWA. Dit feuilleton bestaat naast het voorliggende deel uit nog drie delen: het Handboek Geomorfologisch Beekherstel (reeds afgerond: Makaske en Maas, 2015), Beekherstel en erfgoed (in voorbereiding) en Ecologie.

1.2 TOTSTANDKOMING

Het voorliggende handboek is samengesteld door een consortium van Arcadis Nederland BV (penvoerder en auteurs: Daan Besselink, Dolf Logemann, Harmen van de Werfhorst en bij aanvang ook Linda van der Toorn), de Unie van Bosgroepen (André Jansen) en Bart Reeze Water & Ecologie. Het consortium werd daarbij begeleid door een werkgroep van ecologen en hydrologen van waterschappen, terreinbeherende organisaties en provincies.

Onderdeel van de totstandkoming was een workshop met experts uit verschillende organisaties, waaronder Alterra, TNO Deltares en de Universiteit van Utrecht en leden van de beide bovengenoemde OBN-deskundigenteams.

1.3 DOEL EN DOELGROEP

Het handboek is bedoeld voor alle personen die betrokken zijn bij beekdalbeheer en -herstel, zoals (geo)hydrologen, (aquatisch) ecologen, fysisch geografen, geomorfologen, beleidsvoorbereiders, planvormers, modellers, projectleiders en beheerders van waterschappen, terreinbeherende organisaties, provincies en adviesbureaus.

Het handboek richt zich op die instrumenten die nodig zijn om, vanuit een aantal beleidsvragen, een goede systeemanalyse van het stroomgebied op te stellen. Het gaat erom te snappen welke processen bijdragen aan het herstel van levensgemeenschappen in beek en beekdal. Tot nog toe was de kennis hierover gefragmenteerd aanwezig. Dit handboek wil deze kennis samenbrengen en beschikbaar stellen voor de praktijk van het ecologisch herstel van beken en beekdallandschappen. Wij denken dat herstelmaatregelen in beken en beekdalen hierdoor beter, doelmatiger en efficiënter kunnen worden uitgevoerd.

1.4 AFBAKENING

Het accent van dit handboek ligt op de instrumenten die nodig zijn om een watersysteemanalyse uit te voeren. Die analyse is de opmaat voor de bepaling van de herstelbaarheid van beken en beekdalnatuur. Het handboek sluit aan bij het Werkkader landschapsecologische systeemanalyse (LESA: Van der Molen et al., 2011). Het handboek vult de hydrologische component van dit werkkader nader in. Het legt daarnaast een verbinding met aanpalende disciplines als aquatische ecologie, ecohydrologie en geo(hydro)morfologie. Het handboek gaat uit van concrete vragen die de gebruiker helpen om zelf door toepassing van praktische instrumenten systeeminzicht te ontwikkelen. Het handboek heeft dus een probleemgestuurde aanpak, afgeleid van de heersende beleidsvragen.

Voor elk van deze beleidsvragen wordt een aanbevolen werkwijze geschetst en worden de instrumenten benoemd die nodig zijn om deze werkwijze uit te voeren. Het gaat om openbare, goed ontsloten instrumenten zoals handleidingen, websites met geo-informatie en wetenschappelijke literatuur. Theoretische kennis is opgenomen mits deze voor de doelgroep relevant is.

1.5 INZET MODELLEN

Bij het opstellen van plannen worden voor de uitvoering van hydrologische aspecten vaak regionale modellen gebruikt. Het komt nog te vaak voor dat dit gebeurt zonder een goed begrip van het hydrologisch systeem. Bijvoorbeeld wanneer regionale modellen zonder voorbehoud worden ingezet voor uitspraken over zeer lokale situaties, of wanneer nieuwe modellen worden gebaseerd op verkeerde aannames. Beide vaak met foute en/of misleidende uitkomsten tot gevolg.

Dit alles is geen pleidooi om geen modellen te gebruiken, integendeel. Modellen hebben absoluut hun nut, zeker als het om de kwantificering en de ruimtelijke en/of temporele interpolatie gaat. Ook voor de kwantificering van (de stuurknoppen voor) herstelmaatregelen kunnen modellen zinvol worden ingezet, maar wees bewust van de schaal en kwaliteit van het model.

VERIFIEER ALTIJD VOOR GEBRUIK HET SCHAALNIVEAU ÉN DE KWALITEIT VAN EEN MODEL EN WEEG AF OF, EN ZO JA IN HOEVERRE, HET MODEL TOEGEPAST KAN WORDEN.

Wij pleiten er wel voor om niet te snel naar een model te grijpen, maar eerst met meer simpele methoden en veldwaarnemingen een basisbegrip te vormen van de werking van het hydrologisch systeem in het desbetreffende stroomgebied. Hoofdstuk 4 (Oriëntatie) en 5 (Systeemanalyse) uit dit handboek bieden daarvoor de ingrediënten. Met deze ingrediënten kunnen de juiste vragen aan het model worden gesteld en worden de uitkomsten beter geïnterpreteerd.

1.6 STRUCTUUR HANDBOEK

Hoofdstuk 2 en 3 zijn introducerende hoofdstukken over het begrip en het doel van de systeemanalyse. De inhoudelijke uitwerking van de systeemanalyse is in de daarop volgende hoofdstukken 4 tot en met 8 uiteengezet. Deze vier hoofdstukken hebben een consequente opbouw. Aan de hand van vier terugkerende vragen wordt de gebruiker door de systeemanalyse geloodst. De vragen en terugkerende kopjes zijn:

- Wat ga ik doen? Ofwel: ➔ **Kern**
- Welke vragen wil ik beantwoorden? Ofwel: ❓ **Vragen**
- Hoe voer ik deze stap uit en wat is daarvan het resultaat? Ofwel: ⚠ **Aanpak**
- Welke bronnen van informatie zijn mogelijk nuttig? Ofwel: ⓘ **Informatie**

1.7 AANBEVOLEN WERKWIJZEN: SYSTEEMBENADERING

In dit handboek presenteren wij voor de verschillende vraagstukken ‘aanbevolen werkwijzen’. Deze zijn ontleend aan de jarenlange ervaring van alle betrokkenen. Natuurlijk bent u hier niet aan gebonden. Afwijken mag. Maar stelt u zichzelf dan de vraag waarom u afwijkt. Heeft u echt voldoende informatie verzameld en kent u het systeem voldoende om de juiste hypothese te stellen?

De kern van de aanbevolen werkwijze bestaat uit het eigen maken van het hydrologisch functioneren van het watersysteem. Dit onderdeel is omschreven in de hoofdstukken 4 (Oriëntatie) en 5 (Systeemanalyse). De stappen die daarin zijn genoemd gaan vooraf aan de uitwerking van de eigenlijke beleidsopgaven, waarvan er drie belicht zijn: beekherstel, hydrologisch herstel van beekdalnatuur en waterberging.

Uiteraard hebben de verschillende beleidsopgaven een wederzijdse relatie, zeker wanneer ze zich in hetzelfde beekdal voordoen. Houd dat voor ogen tijdens het doorlopen van de systeemanalyse, met name bij de afsluitende synthese.

H2 SYSTEEMGERICHT DENKEN

2.1 INLEIDING

Systeemgericht denken helpt om het complexe systeem van bodem, hydrologie en ecologie beter te begrijpen. Daarom is systeemgericht denken voor alle beleids- en beheervraagstukken zinvol. De investering die daarvoor nodig is, scheelt per saldo tijd, kosten en inspanning.

Systeemgericht denken begint met het raadplegen van kaarten en luchtfoto's, het kijken in het veld, hypothesen formuleren, eenvoudige onderzoeken verrichten en logisch en interdisciplinair nadenken. Verder helpt systeemgericht denken bij de hydrologische modellering en het stellen van onderzoeksvragen. Soms maakt het de modellering overbodig.

**DIT HOOFDSTUK OMVAT DE KERNBODSCHAP VAN HET HANDBOEK:
ZORG VOOR EEN STAPSGEWIJZE, SYSTEEMGERICHTE AANPAK WAARMEE
EEN GOED BEELD WORDT VERKREGEN VAN DE GEOHYDROLOGISCHE EN
ECOHYDROLOGISCHE RELATIES IN EEN GEBIED.**

Deze relaties moeten bekend zijn om de sturende factoren te kunnen onderscheiden, waarmee vervolgens doelgerichte maatregelen ontworpen kunnen worden.

2.2 SYSTEEMANALYSE

Een systeem is opgebouwd uit verschillende onderdelen of elementen. Deze onderdelen vertonen onderlinge relaties die kunnen worden beschreven als fysische, fysisch-chemische en/of biochemische processen. Het type relatie kan sterk verschillen: van sturend, dominant of afhankelijk tot katalyserend.

De elementen en hun onderlinge relaties vormen samen deelsystemen. Tussen deelsystemen bestaan op een hoger niveau van ordening ook weer (proces)relaties. In de systeembenadering wordt getracht het geheel van elementen, deelsystemen en (proces)relaties te analyseren op relevantie voor het natuurbeheer.

Het denken in systemen vereist vier aspecten:

- 1 Het behouden van het overzicht;
- 2 Het inhoudelijk analyseren van onderdelen;

-
- 3 Het in beeld brengen van de onderlinge relaties tussen deze onderdelen;
 - 4 Het aanbrengen van grotere verbanden.

**DE MEERWAARDE VAN EEN SYSTEEMBENADERING IS DAT STURENDE
PROCESSEN ZICHTBAAR WORDEN, WAAR ZIJ ANDERS DOOR FIXATIE OP
INDIVIDUELE ONDERDELEN BUITEN BEELD Zouden Blijven.**

Bijvoorbeeld: een maatregel zoals een betredingsverbod ter bescherming van orchideeën in een beekdal krijgt pas betekenis als de waterhuishouding ter plaatse optimaal is. De waterhuishouding is immers doorgaans sturend.

2.3 VOLGORDE VAN DENKEN

Hiërarchie in milieucompartimenten

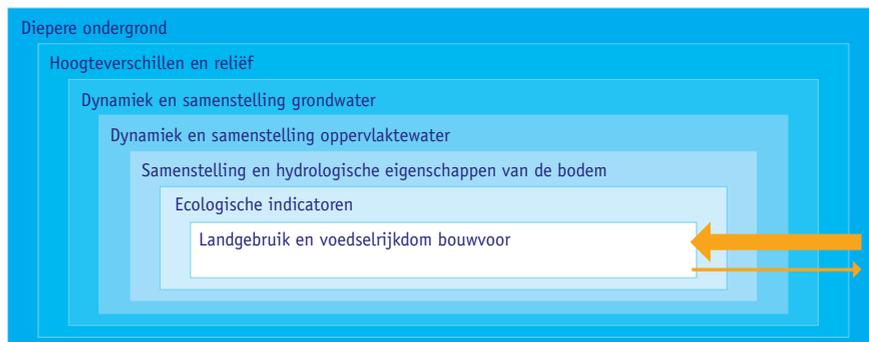
Het Rangordemodel van Bakker et al. (1979) beschrijft goed hoe de diverse milieucompartimenten elkaar beïnvloeden. In de loop der tijd is dit model op onderdelen gewijzigd. In dit handboek hanteren wij een aangepaste versie van dit model (figuur 1). De kern is dat er sprake is van een hiërarchie in de beïnvloeding. Processen binnen een landschap worden gedreven door factoren die elkaar beïnvloeden volgens een bepaalde volgorde.

De beïnvloeding is wederzijds, maar in het algemeen heeft een factor van een hogere orde (bv. gesteente) op de lange duur meer invloed op een factor van een lagere orde (bv. reliëf) dan andersom. Dit handboek sluit aan bij deze hiërarchische denkwijze. Aanbevolen wordt om deze hiërarchische volgorde ook te hanteren bij de uit te voeren stroomgebiedsanalyse.

Bakker heeft eigenlijk klimaat als hoogste milieucompartiment benoemd. Binnen Nederland varieert het klimaat echter beperkt. Een analyse op klimaat is daarvoor niet nodig. Hooguit wanneer er sprake is van stijregens nabij stuwwallen. Klimaat wordt in dit handboek daarom niet uitgewerkt. Echter, hoe verder een systeemanalyse over onze landsgrenzen wordt uitgevoerd, hoe belangrijker dit onderdeel wordt. Klimaatverandering komt wel aan de orde als onderdeel van de grond- en oppervlaktewaterdynamiek.

FIG 1 HIËRARCHISCHE RELATIES TUSSEN MILIEUCOMPARTIMENTEN

Volgens het Rangordemodell; aangepast naar Bakker et. al. (1979).

**2.4 DENKEN IN SCHAALNIVEAUS**

Onze tweede aanbeveling is om de systeemanalyse op te bouwen rond verschillende schaalniveaus. Hierbij volgen wij het theoretisch kader van Van Wirdum (1979). Van Wirdum schetste drie schaalniveaus die de standplaatsconditie van een plant bepalen: positioneel, conditioneel en operationeel (figuur 2). De beïnvloeding is ook hier hiërarchisch en van grof naar fijn gericht. Tegelijk is er sprake van een sequentiële relatie die de verandering in de tijd weergeeft.

In dit handboek wordt met name stil gestaan bij drie van de vier schaalniveaus van Van Wirdum, die vervolgens worden toegelicht:

- 1 Positionele relaties op de schaal van het stroomgebied;
- 2 Conditionele relaties op de schaal van de standplaats;
- 3 Operationele relaties op de schaal van het wortelmilieu.

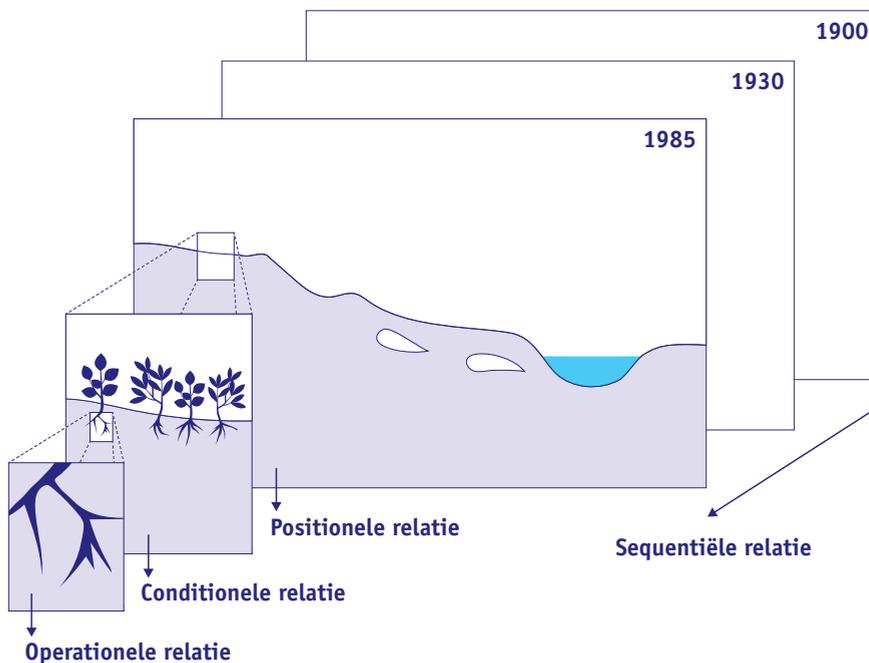
Onderstaand zijn deze schaalniveaus toegelicht.

Het schaalniveau van het stroomgebied (positionele relaties)

De eerste stap van de systeemanalyse gaat over de eigenschappen en factoren op schaal van een landschap, in dit geval een beekdal of een stroomgebied. Deze stap is bedoeld om de grotere sturende processen in het stroomgebied te onderkennen en daarmee ook de plek van de beek of het te herstellen natuurgebied in de bredere setting van het beekdal.

FIG 2 RELATIES OP VERSCHILLENDE SCHAALNIVEAUS NAAR VAN WIRDUM (1979)

(Bron: Jalink & Jansen, 1995).



Het schaalniveau van de standplaats (conditionele relaties)

De tweede stap van de systeemanalyse zoomt in op het lokale niveau van vooral de conditionele relaties. Hiermee komt het accent van de analyse te liggen op de standplaatsfactoren van een vegetatie of een levensgemeenschap in een beek.

Het schaalniveau van het wortelmilieu (operationele relaties)

Het derde schaalniveau dat Van Wirdum onderscheidt, het operationele niveau, is voor de systeemanalyse minder relevant. Het gaat vooral in op de relatie tussen de individuele planten en hun omgeving, bijvoorbeeld in het wortelmilieu. Het draagt minder bij aan de systeemanalyse, vandaar dat er in dit handboek niet verder op in wordt gegaan.

De historische context (verloop in de tijd)

De sequentiële relaties in het schema van Van Wirdum is voor de systeemanalyse

daarentegen weer wel van belang. De historische context en de variatie op kortere tijdschaal kunnen immers veel informatie geven over de knelpunten in én de potenties voor herstel van het hydrologisch systeem. Het zal in dit handboek uitdrukkelijk aandacht krijgen, met name bij de historische beschouwing (zie hoofdstuk 5).

IN DIT HANDBOEK SPREKEN WE OVER DE SCHAAL VAN STROOMGEBIED EN STANDPLAATS ALS AANDUIDING VOOR DE SCHAAL VAN DE POSITIONELE EN CONDITIELE RELATIES.

2.5 ECOLOGISCHE SLEUTELFACTOREN

De Stowa heeft voor stromende wateren de volgende tien Ecologische Sleutelfactoren (ESF) benoemd (STOWA, 2015). Dit zijn factoren die, zoals de naam het al zegt, een sleutelrol hebben in het functioneren van het ecohydrologisch watersysteem (STOWA, 2014). De methodiek biedt houvast bij systeemherstel van beken en watergangen. In dit handboek maken we er gebruik van voor de uitwerking van de thema's 'Beekherstel' (hoofdstuk 6) en 'Waterberging' (hoofdstuk 8).

- ESF-r1 Afvoerdynamiek;
- ESF-r2 Grondwater;
- ESF-r3 Connectiviteit;
- ESF-r4 Belasting;
- ESF-r5 Toxiciteit;
- ESF-r6 Natte doorsnede;
- ESF-r7 Bufferzones;
- ESF-r8 Waterplanten;
- ESF-r9 Stagnatie;
- ESF-r10 Context.

De sleutelfactoren hebben in verhouding tot de (aangepaste) figuur van Bakker (figuur 1), vooral aandacht voor het aquatisch milieu. Ook de omgeving van de beek is meegenomen, zoals de overstromingszones van de beek in de sleutelfactor 'bufferzones'. In deze sleutelfactor ligt dus een duidelijke fysieke relatie tussen beek, waterberging en natte natuur. Figuur 3 duidt de ruimtelijke relatie tussen de ESF's en het beekdal.

FIG 3 **INDICATIEVE POSITIE VAN DE SLEUTELFACTOREN BINNEN HET BEEKDAL**

(Bron: Stowa, 2015)



Net als bij Bakker is er sprake van een zekere hiërarchie. Zaken als schaalniveau of andere variabelen als stroming zijn niet expliciet opgenomen als afzonderlijke sleutfactor. Grotendeels vallen deze variabelen onder een andere sleutfactor. In de volgende paragraaf wordt daar verder op ingegaan.

2.6 SCHAALNIVEAUS BIJ BEEKPROJECTEN

Reeze en Laseroms (2015) hebben vanuit een hydrologische scope voor ecologie de belangrijkste relaties in beeld gebracht (figuur 4). Essentieel is het terugkoppelmechanisme tussen stroming, sedimentbeweging en profiel dat zij beschouwen als één overkoepelende factor. In de figuur is naast een terugkoppelmechanisme ook onderscheid gemaakt in schaalniveau, analoog aan de eerder besproken figuur 2 van Van Wirdum (zie paragraaf 2.4).

FIG 4 ECOLOGISCHE SLEUTELFACTOREN ALS FUNCTIE VAN DE PLAATS IN HET BEEKDAL

Oranje omlijnd zijn de hydrologisch relevante factoren. De factoren die donkerblauw zijn gekleurd, worden in dit handboek verder uitgewerkt. Waterplanten komen in het vierde deel van het Feuilleton Beekherstel, Ecologie, nader aan de orde. Aangepast naar Reeze en Laseroms (2015).

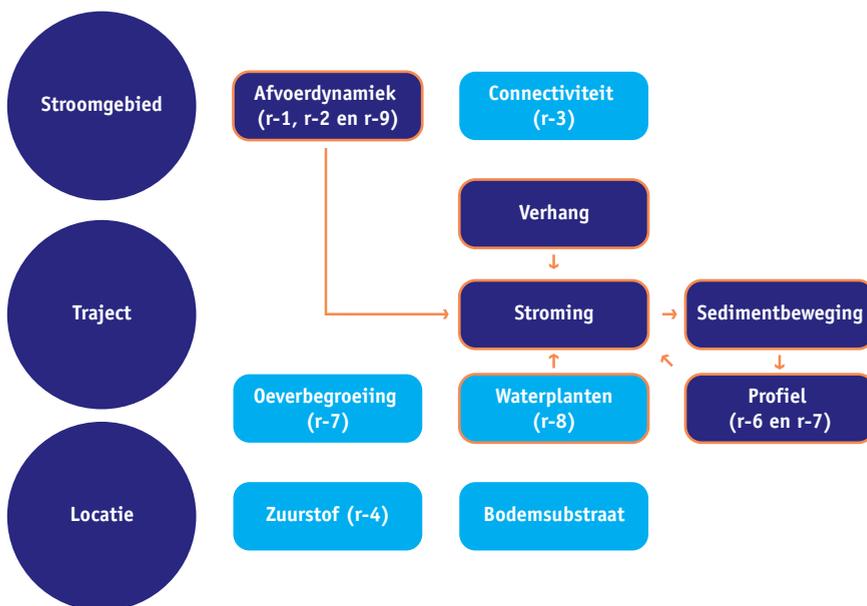


FIG 5 INDICATIEVE POSITIE VAN DE SLEUTELFACTOREN IN STILSTAANDE WATEREN

(Bron: STOWA, 2014)



Dit handboek helpt de ecologische sleutelfactoren te analyseren op het niveau van het stroomgebied en het beektraject. Deze schalen komen overeen met het schaalniveau van het landschap en de standplaatscondities van Van Wirdum.

In deze [figuur 4](#) zijn ook de relevante ESF-codes opgenomen. Niet alle ESF's hebben in de figuur van Reeze en Laseroms een plaats gekregen. Zo ontbreekt toxiciteit (r-5) in de figuur en is van de belasting (r-4) alleen het aspect zuurstof opgenomen. Deze ESF's hebben wel een plek in dit handboek. Verder volgt uit de figuur ook de nadrukkelijke relatie met het Handboek Geomorfologische Beekherstel (Makaske en Maas, 2015) uit het STOWA feuilleton; de donkerblauw gekleurde onderdelen in figuur 4 zijn in dit Handboek verder uitgewerkt.

In [figuur 3 en 4](#) zijn de ESF's genoemd voor de stromende wateren. Er zijn echter ook ESF's genoemd voor de stilstaande wateren (STOWA, 2014 en [figuur 5](#)). De factor verblijftijd is de voornaamste onderscheidende factor tussen deze twee watertypen. Door de lange(re) verblijftijd in stilstaande wateren spelen nutriënten een aanzienlijk grotere rol dan in stromende systemen met een korte verblijftijd. De bijbehorende ESF's kunnen van toepassing zijn in beeksystemen met een beperkt verval, zoals in bovenlopen en beekmondingen.

2.7 **SAMENVATTEND: SYSTEEMHERSTEL VERGT INTEGRATIE, VISIE EN TIJD**

Ondanks het feit dat de kernboodschap om primair naar het stroomgebied te kijken voor zich spreekt, blijkt uit de praktijk dat deze niet standaard is in onze aanpak. Het is essentieel voor herstelprojecten om de te herstellen locatie te bezien in de context van het hele stroomgebied. Ecologische en hydrologische processen blijven immers niet beperkt tot de locatie zelf, maar strekken zich uit over veel grotere eenheden, zoals het stroomgebied.

In een goede analyse wordt de samenhang van thema's geborgd. Hydrologie, geohydrologie, ecologie en waterkwaliteit, maar ook de 'minder toegankelijke' thema's als geomorfologie en hydromorfologie.

Een goed herstelproject kent daarnaast een overkoepelende visie voor het totale stroomgebied. Daarmee wordt duidelijk welke (eco)hydrologische sleutelfactoren van belang zijn en aan welke knoppen er in de loop der tijd gedraaid zal worden om tot herstel te komen. Bestuurlijke vastlegging is essentieel om het geheel in de loop der tijd stapsgewijs te kunnen concretiseren en realiseren.

H3 ONDERZOEKSSTRATEGIE

3.1 INLEIDING

Hoe begin je een (eco)hydrologische stroomgebiedsanalyse? Is er weinig tijd of geld of is een uitgebreid onderzoek gewenst? Zijn er al voldoende bouwstenen of moet de analyse van de grond af aan worden opgebouwd? In de praktijk zal het altijd schipperen zijn tussen enerzijds de beschikbare tijd en financiën en anderzijds de noodzakelijke kwaliteit die nodig is om met correcte aannames een goed besluit te nemen. Deze staan soms haaks op elkaar. Het is dan zaak om verstandig en dus goed onderbouwd te kiezen¹. Het voorliggende hoofdstuk helpt daarbij.

3.2 HET DOEL BEPAALT DE DIEPGANG

De aanpak van de systeemanalyse bestaat uit drie lagen die in [figuur 6](#) uiteengezet zijn:

- 1 een algemene oriëntatie;
- 2 een globale analyse op de schaal van een beekdal of een stroomgebied (positionele relaties);
- 3 een verfijnde analyse op de schaal van het te herstellen object of de standplaats (conditionele relaties).

De bovenstaande volgorde is altijd dezelfde: de analyse begint bij de algemene oriëntatie op stroomgebiedsniveau. Ecologische en hydrologische processen blijven immers niet beperkt tot de locatie zelf, maar strekken zich uit over veel grotere eenheden, zoals het stroomgebied. Ze hebben ook een lange tijdhorizon.

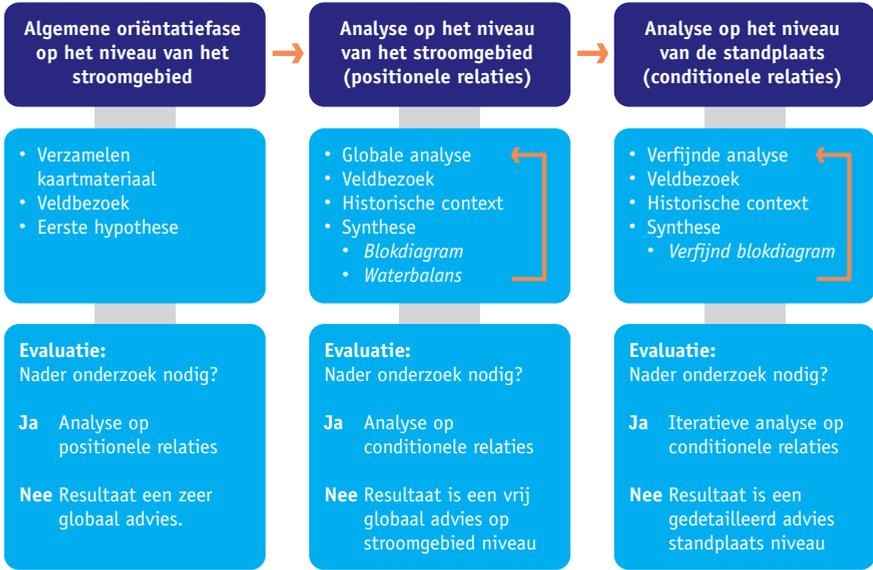
BEKIJK EERST HET STROOMGEBIED, VOORDAT JE INZOOMT OP HET PROJECTGEBIED

Afhankelijk van de te beantwoorden vragen zijn ook de nadere analyses op stroomgebiedsniveau en/of standplaatsniveau nodig. Het doel van de analyse bepaalt dus welk(e) niveau(s) van de systeemanalyse doorlopen moeten worden. De gewenste mate van zekerheid is afhankelijk van de beleidsvraag die beantwoord moet worden.

¹ *Soms kan het zelfs beter zijn om NIETS te doen in plaats van snel te handelen, hoewel er op dat moment geld beschikbaar is of omdat de politiek een wens heeft kenbaar gemaakt. Ingrijpen op basis van onvoldoende systeeminzicht kan immers een averechtse werking hebben.*

FIG 6 OPBOUW VAN DE SYSTEEMANALYSE NAAR DRIE NIVEAUS

Werkwijze van links naar rechts. De systeemanalyse wordt op elk niveau afgerond met een evaluatie.



Gaat het om een tekst voor een globale Omgevingsvisie of om de complexe inrichting van een nat natuurgebied? Wordt om een globaal of een exact, kwantitatief antwoord gevraagd? Gaat het om een grote maatschappelijke investering? Speelt het antwoord een belangrijke rol in het gebiedsproces?

Zorg dus dat u een goed beeld heeft van de beleidsopgave waar u voor staat. Een goed beeld van uw opgave geeft focus aan de analyse. Het helpt u bovendien scherper te kijken en knelpunten adequater te formuleren.

Conform [figuur 6](#) is er dus sprake van drie mogelijke eindstations:

1 Algemene oriëntatie op stroomgebiedsniveau

De eerste analyse omvat een algemene oriëntatie zonder gebruik van rekenmodellen op het beekdal. Het focust op de positionele relaties. De opgedane kennis is nog te weinig om er beleid op te baseren, maar een aantal kenmerken van het beekdal worden er al wel duidelijk door.

2 Analyse op stroomgebiedsniveau

De tweede analyse is gericht op het stroomgebiedsniveau, als een algemeen inzicht in de positionele relaties en de belangrijkste sturende variabelen gewenst is. Een dergelijke analyse is ook geschikt om het onderzoeksgebied af te bakenen en specifieke verdiepende vragen te stellen (ook aan de hydrologische modellen) die de hypothese moeten aanscherpen. Modellen kunnen in deze fase gebruikt worden om gevoel te krijgen bij het watersysteem.

3 Nadere analyse op standplaatsniveau

De derde analyse is een nadere analyse op standplaatsniveau om maatregelen te concretiseren, wanneer belangrijke investeringen gedaan moeten worden en er een grote zekerheid moet zijn over de (doorgaans) gekwantificeerde resultaten. Daarvoor is inzicht nodig in zowel de positionele als de conditionele relaties en de relevante ecologische sleutelfactoren.

3.3 SYNTHESE = HYPOTHESE

Elke inhoudelijke stap heeft een synthese van het verzamelde materiaal en een hypothese over de sturende hydrologische processen in het beekdal, de knelpunten en de belangrijkste stuurvariabelen voor natuurherstel. Op elk volgend niveau wordt deze hypothese bijgesteld. Daardoor wordt het beeld steeds verfijnder en betrouwbaarder.

De systeemanalyse wordt op elk niveau afgerond met een evaluatie. U stelt zichzelf dan de vraag wat u nog moet weten in relatie tot het doel dat u nastreeft. U bepaalt dan:

- 1 of u de oorspronkelijke (beleids)vragen voldoende kunt beantwoorden: u stopt dan;
- 2 of u nog een aspect moet doorlichten waar nader onderzoek voor nodig is: dan voert u op één of enkele onderwerpen een verdiepend onderzoek uit;
- 3 of dat u de systeemanalyse op het volgende schaalniveau gaat uitwerken.

3.4 INDELING HOOFDSTUKKEN SYSTEEMANALYSE

De algemene oriëntatie is uitgewerkt in hoofdstuk 4. De nadere systeemanalyse voor de relaties op stroomgebiedsniveau en standplaatsniveau zijn uitgewerkt in hoofdstuk 5. Specifieke analyses voor specifieke beleidsopgaven zijn uitgewerkt in de hoofdstukken 6 Beekherstel, 7 Hydrologisch herstel van beekdalnatuur en 8 Waterberging. Afhankelijk van de vraag bepaalt u dus voor aanvang welke hoofdstukken doorlopen dienen te worden.

H4 EERSTE ALGEMENE ORIËNTATIE

4.1 INLEIDING

Stel: u wordt om een analytisch oordeel gevraagd over een stroomgebied, een beekdal of een natuurgebied in een beekdallandschap. Tien tegen één dat u zich als eerste de vraag stelt: “*Wat weet ik er al van af?*” en vervolgens: “*Welke informatie heb ik snel beschikbaar voor een eerste oordeel?*”. Pas daarna gaat u nadenken over een meer uitgebreide analyse, met of zonder model. Dat is precies wat wij u aanraden: begin met wat u voorhanden heeft en kijk eens in het veld rond wat u opvalt. Door dat te doen, kunt u het verdiepende onderzoek daarna scherper inkleden en bent u sneller bij een hypothese over wat er mis is en wat daar aan te doen is.

Het doel van deze algemene oriëntatie om een eerste idee te krijgen van de conditionele en vooral de positionele relaties van het te onderzoeken object in het stroomgebied én van de dominante standplaatsfactoren of ecologische sleutelfactoren.

Onder object verstaan wij: een te herstellen beektraject, natuurgebied of potentiële inundatielocatie. Met een algemene oriëntatie bedoelen we hier een onderzoek dat met een veldbezoek in de orde van een halve of een hele dag en een hele dag voorbereiding kan worden uitgevoerd.

Tijdens deze oriëntatie ligt de focus op het verzamelen van kaartbeelden en andere gemakkelijk beschikbare informatiebronnen. Het gebruik van modellen is overbodig. Wanneer na de oriëntatie de systeemanalyse vervolg krijgt, kan het raadplegen van modellen voor het ontsluiten van systeem informatie juist erg zinvol zijn.

4.2 FASERING

De algemene oriëntatie bestaat uit vier fases (zie [figuur 7](#)):

- 1 het verzamelen van bestaande, gemakkelijk te verkrijgen informatie;
- 2 het eerste, oriënterende veldbezoek;
- 3 het formuleren van een eerste globale idee over de hydrologie van het beekdal;
- 4 de evaluatie.

4.2.1 Oriëntatie bestaande informatie



Kern

De eerste stap is het verzamelen van eenvoudig verkrijgbaar materiaal, bij voorkeur in de vorm van kaarten.

FIG 7 STAPPENPLAN ALGEMENE ORIËNTATIE.

Uit de evaluatie kan blijken dat op één of enkele punten nog algemene informatie gewenst is, wat wordt weergegeven door de pijl aan de linkerzijde. Wanneer analyse op groter detailniveau gewenst is, gaat men verder met de systeemanalyse in hoofdstuk 5.



Vragen

- Op welke locatie bevindt het interessegebied of plangebied zich binnen het stroomgebied? Ter hoogte van het brongebied, de bovenloop, de middenloop of de benedenloop?
- Ligt het te beschermen of te herstellen gebied hoog op de flank in een inziggebied of juist laag in het beekdal waar mogelijk kwel aanwezig is?
- Ligt het doelgebied binnen de 25-jaar contour van een grondwaterwinning?
- Zijn er naastgelegen stroomgebieden of polders met een aanzienlijk lagere grondwaterstand, die mogelijk van invloed zijn op de locatie van de ondergrondse (hydrologische) waterscheiding?
- Waar liggen de laagste plekken en waar de hogere plekken (zandkopjes, stroomruggen, flanken, kronkelwaarden)?
- Wat zijn de hydrologische eigenschappen van de ondergrond? Spelen bijvoor-

beeld ondiepe of dieper gelegen slecht doorlatende lagen mogelijk een belangrijke rol in het systeem?

- Is er sprake van meerdere watervoerende pakketten?
- Wat zijn de dominante gebruiksfuncties van het beekdal, inclusief de flanken: agrarisch, stedelijk, natuurgebied of bos?
- Liggen er relevante lozingspunten in het watersysteem, zoals van RWZI's, riooloverstorten of bedrijven?
- Welke potentiële drainerende situaties zijn aanwezig (bijvoorbeeld: diepe landbouwsloten, naburige grondwateronttrekkingen)?
- Welke veranderingen zijn opgetreden in het landschap en het landgebruik?
- Heeft het beekdal nog zijn oorspronkelijke bovenstroomse infiltratiegebied?



Aanpak

Om bovenstaande vragen te kunnen beantwoorden, zijn de volgende acties nodig:

A. Verzamelen van bestaande, gemakkelijk te verkrijgen informatie

- bestaande rapporten over het gebied;
- reeds uitgevoerde modelonderzoeken;
- en indien het gebied is aangewezen als Natura 2000-gebied:
 - een gebiedsbeschrijving of landschapsecologische analyse in het Beheerplan of in een PAS-Gebiedsanalyse;
 - de knelpunten- en kansenanalyse van het desbetreffende gebied op www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx?main=natura2000&subj=kiwaachterkanten.

B. Een blik op een aantal gemakkelijk beschikbare kaarten en profielen

Onderstaande kaarten zijn veelal beschikbaar in GIS en worden gemaakt op het niveau van het beekdal en de directe omgeving. In ieder geval zijn wenselijk:

- een topografische kaart, bijvoorbeeld via Google Maps;
- een hoogtekaart: de Algemene Hoogtekaart (AHN) op <https://ahn.arcgisonline.nl/ahnviewer>;
- een geomorfologische kaart (Koomen A.J.M. & G.J. Maas, 2004);
- boorgegevens en grondwateranalyses uit de nabijheid van het te herstellen object Via het DINO-loket (www.dinoloket.nl);
- REGIS-profielen van watervoerende pakketten en kleilagen. Via het DINO-loket;
- een bodemkaart;

-
- een luchtfoto, bijvoorbeeld van Google Maps of <http://pdokviewer.pdok.nl>;
 - een landgebruikskaart (Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland, zorg voor de meest actuele versie) verkrijgbaar via bijvoorbeeld het waterschap;
 - een watersysteemkaart uit de legger van het waterschap;
 - historische kaarten op bijvoorbeeld www.topotijdreis.nl;
 - roodblauwe kaart van Von Freytag-Drabbe op www.kaartopmaat.wur.nl/hydro/index.html;
 - COLN-kaarten met de grondwaterstanden uit de jaren '50 op www.wur.nl/nl/product/Historische-grondwaterstanden-1.htm.

En indien beschikbaar ook:

- vegetatiekaarten of soortkarteringen, monitoringsrapportages;
- historische luchtfoto's.

C. Formuleren van een eerste, globale idee over de hydrologie van het gebied

De volgende vragen zijn richtinggevend en kunnen helpen een eerste idee te vormen over de hydrologie van het beekdal in kwestie. Deze stap kan uitgevoerd worden zonder het gebruik van hydrologische modellen:

- Wat zijn de grenzen van het hydrologisch systeem (hydrologische waterscheidingen²)?
- Hoe is de geomorfologische opbouw en ontstaansgeschiedenis?
- Hoe is de landschapsecologische opbouw van het gebied?
- Wat zijn de dominante hydrologische verschijnselen (kwel, infiltratie, permanente stroming, droogval) in en om het plangebied?
- Hoe ligt het te herstellen object in het omringende landschap: in de boven-, midden- of benedenloop, hoog of juist laag op de flank?
- Is er sprake van een geïsoleerd systeem (bijvoorbeeld een zuur ven op een ijzer-oerlaag op de flank van het beekdal), is er een invloed van grond- en oppervlaktewaterstromen of is er juist sprake van een combinatie van beide?
- Wat is de aard of typologie van het plangebied: gaat het om een (stromende) beek, een broekbos, om een nat schraalgrasland, een ven etc.? Is er een referentie beschikbaar?

² De hydrologische waterscheiding kan anders zijn dan de topologische waterscheiding. De eerste is in dit verband relevant.

- Hoe was de werking van het systeem in de (cultuur)historische situatie?
- Welke hydrologie past bij de positie van het te herstellen object in het beekdal?

Op basis van de bovenstaande kennis kan met gepaste terughoudendheid de volgende vraag beantwoord worden:

- Wat zijn de vermoedelijke sturende factoren voor herstel ('de knoppen waaraan men kan draaien').



NB. Het doel is uitdrukkelijk niet om in dit stadium al over maatregelen te spreken.

D. Voorbereiden veldbezoek

Voor het veldbezoek van stap 2 doorkruist u het gebied globaal. U besteedt aandacht aan de hypothesen uit de vorige actie (formuleren eerste globale idee) die u wilt toetsen in het veld. Maak hiervoor een kaart met de te bezoeken locaties.

Als voorbereiding raadpleegt u ook een of meer gebiedsdeskundigen, met als doel om aan de hand van de hulpvragen gezamenlijk te bespreken hoe het beekdal in elkaar steekt, wat de knelpunten zijn en wat de mogelijke stuurvariabelen (tip: neem de gebiedsdeskundige(n) mee tijdens je veldbezoek).

4.2.2 Veldbezoek



Kern

Met het veldbezoek toetst u in het veld uw inmiddels opgebouwde idee over de positionele en conditionele relaties, zowel op stroomgebiedsniveau als op de schaal van het te onderzoeken object (de standplaats). Dit betekent dus: gericht kijken en controleren of uw aannames kloppen of juist niet. Het is raadzaam om het veldbezoek uit te voeren met een gebiedsdeskundige zoals een (peil)beheerder die het gebied uit de dagelijkse praktijk kent.



Vragen

Om in deze oriënterende fase al een redelijk beeld te krijgen van het beekdal is het nodig om antwoorden te krijgen op de onderstaande hulpvragen. Tegelijk is het de kunst om ook onbevooroordeeld naar het gebied te kijken, zodat ook de minder voor de hand liggende zaken u opvallen:

- Sluit de werkelijke opbouw van het gebied aan bij uw eerste globale idee op basis van uw voorbereiding? Kijk naar hoogteverschillen en neem een grondboor mee.

- Welke karakteristieke kenmerken hebben beekdal en beek?
- Zijn er grote of kleine, subtiele hoogteverschillen in maaiveld?
- Welke plekken zijn duidelijk droog en welke zijn vrijwel altijd nat?
- Aanwezigheid van sloten, greppels, drains en rabatten.
- Sloten en rabatten: welke kant stroomt het water op?
- Kan de beek zelf oorzaak zijn van verdroging?
- Zijn er indicaties voor kwel, verzilting of verzuring (roest/ijzerbacteriën)?
- Stroomt er nog steeds water wanneer het al een tijdje niet geregend heeft?
- Welke informatie geeft de aanwezige vegetatie (kwel, stroming, droog, voedselrijkdom etc.)?
- Welke landbouwwormen komen voor, hoe intensief zijn ze en wat zegt dat over (de beïnvloeding van) het hydrologisch systeem?

ⓘ Aanpak

- 1 Doorkruisen van het beekdal of het stroomgebied.
- 2 Nadere inspectie van het te onderzoeken object en de directe omgeving.
- 3 Globale check van de uit het kaartmateriaal verkregen informatie aan de hand van eigen veldwaarnemingen.
- 4 Foto's maken van plekken met bijzondere hydrologische kenmerken.
- 5 Indicatief noteren van de waterstanden in beken en sloten.
- 6 Indicatief noteren van de stroomrichting.
- 7 Noteren van indicatorsoorten zoals kwelafhankelijke oeverplanten.
- 8 Spreek bewoners en gebruikers aan zoals agrariërs en bevrage hen over het huidige hydrologisch functioneren en de eventuele veranderingen in de tijd.

4.2.3 Eerste globale hypothese hydrologisch functioneren

⇒ Kern

Zoals elke fase eindigt u de algemene oriëntatie met het samenvoegen van de tot nu toe verzamelde informatie tot een eerste, globale hypothese over de hydrologische opbouw, de knelpunten en de potentiële oplossingsrichtingen.

❓ Vragen

- Wat zijn de belangrijkste hydrologische processen en hoe is de ruimtelijke verdeling?
- Wat is bekend over de historische hydrologische situatie?
- Welke knelpunten belemmeren het natuurlijk functioneren?

-
- Welke oplossingen zijn denkbaar om het natuurlijk functioneren te herstellen?



Aanpak

- 1 Maak schema's en schetskaartjes van het stroomgebied, het beekdal en van het te onderzoeken object.
- 2 Geef aan wat de belangrijkste hydrologische processen zijn op het niveau van het stroomgebied en van het te onderzoeken object. Bijvoorbeeld via een indicatief blokdiagram (zie paragraaf 5.14 Synthese).
- 3 Benoem de knelpunten en vorm een idee (hypothese) over de belangrijkste oorzaken.
- 4 Benoem de factoren die mogelijk een bijdrage aan het herstel kunnen leveren: de 'knoppen waaraan je kunt draaien'. Selecteer de factoren die nog beïnvloedbaar zijn ('stuurvariabelen') en neem afstand van factoren die in de praktijk niet meer te beïnvloeden zijn.

VOORBEELD VAN EEN HYPOTHESE

"In het gebied wisselden infiltratie en kwel elkaar van oorsprong af. Door verdroging is er nu nog slechts sprake van infiltratie. Door de grotere invloed van neerslagwater is de vegetatie aan het verzuren. Uitzondering is de westhoek van het terrein, waar vanuit de flank van het beekdal nog enige kwel dagzoomt. De belangrijkste oorzaak van de verdroging is momenteel het te lage beekpeil. De verdroging is indertijd op gang gekomen door de ontginning van het veen in de bovenloop van de beek."

4.2.4 Evaluatie



Kern

Op grond van deze algemene oriëntatie zult u een keuze moeten maken over het vervolgonderzoek. De beschrijving van het vervolgonderzoek is in hoofdstuk 5 opgenomen.



Vragen

- Hebt u zich een goed beeld kunnen vormen van de positionele relaties (op landschapsniveau) van het te onderzoeken object?

-
- Hebt u een redelijk betrouwbaar idee over de hydrologie die hoort bij de positie van het te herstellen object in het beekdal en van de feitelijke knelpunten in die hydrologie?
 - Hoe betrouwbaar acht u uw idee over het functioneren (van de hydrologie) van het gebied in relatie tot de (beleids)vraag die u is gesteld?
 - Welke vragen moeten nog worden beantwoord voor voldoende zekerheid?
 - Wat is ervoor nodig om deze vragen alsnog te beantwoorden?
 - Kunt u volstaan met slechts een globale vervolganalyse of is het nodig in te zoomen tot detailniveau?



Aanpak

- 1 Het systematisch beantwoorden van bovenstaande vragen per milieuvariabele.
- 2 Het opstellen van een lijst met de nader te onderzoeken milieuv variabelen.

H5 SYSTEEMANALYSE OP HET NIVEAU VAN STROOMGEBIED EN STANDPLAATS



In dit hoofdstuk reiken wij instrumenten aan om de hypothesen en vragen uit de algemene oriëntatie te toetsen en de systeemanalyse te verfijnen voor de relaties op de schaal van het stroomgebied (positioneel) en de standplaats (conditioneel).

5.1 ONDERSCEID IN SCHAALNIVEAUS

In dit hoofdstuk is beschreven welk inzicht nodig is voor een goede systeembeschrijving. De systeemanalyse wordt uitgevoerd aan de hand van het aangepaste rangordemodel met milieucompartimenten van Bakker et. al. (1979), zie [figuur 1](#). Deze systeemanalyse wordt vervolgens op twee schaalniveaus uitgevoerd:

- 1 Stroomgebiedsniveau: het schaalniveau van het landschap dat met name stil staat bij de positionele relaties.
- 2 Standplaatsniveau: het meer lokale schaalniveau dat met name stil staat bij de conditionele relaties op de standplaats.

De analyse op stroomgebiedsniveau kán in enkele dagen worden uitgevoerd. De analyse op standplaatsniveau vergt doorgaans meer tijd, van enkele weken tot maanden. Uiteraard hangt deze indicatie van tijd samen met de gewenste diepgang en de te beantwoorden vragen. In praktijk komt ook het tegenovergestelde voor: een uitgebreide analyse op regionale schaal of een beknopte analyse op lokale schaal.

In principe zijn voor de systeemanalyse op het stroomgebiedsniveau geen hydrologische modellen nodig. Modellen herbergen echter veel basisinformatie die van toegevoegde waarde kan zijn. Focus bij het gebruik van modellen daarom op de basisinformatie om het systeem te doorgronden en gebruik de modeluitkomsten om de hypothese te toetsen en te verbeteren. Bij de analyse op lokaal schaalniveau kan in meer detail naar hetzelfde model gekeken worden.

Een valkuil is te beginnen op standplaatsniveau op basis van gebiedskennis of door tijdsdruk. Daardoor bestaat het risico dat te snel een vertaling wordt gemaakt naar ingrepen, waardoor de kans wordt vergroot dat maatregelen worden voorgesteld die niet blijken te werken. Daarom wordt geadviseerd om de analyse altijd te beginnen op het stroomgebiedsniveau.

BEGIN EEN SYSTEEMANALYSE ALTIJD OP STROOMGEBIEDSNIVEAU

Positionele relaties op stroomgebiedsniveau

De systeemanalyse op het regionale schaalniveau leidt tot het inzicht van de ‘positionele relaties’ op het niveau van het stroomgebied, het beekdal of een groot deel daarvan, zoals een middenloop. Een goede analyse van de positionele relaties geeft het juiste vertrekpunt voor de analyse van de conditionele relaties (het niveau van standplaats). De systeemanalyse van de positionele relaties helpt verder bij:

- het nader bepalen van de sturende variabelen;
- het stellen van de juiste vragen voor het gebruik van een hydrologisch model;
- het opsporen van essentiële kennislacunes;
- het benoemen van de juiste randvoorwaarden en vragen voor onderzoek van de conditionele relaties;
- het schetsen van de juiste verwachtingen voor het hydrologisch herstel.

Conditionele relaties op standplaatsniveau

De systeemanalyse op het lokale schaalniveau gaat vervolgens dieper in op het concrete projectgebied of interessegebied. De analyse biedt inzicht in het hydrologisch functioneren van bijvoorbeeld een te herstellen beektraject of een verdroogd natuurgebied. De systeemanalyse op dit niveau focust zich op de effecten van een project op de standplaatscondities (de conditionele relaties). Daarbij is er natuurlijk interactie tussen de positionele en ‘conditionele relaties’ die er in het gebied spelen. De systeemanalyse op lokale schaal helpt bij:

- het bepalen van de sturende hydrologische en biochemische en geochemische variabelen;
- het beoordelen welke variabelen kunnen bijdragen aan herstel;
- het vormgeven van herstelmaatregelen en een herstelstrategie.

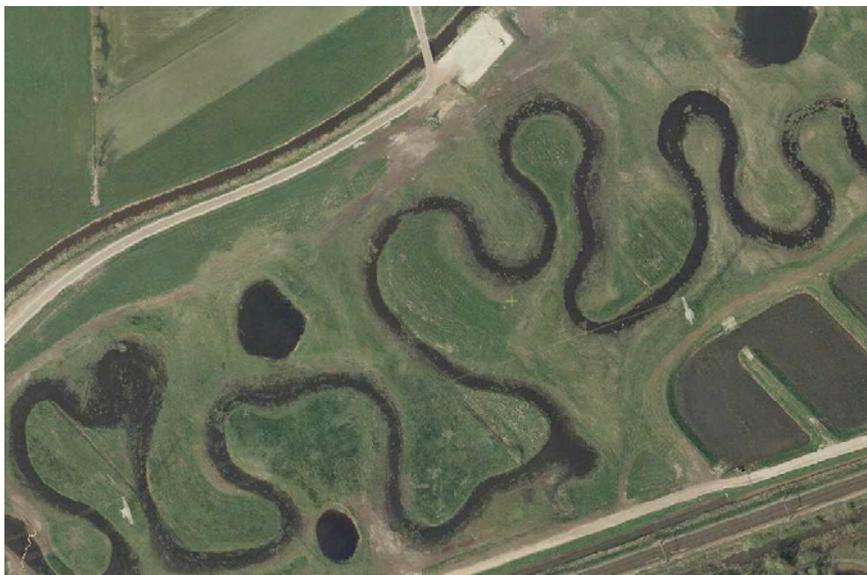
5.2 KERN VAN DE AANPAK

De centrale vraag om mee te beginnen is:

**BEGRIJPEN WE BINNEN HET (STROOM)GEBIED DE
HYDROLOGISCHE EN BIO- EN GEOCHEMISCHE PROCESSEN
DIE DE STANDPLAATSCONDITIES STUREN ?**

FIG 8 HERSTELD DEEL VAN HET OUDE DIEP

Luchtfoto van een recent hersteld deel van het Oude Diep tussen Hoogeveen en Fluitenberg. De vraag is of een goede landschapsecologische systeemanalyse tot een dergelijk uitbundig meanderend profiel zou hebben geleid (Bron: <https://globespotter.cyclomedia.com>).

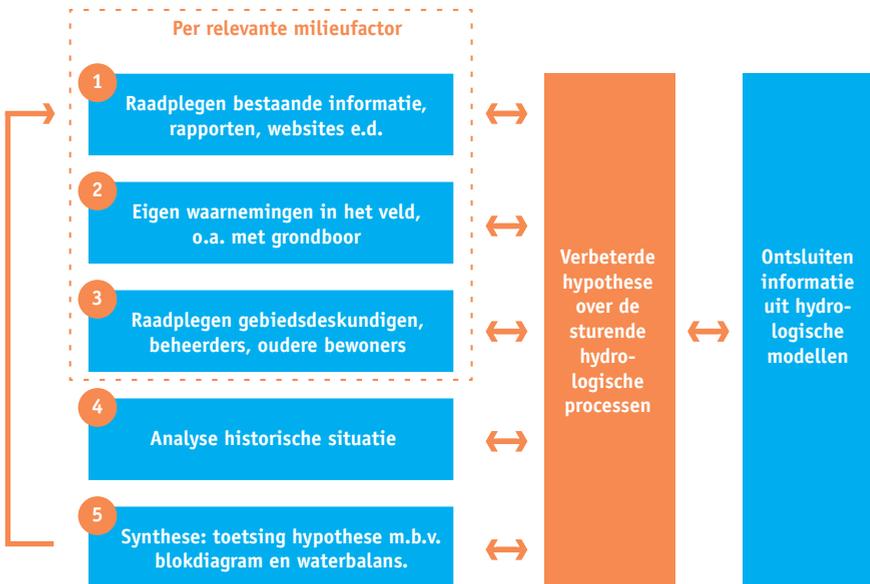
**Belangrijke onderliggende vragen zijn:**

- Wat zijn de sturende hydrologische processen in het stroomgebied waar onze (herstel)maatregelen moeten plaatsvinden?
- Wat is de geohydrologische opbouw van het stroomgebied?
- Wat is de betekenis daarvan voor de stroming van het grondwater?
- Welke stoffen worden in welke hoeveelheden door het grond- en oppervlaktewaterstroming naar de standplaats aangevoerd?
- Hoe beïnvloeden grond- en oppervlaktewater elkaar en wat zijn hun onderlinge verhoudingen?
- Welke dynamiek vertonen grond- en oppervlaktewater?
- Hoe sturen grond- en oppervlaktewater de natuurwaarden in de beek en het beekdal?
- Hoe worden grond- en oppervlaktewater beïnvloed door menselijk ingrijpen?
- Met welke bodemprocessen en bodemkenmerken heb je te maken?

Om deze vragen te kunnen beantwoorden, adviseren we de aanpak voor de systeemanalyse, zoals in onderstaand **figuur 9** weergegeven. Deze figuur is een nadere uitwerking van **figuur 6** uit hoofdstuk 3. De aanbevolen werkwijze is van boven naar beneden. De continue wisselwerking tussen de onderdelen is essentieel. Gedurende de systeemanalyse wordt een hypothese gevormd, die na elk onderdeel wordt getoetst en zo nodig bijgesteld.

FIG 9 STAPPENPLAN VOOR DE SYSTEEMANALYSE

Stappenplan voor de systeemanalyse zoals in hoofdstuk 5 is uitgeschreven. Dit is een iteratief proces (de pijl aan de linkerkzijde), waarbij het soms nodig is om onverklaarbare aspecten nader te onderzoeken en de opgebouwde hypothese nogmaals te toetsen.



5.3 VELDBEZOEK

5.3.1 Veldbezoek op stroomgebiedsniveau

Relevant voor:

- beekherstelprojecten;
- hydrologisch herstel beekdalnatuur;
- waterbergingsprojecten.



Kern

Een essentieel onderdeel van de systeemanalyse is het veldbezoek. Het beste moment van het veldbezoek is nadat een eerste beeld verkregen is van het hydrologisch functioneren op het regionale schaalniveau. Met het veldbezoek worden de verkregen inzichten getoetst en aangescherpt.

Het eerste veldbezoek in de omgeving van het te herstellen object kan goed gecombineerd worden met het oriënterende veldbezoek zoals in hoofdstuk 4 beschreven. Dit veldbezoek dient om op regionaal niveau het schaalniveau en de verhoudingen tussen de verschillende (landschaps)elementen te kunnen begrijpen. Ook dient het om gevoel te krijgen voor de hydrologische werking en eigenschappen van een gebied.



NB. Let dus op het seizoen waarin het veldbezoek plaatsvindt. Beter is nog om op verschillende momenten het veld in te gaan.



Vragen

- Welke landschapsstructuur is er en wat zegt dit over de hydrologische situatie?
- Welke morfologische kenmerken zijn waarneembaar, zoals oeverwallen, oude meanders, zandkoppen etc.
- Hoe breed is 't holocene en pleistocene beekdal? Verschillen in opbouw en dimensies.
- Is er sprake van waterafvoer? Welke kant stroomt het water op en wat zegt dat over de eventuele waterscheiding?
- Waar is sprake van uittredend grondwater? Kan daarmee herleid worden welke richting het grondwater op stroomt?
- Waar zijn watergangen watervoerend (drainerend) en waar staan watergangen juist droog (infiltrerend)? En hoe verhoudt zich dit tot het seizoen (nat/droog)?
- Hoe varieert de bodemopbouw van flank naar flank en in hoeverre wijkt dit af van de bodemkaart?
- Wat vertellen de in het veld aanvullend geboorde bodemprofielen over de (vroegere) hydrologie?
- Welke ecologische indicatoren zijn er en voor welke omstandigheden zijn dit indicatoren?



Aanpak

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none"> • Doorkruis het beekdal op verschillende locaties van waterscheiding naar waterscheiding (flank tot flank). • Bezoek zowel brongebied als monding. • Bekijk het reliëf en het netwerk van stilstaande en stromende wateren, greppels, sloten e.d. • Zet op enkele cruciale plekken boringen en analyseer: bodemopbouw, hydrologische geschiedenis (GHG, GLG), geomorfologie, pH, (EGV pH: water). Normaliter wordt met een standaard boor tot 1,2 -1,3 m geboord. Maar wanneer meer info gewenst is over de zone daaronder geldt: In klei en veen: > 5 m diep, in zand tot 2 m. • Spreek oudere bewoners: wat weten zij over het hydrologisch functioneren en de veranderingen in de tijd (landgebruik, oogst, draagkracht, verkaveling, inundatie, droogte, aanwezigheid veen, keileem of oerbanken etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> • Karakter van het gebied: <ul style="list-style-type: none"> • dimensie; • hoogteverschillen; • karakter beekdal en beek: natuurlijk of kunstmatig. • Locatie, omvang van en variatie door de seizoenen heen in: <ul style="list-style-type: none"> • waterpeil; • waterdiepte; • droogval; • inundatie; • kwel en infiltratie. • 'Verborgen' informatie: <ul style="list-style-type: none"> • bodemopbouw en variatie in het beekdal; • veranderingen in het watersysteem en grondgebruik; • indicatorsoorten.

5.3.2 Veldbezoek op standplaatsniveau



Kern

Ook voor dit schaalniveau is een veldbezoek essentieel. Dit bezoek is meer toegespitst op de directe omgeving van het te herstellen gebied of beektraject. Bij voorkeur keert u ook aan het eind van deze analyse terug naar het veld om de inmiddels aangescherpte analyse te verifiëren.

Het veldbezoek kan goed worden gecombineerd met een aantal deelonderzoeken genoemd bij de verschillende milieufactoren uit de latere paragrafen in dit hoofdstuk.

Om sommige elementen goed in beeld te brengen, is terugkeer naar het veld in een ander seizoen essentieel. Denk aan kwel, droogval, stagnatie, stuwstanden en werking van drains.



Vragen

- Waar liggen de slenken en waar de hogere kopjes in het terrein?
- Waar in het terrein komt kwel voor, wat zijn de infiltratiegebieden en welke gebieden kennen een wisselende situatie?
- Treedt er kwelwater uit in de sloten in het gebied?
- Waar is sprake van periodieke droogval van sloten en van de beek?
- Waar is sprake van plasvorming?
- Wat is de stromingsrichting van de verschillende watergangen?
- Hoe zijn de verschillende bodemtypen over het terrein verspreid?
- Zijn er indicaties voor zure omstandigheden en/of stagnerend regenwater (regenwaterlens)?
- Zijn er plantensoorten die wijzen op zuurbuffering vanuit bodem en grondwater?
- Is er sprake van oxidatie van de veenlaag?
- Zijn er zichtbare sporen van activiteiten van mollen, bijvoorbeeld molshopen? Wat zegt dit over de hydrologische situatie in de ondergrond?



Aanpak

Kijk nauwkeurig naar herkenbare hydrologisch relevante patronen in het landschap, zoals kleine en grotere hoogteverschillen, natte plekken en ecologische indicatoren voor een specifieke waterkwaliteit. Neem een grondboor mee en zet op cruciale plaatsen een boring voor een beter beeld van de ondergrond.

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none"> • Veldonderzoek <ul style="list-style-type: none"> - Eigen waarnemingen tijdens het terreinbezoek. Neem een grondboor en pH-papier mee. Zet uw waarnemingen op kaart. 	<ul style="list-style-type: none"> • Locatie, omvang van en variatie door de seizoenen heen in: <ul style="list-style-type: none"> - kwel/infiltratie; - droogval/stagnatie; - inundatiebeelden en plassen op het land; - bodemopbouw; - opslibbing of erosie; - veenoxidatie; - grondwaterkwaliteit; - indicatorsoorten.

5.4 DE DIEPERE ONDERGROND

5.4.1 Diepere ondergrond op stroomgebiedsniveau

De analyse van de diepere ondergrond, hier gedefinieerd als 'dieper dan 1,20 m onder maaiveld', is alleen op de schaal van positionele relaties van betekenis. 1,20 m is de lengte van de meest gebruikte grondboren. De beschrijving van de ondiepe bodem komt in paragraaf 5.10 aan de orde.

Relevant voor:

- beekherstelprojecten;
- hydrologisch herstel beekdalnatuur;
- waterbergingsprojecten.



Kern

De essentie van dit onderdeel is na te gaan hoe de ondergrond is opgebouwd en welke geohydrologische en geochemische eigenschappen de sedimentlagen hebben.



Vragen

- Hoe is de opbouw van de (diepere) ondergrond?
 - Hoe homogeen of heterogeen is deze opbouw?
 - Zijn er slecht doorlatende lagen in de ondergrond (bijv. keileem- en kleilagen en veenpakketten)? Zo ja, liggen deze dicht aan het maaiveld of op grotere diepte?
 - En hebben ze een gesloten of onderbroken verbreiding in het gebied?
- Welke geohydrologische eigenschappen hebben de verschillende sedimentlagen in de ondergrond, waarbij vooral de korrelgrootte, de waterdoorlatendheid en de verticale positie en dikte van waterdoorlatende en slecht waterdoorlatende lagen van belang zijn.
- Wat zijn de geochemische eigenschappen van de geologische afzettingen (bijvoorbeeld de aanwezigheid van vrij of makkelijk oplosbare mineralen met o.m. calcium, ijzer, fosfaat) en wat is daarvan de betekenis voor de chemische samenstelling van het grondwater?
- Liggen er breuken die van invloed kunnen zijn op de grondwaterstroming? Is deze invloed horizontaal of verticaal?



Aanpak

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none"> • Raadpleeg geologische en waterhuishoudkundige kaarten uit de literatuur. • Raadpleeg geologische informatie dwarsprofielen, boringen en sonderingen uit het DINO-loket REGIS II, Geotop, DGM. • Raadpleeg (indien beschikbaar) keileemkaarten en veendiktekaarten. • Raadpleeg regionale grondwatermodellen (waterschappen), bijv. de Module schijnspiegels in MIPWA. • Raadpleeg gebiedskenners en omwonenden over de aanwezigheid van oerbanken, veen in de ondergrond en keileemlagen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Geologische ontstaansgeschiedenis van het stroomgebied. • Opbouw van de diepere ondergrond. • Ligging van slecht doorlatende lagen zoals keileem en potklei. • Aanwezigheid van kalkhoudende leem (Brabantleem).

Elke laag in de ondergrond heeft andere kenmerken en daardoor een andere relatie met de waterhuishouding. In algemene zin is dit samengevat in de tabel in Bijlage 1.

DINOloket

Ga naar: www.dinoloket.nl. Kies voor 'Ondergrondmodellen', daarna voor 'REGIS II'. Zoom in op uw stroomgebied en kies daarna voor 'Doorsnee'. Trek een lijn door op de kaart te klikken. U kunt net zo vaak klikken als u wilt. U eindigt met een dubbelklik. Kies daarna voor 'Toon doorsnee'.

Met een schuifje kunt u de diepte die u wilt bekijken variëren. Als de diepere ondergrond homogeen is, zoals in het voorbeeld in [figuur 10](#), is het aan te bevelen om in te zoomen op de bovenste lagen (tot 120 m diep). In plaats van een doorsnede kan in de werkbalk ook worden gekozen voor de optie 'Appelboor'. U krijgt dan een staafdiagram te zien van de (geïnterpoleerde) bodemopbouw ter plaatse.

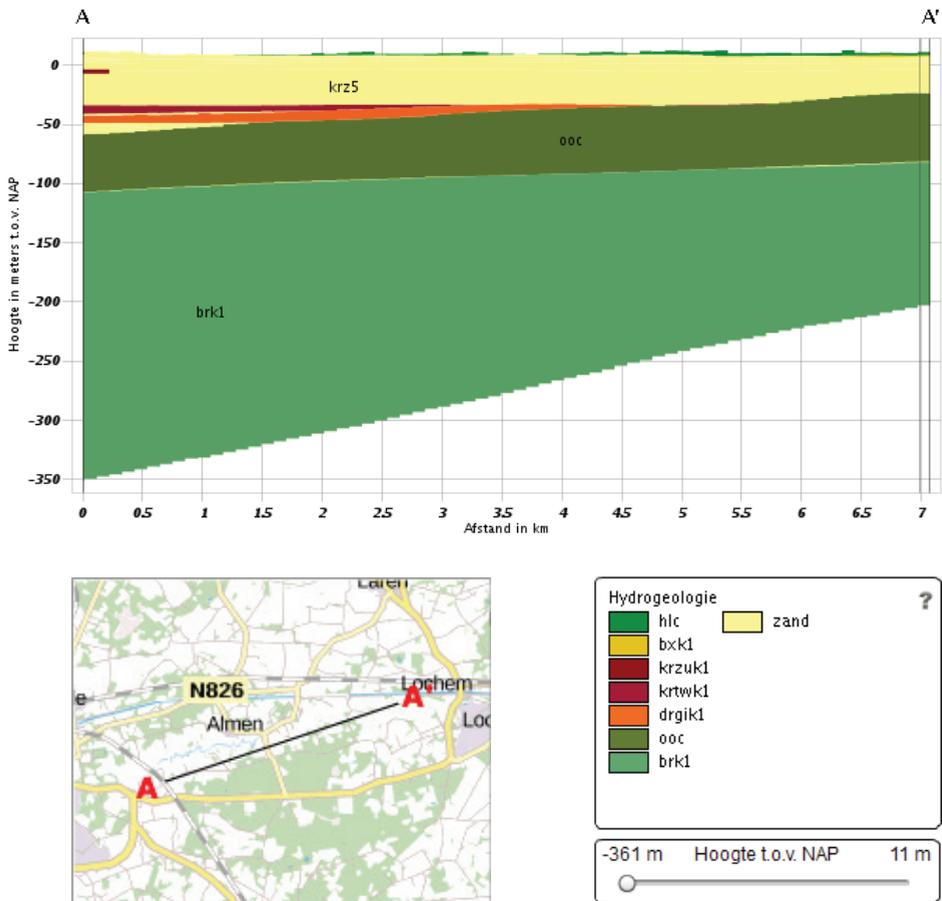


TIP

Voor de beschrijving van de verschillende geologische formaties: raadpleeg de Nomenclator in DINO-loket: <https://www.dinoloket.nl/nomenclator>. De nieuwe indeling in geologische formaties en de ontstaansgeschiedenis van de ondergrond van Nederland worden beschreven in De Mulder et al. (2003). Deze informatie vormt de toelichting bij de coderingen van lagen in REGIS.

FIG 10 LENGEDOORSNEDE VAN HET DAL VAN DE BERKEL BIJ ALMEN

Door met de cursor over de bodemlagen heen te gaan krijgt u informatie over de nomenclatuur, de samenstelling en de diepte van de lagen (Bron: www.dinoloket.nl).



- NB. Geologische kaarten zijn meestal gebaseerd op interpolaties van vaak slechts een beperkt aantal gegevens. Ze suggereren een grotere nauwkeurigheid dan de werkelijkheid rechtvaardigt. Raadpleeg daarom ook altijd de boorstaten van de dichtstbijzijnde boringen in het DINO-loket. Laat u daarbij bijstaan door een deskundige geoloog of fysisch-geograaf.

Via hetzelfde DINO-loket zijn ook de afzonderlijke boringen in te zien. Kies in dat geval op de startpagina voor 'Ondergrondgegevens'. Zoom in naar uw projectlocatie en bekijk welke boorpunten beschikbaar zijn (figuur 11). Klik de boorpunten aan in de directe omgeving van uw plangebied en bekijk welke gegevens aanwezig zijn (figuur 12). Op deze manier zijn ook gegevens over grondwaterkwaliteit verkrijgbaar, bijvoorbeeld kalkrijke kwel, nutriënten, zoutgehalte of pH. Voor een klein deel zijn deze direct beschikbaar, maar meestal dient u ze eerst op te vragen bij TNO.

FIG 11 BERKELDAL TUSSEN ZUTPHEN EN ALMEN

Selectie van beschikbare boorpunten in DINO-loket in het Berkeldal tussen Zutphen en Almen. Uitgeklapt een overzicht van beschikbare informatie per boorpunt (Bron: www.dinoloket.nl).

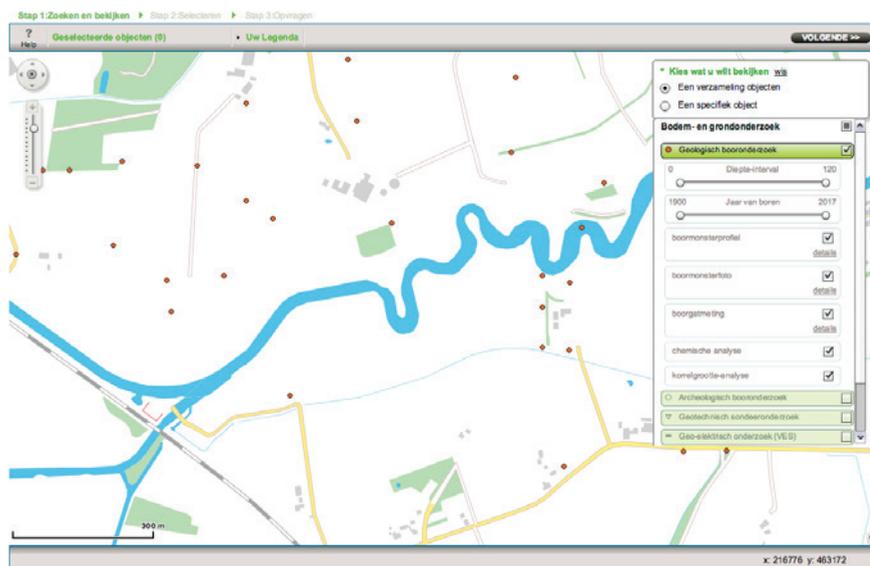
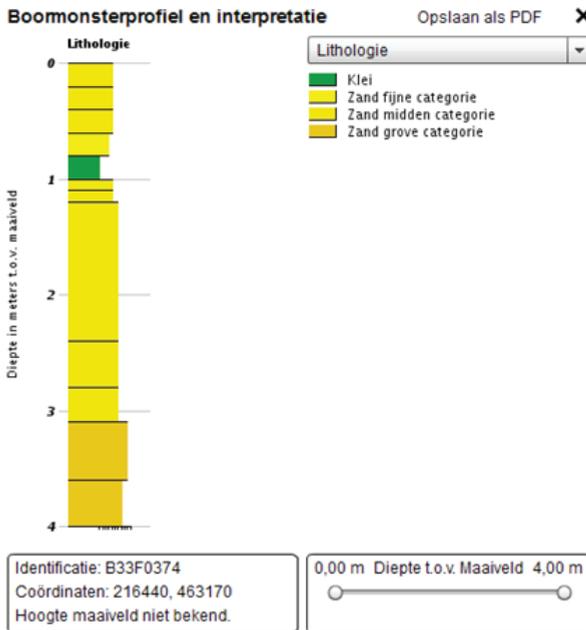


FIG 12 BOORMONSTERPROFIEL

Boormonsterprofiel van de bovenste vier meter van één van de boorpunten
(Bron: www.dinoloket.nl).



Hulpvragen bij de analyse van een dwarsprofiel van de diepere ondergrond zijn:

- Wat is de vorm van de watervoerende pakketten? Zijn ze divergerend of convergerend? De vorm beïnvloedt immers de (toename van de) stijghoogte en daarmee de stromingsrichting.
- Waar liggen de goed en slecht doorlatende lagen? Zijn er scheidende lagen die binnen het interessegebied hun grens bereiken waardoor langs de rand mogelijk diepe kwel kan optreden?
- Liggen er in de nabijheid van het dwarsprofiel diepere boringen en/of sonderingen? Zo ja, werk daarvan de boorbeschrijving uit in tabelvorm. Denk hierbij aan diepte en dikte van lagen, de samenstelling ervan en maak een inschatting van de doorlatendheid.
- Kan via pijlen aangegeven worden welke richting de grondwaterstroming heeft?

**TIP**

Let goed op de homogeniteit van de bodem. Hoe homogener de bodem, hoe zekerder conclusies getrokken kunnen worden. En omgekeerd, hoe heterogener de bodem, hoe terughoudender u moet zijn.

**TIP**

Bekijk ook de boordichtheid waarop deze kaarten zijn gebaseerd en controleer de bodemopbouw aan de hand van enkele nabije boringen. Gebruik hiervoor de tool 'Appelboor' in de werkbalk. De boringen die gebruikt zijn voor het lagenmodel zijn in de REGIS-tool zichtbaar en raadpleegbaar. De overige boringen alleen zijn via de databank in DINO te raadplegen.

**TIP**

Het is mogelijk om via te downloaden software een 3D beeld te krijgen van de geologische opbouw van het interessegebied, <http://www2.dinoloket.nl/nl/about/modellen/nl3d.html>.

Geotop

Via GeoTOP kan voor grotere gebieden informatie over de ondergrond tot 50 m diepte ontsloten worden. Dit model wordt momenteel gevuld. Anno 2016 is versie 1.3 uitgekomen, waarin een groot deel van de zandgronden nog ontbreekt.

<http://www2.dinoloket.nl/nl/about/modellen/geotop.html>. Zoom in op uw gebied van interesse en kies daarna voor 'Volgende'. Geef aan welke type output u wilt om vervolgens via het rechthoekje een selectie van het gebied van interesse te maken.

Keileemkaarten

Tijdens de ijstijd is landijs in zuidelijke richting over Noord-Nederland getrokken. Daarbij zijn stuwwallen ontstaan die veelal keileem bevatten. Keileem wordt vaak op de flanken van beekdalen in Noord- en Oost-Nederland aangetroffen. In het beekdal is het doorgaans weg geërodeerd, zoals ten noorden van Hoogeveen is te zien in [figuur 13](#). In de oorsprong van beeksystemen (slenken, stroeten en bronnen) en op de flanken kan keileem, of een andere slecht doorlatende laag, juist wel ondiep voorkomen. Om dit te herleiden, is het zinvol om te weten hoe de stuwwal is ontstaan.

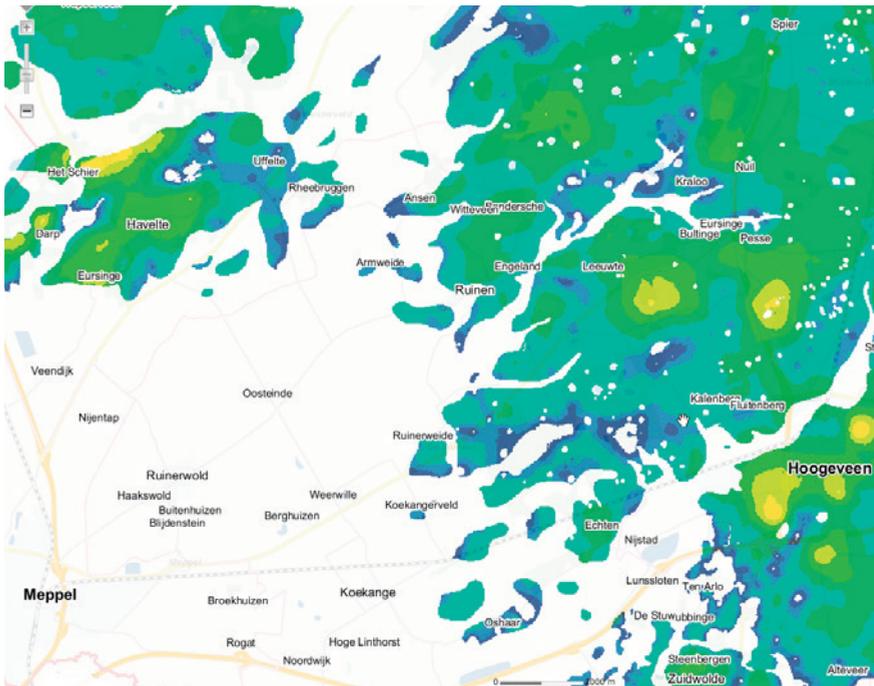
Voor de drie noordelijke provincies hebben Vernes et al. (2013) geactualiseerde keileemkaarten vervaardigd. Gebruikmakend van het 3D-ondergrondmodel GeoTOP hebben zij talloze boringen waar al dan niet keileem in aangetroffen was, omgezet naar een 3D beeld. Het gegenereerde kaartbeeld laat een veelvoud aan detail zien ten opzichte van de oorspronkelijke REGIS II.0. Kaartbeelden zijn verkrijgbaar over de diepte van de keileem en de dikte, maar ook van de weerstand en de doorlatendheid.

Keileemkaarten kunnen dienen als waarschuwing waar keileem oorzaak kan zijn van stagnatie van het grondwater en oppervlakkige afstroming. Maar wees alert op grote lokale verschillen.

FIG 13 KEILEEMKAART

Hier is de dikte van de keileem weergegeven. Gebaseerd op Vernes et al., 2013.

Bron: www.drenthe.info/website/bodematlas, zoek onder 'Bodemkenmerken', daarna onder 'Bodemopbouw'



- NB. Keileemkaarten kunnen door grote lokale verschillen nog wel eens misleidend zijn. Daardoor kunnen er op korte afstand grote verschillen in waterdoorlatendheid bestaan. Baseer u bij voorkeur op lokale boorgegevens.
- NB. TNO geeft bij de keileemkaarten van Noord-Nederland weer dat ze niet toegepast moeten worden op een gedetailleerde schaal dan 1:50.000.

Regionale grondwatermodellen

Veel waterschappen hebben een regionaal grondwatermodel. In deze modellen zit veel informatie over de opbouw van de ondergrond en het hydrologisch functioneren ervan (grondwaterstanden, isohypsen, stroombanen, fluxen (kwel en infiltratie etc.). Het raadplegen van deze modellen ter ontsluiting van die informatie is zeer zinvol. Zie ook paragraaf 5.6 Grondwaterdynamiek.

i Informatie

De Mulder, F.J., M.C. Geluk, I.L. Ritsema, E. Westerhof & T.E. Wong (2003). De ondergrond van Nederland. Wolters Noordhoff Uitgevers, Groningen.

Vernes, R.W., J.H.A. Bosch, R. Harting, D. Maljers en J. Schokker (2013). Data-inventarisatie, kartering en parametrisatie van keileem in het MIPWA-gebied. TNO, Utrecht. TNO-060-UT-2013-00308.

<http://www.geologievannederland.nl/landschap/landschapsvormen> en www.geologievannederland.nl/ondergrond

www.subsurfaceviewer.com: een viewer en database waarmee data ingezien kunnen worden uit diezelfde database. Zie ook: Handleiding SubsurfaceViewer 3D. Een tool voor het visualiseren van DGM, REGIS II, GeoTOP en NL3D in 1, 2 en 3 dimensies. 2015. TNO.

www.dinoloket.nl/nomenclator: de afzettingen in de ondergrond worden door aardwetenschappers op een hiërarchische manier onderverdeeld in geologische eenheden (op het niveau van groepen, formaties, laagpakketten en lagen).

De definitie van de verschillende eenheden die in de ondergrond van Nederland worden onderscheiden, is terug te vinden op de pagina's van de Nomenclator. De Nomenclator is ook beschreven in De Mulder et al. (2003).

Goede toelichtingen op de geochemische processen zijn te vinden in het preadvies beekdallandschappen (zie literatuurlijst, maar ook eenvoudig op internet te vinden) en in deel I van de PAS-herstelstrategieën op de website <http://pas.natura2000.nl> ➤ Documenten ➤ Herstelstrategieën.

5.4.2 Diepere ondergrond op standplaatsniveau

Gegevens voor een nadere analyse van de diepere ondergrond op meer detailniveau zijn niet beschikbaar. Dergelijke gegevens kunnen gewenst zijn in een heterogeen gebied qua voorkomen van bijvoorbeeld keileem. Om dan goed te kunnen duiden waar wel of geen scheidende lagen zitten, is gericht onderzoek nodig via diepere boringen en/of sonderingen.

5.5 HOOGTEVERSCHILLEN EN RELIËF

5.5.1 Hoogteverschillen en reliëf op stroomgebiedsniveau

Relevant voor:

- beekherstelprojecten;
- hydrologisch herstel beekdalnatuur;
- waterbergingsprojecten.



Kern

In deze stap wordt op regionale schaal de hoogtekaart geanalyseerd en worden hoogteverschillen en reliëf in beeld gebracht. Ook geomorfologie wordt daarbij meegenomen. De geomorfologische eigenschappen en regionale hoogteverschillen geven samen inzicht in de landschappelijke ontstaansgeschiedenis. Van daaruit kunnen hydrologische eigenschappen herleid worden zoals de historische regionale stromingsrichting van grond- en oppervlaktewater, inzijging, kwel, stagnatie en (tijdelijke) inundatie.



Vragen

- Waar liggen hoge en lage delen in het landschap en wat zijn mogelijke herkomstgebieden van het regionale of lokale grondwater?
- Waar ligt het intrekgebied van het plangebied?
- Is globaal aan te geven waar u de waterscheiding met naastgelegen stroomgebieden verwacht?
- Hoe is op landschapsschaal het reliëf gevormd (smeltwatergeulen, dekzandruggen en -laagten, zandverstuivingen, uitblazingslaagten enz.) en wat betekenen deze voor het hydrologisch functioneren?
- Is het reliëf gewijzigd door de mens en welke invloed heeft dat op het hydrologisch functioneren? Denk daarbij aan het aanleggen van kades en doorgraven van zandruggen voor ontwatering, maar ook aan maaiveldverlaging door grootschalige vervening of egalisaties bij ruilverkavelingen.

- Zijn er naastliggende stroomgebieden die mogelijk drainerend werken op het stroomgebied van uw analyse?



Aanpak

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none"> • Raadpleeg de hoogtekaart (AHN2). • Raadpleeg de waterlopenkaart. • Raadpleeg de grondwatersysteemkaarten. • Raadpleeg de geomorfologische kaart. • Raadpleeg de landschapsleutel. 	<ul style="list-style-type: none"> • Indicatie opbouw beekdal: bovenloop, middenloop en/of benedenloop. • Breedte beekdal, versmallingen (flessenhalzen). • Geomorfologische eenheden. • Waterscheidingen. • Potentiële infiltratiegebieden. • Ligging laagten / dalen van nature met of zonder oppervlakkige afvoer. • Kwel- en wegzijgzijde van afvoerloze laagten. • Oude beeklopen. • Polders, evt. met onderbemaling. • Naastgelegen stroomgebieden met een aanzienlijk lagere dalbodem en een mogelijk drainerende functie.

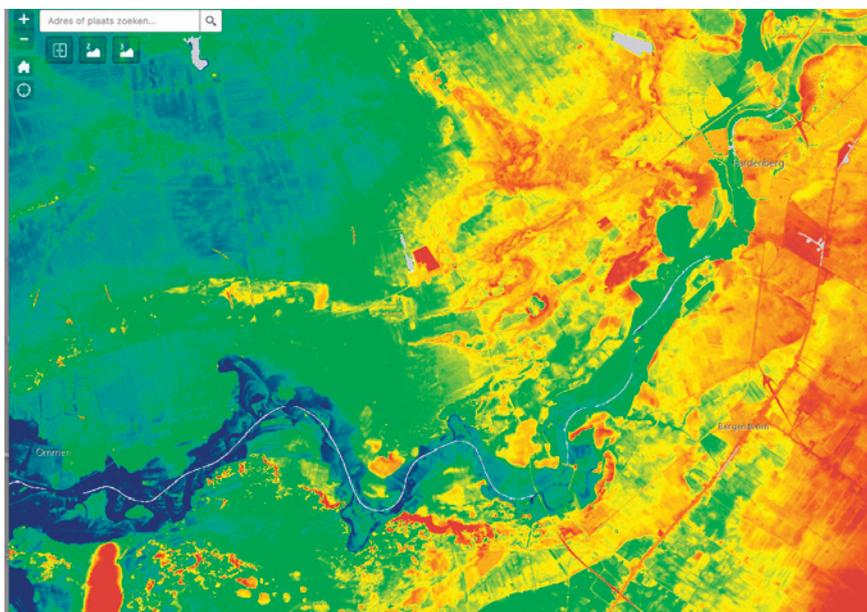
Hoogtekaart

Algemeen Hoogtebestand Nederland: www.ahn.nl. Kies voor 'Viewer', daarna voor link 'AHN-viewer'. Open de lijst met 'Lagen' (rechts boven in het scherm). Kies voor lagen van het type AHN2 (resolutie van 0,5 x 0,5 m en nauwkeurigheid in de hoogtemeting van 5 cm). Zoom daarna in tot op stroomgebiedsniveau.

Kies voor de kaartbladen met de aanduiding 'maaienveld'. Varieer met de verschillende kaarttypes voor een beter inzicht. Kaartblad AHN2 - maaienveld Blauw/Groen/Oranje (dynamische opmaak) geeft bijvoorbeeld een mooi beeld (figuur 14).

FIG 14 AHN-HOOGTEKAART VAN DE MIDDENLOOP VAN DE OVERIJSSELSE VECHT

(Bron: www.ahn.nl).



Vanaf 2015 is gestart met het inmeten van de AHN3, die wederom een slag gedetailleerder is. Deze is alleen beschikbaar in de geblokte gebieden op www.ahn.nl (figuur 15) en via <http://pdokviewer.pdok.nl>.

- NB. Hoewel de AHN2 behoorlijk nauwkeurig is (5 cm volgens www.ahn.nl), kán het een substantiële afwijking bevatten van zeker enkele decimeters, bijvoorbeeld bij hoge vegetaties. Dat is voor een hydrologische analyse een groot verschil. Verificatie via enkele controlepunten of -metingen is daarom zinvol.
- NB. Let er op dat de uit de hoogtekaart afgeleide stromingsrichting van het grondwater ondanks de hoogteverschillen sterk beïnvloed kan zijn door watergangen en vormen van grondwaterwinning.

Waterlopenkaart

Een waterlopenkaart geeft informatie over de ligging van waterlopen. Denk aan de

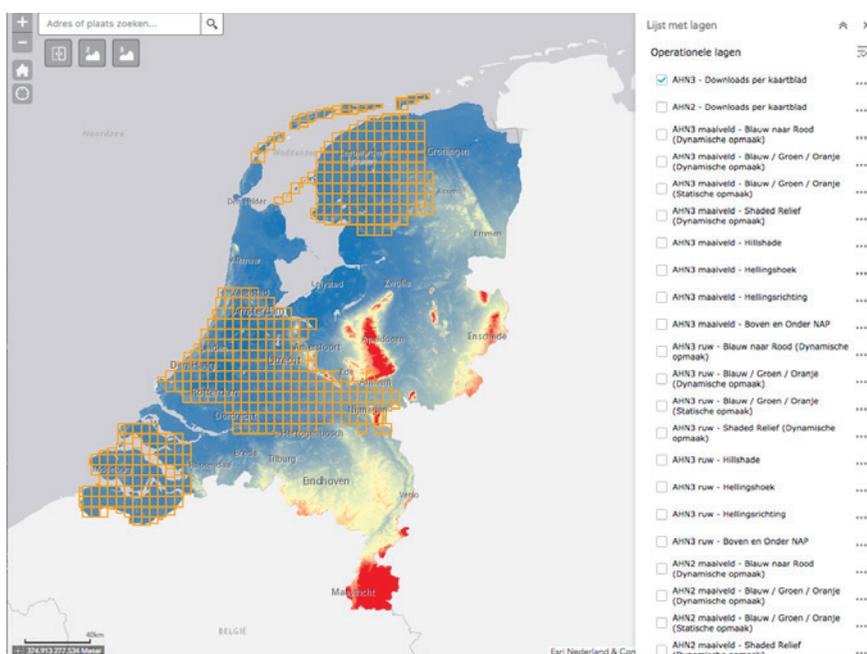
dichtheid van waterlopen en een indicatie van de grootte. Daaruit kan informatie over de grondwaterstand en -stroming afgeleid worden. Deze kaarten zijn vaak digitaal te verkrijgen op de site van het waterschap of via <https://data.overheid.nl>.



NB. Dit is een grove, indicatieve benadering van de grondwatergegevens. Gebruik andere methoden zoals in dit hoofdstuk 5 beschreven om deze indicatie te verifiëren.

FIG 15 HOOGTEKAART VAN NEDERLAND

Hoogtekaart van Nederland op www.ahn.nl met de lijst van kaartlagen opengeklapt. In de geblokte delen van het land is de AHN3-versie beschikbaar. De AHN3-versie zal in de komende jaren ook voor de overige landsdelen beschikbaar komen (streefdatum 2019).



Landelijke Hydrologische Systemanalyses

Medio jaren '90 heeft TNO een landsdekkende hydrologische systeemanalyse uitgevoerd. Nederland is in deze analyse in zeven regio's verdeeld. De uitwerking van elke regio staat in een afzonderlijk deelrapport. In de systeemanalyse is stilgestaan

bij de dynamische aspecten van grondwater zoals beweging in ruimte en tijd, effecten van waterhuishoudkundige werken, relaties tussen grondwater en (grond) waterafhankelijke flora, de relatie oppervlakte- en grondwater en herkomst en chemische genese van het grondwater.

Grondwatersysteemkaarten

De Grondwatersysteemkaarten van de Nederlandse zandgronden geven een beeld van de ligging van waterscheidingen, hoofdwaterlopen, aanwezigheid van keileem, kwel- en infiltratiegebieden, hydrologisch geïsoleerde gebieden en de 25-jaarszones van grondwaterwinningen. Zie hiervoor de kaartbijlagen bij de rapporten onder 'informatie'. Deze worden binnenkort via internet ontsloten.

De rapporten zijn wat verouderd en ingehaald door de Landelijke Hydrologische Systeemanalyses van TNO (zie voorgaande paragraaf), maar desalniettemin waardevol.

Geomorfologische kaart

Nationaal en provinciaal

Geomorfologische kaarten zijn doorgaans samengesteld uit de combinatie van een hoogtekartaal (AHN) en een bodemkaart. Het meest toegepast wordt de Geomorfologische kaart van Nederland (Koomen en Maas, 2004, zie [figuur 16](#)). Verder zijn op diverse provinciale websites geomorfologische kaarten te vinden voor de gehele provincie of delen daarvan. Zie bijvoorbeeld de hierna volgende geomorfologische kaart van de omgeving van het Koningsdiep die afkomstig is van de website van de provincie Fryslân ([figuur 17](#)).

De Landschapsleutel

Ook de website <http://landschapsleutel.wur.nl> produceert landschappelijke bodemkaarten op verschillende schaalniveaus. De genoemde website is medio 2016 al wel beschikbaar, maar het kaartmateriaal beperkt zich nog tot een PowerPoint-presentatie met een groot aantal kaarten, die samen echter niet landsdekkend zijn. De presentatie is te vinden onder 'Naslag' en daarna 'Atlas Landschappelijke Bodemkaart Nederland'. De status van de presentatie is 'Concept'.

In de toekomst komt in het kader van het project 'Landschapsleutel' meer landsdekkende informatie beschikbaar. Daarom volgt hier alvast een toelichting op de systematiek van de desbetreffende website.

FIG 16 GEOMORFOLOGISCHE KAART VAN NEDERLAND

Duidelijk te onderscheiden zijn de beekdalen op zandgronden in zuid, oost en noordoost Nederland (geel-groen) en de hoger gelegen gebieden zoals de stuwwallen (rood) (Bron: Koomen A.J.M. & G.J. Maas, 2004).



Via het icoon linksonder op de startpagina ([figuur 19](#)) krijgt u een overzicht van de diverse eenheden (ecoregio's, ecosecties en ecoseries) en primaire standplaatsen. Door in het overzicht op de boekjes naast de eenheden te klikken, krijgt u een uitvoerige toelichting.

Het tabblad 'Terrestrisch' helpt u de eenheden in uw gebied te identificeren.

Onder het tabblad 'Naslag' vindt u diverse legenda's en achtergronddocumenten. Nuttige naslagwerken zijn in het geval van beekdalen:

- legenda Bodemgeografische Kaart Nederland;
- toelichting Bodemgeografische Kaart Nederland.

Atlas van Nederland in het holoceen

De Atlas van Nederland (Bazelmans et al., 2011) geeft een beeldende beschrijving van de veranderingen van het Nederlandse landschap ([figuur 20](#)). Daarin is uitgeschreven hoe in het pleistocene landschap het veen zich uitgebreid heeft. In die tijd is er sprake geweest van grootschalige doorstroommoerassen. Nadat het veen later grootschalig ontgonnen werd, waar een goede ontwatering aan ten grondslag lag, zijn de beken ontstaan zoals we ze kennen uit onze historische kaarten.

De kaarten zijn in te zien via de website: <https://www.nemokennislink.nl/publicaties>. Zoek op 'Holland in het Holoceen'.

Informatie

Bazelmans, J., H. Weerts & M. Van der Meulen (2011). Atlas van Nederland in het Holoceen. Landschap en bewoning vanaf de laatste ijstijd tot nu. Uitgeverij Bert Bakker, Amsterdam.

Bleuten, W. (1988). Ruimtelijke effecten van bemesting via ondiep grondwater in het Noordelijk zandgebied, Universiteit Utrecht.

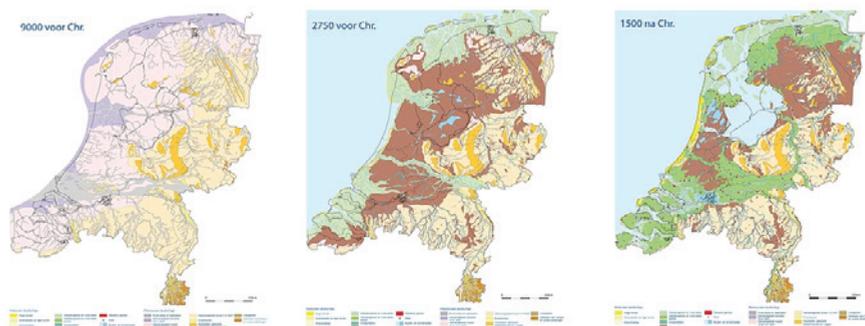
Kloosterman, F.H. en R.J. Schuurman (1996). Landelijke Hydrologische Systemanalyse: doelstelling, begrippen, methodologie en projectuitvoering. TNO. De deelrapporten zijn in te zien via Wageningen Universiteit.

Koomen, A.J.M. & G.J. Maas, 2004. Geomorfologische Kaart Nederland (GKN); Achtergronddocument bij het landsdekkende digitale bestand. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1039 voor een toelichting.

Visser H.J.S.M., N.H.S.M. de Wit en W. Bleuten (1985). Ruimtelijke effecten van bemesting via ondiep grondwater, Universiteit Utrecht.

FIG 20 VERANDERINGEN VAN HET NEDERLANDSE LANDSCHAP

Indruk van de informatie uit de Atlas van Nederland in het holoceen met het pleistoceen (links), de maximale uitbreiding van het veen (midden, bruin) en de vervening ervan (rechts) (Bron: Bazelmans et al., 2011).



5.5.2 Hoogteverschillen en reliëf op standplaatsniveau

Relevant voor:

- beekherstelprojecten;
- hydrologisch herstel beekdalnatuur;
- waterbergingsprojecten.



Kern

In deze stap worden op het kleinere schaalniveau de hoogteverschillen in beeld gebracht die een rol spelen in het functioneren van het hydrologisch systeem.



Vragen

- Verdere indicatie van de lokale stromingsrichting van het grondwater (inzijging, kwel, stagnatie, (tijdelijke) inundatie).
- Waar liggen laagten waar (van nature) afvoer over maaiveld of via een beek optreedt?
- Hoe is het reliëf in het verleden gewijzigd? Denk aan ophogingen, egalisaties en gronddepots.



Aanpak

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
1 Raadpleeg opnieuw hoogtekaarten en geomorfologische kaarten, zoom nu verder in voor meer detail (AHN 0,5 m nauwkeurig).	<ul style="list-style-type: none">• Rivierduinen, zandkopjes en dekzandruggen.• Naburige hogere gronden, potentiële infiltratiegebieden.
2 Raadpleeg de meest recente versie van de Top10 topografische kaart voor de ligging van watergangen.	<ul style="list-style-type: none">• Steilranden.• Locaties met water op het maaiveld/plasvorming.
3 Gevolgd door een veldbezoek waarin u in meer detail de nevenstaande aspecten in het veld verkent.	<ul style="list-style-type: none">• Oude rivier- en beeklopen (al dan niet watervoerend).• Opgeleide beken (beken die niet over het laagste deel van het beekdal stromen, maar vaak evenwijdig aan de hoogtelijnen).
4 Verken (oude) veldnamen in het gebied, zoals 'broek' en 'flier'(*).	<ul style="list-style-type: none">• Oude nevengeulen en zijlopen.• Essen en kampen.
5 Vraag inwoners of gebiedskenners naar ophogingen en egalisaties.	<ul style="list-style-type: none">• Rabatten.• Polders (onderbemaling).• Egalisaties (interpreteren o.b.v. AHNO,5).
6 Meet detailafwateringen in of verifieer hoogtes ervan uit het AHN met veldmetingen.	

(*) *Methodiek oude veldnamen is uitgewerkt in par. 5.13 Historie.*

Hoogtekaarten

De belangrijkste informatiebron is hier opnieuw het Algemeen Hoogtebestand Nederland, te raadplegen op www.ahn.nl (uitleg: zie hierboven). Door verder in te zoomen wordt een groter detailniveau zichtbaar (figuur 21).

Geomorfologische kaarten

Uitzonderingen daargelaten is er doorgaans geen lokale informatie aanwezig van de geomorfologie. In de toekomst kan de Landschapssleutel uitkomst bieden. Via die website zal het mogelijk worden om nader in te zoomen op het te herstellen gebied en zo in grotere detailniveau geomorfologische informatie te ontsluiten.

5.6 GRONDWATERDYNAMIEK

5.6.1 Grondwaterdynamiek op stroomgebiedsniveau

Relevant voor:

- beekherstelprojecten;
- hydrologisch herstel beekdalnatuur;
- waterbergingsprojecten.



Kern

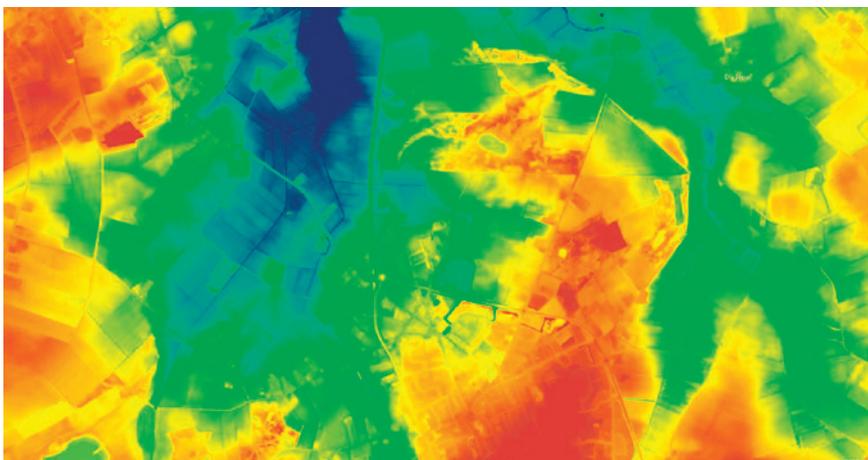
Het op regionale schaal herleiden van de herkomst en dynamiek van het grondwater.

Onderzoek naar de dynamiek van het grondwater vormt een zeer belangrijk deel van de hydrologische systeemanalyse. De herkomst van het water en de stromingsrichting bepalen in sterke mate de kwaliteit en typologie van de beek en de natuurgebieden, maar ook van de mogelijkheden voor herstel.

Klimaatverandering kán van invloed zijn op de grondwaterdynamiek. Klimaatverandering heeft een groot gevolg op het functioneren op de lange termijn van het hydrologisch systeem; intensievere buien, zachtere winters en hetere zomers. Het kan dus doorslaggevend zijn om de mate van klimaatverandering in en het effect ervan op het interessegebied te bepalen. Momenteel zijn er immers al gebieden waar veranderingen in de grondwaterstand waarneembaar zijn.

FIG 21 AHN-HOOGTEKAART BOVENLOOPJES VAN HET BEKENSTELSEL VAN DE REUSEL

Gebruikt is de AHN2-versie maaiveld Blauw / Groen / Oranje (dynamische opmaak) (Bron: www.ahn.nl).





Vragen

- Kan ruimtelijk onderscheid gemaakt worden tussen kwel en wegzijging? Verandert dit gedurende het seizoen? En zo ja, waarom?
- Waar komt er (grond)water in de buurt van het maaiveld?
- Waar komt dit grondwater vandaan (waar liggen de inzijggebieden; uit welk(e) watervoerend(e) pakket(ten) is het water afkomstig)?
- Is er sprake van een diep (regionaal) grondwatersysteem of een ondiep (lokaal) grondwatersysteem?
- Is sprake van een hydrologisch geïsoleerd systeem, bijvoorbeeld een door regenwater gevoed zuur ven op een ondoorlatende laag?
- Kan een indicatie gegeven worden of er sprake is van verdroging? En wat zijn mogelijke oorzaken van de verdroging?
- Hoe is de dynamiek van het grondwater, vlak of juist dynamisch? Vlak wijst op kwel c.q. weinig invloed van grondwateraanvulling. Dynamisch wijst op wegzijging c.q. veel invloed grondwateraanvulling.
- Welke trends zijn er zichtbaar in het grondwaterdynamiek? Zijn deze te relateren aan klimaatverandering? In welke mate zouden deze trends in de toekomst beïnvloed gaan worden door klimaatverandering?



Aanpak

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none"> • Bureaustudie <ul style="list-style-type: none"> • Analyse topografische kaarten. • Analyse beschikbare grondwatergegevens (chemie en/of isotopen). • Analyse grondwatertrappenkaarten. • Analyse GxG-kaarten. • Peilbuizen (bv. via DINO-loket). • Vegetatiegegevens. • Raadplegen provinciale websites (o.a. onttrekkingen). • Raadplegen gebiedsdeskundigen en regionale grondwatermodellen. • Vervaardigen kwelpotentiekaarten. • Raadplegen historische grondwaterstanden (COLN) of referentiegrondwaterstanden. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ligging van de natte en de droge gronden. • Verdeling infiltratiegebieden / kwelgebieden. • Mate van drainage en/of beregening uit grondwater. • Grote onttrekkingen, bijvoorbeeld voor drinkwater of industrie. • Onderbreking van de regionale grondwaterstromen door kanalen of diepe zandwinputten. • Winningen, peilverlagingen, inpolderingen e.d. in het verleden.

- Raadpleeg de in 2015 bijgestelde klimaatscenario's van het KNMI www.knmi.nl.
- Trends in de neerslag, ook voor de komende jaren of decennia.
- > '15-klimaatscenario's > 'variabele: neerslag'.
- Toename van het aantal piekbuien.
- Raadpleeg neerslaggegevens op www.meteobase.nl.

- NB. Let bij deze informatie en kaarten goed op de kwaliteit en het schaalniveau. De informatie is doorgaans goed toepasbaar op regionaal schaalniveau, maar niet op lokaal schaalniveau. Verifieer berekende gegevens (zoals een GXG kaart) ook altijd met lokale (peilbuis)gegevens.
- NB. Veel GXG kaarten en vooral grondwatertrappenkaarten zijn te grof qua schaal of te onnauwkeurig om te bepalen of er sprake is van verdroging.
- NB. Controleer ook de eventuele nabijheid van de grote rivieren, omdat de seizoenfluctuaties als gevolg van periodes met hoogwater in de grondwaterstand dan van grote invloed kán zijn.
- NB. Let ook altijd op het peilbeheer van oppervlaktewater aangezien dit de grondwaterstanden vergaand kan sturen. Bijv.: een omgekeerd peilbeheer (hogere peilen in de zomer) kan tot een omgekeerde dynamiek in grondwaterstanden leiden.

Grondwatertrappenkaarten

Het grondwaterstandsverloop wordt gekarakteriseerd met de Gemiddeld Hoogste (GHG), de Gemiddelde Voorjaars- (GVG) en de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG). GHG's en GLG's worden gecombineerd tot zogeheten grondwatertrappen (Gt's), die op kaarten worden weergegeven.

Grondwatertrappenkaarten zijn te vinden via <http://maps.bodemdata.nl> ➔ kaartlaag 'Grondwatertrap'. Zoom in tot voldoende detailniveau voor het stroomgebied en lees de legenda af door op het woord 'legenda' te klikken onder de kaart. Hier leest u welke grondwaterstanden (GLG en GHG) worden aangetroffen. U kunt ook eerst op de informatieknoop en daarna op een bodemeenheid klikken voor meer informatie.

FIG 22
GRONDWATERTRAPPEN O.B.V.
BODEMKAART 1:50.000

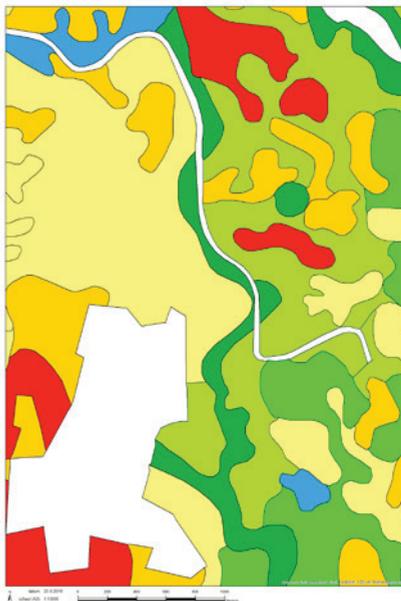
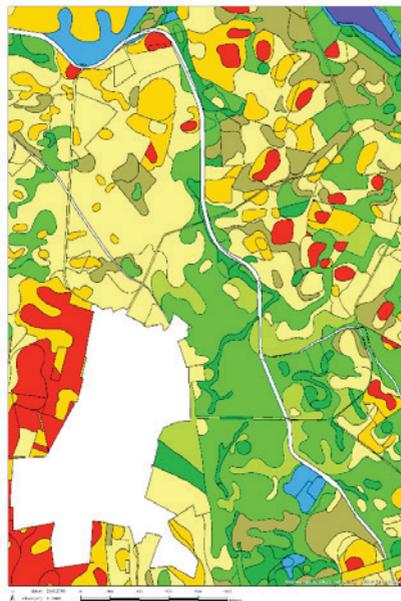


FIG 23
GRONDWATERTRAPPEN O.B.V.
BODEMKAART 1:10.000



Legenda

Bodemkaart

-
- I = H <40 L <50
- II = H <40 L 50-80
- IIa = H <25 L 50-80
- II* = H 25-40 L 50-80
- IIb = H 25-40 L 50-80
- III = H <40 L 80-120
- IIIa = H <25 L 80-120
- III* = H 25-40 L 80-120
- IIIb = H 25-40 L 80-120
- IV = H >40 L 80-120

- IVc = H 80-120 L 80-120
- IV₁ = H 40-80 L 80-120
- V = H <40 L >120
- bV = H <40 L >120 buitendijks
- sV = H <40 L >120 schijnspiegels
- Va = H <25 L >120
- bVa = H <25 L >120 buitendijks
- sVa = H <25 L >120 schijnspiegels
- V* = H 25-40 L >120
- Vb = H 25-40 L >120
- bVb = H 25-40 L >120 buitendijks

- sVb = H 25-40 L >120 schijnspiegels
- VI = H 40-80 L >120
- bVI = H 40-80 L >120 buitendijks
- sVI = H 40-80 L >120 schijnspiegels
- VII = H 80-140 L >120
- bVII = H 80-140 L >120 buitendijks
- sVII = H 80-140 L >120 schijnspiegels
- VII* = H >140 L >160
- VIII = H >140 L >160

De nauwkeurigheid van de grondwatertrappenkaarten is beperkt. De toepassings-schaal van de bodemkaart van Nederland, waar deze kaarten op zijn gebaseerd, is schaal 1:50.000 (figuur 22). Voor deze geldt als kleinste afmeting van een kaartvlak een oppervlakte van ongeveer 10 hectare. Deze kaart is dus niet geschikt voor gedetailleerd werk, zoals het beoordelen van een individueel perceel. Wel zijn ac-

tualisaties gemaakt naar een schaal 1:10.000, waar meer gedetailleerde informatie uit te herleiden is (figuur 23). Echter, een groot deel van de grondwatertrappenkaarten is verouderd. Sinds het verschijnen van de verschillende kaartbladen van de bodemkaart van Nederland zijn vrijwel overal in ons land de grondwaterstanden gedaald.

Geactualiseerde grondwatertrappen

Op basis van de bodem(detail)kartering (patrooninformatie) heeft J. van der Gaast et al. (2006) van Alterra een exercitie uitgevoerd om GHG- en GLG-kaarten te actualiseren. Dit is gebeurd door SWAP-modellen te maken, waarmee het grondwaterstandsverloop kan worden berekend. De belangrijkste input voor de SWAP-modellen betrof actuele informatie zoals neerslag, verdamping, drainageweerstand en bodemerging. Zie verder: <http://www.wur.nl/nl/Expertises-Dienstverlening/Onderzoeksinstituten/Environmental-Research/Faciliteiten-Producten/Software-en-modellen/Grondwaterdynamiek/Overzicht-methoden.htm>.

De betekenis van de codering van de grondwatertrappen en de bijbehorende grondwaterstanden is terug te vinden op <http://landschapsleutel.wur.nl>, onder 'Naslag' in de Handleiding bodemgeografisch onderzoek, tabel A-12 op pagina A-66.

GVG: De Gemiddelde VoorjaarsGrondwaterstand is bepalend voor de grondwaterstand in het voorjaar en indirect ook voor zuurstofvoorziening aan het begin van het groeiseizoen. Een hoge GVG kan essentieel zijn voor bepaalde vegetatie, omdat de wortelzone dan bijvoorbeeld gebufferd kan worden door het grondwater.

GHG: Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand, gemeten in de winter. Valt buiten het groeiseizoen en is daarom met name bepalend voor het watersysteem. Een hoge GHG is essentieel voor schrale systemen in inundatievlakten. De hoge GHG voorkomt immers dat voedselrijk beekwater in de bodem kan doordringen.

GLG: De Gemiddeld Laagste Grondwaterstand wordt gebruikt om binnen natte standplaatsen (standplaatsen met GVG rond maaiveld) onderscheid te maken tussen permanent en periodiek natte systemen. Let hierbij op de periode in het jaar waarop deze laagste grondwaterstand wordt bereikt. Ook wordt de GLG gebruikt om op regionaal schaalniveau de drainagebasis te herleiden. De GLG ligt immers vaak onder het drainageniveau van watergangen.

Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland (COLN)

In de periode 1952-1955 is door de Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland (COLN) onderzoek uitgevoerd naar de landbouwwaterhuishouding in Nederland. Jansen et al. (2003) geven een overzicht van het werk van de commissie COLN. Daarbij is op een zeer groot aantal locaties op min of meer vaste dagen de grondwaterstand gemeten. Uit de metingen zijn kaarten samengesteld met de winter- en zomergrondwaterstanden. *NB. Dit zijn niet de GHG en GLG zoals in de bodemkaart opgenomen.* De metingen en kaarten geven een goed beeld van de waterhuishouding in de periode voorafgaande aan de grootschalige waterhuishoudkundige ingrepen in het landschap. Naast het meer algemene hoofdrapport zijn er ook regionale achtergrondboekjes die veel informatie geven.

Zie ook: <http://www.wur.nl/nl/product/Historische-grondwaterstanden-1.htm>.

Regionale grondwatermodellen waterschappen en het Nederlands Hydrologisch Instrumentarium

Veelal heeft elk waterschap, of enkele waterschappen gezamenlijk, een regionaal grondwatermodel. Via waterschappen kunnen dus gegevens aangevraagd worden zoals GXG-kaarten en kwelkaarten.

Op <http://www.nhi.nu> worden data van regionale modellen ontsloten. Uitkomsten kunnen geupload worden naar het NHI. Vervolgens wordt via dit model een Nederland breed model gemaakt. Uitkomsten daarvan kunnen weer gedownload worden. Het succes van deze site staat of valt met de accuraatheid van het uploaden van gegevens. Doordat dit geen prioriteit heeft bij de waterschappen is er over het algemeen twijfel over de accuraatheid en actualiteit van de uitkomsten.

Voor het genereren van een eerste indruk onder tijdsdruk kan het NHI goed gebruikt worden. Maar het direct aanvragen van data bij het waterschap heeft momenteel nog de voorkeur.



NB. De berekende GXG's zijn benaderingen met een grove resolutie. Zeker in gebieden met veen- en keileemlagen, waar bijvoorbeeld schijnspiegels ontstaan, dient een model met terughoudendheid gebruikt te worden. Gebruikt u een model, verifieer gegevens dan altijd met gegevens uit peilbuizen.

Gewenste Grondwatersituatie Natuur: bepaling van de optimale grondwatersituatie op provinciale schaal

Voor de provincie Noord Brabant is een methode ontwikkeld om op provinciale schaal de optimale grondwatersituatie voor de sector natuur te bepalen (Runhaar et al., 1998).

Deze methode is ontwikkeld door het Centrum voor Milieukunde Leiden (CML) en het TNO-Instituut voor Grondwater en Geo-energie (CML/TNO-methode). Hierbij is gebruik gemaakt van historische gegevens en van bodempatronen om een beeld te krijgen van de vroegere grondwatersituatie.

Een belangrijk verschil met een benadering waarbij de gewenste grondwatersituatie wordt afgeleid uit natuurdoeltypen is dat rekening wordt gehouden met specifieke (historische) kenmerken.

Voor de bepaling van de voor natuur optimale grondwatersituatie is gebruik gemaakt van een historische referentie. Daartoe is een reconstructie gemaakt van de hydrologische omstandigheden zoals die naar schatting in de periode 1850-1950 heersten. Omdat bodemkenmerken slechts langzaam veranderen, geeft de opeenvolging van bodemtypen veel informatie over de vroegere hydrologische omstandigheden; de bodem is als het ware het 'geheugen' van het landschap. De referentie grondwatersituatie is weergegeven in termen van grondwaterstanden en kwelpatronen. In het programma Waternood terrestrisch 3.0.2. is dit opgenomen in een module. Hiermee kan voor elk bodemtype de omstandigheden waaronder deze is gevormd worden opgezocht. Zie ook 5.10.2.

Onder natuurlijke omstandigheden bestaat er een nauwe relatie tussen bodemtype, hydrologie en vegetatie:

- Haarpodzol, infiltratie van regenwater, droge voedselarme en zure omstandigheden.
- Veldpodzol, infiltratie in terreindepressie of op zandgronden met een minder doorlatende ondergrond, natte, zure omstandigheden
- Gooreerdgronden, overgang naar beekdal of depressies, periodiek lokale kwel, natte zure tot zwak zure omstandigheden.
- Beekeerdgrond, een bodemtype dat het best ontwikkeld is op plaatsen met diepe kwel. Aanvoer basenrijk grondwater zorgt voor continu gebufferde zwak zure tot neutrale omstandigheden.



Informatie

Gaast, J.W.J. van der; Massop, H.T.L.; Vroon, H.R.J.; Staritsky, I.G. (2006). Hydrologie op basis van karteerbare kenmerken. Alterra, Wageningen. Alterra-rapport 1339.

Jansen, P.C., M. Knotters, D.J. Brus & J.B.F. van der Horst (2003). Reconstructie van historische grondwaterstandskarakteristieken met grondwaterstanden gemeten in de periode 1952-1955. Alterra, Wageningen, <http://edepot.wur.nl/17588>.

Runhaar, J.; Ek, van R.; Klijn, F.; Ruijtenberg, R.E.; Stuurman, R.J. (1998). Gewenste Grondwatersituatie Natuur: bepaling van de optimale grondwatersituatie op provinciale schaal. Landschap nr. 181 1998 15/4.

<http://www.wageningenur.nl/nl/Publicatie-details.htm?publicationId=publication-way-333438373431>

<http://www.wur.nl/nl/product/Historische-grondwaterstanden-1.htm>

5.6.2 Grondwaterdynamiek op standplaatsniveau

Relevant voor:

- beekherstelprojecten;
- hydrologisch herstel beekdalnatuur;
- waterbergingsprojecten.



Kern

In deze fase wordt gedetailleerde informatie verzameld over het grondwaterregime door uitvoeren van veldwaarnemingen en puntmetingen op een of meerdere tijdstippen. De resultaten van de puntmetingen worden vertaald in een ruimtelijk beeld (via isohypsenkaarten) en in een tijdsverloop (via tijdreeksanalyse).

Deze informatie leert u veel over het functioneren van de hydrologie in de ondergrond. Mogelijke verdrogingsoorzaken worden duidelijk. U kunt nu ook bepalen waar u (extra) peilbuizen wilt plaatsen voor meer inzicht of als nulreferentie.



Vragen

- Wat zijn de plekken waar het grondwater dicht aan het maaiveld komt?
- Waar is sprake van infiltratie, waar van kwel en waar verschilt dit gedurende het jaar?
- Hoe is de verloop van de grondwaterstanden over het jaar?

- Waar en wanneer vindt plasvorming plaats (die niet wordt veroorzaakt door regenwater en/of inundatie)?
- Is er sprake van hydrologische isolatie?

Specifieke vragen bij het vermoeden van een hydrologisch geïsoleerd systeem zijn:

- Is de isolatie continu of periodiek?
- Welke aanvoer van ondiep grondwater bereikt het object?
- Uit welk aanliggend gebied komt dat grondwater?
- Hoeveel water wordt er door het object vastgehouden (retentie)?



Aanpak

Voor een goed beeld van de grondwaterdynamiek dient u een aantal deelaspecten uit voeren:

- 1 waarnemingen in het terrein;
- 2 opzetten peilbuizen (of gebruik maken van bestaand net) en meten en verwerken van grondwaterstanden;
- 3 zelf metingen doen aan grondwaterstanden tijdens het booronderzoek ('boorgatmethode');
- 4 opzetten en interpreteren van een isohypsenkaart;
- 5 vervaardigen en analyseren van tijdstijghoogten en duurlijnen m.b.v. Menyanthes;
- 6 uitvoeren van een tijdreeksanalyse;
- 7 grondeigenaren en gebiedskenners vragen welke (delen van) percelen minder goed begaanbaar zijn;
- 8 vegetatiekartering uitvoeren.

Modelgebruik

Het raadplegen van een regionaal grondwatermodel is erg zinvol. Het best kunt u hiervoor te rade gaan bij het waterschap. Bij het gebruik van een model is het essentieel om de bruikbaarheid ervan te verifiëren. Vraag daarom naar het schaalniveau en de kwaliteit van het model. En gebruik andere informatie en data om het model te staven.

Waarnemingen in het terrein

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none">• Verken het terrein en maak een (klad)kaart met de verschijnselen die u ziet.	<ul style="list-style-type: none">• Aanwezigheid van greppels, rabatten, drainerende watergangen en kenmerken daarvan (breedte, diepte, watervoerendheid, afstroomrichting) en van stuwen, gemalen en duikers.• Plekken waar zich wel en geen water aan/op maaiveld bevindt in natte en droge seizoenen.• Indien water op maaiveld in droge tijden is het water helder (ijzerloos) of zijn er indicaties voor ijzernijldom en in welke mate (zie foto figuur 24)? Gebruik daarvoor pH-strips of EGV om indicatie van grondwater of hemelwater te krijgen.• In (streng) vorstperioden: plekken waar open water aanwezig blijft of zeer brokkelig (rossig gekleurd) ijs zichtbaar is.• Plekken waar zandbultjes (kratertjes) zichtbaar zijn in watergangen of andere open wateren; is er zichtbare opwaartse stroming?• Zichtbare stroming over maaiveld (langzaam of betrekkelijk snel?).• Zichtbare stroming in de watergang; langzaam of betrekkelijk snel? In welke richting?• De hoogte waarop er water op maaiveld uittreedt. (Hoger dan de slootbodembodem / waterpeil van de sloot/beek? Zo ja, dan is er sprake van een (aanzienlijke) overdruk van het grondwater?)• Oppervlaktewaterstanden op hetzelfde tijdstip als gemeten in boorgaten en/of peilbuizen. (Wat zegt dat over de invloed van watergangen op de stromingsrichting van het grondwater?)

- EGV-meting ('prikstok') in veen voor indicatie kwel.
- Meten diepte t.o.v. omliggend maaiveld, en breedte van watervoerende greppels, detailsloten en hoofdwatgangen.
- Opmeten waterpeil in open wateren t.o.v. omliggend maaiveld.
- EGV-meting ('prikstok') in veen voor indicatie kwel.
- Meten diepte t.o.v. omliggend maaiveld, en breedte van watervoerende greppels, detailsloten en hoofdwatgangen.
- Opmeten waterpeil in open wateren t.o.v. omliggend maaiveld.
- Onderzoek naar drainages van nabijgelegen landbouwgronden: raadplegen website waterschap en/of gebiedsdeskundigen.
- Percelen in of nabij het herstelproject die gedraineerd zijn.

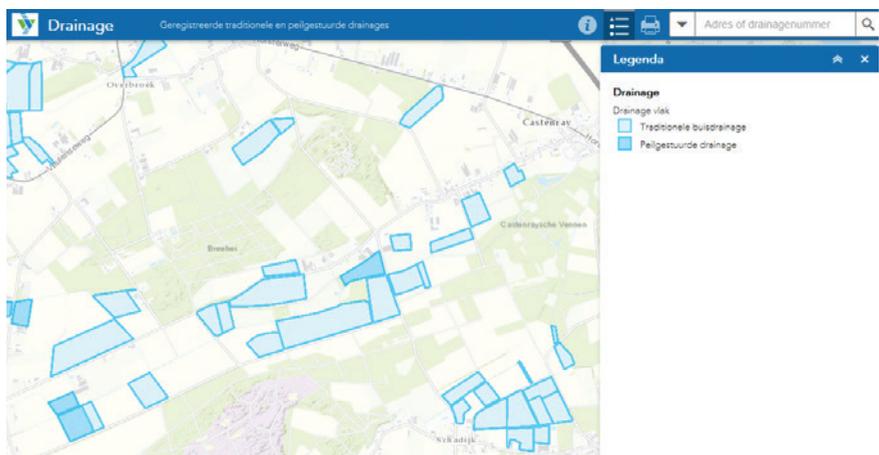
FIG 24 **KWELVERSCIJNSELEN**

Foto met kenmerkende kwelverschijnselen zoals een 'brekende' oliefilm en roestkleurige vlokken. In de nabijheid groeien onder meer Dotterbloem en Watereppe (Bron: Riets Hofstra).



FIG 25 **GEDRAINEERDE PERCELEN**

Overzicht gedraineerde percelen aan weerszijden van de Lollebeek in Noord-Limburg. Te vinden op de website van Limburg, www.waterschaplimburg.nl onder 'digitale kaarten'.



De boorgatenmethode

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
1 Boor met een Edelmanboor op goed gekozen plaatsen gaten tot in het grondwater.	<ul style="list-style-type: none"> • De waterstanden in het boorgat.
2 Beschrijf het profiel van de bodem met behulp van hydrologische kenmerken, zoals oxidatie- en reductieverschijnselen.	<ul style="list-style-type: none"> • De stromingsrichting van het grondwater op basis van de waterstandsmetingen in de boorgaten (te bepalen uit een reeks van boringen en met behulp van de desbetreffende profielen).
3 Meet de grondwaterstanden (wel één of meerdere dagen wachten tot het grondwater binnen en buiten de buis in evenwicht is).	<ul style="list-style-type: none"> • De oppervlaktewaterstanden op hetzelfde tijdstip als gemeten in boorgaten en/of peilbuizen? (Wat zegt dat over de invloed van watergangen op de stromingsrichting van het grondwater?)
4 Maak een kaart waarin u de verschillende grondwaterstanden noteert.	



NB. Om een goede indruk te krijgen van de variatie in grondwaterstanden door het seizoen is het raadzaam de bovenstaande aanpak meerdere malen door het jaar uit te voeren. Minstens tijdens natte (GHG) en droge (GLG) perioden.

De peilbuizenmethode

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none"> Opstellen boorplan. 	<ul style="list-style-type: none"> Check de aanwezigheid van peilbuizen bij bv. in DINO-loket en bij waterschappen, terreinbeheerders, provincies en drinkwaterbedrijven. Geven de grondwaterstandsdata uit die peilbuizen antwoord op je vragen (functioneren van het systeem en mogelijke verdrogingsoorzaken)? Is er voldoende tijd beschikbaar om te meten (na plaatsing en stabilisatie minimaal een jaar)? Hoeveel peilbuizen zijn er (aanvullend) nodig en op welke locaties om de vragen (functioneren van het systeem en mogelijke verdrogingsoorzaken) beter te kunnen beantwoorden? Op welke diepte zijn filters gewenst?
<ol style="list-style-type: none"> Analyseer de grondwaterstanden in de peilbuizen over verschillende seizoenen en verschillende jaren. Raadpleeg ook de peilbuisdata van het DINO-loket in de directe omgeving. Zo nodig: plaats peilbuizen op strategische plaatsen bij. Bepaal de dynamiek van het grondwater. 	<ul style="list-style-type: none"> Hoogte grondwaterstand t.o.v. NAP en maaiveld. Verschillen in standen/stijghoogten tussen diepere en ondiepere filters. Het verloop van de waterstanden in de loop der jaren. Is er een trend zichtbaar in het grondwaterstandsverloop en hoe laat die zich verklaren? <i>NB. Neem hiervoor een voldoende lange reeks en spiegel de reeks met droge en natte periodes.</i> De stromingsrichting van het grondwater in zomer en winter of vroege voorjaar. Wat is daarbij de rol van de diverse watergangen in het gebied? Hoe is het stromingsbeeld te verklaren/begrijpen?

- Onderzoek naar drainages van nabijgelegen landbouwgronden: raadplegen website waterschap en/of gebiedsdeskundigen.
- Is er een verschil tussen de seizoenen of tussen de jaren?
- Hoe zijn eventuele verschillen te verklaren/begrijpen?
- Is het verloop in de tijd van de waterstand in de filters op verschillende diepte parallel (verticale flux van wegzijging of kwel) of is het verloop duidelijk verschillend? Wat zegt dat over het functioneren van de waterhuishouding?
- Welke vorm heeft de duurlijn die is afgeleid uit het grondwaterstandsverloop?
- Wat zegt die vorm over het grondwaterregime?
- Wat is de duur van hoge standen?
- Hoe verhoudt die duur zich tot de amplitude en de laagste grondwaterstand?

➤ NB. Om een goede indruk te krijgen van de variatie in grondwaterstanden door het seizoen is het raadzaam de peilbuizen meerdere keren door het jaar uit te lezen.

Isohypsenaart

Op een isohypsenaart staan lijnen met een gelijke stijghoogte afgebeeld. Op basis van een isohypsenaart kan de stromingsrichting worden bepaald en sterk draineerende en infiltrerende watergangen worden geïdentificeerd. De stromingsrichting van het grondwater is loodrecht op de isohypsen en is van hoog naar laag. Watergangen die de stijghoogte of grondwaterstand (sterk) beïnvloeden, resulteren in afbuigende isohypsen.

Samenstellen isohypsenkaarten

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
1 Raadpleeg isohypsenkaart. Wanneer niet aanwezig:	<ul style="list-style-type: none">• De grondwaterstanden uit de peilbuizen- of boorgatenmethode ten opzichte van een bekende referentie, bij voorbeeld NAP.
2 Opstellen van een kaart van gelijke grondwaterstanden (zo mogelijk van het vroege voorjaar als van een droge zomerperiode).	<ul style="list-style-type: none">• Of via grondwaterstanden uit een grondwatermodel.
3 Verzamel berekende en/of gemeten grondwaterstanden of stijghoogtes van de gewenste situatie (bij voorkeur één of enkele dagen na de boring).	
4 Indien meetgegevens worden gebruikt dienen deze gegevens tot een vlakdekkend beeld te worden geïnterpoleerd.	
5 Met behulp van GIS kan het geïnterpoleerde rasterbestand worden omgezet naar contouren.	



NB. Isohypsenkaarten kunnen van verschillende situaties worden gemaakt. Van een jaargemiddelde situatie, een specifiek moment in de tijd of een seizoen. Het is dan ook goed om te realiseren dat isohypsenpatronen kunnen variëren in de tijd.

Metingen in peilbuizen en waarnemingen in boorgaten kunnen meestal niet direct met elkaar worden vergeleken. Boorgaten geven immers informatie over de freatische grondwaterstand en peilbuizen geven de stijghoogte weer op wat grotere diepte, minimaal twee tot drie meter (Van der Gaast et al., 2003; 2005; 2009). Isohypsenkaarten op basis van boorgatmetingen geven vaak een grilliger kaartbeeld, doordat lokale hoogteverschillen van invloed kunnen zijn op de metingen en doordat de dichtheid van waarnemingspunten vaak groter is.

Beide methoden vullen elkaar aan en vergelijking van kaartbeelden geeft vaak inzicht in de aanwezigheid van lokale watersystemen die alleen onder natte omstandigheden aanwezig zijn (figuur 26).

FIG 26 ISOHYPSENBEELDEN

Isohyphenbeelden voor het Boetelerveld (Salland) in een natte winterperiode op basis van peilbuisen (links) en op basis van boorgaten (rechts). Uit de peilbuiswaarnemingen blijkt dat het regionale grondwater toestroomt vanuit het zuidoosten. De metingen in boorgaten geven aan dat op het regionale stromingspatroon tal van lokale systemen zijn gesuperponeerd, die zorgen voor toestroming van zeer ondiepe kwel vanuit zandruggen naar afvoerloze laagten (Bron: Jansen, 2010).



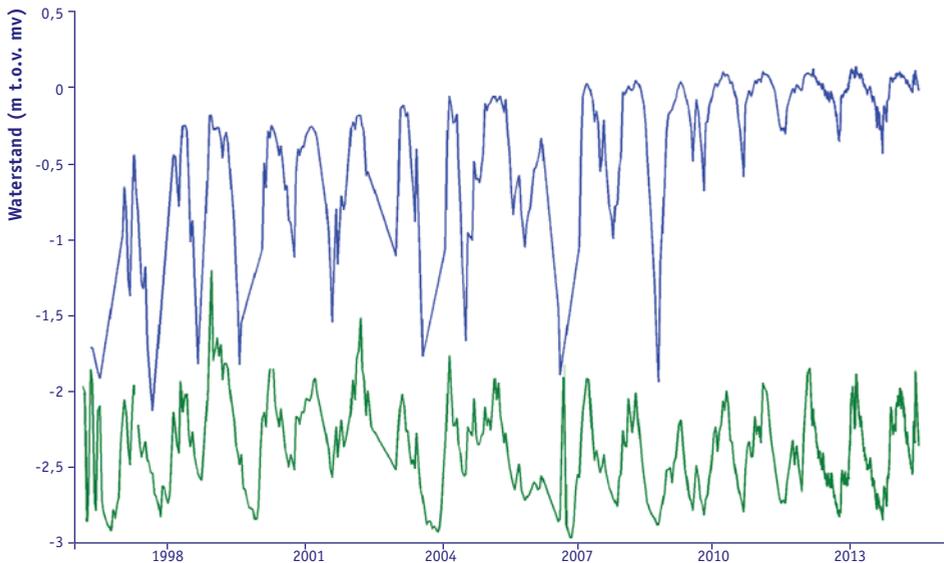
Tijdstijghoogtelijn

Een tijdstijghoogtelijn geeft inzicht in de stijghoogte of grondwaterstand in de tijd op een bepaalde locatie in de vorm van een tijdreeks. Dit kan bijvoorbeeld een gemeten stijghoogte zijn in een peilbuis, maar dit kan ook een - met behulp van een grondwatermodel berekende - grondwaterstand zijn. Een tijdstijghoogtelijn geeft inzicht in de fluctuatie van een stijghoogte of grondwaterstand en kan ten opzichte van maaiveld of NAP worden gepresenteerd. Indien de tijdstijghoogte informatie over meerdere jaren geeft, dan is het mogelijk om seizoensfluctuatie te herkennen (figuur 27).

Op basis van de fluctuatie is het ook mogelijk om een schatting te maken van het systeem waar de peilbuis staat. Bijvoorbeeld: een traag en langzaam werkend systeem op een stuwwal of een sterk door neerslag en afvoer beïnvloed systeem in een beekdal. Karakteristieken die hier iets over zeggen, zijn eenvoudig af te leiden met een tijdreeksmodel.

FIG 27 VERTICALE STIJGHOOGTEVERSCHILLEN

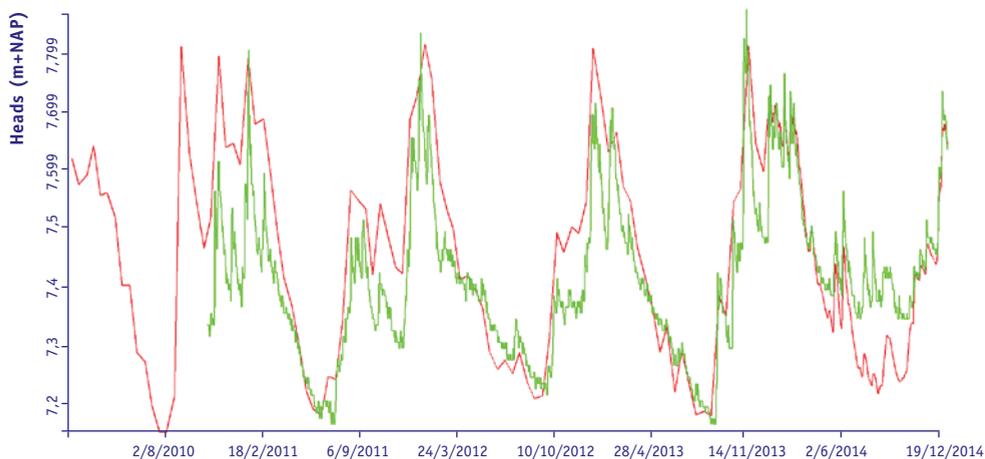
Verticale stijghoogteverschillen in een schijnspiegelsysteem in het Beerzerveld (Overijssel). De freatische grondwaterstand in het veen ligt permanent ver boven de stijghoogte in de zandondergrond op enkele meters diepte. Vanaf 2009 is te zien dat de freatische grondwaterstand 's zomers veel minder uitzakt en dat het drempelniveau van de overloop hoger ligt. Dit hangt samen met interne herstelmaatregelen, waarvan in de ondergrond geen enkele invloed is te zien (Bron: Kieskamp et al., 2015).



Verticale stijghoogteverschillen geven veel informatie over de werking van grondwatersystemen in de tijd. Zo is het aantal dagen met kwel in het voorjaar een grootte die zich eenvoudig laat meten en die goed te koppelen valt aan de uitkomsten van scenarioberekeningen met grondwatermodellen (figuur 28). In systemen met schijnspiegels geeft vergelijking van metingen van verticale stijghoogteverschillen een snelle indruk van de afhankelijkheid van een standplaats van het regionale grondwaterniveau. Omdat natuurgebieden vaak kwetsbaar zijn en de bodem weinig draagkracht heeft, worden peilbuizen in handkracht gezet. Dat beperkt de diepte van peilfilters in de verticaal tot ongeveer 16 meter onder maaiveld.

FIG 28 TIJDSTIJGHOOGTELIJN IN HET REGGEDAL

Voorbeeld van een gemeten (groen) en berekende (rood) tijdstijghoogtelijn in het Reggedal (Bron: Arcadis).



Aanvullend is het mogelijk om, indien de lengte van de reeks lang genoeg is, op basis van de tijdreeks de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand, Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand en de Gemiddelde VoorjaarsGrondwaterstand (GLG, GHG en GVG) te bepalen (Methode bron: Cultuurtechnisch Vademecum). Zie ook literatuur van resp. Ten Cate, Van der Gaast en Von Asmuth onder het kopje 'informatie'.

Samenstellen tijdstijghoogtelijn

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<p>1 De gemeten en/of berekende grondwaterstanden of stijghoogtes uitzetten tegen de tijd. Dit kan bijvoorbeeld in Excel, iMOD of Menyanthes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Gemeten en/of berekende grondwaterstanden of stijghoogtes.



NB. Om een goede tijdstijghoogtelijn te maken, is het wenselijk om over gegevens van meerdere jaren te beschikken.

Duurlijn

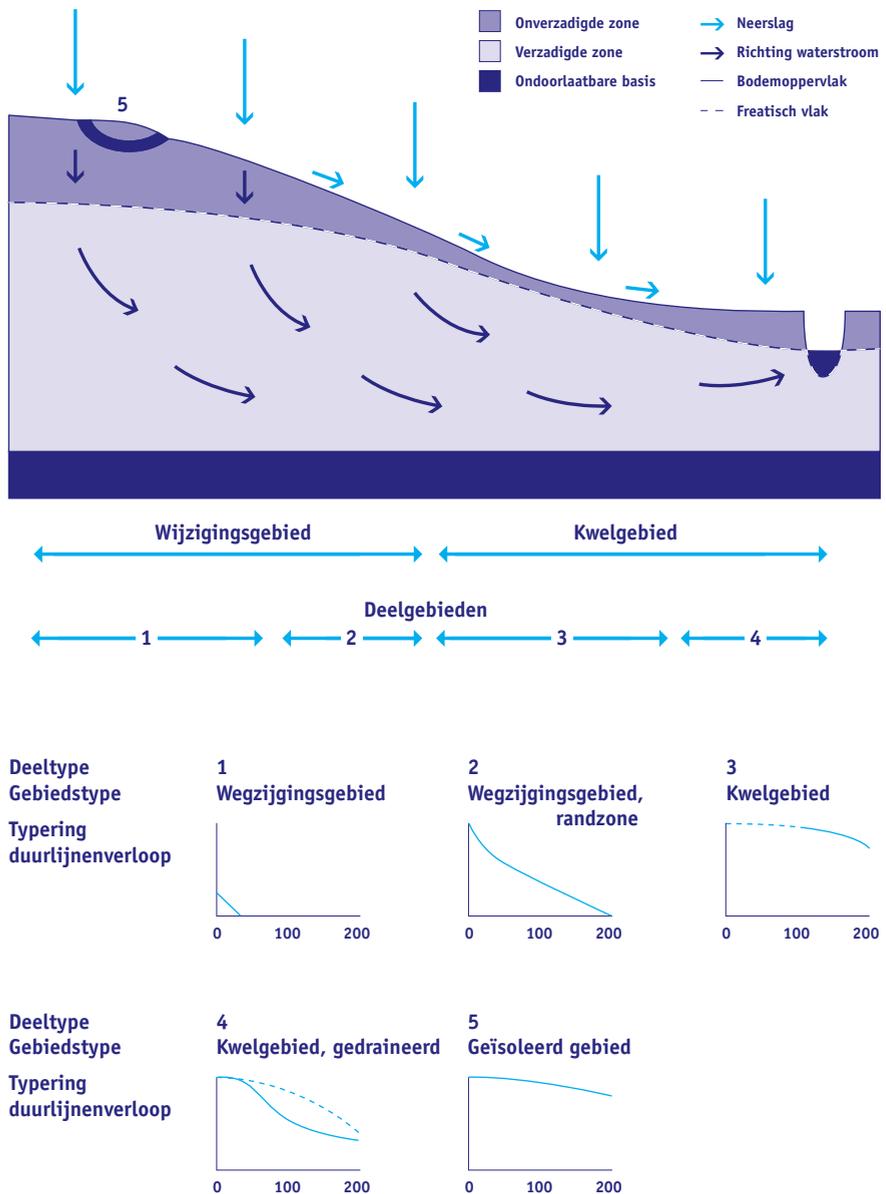
In een tijdstijghoogtelijn van meerdere jaren gaat de ruis van de weersvariatie ten koste van het overzicht. Dat is te verhelpen door het verloop van de grondwaterstand weer te geven in een zogenaamde duurlijn, ook wel overschrijdingsduurlijn genoemd. In een duurlijn is te zien binnen welke totale tijdsduur een bepaalde grondwaterstand of stijghoogte wordt overschreden.

Een duurlijn heeft vaak een S-vormige curve. Deze vorm ontstaat bij een homogene, goed doorlatende bodem en een gemiddeld grondwaterstandsverloop. De feitelijke vorm van de duurlijn wordt voor een deel bepaald door de positie binnen het hydrologische systeem (in [figuur 29](#) zijn voorbeelden gegeven). Door de vorm van een duurlijn van grondwaterstandsmetingen te vergelijken met de vormen die in [figuur 29](#) voor de verschillende deelgebieden zijn gegeven, kan de positie van de peilbuis in het hydrologisch systeem bepaald worden.

De lengte van de meetperiode hangt af van hoe snel de grondwaterspiegel reageert op variaties in het weer. In het algemeen geldt dat langer gemeten moet worden, naarmate de grondwaterstand dieper beneden maaiveld ligt. Men heeft voor vegetaties van natte en vochtige standplaatsen aangetoond dat een meetperiode van 30 jaar lang genoeg is om reële gemiddelden van de grondwaterstand te verkrijgen (Van Beusekom et al., 1990). Voor het bepalen van de GHG en GLG wordt van oudsher een periode van minimaal acht jaar aangehouden (Van der Sluijs, 1990). Zo lang wordt een meetprogramma echter niet altijd volgehouden, daarnaast kleven er nadelen aan, die in de volgende paragraaf worden toegelicht. Met behulp van tijdreeksanalyse is het mogelijk om op basis van bekende gegevens over neerslag en verdamping, reeksen te verlengen. Hiervoor kan bijvoorbeeld het computerprogramma Menyanthes worden gebruikt. Een periode van minimaal twee à drie jaar aan tweewekelijkse metingen blijft echter nodig voor een betrouwbare verlenging van de meetreeks.

FIG 29 HET GRONDWATERSTANDVERLOOP OP VERSCHILLENDE PLAATSEN IN EEN HYDROLOGISCH SYSTEEM MET BIJBEHORENDE VORMEN VAN DUURLIJNEN

(Bron: Van Beusekom et al., 1990).



Invloed van klimaatverandering en ingrepen in het watersysteem op de duurlijn

Uit de nieuwste klimaatscenario's van het KNMI blijkt dat het huidige klimaat significant afwijkt (v.w.b. neerslag en verdamping) van het 'gemiddelde' klimaat van de afgelopen 30 jaar. Vandaar dat de nieuwe neerslag stochasten afwijken van de vorige stochasten. Bij het berekenen van de grondwaterstand over een periode van 30 jaar wordt dus een historische, niet meer bestaande grondwaterstand berekend.

Geadviseerd wordt een periode van maximaal acht jaar aan te houden, die ook voor de bepaling van de GHG uit peilbuizen wordt aangehouden. Wanneer deze niet voorhanden is, is een vuistregel: indien er een grondwatermeetreeks van een gemiddeld jaar aanwezig is, zoals 900 mm jaarneerslag, geeft dat een indicatie van het gemiddelde grondwaterstandsverloop.

Voorts is het van belang om bij gebiedskenners en terreinbeheerders na te gaan of er ingrepen hebben plaatsgevonden in het watersysteem gedurende de beoogde periode van de duurlijn.

Samenstellen duurlijn

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
1 Ga na of er eventueel bestaande duurlijnen zijn bij waterschappen en of terreinbeheerders.	<ul style="list-style-type: none">• Gemeten en/of berekende grondwaterstanden of stijghoogtes over een periode van minimaal twee à drie jaar aan tweewekelijkse metingen.
2 Indien de gemeten reeks korter is dan 30 jaar, dan dient deze verlengd te worden op basis van KNMI-gegevens.	<ul style="list-style-type: none">• Bij meetreeks korter dan 30 jaar: neerslag en verdampingsgegevens (met behulp van Menyanthes te downloaden van de KNMI-site).
3 De gemeten en/of berekende grondwaterstanden of stijghoogtes sorteren van hoog naar laag en in een grafiek weergeven.	<ul style="list-style-type: none">• Register LGR met informatie van huidige, voormalige en tijdelijke bemalingen en onttrekkingen.
4 Vergelijk de duurlijnen met referentieduurlijnen voor natuurtypen.	

Regionale grondwatermodellen

Voor grote delen van Nederland zijn regionale modellen opgesteld waarin regionale informatie is verwerkt. Deze regionale modellen zijn daarmee een interessante informatiebron, enerzijds door de informatie die hierin is verwerkt en anderzijds omdat met behulp van deze regionale modellen inzicht is te verkrijgen in regionale grondwaterstanden, stijghoogtes, kwelstromen en intrekgebieden:

- AMIGO (Actueel Model Instrument Gelderland Oost);
- AZURE (Actueel Instrumentarium voor de ZUiderzee REgio);
- DoRegMod (Dommel Regionaal Model, Hydrologisch Model-Instrumentarium Waterschap De Dommel);
- HYDROMEDAH (HYDROlogisch Modelinstrumentarium En DataArchief HDSR);
- IBRAHYM (Integraal geBiedsdekkend Regionaal HYdrologisch Model);
- IWANH (Integraal WATER en Nitraatmodel Heuvelland);
- MIPWA (Methodiek ontwikkeling, Interactieve Planvorming t.b.v. het WATERbeheer);
- MORIA (Modellering Ondergrond Rivierenland Interactief en Actueel).

Het voert hier te ver om een toelichting te geven op deze modellen. Het toepassen van deze modellen vergt ervaring. Raadpleeg daarom een professional. Bij het gebruik van een model is het essentieel om de bruikbaarheid ervan te verifiëren. Vraag daarom naar het schaalniveau en de kwaliteit van het model. En gebruik andere informatie en data om het model te staven.

Specifieke aanpak bij het vermoeden van een hydrologisch geïsoleerd systeem:

Om de mate van isolatie nader te onderzoeken, is een bodemverkenning door middel van een netwerk of raaien van boringen nodig. Speciale aandacht moet uitgaan naar de textuuropbouw (korrelgrootte), aanwezigheid van veen en organische stofrijke lagen. Ook dunne lagen zijn van belang. Uit de boorgegevens maakt men een kaart van de verbreiding van de stagnerende laag of lagen. Deze vormt de basis voor het verdere werk. Om de grondwaterinvloed door (periodiek) toestroming van buiten te bepalen, dient een aantal raaien met grondwaterfilters op verschillende dieptes te worden aangebracht. Deze moeten tweewekelijks worden bemeten op de waterstanden, bij voorkeur gedurende ten minste één jaar. Met een hoogtekkaart (AHN) en aanvullende D-GPS en eventueel waterpassingen (m.n. in een bos) worden de NAP-hoogtes van de filterbuizen en maaiveld vastgesteld. Wij bevelen sterk aan om een aantal filterbuizen te voorzien van loggers om de

kortetermijnvariatie van de waterstanden te kunnen bepalen. Snelle reactie van grondwaterstanden op meteorologische condities (regen, droogte) zijn typische kenmerken van hydrologisch geïsoleerde gebieden.

Met een lokaal hoge resolutie, dynamisch grondwatermodel, kan aanvullende informatie over herkomst (en daardoor de chemische eigenschappen) van toestromend grondwater worden verkregen.

Informatie

- Bot, B. (2010). Grondwaterzakboekje. <http://www.grondwaterzakboekje.nl>. De eerste versie van het Grondwaterzakboekje, die in november 2011 uitkwam, is niet meer te leveren. Inmiddels wordt de laatste hand gelegd aan een sterk uitgebreide tweede editie. Deze editie zal in de loop van 2016 verschijnen.
- Cultuurtechnisch Vademecum. 1988. Werkgroep Herziening Cultuurtechnisch Vademecum, Cultuurtechnische vereniging. Locatie. 2e druk
- Jansen, A.J.M. (2010). Systeemanalyse Boetelerveld. Unie van Bosgroepen. <http://edepot.wur.nl/333522>.
- Kieskamp, A.A.M., A.J.M. Jansen, J. Sevink & A.T.W. Eysink (2015). Hydro-ecologische systeemanalyse Beerzerveld. De noodzaak van interne en externe maatregelen. Coöperatie Unie van Bosgroepen, Ede.
- Ten Cate, J.A.M., A.F. van Holst, H. Kleier & J. Stolp (1995). Handleiding bodemgeografisch onderzoek. Richtlijnen en voorschriften. Deel B: Grondwater. DLO-Staring Centrum, Wageningen, <http://edepot.wur.nl/380316>.
- Van Beusekom, C.F., J.M.J. Farjon, F. Foekema, B. Lammers, J.G. de Molenaar, W.P.C. Zeeman (1990). Handboek Grondwaterbeheer voor Natuur, Bos, en Landschap. Studiecommissie Waterbeheer, Natuur en Landschap, SDU Uitgeverij, Den Haag.
- Van der Gaast, J.W.J. & H.Th.L. Massop, 2003. Karakterisering van de freatische grondwaterstand in Nederland. Bepaling van de GxG en xG3 voor 1995 op puntlocaties. Alterra, Wageningen. <http://edepot.wur.nl/38040>.
- Van der Gaast, J.W.J., H. Th. L. Massop & G.B.M. Heuvelink (2005). Monitoring van verdroging. Methodische aspecten van meetnetoptimalisatie. Alterra, Wageningen. <http://edepot.wur.nl/36657>.
- Van der Gaast, J.W.J., H. Th. L. Massop & H.R.J. Vroon (2009). Actuele grondwaterstandssituatie in natuurgebieden. Alterra - Wageningen UR, Wageningen. <http://edepot.wur.nl/133456>.

Van der Sluijs, P. (1990). Grondwatertrappen. In: Locher, W.P. & H. de Bakker (red.). Bodemkunde van Nederland. Deel 1. Algemene Bodemkunde. Malmberg, Den Bosch.

Von Asmuth, J.R. (2012). Groundwater System Identification through Time Series Analysis. Proefschrift Technische Universiteit Delft.

Von Asmuth, J., M. Knotters & K. Maas (2005). Tijdreeksanalyse voor ecohydrologen. Achtergronddocumentatie en cursushandleiding. KIWA, Nieuwegein.

<http://www.grondwaterformules.nl>

<http://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterdata-en-waterberichtgeving/waterdata>. Hierin veel informatie over het waterregime van de grote rivieren. Deze is belangrijk voor de grondwaterdynamiek in veel benedenlopen van beken.

5.7 SAMENSTELLING VAN HET GRONDWATER

5.7.1 Samenstelling van het grondwater op stroomgebiedsniveau

Relevant voor:

- beekherstelprojecten;
- hydrologisch herstel beekdalnatuur;
- waterbergingsprojecten met een ecologisch doel.



Kern

In dit stadium is behoefte aan een globaal, nog niet al te gedetailleerd inzicht in de samenstelling van het grondwater. Dit helpt bij het duiden van het type beek of natuurgebied. Op deze regionale schaal is dat mogelijk zonder duur en tijdrovend laboratoriumonderzoek. Hiervoor reiken wij een aantal eenvoudige instrumenten aan.



Vragen

- Hoe oud of jong is het grondwater en wat zegt dat over de te verwachten grondwaterkwaliteit?
- Welke chemische karakteristieken heeft het grondwater?
- Is er sprake van een sterk door regenwater beïnvloede bovenste laag van het grondwater of is aanrijking vanuit de ondergrond waarschijnlijk?
- Bevat de bodem een kalkhoudende laag of is een andere bron van zuurbuffering aanwezig?
- Is er pyriet in de ondergrond aanwezig?
- Wat zegt de samenstelling van het grondwater over het type beek of natuurgebied?



Aanpak

U kunt enig idee over de samenstelling van het grondwater krijgen door één of meer van de volgende stappen te zetten:

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none">Analyse kaarten van de bodem en de ondergrond.	<ul style="list-style-type: none">Aanwezigheid van leemhoudend materiaal of mariene afzettingen in de ondergrond (in de bovenste 50 m).Aanwezigheid van beekerdgronden (deze gronden worden gekenmerkt door sterke roestverschijnselen, ontstaan door toestroming van ijzerrijk grondwater). IJzerrijk grondwater kan basenrijk zijn, maar dat is beslist niet altijd het geval.
<ul style="list-style-type: none">Veldonderzoek:<ul style="list-style-type: none">pH metingen in het veld (neem een grondboor mee).	<ul style="list-style-type: none">Zuurgraad van het water in plassen en in boorgaten (op verschillende diepten).Zichtbare verschijnselen van kwel of kalkafzetting.
<ul style="list-style-type: none">Controleer beschikbare grondwateranalyses:<ul style="list-style-type: none">DINO loket, waterschap, terreinbeheerders, provincie.	<ul style="list-style-type: none">Zuurgraad.Gehalten aan calcium en bicarbonaat.Chloridegehalte.IJzer.Gehalte aan nutriënten (stikstof, fosfaat e.d.).
<ul style="list-style-type: none">Indicatie stromingsrichting voedselrijk grondwater.	<ul style="list-style-type: none">Combinatie van LGN, isohypsen en/of grondwaterstromingskaarten.
<ul style="list-style-type: none">Analyseer de (provinciale) grondwaterkwaliteitskaart, indien beschikbaar. (Deze geeft een indicatie van de kwaliteit op basis van o.a. grondgebruik en bodemtype.)	<ul style="list-style-type: none">Grondwaterkwaliteitsgegevens uit provinciaal bodemmeetnet, kwel- en infiltratiekaart, bodemkaart en landgebruikskaart, kwaliteitsnormen.
Analyse waterkwaliteitsgegevens: <ul style="list-style-type: none">bepalen IR-ratio;bepalen IR-EGV diagram.	<ul style="list-style-type: none">Gehalten in het grondwater van calcium (Ca^{2+}) en chloride (Cl^-).Het elektrisch geleidingsvermogen (EGV).

IR-EGV diagram

Een eenvoudige manier om de mogelijke herkomst van grondwater in beeld te brengen, is het weergeven van grondwaterkwaliteitsmonsters in het IR-EGV-diagram (Van Wirdum, 1980; [figuur 31](#)). Hiervoor volstaan metingen van calcium, chloride en EGV. Het IR-EGV-diagram is gebaseerd op de veronderstelling dat neerslagwater in de bodem geleidelijk wordt aangerijkt met ionen en daardoor van karakter verandert. Op de website van OBN (www.natuurkennis.nl) is de benodigde informatie hierover opgenomen. In systemen waar die veronderstelling niet opgaat, is het beter om een objectieve classificatie te gebruiken, zoals de waterkwaliteitstypologie van Stuyfzand (1986).

Het samenstellen van de karakteristiek van het grondwater in een beekdal is een eenvoudige handeling die veel informatie levert. De berekening is als volgt:

FIG 30 BEREKENING VAN DE IONEN-RATIO (IR) VOLGENS VAN WIRDUM

(Bron: www.natuurkennis.nl).

$$IR = \frac{[Ca^{2+}]}{[Ca^{2+}] + [Cl^{-}]} \quad (\text{concentratie in meq.l}^{-1})$$

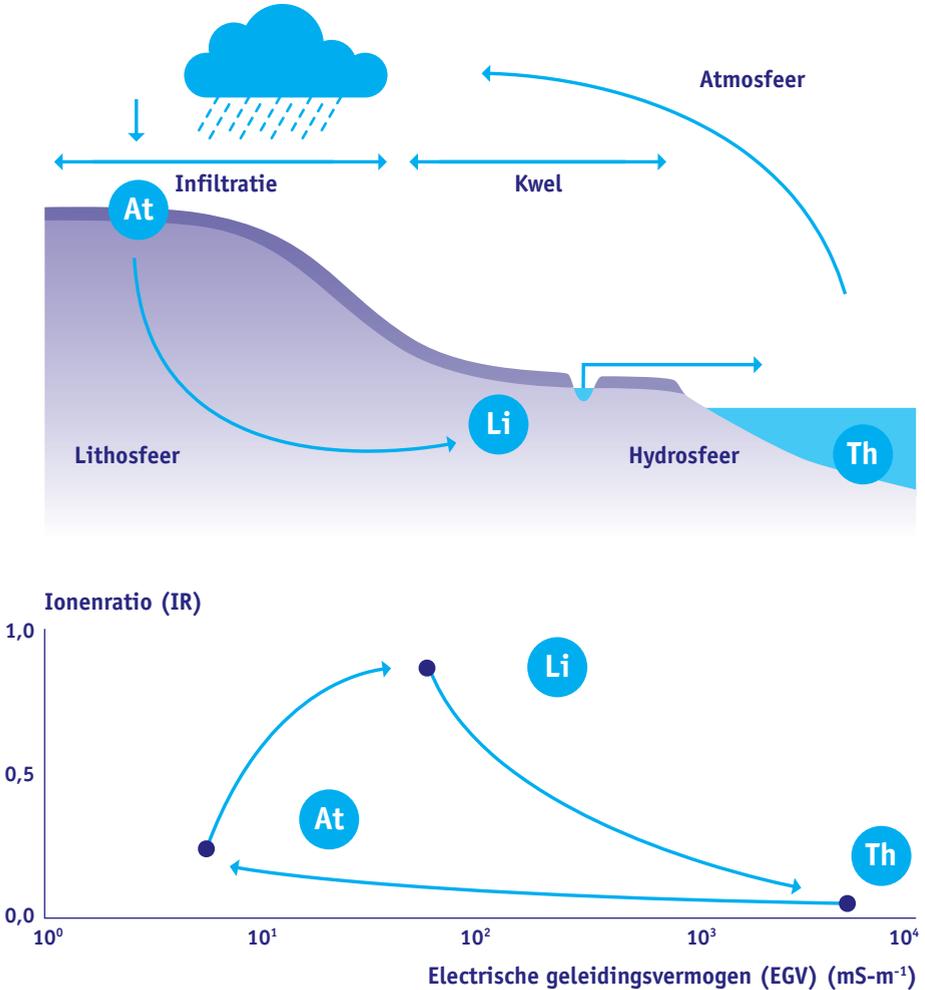
De natuurlijk samenstelling van grond- en oppervlaktewater op de pleistocene zandgronden ligt globaal op de lijn tussen de atmosferische en de lithotrofe referentiepunten in het EGV-IR diagram. Afwijkingen naar rechts wijzen op vervuiling met Rijnwater of landbouwwater.

Landelijk en Provinciaal Meetnet Grondwaterkwaliteit

Het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit is opgebouwd uit circa 350 vaste meetpunten verspreid over geheel Nederland. In het meetnet wordt de kwaliteit van het ondiep en middeldiep grondwater in Nederland vastgesteld. Daartoe kan op elk meetpunt via een permanent geïnstalleerde grondwaterput het grondwater opgepompt worden vanaf een diepte van circa 10, 15 en 25 meter onder maaiveld. Alle provincies hebben dit verdicht tot een provinciaal meetnet grondwaterkwaliteit. De gegevens van zowel het landelijke als provinciale meetnet zitten in DINO-loket.

FIG 31 SAMENHANG

Samenhang tussen de kringloop en de chemische samenstelling van het water, weergegeven in Van Wirdum's EGV-IR-diagram (Bron: <http://www.natuurkennis.nl>)



Daarnaast heeft het RIVM een landelijk bodemkwaliteitsmeetnet. Daarin wordt naast de bodemkwaliteit ook de kwaliteit van het freatisch grondwater bepaald. Ook deze gegevens zitten in DINO-loket. Om privacy redenen zijn deze niet terug te voeren op perceelsniveau.

Regionale samenstelling grondwater

TNO Geologische Dienst heeft een regionale karakterisering van de grondwatersamenstelling in de eerste 30 m beneden het maaiveld opgesteld en regionale statistieken van nutriënten in het grondwater (o.a. Griffioen et al. (2013) en Vermooten et al. (2005, 2006)). Nederland is hiervoor opgedeeld in 27 zogenaamde geotopgebieden met elk hun eigen, karakteristieke (hydro)geologische opbouw van de ondiepe ondergrond (Figuur 32). De rapportages geven inzicht in de regionale karakteristieken van de samenstelling van het grondwater met betrekking tot zoutgehalte, zuurgraad, kalkverzadiging, etc.

FIG 32 INDELING GRONDWATERREGIO'S

volgens TNO met elk hun eigen, karakteristieke (hydro)geologische opbouw van de ondiepe ondergrond (tot 30 m beneden maaiveld) (Bron: Vermooten et al., 2005).



Grondwaterkwaliteitskaart Noord-Brabant

De kaart met homogene gebiedstypes is in 2003 opgesteld ten behoeve van de integrale rapportage van het bodem- en het grondwaterkwaliteitsmeetnet door TNO. De homogene gebieden onderscheiden zich op basis van de hydrologische situatie (infiltratie, intermediair, kwel), bodemtype (droge en natte eerdgronden, droge en natte podzolgronden) en landgebruik (landbouw, natuur en stad). De gebiedstypen worden gebruikt om resultaten uit het provinciale bodemkwaliteitsmeetnet (PMB) en het grondwaterkwaliteitsmeetnet (PMG) ruimtelijk te interpreteren.

Dit resulteert in kaarten die een beeld geven van de toestand van nitraat, zink, cadmium en pH in de bodem (freatisch) en op een diepte van 10 en 25 meter beneden maaiveld. De toestand van het grondwater is weergegeven aan de hand van de homogene gebiedstypes. Per homogeen gebiedstype is de mediane concentratie bepaald op basis van de rapportage van de 17e meetronde (2013) van het Provinciaal Meetnet Bodem en het Provinciaal Meetnet Grondwater (PMG).

In de kleurstelling van de legenda is rekening gehouden met de volgende normen:

- 50 mg/l nitraat (norm Kader Richtlijn Water);
- 65 µg/l zink (Streefwaarde in grondwater);
- 0,65 µg/l cadmium (norm Kader Richtlijn Water).

⇒ NB: de kaarten kunnen toegepast worden om een eerste, globale indicatie te verkrijgen van de grondwaterkwaliteit. Voor meer gerichte of lokale informatie, zie de volgende paragraaf.

Informatie

Griffioen, J., Vermooten, S. & Janssen, G.J.A. (2013). Geochemical and palaeohydrological controls on the composition of shallow groundwater in the Netherlands. *Applied Geochem.* (39), 129-149. Doi: 10.1016/j.apgeochem.2013.10.005.

Vermooten, J.S.A., Vasak, L., Griffioen, J., Klaver, G.T., Vernes, R.W. & Weerts, H.J.T. (2005). Afbakening van het topsysteem voor de kartering van de reactiviteit van de Nederlandse ondergrond. TNO Bouw en Ondergrond, rapportno. NITG 05-121-A.

Vermooten, S., Maring, L., Van Vliet, M. & Griffioen, J. (2006). Landsdekkende, geologische karakterisering van de regionale grondwatersamenstelling in de geotop van Nederland. Datarapport. TNO Bouw en Ondergrond, rapportno. 2006-U-R0171/A.

Wirdum, G. Van (1980). Een eenvoudige beschrijving van de waterkwaliteitsverandering gedurende de hydrologische kringloop ten behoeve van de natuurbescherming. In: J.C. Hooghart (red.) Waterkwaliteit in grondwaterstromingsstelsels. Verslag van de workshop op 1 en 2 april 1980. rapporten en Nota's 5. CHO-TNO, 's-Gravenhage: 118-143, <http://edepot.wur.nl/182307>.

<http://www.natuurkennis.nl/index.php?hoofdgroep=6&niveau=3&id=6>
http://www.rivm.nl/Onderwerpen/L/Landelijk_Meetnet_Bodemkwaliteit

5.7.2 Samenstelling van het grondwater op standplaatsniveau

Relevant voor:

- hydrologisch herstel beekdalnatuur;
- waterbergingsprojecten met een ecologische doel.



Kern

In deze fase wordt in het veld en door middel van laboratoriumanalyse gedetailleerde informatie verzameld over de chemische samenstelling van het (ondiepe) grondwater. De resultaten zijn van belang omdat de samenstelling van het water van grote invloed is op de resultaten van het natuurherstel. Zo kan in kwelgebieden benedenstrooms van intensief bemeste percelen een aanzienlijke verhoging optreden van de stikstofverbindingen nitraat en ammonium en van fosfaat en kalium die van invloed kunnen zijn op de natuurontwikkeling.



Vragen

- Is er sprake van ruimtelijke verspreiding (horizontaal en verticaal) van bepaalde typen water in relatie tot zuurgraad, ionenrijkdom, redoxtoestand, basenrijkdom, buffering, koolstofrijkdom, ijzerrijkdom, zoutgehalte, sulfaatgehalte en nutriëntengehalten? Bijvoorbeeld:
 - Wat kan over de herkomst van het grondwater geconcludeerd worden op basis van de stromingsrichting en de hydrochemische classificatie van de watermonsters?
 - Is er sprake van meetbare verticale gelaagdheid in grondwaterkwaliteit die duidt op aanwezigheid van regenwaterlenzen en oppervlakkige verzuring?
 - Is er sprake van verhoogde concentraties van chloride en sulfaat in het grondwater die duiden op invloed van bemesting in de huidige situatie of in het verleden?
 - Is sprake van verhoogde nutriëntenconcentraties die duiden op eutrofiëring?



Aanpak

De volgende stappen geven u meer inzicht in de chemische samenstelling van het grondwater:

- 1 veldonderzoek;
- 2 laboratoriumonderzoek;
- 3 synthese van de analyseresultaten;
- 4 toepassing van ecologische indicatoren (zie daarvoor paragraaf 5.11).

Veldonderzoek en laboratoriumonderzoek

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none">• Analyse bodemkaarten ter voorbereiding op veldonderzoek.• Veldonderzoek<ul style="list-style-type: none">- Bemonsteren van het water in peilbuizen. Idem watermonsters, verzameld in watergangen en andere oppervlaktewateren (bijvoorbeeld geïnundeerde laagten, vennen, plassen op maaiveld enz.).- Een minder nauwkeurig alternatief: watermonsters nemen in de gaten die zijn geboord tijdens het bodemkundig onderzoek. Dit is slechts goed mogelijk voor pH, EGV, calcium en bicarbonaat en alleen in een drogere periode (let op dat u geen recent regenwater meet!). Gebruik een tijdelijk filter om te voorkomen dat de suspensie de uitslagen beïnvloedt.• Laboratoriumonderzoek<ul style="list-style-type: none">- Chemische analyses.	<ul style="list-style-type: none">• Bodemkaarten.• Aanwezige veentypen (hoogveen, zegge-, riet- of broekveen).• Aanwezigheid van oerbanken.• Aanwezigheid van moeraskalk.• Chemische samenstelling van het grondwater op verschillende dieptes. Minimaal gewenste gegevens:<ul style="list-style-type: none">- pH;- EGV;- Calcium;- Chloride;- Bicarbonaat.• Zo mogelijk aangevuld met:<ul style="list-style-type: none">- Kationen: Mg, Na, K;- Anionen: SO₄;- Stikstof (Kjeldahl), fosfaat (wateroplosbaar);- IJzer (Fe);- Mangaan (Mn).

Synthese van de analysesresultaten

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none"> • Synthese <p>Op basis van de analyses kunnen dwarsdoorsneden worden vervaardigd voor afzonderlijke of gecombineerde chemische parameters. Uit de patronen die zichtbaar worden, kan informatie worden verkregen over de stroming van grondwater.</p> <p>De analysesresultaten worden bij voorkeur bewerkt tot zogeheten Stiff-diagrammen. Deze zijn duidelijk door hun eenvoud. Het alternatief is de Stuyfzandtypering. Deze geeft meer informatie, maar is daardoor ook moeilijker te begrijpen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Chemische samenstellen van het grondwater op verschillende dieptes. Minimaal gewenste gegevens: <ul style="list-style-type: none"> - pH; - EGV; - Calcium; - Bicarbonaatgehalte; - zo mogelijk aangevuld met: <ul style="list-style-type: none"> - Kationen: Mg, Na, K; - Anionen: SO₄; - P en N (PO₄ tot, opgelost, NH₄, NO₃). • Eventueel aan te vullen met isotopen en andere tracers voor herkomst van (grond) water.

Stiff-diagram

Een Stiff-diagram geeft op basis van de belangrijkste, veelvoorkomende macro-ionen aan wat het karakter van het water is. De vorm van het diagram (zie [figuur 33](#)) wordt weergegeven door het voorkomen van de verschillende ionen. Sommige vormen van Stiff-diagrammen zijn typerend voor veel voorkomende watertypen. Zie bijvoorbeeld www.natuurkennis.nl.

Stuyfzand typologie

Stuyfzand (1986) heeft een methode ontwikkeld om meer verfijnd en toch compact te duiden wat het karakter van het water is. In deze codering is het mogelijk om concentraties van ionen te duiden ([figuur 34](#)). Bij toepassing van deze classificatie is het belangrijk om de kwaliteit van de grondwateranalyses te borgen. Hiervoor zijn praktische richtlijnen en berekeningsmethoden beschikbaar (Stuyfzand, 1982; 1987).

FIG 33 STIFF-DIAGRAMMEN

Voorbeeld Stiff-diagrammen van verschillende watertypen in het stroomgebied van 't Merkske. Links een Stiff-diagram van door landbouw beïnvloed grondwater en rechts een Stiff-diagram van oud, aangerijkt kwelwater (Bron: H2O Meetnetbeheer, 2013 (Analyse van het hydrologisch meetnet in 't Merkske)).

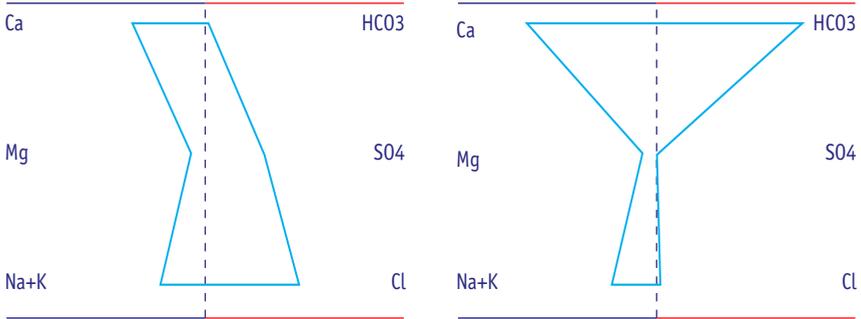
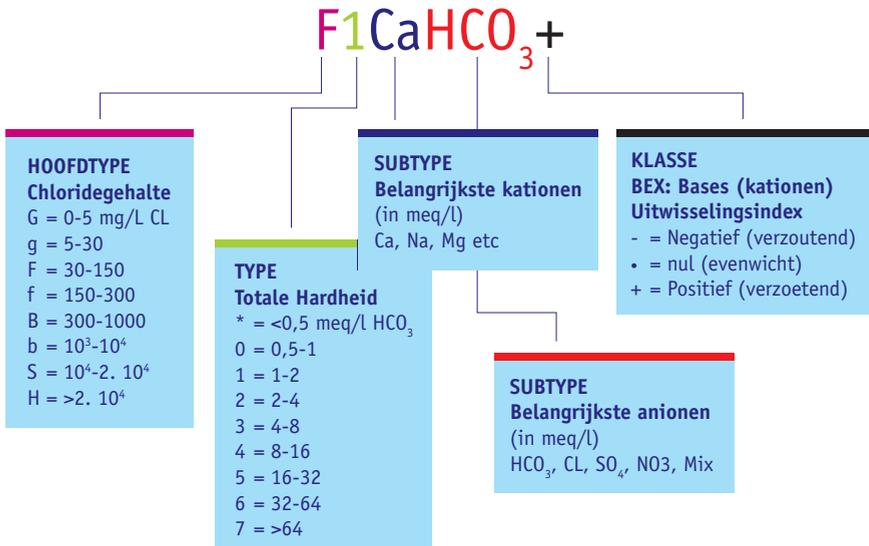


FIG 34 CODERING VOLGENS DE STUYFZAND TYPOLOGIE

(Bron: www.natuurkennis.nl).

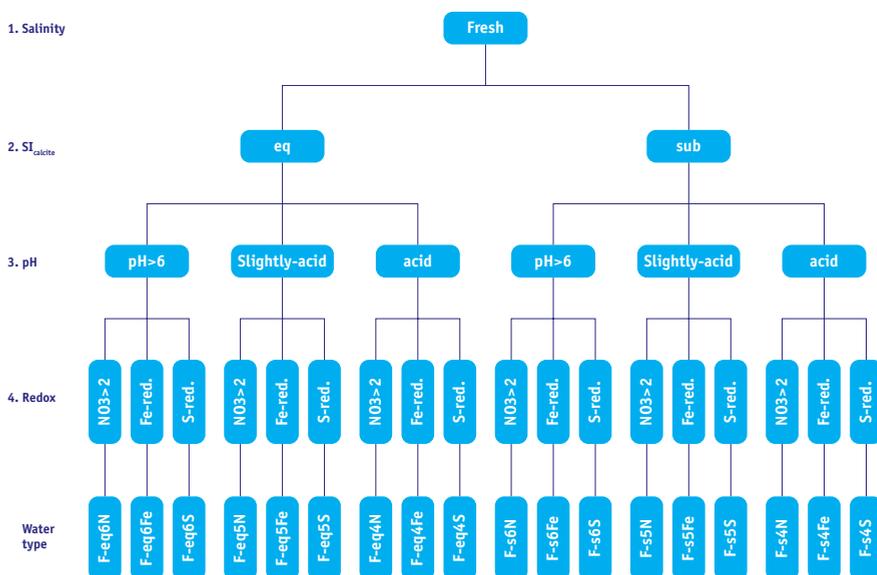


Grondwatertypologie TNO

TNO hanteert een meer procesgerelateerde indeling (TNOCLASS-NL). Hierbij zijn achtereenvolgens de mate van kalkverzadiging, zuurgraad en redox-potentiaal richtinggevend voor de indeling ('eq' betekent qua kalk verzadigd of oververzadigd, 'sub' betekent onderverzadigd) (figuur 35).

FIG 35 INDELING GRONDWATERTYPEN VOLGENS TNO

Toelichting: 'eq' betekent qua kalk verzadigd of oververzadigd, 'sub' betekent onderverzadigd (Bron: Pannetier et. al. 2000).



Indeling in op basis van (fysisch-)chemische parameters

De basenrijkdom van grond- en oppervlaktewater kan worden weergegeven in termen van hardheid, alkaliniteit en pH. Hardheid van het grond- of oppervlaktewater wordt uitgedrukt in de concentratie van $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ in mmol/l. De alkaliniteit van het grond- of oppervlaktewater wordt uitgedrukt in de concentratie van $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ in meq/l. In tabel 1 zijn de klasseindelingen van deze parameters weergegeven.

TABEL 1 KLASSEINDELING VAN PARAMETERS VAN BASENRIJKDOM

(Bron: Preadvies beekdallandschappen, Bijlage 4 (Directie Kennis, 2009).

HARDHEID	CA ²⁺ EN MG ²⁺ IN MMOL/L	ALKALINITEIT	HCO ₃ ⁻ EN CO ₃ ²⁻ IN MEQ/L	ZUURGRAAD	PH
-1 zeer zacht	0-0,5 zeer basenarm	-1 zeer laag	0-0,5	zuur	< 4.5
0 zacht	0,5-1 basenarm	0 laag	0,5-1	matig zuur	4,5-5.5
1 matig hard	1-2 matig baserijk	1 matig laag	1-2	zwak zuur	5.5-6.5
2 hard	2-4 baserijk	2 middelmatig	2-4	neutraal	6.5-7.5
3 zeer hard	4-8 zeer baserijk	3 matig hoog	4-8	basisch	>7.5
4 extreem hard	8-16 zeer baserijk, kalkhoudend 0-0,5 zeer basenarm	4 hoog			

Referentiewaarden: www.synbiosys.alterra.nl

In hoeverre de gewenste doelvegetatie tot ontwikkeling kan komen, is sterk afhankelijk van de abiotische omstandigheden, zoals voedselrijkdom, zuurgraad en alkaliniteit. Voor deze parameters zijn de ranges aangehouden zoals vermeld op de website van <https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000> en het Handboek Natuurdoeltypen (Bal e.a., 2001). **Figuur 36** is een voorbeeld van het resultaat van die website, in dit geval voor blauwgrasland.

Hierbij is het van belang om op te merken dat het hier gaat om het **habitattyp**e blauwgrasland en dat is niet automatisch hetzelfde als de **plantengemeenschap** blauwgrasland zoals beschreven in de Vegetatie van Nederland. Habitattypen zijn groepen van plantengemeenschappen. De standplaatsseisen van habitattypen zijn daarom breder dan die van de afzonderlijke plantengemeenschappen waaruit zo'n habitattypen bestaat.

Bepalen van kwel in de wortelzone

Op basis van pH-metingen in het veld kan het pH-profiel van de bodem worden bepaald. Hieruit is met enige voorzichtigheid af te leiden of er sprake is van kwel van grondwater tot in de wortelzone (De Waal & Van Delft, 2014; **tabel 2**).

FIG 36 VOORKOMEN VAN BLAUWGRASLAND

Voorbeeld kernbereik (groene arcering) en aanvullend bereik (geel) van waterkwaliteitskenmerken voor het voorkomen van blauwgrasland.

(Bron: <https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000>)

Zuurgraad	Basisch	Neutraal-a	Neutraal-b	Zwak zuur-a	Zwak zuur-b	Matig zuur-a	Matig zuur-b	Zuur-a	Zuur-b	
Vochttoestand	Diep water	Ondiep permanent water	Ondiep droogvallend water	's winters inonderend	Zeer nat	Nat	Zeer vochtig	Vochtig	Matig droog	Droog
Voedselrijkdom	Zeer voedselarm	Matig voedselarm	Licht voedselrijk	Matig voedselrijk-a	Matig voedselrijk-b	Zeer voedselrijk	Uiterst voedselrijk			
Overstromings-tolerantie	Dagelijks lang		Dagelijks kort	Regelmatig			Incidenteel	Niet		

TABEL 2 CRITERIA

Criteria voor het bepalen van invloed van kwel van gebufferd grondwater in de wortelzone op basis van pH-metingen in het bodemprofiel (Bron: De Waal & Van Delft, 2014).

MAXIMALE PH IN DIEPTETRAJECT			PH-PROFIELTYPE	
>20 CM	20 CM-GLG	0-20 CM	CODE	OMSCHRIJVING
≥ 5,5	≥ 5,5	≥ 5,0	Kw	Kwel-invloed in wortelzone
		< 5,0	Ro	Kwel-invloed aanwezig, ondiepe regenwaterlens
	< 5,5		Rd	Kwel-invloed aanwezig, diepe regenwaterlens
< 5,5	≥ 5,0		Lo	Mogelijk lokaal kwelwater, zwak gebufferd
	4,5-5,0		InA	Basenarm infiltratieprofiel
	< 4,5		InZ	Zuur infiltratieprofiel

Om te bepalen hoe groot de kwelflux moet zijn om de gewenste basenverzadiging voor een vegetatie te bereiken, is het nodig om zowel de basenrijkdom van

het grondwater te meten, als de snelheid waarmee humusvorming plaatsvindt, omdat door humusvorming het vermogen van de bodem om basen vast te leggen toeneemt. Door monitoring van het humusgehalte in de tijd kan eenvoudig worden vastgesteld of genoeg basen worden aangevoerd met het grondwater om de toename van het adsorptievermogen door humusopbouw bij te houden (mond. med. C. Aggenbach aan T. de Meij).



Informatie

- Aggenbach, C.J.S., D. Groenendijk, R.H. Kemmers, H.H. van Kleef, A.J.P. Smolders, W.C.E.P. Verberk, P.F.M. Verdonshot (2009). Preadvies Beekdallandschappen. Knelpunten, kennislacunes en kennisvragen voor natuurherstel in beekdalen. Directie Kennis, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. Rapport DK nr. 2009/dk107-O. <http://edepot.wur.nl/143983>.
- Anonymus (2011). Landhoedanigheden en meetprotocollen. Te vinden op: www.landschapsleutel.wur.nl, achter tabblad 'Naslag'.
- De Waal, R.W. & S.P.J. van Delft (2014). Bodemonderzoek Liefstingsbroek. Ecopedologisch en bodemchemisch onderzoek voor maatregelen tegen effecten van stikstofdepositie. Alterra, Wageningen, <http://edepot.wur.nl/325987>.
- Pannatier EG, Broers HP, Venema P, van Beusekom, G. (2000). A new process-based hydrogeochemical classification of groundwater: application to the Netherlands national monitoring system. TNO report, NITG 00-143-B, 38, NITG, Utrecht.
- Stuyfzand, P.J. (1982). Belangrijke foutenbronnen bij bemonstering van grondwater via eil- en minifilters. KIWA, Rijswijk.
- Stuyfzand, P.J., 1986. Een nieuwe hydrochemische classificatie van watertypen, met Nederlandse voorbeelden van toepassing. H2O 19: 562-568.
- Stuyfzand, P.J. (1987). Een zeer nauwkeurige berekening van het elektrisch geleidingsvermogen, ter controle en aanvulling van wateranalyses. 2e versie. KIWA, Rijswijk.
- Stuyfzand, P.J., 1989. A new hydrochemical classification of water types. In: Regional Characterization of Water Quality (Proceedings of the Baltimore Symposium, May 1989). IAHS Publ.no. 182,1989.
- Wirdum, G. Van (1980). Een eenvoudige beschrijving van de waterkwaliteitsverandering gedurende de hydrologische kringloop ten behoeve van de natuurbescherming. In: J.C. Hooghart (red.) Waterkwaliteit in grondwaterstromingsstelsels. Verslag van de workshop op 1 en 2 april 1980. rapporten en Nota's 5. CHO-TNO, 's-Gravenhage: 118-143, <http://edepot.wur.nl/182307>.
<http://www.natuurkennis.nl/index.php?hoofdgroep=6&niveau=3&id=6>

http://pas.natura2000.nl/pages/herstelstrategieen-deel_i.aspx
www.landschapsleutel.wur.nl

5.8 HET OPPERVLAKTEWATERSYSTEEM

5.8.1 Het systeem

5.8.1.1 Het systeem op stroomgebiedsniveau

Relevant voor:

- beekherstelprojecten;
- hydrologisch herstel beekdalnatuur;
- waterbergingsprojecten.



Kern

Op regionale schaal dient een beeld (conceptueel model) te worden gevormd van de ligging, de opbouw en de werking van het oppervlaktewatersysteem.



Vragen

- Welke oppervlaktewateren zijn er in het gebied, bijvoorbeeld beken en zijbeken, sloten, kanalen, zandwinplassen?
- Waar komt het water vandaan, waar stroomt het heen, waar liggen kunstwerken?
- Is het watersysteem grofmazig of fijnmazig (zie [figuur 37](#))? Fijnmazige structuren hebben een groter drainerend vermogen en liggen veelal in (van oorsprong) natte(re) gebieden.
- Welke afwateringsgebieden (deelstroomgebieden) zijn te onderscheiden?
- Wat is de verhouding tussen verhard en onverhard oppervlak? En in welke mate is het onverhard oppervlak goed ontwaterd?
- Is het stroomgebied intact of wordt het doorsneden door andere wateren, zoals een kanaal?
- Wordt in het beekstelsysteem water aangevoerd of wordt water afgelaten? Waar liggen deze locaties en wat is de capaciteit?
- Is de beek gestuwd of vrij afwaterend?
- Wat zijn de huidige peilen? Is er sprake van een gewenst streefpeil of een vastgesteld peil (zoals in polders of onderbemalingen vaak het geval is) met achterliggend peilbesluit?
- Welk type peilbeheer is er? Is er sprake van een omgekeerd peilregime ('s winters laag en 's zomers hoog)?

- Hoe verhouden waterpeil, maaiveldhoogte en waterbodemhoogte zich tot elkaar?
- Ligt de beek diep ingesneden? Is er sprake van voortschrijdende of terugschrijdende erosie?
- Welke drainerende, diep gelegen watergangen liggen er (nog meer) in het stroomgebied? Let wel, de invloed op grondwater kan beperkt zijn wanneer er een (dikke) sliblaag aanwezig is.
- Ligt de beek binnen kades? Waar liggen gemalen? Zijn delen in het beekdal onderbemalen?
- Wat is een representatieve situatie voor een zomer en wintersituatie qua waterverdeling, stroomrichting, kritische peilen?
- Zijn aanliggende gronden gedraineerd?

FIG 37 VOORBEELD WATERSYSTEMEN

Voorbeeld van een fijnmazig watersysteem in het stroomgebied van de Aa of Weerijs (links) en een grofmazig watersysteem in het stroomgebied van de Oude Leij (rechts). De bodems rond de Aa of Weerijs zijn minder goed doorlatend en bevatten meer en ondiepe leemlagen dan die rond de Oude Leij. Daardoor is de invloed van de waterlopen in het stroomgebied van de Aa of Weerijs op het grondwater kleiner en is er een fijnmaziger slotenstelsel gegraven (Bron: Waterschap Brabantse Delta).





Aanpak

Informatie om bovenstaande vragen te kunnen beantwoorden, is te verkrijgen door middel van:

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none"> • Bureaustudie <ul style="list-style-type: none"> - Analyse topografische kaarten. - Analyse watersysteemkaarten van het waterschap (leggerkaarten, beheerregister, model). - Analyse van de streefpeilen en eventueel het peilbesluit. - Analyse lengteprofielen: waterpeil, waterbodem en maaiveld. - Analyse waterstaatskaarten. - Analyse watergerelateerde toponiemen (zie h5.13 historische context). • Veldonderzoek <ul style="list-style-type: none"> - Eigen waarnemingen tijdens het terreinbezoek. • Raadplegen gebiedsdeskundigen 	<ul style="list-style-type: none"> • Diverse oppervlaktewateren in het stroomgebied. • Doorsnijdingen en afwateringskanalen. • Stuwen en vistrappen. • Watermolens, opgeleide molenbeken en molenvijvers (wijerds). • Kades. • Peilregime zomer en winter per stuw. • Lengteprofielen.

Watersysteemkaart (legger)

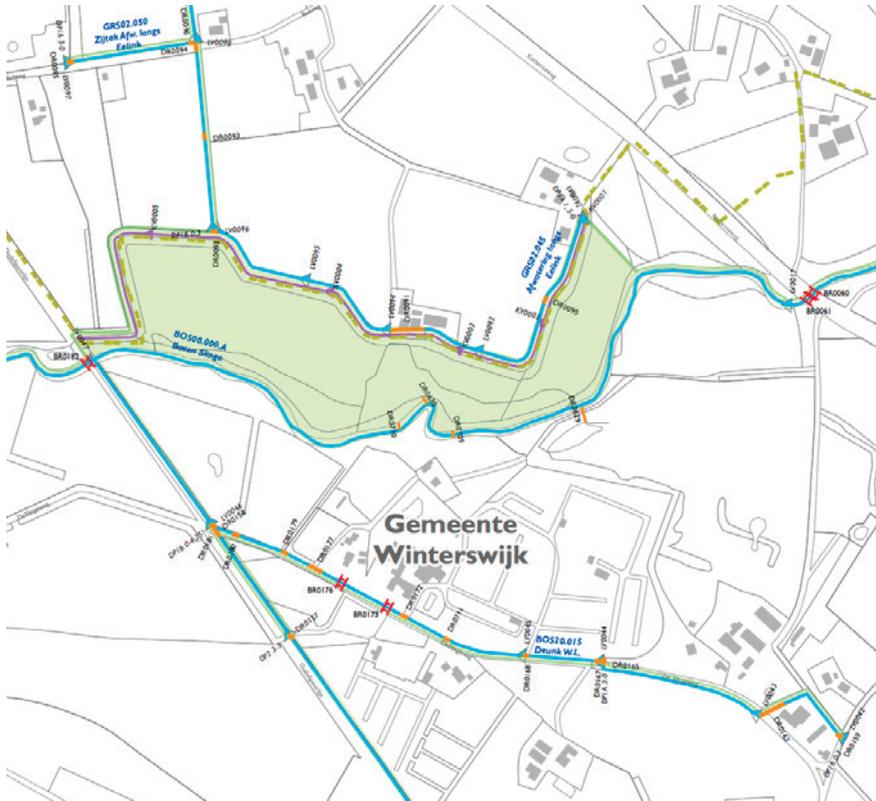
Het watersysteem is gedetailleerd in beeld gebracht via de legger van het waterschap. Zie daarvoor de website van het desbetreffende waterschap (zie voorbeeld [figuur 38](#)).



NB. De legger is het 'streefbeeld'. Met name gegevens van profielen en waterdiepte zijn theoretische, gewenste afmetingen. Zeker bij hydromorfologisch actieve beeksystemen is de kans op substantiële afwijking reëel. Beter is dan het beheerregister te raadplegen.

FIG 38 WATERSYSTEEMKAART BOVEN-SLINGE

De watersysteemkaart (watergangen en kunstwerken) van de Boven-Slinge ter hoogte van het Buskersbos, gemeente Winterswijk (Bron: Waterschap Rijn en IJssel).



5.8.1.2 Het systeem op standplaatsniveau

Relevant voor:

- beekherstelprojecten;
- hydrologisch herstel beekdalnatuur;
- waterbergingsprojecten.



Kern

In deze stap wordt nader ingezoomd op het watersysteem. In meer detail wordt bijvoorbeeld gekeken naar de ligging en dimensies van watergangen en kunstwerken.

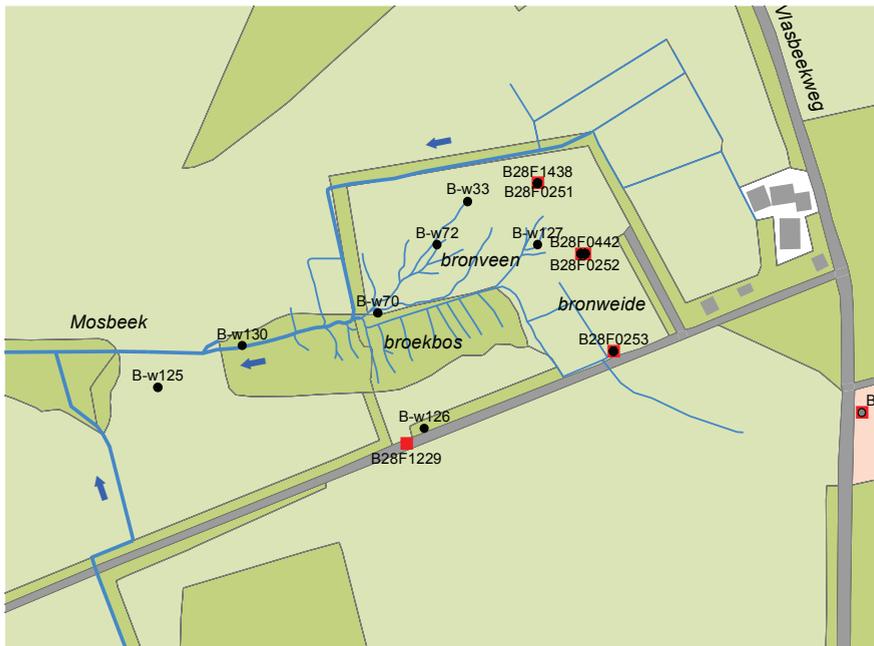


Vragen

- Welke oppervlaktewateren, groot of klein, zijn van invloed op het lokale hydrologische systeem?
- Welke drainerende of infiltrerende watergangen zijn aanwezig?
- Hoe diep ligt het waterpeil ten opzichte van maaiveld (drooglegging)?
- Worden zandruggen, veen- of keilemlagen doorsneden?
- Is er sprake van achterstallig onderhoud in de watergangen waardoor vernatting optreedt?
- Werd er vroeger bevoeid en zijn nog elementen van vroegere bevoeiingssystemen herkenbaar?

FIG 39 KAARTBEELD ONTWATERING MOSBEEK

Kaartbeeld van de interne ontwatering in het brongebied van de Mosbeek (noordoost-Twente). De waterlopen in het terrein bestaan uit kleine greppels die niet op kaarten zijn aangegeven en die bij een veldbezoek niet direct opvallen. Pas uit een systematische inventarisatie blijkt dat door terugschrijdende erosie van de beek vele kleine zijwaterlopen zijn ontstaan die lokaal sterk drainerend werken (Bron: Bell, Hullenaar & Smolders, 2016).





Aanpak

De aanpak bestaat uit drie delen:

- analyse watersysteemkaarten;
- veldbezoek;
- raadplegen oppervlaktewatermodel.

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none"> • Analyse watersysteemkaarten: <ul style="list-style-type: none"> - Nagaan opbouw systeem. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sloten, greppels, rabatten. • Stuwen, gemalen, watermolens. • Duikers, lengteprofielen.
<ul style="list-style-type: none"> • Raadplegen beschikbare meetgegevens. • Raadplegen oppervlaktewatermodel: <ul style="list-style-type: none"> - Nagaan opbouw en dimensies. - Herleiden berekende resultaten. - Indicatie drainage beekstelsysteem (drooglegging: beekpeil ten opzichte van maaiveld). • Eventueel aanvullend metingen verrichten. <ul style="list-style-type: none"> - M.n. detailontwatering. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ligging waterlopen. • Dwarsprofielen. • Stuwen. • Duikers. • Gemalen. • (Berekende) peilen. • Berekende stroomsnelheid. • Berekende stromingsrichting. • Maaiveldhoogtekaart.
<ul style="list-style-type: none"> • Veldbezoek <ul style="list-style-type: none"> - Verifiëren van systeemkaart en modelinformatie. - Inzoomen op de lokale situatie. Gegevens die vaak niet in een systeemkaart of model verwerkt zijn. 	<ul style="list-style-type: none"> • Verfijnde ontwateringsstructuur (zie voorbeeld figuur 39): <ul style="list-style-type: none"> - Greppels. - Rabatten. - Duikers. - Stuwen en drempels (en hun peilen). - Watermolens (en hun peilen). • Ook: <ul style="list-style-type: none"> - Droogstaande watergangen. - Stroming. - Stromingsrichting.



Informatie

Bell, J.S., J.W. van 't Hullenaar & F. Smolders (2016). Ecohydrologische systeemanalyse brongebied van de Mosbeek. Bell Hullenaar Ecohydrologisch Adviesbureau, Zwolle.

5.8.2 Afvoerdynamiek (ESF-r1 en -r9)

5.8.2.1 Afvoerdynamiek op stroomgebiedsniveau

Relevant voor:

- beekherstelprojecten;
- hydrologisch herstel beekdalnatuur;
- waterbergingsprojecten.

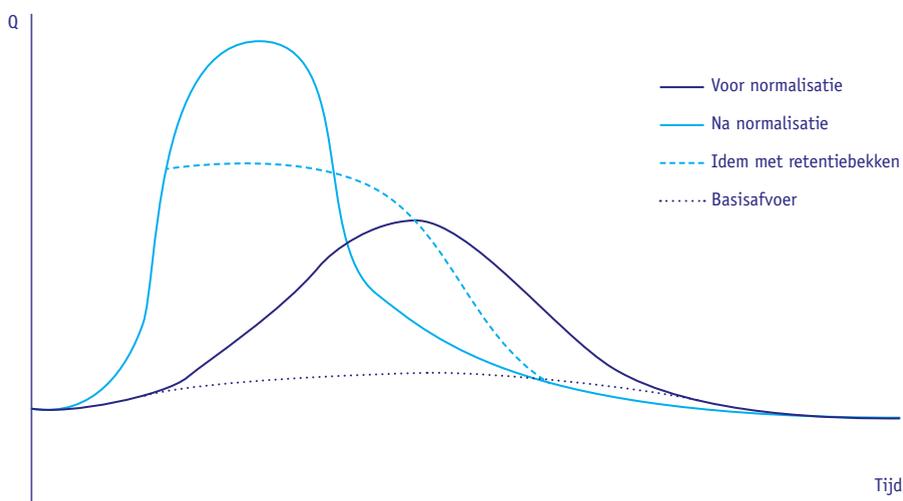


Kern

Het bepalen van de afvoerdynamiek en vaststellen welke afvoer bij welke situatie hoort, is de kern van dit onderdeel. De afvoerdynamiek is in veel beeksystemen in de loop der tijd veranderd. Landelijk en stedelijk gebied zijn beter ontwaterd, waardoor de afvoerdynamiek grilliger wordt. Door grotere piekafvoeren (zie [figuur 40](#)), opwarming, toename van verhard oppervlak en ontwatering neemt de basisafvoer af en treedt soms stagnatie of zelfs droogval op met als consequentie minder beekgebonden soorten.

FIG 40 BASISAFVOER

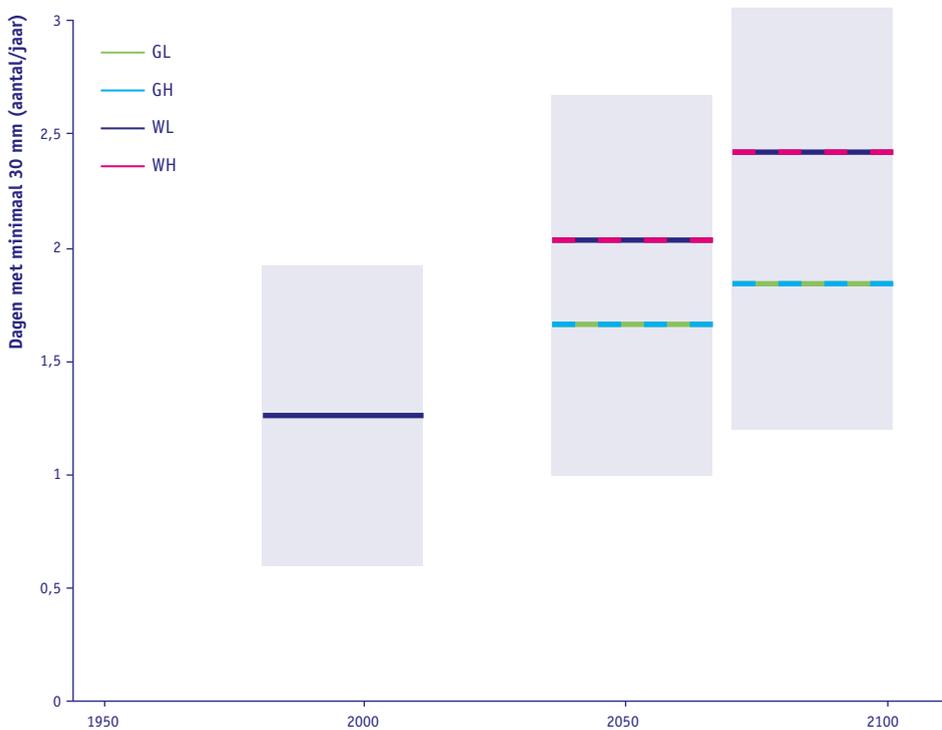
Indicatieve figuur van de beïnvloeding van de afvoer (Q) in de tijd door wijzigingen in het hydrologisch systeem. De doorgetrokken lijn is de afvoer van voor de normalisatie. De fijne stippellijn is het afvoerpatroon van na de normalisatie met een grotere en eerdere piek en een lagere basisafvoer (Bron: Verdonschot, 1995)



Een andere reden om de afvoerdynamiek in beeld te krijgen, is klimaatverandering. Klimaatontwikkeling heeft een groot gevolg op het functioneren op de lange termijn van het hydrologisch systeem: intensievere buien, zachtere winters en hetere zomers (zie [figuur 41](#) KNMI'14 scenario's). Het zou er toe kunnen leiden dat piekafvoeren nog groter worden terwijl de basisafvoer verder afneemt.

FIG 41 MINIMAAL 30 MM NEERSLAG PER JAAR

Langjarig gemiddeld aantal dagen met minimaal 30 mm neerslag per jaar voor De Bilt in het verleden (blauw) en voor de KNMI'14 -scenario's (Bron: www.knmi.nl).



Vragen

- Wat is de reactiesnelheid van het systeem op de neerslag, berging en vertraging?
- Wat is de verhouding tussen piekafvoer, voorjaarsafvoer en de basisafvoer?
- Is er sprake van pieklozingen als gevolg van landgebruik? Zoals bebouwd ge-

bied (riooloverstorten) of glastuinbouw?

- Hoe hoog ligt de insteek (peil en frequentie waarbij inundatie optreedt)?
- Zijn er rioolwaterzuiveringen (RWZI's)? Met welk debiet wordt geloosd? Hoe verhoudt zich dat tot het oorspronkelijke beekdebiet?
- Is een natuurlijk inundatiepatroon herstelbaar?
- Welke trends zijn er zichtbaar in het neerslagpatroon?
- Kunnen deze veranderingen van invloed zijn op uw herstelproject?



Aanpak

De afvoerdynamiek kan worden weergegeven door middel van grafieken met de afvoer als functie van de tijd, als frequentieverdeling en door middel van afvoerstatischeken. Om te achterhalen wat de effecten van klimaatverandering op de neerslag (en daarmee de afvoer) zijn, kan de site van het KNMI geraadpleegd worden.

Als er een afvoermeeptreeks beschikbaar is, dan kan van verschillende situaties in het jaar de afvoer bepaald worden, bijvoorbeeld de afvoer in een zomerweek, zomermaand, een mediane (of gemiddelde) situatie, een voorjaars- en wintersituatie. Deze afvoeren worden bepaald op basis van daggemiddelde afvoeren. Bij het duiden van specifieke pieken, heeft het meerwaarde om naar afvoergegevens op uurbasis te kijken.

Als er geen afvoermeeptreeks beschikbaar is dan kan de maatgevende afvoer geschat worden op basis van neerslagafvoermodellen of het afwaterend oppervlak en de specifieke afvoer (in l/s/ha). Zie de beschrijving verderop.

Een alternatief waarmee een globale indruk verkregen kan worden van de afvoer is het meten van de overstorthoogte bij een stuw. Boiten (1995) geeft hiervoor praktisch toepasbare tabellen met de vertaling van de overstorthoogte naar het debiet. Echter, een klepstuw is ontworpen om bij een geringe overstorthoogte veel water af te voeren en is daarom niet geschikt om betrouwbare afvoermetingen te verrichten.

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none"> De gemeten afvoeren sorteren van hoog naar laag en op een logaritmische schaal weergeven. En op basis van extrapolatie verder doortrekken voor extremen. 	<ul style="list-style-type: none"> Gemeten afvoeren. Afvoerende oppervlak.
<ul style="list-style-type: none"> Indien er geen gemeten afvoeren beschikbaar zijn, is het mogelijk om een schatting van de afvoer te maken op basis van aannames uit het Cultuurtechnisch Vademecum met de hiernaast genoemde informatie. 	<ul style="list-style-type: none"> Waterscheidingen: afvoerend oppervlak. Grondwatertrappen bodemkaart. Standaard afvoerfactoren.
<ul style="list-style-type: none"> Raadpleeg de in 2015 gecorrigeerde klimaatscenario's van het KNMI www.knmi.nl. > '14-klimaatscenario's > 'variabele: neerslag'. Raadpleeg neerslaggegevens op www.meteobase.nl. 	<ul style="list-style-type: none"> Trends in de neerslag, ook voor de komende jaren of decennia. Toename van het aantal piekbuien.

Per achterliggend beleidsdoel varieert de wens naar gegevens over de afvoerdynamiek. De onderstaande [tabel 3](#) helpt daarbij. Bij beekherstel (eerste helft van de tabel) ligt de nadruk op de variatie door het jaar heen, terwijl bij waterberging (tweede helft) de nadruk op de piekafvoeren ligt. De benodigde analyse is vergelijkbaar. Hoewel veel waterschappen een eigen methodiek erop nahouden, vormen onderstaande afvoeren de kern.

Wanneer een T en wanneer een Q?

Verschillende methodes zijn er om tot inzicht in de gewenste afvoerdynamiek te komen. Grofweg kan onderscheid gemaakt worden tussen dynamische gegevens of gebeurtenissen (T, verloop van debiet als functie van de tijd) en stationaire gegevens (Q, vast debiet). Doordat modellen geavanceerder worden en computers kortere rekentijden hebben en als gevolg van de NBW-normering, wordt in praktijk steeds meer dynamisch doorgerekend (T).

Beekherstel: stationair (Q): wanneer sprake is van landelijk gebied, is er doorgaans veel bergend vermogen in de ondergrond. Hierdoor wordt de afvoerpiek ver-

TABEL 3 OVERZICHT VAN AANPAK OM TOT INSCHATTING VAN AFVOERGEGEVENS TE KOMEN

Met links de aanpak wanneer een meetreeks beschikbaar is en uiterst rechts wanneer deze ontbreekt. Het bovenste gedeelte van de tabel richt zich op de jaarlijkse situatie die met name voor beekherstel relevant is. Het onderste gedeelte gaat over piekafvoeren die met name voor de opgave waterberging van toepassing zijn (Bron: Waterschap Brabantse Delta).

MEETREEKS BESCHIKBAAR			GEEN
AFVOER-SITUATIE	ONDERSCHRIJ-DINGSDUUR	VAN BELANG VOOR	MEETREEKS BESCHIKBAAR
Zomerweek	< 7 dagen/jr	Waterpeil gedurende zeer droge periode	1/100 Q of 1% Maatgevende afvoer
Zomermaand	< 30 dagen/jr	Bepalen van gemiddelde zomerafvoer**	
Mediaan (gem.)	< 180 dagen/jr	Handig bij overleg met burgers	-
Voorjaars situatie	< 9 maanden/jr	Bepalen van gemiddelde afvoersituatie in het voorjaar**	¼Q of 15-25% Maatgevende afvoer
Natte wintersituatie	< 345-355 dagen/jr	Droogleggingsnormen Cultuurtechnisch Vademecum	½ Q of 50% Maatgevende afvoer
Jaarlijkse piekafvoer (T1)	<364 dagen/jr	Droogleggingsnormen Cultuurtechnisch Vademecum	1Q of Maatgevende afvoer
Bankfull discharge* T2	1 dag/2 jr	Geomorfologische berekeningen	-
EXTREME AFVOEREN			
T10	1 dag/10 jr	WB21-werknorm grasland, Overstroming van voedselarme natuurtypen met voedselrijk water	140% Maatgevende afvoer
T25	1 dag/25 jr	WB21-werknorm akkerbouw	160% Maatgevende afvoer
T50	1 dag/50 jr	WB21-werknorm kapitaalintensieve landbouw	180% Maatgevende afvoer
T100	1 dag/100 jr	WB21-werknorm bebouwing en infrastructuur	2Q of 200% Maatgevende afvoer

* Deze afvoer kan gebruikt worden voor het ontwerp van de nieuwe situatie, waarbij uitgangspunt is dat bij deze afvoer sprake is van een 'bankfull discharge'. In de praktijk komt de bankfull discharge (Q) iets minder vaak voor dan eens per jaar, namelijk eens per 1,5 tot 2 jaar (zie ook Makaske en Maas, 2015).

** Dit de afvoersituaties die als randvoorwaarde in een grondwatermodel worden opgenomen, waarbij de aanname wordt gedaan dat deze afvoersituaties representatief zijn voor de GLG en GVG situatie.

traagd. Deze kan daardoor rekentechnisch gezien ook benaderd worden door een statische situatie, ofwel een constante afvoer in de tijd (een Q). Bij beekherstel zijn verder de heel hoge afvoerpieken (vanaf T10 en meer) ook minder interessant. Het gaat juist om de variatie in afvoer door het jaar heen (zomer, winter en bankfull discharge). Dit wordt de beheersituatie genoemd.

Vanuit andere beleidsdoelen zijn de piekafvoeren echter wel weer relevant. Hoge afvoeren kunnen tot ongewenste inundatie leiden van beekdalnatuur (zie waterberging). En vanuit aanpalende stedelijke of landbouwgebieden geldt vaak de richtlijn dat geen toename van inundaties mag plaatsvinden als gevolg van beekherstel, waardoor een toetsing aan de NBW-normen uitgevoerd moet worden als onderdeel van het nieuwe beekontwerp.

Bij beekherstel speelt de stroomsnelheid bij de verschillende afvoersituaties en pieken een belangrijke rol. Hier wordt nader op ingegaan in hoofdstuk 6 Beekherstel.

Waterberging: dynamisch (T): via meetgegevens (duurlijnen) of oppervlaktewatermodellen (afvoerreeksen) kunnen afvoerkrommes bepaald worden (een T). Deze gegevens als functie van de tijd zijn gewenst wanneer sprake is van neerslag die snel ten afvoer komt. Bijvoorbeeld bij goed gedraineerde gronden, verhard oppervlak (bebouwd gebied) of ondiep gelegen keileem. Verder zijn deze gegevens gewenst om de bergingsopgaven te achterhalen. De gegevens laten namelijk zien hoe een piekafvoer zich in de loop van de tijd gedraagt.

Opstellen duurlijn

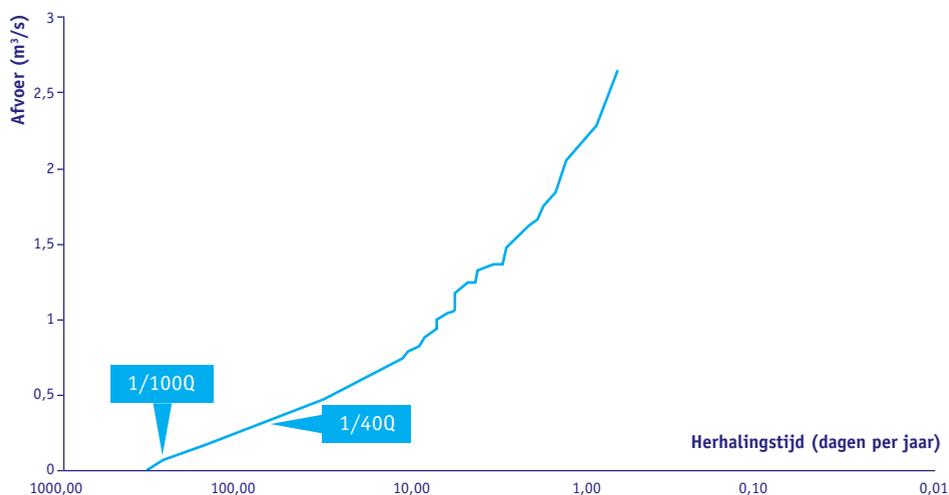
Indien mogelijk worden specifieke afvoeren afgeleid uit metingen. Met een duurlijn (uit dagwaarden) wordt de afvoerfactor voor beide situaties afgeleid. In de [figuur 42](#) is een voorbeeld gegeven voor het afleiden van de $1/100Q$ en $1/4 Q$. Voor ecologisch herstel zijn uiteraard ook andere afvoeren relevant (zie bovenstaande [tabel 3](#)).



NB. Let erop dat door de duurlijn naar rechts te laten doorlopen de maximale afvoer niet wordt overschat en dat er meer water wordt voorspeld dan er uit het gebied kan komen.

FIG 42 VOORBEELD VAN EEN DUURLIJN OM 1/100Q EN 1/4Q AF TE LEIDEN

(Bron: Handboek hydrologie 2012, waterschap Regge en Dinkel).



Ook kan hiervoor een benedenstrooms gelegen meetpunt gebruikt worden. In dat geval dient achterhaald te worden welk aandeel het interessegebied heeft in de afvoer. Dat kan via het bepalen van de afwaterende gebieden (in ha) in combinatie met de afvoercoëfficiënten (zgn. 'rationele methode').

Afleiden standaard afvoer t.b.v. beekherstel

Als er geen metingen zijn, wordt gebruik gemaakt van standaard afvoerfactoren zoals beschreven in het Cultuurtechnisch Vademecum; op basis van de grondwatertrap (uit de bodemkaart) wordt de specifieke afvoer berekend (zie tabel 4.2.1 op blz. 551 van het Cultuurtechnisch Vademecum zoals vertaald naar onderstaande tabel 4).

TABEL 4 KOPPELING GRONDWATERTRAPPEN EN AFVOERCOËFFICIËNTEN

Conform het Cultuurtechnisch Vademecum.

GRONDWATERTRAP	AFVOERCOËFFICIËNT (L/S.HA)
I	1,67
II	1,50
II*	1,33
III	1,33
III*	1,00
IV	1,00
V	1,00
V*	0,67
VI	0,67
VII	0,33
VII*	0,10

De afvoerfactor bij de ontwerpsituatie wordt vervolgens afgeleid door verschaling (tabel 5).

TABEL 5 AFLEIDEN VAN DE AFVOERFACTOR VIA VERSCHALING.

ONTWERPSITUATIE	RELATIEF (%)	ABSOLUUT (L/S.HA)
Maatgevende afvoer of Q	100	0,80
1/4Q	25	0,20
1/100Q	1	0,008

De verhouding tussen de piekafvoer en voorjaarsafvoer zegt iets over de mate waarin de afvoer wordt beïnvloed door intensieve ontwatering of verhard gebied. Als uit een meetreeks blijkt dat de voorjaarsafvoer minder dan $\frac{1}{4}Q$ is (bijvoorbeeld 0,2Q of 0,15Q), dan is er sprake van een relatief piekerig afvoerverloop. Als de voorjaarsafvoer groter is dan $\frac{1}{4}Q$, dan is er sprake van een relatief natuurlijk afvoerverloop. Deze vuistregel wordt op de zandgronden in Zuid-Nederland toegepast.

- NB. Indien er geen afvoermetingen beschikbaar zijn, is het zeker bij beekherstelprojecten sterk aan te bevelen op één of enkele momenten in het jaar een afvoermeting uit te voeren. Op deze manier kan de onzekerheid rond afvoerschattingen beter ingeschat worden. Geschikte momenten voor een afvoermeting zijn bijvoorbeeld tijdens een voorjaars situatie en zomersituatie. Het bepalen van de maatgevende afvoer uit de specifieke afvoer is namelijk een schatting en het hieruit afleiden van de voorjaarsafvoer ($\frac{1}{4}Q$) en zomerafvoer ($\frac{1}{100}Q$) zijn zeer grove aannames.
- NB. Ook kan met behulp van de grondwatertrappen en grondwaterfluctuaties in relatie tot de beekbodem een schatting worden gemaakt van het afvoerloop. Hiermee is te beoordelen of de waterlopen in het stroomgebied infiltrerend zijn of drainerend.

Afleiden extreme afvoeren t.b.v. waterberging

Voor de extreme situaties is de meest directe en inzichtelijke methode ook de toepassing van metingen. In afwijking van bepaling van stationaire afvoeren (voor de beheersituatie) wordt als basis een meetreeks gebruikt met zo kort mogelijke meetintervallen (uren of korter). Deze tijdseenheid wordt hiermee verondersteld het aantal keren per x jaar te vertegenwoordigen.

Omdat meetreeksen meestal niet lang genoeg zijn voor de gewenste herhalings-tijden wordt extrapolatie toegepast; vaak op logaritmische schaal (zie [figuur 43](#)). Een alternatief is het gebruik van neerslagafvoermodellen waarmee een meer dan 100-jarige neerslag reeks kan worden doorgerekend. De onderstaande diagram wordt dan gemaakt op basis van de berekende afvoeren.

Ecologische effecten klimaatverandering

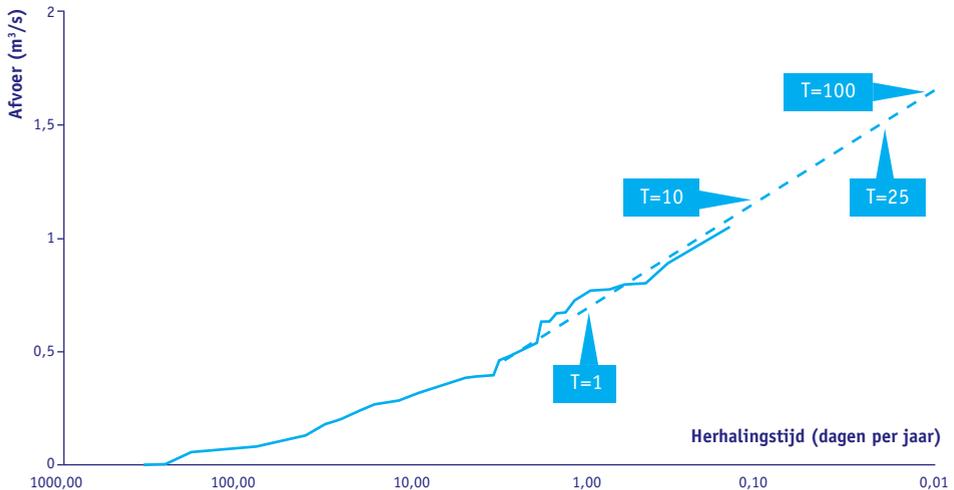
Om een goede inschatting te kunnen maken van de effecten van klimaatverandering op een beekstelsysteem kan onderstaande literatuur geraadpleegd worden:

Besse-Lototskaya, A., R.C.M. Verdonschot, P.F.M. Verdonschot en J. Klostermann (2007). Doorwerking klimaatverandering in KRW-keuzen: casus beken en beekdalen. Literatuur studie. Alterra rapport 1536.

Browne, G., P. de Kwaadsteniet, G. Schmidt en J. van Kempen. Werken aan klimaatbestendige beken - Wat is het effect van beekbegeleidende beplanting op beektemperatuur? (2016). H2O-Online / 18 maart 2016.

FIG 43 EXTRAPOLATIE

Voorbeeld herhalings tijden met gestippelde extrapolatie op logaritmische schaal (Bron: Handboek hydrologie 2012, waterschap Regge en Dinkel).



5.8.2.2 Afvoerdynamiek op standplaatsniveau

Voor het lokale schaalniveau wordt alleen de extra vraag gesteld wat op die locatie precies de afvoerdynamiek is. Daarvoor wordt dezelfde methodiek gebruikt als op het stroomgebiedsniveau.

➔ NB. Afvoeren op lokale schaal zijn vaak erg klein, wat hoge eisen stelt aan de opstelling waarmee wordt gemeten. In ieder geval moet gebruik worden gemaakt van een speciaal ontworpen meetgoot of v-vormige overlaat en het niveau van de waterspiegel moet op enkele millimeters nauwkeurig worden gemeten met een vlotteropstelling (Boiten, 2000; 2004; 2008).

📄 Informatie

Boiten, W. (2000). Debietmeetstations in het gebied Halckenbroek. Wageningen Universiteit, <http://edepot.wur.nl/216508>.

Boiten, W. (2004). Meetschotten Bargerveen : ontwerp, constructie en ijking. Wageningen Universiteit, <http://edepot.wur.nl/216364>.

Boiten, W. (2008). Hydrometry, a comprehensive introduction to the measurement of flow in open channels. Boca Raton.

Cultuurtechnisch Vademecum, Werkgroep Herziening Cultuurtechnisch Vademecum, Cultuurtechnische vereniging, 1988, 2e druk).

Verdonschot, P.F.M. (Red.) (1995). Beken Stromen: leidraad voor ecologisch beekherstel. Stowa-rapport 95-03, WEW-rapport 06. Stowa, Utrecht. ISBN 9074476260.

5.8.3 Profielen (ESF-r6 en -r7)

5.8.3.1 Profielen op stroomgebiedsniveau

Relevant voor:

- beekherstelprojecten;
- hydrologisch herstel beekdalnatuur;
- waterbergingsprojecten.



Kern

Voor deze sleutelfactoren worden het dwarsprofiel van de waterloop en de overstromingsvlakte in beeld gebracht. Onder natuurlijke omstandigheden wordt het dwarsprofiel hoofdzakelijk bepaald door de stroomsnelheid en de korrelgrootte van de ondergrond, zie [figuur 3](#). Daarnaast zijn de samenstelling van het oevermateriaal en de begroeiing van de oever van belang.

Voor het dwarsprofiel van de waterloop zijn ook de veranderingen in de tijd relevant: welke veranderingen hebben zich in de loop van de tijd voorgedaan (verbredingen/verdiepingen)? En voor de kortere termijn: is er sprake van erosie of sedimentatie?

Door enkele profielen op stroomgebiedsniveau in beeld te brengen, wordt ook duidelijk waar het systeem zich bevindt op de glijdende schaal van kunstmatig naar natuurlijk. Daarmee kan indirect een oordeel gegeven worden over de mate waarin aanpassing gewenst is.



Vragen

- Hoe verloopt de bodembreedte van de beek in het beekdal? M.a.w. hoe snel neemt het debiet toe als functie van de afstand?
- Hoe verloopt het talud van de beek in het beekdal? Zijn het cultuurtechnische rationele profielen, of zijn natuurlijke asymmetrische profielen?

- Is er sprake van natuurlijke taludvormen met steile buitenbochten (erosie) of flauwe binnenbochten (sedimentatie)? Of is het tegenovergestelde beeld waarneembaar wat duidt op onnatuurlijke profilering?
- Waar ligt de beek aan maaiveld en waar snijdt deze in?
- Is er sprake van een insnijdende beek? M.a.w. een erosieprobleem?
- Waar liggen inundatievlaktes en waar zijn natuurlijke inundatievlaktes verdwenen?
- Waar is oeverbeschoeiing aanwezig?
- Is sprake van een overgedimensioneerd systeem (t.o.v. de ecologische doelen)?

ⓘ Aanpak

Uit het beheerregister van de waterschappen kunnen de dwarsprofielen herleid worden. Het meest eenvoudig is om de gegevens in te laden in Excel en een dwarsprofiel weer te geven. Ontsluit ongeveer één profiel per kilometer om een indruk op stroomgebiedsniveau te krijgen.

Wanneer iemand thuis is in SOBEK kan hij/zij ook via de tool 'Excel to SOBEK' de profielen eenvoudig vertalen en raadplegen in modelsoftware (bijvoorbeeld SOBEK). Wanneer ook het netwerk van waterlopen in SOBEK staat, kan snel inzicht verkregen worden in het profielverloop in het beekdal.

- NB. De kwaliteit van de informatie in het beheerregister verschilt enorm. Aangeraden wordt om in ieder geval de insteekhoogte te verifiëren via het AHN2, via landmeting of GPS.
- NB. Wilt u een vergelijking maken van de huidige profielen met het ideale profiel volgens een natuurlijk meanderende beek? Hanteer dan het stappenplan in het Handboek geomorfologisch beekherstel (Makaske en Maas, 2015).

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none"> • Gegevens via Excel vertalen naar grafiek met dwarsprofiel (1 per km): <ul style="list-style-type: none"> - bepaal het verloop in bodembreedte (gem., max., min.); - bepaal het verloop in talud (gem., max., min.); - bepaal mate van natuurlijkheid. 	<ul style="list-style-type: none"> • Knikpuntgegevens uit legger of beheerregister.

5.8.3.2 Profielen op standplaatsniveau



Kern

Waar op het stroomgebiedsniveau vooral stil wordt gestaan bij de algemene profielopbouw wordt op lokaal schaalniveau ingezoomd op de profielen ter plaatse en de processen die zich in de loop der tijd op die specifieke locatie afgespeeld hebben.



Vragen

Grotendeels betreft het dezelfde vragen als op stroomgebiedsniveau, maar nu wordt naar het specifieke interessegebied ingezoomd. Een goede indicatie van dit grotere detailniveau is de analyse van één profiel per 100 m, wanneer beschikbaar uiteraard. Aanvullende vragen zijn:

- In welke mate verhouden de profielen zich uit de legger en het beheerregister?
- Welke veranderingen hebben zich in de loop van de tijd voorgedaan (verbredingen/verdiepingen)?
- In hoeverre verschillen de dwarsprofielen over het beoogde beektraject?
- Zijn profielen aanezand, uitgesleten of stabiel? Zo ja, waar speelt dat?



Aanpak

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none"> • Inzoomen op profielen van het beoogde traject (1 per 100 m). • Bepaal processen in de tijd door profielen legger en beheerregister te vergelijken. 	<ul style="list-style-type: none"> • Knikpuntgegevens uit legger én beheerregister.

5.9 SAMENSTELLING VAN HET OPPERVLAKTEWATER

5.9.1 Samenstelling van het oppervlaktewater op stroomgebiedsniveau

Relevant voor:

- beekherstelprojecten;
- hydrologisch herstel beekdalnatuur, in het geval sprake is van mogelijke inundatie;
- waterbergingsprojecten.



Kern

In dit stadium is een globaal inzicht in de samenstelling van het oppervlaktewater gewenst. Hiermee kan het karakter van het beekwater getypeerd worden. Ook de normen, de eventuele normoverschrijdingen en de afstand tot de gewenste norm (het 'doelgat') zijn belangrijk om te weten. Om normoverschrijding beter te duiden, kunnen diagnostische tools ingezet worden.

Waterkwaliteitsgegevens vormen een belangrijke parameter voor de herstelmogelijkheden van levensgemeenschappen in beken. Let daarbij op de plaats van de beek binnen het beekdal. Temperatuur is een belangrijke factor voor bovenlopen en voedselrijkdom voor benedenlopen.

De waterkwaliteit is ook belangrijk voor de inunderende terrestrische vegetaties. Door de gegevens te vergelijken met referentiegegevens, zoals de KRW-normen, wordt duidelijk in hoeverre waterkwaliteit herstel in de weg staat. Deze relatie wordt nader uitgewerkt in hoofdstuk 8 Waterberging.



Vragen

- Welk karakter heeft het beekwater? Is grondwater (gebufferd) of regenwater (niet gebufferd) overheersend?
- Is er sprake van gebiedseigen of ook gebiedsvreemd water? In welke mate?
- In welke mate wordt het beekwater beïnvloed door menselijk handelen?
- Is er sprake van normoverschrijdende stoffen? Zo ja, welke en in welke mate?
- In hoeverre past het huidige beekwater bij het gewenste beekwater?



Aanpak

Op regionale schaal zijn bovenstaande vragen te beantwoorden met de volgende analyses:

- 1 Nagaan KRW scores in factsheets;
- 2 Herleiden van het beekwaterkarakter op basis van enkele gegevens;
- 3 Toepassen diagnostische EBEO SYS toetsing wanneer het waterschap gegevens heeft.

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none"> Nagaan KRW doelen met behulp van KRW factsheets. 	<ul style="list-style-type: none"> Ecologie-ondersteunende stoffen (P, N, Cl, O₂, temperatuur en pH).
<ul style="list-style-type: none"> Opvragen waterkwaliteitsgegevens bij het waterschap en analyse waterkwaliteitsgegevens: <ul style="list-style-type: none"> - bepalen IR-ratio en IR-EGV diagram; - schetsen Stiff-diagram. 	<ul style="list-style-type: none"> Natrium, kalium. Chloride. Calcium, magnesium. Carbonaat (HCO₃⁻). Nutriënten (stikstof, fosfaat). Sulfaten (SO₄²⁻).
<ul style="list-style-type: none"> EBEOSYS toetsing. 	<ul style="list-style-type: none"> Elektrisch geleidingsvermogen (EGV). Gegevens van waterschap volgens EBEOSSWA methodiek (diagnostisch).

Analyse waterkwaliteitsgegevens

Waardevolle inzichten ontstaan als met de waterkwaliteitsgegevens een IR-EGV diagram en een Stiff-diagram worden samengesteld. De werkwijze hiervoor is gelijk aan die in paragraaf 5.7.2. Door de diagrammen voor grondwater en oppervlaktewater met elkaar te vergelijken, kan men bovendien relaties tussen grond- en oppervlaktewater op het spoor komen.



NB. De relatie tussen de kwaliteit van beekwater en inundatie van beekdalnatuur wordt in hoofdstuk 8, waterberging, uitgewerkt.

EBEOSYS

In opdracht van de STOWA heeft Wageningen Universiteit een methodiek ontwikkeld om de ecologische kwaliteit van alle Nederlandse zoete en brakke watertypen te beoordelen. EBEOSYS berekent het effect van verschillende beïnvloedingsfactoren (zoals stroming, saprobie, trofie, substraat, etc.) op het ecosysteem en leidt in negen stappen naar een eindoordeel. Per beïnvloedingsfactor wordt (meestal) één karakteristiek gebruikt om het effect van die factor te bepalen. De systematiek is per type water uitgewerkt. EBEOSSWA is specifiek voor Stromende WAteren (Bron: Werkgroep Ecologisch Waterbeheer: www.wew.nu). Meer informatie: http://www.krw.stowa.nl/Projecten/EBEO___ecologische_beoordelingssystemen.aspx?pld=52

Typologieën

De meetgegevens kunnen vergeleken worden met beektypologieën waarin normen of richtwaarden genoemd zijn. Daarmee kan achterhaald worden in welke mate voldaan wordt aan de 'streefwaarden'. Voorbeelden van dergelijke hulpbronnen zijn hieronder weergegeven.

Informatie

Aggenbach, C.J.S., D. Groenendijk, R.H. Kemmers, H.H. van Kleef, A.J.P. Smolders, W.C.E.P. Verberk, P.F.M. Verdonschot (2009). Preadvises Beekdallandschappen. Knelpunten, kennislacunes en kennisvragen voor natuurherstel in beekdalen. Directie Kennis, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. Rapport DK nr. 2009/dk107-O. <http://edepot.wur.nl/143983>.

Buskens, R.F.M. en A.J. de Wilde (2002). Streefbeken voor Beken en Krekens in Noord-Brabant. Royal Haskoning. ISBN 9090158596.

Van der Molen, D. en R. Pot (redactie) (2007). Referentie en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water. STOWA 2007-32. ISBN 978.90.5773.383.3.

Verdonschot, P.F.M. (2000). Handboek Natuurdoeltypen, aquatisch supplement beken. Alle delen.

Krekels, R., G. Peeters en T. Brouwer (2003). Handboek streefbeeldens voor natuur en water in Limburg, Provincie Limburg. Tweede gewijzigde druk. ISBN 90-803639-6-0.

<http://pas.natura2000.nl> ➤ Documenten ➤ Herstelstrategieën. Goede toelichtingen op het aspect eutrofiering en op de chemische processen in water zijn te vinden in deel I van de PAS-herstelstrategieën.

<http://www.natuurkennis.nl/index.php?hoofdgroep=6&niveau=3&id=6> Chemische typering grond- en oppervlaktewaterkwaliteit op de site van OBN natuurkennis.

5.9.2 Samenstelling van het oppervlaktewater op standplaatsniveau

Relevant voor:

- beekherstelprojecten;
- hydrologisch herstel beekdalnatuur, in het geval sprake is van mogelijke inundatie;
- waterbergingsprojecten.



Kern

In beeld brengen van de chemische samenstelling van het water en de herkomst van eventuele verhoogde concentraties van stoffen. Bij beekherstel doen zich vaak ook mogelijkheden voor om aanpalend maatregelen te treffen ter verbetering van die waterkwaliteit. Daarvoor is het noodzakelijk vat te hebben op de bronnen ten behoeve van gericht herstel. Dit kan onderverdeeld worden in twee factoren:

- belasting (ESF-r4): belasting met stoffen die van nature in het milieu voorkomen, zoals organische stoffen, nutriënten, zout en sporenelementen. Daarnaast ook thermische belasting.
- toxiciteit (ESF-r5): belasting door milieuvreemde stoffen en zware metalen.



Vragen

- Welke stoffen komen in onnatuurlijke concentraties in het water voor?
- Is verbetering essentieel voor ecologisch herstel?
- Wat zijn de oorzaken van de overschrijdingen en mag (autonome) verbetering verwacht worden? Zijn er bijv. bovenstrooms puntlozingen van mogelijk schadelijke stoffen, zoals riooloverstorten en RWZI's?
- Welke fractie sediment bevat het inundatiewater? Slib, fijn of grof zand, of juist een combinatie?
- Is het slib in het beekwater arm aan nutriënten, toxische stoffen en zware metalen?
- Is er sprake van thermische belasting? In welke mate? En hoe varieert deze door het jaar?



Aanpak

Nagaan wat de chemische waterkwaliteit is, welke stoffen waar, hoe lang (trendanalyse) en waarom de normen overschrijden, welke veranderingen in concentratie verwacht worden (autonome ontwikkeling) en in hoeverre de resterende overschrijdingen ecologisch herstel in de weg staan.

De analyse die hiervoor nodig is bestaat uit drie stappen:

- 1 Achterhalen en analyseren van meetgegevens van normoverschrijdende stoffen;
- 2 Herleiden van potentiële bronnen op basis van landgebruik;
- 3 Bepalen of bronnen ecohydrologisch herstel in de weg staan.

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none"> • Opvragen en analyseren (trendanalyse) norm overschrijdende ecologie ondersteunende stoffen. • Toetsen aan normen en ecologisch doelwaarden. 	<ul style="list-style-type: none"> • P, N, Cl, O₂, temperatuur en pH. • Slibgehalte (vooral relevant bij inundaties). • Samenstelling sediment en daaraan gebonden verontreinigingen. • Toxische stoffen wanneer normoverschrijdend, zoals Cu, Zn, Cd en ammonium.
<ul style="list-style-type: none"> • Inzichtelijk maken landgebruik ten behoeve van analyse potentiële bronnen. • Koppeling leggen tussen normoverschrijdingen en mogelijke bronnen. 	<ul style="list-style-type: none"> • LGN-kaart of TOP-kaart.

Toetsing aan ecologische normwaarden

Er zijn veel verschillende documenten in omloop waarin ecologische normwaarden beschreven zijn. Een selectie is opgenomen onder het kopje 'informatie'.

Eenvoudige bronnenanalyse als indicatie

De omschreven analyse voor waterkwaliteit is probleem gestuurd. De eerste vraag is welke stoffen overschrijden de norm? Door vervolgens een landgebruikskaart te raadplegen, kan een koppeling gelegd worden met mogelijke bronnen. In sommige gevallen hebben waterschappen een bronnenanalyse uitgevoerd die geraadpleegd kan worden. Denk aan de volgende relaties:

- landbouw met bronnen als oppervlakkige afspoeling (erf)water en drainage i.r.t. P en N, gewasbeschermingsmiddelen;
- stedelijk gebied met bronnen als riooloverstorten i.r.t. zware metalen;
- RWZI's i.r.t. hormoon-verstorende middelen en nutriënten;
- infrastructuur i.r.t. PAK, PCB's, chloride (stroomzout);
- industriegebied met bronnen als koelwater i.r.t. temperatuur.



Informatie

Bouwman, J.H., M.E. Nijssen, H.M. Beije, D. Groenendijk, D. Bal & N.A.C. Smits. Deel II-2. Stikstofgevoelige leefgebieden. Herstelstrategie Permanente bron & Langzaam stromende bovenloop (leefgebied 1). En andere delen.

Buskens, R.F.M. en A.J. de Wilde (2002). Streefbeken voor Beken en Kreeken in Noord-Brabant. Royal Haskoning. ISBN 9090158596.

Van der Molen, D., en R. Pot (redactie) (2007). Referentie en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water. STOWA 2007-32. ISBN 978.90.5773.383.3.

Verdonschot, P.F.M. (2000). Handboek Natuurdoeltypen, aquatisch supplement beken. Alle delen.

www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/emissiebeheer/diffuse-bronnen

www.neerslag-magazine.nl/magazine/artikel/188

5.10 HYDROLOGISCHE EIGENSCHAPPEN VAN DE BODEM

5.10.1 Bodem op stroomgebiedsniveau

Relevant voor:

- beekherstel;
- hydrologisch herstel beekdalnatuur;
- waterberging.



Kern

In deze stap wordt een regionale analyse van de bodemkaart gemaakt en aangevuld met gerichte boringen in het veld (indicatie: één boring per 2 tot 5 ha). De opbouw van de bodem is sterk gerelateerd aan de waterhuishouding. Een analyse van bodemkaarten en boringen kunnen dus veel hydrologisch inzicht bieden. Boorprofielen bevatten ook gegevens van de vroegere waterhuishouding en dragen dus bij aan het inzicht in de vroegere situatie en in de mogelijkheden voor herstel.



Vragen

- Welke bodemtypen komen voor en wat zeggen die over het landschap?
- Ligt er veen, waar en met welke dikte? Liggen er oppervlakkige klei- en/of leemlagen? Waar zijn ze onderbroken, wat is hun dikte en ontstaanswijze?
- Betreft het grofzandige, fijnzandige, moerige, lemige, klei- of veenbodems?
- Is er sprake van kalk- of ijzerrijke gronden?
- Zijn kleidekken of beekleemdekken aanwezig of klei- of leembanden op grotere diepten?
- Komen er in het beekdal ijzerhoudende gronden voor?
- Is er sprake van natuurlijke beekdalen met inundatievlaktes?



Aanpak

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none"> Analyse bodemkaarten. 	<ul style="list-style-type: none"> Verdeling van de bodemtypen over het stroomgebied.
<ul style="list-style-type: none"> Veldbezoek: <ul style="list-style-type: none"> - indicatie: 1 boring per 2 tot 5 ha; - bepaal bodemopbouw en pH-waarde. 	<ul style="list-style-type: none"> Grofzandige, fijnzandige, moerige, lemige, klei- of veenbodems. IJzersporen. Storende lagen op geringe diepte. Aanwezigheid van gleyverschijnselen.

Bodemkaart

Bodemkaarten zijn digitaal te raadplegen via <http://maps.bodemdata.nl> → kaartlaag ‘Bodemkaart’ (figuur 44). Ook hebben de meeste provincies op hun websites diverse bodemgegevens staan (figuur 45).

FIG 44 BODEMKAART VAN HET DAL VAN DE MOSBEEK EN OMGEVING

Bodemkaart van het Dal van de Mosbeek en omgeving met legenda, zoals weergegeven op <http://maps.bodemdata.nl>. Een toelichting op de bodemeenheden is op deze site te vinden door de knop Informatie te activeren en dan de verschillende bodemeenheden aan te klikken.

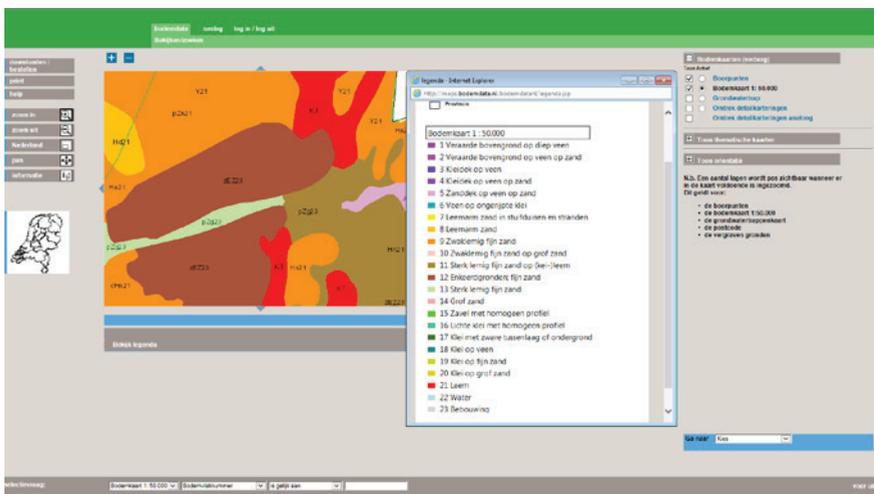
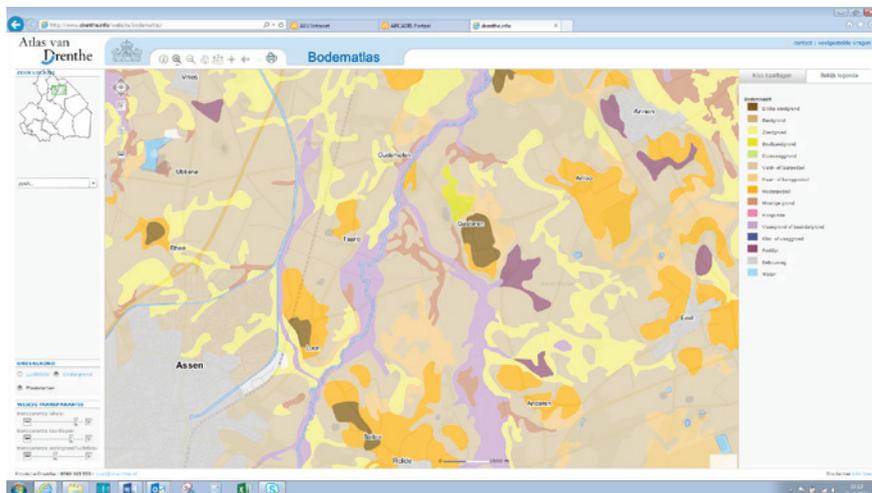


FIG 45 BODEMKAART DRENTSE AA BIJ GASTEREN

Bron: Bodematlas Drenthe, te vinden op <http://www.drenthe.info/website/bodematlas>.



- NB. De nauwkeurigheid van de bodemkaarten is beperkt. De toepassingschaal van de kaart van Nederland is schaal 1:50.000. Voor deze geldt als kleinste afmeting van een kaartvlak een oppervlakte van ongeveer 10 hectare. Deze kaart is dus niet geschikt voor gedetailleerd werk, zoals het beoordelen van een individueel perceel.

Inmiddels zijn er ook gedetailleerde bodemkaarten tot schaal 1:10.000 beschikbaar. Voor een beperkt aantal gebieden zijn dit digitale kaarten. Voor het grootste deel zijn het analoge kaarten. De legenda van deze bodemkaarten hebben over het algemeen dezelfde hoofdindeling als de 1:50.000 bodemkaart. De onderverdeling is echter uitgebreider en gedetailleerder.

- NB. Bodemgegevens kunnen verouderen doordat na de datum van opname veranderingen optreden, veelal door menselijke ingrepen zoals afgraven, ophogen en/of egaliseren.

In de bodemtypologie zitten kenmerken over het hydrologische systeem: Hn infiltratie, pZn laterale stroming, pZg kwel, W en V stagnatie van grondwater. Een toelichting op deze codering van de diverse bodemkaarten vindt u in hoofdstuk 4 van de Handleiding bodemgeografisch onderzoek. Deze is te vinden op <http://landschapsleutel.wur.nl>, onder 'Naslag'.

Veendiktekaart Noord-Nederland

De Vries et al. (2014) hebben van Noord-Nederland een aangepaste bodemkaart en veendiktekaart opgesteld. Deze is te vinden op <http://www.wur.nl>, zoeken op 'Veendiktekaart'. Ook de provincie Utrecht heeft een veendiktekaart. Deze is te vinden op <https://webkaart.provincie-utrecht.nl/viewer/app/Webkaart>.

Informatie

Bakker, H. de en J. Schelling, 1989 - 2e gewijzigde druk bewerkt door J. Brus en C. van Wallenburg. Systeem voor de bodemclassificatie voor Nederland, de hogere niveaus. Pudoc, Wageningen.

Bakker, H. de, De subgroepen van het systeem van bodemclassificatie voor Nederland: <http://edepot.wur.nl/110281>.

Cate, J.A.M. ten, A.F. van Holst, H. Kleijer en J. Stolp, 1995. Handleiding bodemgeografisch onderzoek; richtlijnen en voorschriften. Deel A: Bodem. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Technisch Document 19A.

De Bakker, H. & A.W. Edelman-Vlam (1976). De Nederlandse bodem in kleur. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.

Van Zijverden, W. & J. De Moor (2014). Het groot profielenboek. Fysische geografie voor archeologen. Sidestone Press, Leiden, <http://maps.bodemdata.nl>. Op deze site bevinden zich ook (vrij downloadbaar) de boekjes bij de vroegere analoge bodemkaarten. Deze bevatten een schat aan informatie.

Vries, F. de; Brus, D.J.; Kempen, B.; Brouwer, F.; Heidema, A.H. (2014). Actualisatie bodemkaart veengebieden : deelgebied en 2 in Noord Nederland. Alterra-rapport 2556.

<http://landschapsleutel.wur.nl>

5.10.2 Bodem op standplaatsniveau

Relevant voor:

- beekherstel;
- hydrologisch herstel beekdalnatuur;
- waterberging.

Kern

Bestaande bodemkaarten zijn voor het standplaatsniveau doorgaans niet nauwkeurig genoeg. Het is daarom raadzaam om de bodeminformatie over het projectgebied in de praktijk te toetsen. Daarvoor is een boorstrategie aan te bevelen.



Vragen

- Hoe zijn bodemtypen over het plangebied verdeeld?
- Wat zeggen deze over de ontstaansgeschiedenis c.q. vroegere waterhuishouding?
- Waar lagen op basis van de aanwezige bodemtypen vroeger de inzijg- en kwelgebieden?
- Zijn roestverschijnselen zichtbaar en wat zegt dit over de aard van de kwel (schijnspiegel, lokaal, bovenlokaal, ijzerarm, ijzerrijk)?
- Betreft het grofzandige, fijnzandige, moerige, lemige, klei- of veenbodems en wat is hun doorlatendheid?
- Zijn kleidekken of beekleemdekken of klei- en leembanden op wat grotere diepten aanwezig? Betreft het indicaties voor inundaties in het verleden?
- Zijn of waren er ijzeroer-afzettingen?
- Zijn slecht doorlatende lagen aanwezig die de wegzijging van water of kwel belemmeren of mogelijk zelfs schijngrondwaterspiegels veroorzaken?
- Wat is de aard van die slecht doorlatende afzettingen: mineraal of organisch?
- Wat zegt de aard van de organische slecht doorlatende laag over de heersende waterhuishouding ten tijde van zijn vorming?
- Wat is de mate van veraarding van het veen met de diepte; hoe diep zakt de grondwaterspiegel in de zomer weg?
- Snijden aanwezige ontwateringsmiddelen door slecht doorlatende lagen heen dan wel snijden deze ontwateringsmiddelen de zandondergrond aan, zodat zij extra grondwater draineren?
- In hoeverre is er met grond geschoven en zijn hoogteverschillen en daarmee hydrologische eigenschappen veranderd?



Aanpak

- Bepalen boorstrategie en uitvoeren grondboringen en het samenstellen van een bodemkaart.
- Raadplegen van de Landschapssleutel.

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none"> Bepalen boorstrategie (raaien, raster, vegetatievlakken) en uitvoeren grondboringen. Indicatie: 1 tot 2 boringen per ha. Samenstellen van een kaart met de hiernaast genoemde informatie. Raadplegen van detailbodemkaarten (voor zover beschikbaar). 	<ul style="list-style-type: none"> Van nature natte plekken. Doorlatendheid van de bodems. Aanwezigheid slecht doorlatende laagten. Zijn deze mineraal of organisch van aard? Indicaties voor sterk wisselende grondwaterstanden. Roestverschijnselen in de bodem. Roestkleurig uittredend grondwater (indicatie voor kwel). Diepte permanent verzadigde zone. Mate van veraarding van een veenpakket. Aard van het humusprofiel.

➤ NB. Roestverschijnselen in de bodem wijzen niet altijd op actuele kwel. Dergelijke vlekken kunnen ook duiden op grote waterstandsvariatie en daardoor het toetreden van lucht in de bodem. Roestvlekken kunnen ten slotte ook 'fossiel' zijn, dat wil zeggen: afkomstig uit een ver verleden.

Bepalen boorstrategie

De boorstrategie hangt in grote mate samen met:

- de te beantwoorden vragen;
- de betrouwbaarheid en het detailniveau van de beschikbare informatie;
- de heterogeniteit van het gebied.

Een methodiek om tot de boorstrategie te komen, is door beschikbare informatie in GIS te bundelen en overzicht te creëren in delen waar wel of geen informatie van is. De aandacht moet uitgaan naar delen waar geen informatie van is of waar groter detailinformatie van gewenst is. U kunt de boringen ook gebruiken om uw hypothese over de hydrologie aan de hand van de bodemsamenstelling te toetsen.

Een boorgrid hoeft niet altijd vlakdekkend te zijn. Vaak volstaat een transect, dat wil zeggen: een aantal boringen op een 'raai' met een onderlinge afstand van en-

kele tientallen meters. Let goed op de verschillen die op kaart en in het veld te zien zijn. Verschillen in bijvoorbeeld maaiveldhoogte, ligging nabij water, grondgebruik en begroeiing dienen in het boorgrid een plek te krijgen. Daarbij zijn gradiënten in het terrein van groot belang. Zorg dus dat de gradiënten goed door het boorgrid zijn afgedekt.

Waar op het regionale schaalniveau met een dichtheid van één boring per meerdere ha kan worden volstaan, moet voor het lokale niveau gedacht worden aan minstens één tot twee boringen per hectare. In bijzondere situaties, zoals bij gradiënten, is het zinvol om meer boringen te plannen. Plaats extra boringen als u in de resultaten een onverklaarbare ‘knik’ aantreft. De meeste boringen kunnen volstaan met een diepte tot 1,2 - 1,3 m. Aanbevolen wordt om op enkele plaatsen een diepere boring te zetten. Wanneer daar aanleiding toe is, zijn meer diepe boringen nodig, bijvoorbeeld wanneer sprake is van veenlagen, keileem, oerbanken etc.

Interpretatie grondboringen

Gebruik voor de interpretatie de eerder genoemde literatuur van Bakker en Schelling (1989). Ook hoofdstuk 4 van de hierboven reeds genoemde Handleiding Bodemgeografisch Onderzoek is hiervoor te gebruiken. Vooral de voorvoegsels en de achtervoegsels van de diverse bodemcoderingen zijn interessant, zoals het voorvoegsel f (ijzerrijk) of m (moerig materiaal) zeggen veel over de hydrologische ontstaansgeschiedenis van de bodem.

Raadplegen detailbodemkaarten

Van veel landsdelen zijn digitale detailbodemkaarten beschikbaar. Deze worden beheerd door het Team Bodem, Water en Landgebruik van Alterra. Contactpersoon is momenteel Fokke Brouwer: fokke.brouwer@wur.nl. Aan de levering zijn kosten verbonden die bestaan uit een vast bedrag per levering en een prijs per km² die afhankelijk is van de kaartschaal (1:10.000 of 1:25.000). Er zijn ook analoge kaarten beschikbaar met georeferentie. Deze kunnen als achtergrond in een giskaart worden opgenomen, maar er kunnen geen analyses mee worden uitgevoerd. Hiervoor geldt een vast prijs per kaart.

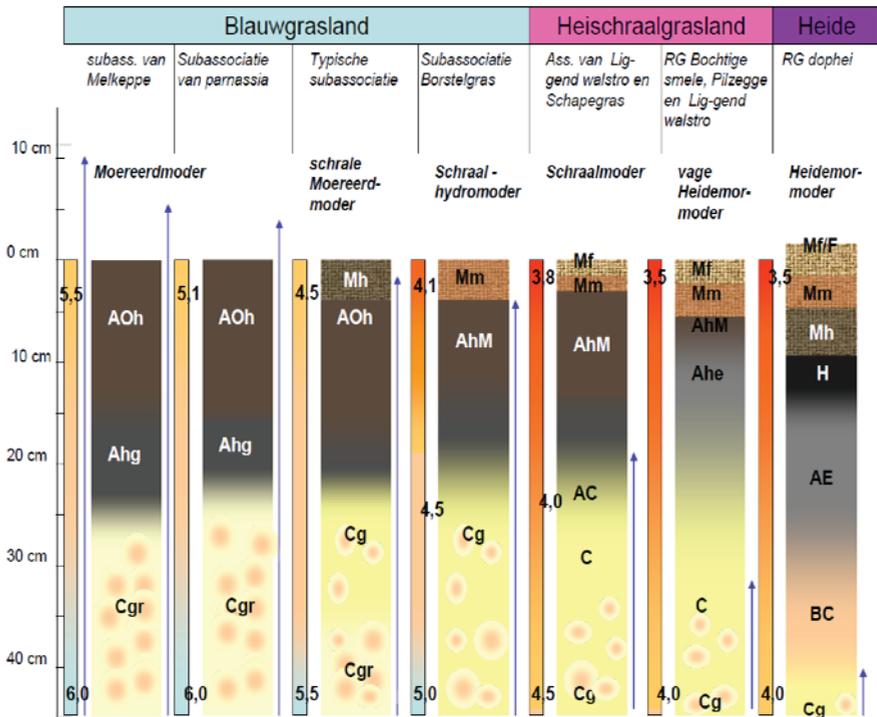
Een aantal kaarten is gescand en als pdf-bestand opvraagbaar bij de bibliotheek van de Wageningen Universiteit.

Humusprofielen

De ontwikkeling van het humusprofiel bovenin de bodem verloopt veel sneller (jaren) dan bodemvorming in de minerale ondergrond (tientallen jaren tot eeuwen). Humusprofielen geven daardoor informatie over de bodemvorming in het recente verleden (Van Delft, 2004). Wanneer het humusprofiel andere omstandigheden aangeeft dan de bodemkenmerken in de ondergrond is dat een aanwijzing voor een verandering op standplaatsniveau. Zo geeft de aanwezigheid van een Schraalhydromoder op een Beekeerdgrond aan dat verzuring is opgetreden door afname van de invloed van gebufferd grondwater (figuur 46).

FIG 46 HUMUSREEKS IN EEN BLAUWGRASLAND

Van links naar rechts neemt de invloed van gebufferd grondwater af en ontwikkelt zich een bodemprofiel en vegetatietype dat hoort bij steeds zuurdere omstandigheden. Deze reeks kan zich zowel in de ruimte voordoen als een ontwikkeling in de tijd weergeven (Bron: De Waal & Hommel, 2010).



Informatie over humusvormen is te vinden op de website van Alterra:

<http://www.wageningenur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Projecten/Humusvormen.htm>.

De Waal, R.W. & P.W.F.M. Hommel (2010). Humus- en vegetatiereeksen als hulpmiddel voor het natuurbeheer. Enkele voorbeelden op basis van SBB-referentiepunten. Alterra, Wageningen. <http://edepot.wur.nl/142970>.

Van Delft, B. (2004). Veldgids humusvormen. Beschrijving en classificatie van humusprofielen voor ecologische toepassingen. Alterra, Wageningen.

<http://edepot.wur.nl/33187>.

Herleiden referentiegrondwaterstanden uit bodemprofielen via Waternood

In het programma Waternood is een module aanwezig waarin het bodemtype geselecteerd kan worden. Waternood laat vervolgens zien welke referentiegrondwaterstanden daarbij horen. Ook wordt een opmerking geplaatst over de kwelsituatie.

Van Driel, D.J. en M. Boss (2007). Gebruikershandleiding en programmatuur Waternood. Arcadis. STOWA rapport 2007-19. ISBN 978.90.5773.381.9.

5.11 ECOLOGISCHE INDICATOREN

5.11.1 Ecologische indicatoren op stroomgebiedsniveau

Relevant voor:

- beekherstelprojecten;
- hydrologisch herstel beekdalnatuur;
- waterberging, wanneer sprake is van een specifiek vegetatiedoel.



Kern

In deze stap worden indicatorsoorten vertaald naar de huidige of vroegere hydrologische systeemeigenschappen. Indicatorsoorten zijn soorten die als leidraad kunnen worden gebruikt voor specifieke omstandigheden, doordat ze in grote mate van die omstandigheden afhankelijk zijn. Denk aan kwelwater, regenwaterlenzen en stroming. Dergelijke indicatorsoorten zijn er in alle soortgroepen, zowel terrestrisch als aquatisch.



Vragen

- Welke indicatorsoorten komen waar voor?
- Wat zeggen indicatorsoorten over de grondwaterregimes van het gebied?

- Wat zeggen indicatorsoorten over de samenstelling van het (grond)water?
- Wat zeggen indicatorsoorten over de stroming in de beek en de waterkwaliteit?
- Wat zeggen indicatorsoorten over de ontwikkelingen van het gebied (verruiging, vermesting, verdroging etc.)?
- Welke indicatorsoorten kwamen vroeger voor en welke conclusies kan men daaruit trekken over de temporele veranderingen?



Aanpak

De essentie van de aanpak is het herleiden van indicatorsoorten uit doorgaans beschikbare informatie:

- verspreidingsatlassen, gegevens uit de databank NDFF, visstandgegevens, etc.;
- gegevens van natuurbeheerders, vrijwilligersgroepen (IVN, sportvisserij), provincies (SNL karteringen);
- eigen veldbezoek.

Ook bestaan er rekenkundige tools waarmee het mogelijk is om op meer geavanceerde wijze de milieumstandigheden te herleiden. Vaak zijn dan wel goede opnames nodig van vegetatie of macrofauna. Deze gegevens zijn vaak niet voorhanden. Daarom is deze methode niet direct als aanbevolen werkwijze opgenomen. De methode is wel beschreven, zie het eind van deze paragraaf.

Afhankelijk van de inhoudelijke vraag of beleidsopgave is het zinvol de juiste groep van indicatorsoorten te belichten. Zie daarvoor het advies in [tabel 6](#).

TABEL 6 ADVIES WELKE INDICATORGROEP TE GEBRUIKEN PER BELEIDSOPGAVE

OPGAVE	INDICATOREN
Hydrologische herstel beekdalnatuur	Terrestrische vegetatie Grond- en oppervlaktewaterwater afhankelijke diersoorten
Beekherstel	Beekgebonden vegetatie Macrofauna Vissen
Waterberging	Terrestrische vegetatie

De aanpak is als volgt:

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none"> Analyse flora opnamen: locaties waar indicatorsoorten voorkomen. Analyse vegetatie opnamen: specifieke beekgebonden vegetatietypen. Raadplegen (eco)hydroloog of vegetatiekundige. 	<ul style="list-style-type: none"> Verspreidingskaarten. Type indicatoren: <ul style="list-style-type: none"> Grondwaterregime³. Vochtgehalte van de bodem. Zuurgraad. Trofie (mate van voedselarmoede of voedselrijkdom).
<ul style="list-style-type: none"> Analyse gegevens aquatische flora en fauna en oevervegetatie. Raadplegen aquatisch ecooloog. 	<ul style="list-style-type: none"> Verspreidingskaarten. Type indicatoren: <ul style="list-style-type: none"> Stroming. Droogval. Organische belasting. Beddingmateriaal.
<ul style="list-style-type: none"> GIS-analyses 	<ul style="list-style-type: none"> Interactie indicatorsoorten of vegetaties met bodem-, hoogte- of GT-kaarten. Vooral oudere vegetatieopnamen geven een goed beeld van de potenties.
<ul style="list-style-type: none"> Analyse historische gegevens 	<ul style="list-style-type: none"> Indicatoren die vroeger voorkwamen en verdwenen of bijna verdwenen zijn.

PAS Gebiedsanalyses

Ten behoeve van de PAS-opgave voor N2000-gebieden zijn de huidige habitattypen van die gebieden in beeld gebracht. Zie [figuur 47](#).



NB. In de gebiedsanalyses zijn vegetatietypen vertaald naar habitattypen met een matige of goede kwaliteit. Daarbij zijn keuzes gemaakt op basis van definities van habitattypen en soms zijn vegetaties die kenmerkend zijn voor grondwaterafhankelijke standplaatsen vervallen omdat ze niet zijn opgenomen in het systeem van habitattypen, bij-

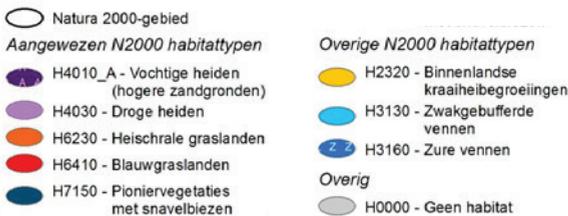
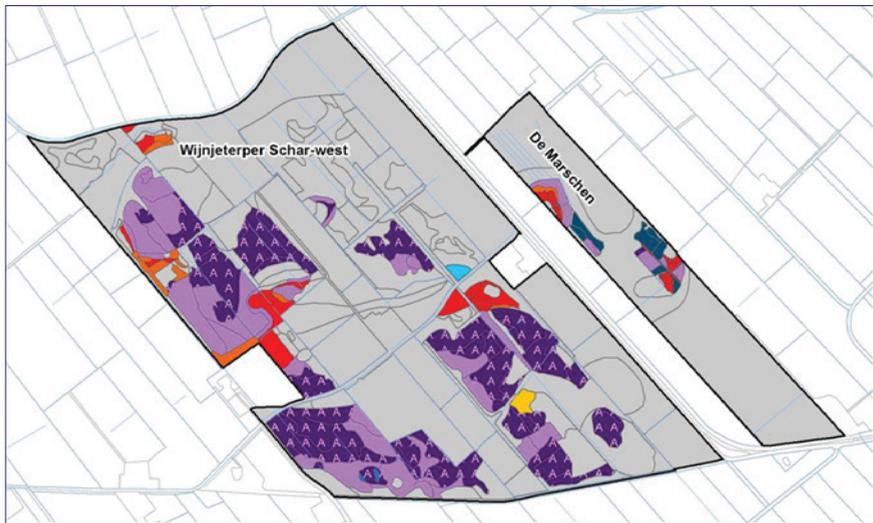
³ Vaak wordt gesproken over kwelindicatoren. Dat is echter een misvatting: planten indiceren geen processen, maar standplaatscondities.

voorbeeld de gemeenschappen van Dotterbloemhooilanden. Soms zijn habitattypen een samenvoeging van meerdere vegetatietypen met een sterk verschillende indicatiewaarde. Het habitatype H91E0 Alluviale bossen bijvoorbeeld is een samenvoeging van Elzenbroekbos (zeer nat, kwelgevoed), Vogelkers-Essenbos (vochtige gronden langs de beek) en overstromde Wilgenbossen. Het is daarom aan te raden om voor analyses altijd uit te gaan van de oorspronkelijke vegetatiekartering.

➤ NB. Door verdergaande standaardisering van methoden worden karteringen steeds beter ordening vergelijkbaar, zodat vergelijkingen in ruimte en tijd steeds betrouwbaarder worden.

FIG 47 HABITATTYPEN

Verdeling van habitattypen in het Natura 2000-gebied Wijnjeterper Schar (beekdal Koningsdiep). Te vinden in de PAS-gebiedsanalyse Wijnjeterper Schar op <http://pas.natura2000.nl> onder 'Documenten' en 'Gebiedsanalyses'.

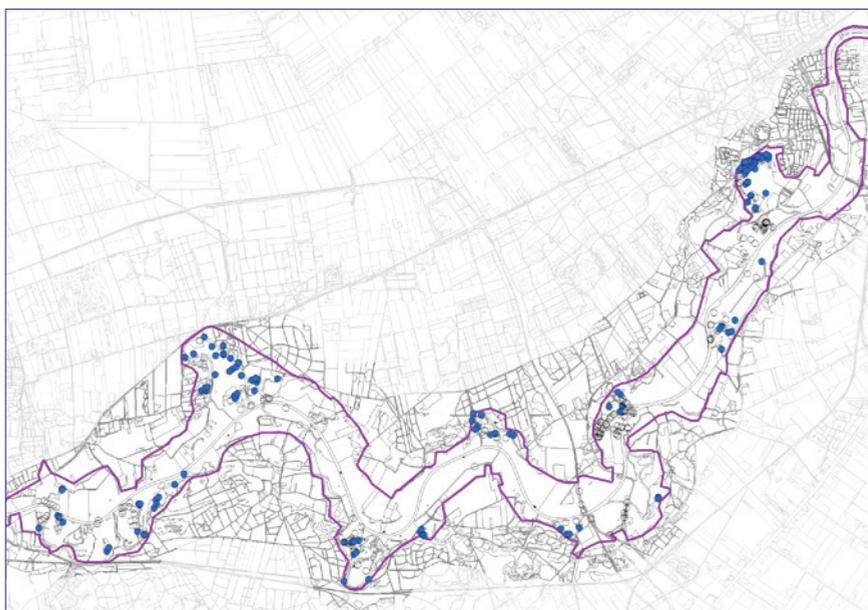


Vertaling indicatoren naar kaartbeeld

Een voorbeeld voor het ruimtelijk vertalen van voorkomen van indicatorsoorten is in [figuur 48](#) weergegeven. Op basis van vegetatiekarteringen is voor de Overijsselse Vecht in GIS een kaart gemaakt van grondwaterafhankelijke indicatorsoorten.

FIG 48 INDICATORSOORTEN

Verspreiding van een aantal indicatorsoorten (blauwe stippen) voor grondwatergestuurde vegetaties in het Vechtdal (paars omlijnd) tussen Hardenberg en Ommen (Bron: Potentiekkaart voor de Vecht, Arcadis 2016).



Kartering van indicatorsoorten in een regelmatig raster geeft snel inzicht in de ruimtelijke ligging van hydro-ecologische standplaatsen in een terrein. Voor een rasterkartering is een beperkte soortenkennis voldoende, zodat ook met inzet van relatief onervaren karteerders een betrouwbare dataset gemaakt kan worden. Herhaling van een rasterkartering in de tijd geeft in het algemeen een objectiever beeld van verschillen in ruimte en tijd dan een vegetatiekartering, omdat daarbij interpretatie een veel grotere rol speelt ([figuur 50](#)).

FIG 49 WATERVIOLIER (HOTTONIA PALUSTRIS) IN DE BAKERWAARDSCHE LAAK

Deze soort is kenmerkend voor grondwater gevoede omstandigheden (Foto: Dolf Logemann).



Rekenkundige benadering indicatiewaarden

Verder bestaan er methodes waarvoor opnames van vegetatie of macrofauna nodig zijn. De indicatorsoorten uit de opnames krijgen een indicatorwaarde toebedeeld. Door middel van een rekenkundige benadering wordt dan een beeld verkregen van de toestand van de betreffende opname. Deze methodes vereisen dus goede opnames en een rekenkundige exercitie. Ze zijn daardoor complexer. Overzichtswerken hiervoor zijn bijvoorbeeld:

<http://werkgeverslijn.nl/content/rapport-inventarisatie-rekentools-abiotiek>:

een rapport waarin de beschikbare applicaties zijn beschreven om abiotische systeemkenmerken te herleiden uit vegetatieopnames. Een voorbeeld daarvan is:

<http://www.wur.nl/nl/Website-of-H2020-project-Platform-of-bioeconomy-ERA-NET-Actions-PLATFORM.htm?publicationId=publication-way-333937353333>:

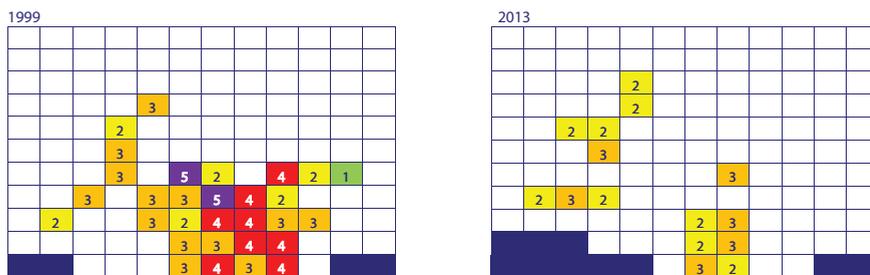
Iteratio: Calculating environmental indicator values for species and relevés. Holtland, W.J.; Braak, C.J.F. ter; Schouten, M.G.C. 2010.

Trendanalyse met oudere gegevens

Als laatste is het waardevol wanneer oudere opnames bekend zijn. Daarmee kan een vergelijking gemaakt worden tussen de vroegere en huidige situatie. De ervaring is echter, dat er zelden sprake is van goed gedocumenteerde gegevens en/of methodes, waardoor een vergelijking moeilijk is. Een indicatie is vaak wel mogelijk.

FIG 50 HERHAALDE RASTERKARTERING VAN ARMBLOEMIGE WATERBIES

Herhaalde rasterkartering van Armbloemige waterbies in het brongebied van de Mosbeek (noordoost Twente). Deze soort is een betrouwbare indicator voor gebufferd grondwater en geeft een goed beeld van de ligging van het standplaatstype kalkmoeras in dit terrein. De herhaling laat zien dat tussen 1999 en 2013 een sterke achteruitgang heeft plaatsgevonden van dit standplaatstype (Bron: Kieskamp, 2014).



i Informatie

Jalink, M.H. en A.J.M. Jansen (1995). Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring van grondwaterafhankelijke beekdalgemeenschappen. Staatsbosbeheer, Driebergen.

Londo, G. (1988). Nederlandse freatofyten. Pudoc, Wageningen.

Kieskamp, A.A.M. (2014). Hydro-ecologische systeemanalyse van het brongebied van de Mosbeek. Unie van Bosgroepen / Radboud Universiteit Nijmegen.

<http://edepot.wur.nl/333523>.

<http://www.natuurkennis.nl>, zoeken onder 'Ecohydrologie' → 'Standplaatsfactoren en vegetatie' → 'Indicatie'.

Stowa en WEW (2012): Milieu- en habitatreferenties van Nederlandse zoetwatermacrofauna. Database met milieu- en habitatpreferenties van 2270 soorten. STOWA Rapport 2012 - 19. WEW Themanummer 23.

Synbiosys / INDICA: ontwikkeld door Alterra en KIWA. Kennissysteem met abiotische condities voor flora en vegetatie. Tevens mogelijk om milieuomstandigheden te herleiden met behulp van indicatorsoorten (INDICA). Artikel: <http://edepot.wur.nl/358680>.

5.11.2 Ecologische indicatoren op standplaatsniveau

Wanneer er geen of onvoldoende gegevens aanwezig zijn, kan het van meerwaarde zijn om een veldinventarisatie uit te laten voeren naar indicatorsoorten. Denk daarbij aan streeplijsten van voorkomende plant- en libellensoorten, vegetatiekartering met specifieke aandacht voor indicatorsoorten of macrofauna-opnamen. Van al deze soortgroepen zijn rekenkundige modules aanwezig om aan de hand van indicatorwaarden de milieuumstandigheden te herleiden.

5.12 LANDGEBRUIK EN VOEDSELRIJKDOM BOUWVOOR

5.12.1 Landgebruik op stroomgebiedsniveau

Relevant voor:

- beekherstelprojecten;
- hydrologisch herstel beekdalnatuur;
- waterbergingsprojecten.



Kern

Voor de kansen op herstel van beken en vegetaties is kennis over de vorm van het landgebruik en van de voedselrijkdom van de bodem van belang.



Vragen

- Welke andere functies zijn er in het beekdal waar rekening mee gehouden dient te worden?
- Welke vormen van landgebruik zijn mogelijk van invloed op de kwaliteit en de herstel mogelijkheden van de beek of de te herstellen vegetatie?
- Wat is het landgebruik in de herkomstgebieden van het grondwater, die de chemische kwaliteit van kwelwater in het doelobject kan beïnvloeden?
- ⇒ NB. Deze gebieden kunnen buiten het beekdal liggen, bijvoorbeeld op de heideontginingsgronden op de naastgelegen dekzandrug.
- Hoe lang geleden heeft het perceel zijn landbouwkundige functie verloren (anders gezegd: hoe lang geleden is de intensieve bemesting gestaakt)?



Aanpak

Herleid de landgebruiksvorm uit de LGN-kaart of een TOP-kaart. Herleid van het interessegebied oppervlakken en percentages per gebruiksvorm. Doe hetzelfde voor de Natuurdoeltypenkaart.

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none"> Analyseer LGN-kaart (landgebruik Nederland) of TOP-25 kaart op ha en % landgebruik. Analyse luchtfoto's of Google Maps, Bing Maps of betaalde site Cyclomedia of http://pdokviewer.pdok.nl 	<ul style="list-style-type: none"> GIS data LGN of TOP-25. Filter op: <ul style="list-style-type: none"> - bebouwing; - infrastructuur; - bouwland; - grasland; - bos; - water; - heide, stuifzand.
<ul style="list-style-type: none"> Herleid natuurdoeltypen en beheertypen. 	<ul style="list-style-type: none"> GIS data EHS. Filter op: <ul style="list-style-type: none"> - hooiland; - riet, ruigte, moeras; - nat en droog bos; - weidevogelgebied; - botanische waarden; - etc.
<ul style="list-style-type: none"> Veldbezoek. 	<ul style="list-style-type: none"> Bekijk grasland: hoe kruidig zijn deze percelen?

- NB. Al deze kaarten en foto's zijn tijdgebonden opnamen. Ga altijd na wanneer de opname uitgevoerd is. Vaak is alleen tegen betaling actuele informatie voor handen.
- NB. De Natuurdoeltypenkaart is veelal een streefbeeldkaart en niet een kaart van aanwezige systeemkenmerken. De natuurdoelen zijn vastgesteld op (potentiële) systeemkenmerken, waaronder geohydrologische.
- NB. SNL-typen zijn doorgaans nog grover toebedeeld. Deze zeggen in feite weinig over de na te streven abiotische omstandigheden. Daar zal men altijd zelf een specificatie van moeten maken.

Samenstelling van de grasmat

Of een perceel intensief is bemest (geweest), is te zien aan de samenstelling van de grasmat: hoogproductieve, vaak glimmend groene grassen met nauwelijks bloemdragende kruiden. Herderstasje en (veel) paardenbloemen zijn eveneens be-

langrijke indicatoren voor intensief bemest grasland. Veldzuring en witbol wijzen daarentegen op schralere omstandigheden.

Bij een inspectie van het grasland kan kennis van de indicatorsoorten (zie voorgaande paragraaf 5.11) van grote meerwaarde zijn. Schakel eventueel een terrestrisch ecoloog in.

Landgebruikskaart (LGN7)

Het onderzoeksbureau Alterra WUR produceert om de paar jaar een Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland (LGN). De meest recente versie is de LGN7, deze is gebaseerd op satellietbeelden uit 2012. De LGN kent alleen een betaalde versie. Vraag dus eerst na of uw organisatie over een geldige licentie beschikt. [Figuur 51](#) geeft aan over welke eenheden de LGN7 inzicht geeft.

5.12.2 Landgebruik op standplaatsniveau

Relevant voor:

- hydrologisch herstel beekdalnatuur;
- waterbergingsprojecten.

FIG 51 LEGENDA LANDELIJK GRONDGEBRUIKSBESTAND NEDERLAND (LGN7)

(Bron:<http://www.wur.nl/nl/Expertises-Dienstverlening/Onderzoeksinstituten/Environmental-Research/Faciliteiten-Producten/Kaarten-en-GIS-bestanden/Landelijk-Grondgebruik-Nederland/Versies-bestanden/LGN7/Legenda.htm>).



Kern

Op standplaatsniveau is met name meer inzicht gewenst in de mate waarin percelen intensief of juist extensief bemest zijn (geweest), tot welke diepte de bodem voedselrijk is en wat dat betekent voor de gewenste vegetatie.



Vragen

- Hoe voedselrijk is de bodem (o.a. stikstof, fosfaat en kalium)?
- Tot welke diepte is de bodem fosfaatverzadigd (Fe en Ca)?
- In welke mate is met name fosfaat beschikbaar voor vegetatie (sulfaat)?



Aanpak

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none"> • Boringen 	<ul style="list-style-type: none"> • Boorplan: <ul style="list-style-type: none"> - Op dit schaalniveau één boring per ha of per perceel. - Controleer of sprake is van ruilverkavelingen. Houd dan de oude percelering aan. - Meerdere monsters per boring, om diepte afhankelijke concentratie te bepalen.
<ul style="list-style-type: none"> • Laboratorium analyses 	<ul style="list-style-type: none"> • Analyses: <ul style="list-style-type: none"> - Hoeveelheid P (P_w, P-_{Al} of P-_{Olsen}). - Beschikbaar P (S, Ca, Fe). - Verspreiding P over de diepte (zgn. P-front).

Bepalingen fosfaat

Er zijn verschillende fosfaatmetingen mogelijk: P-_{Olsen}, P-_{Al} en P_w. Het is lang niet altijd nodig om al deze bepalingen uit te laten voeren. Qua normen voor voedselarme situaties vat F. Sival et al. (2004) samen: het hoogste percentage soorten dat is gerelateerd aan voedselarme standplaatsen wordt gevonden bij lage waarden van P_w (≤ 5 mg P₂O₅ / L grond), P-_{Al} (≤ 4 mg P₂O₅ / 100 g grond) en P-_{Olsen} (≤ 10 mg kg⁻¹).

Van fosfaat naar natuurherstel

Een voorbeeld van een artikel waarin de link tussen monsternamen en resultaten goed beschreven wordt, is Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden: herstel natte natuur Oost-Veluwe (B-Ware). Meer informatie over de stap naar natuurherstel volgt in de hoofdstukken 7 en 8.



Informatie

F.P. Sival, W.J. Chardon en M.M. van der Werff (2004). Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden in relatie tot de beschikbaarheid van fosfaat: evaluatie van verschrallingsmaatregelen. Wageningen. Alterra rapport 951.

<http://www.b-ware.eu/expertise-en-projecten/voorbeeldprojecten/projecten-natuurontwikkeling-op-voormalige-landbouwgronden>

5.13 HISTORISCHE CONTEXT

5.13.1 Historische context op stroomgebiedsniveau

Relevant voor:

- beekherstelprojecten;
- hydrologisch herstel beekdalnatuur;
- waterbergingsprojecten.



Kern

Het analyseren van de historische hydrologische situatie, op basis van oude kaarten, gegevens en veldnamen. Deze gegevens kunnen desgewenst vertaald worden naar een historische blokschema (zie volgende paragraaf 5.14 Synthese). De historische context kan vaak veel vertellen over de huidige hydrologie en de herstelmogelijkheden van een beek(dal)landschap.

FEUILLETON BEEKHERSTEL, DEEL III, HANDBOEK BEEKHERSTEL EN ERFGOED

Momenteel wordt ook het derde Handboek van het Feuilleton geschreven: Beekherstel en erfgoed. In dit deel wordt uitgebreid stilgestaan bij de analyse van de cultuurhistorische ontwikkeling van beekdalen. Onderdeel daarvan is de bewoning, het landgebruik en de rol van het water daarin. Dit derde deel komt naar verwachting eind 2017 uit. In de tussentijdse periode verwijzen we naar de site <http://stromendlandschap.nl/artikelen> waar een reeks artikelen staat waarin de historische context in verschillende LESA's is uitgewerkt en uitgevoerd.



Vragen

- Wat is de ontstaansgeschiedenis van de beek en het beekdal?
- Wat was het grondgebruik in vroeger tijden? Bijvoorbeeld onontgonnen heidecomplexen, veenmoerassen, hooilanden, etc.
- Was er vroeger sprake van een beek of waterloop of was er geen beek?
- Heeft de beek vroeger gemeanderd en wat was de oorzaak daarvan?
- Zijn oude meanders nog zichtbaar en zo ja, waar liggen ze?
- Kwam inundatie vroeger regelmatig voor?
- Heeft de beek een natuurlijke of een gegraven bron (sprengenkop) en is de beek dus stroomopwaarts verlengd?
- Zijn er aanwijzingen voor (voormalige) vloeiwiedesystemen of molenrechten?
- Welke ontwikkelingen hebben zich in de loop der tijd voorgedaan binnen en aanpalend aan het stroomgebied die van invloed zijn op de hydrologie? Bijvoorbeeld verving, zandwinning, waterwinning, bedijken, kanalisatie, ruilverkaveling etc.
- Wat zeggen veldnamen over het hydrologisch functioneren van het systeem?
- Zijn ijzeroerbanken aanwezig of zijn deze in het verleden ontgonnen?



Aanpak

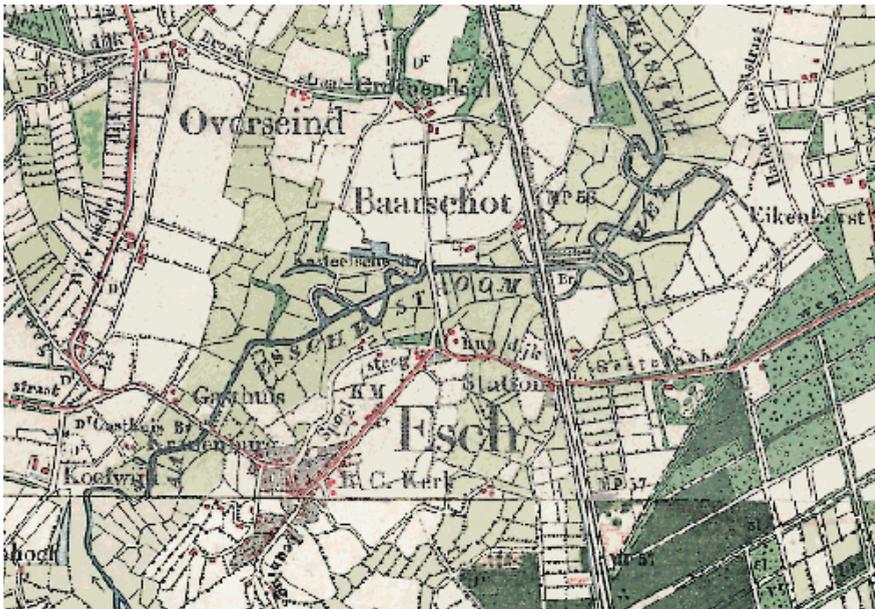
WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none"> • Bureaustudie <ul style="list-style-type: none"> - Analyse historische kaarten - Cultuurhistorische atlassen - Analyse rood-blauw kaarten - Inventarisatie relevante veldnamen - Historische ruilverkavelingsrapporten - Historische foto's • Veldonderzoek <ul style="list-style-type: none"> - Eigen waarnemingen tijdens het terreinbezoek • Raadplegen gebiedskundigen <ul style="list-style-type: none"> - Waaronder bijvoorbeeld leden van de plaatselijke heemkundeverenigingen of landbouwers op leeftijd. 	<ul style="list-style-type: none"> • Vroegere bedding van de beek. • Relevante veldnamen als 'maat' of 'made' (hooiland) (zie overzicht in tabel 7). • Sprengen sprengenkoppen. • Opgeleide beken en voor het bevoeien van grasland en laken voor het opvangen van het restwater.

Historische kaarten

Militaire kaarten uit circa 1870 en kaarten van de Topografische Dienst (vanaf 1880) geven veel informatie over oude beeklopen en vroeger landgebruik. Deze zijn op diverse plekken digitaal te raadplegen, onder meer op de provinciale websites (figuur 52).

FIG 52 ESSCHE STROOM BIJ ESCH ROND 1910

(Bron: <http://www.topotijdreis.nl>).



Rood-blauwkaarten

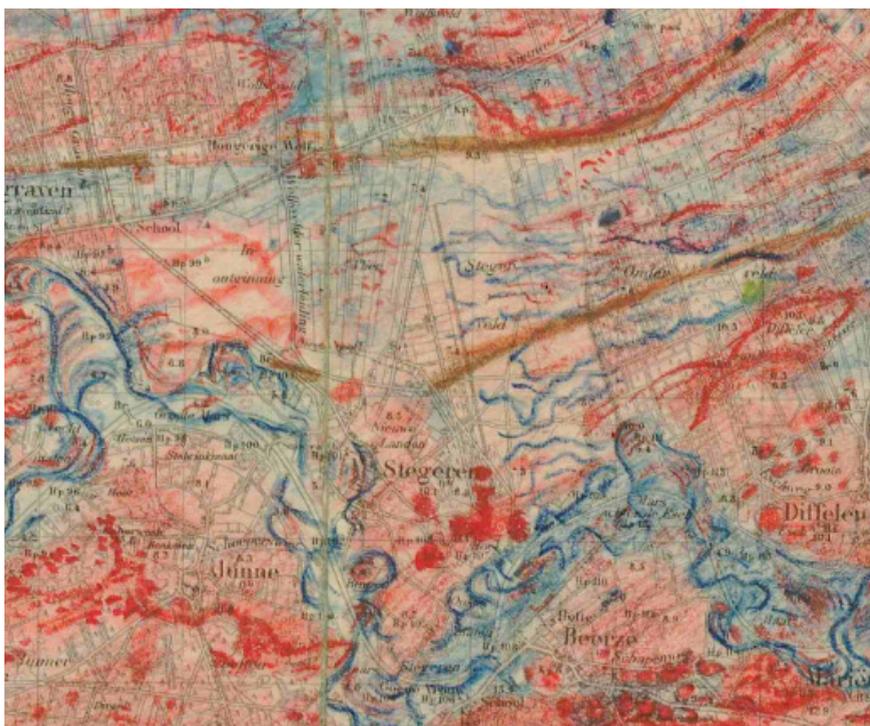
Rood-blauwkaarten zijn na de Tweede Wereldoorlog door Von Freytag Drabbe met de hand ingetekend op basis van luchtfoto's van de Royal Air Force die in de loop van die oorlog zijn genomen. Ze geven zeer nauwkeurig aan waar vóór de grote hydrologische ingrepen en ruilverkavelingen de natte en de droge plekken lagen. Oude beeklopen, vroegere kwelvensters (locaties waar grondwater uittrad en evt. opgevangen werd), zandruggen en zandkopjes zijn hierop uitstekend te zien (figuur 53).

De rood-blauwkaarten zijn te vinden op:

www.kaartopmaat.wur.nl/hydro/index.html.

FIG 53 **VOORBEELD VAN EEN ROOD-BLAUWKAART VAN DE VECHT (KAARTBLAD 22 WEST)**

Deze geeft een goed beeld van de natte en droge plekken in het terrein. De kaarten zijn gebaseerd op luchtfoto's van de RAF tijdens WOII (Bron: <http://www.kaartopmaat.wur.nl/hydro/index.html>).



Analyse veldnamen

Voorbeelden van veldnamen met een hydrologische betekenis zijn in **tabel 7** weergegeven. Onder het kopje 'informatie' is diverse literatuur over veldnamen opgenomen.

TABEL 7 ENKELE VELDNAMEN MET EEN HYDROLOGISCHE BETEKENIS

VELDNAAM	BETEKENIS
Blek	Kalkmoeras
Broek, brook	Vochtig bos, moerasbos
Drecht, trecht	Doorwaarbare plaats, bijvoorbeeld in Katendrecht, Utrecht
Enk of es	Oud bouwland, vrijwel altijd op een hoger gedeelte
Goor	Afvoerlose laagte (moeras)
Grift	Gegraven kanaal of beek, vaak voor de ontwatering van een gebied
Grut of gruijt	Gagelstruweel, wijst op voedselarm, zuur water
Flier, vlier, vledder of vleier	Moerassig land
Haar, horst, donk	Droge zandrug in overigens nat gebied, bijvoorbeeld Raamsdonk
Hiet	Heideveld
Koeland	Begraasd land, wijst op enige draagkracht dus goed ontwaterd grasland, bijvoorbeeld Junner Koeland aan de Overijsselse Vecht
Laak	Gegraven of vergraven benedenloop van een beek. Bijvoorbeeld de Schouwlaak bij Zutphen
Leij, graaf of Wetering	Een (gegraven) watergang vooral ten dienste van de ontginning van een veengebied
Loo	Van oorsprong bewoonde enclave in het bos, meestal op een zandrug (ook in plaatsnamen als -lo of -le zoals in Groenlo en Haarle)
Maat, made	Hooiland of weidegrond, van oorsprong vaak gemeenschappelijk gebruikt. Vaak te nat voor beweiding.
Meent, mient of gement	Gemeenschappelijke, onverdeelde grond. Vaak nattere landen die als hooiland gebruikt werden.
Moer	Venig, moerassig
Riet	Niet de plant, maar meestal in de betekenis van 'stromend water', 'stroompje'
Run, runneboom	Stroompje resp. balkstuw, bijvoorbeeld De Run bij Valkenswaard
Seg, sek	Zeggemoeras
Voort, voorde, foort	Doorwaadbare plaats, bijvoorbeeld in: Amersfoort, Coevorden, Lichtenvoorde en Vorden
Ven, veen	Veen, moerassig gebied



Informatie

Methodiek

<http://stromendlandschap.nl/artikelen>, voorbeelden van LESA's waarin de historische context nader is toegepast en uitgewerkt.

Historische kaarten

<http://www.topotijdreis.nl> van het Kadaster. Zoom in op de kaart en scroll in de tijd balk om te zien hoe het gebied in afgelopen 200 jaar veranderd is.

<http://cartografie-nederland.startpagina.nl/www.cartografie>

<http://www.versfelt-topografische-kaarten.nl/kaarten-hottinger.html>. De Hottinger-atlas van Noord- en Oost-Nederland 1773-1794:

Kadastrale Kaarten 1811-1832. Deze zijn te vinden op <http://beeldbank.cultureelerfgoed.nl/onderwerpen>, 'bekijk afbeeldingen', daarna zoeken op 'verzamelplan <gemeentenaam>'. Meer details zijn zichtbaar in de 'Minuutplans'. Deze zijn te vinden onder het lemma 'Collecties'. Denk eraan dat de meeste gemeenten sinds 1832 naamsveranderingen hebben ondergaan. Zoek dus zo veel mogelijk op de oude benaming.

Historische Atlassen 1843 -1845. Beschikbaar voor diverse provincies. Schaal 1:25.000. Uitgeverij Nieuwland.

<http://atlas1868.nl>, Gemeentatlas Jacob Kuijper.

Veldnamen

Veldnamen in Nederland (M. Schönfeld, Amsterdam, 1949, herdruk 1980).

Schönfeld, M., 1955. Nederlandse waternamen, (Bijdragen en Mededelingen der Naamkundecommissie van de Koninklijke Nederlandse Academie van Wetenschappen te Amsterdam), 1955.

Ter Laak J.C., 2005. De taal van het landschap. Pilotproject Toponiemen in de Berkelstreek. Een verkennend onderzoek naar de bruikbaarheid van geografische namen voor het reconstrueren van de geschiedenis van het Oost-Nederlandse landschap. ROB Rapportage Archeologische Monumentenzorg 123.

Vries, j. de, 1962. Woordenboek der Noord-/Zuid-Nederlandse plaatsnamen. Utrecht/Antwerpen.

Vloeiweidesystemen

Baaijens, G.J., E. Brinckmann, P.L. Dauvellier en P.C. van der Molen. Stromend Landschap, Vloeiweidenstelsels in Nederland. KNNV Uitgeverij. ISBN 978 90 5011 389 2.

<http://stromendlandschap.nl/artikelen>

5.13.2 HISTORISCHE CONTEXT OP STANDPLAATSNIVEAU

Dezelfde analyse kan ook op lokaal schaalniveau uitgevoerd worden. Men stelt zich dezelfde vragen, maar kijkt gericht naar het plangebied zelf. Lokaal kaartmateriaal kan voor aanvullingen zorgen. Benader daarvoor de lokale historische vereniging of heemkundekring.

Een voorbeeld van historische informatie op kleinere schaal is de bekenatlas van de Veluwe beken en watermolens: <http://www.bekenatlas.nl>.

5.14 SYNTHESE

Relevant voor:

- beekherstelprojecten;
- hydrologisch herstel beekdalnatuur;
- waterbergingsprojecten.

5.14.1 Inleiding



Kern

De synthese bestaat uit drie onderdelen:

- 1 Het schematisch uittekenen van de bodemopbouw en de hydrologie van het gebied in de vorm van een doorsnede van het gebied of een blokdiagram;
- 2 Het opstellen van een kwalitatieve waterbalans;
- 3 De evaluatie.

Deze twee activiteiten helpen de hiervoor verzamelde informatie met elkaar in verband te brengen en te begrijpen. Ook geven ze invulling aan de globale hypothese van de (eco)hydrologie van het beekdal of stroomgebied, die het doel is van deze fase op hoofdlijnen in de analyse.

Het kan de hypothesevorming helpen als bovenstaande activiteiten worden uitgewerkt voor zowel de actuele als de historische situatie. Dit laatste geeft mogelijk inzicht in de oorzaken van de niet optimale uitgangssituatie en in de herstel mogelijkheden van het gebied.

Bij de synthese wordt alle informatie naast elkaar gehouden. Een valkuil is daarbij om deze informatie op gelijksoortig niveau met elkaar te vergelijken. Dat kan echter alleen wanneer de informatie van vergelijkbaar schaalniveau en detailniveau

is. Wanneer dit niet het geval is, moet de vergelijking met de nodige terughoudendheid uitgevoerd worden.

**WEES BEWUST VAN DE VARIATIE IN SCHAALNIVEAU
EN DETAILNIVEAU VAN DE VERZAMELDE INFORMATIE.**



Aanpak

De aanpak van de synthese bestaat uit drie stappen die in de volgende paragrafen uiteengezet zijn:

- 1 Blokdiagram;
- 2 Waterbalans;
- 3 Evaluatie.

5.14.2 Blokdiagram of doorsnede



Kern

Een blokdiagram (of doorsnede) is een figuur waarin de relatie tussen bodemopbouw, grondwaterstroming, oppervlaktewater (ontwatering) en eventueel vegetatietypen is weergegeven. Afhankelijk van de situatie wordt de doorsnede als dwarsprofiel en/of als lengteprofiel getekend. In de [figuren 54 t/m 57](#) staan enkele voorbeelden van blokdiagrammen en doorsneden en een voorbeeld van een korte analytische beschrijving behorend bij een blokdiagram.



Vragen

- Snap ik de hydrologie van het te herstellen gebied?
- Wat zijn de dominante sturende hydrologische processen in en in de omgeving van uw plangebied?
- Zijn de hydrologische deelstromen voldoende bekend?
- Hoe verhouden zich globaal het grondwater, het oppervlaktewater en de neerslag?



Aanpak

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none"> • Maak een bovenaanzicht met het oppervlaktewatersysteem, desgewenst met andere relevante informatie: <ul style="list-style-type: none"> - dorpen en steden; - de relevante natuurgebieden; - belangrijke peilbuizen etc. • Maak een lengteprofiel van de bodemopbouw in de lengte van het beekdal. • Maak een dwarsprofiel van de bodemopbouw in de breedte van het beekdal. • Geef aan hoe de grondwaterstromen globaal lopen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Maak gebruik van de verzamelde basisinformatie uit hoofdstuk 4 en 5.

FIG 54 VOORBEELD1: HOGERE ZANDGROND NAAR DE MIDDENLOOP VAN EEN BEEKDAL

Voorbeeld dwarsdoorsnede van hogere zandgrond naar de middenloop van een beekdal. Het gaat om een hydrologisch optimale situatie (geen ontwatering (meer) aanwezig, waarbij in de bovenste balk de habitattypen zijn gegeven indien nog wel beheerd (maaien en afvoeren) en in de onderste balk voor een situatie waarin dat niet meer gebeurt (Bron: Grootjans et al. op <http://pas.natura2000.nl> → Documenten → Herstelstrategieën → Deel III → Beekdallandschap).

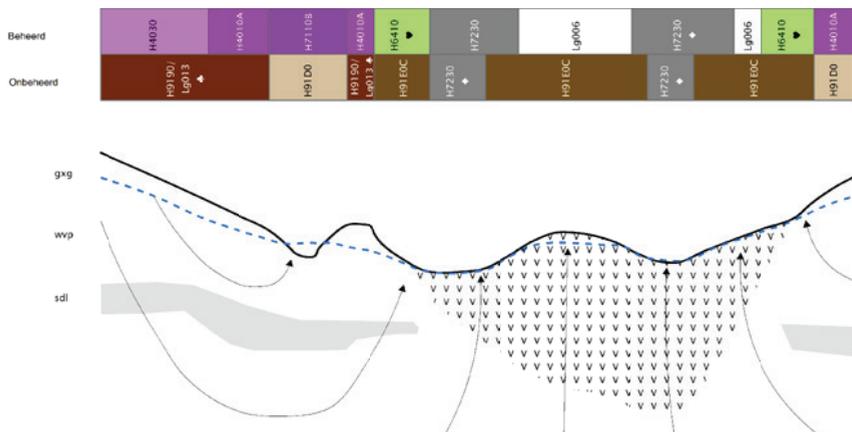


FIG 55 **VOORBEELD 2: WEINIG HELLENDE BEEKDALEN MET KWEL**

Dwarsprofiel van het type 'Weinig hellende beekdalen met kwel'. Preadvies beekdallandschap (Bron: Aggenbach et al., 2009). Zie ook verderop in deze paragraaf ('Informatie') voor aanvullende informatie.

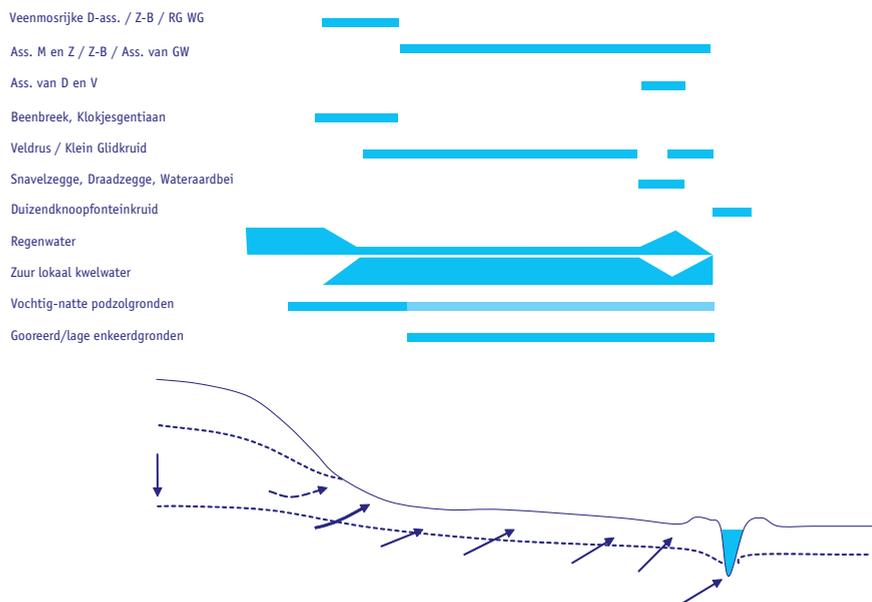


FIG 56 **VOORBEELD 3: ECOHYDROLOGISCHE SYSTEEMANALYSE VOORSTONDEN-LEUSVELD**

Voorbeeld dwarsdoorsnede Ecohydrologische systeemanalyse Voorstonden-Leusveld met daarin de Rhienderense Beek (Bron: Bell Hullenaar, 2015). In het voorbeeld is een koppeling gelegd tussen maaiveldhoogte en dieper gelegen wateren, verbreding van bodemtypen op basis van boringen, gemeten grondwaterstanden en kenmerkende plantsoorten.

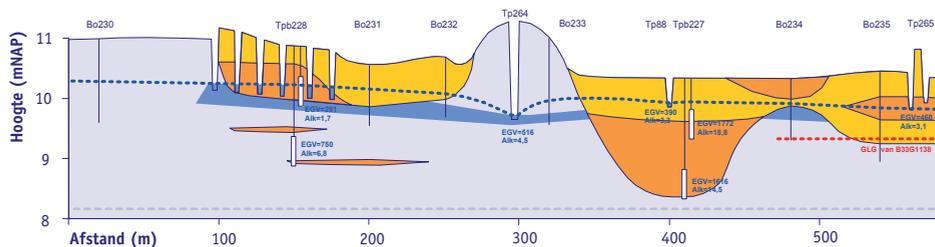
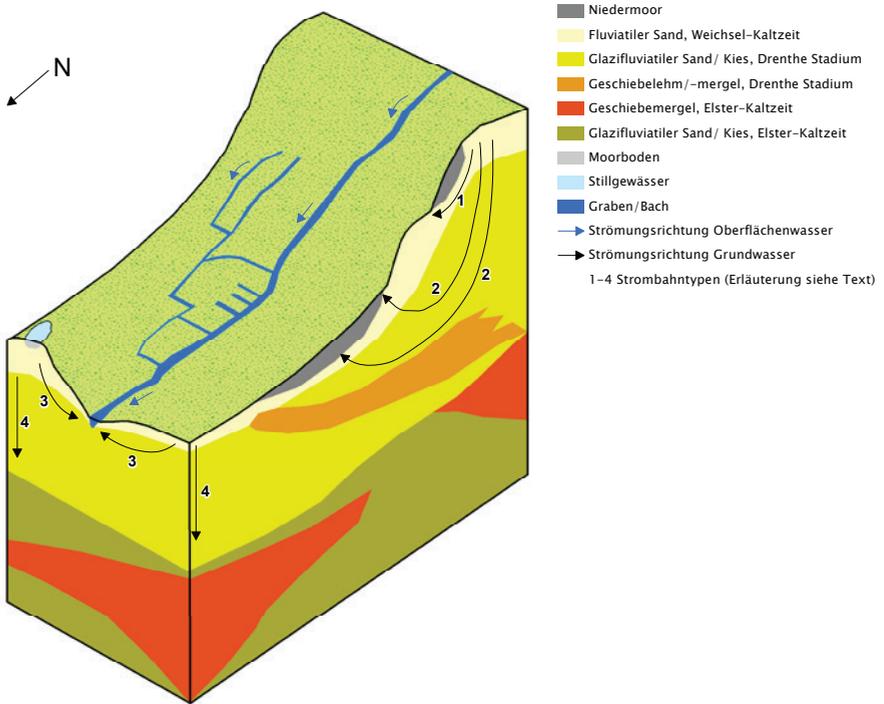


FIG 57 VOORBEELD 4: NATUURONTWIKKELINGSGEBIED GRASGEHEGE

De relatie tussen geologische opbouw, grondwaterstroming, voorkomen van veenbodems drainagesetel in het Duitse natuurontwikkelingsgebied Grasgehege (Bron: Jansen et al., 2015).



VOORBEELD GRASGEHEGE: TOELICHTING

Het gebied Grasgehege ligt op de noordhelling van een stuwwal. Noordelijk ligt de Elbe met zijn stroomdal. Het gebied helt dientengevolge van het zuiden naar het noorden. De stromingsrichting van het bovenlokale grondwater is overeenkomstig met die van het regionale hoogteverloop. Aan de west- en oostzijde van het Grasgehege liggen hogere zandruggen, die met steile hellingen grenzen aan het laaggelegen dal. De hoogteovergangen in het noorden en zuiden zijn meer geleidelijk en zonder hoogten die de oppervlakkige afvoer van water over maaiveld belemmeren. Het Grasgehege was oorspronkelijk dan ook een tamelijk diepe slenk met een oppervlakkige, maar geleidelijke waterafvoer. Hierdoor kon zich uiteindelijk een hellingveen ontwikkelen.

Om hooi te kunnen oogsten, werd dit hellingveen licht ontwaterd door het graven van een sloot. De afvoer van water werd zo geconcentreerd en de voor veenvorming gunstige omstandigheden verdwenen. De grondwaterstanden daalden en er ontstonden natte hooilanden (dotterbloemhooilanden en zure kleine-zeggenmoerassen). Daar heeft het gebied zijn naam aan te danken: een omheinde ruimte (Gehege) waar hooi kon worden gewonnen (Gras).

In de moderne tijd is het gebied verder en dieper ontwaterd. Het bovenstroomse deel van de oorspronkelijke “beek” werd gedempt en er werd een nieuwe, diepere bovenloop gegraven; ook het stroomafwaartse deel werd verbreed en verdiept. Aan de andere zijde van het dal werd een tweede diepe watergang gegraven. Tussen beide watergangen werden dwarsloten aangelegd.

Deze watergangen draineren het grondwater dat onder hoge druk staat en vanwege het tamelijk grote verhang snel wordt afgevoerd. De bodem bestaat uit verschillende zanden met plaatselijk of eerdgronden, de laatste restanten van de oorspronkelijke hellingvenen, of lemig materiaal dat als een dunne laag op of nabij maaiveld ligt. In de diepere ondergrond bevinden zich slecht doorlatende lagen van keileem (Saale-ijstijd; Drenthe-Stadium). Gaande van zuid naar noord komt deze laag steeds ondieper te liggen en wordt het bovenliggende watervoerende pakket dunner.

Het water in dit pakket wordt aldus gedwongen het watervoerende pakket te verlaten en treedt via kwel in de watergangen. Het inzigggebied ligt in het zuiden, op betrekkelijk korte afstand, waarschijnlijk op minder dan 3 kilometer. Dat betekent dat sprake is van een tamelijk klein grondwatersysteem dat zorgt voor ijzerrijke kwel in het Grasgehege. Droge en natte jaren werken daarom snel en in sterke mate in op het verloop van de grondwaterstanden. Desondanks zijn in dit beekdal de hoofdwatervangsten en diepe sloten vrijwel het gehele jaar watervoerend, maar in het noordelijke deel vallen de hoofdwatervangsten jaarlijks enkele maanden droog. In het natte jaargetijde is vrijwel het gehele gebied een kwelgebied en treedt er in en nabij maaiveld grondwater uit. Alleen in het noordelijk deel treedt het gehele jaar inzijging op. In het centrum van het gebied is het grondwater matig basenrijk, maar zeer ijzerrijk. De volgende vier grondwaterstromen kunnen worden onderscheiden:

- 1 In het zuiden wordt het gebied gedomineerd door relatief basen- en ijzerarm water. Het in de nabijheid van het Grasgehege geïnfiltreerde water doorstroomt alleen de

bovenste bodemlagen die uit kalkloze, basenarme rivierzanden bestaan, afgezet tijdens de Weichsel-ijstijd. De verblijftijd van dit grondwater is relatief kort. Het (uittredende) grondwater is matig zuur en niet tot zeer zwak gebufferd. Onder deze omstandigheden komen op plaatsen waar dit grondwater langdurig in de wortelzone verblijft berkenbroekbossen met veenmossen voor.

- 2 De tweede grondwaterstroom is op wat grotere diepte actief en is basen- en ijzerrijker dan het eerste type. Ze treedt vooral in het centrum van het gebied op de voorgrond en plaatselijk in het noordwesten. Het gaat om water dat verder zuidelijk van het Grasgehege inziigt en dat door de diepere ondergrond van fluvioglaciale afzettingen uit de Saale-ijstijd (Drenthe-Stadium) stroomt. Dit water heeft tijdens zijn tocht door de ondergrond meer basen, maar vooral veel ijzer kunnen oplossen en meenemen en treedt uit als matig basenrijk, maar zeer ijzerrijk grondwater; tegenwoordig vooral in de watergangen, maar vroeger ook in de nabijheid van het maaiveld. Daarbij zijn dikke lagen moerasijzererts ontstaan. Onder permanent natte, gereduceerde omstandigheden heeft dit water een pH van 6,5, waardoor in het centrum en noordwesten plantensoorten- en gemeenschappen van 'basenrijke' omstandigheden aanwezig zijn, zoals elzenbroekbossen en verschillende typen dotterbloemhooilanden.
- 3 Het derde type grondwaterstroom is beperkt tot de hoge ruggen aan de oost- en westzijde van het gebied. Hier ingezegen regenwater stroomt naar het laagste punt, dit zijn nu de beide hoofdwatgangen. In het verleden stroomde het naar de knik in de helling tussen rug en slenk. De chemische samenstelling van dit grondwater lijkt sterk op die van regenwater (zuur en ongebufferd).
- 4 Tenslotte komt geheel in het noorden nog een vierde type grondwaterstroom voor. Hier treedt geen water uit, maar vindt het gehele jaar inzigging van regenwater plaats. Hoewel in de winter natte omstandigheden heersen, zakken de grondwaterstanden in de zomer behoorlijk diep weg. Het grondwater is basen- en ijzerarm en heeft vanwege zijn korte verblijftijd in basenarme zanden een grote gelijkenis met regenwater.

Bron: Jansen, A.J.M., R. Versluijs, G.A. van Duinen, J. Bouwman & E. Remke (2015). Ökohydrologische Systemanalyse 'Grasgehege', Sellhorn (D). Rapport. Stichting Bargerveen /Unie van Bosgroepen. Nijmegen/Ede.

Nuances lokaal schaalniveau

De analyse op lokaal schaalniveau kan op exact dezelfde wijze worden uitgevoerd als op het bovenlokale schaalniveau. Het verschil zit hem in het detailniveau. Een doorsnede of blokdiagram op lokaalniveau is alleen mogelijk wanneer de juiste detailinformatie ook daadwerkelijk aanwezig is. Denk daarbij aan de volgende gegevens:

- ligging en functioneren detailontwatering (greppels, drainage, (tertiaire) watergangen);
- variatie in bodemopbouw, zoals begrenzing van keilemlagen;
- lokale verschillen tussen kwel en infiltratie;
- enige gegevens over de chemische samenstelling van grond- en oppervlaktewater.



Informatie

Informatie over gradiënten en typologieën biedt een handig hulpmiddel bij de synthese. In diverse stukken zijn eerder de belangrijkste ecohydrologische processen binnen Nederlandse beekdalen beschreven. In deze informatie is ook vaak een blokdiagram of dwarsprofiel getekend. Voorbeelden zijn:

Hoofdstuk 4 van deel III 'Landschapsecologische inbedding van de herstelstrategieën' door Grootjans et al, <http://pas.natura2000.nl> → Documenten → Herstelstrategieën.

In dit stuk, geschreven ten behoeve van ecohydrologische herstelstrategieën voor beekdalen, is uiteengezet welke beekdaltypen onderscheiden kunnen worden, kijkend naar enkele hydrologische gradiënten. Per gradiënt is vervolgens uiteengezet hoe een dergelijk beekdal functioneert en aan welke knoppen gedraaid kunnen worden voor herstel. Er worden zes gradiënttypen onderscheiden:

- beekdalen met lokale kwel in de bovenloop;
- beekdalen met regionale kwel in de middenloop;
- overstroomde beekdalen van de benedenloop;
- reliëfrijke beekdalen van de hogere zandgronden met basenarm hellingveen;
- reliëfrijke beekdalen van de hogere zandgronden (stuwwallen, terras- en dalranden);
- reliëfrijke beekdalen van het heuvelland.

Preadvies Beekdallandschappen. Knelpunten, kennislacunes en kennisvragen voor natuurherstel in beekdalen. C.J.S. Aggenbach, D. Groenendijk, R.H. Kemmers, H.H. van Kleef, A.J.P. Smolders, W.C.E.P. Verberk, P.F.M. Verdonchot. 2009 Directie Kennis, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. Rapport DK nr. 2009/dk107-O. <http://edepot.wur.nl/143983>.

Aggenbach et al. (2009) hebben bij hun typologie primair onderscheid gemaakt naar de geohydrologische positie (m.n. kwel) en de helling van het beekdal. Op basis van dat uitgangspunt is men tot zes typen gekomen:

- natte infiltratiegebieden met lokale kwel;
- afvoerloze laagte;
- weinig hellende beekdalen met kwel;
- weinig hellende, vlakke beekdalen met sterke (voormalige) slibafzetting;
- sterk hellend, hoge beekdalen met lokale kwel;
- sterk hellend, lage beekdalen met kwel.

Vervolgens zijn deze typen uitgewerkt in een overzichtelijke tabel (zie [bijlage 1](#), hoofdstuk 6.3 uit het Preadvies). In deze tabel zijn per type nog vier variabelen uitgewerkt:

- toevoer water;
- basenrijkdom/bodem;
- naam hydroecologische beekdaltype;
- kenmerken bronnen en beken: permanentie, stroomsnelheid, morfologie, basenrijkdom.

De zo ontstane typologieën zijn vervolgens weer uitgewerkt voor hydro-ecologische en aquatisch-ecologische typen voor beekdalen (zie tabel 3.2 uit het Preadvies).

In het Preadvies zijn tevens richtinggevende kennisvragen opgenomen die sturing kunnen geven aan nader onderzoek en/of te nemen maatregelen.

5.14.3 Waterbalans



Kern

Waar in het blokschema met name de hydrologische interacties ruimtelijk zijn geduid, worden deze in de waterbalans al dan niet globaal gekwantificeerd. Dit

geeft meer inzicht in de verhoudingen van de verschillende hydrologische componenten of waterfluxen. Daarmee kunnen ook de verschillende modellen worden gevalideerd. In het geval van bijvoorbeeld een trilveen helpt een waterbalans om te bepalen of voldoende kwelflux aanwezig is.

Een goede waterbalans maken voor een hellend gebied/beekdal is lastig, aangezien de grondwatercomponent een belangrijk onderdeel is en daarvan vaak weinig harde data aanwezig is. Een waterbalans is vooral handig om verhouding tussen verschillende posten inzichtelijk te maken, met name als er naast kwel en infiltratie ook andere posten zijn zoals onttrekkingen of waterinlaat.



Vragen

- Zijn de verschillende hydrologische deelstromen voldoende in beeld gebracht? Is er enig inzicht in de omvang van de verschillende deelstromen?
- Welke aandeel hebben kwel, infiltratie en verdamping in het gebied?
- Laat een waterbalans nog grote restposten zien? Zo ja, welke waterstromen zijn dan nog onvoldoende in beeld?
- Wat zijn de belangrijkste hydrologische knelpunten die zorgen voor een niet optimale kwaliteit?
- Hoe relevant zijn de antropogene invloeden, zoals (grond)wateronttrekkingen en inlaten, in het licht van de totale waterbalans?
- Aan welke 'knoppen' kunt u het beste draaien voor hydrologisch herstel?



Aanpak

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none"> • Geef kwalitatief aan wat de verhoudingen zijn tussen de verschillende waterstromen in het beekdal. Gebruik daarvoor figuur 58 op de volgende pagina. 	<ul style="list-style-type: none"> • Maak gebruik van de verzamelde basisinformatie van de deelonderzoeken uit dit hoofdstuk.

FIG 58 WERKVOLGORDE OPSTELLEN WATERFLUXEN

Van grof naar fijn, wat door de driehoek symbolisch wordt weergegeven. De + en - geven het type post van de waterbalans weer (Bron: Arcadis).

	Posten	Bron
+	Neerslag	KNMI/ remote sensing
+	Aanvoer oppervlakte water	Meetgegevens/ cultuurtechnisch vademecum
-	Verdamping	KNMI/ remote sensing
-	Afvoer oppervlakte water	Meetgegevens/ cultuurtechnisch vademecum
-	Wegzijing ondergrond	Regionaal Aa en Maas model
+	Kwel	Regionaal Aa en Maas model
+	Laterale aanvoer	Regionaal Aa en Maas model
-	Laterale afvoer	Regionaal Aa en Maas model

Modellen maken het steeds makkelijker om snel een waterbalans op te zetten. Om diezelfde balans te kunnen analyseren, is systeeminzicht nodig en daarmee inzicht in het opstellen en tot stand komen van een waterbalans. Omgekeerd geldt het ook: het opstellen van een waterbalans biedt veel systeeminzicht en kan zo bijdragen aan het achterhalen van modelfouten. Een voorbeeld van een schema is weergegeven in [figuur 59](#). Een voorbeeld van het resultaat van een waterbalans staat in [figuur 60](#).

- NB. In grondwatermodellen wordt voornamelijk op de waterbodemweerstand of de Kd-waarde van het freatisch pakket gekalibreerd. In principe zou naast een controle van de grondwaterstanden ook een controle moeten plaatsvinden tussen de uiteindelijke berekende en gemeten afvoer in het betreffende gebied. Wanneer deze afvoeren overeenkomen, is het mogelijk om de waterbalans uit het grondwatermodel te gebruiken.

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none"> • Geef kwalitatief aan wat de verhoudingen zijn tussen de verschillende waterstromen in het beekdal. • Scan gegevens Inzicht in: <ul style="list-style-type: none"> - beschikbaarheid van informatie; - detailniveau data; - hoeveelheid data; - beschikbaarheid van (meet)reeksen. • Bepalen logische grenzen Bijvoorbeeld aan de hand van: <ul style="list-style-type: none"> - waterscheidingen; - grote waterlopen; - ligging intrekgebieden van grondwaterwinningen (bijvoorbeeld de 25-jaarszone); - scheidende laag of geohydrologische basis in ondergrond. • Vaststellen waarvoor u een waterbalans opstelt: <ul style="list-style-type: none"> - jaargemiddelde situatie; - droge situatie; - natte situatie (alleen aan- en afvoer en neerslag). • Bepalen sluitpost balans 	<ul style="list-style-type: none"> • Aan- en afvoer via oppervlaktewatersysteem . • Omvang kwel en wegzijging. • Omvang drainage / infiltratie oppervlaktewater.

FIG 59 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DE (NIET GEKWANTIFICEERDE) WATERBALANS
 (Bron: Arcadis).

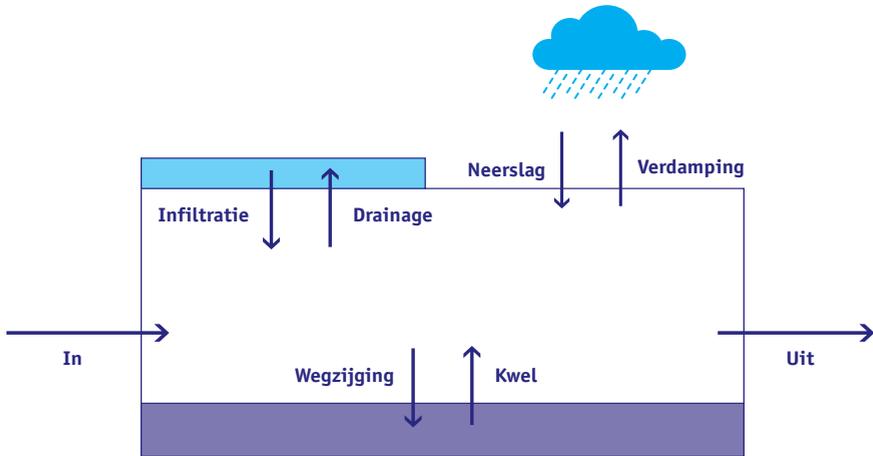
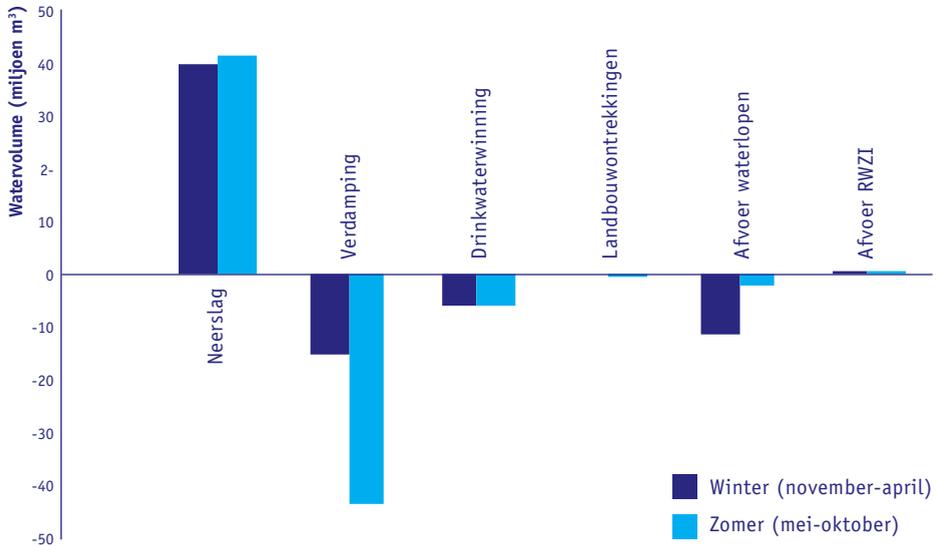


FIG 60 VOORBEELD WATERBALANS

Voorbeeld van een gekwantificeerde waterbalans voor het stroomgebied van de Oude Leij in 2015 (Bron: Waterschap Brabantse Delta).



Nuance lokaal schaalniveau

Van de waterbalans is op lokaal schaalniveau geen nadere uitwerking nodig. Uitzondering hierop vormen de hydrologisch geïsoleerde gebieden; hier kan een waterbalans wel extra inzicht geven. Afhankelijk van het bovenliggend doel wordt wel ingezoomd op onderdelen uit de waterbalans. Bij verdroogde natuur is kwel bijvoorbeeld erg belangrijk (stijghoogte, kwel in maaiveld, afvoer van neerslag). En bij beekherstel en waterberging geldt dat voor de afvoerdynamiek. Deze elementen zijn voor het benodigde detailniveau bij de betreffende hoofdstukken beschreven.

Waterbalans hydrologisch geïsoleerde systemen

Voor het opstellen van de waterbalans voor hydrologisch geïsoleerde gebieden zijn periodieke afvoermetingen nodig, aangevuld met continu registratie van aan- en afvoer uit het objectgebied.

Neerslag en verdamping spelen een grote rol in de waterbalans en worden bij voorkeur lokaal en op dagbasis gemeten en berekend. Eventueel kan hiervoor worden teruggefallen op neerslaggegevens van het KNMI. De evapotranspiratie kan met een landgebruikskartering worden bepaald, gerelateerd aan de gewasfactor.

Met behulp van eenvoudige modellering, zoals in Excel, van de dynamiek van de gebiedswaterbalans kan vervolgens de waterretentie worden bepaald. Ook kunnen de mogelijkheden voor eco-hydrologische herstel- en verbetermaatregelen worden onderzocht, waaronder maatregelen in aangrenzende gebieden (bijvoorbeeld transpiratiereductie door omvorming van naaldbos naar loofbos of heide), dempen van watergangen en de inlaat met gebiedsvreemd oppervlaktewater stoppen.

5.14.4 Evaluatie



Kern

Als de globale analyse min of meer compleet is, is het zaak om de afweging te maken of een nadere detaillering nodig is. Een nadere detaillering kan gewenst zijn op regionaal of lokaal niveau als het inzicht in de variabelen nog onvoldoende is om de oorspronkelijke (beleids)vragen te beantwoorden. Aldus ontstaat een iteratief proces (zie [figuur 9](#) in paragraaf 5.2) dat pas eindigt als alle vragen naar tevredenheid beantwoord kunnen worden. De volgende vragen kunnen daarbij helpen.



Vragen

- Hebt u inmiddels een goed inzicht gekregen in de hydrologie van het gebied?
- Kunt u aan uzelf en anderen uitleggen hoe het gebied (geo)hydrologisch functioneert?
- Weet u wat de dominante hydrologische processen zijn?
- Kent u de positionele en conditionele relaties van het te onderzoeken object voldoende om uw (beleids)vraag te beantwoorden?
- Weet u zeker dat u de knelpunten juist hebt geanalyseerd?
- Weet u zeker dat u niet vanwege verkeerde vooronderstellingen de verkeerde maatregelen voorstelt?
- Hoe betrouwbaar acht u uw kennis over het functioneren van (de hydrologie van) het gebied in relatie tot de (beleids)vraag die u is gesteld?
- Heeft u een beeld of de beleidsopgave overeenkomt met de resultaten van de systeemanalyse? Zo niet, neem contact op met de betreffende beleidsmaker.
- Heeft u een goed beeld van mogelijke ‘geen-spijt-maatregelen’?
- Wat zijn globaal de kansen en beperkingen voor beekherstel en inundatie?
- Wat zijn globaal de kansen en beperkingen voor de herstelbaarheid van de voor habitat herstel noodzakelijke hydrologische processen?
- Welk vervolgonderzoek is noodzakelijk en welke eisen moeten daaraan worden gesteld?

H6 BEEKHERSTEL



In hoofdstuk 5 is omschreven welke aspecten doorlopen moeten worden voor een systeem-analyse op stroomgebiedsniveau en standplaatsniveau. Sommige verdiepende aspecten zijn daarbij niet uitgewerkt, omdat deze alleen van toepassing zijn voor één specifiek vraagstuk.

In dit hoofdstuk zijn die aspecten van de hydrologische systeemanalyse uitgewerkt die specifiek vereist zijn voor beekherstel. Naast de systeemanalyse komen ook herstelstrategieën en mogelijke maatregelen aan de orde.

6.1 AANVULLEND ONDERZOEK EN NADERE VRAGEN

6.1.1 Hoogteverschillen en verhang



Kern

Het vastleggen van (kleine) hoogteverschillen in het maaiveld en het verhang is relevant voor het vaststellen van het (vroegere) karakter van de beek.



Vragen

- Wat is het beekdalverhang ter hoogte van het projectgebied beektraject?
- Zitten er knikpunten in het maaiveldverhang?
- Wat is de meanderpotentie?



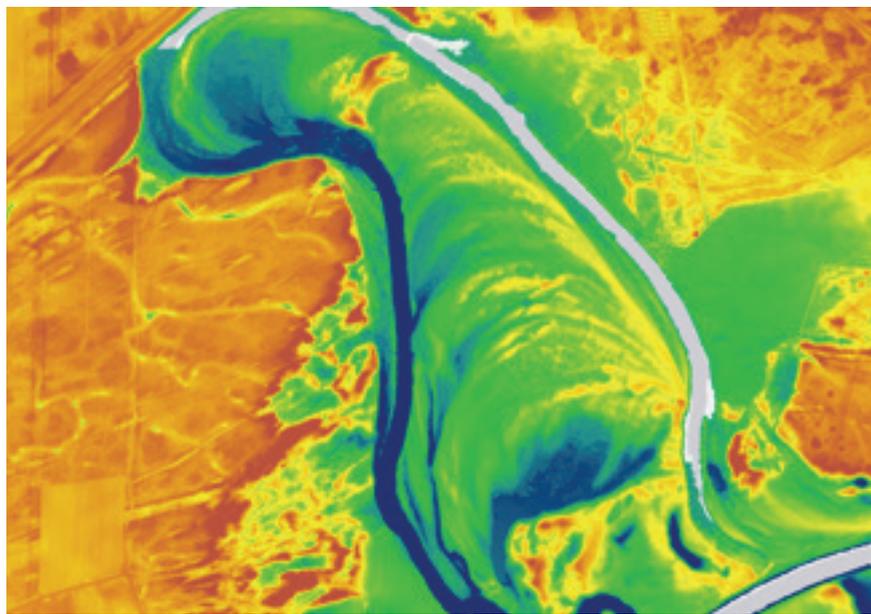
Aanpak

Door op groot detailniveau naar de maaiveldhoogte kijken, zoals ook beschreven in paragraaf 5.5.2, en nog verder in te zoomen op het maaiveld direct langs de beek, volgt nog meer detail ([figuur 61](#)). Daarnaast is het voor het bepalen van de beekarakteristiek relevant om het dalverhang te bepalen ([figuur 62](#)).

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none"> • Op groot detailniveau inzoomen op de hoogtekaart. • Op basis van de AHN2 of AHN3 maaiveldhoogte langs de beekloop prikken en als functie van de lengte uitzetten. 	<ul style="list-style-type: none"> • Lokale hoogteverschillen die mogelijk van invloed zijn op de hydrologie van het gebied.
<ul style="list-style-type: none"> • Meanderpotentie berekenen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Zie het Handboek geomorfologisch beekherstel (Makaske en Maas, 2015).

FIG 61 VOORBEELD VAN INFORMATIE UIT EEN NADERE ANALYSE VAN DE HOOGTEKAART

Kronkelwaard in het Junner-Koeland, Overijsselse Vecht (Bron: www.ahn.nl).



Op basis van het dalverhang kan voor elk traject de meanderpotentie bepaald worden. Deze geeft aan welke potentiële energie de beek heeft en welke beekarakter daar bij past. Zo wordt antwoord op de vraag gekregen of de beek meandert of dat een doorstroommoeras beter aansluit. Zie daarvoor de stappen uit het Handboek geomorfologisch beekherstel (Makaske en Maas, 2015).

i Informatie

Makaske, B. en G. Maas (2015). Handboek geomorfologisch beekherstel. Feuilleton Beekherstel. STOWA rapport 2015-02. ISBN 978.90.5773.661.2.

6.1.2 Het oppervlaktewatersysteem

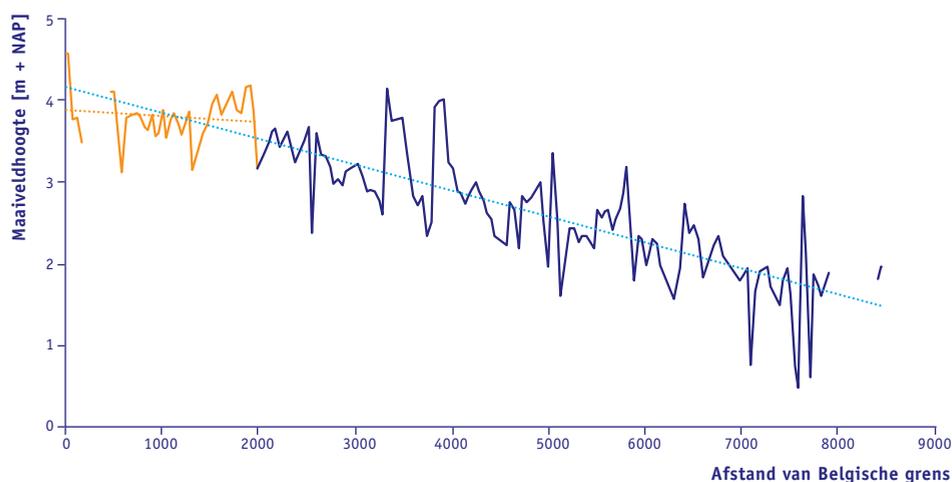
> Kern

In de systeemanalyse is het oppervlaktewatersysteem op grof niveau behandeld. Bij een opgave voor beekherstel zijn, zowel vanuit hydrologische als ecologische doelen, meer gegevens gewenst. Het gaat van grof naar fijn dan om de thema's:

- afvoerdynamiek (ESF-r1 en -r9);
- profielen (ESF-r6);
- waterbodemverhang;
- stroomsnelheid;
- sedimentsamenstelling en -hoeveelheid.

FIG 62 VOORBEELD DALVERHANG VAN DE BOVENMARK

(Bron: Watersysteemanalyse Markdal, Arcadis 2017).



6.1.2.1 Afvoerdynamiek: stagnant water (ESF-r1 en -r9)



Kern

De kwantitatieve analyse van de afvoerdynamiek is in voldoende detailniveau in hoofdstuk 5 beschreven. Bepalen hoe de mate van verstuwung van de beek sturing geeft aan de afvoerdynamiek. Met name in zomerse situaties. Daarbij gaat het om twee factoren: stagnatie (afvoerloosheid) en droogval.



Vragen

- Is er sprake van stagnatie (afvoerloze periodes) en zo ja, hoe vaak (jaarlijks) en hoe lang (dagen, weken, maanden)?
- Komt droogval voor? Is dit natuurlijk voorkomen in dit (deel van het) systeem? Past dit bij je referentie of doel?



Aanpak

Analyseren van kaarten en meetdata of in gesprek gaan met gebiedskenners om na te gaan of en zo ja, waar afvoerlose periodes en/of droogval plaatsvindt.

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none"> • Meetdata uitzetten: <ul style="list-style-type: none"> • peil als functie van de tijd; • periode van opgetrokken stuwklep. • Gebiedskenners spreken. • Raadplegen van GT-kaarten om: <ul style="list-style-type: none"> • infiltratiegebieden te herleiden; • bij kleinere beken de kans op periodieke droogval te schatten. 	<ul style="list-style-type: none"> • Kaarten van droogvallende watergangen. • Gegevens afvoerdynamiek. • GT kaarten.

6.1.2.2 Waterbodenvrhang



Kern

Het vastleggen van (kleine) hoogteverschillen in bodemverloop is relevant voor het vaststellen van afwisselingen in het lokale karakter van de beek.



Vragen

- Hoe diep ligt de beekbodem (drainageniveau)?
- Hoe diep lag de beekbodem voor de eventuele kanalisatie?
- Verloopt de bodemhoogte geleidelijk, of zijn er duidelijke sprongen?
- Hoe verhouden bodemhoogte en maaiveldhoogte zich? Lopen deze parallel, of is er sprake van ondiepe en diepliggende trajecten?
- In hoeverre ligt dit verloop vast door kunstwerken zoals duikers, drempels, bruggen e.d.?



Aanpak

Op groot detailniveau naar de bodemhoogte kijken, door in te zoomen op het plangebied en vervolgens de bodemhoogte als functie van de lengte van de beekloop uit te zetten. Dit kan via gegevens uit de legger of het beheerregister, maar als er een SOBEK-model is, kan dit lengteprofiel daar eenvoudig uit gegenereerd worden.

Door ook de historische bodemhoogte te herleiden kan de verandering in drainageniveau vastgelegd worden. Dit is belangrijke informatie voor het latere beekontwerp.

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none"> In Excel de bodemhoogte uitzetten als functie van de afstand (van de beekloop). Kan eenvoudig in een oppervlaktewatermodel als SOBEK. Uit oude herverkaveling en 	<ul style="list-style-type: none"> Bodemhoogte uit profielen uit legger of beheerregister. Historische bodemhoogte van voor
<ul style="list-style-type: none"> kanalisatiekaarten de historische bodemhoogte (= drainageniveau) herleiden. 	<ul style="list-style-type: none"> kanalisatie.

6.1.2.3 Stroomsnelheid



Kern

Stroomsnelheid wordt in veel streefbeelden gebruikt als primair sturende parameter voor de soortenrijkdom. Ook is het een belangrijke schakel voor de beekarakteristiek, sedimenttransport en de meanderpotentie.

In praktijk is stroomsnelheid een gevolg van factoren als verhang, afvoer, profiel (incl. begroeiing). Stroomsnelheid is daarmee een verbindende, veelzeggende factor tussen hydrologen en ecologen.

Stroomsnelheden zijn goed om te weten voor de volgende afvoersituaties:

- bij een zomerse afvoer, vanwege de minimale stroomsnelheden die stroomminnende soorten eisen;
- bij een bankfull discharge (in herstelde situatie). De situatie waarin het systeem de meeste energie heeft;
- bij een 2Q afvoer (in huidige situatie). In het Cultuurtechnisch Vademecum geldt 2Q als ontwerpnorm voor cultuurtechnisch ingerichte beken en andere waterlopen. In dergelijke ecologisch beschouwde overgedimensioneerde systemen kunnen hoge stroomsnelheden ontstaan die tot de uitspoeling van macrofauna kunnen leiden (P. Verdonschot et al., 2010). Daarom is het ook wenselijk om de stroomsnelheid bij grotere afvoeren te weten.

In situaties waarbij inundatie optreedt, kan de variatie in stroomsnelheid binnen het profiel zeer groot zijn. Het heeft dan weinig zin om afvoeren te berekenen.



Vragen

- Wat is de stroomsnelheid bij de jaarlijkse afvoer, gemiddelde afvoer en bij een lage zomerafvoer (in meter per seconde)? Hoe groot is de spreiding? Hoe verhoudt zich dat tot de ecologische streefwaarden?
- Welke (maximale) stroomsnelheden treden op bij piekafvoeren?
- Hoe groot is de variatie in de stroomsnelheid in de beek gedurende één situatie?
- In hoeverre worden de stroomsnelheden beïnvloed door de aanwezige kunstwerken en kan hierin geoptimaliseerd worden?
- Valt het systeem (jaarlijks) droog in droge perioden? Wat is de minimale waterdiepte?
- In hoeverre hebben veranderingen in het klimaat invloed op het systeem en kan hier reeds op geanticipeerd worden?



Aanpak

Met behulp van afvoergegevens en dwarsprofielen kan eenvoudig de stroomsnelheid verkregen worden. Om inzicht te krijgen in de variatie in stroomsnelheid over een traject en bij bepaalde afvoeren, kan een oppervlaktewatermodel als SOBEM of Duflow van meerwaarde zijn. Dit levert sprekende figuren op, zoals [figuur 63](#). Deze gegevens kunnen vervolgens getoetst worden aan streefwaarden uit de literatuur, zoals de KRW-maatlatten en het Handboek Beken en Kreken.

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none">• Genereren van de gemiddelde stroomsnelheid als functie van de lengte (van de beekloop) voor vier afvoeren:<ul style="list-style-type: none">• $p1/4Q$• $p1/100Q$• pQ (of $T=1$)• $p2Q$	<ul style="list-style-type: none">• Handmatige berekening: dwarsprofiel en afvoerdebiet. <p>Of</p> <ul style="list-style-type: none">• via een oppervlaktewatermodel zoals Sobek of Duflow.

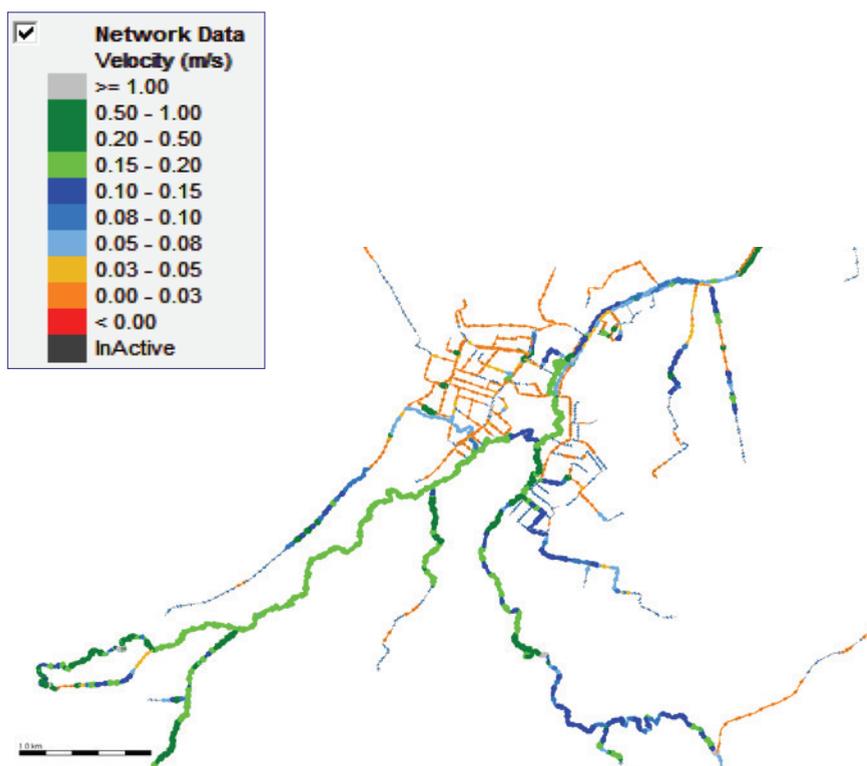


NB. SOBEK berekent een gemiddelde stroomsnelheid over het profiel. Het model houdt geen rekening met praktijkverschillen door aanwezig vegetatie, anders dan via de opgelegde ruwheid of randweerstand. Om deze lokale, ruimtelijke variatie te kennen, is een veldbezoek nodig.

Met behulp van het model kunnen de stroomsnelheden bij verschillende afvoeren en op verschillende locaties worden berekend. Het resultaat kan worden weergegeven op kaart (zie figuur 63). De meest relevante gebeurtenissen waarvoor de stroomsnelheid relevant is, zijn de 1/4Q (winter), 1/100Q (zomer) en Q (maatgevende afvoer) of T=1.

FIG 63 VOORBEELD UITSNEDE SOBEK MODEL ESSCHE STROOM VOOR DE TOEKOMSTIGE SITUATIE

Weergegeven is de berekende stroomsnelheid in een gemiddelde zomersituatie (6% MA) (Bron: Arcadis, Waterschap De Dommel).



Voor het ontwerp van een meanderende beek is de T2 relevant die min of meer gelijk is aan de situatie met een gewenste bankfull discharge. De bankfull discharge is de afvoer waarbij de beek (het bakje, niet het beekdal) volledig gevuld is. In die specifieke situatie is er de meeste energie aanwezig en dus de meeste morfologische processen verwacht mogen worden. Zie verder het Handboek geomorfologisch beekherstel.

Wanneer dynamisch gerekend is, kan ook de stroomsnelheid worden weergegeven als functie van de tijd of als frequentieverdeling.

Waar een 1D-model de gemiddelde stroomsnelheid weergeeft voor het gehele profiel, varieert deze in werkelijkheid. Bovendien is de berekende stroomsnelheid in een 1D-model sterk afhankelijk van de gekozen weerstand. Als deze weerstand hoog is (bijvoorbeeld $K_s = 10 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$), dan zal de gemiddelde berekende stroomsnelheid een stuk lager liggen dan bij een lage weerstand (bijvoorbeeld $K_s = 25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$). Via een veldbezoek kan een beeld verkregen worden van de ruimtelijke spreiding in de stroomsnelheid binnen het dwarsprofiel. In praktijk is vaak sprake van een stroomdraad, waar wel voldoende stroomsnelheid aanwezig is. In de modelsituatie moet de hoge weerstand wel opgenomen zijn, omdat deze de opstuwing over het traject bepaalt.

Alternatieven

Wanneer een model niet voorhanden is, kan ook handmatig informatie verzameld worden via onderstaande methodes. De toegevoegde waarde hiervan is dat een goed beeld verkregen wordt van de ruimtelijke spreiding in stroomsnelheid. Meerdere metingen verspreid over het profiel zijn dus noodzakelijk. Geschikte methodes zijn:

- Ott-molen; fysieke meetmethode met behulp van een door water aangedreven propeller;
- Emf-meting (electro magnetic flowmeter), met als meerwaarde de meting van de stroomsnelheid in meerdere richtingen;
- ADCP meting met 'meetbootje' met als meerwaarde ook inzicht in profiel en debiet;
- 'sinaasappelschil & stopwatch'. De sinaasappelschil drijft en volgt voornamelijk de stroomdraad en geeft daardoor geen goed beeld van de ruimtelijke spreiding, wat met bovenstaande technieken wel mogelijk is.

➤ NB. Deze metingen betreffen momentopnames, waar informatie over variatie in de tijd ook gewenst is, vooral vanwege de invloed van vegetatie en het eventuele maai-beheer. Voor deze situaties is een meetprogramma nodig, specifiek voor (deel)gebieden zonder afvoerdata.

📄 Informatie

Buskens, R.F.M. en A.J. de Wilde (2002). Streefbeken voor Beken en Kregen in Noord-Brabant. Royal Haskoning. ISBN 9090158596.

Verdonschot, P.F.M. (2000). Handboek Natuurdoeltypen, aquatisch supplement beken. Alle delen.

Verdonschot, P.F.M.; Siedlecka, A.M.; Lototskaya, A.A. (2010). Het effect van piekafvoeren op de levensgemeenschap in beekbovenlopen II Resultaten van twee veldexperimenten in een half-natuurlijke beek. Alterra rapport 2002.

KRW Maatlatten: http://krw.stowa.nl/Projecten/KRW_maatlatten.aspx.

6.1.2.4 Samenstelling sediment

➤ Kern

De samenstelling van het sediment geeft veel informatie over de plek van het beektraject binnen het beekdal. Organisch materiaal en grof zand duiden op een bovenstroom en slib en fijn zand op een benedenloop. De reden hiervoor is tweeledig: a) omdat er bovenstrooms nog geen fijn materiaal voorhanden is. Er zit immers nog geen slib in het systeem. En b) dat fijner materiaal door de stroming sneller opgepakt wordt dan grof materiaal.

Inzicht in de korrelgrootteverdeling is tevens relevant voor het achterhalen van het morfologische geultype en de te verwachten morfodynamiek (Eekhout en Hoi-tink, 2014; Makaske en Maas, 2015).

➤ NB. De aanwezigheid van stuwen en zandvangen vertroebelen de natuurlijke verdeling van de korrelgrootte, zo blijkt ook uit de volgende figuur.

Op het schaalniveau van een beek ontstaan er verschillen in korrelgrootte van bovenstrooms (fijner zand) naar benedenstrooms (grover zand). Daarnaast wordt de korrelgrootte beïnvloedt door bijvoorbeeld de aanwezigheid van zandvangen en stuwen. In [figuur 64](#) is de mediane korrelgrootte (D50) van het beddingmateriaal in drie beken weergegeven: de Bovenmark, de Chaamse Beek en de Strijbeeksebeek. In de Chaamse Beek en Strijbeeksebeek neemt de korrelgrootte toe

in stroomafwaartse richting, wat van nature verwacht mag worden. De oorzaak is de toename van het debiet en de stroomsnelheid en daarmee de toename in het sedimenttransporterend vermogen van de beek. Doordat in de benedenloop de stroomsnelheid hoger ligt, wordt het fijnere beddingmateriaal sneller afgevoerd en blijft het grovere materiaal achter.

FIG 64 KORRELGROOTTEVERDELING

Mediane korrelgrootte in de Bovenmark (in het westen) en twee zijbeken van Waterschap Brabantse Delta. De pijltjes duiden de stroomrichting (Bron: Waterschap Brabantse Delta).



De Bovenmark is echter een gestuwde beek, waar bovendien stroomopwaarts van de korrelgrootte meetpunten een zandvang aanwezig is. In de zandvang bezinkt het grovere sediment, waardoor het beddingmateriaal benedenstrooms van de zandvang uit fijner materiaal zal bestaan. Daarnaast ligt de stroomsnelheid in de gekanaliseerde en verstuwde Bovenmark lager dan in de vrij afwaterende zijbe-

ken, waardoor het fijnere beddingmateriaal in de Bovenmark minder snel wordt afgevoerd dan in de zijbeken.



Vragen

- Welke samenstelling heeft het beddingmateriaal?
- Welk morfologisch stabiel geultype kan hier voorkomen?



Aanpak

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none"> • Enkele zeefkrommes (laten) opstellen van het sedimentmateriaal, verspreid over het te herstellen beektraject 	<ul style="list-style-type: none"> • Fracties van voorkomende korrelgroottes.



NB. huidige beekmateriaal zegt niets over toekomstig materiaal, met name in overgedimensioneerde genormaliseerde trajecten, daar ligt vaak slib. In dit geval is het zinvoller om op het nieuwe traject bodemonsters te nemen.



Informatie

Eekhout, J. en T. Hoitink (2014). Morfodynamiek van Nederlandse laaglandbeken. STOWA rapport 2014-15. ISBN 978.90.5773.631.5.

Eekhout, J.P.C.. (2014). Morphological Processes in Lowland Streams. Implications for Stream Restoration. PhD thesis, Wageningen University, Wageningen. ISBN 978-90-6173-911-7.

Makaske, B. en G. Maas (2015). Handboek geomorfologisch beekherstel. Feuilleton Beekherstel. STOWA rapport 2015-02. ISBN 978.90.5773.661.2.

6.1.3 Hydrologische eigenschappen van de bodem



Kern

Bij beekherstel is de ambitie dat min of meer natuurlijke processen weer terug kunnen keren. De vraag is in hoeverre dat mogelijk is. In beekdalen is immers vaak veel met grond geschoven. Kanalisatie, afdamming, dempen van meanders, ophogen van gronden etc. Tegelijk heeft vaak ook intensieve agrarische productie plaatsgevonden. Dit kan betekenen dat er verkitte bodemlagen of diepgewortelde graszoden aanwezig zijn. Dergelijke aspecten gaan in de regel actieve meandering tegen, evenals sterk leemhoudende zandgronden.

- NB. Ook de aanwezigheid van veenlagen, oerbanken en keileem bepalen sterk de meandering. Dit is reeds in hoofdstuk 5 aan de orde gekomen. Wanneer dit inzicht er nog niet is, wordt aangeraden om deze informatie als nog te verzamelen. Dat kan met het onderzoek uit deze paragraaf meegenomen worden.

❓ Vragen

- Zijn de zandgronden (sterk) leemhoudend?
- Zijn er verkitte of versmeerde bodemlagen aanwezig?
- Is intensief bemest grasland aanwezig? Hoe diep is dit geworteld?

⚠ Aanpak

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none">• Boorprofielen controleren op:<ul style="list-style-type: none">• leemgehalte;• versmeerde gronden (ploegzolen);• verkitte lagen;• dikte bouwvoor;• mate van doorworteling.	<ul style="list-style-type: none">• Boorprofielen van boringen aanpalend aan de beek.

6.1.4 Samenstelling van de bovenste bodem

➤ Kern

Het dempen van oude meanders is vaak met slechte grond gebeurd, of erger: huisvuil, hoogovenslakken en (oorlogs)puin. Ook wanneer meanders van nature zijn dichtgeslibd, is een kwaliteitsboring op verontreinigingen belangrijk, omdat de waterkwaliteit in het verleden aanzienlijk slechter was en daarmee het slib. Omdat in de nieuwe situatie vaak nieuwe meanders gegraven worden, of oude weer worden aangetakt, zijn aanvullende bodemgegevens gewenst. Met name in en nabij oude, gedempte meanders.

❓ Vragen

- Is binnen het beekdal (veel) met grond geschoven?
- Waar zijn gronden opgehoogd en waar uitgevlakt?
- Zijn oude meanders van nature dichtgeslibd of opgevuld?
- Met welk materiaal zijn oude meanders opgevuld?



Aanpak

Door gebruik te maken van oud kaartmateriaal en deze in GIS op te nemen, wordt inzicht verkregen in de ligging van het oude (meanderende) traject. Door grondboringen te doen, eventueel met kwaliteitsbepaling, wordt bepaald wat de oorsprong van het materiaal is (oorspronkelijk, aangebracht) en of verontreinigingen aanwezig zijn.

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none"> • Historische kaarten Controleren op de ligging van meanders en landschappelijke informatie over hoogtes. • Boringen Boorprofielen controleren op: natuurlijke opbouw en aangebrachte grond. • Laboratoriumanalyse Fysieke (puin, huisvuil) en chemische verontreinigingen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gedigitaliseerde oude beeklopen. • Boorprofielen van boringen aanpalend aan de beek. • Boorprofielen in oude meanders.

6.2 SYNTHESE EN HERSTELSTRATEGIEËN

Hydrologisch herstel in een beekdal(landschap) kan op vele manieren en is altijd maatwerk. Hier is mede door toedoen van de CoP hermeandering, het Platform beek- en rivierherstel, STOWA en OBN en ook door kennisinstituten als Alterra veel over gepubliceerd. Natuurorganisaties en waterschappen hebben in de afgelopen decennia ook veel ervaring opgedaan. De essentie die telkens weer terugkeert:

BEKIJK EERST HET STROOMGEBIED, VOORDAT JE INZOOMT OP HET PROJECTGEBIED.

6.2.1 Bekijk het geheel

Ondanks het feit dat de kernboodschap voor zich spreekt, blijkt uit de praktijk dat deze niet altijd standaard is. De kern voor de aanpak van beekherstel bestaat uit drie punten die vervolgens kort uiteengezet worden:

- beschouw eerst het stroomgebied;
- beschouw ook thema's als geomorfologie en hydromorfologie;
- zorg voor een vastgestelde stroomgebiedsvisie.

Beschouw naast de bekende thema's als hydrologie, geohydrologie, ecologie en waterkwaliteit ook de minder toegankelijke thema's als geomorfologie en hydromorfologie. In Nederland is dit nog geen gemeengoed, maar in Duitsland is hydromorfologie verplicht onderdeel van de KRW-toetsing.

 **Informatie**

Eekhout, J. en T. Hoitink (2014). Morfodynamiek van Nederlandse laaglandbeken. STOWA rapport 2014-15. ISBN 978.90.5773.631.5.

Eekhout, J.P.C.. (2014). Morphological Processes in Lowland Streams. Implications for Stream Restoration. PhD thesis, Wageningen University, Wageningen. ISBN 978-90-6173-911-7.

Makaske, B. en G. Maas (2015). Handboek geomorfologisch beekherstel. Feuilleton Beekherstel. STOWA rapport 2015-02. ISBN 978.90.5773.661.2.

Verdonschot et al. (2012). Beekdalbreed Hermeanderen: Bouwstenen voor de 'leidraad voor innovatief beek- en beekdalherstel', STOWA rapport 2012-36. ISBN 978.90.5773.580.6.

6.2.2 **Gebruik beektypologieën**

In de loop der tijd zijn er veel typologieën opgesteld. In de praktijk is er vaak discussie over waar precies de grens tussen bijvoorbeeld de boven- en benedenloop ligt. Voor beekherstel in de praktijk doet deze grens in feite niet ter zake. Wanneer het twijfelachtig is, waarom niet beide aanhouden? Het gaat er immers om dat de kennis áchter die classificaties en typologieën toegepast wordt.

De verschillende classificaties en typologieën bieden kennis en structuur bij het bepalen van het type beek waar aan gewerkt wordt. Door het duiden van concrete eigenschappen, normen en concentraties e.d. bieden deze typologieën veel houvast bij het bepalen van het streefbeeld voor de nieuwe meanderende beek en daarmee de mogelijke herstelmaatregelen.

 **NB.** Hanteer niet alleen de KRW-typologie. Gebruik andere informatie van typologieën en classificaties om de KRW-typologie te verifiëren. Daarnaast bevatten andere typologieën meer diagnostische informatie, zoals eco(hydro)logische doelwaarden.

 **Informatie**

Aggenbach, C.J.S., D. Groenendijk, R.H. Kemmers, H.H. van Kleef, A.J.P. Smolders,

- W.C.E.P. Verberk, P.F.M. Verdonschot (2009). Preadvies Beekdallandschappen. Knelpunten, kennislacunes en kennisvragen voor natuurherstel in beekdalen. Directie Kennis, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, <http://edepot.wur.nl/143983>. Zie vooral Bijlage 3.
- Buskens, R.F.M. en A.J. de Wilde (2002). Streefbeken voor Beken en Krekten in Noord-Brabant. Royal Haskoning. ISBN 9090158596.
- Buskens, R. en P. Aalders (2012). Handreiking Ontwikkeling Waterlopen (HOW). Waterschap Aa en Maas.
- Krekels, R., G. Peeters en T. Brouwer (2003). Handboek streefbeeldten voor natuur en water in Limburg, Provincie Limburg. Tweede gewijzigde druk. ISBN 90-803639-6-0.
- Van der Molen, D. en R. Pot (redactie) (2007). Referentie en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water. STOWA 2007-32. ISBN 978.90.5773.383.3.
- Verdonschot P.F.M., Driessen J.M.C., Mosterdijk H.G. & Schot J.A. (1998). The 5-S Model, an integrated approach for stream rehabilitation. In: H.O. Hansen & B.L. Madsen, River Restoration '96, Session lectures proceedings. International Conference arranged by the European Centre for River Restoration: 36-44. National Environmental Research Institute, Denmark.
- Verdonschot, P.F.M. (2000). Handboek Natuurdoeltypen, aquatisch supplement beken. Alle delen.
- <http://www.wikibeekherstel.nl> → classificatiesystemen (een initiatief van de CoP Hermeandering, gevuld door Alterra), wordt aandacht besteed aan verschillende beektypologieën.
- <http://pas.natura2000.nl> > Documenten → Herstelstrategieën. Door Grootjans et al. wordt het zandlandschap van infiltratiegebied tot beek beschreven.
- www.natuurkennis.nl → Landschapstypen → Beken. Door P. Verdonschot en A. Besse-Lototskaya wordt het 5S-model uitgelegd.

6.2.3 Gebruik bestaande systeemanalyses

De vraag om een systeemanalyse als voorbereiding op een beekherstelproject is op zichzelf niet nieuw. Naast de typologieën en classificaties zoals in de voorgaande paragraaf opgenomen, zijn dergelijk structuren ook al toegepast. Bijvoorbeeld op de site van OBN en van Natura 2000-PAS. Op deze sites is de systeemanalyse in grove lijnen al uitgevoerd en staat aangegeven wat de sturende, hydrologische factoren zijn in een bepaald beekstelsel.



Informatie

www.natuurkennis.nl → landschapstypen → beekdallandschap → bedreigingen en beheeropgaven

<http://pas.natura2000.nl> → Documenten → Herstelstrategieën → Deel II → Deel II-2 Stikstofgevoelige leefgebieden > Permanente bron & langzaam stromende bovenloop

6.3

MOGELIJKE MAATREGELLEN

Grofweg zijn de mogelijke herstelmaatregelen te verdelen in een viertal categorieën:

- 1 Grootschalige herinrichting beek: aanpassingen aan de beek zelf ('het bakje') en de overstromingsvlakte;
- 2 Kleinschalige herinrichting: aanpassingen met een indirect hydrologisch effect;
- 3 Herstel sponswerking: aanpassingen buiten 'het bakje' maar binnen het stroomgebied;
- 4 Beheer en onderhoud: peilbeheer, maaibeheer, baggerbeheer.

De beekvissensleutel van OBN kan helpen bij het bepalen van de gewenste maatregelen. Doordat beekvissen in de beek vaak als toppredator gelden, zijn ze goede graadmeters voor de ecologische staat van het beekdallandschap. De sleutel is uitgewerkt voor enkele typische beekvissen. Online kan een vragenlijst ingevuld worden die opgesteld is aan de hand van criteria voor alle levensstadia van die vis.

Zo kan de mate van geschiktheid van de huidige beek bepaald worden en/of kan een probleemanalyse doorlopen worden die leidt tot de gewenste maatregelen.



Informatie

Beekvissensleutel OBN:

<http://www.natuurkennis.nl/sleutels/beekvissen/sleutels>

6.3.1

Grootschalige herinrichting

De meest gangbare maatregelen zijn:

- Herdimensioneren: het versmallen en/of verondiepen van het bestaande beekstelsel. Door kanalisatie zijn beeksystemen overgedimensioneerd, waardoor de stroming wegzakt. Stroming is één van de belangrijkste eigenschappen van

beeksystemen. Bij het kanaliseren zijn ook beekpeilen verlaagd en waterbodems verbreed en verdiept waardoor de drainerende werking op de omgeving is toegenomen. Door de beek weer te versmallen en te verondiepen, neemt deze drainerende werking weer af en wordt meer grondwater in het systeem vastgehouden.

- NB. Dit heeft een vernattend effect op de omgeving. Een toetsing aan de normen voor drooglegging en inundatie zal plaats moeten vinden voor de geldende gebruiksfuncties in het beekdal. Lokaal draineren of begreppelen kan mitigerend werken.
- Meanderen: het laten kronkelen van de waterloop. Hierdoor wordt de lengte verlengd en neemt het verval per beeklengte af. Bestaande stuwen kunnen hierdoor mogelijk komen te vervallen. De afvoercapaciteit neemt af en de stroomsnelheid en retentie nemen toe.
- NB. Te veel en/of te grote meanders leiden tot een ongewenste afname in stroomsnelheid.
- Doorstroommoeras: veel beken zijn ontstaan nadat gebieden beter werden ontwaterd. Voor die tijd was vaak sprake van een doorstroommoeras. Dit kwam vooral veel voor in nauwelijks hellende (veen)gebieden. Een voorbeeld is de Baakse Beek in de Achterhoek. Deze beek ontstond pas nadat men begonnen was om het Ruurlosche Broek, een moerasbos, te ontginnen. Herstel van doorstroommoerassen heeft een grote invloed op de waterretentie (sponswerking) en kan bijdragen aan afvlakking van de afvoerpieken. Omdat de afvoer van oppervlaktewater, regenwater en opwellend grondwater over en door het moeras plaatsvindt, dienen lokale (drainerende) watergangen gedempt te worden.



Informatie

- Buskens, R. en P. Aalders (2012). Handreiking Ontwikkeling Waterlopen (HOW). Waterschap Aa en Maas.
- Eekhout, J. en T. Hoitink (2014). Morfodynamiek van Nederlandse laaglandbeken. STOWA rapport 2014-15. ISBN 978.90.5773.631.5.
- Eekhout, J.P.C.. (2014). Morphological Processes in Lowland Streams. Implications for Stream Restoration. PhD thesis, Wageningen University, Wageningen. ISBN 978-90-6173-911-7.
- Makaske, B. en G. Maas (2015). Handboek geomorfologisch beekherstel. Feuilleton Beekherstel. STOWA rapport 2015-02. ISBN 978.90.5773.661.2.

6.3.2 Kleinschalige herinrichting

Bij kleinschalige maatregelen wordt niet de beekbedding vergraven, maar wordt

de morfologie van de beek door eenvoudige maatregelen verbeterd. Dit wordt ook wel “Bouwen met de Natuur” of “Building with Nature” genoemd. Essentieel voor het welslagen van deze maatregelen is, dat ze naadloos aansluiten bij het verkregen systeembegrip.

De meest gangbare maatregelen zijn:

- **Beschaduwing:** via het actief aanplanten van bomen of het toestaan van opslag. Deze maatregel leidt tot 1) schaduw op de beek, die vooral bovenstrooms essentieel is voor koel water, 2) meer bladinvall, dat in dit zelfde gedeelte van beken eveneens essentieel is voor met name de macrofauna die er leeft, 3) het lokaal vastleggen van de oever, 4) een schuil- en paaiplaats voor vis en macrofauna en 5) minder waterplanten waardoor minder intensief beheer volstaat.
- **Hout in de beek:** het actief inbrengen van hout via boomstronken, takkenpakketten of hele bomen. Hout is een wezenlijk onderdeel van het beek- en riviersysteem. Zowel boven- als benedenstrooms. Door het verdwijnen van beschaduwing bovenstrooms en/of regelmatig schonen, is (actieve inbreng van) dood hout daar essentieel vanwege de macrofauna die ervan afhankelijk is. Vis vindt er schuil en paaigelegenheid. En het leidt ook tot grotere stromingsverschillen en daarmee meer sedimentdiversiteit.
- **Zandsuppletie:** het plaatsen van zand langs de beek, dat de beek zelf mondjesmaat meespoelt het systeem in. Met name relevant bij te diepe systemen waar verondieping gewenst is en/of eroderende systemen waar geen sedimentevenwicht is.
- **Inbrengen van grind:** grind kan worden ingebracht als het van nature in een stroomgebied voorkwam, maar nu niet binnen redelijke termijn kan terugkomen door natuurlijke processen. Een grindbed houdt zichzelf alleen in stand op een locatie met een hoge stroomsnelheid en vaste ondergrond.
- **Kribben plaatsen:** het plaatsen van kribben min of meer haaks op de stroomdraad, waardoor in de stroomdraad meer stroming ontstaat (figuur 65). Gemeengoed in de grote rivieren, maar grote onbekende in beeksystemen. In bijv. Engeland worden deze veel toegepast. Groot bijkomend voordeel van kribben is de mogelijkheid om de stroomdraad te richten. Daardoor ook effectief bij het creëren of juist voorkomen van eroderende oevers.

FIG 65 OEVERAFSLAG

Oeverafslag langs het riviertje de Aa of Weerijts bij Wernhout door de aanleg van een strekdam of krib, hier toegepast als rigoureuze maatregel binnen een genormaliseerd beekstelsysteem (Foto: Waterschap Brabantse Delta).



Informatie

Overzicht

Van Weren, B.J. (2014). Versnel Beekherstel: Natuurlijk aan de slag. Innoveren met de bouwstenen van de natuur. STOWA-rapportnummer 2014-49. ISBN 978.90.5773.675.9.

www.wur.nl/nl/project/Innovatielab-Building-with-Nature-voor-regionale-wateren-1.htm → Innovatielab Building with Nature voor regionale wateren. Innovatieprogramma dat loopt tot en met 2018.

Beschaduwing

Browne, G., P. de Kwaadsteniet, G. Schmidt en J. van Kempen (2016). Werken aan klimaatbestendige beken - Wat is het effect van beekbegeleidende beplanting op beektemperatuur? H2O-Online / 18 maart 2016.

Dood hout

<http://beekenrivierherstel.stowa.nl>. Informatie van Platformbijeenkomst Beek- en Rivierherstel 18/04/2013: Dood hout in beken en rivieren.

<http://www.wur.nl>. Protocol 'inbrengen dood hout in de beek' van P. Verdonschot en A. Besse-Lototskaya

www.ravon.nl. Dood hout in beken en rivieren; kennis en ervaringen uit de praktijk. Presentatie van P. Verdonschot, J. de Brouwer en A. Besse-Lototskaya et al. over ervaringen houtinbreng.

Zandsuppletie

www.veldwerkplaatsen.nl. Ketelaar, R., R. van Dongen, M. Kruit, J. Westveer en N. Nelis. Zandsuppletie in de Leuvenumse beek.

Meerdere waterschappen hebben ervaring met zandsuppletie. O.a. Vallei en Veluwe en Vechtstromen.

Kribben

Werdenberg, N. (2006). Handling water. An approach to holistic river rehabilitation design. Executive Master of Environmental Technology and Management NDS/FH Master's Thesis. Brisbane.

6.3.3 Herstel sponswerking in het beekdal

De meest gangbare maatregelen zijn:

- **Drainage verwijderen:** drainage leidt tot het aftoppen van de grondwaterstand en het voortijdig afvoeren van infiltrerend regenwater. Hierdoor wordt de grondwaterstand verlaagd en wordt aanvulling ervan door regenwater verminderd. Door drainage te verwijderen, zal de grondwaterstand normaliter stijgen en de kwelflux in het dal toenemen.
 - **Peilgestuurde drainage aanbrengen i.p.v. traditionele drainage:** behoud van de drainerende werking tijdens natte periodes met als toegevoegde waarde om tijdens droge periodes de drainerende werking te stoppen of de drain als infiltratiebuis te gebruiken voor wateraanvoer.
- ⇒ NB. Ook peilgestuurde drainage komt erg nauw en heeft niet overal dezelfde voordelen. In een rapportages van Deltares (beide uit 2012) is genuanceerd in welke gevallen peilgestuurde drainage oplossing kan bieden en tot op welke hoogte (zie kopje informatie).

- **Greppels dempen en sloten verondiepen:** detailontwatering stamt vaak nog uit de tijd van productiebos (rabatten en greppels) en waterafvoer van natte, bovenstrooms gelegen gronden. De watergangen zijn (in die dimensies) vaak niet meer nodig. Ook omdat ze 's zomers tot vergaande verdroging leiden. Door de watergangen te dempen of te verkleinen, wordt netto minder water afgevoerd en zal de grondwaterstand stijgen.
- **LOP stuwen, knijpstuwen en knijpduikers plaatsen:** technische hulpmiddelen om met name agrariërs zelf meer mogelijkheden te bieden om op hogere zandgronden richting de zomer langer water vast te kunnen houden. Het effect is dat meer regenwater zal infiltreren, waardoor de grondwaterstand meer wordt aangevuld en gronden minder droogtegevoelig worden. Het uiteindelijke effect op de GLG zal beperkt blijven, omdat de GLG voornamelijk door de grootste drainerende watergangen (en met name de beek zelf) wordt bepaald. Bijkomend voordeel van LOP stuwen is de verhoging van het bergend vermogen. Een zomerse bui kan eenvoudig opgevangen worden, waardoor piekafvoeren worden beperkt.
- **Bodemgebruik aanpassen:** het bodemgebruik bepaalt mede de mate waarin hemelwater kan infiltreren. In grasland kan veel hemelwater infiltreren. Braakliggend land op leemhoudende zandgrond, leem- of kleigrond heeft juist de neiging tot dichtslibben en daarmee versneld afvoeren. De fijne fractie spoelt daarmee ook af, wat evenmin gewenst is voor ecologisch beekherstel. Dit speelt met name ook in hellende gebieden. Via goed bodembeheer kan dat worden tegengegaan.
- **Verwijderen naaldbos:** naaldbos is in Nederland van oorsprong veelal aangeplant om zandverstuiving tegen te gaan. Het hout werd gebruikt in de mijnbouw. Maar naaldbos verdampt aanzienlijk meer op jaarbasis dan loofbos of heide, dat op diezelfde plaats van nature voorkwam. Het kappen van naaldbos beperkt dus de verdamping en draagt bij aan de grondwateraanvulling.



Informatie

Overzicht vernatting beekdal en bronherstel

www.veldwerkplaatsen.nl. Aanpak vernatting beekdalen Drentsche Aa. U. Vegter, W. Molenaar en C. Aggenbach.

www.veldwerkplaatsen.nl. Terug naar de Bron: bronherstel en beekdalvernatting omgeving Ootmarsum. R. van Dongen en M. Horsthuis.

Peilgestuurde drainage

Stuyt, L.C.P.M. (redactie) (2012). Meer water met regelbare drainage? Werking, praktijkervaringen, kansen en risico's. STOWA 2012-33. ISBN 978.90.5773.570.7. www.kennisakker.nl → kenniscentrum → document → samengestelde peilgestuurde drainage. Uitleg werking van het systeem en enkele documenten.

Rozemeijer, J. et al. (2012). Veldonderzoek naar de effecten van peilgestuurde drainage op grondwaterstanden, drainafvoeren en waterkwaliteit op het Oost-Nederlands Plateau. Deltares.

Kuijper, M.J.M., H.P. Broers en J.C. Rozemeijer (2012). Effecten van peilgestuurde drainage op natuur. Deltares.

LOP stuwen, knijpstuwen, knijpduikers

www.waterschappedommel.nl. Hoe haal ik meer uit mijn LOP-stuw?

<https://www.youtube.com/watch?v=q557J6kWgg0> Filmpje van Waterschap Brabantse Delta over de werking van de LOP-stuw.

Zaaijer, E. Agrarisch Waterbeheer. Rapportage evaluatie en optimalisatie LOP-stuwen. Zaaijer Waterpro(of) Solutions. Kenmerk ZWS-WSBD-6340-01. Veldhoven, 14 mei 2013.

<http://agrarischwaterbeheer.nl>

6.3.4 Beheer en onderhoud

De meest gangbare maatregel is:

- Minder frequent en/of gefaseerd maaibeheer. Wordt op veel plaatsen al uitgevoerd, maar is vaak nog behoorlijk intensief.
 - Gericht maaibeheer: niet meer standaard wel of niet maaien. Maar alleen die plekken die tot knelpunten bij de piekafvoer zouden kunnen leiden. Met name in beschaduwde trajecten is relatief weinig machinaal beheer nodig. Succes hangt samen met het 'groene' gevoel van de beheerder.
- ⇒ NB. Doordat beheerders gewend zijn om een onderhoudspad langs een beek te hebben, waar houtopslag niet wordt toegestaan, vindt geen beschaduwing plaats en moet de beek onderhouden blijven. Zo houden deze elkaar in hun greep.



Informatie

Binnendijk, E. en J.A.J van Mil (2012). Ecologische effecten door wijziging maaibeheer rond 2000. Waterschap Peel en Maasvallei.

www.stowa.nl. CoP Beheer & Onderhoud: Leren van én met elkaar. Relatief nieuwe werkgroep (begin 2015) met nog weinig informatie.

H7 HYDROLOGISCH HERSTEL VAN BEEKDALNATUUR



In hoofdstuk 5 is omschreven welke aspecten doorlopen moeten worden voor een systeem-analyse op stroomgebiedsniveau en standplaatsniveau. Sommige verdiepende aspecten zijn daarbij niet uitgewerkt, omdat deze alleen van toepassing zijn voor één specifiek vraagstuk.

In dit hoofdstuk zijn die aspecten van de hydrologische systeemanalyse uitgewerkt die specifiek vereist zijn voor het herstel van beekdalnatuur. Naast de systeemanalyse komen ook herstelstrategieën en mogelijke maatregelen aan de orde.

7.1 AANVULLEND ONDERZOEK EN NADERE VRAGEN

7.1.1 Hoogteverschillen en reliëf



Kern

Nader onderzoek is alleen nodig als de detaillering nog onvoldoende is. Dit bestaat dan uit het verder detailleren en bestuderen van de hoogtekaart (zie par. 5.5 voor de aanbevolen werkwijze). Gedetailleerde hoogtekaarten zijn voor het hydrologisch herstel van natuurgebieden van groot belang, vooral bij lokale grondwatersystemen. Uiterst kleine hoogteverschillen kunnen al de oorzaak zijn van opervlakkige grondwaterstromen en aanrijking met mineralen die nodig zijn voor bijzondere vegetaties.



Vragen

- Waar liggen watergangen en rabatten, hoe diep zijn ze, welke dichtheid hebben ze; hoe liggen ze in het hoogteverloop? Zijn het drainerende of infiltrerende watergangen?
- Waar liggen laagten die (van nature) inunderen c.q. waarin van nature waterstagnatie optreedt?
- Waar liggen de kwel- en wegzijzijden binnen afvoerloze laagten en wat is de stijghoogte van het grondwater onder de overstroomde laagte?



Aanpak

Zie paragraaf 5.5.2 voor de aanbevolen werkwijze. Door nog verder in te zoomen op de hoogtekaart kan detailafwatering zichtbaar worden (figuur 66 en 67).

7.1.2 Het oppervlaktewatersysteem

7.1.2.1 Detailontwatering



Kern

Om verdroogde beekdalnatuur te kunnen herstellen, is een goed inzicht in de lokale afwatering essentieel. Aanvullend onderzoek is daarom nodig naar de direct aangrenzende en interne drainerende watergangen.

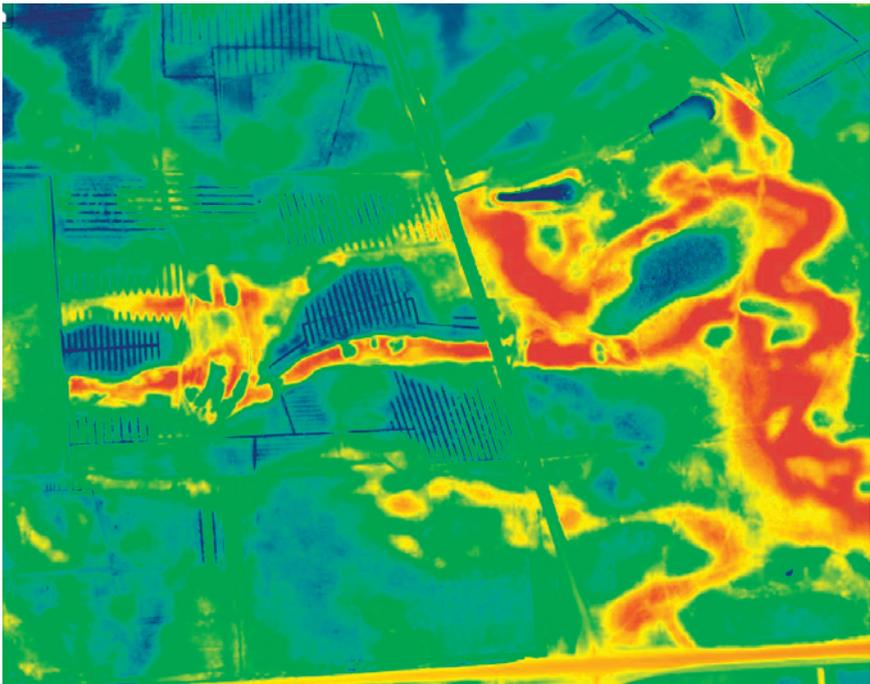


Vragen

- In welke mate is de beek zelf een oorzaak van de verdroging?
- In welke mate is er sprake van detailontwatering in het gebied en in hoeverre draagt deze bij aan de verdroging?

FIG 66 HOOGTEKAART

AHN-hoogtekaart met rabattenstructuren en randsloten nabij Klein-Dochteren (Berkelvallei, gemeente Lochem) (Bron: www.ahn.nl).



- Wat zijn mogelijk andere interne oorzaken voor de verdroging?



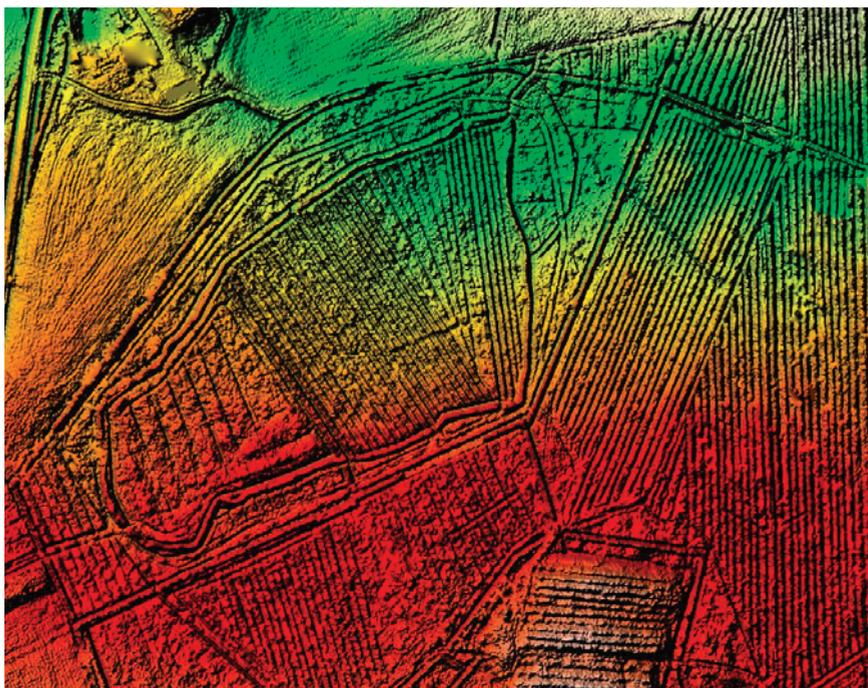
Aanpak

Het is zaak om de sloten en greppels in het gebied en er direct omheen gedetailleerd in kaart te brengen. Waar gegevens ontbreken, wordt aangeraden veldmetingen te verrichten. Het gaat daarbij niet om details, maar om ligging (lengte) en enkele dwarsprofielen (diepte, breedte) per watergang of greppel.

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none"> • Veldmetingen • Detailontwatering 	<ul style="list-style-type: none"> • Lengte, breedte en diepte van greppels en rabatten

FIG 67 AHN-HOOGTEKAART IN HET SMODDEBOS (NOORDOOST-TWENTE)

In het bos is een dicht patroon van greppels aanwezig, omsloten door een kade, wat een indicatie kan zijn voor gebruik als vloeiwedensysteem in het verleden (Bron: AHN viewer, shaded relief; <http://ahn.arcgisonline.nl/ahnviewer>).



7.1.2.2 Inundatietolerantie



Kern

Bij het herstellen van verdroogde beekdalnatuur speelt vaak de vraag wel of niet inunderen met oppervlaktewater. Aanvullend onderzoek is daarom nodig ten aanzien van de inundatietolerantie van de natuurdoelen.



Vragen

- Hoe vaak treedt inundatie op? Hoe lang duurt deze?
- Neemt zomerinundatie toe (in de toekomst)? Hoeveel?
- Zijn de beoogde vegetatietypen bestand tegen (zomer)inundatie? In welke mate?



Aanpak

Er vindt nauwelijks experimenteel onderzoek op dit vlak plaats. Wetenschappelijk onderzoek naar voorkomende situaties in het veld voert de boventoon. Op basis daarvan zijn effecten en bandbreedtes beschreven over natuur en inundatie. Er zijn meerdere tools waarmee deze bandbreedtes ontsloten of rekenkundig toegepast kunnen worden.

Maar er is ook veel onzeker. In hoeverre is zomerinundatie een probleem? In hoeverre is nutriëntrijkwater bij winterinundatie een probleem als er sprake is van hoge grondwaterstanden? In de onderstaande literatuur is hier nadere informatie over te vinden.

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none">• Raadplegen hieronder genoemde literatuur en tools als Synbiosys en Waternood (zie ook 8.2.2.3).	<ul style="list-style-type: none">• Inundatietolerantie.

Verder is bekend dat er een relatie is tussen gewasproductie van een aantal vegetatietypen en jaarlijkse inundatieduur bij een inundatie van meer dan 10 cm (Runhaar en Jansen, 2004). Uit de onderstaande [tabel 8](#) is op te maken dat de grote-zeggenvegetaties het langst overstromen. Blauwgraslanden kwamen in het onderzoek nauwelijks voor. Uitzondering was een locatie op de overgang naar de aangrenzende hogere dekzandgronden en bijna 500 meter vanaf de rivier.

TABEL 8 GEWASPRODUCTIE VS INUNDATIEDUUR

Bij een inundatiediepte van minimaal 10 cm, voor een aantal vegetatietypen (Bron: Runhaar en Jansen, 2004).

	N	Gewasproductie (ton ds/ha)		Inundatieduur (dgn/jr)	
		GEM.	ST.DEV.	GEM.	ST.DEV.
Grote zeggenvegetatie	6	4,7	1,3	22,0	11,9
Dotterbloemhooiland	5	3,5	1,7	13,0	7,8
Kleine zeggenvegetatie	4	2,8	0,7	9,3	2,4
Blauwgrasland	1	2,0	-	4,2	-



Informatie

Runhaar, J. & P.C. Jansen (2004). Overstroming en vegetatie. Vergelijkend onderzoek in 5 beekdalallocaties. Alterra, Wageningen. Alterra rapport 1079.

Runhaar, J. ; Arts, G. ; Knol, W. ; Makaske, B. ; Brink, N. van den ; Sival, F. ; Massop, H. ; Blankema, A. ; Kemmers, R. ; Bogers, M. ; Hennekens, S. ; Weeda, E (2004). Waterberging en natuur. Kennisoverzicht ten behoeve van regionale waterbeheerders. Stowa rapport 16-2004. ISBN 90.5773.252.1.

Van der Molen, P.C. (2002). Ecologische aspecten van overstroming en inundatie. Literatuuronderzoek naar de gevolgen van overstroming en inundatie voor de Brabantse natuurdoeltypen. Dienst Landelijk Gebied.

<https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000>. Per habitatype is onder meer aandacht besteed aan inundatiemoment en -duur.

Handleiding Waterlood instrumentarium. In Waterlood zijn o.a. per natuurdoeltype bandbreedtes voor hoge (grond)waterstanden aangegeven. Deze bandbreedtes kunnen uit waterlood herleid worden, zonder rekenkundige exercities uit te hoeven voeren. www.synbiosys.alterra.nl/waternood/HandleidingWaterlood3.pdf.

7.1.3 Samenstelling van het oppervlaktewater



Kern

Met kennis over de samenstelling van het oppervlaktewater kan het water worden getypeerd in termen van bijvoorbeeld grondwater gevoed. Daarmee is inzicht ontstaan in de herkomst van het water. Een vergelijking met dezelfde parameters in het grondwater laat zien hoe grond- en oppervlaktewater elkaar beïnvloeden.

Kennis over de samenstelling van het oppervlaktewater is bovendien van belang als er kans is op inundatie van (een deel van) het natuurgebied.

Vragen

- Hoe is het oppervlaktewater te typeren met behulp van een IR-diagram en/of een Stiff-diagram? In hoeverre wijkt dit af van dezelfde diagrammen gemaakt voor het grondwater?
- Tot hoever reikt het (toekomstige) overstromingswater?
- Is het (toekomstige) overstromingswater voldoende nutriëntenarm om het herstel van de beoogde natuurdoeltypen of instandhoudingsdoelen niet te frustreren?
- Wat zijn de verwachte overstromingsfrequentie en de verwachte overstromingsduur?

 NB. Indien lokaal veel neerslag is gevallen, kan inundatie ook ontstaan uit opgestuwd lokaal neerslag- en grondwater. Dit in tegenstelling tot de samenstelling van inundatiewater afkomstig van de overstromende beek. Omdat deze verschillen in overstromingswater grote invloed kunnen hebben op de nutriëntencondities in de bovengrond (na droogvalen) verdient dit punt nader onderzoek. Gebruik hiervoor een lokaal waterbalansmodel of grondwaterstromingsmodel.

Aanpak

De te volgen werkwijze voor de waterkwaliteit is beschreven in paragraaf 5.9.2.

7.1.4 Samenstelling van de bovenste bodem

Kern

In deze stap wordt gedetailleerde informatie bijeengebracht over de chemische samenstelling van de bodem te verzamelen door puntmetingen uit te voeren op een of meerdere tijdstippen. De resultaten van deze puntmetingen worden vertaald in ruimte (via kaarten) en tijd (via tijdreeksanalyse).

Vragen

- Wat is de pH van de bodem op verschillende diepten? Wat zegt dat over het waterstandsverloop en het grondwaterregime?
- Is de bodem vanaf een bepaalde diepte kalkrijk?
- Zijn roestverschijnselen zichtbaar en wat zeggen die over de aard van de kwel

(schijnspiegel, lokaal, bovenlokaal, ijzerarm, ijzerrijk)?

- Hoe is de bodem te typeren in relatie tot zuurgraad, basenrijkdom, basenverzadiging, aard van het buffermechanisme (aluminium-, calcium- of kalkbuffertraject; aluminium-calciumratio), redoxtoestand (ammonium/nitraat-ratio), koolstofrijkdom, kalkgehalte, ijzergehalte, zoutgehalte, sulfaatgehalte en nutriëntengehalten?
- Zijn er patronen in de genoemde bodemparameters te vinden op basis van de metingen in de bodemprofielen en/of bodemmonsters?
- Zo ja, hoe zijn deze te verklaren? Wat zeggen ze over het landgebruik, de stroming van het grondwater (opwaarts, neerwaarts), de oppervlakkige waterbeweging (stagnatie dan wel afvoer over maaiveld), de herkomst van het grondwater, de drainerende dan wel infiltrerende werking van de watergangen?
- Indien (zeer) basenrijke bodems wordt gevonden: wat is de (mogelijke / vermoedelijke) herkomst van de basen: basenrijk grondwater, een kalkrijke bodem, of een leemhoudende laag?
- Verblijft basenrijk grondwater voldoende lang in de bovenste bodem (wortelzone) om de basenverzadiging op een niveau te bufferen dat hoog genoeg is voor basenminnende begroeiingen?
- Indien (zeer) ijzerrijke bodems wordt gevonden: wat is (mogelijke / vermoedelijke) herkomst (de bron) van het ijzer: ijzerrijk grondwater, ijzerrijke moeder-materiaal?
- Indien een gelaagde bodemchemische samenstelling aanwezig is, hoe is deze te verklaren?
- Geeft een gelaagde bodemchemische samenstelling een indicatie voor het optreden van een neerslaglens. Hoe is deze ontstaan? Is ze het gevolg van natuurlijke of onnatuurlijk stagnatie of wordt deze veroorzaakt door drainerende watergangen?
- Duidt de bodemchemische samenstelling op chloriderijk en/of meststoffenrijke omstandigheden? Wat is de herkomst van het chloride en van de meststoffen?
- Is sprake van interne eutrofiëring? Hoe kan ik dat afleiden uit sulfaat-, en ijzergehalten van de bodem op verschillende diepten?
- Leiden inundaties met voedselrijk beekwater tot verhoogde / te hoge concentraties van nutriënten in de bovenste bodem?
- Is er sprake van onherstelbare veenoxidatie en wat betekent dit voor de natuurdoelen?

- Wat zegt de bodemchemische samenstelling over de potenties voor bepaalde plantengemeenschappen? Enkele voorbeelden:
 - Is de bodem basenrijk genoeg voor plantengemeenschappen van basenrijke / gebufferde condities zoals Dotterbloemhooilanden en Blauwgraslanden?
 - Is de bodem voedselarm genoeg voor plantengemeenschappen van voedselarme(re) condities?



Aanpak

Voor geschikte antwoorden op bovenstaande vragen is het nodig om grondmonsters chemisch en fysisch te laten analyseren. Hiervoor dient eerst een boorplan te worden opgesteld.

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none"> • Monstername volgens een boorplan. • Chemische analyse van de bovenste bodem op verschillende dieptes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Minimaal gewenste gegevens: <ul style="list-style-type: none"> • pH; • basengehalten; • basenverzadiging; • Al, Fe; • nutriënten N en P.
<ul style="list-style-type: none"> • Fysische analyse van de bovenste bodem op verschillende dieptes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Minimaal gewenste gegevens: <ul style="list-style-type: none"> • organisch stofgehalte; • verdeling korrelgroottes.



Informatie

Voor de biochemie van natte natuurgebieden (stikstof, fosfor, ijzer en zwavel): zie http://pas.natura2000.nl/pages/herstelstrategieen-deel_i.aspx

7.2

HERSTELSTRATEGIEËN

Hydrologisch herstel van verdroogde natuurgebieden in een beekdal (landschap) kan op vele manieren, maar is altijd maatwerk. Er is, mede door toedoen van het OBN-netwerk, veel over gepubliceerd. Natuurorganisaties en waterschappen hebben in de afgelopen decennia ook veel ervaring opgedaan. Dit is niet de plaats om alle aspecten te behandelen, maar wel om enkele essentiële punten aan te stippen en vervolgens te verwijzen naar literatuur en websites. De essentiële punten zijn: 1) de systeembenadering en 2) een integrale aanpak.

7.2.1 **Systeembenadering**

Zoals eerder in dit handboek betoogd, is het essentieel voor herstelprojecten om de te herstellen locatie te bezien in de context van het hele stroomgebied. Ecologische en hydrologische processen blijven immers niet beperkt tot de locatie zelf, maar strekken zich uit over veel grotere eenheden, zoals het stroomgebied. Ze hebben ook een lange tijdhorizon. Herstel van een locatie, zonder de omgeving en de lange termijn erbij te betrekken, leidt tot foute beslissingen en daarmee tot teleurstellende resultaten en een inefficiënte besteding van tijd en geld.

Een goed herstelproject begint dan ook met een langetermijnvisie op de hydrologie en de connectiviteit van het totale stroomgebied. Daarmee wordt duidelijk welke (eco)hydrologische sleutelfactoren van belang zijn, welke hydrologische processen nog naar behoren functioneren en aan welke knoppen er zinvol kan worden gedraaid. Ook wordt zo duidelijk welke (on)mogelijkheden er zijn voor herstel.

Vervolgens kan worden ingezoomd op de locatie zelf. De kansen op succes zijn het grootst als sprake is van structureel herstel van de hydrologie en de connecties met andere gebieden met een vergelijkbare biodiversiteit. In de praktijk betekent dit vaak dat gebiedsuitbreiding, hydrologische bufferzones en herstel van inzigggebieden nodig zijn om een natuurgebied optimaal te laten functioneren. Vervolgens kan worden gezocht naar mogelijkheden om het basenrijke grondwater in het gebied een grotere rol te laten spelen, bijvoorbeeld door het dempen van sloten of het verondiepen van de beek.

7.2.2 **Integrale aanpak**

Behalve de stroomgebiedsbenadering is ook op andere fronten een integrale aanpak nodig. Natuurherstel in beekdalen vergt herstel van de structurerende processen, meestal dynamiek of juist het ontbreken van dynamiek. Dat kan niet zonder ook de beek zelf erbij te betrekken. Besef dat de beek meestal de ontwateringsbasis van de natuurgebieden op de flanken vormt. Peilverhoging of juist -verlaging kan van grote invloed zijn op de vochtuishouding in de natuurgebieden en indirect, via de verhouding tussen grond- en regenwater, op de zuurgraad van de zode.

Ook de inundatiefrequentie en -duur zijn zeer bepalend voor het eindresultaat. Een goede of slechte waterkwaliteit in de beek is dus een belangrijk motief om

inundatie wel of niet toe te staan. Met name ook de slibgebonden voedingsstoffen en verontreinigingen zijn van invloed. Bij inundatie wordt immers slib afgezet.

Voor herstel van verdroogde natuur dient dus een afweging gemaakt te worden tussen grondwaterherstel en herstel van inundatie. Grondwaterherstel is vaak beperkt mogelijk, inzet als inundatiegebied juist veel vaker. Maar schrale natuurtypen zijn niet bestand tegen zomerinundaties of winterinundatie met voedselrijk water (zie inundatietolerantie 7.1.6.2)

Overigens gaat het niet alleen om de kwaliteit van het beekwater zelf. Op zich zelf goed beekwater kan voor ernstige stikstof- en fosfaatproblemen (eutrofiëring) zorgen als dit goede water de natuurgebieden via intensief agrarische bewerkte gronden bereikt. In dat geval is het wenselijk om bij de nieuwe inrichting dergelijke verplaatsing van vermestende stoffen naar het natuurgebied te voorkomen.

Een integrale aanpak kijkt niet alleen naar specifieke landschapstypen, maar juist ook naar levensgemeenschappen. Vegetatie en fauna zijn daarbij even belangrijk. Dat betekent dat begrippen als ‘**completeitheid**’, ‘**gradiënten**’ en ‘**connectiviteit**’ een plek moeten krijgen in de langetermijnvisie die aan het herstelplan ten grondslag ligt.

7.2.3 **Completeitheid**

Onder ‘completeitheid’ verstaan we hier dat een natuurgebied idealiter alle functies vervult die er in een levensgemeenschap nodig zijn: hogere en lagere delen, stromend water, voldoende voedsel, de juiste waardplanten, nestgelegenheid etc.

7.2.4 **Gradiënten**

Gradiënten zijn belangrijk omdat de hoogste natuurwaarden juist ontstaan in de ontmoeting van verschillende situaties, bijvoorbeeld op de grens van oppervlakkig afstromend en dieper grondwater of op de overgang van pleistoceen naar holoceen.

Een belangrijke gradiënt op landschapsschaal in beekdalen is de volgorde van droge heide (grondwateronafhankelijk), via vochtige heide, heischraal grasland naar blauwgrasland en dotterbloemhooiland.

Een goede bron over herstelstrategieën van gradiënten in beekdallandschappen is te vinden in hoofdstuk 4 van deel III ‘Landschapsecologische inbedding van de herstelstrategieën’ op de website <http://pas.natura2000.nl> → Documenten → Herstelstrategieën. Dit deel ‘Beeklandschap’ (Grootjans, A.P., F.H. Everts, A.T.W. Eysink, A.J.M. Jansen, A.J.P. Smolders & E. Takman) onderscheidt zes gradiënttypen:

- gradiënttype 1: beekdalen met lokale kwel in de bovenloop;
- gradiënttype 2: beekdalen met regionale kwel in de middenloop;
- gradiënttype 3: overstroomde beekdalen van de benedenloop;
- gradiënttype 4: reliëfrijke beekdalen van de hogere zandgronden met basen-arm hellingveen;
- gradiënttype 5: reliëfrijke beekdalen van de hogere zandgronden (stuwwallen, terras- en dalranden);
- gradiënttype 6: reliëfrijke beekdalen van het heuvelland.

Een andere belangrijke bron is het Preadvies:

Aggenbach, C.J.S., D. Groenendijk, R.H. Kemmers, H.H. van Kleef, A.J.P. Smolders, W.C.E.P. Verberk, P.F.M. Verdonschot (2009). Preadvies Beekdallandschappen. Knelpunten, kennislacunes en kennisvragen voor natuurherstel in beekdalen. Directie Kennis, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. Rapport DK nr. 2009/dk107-O. <http://edepot.wur.nl/143983>.

7.2.5 Connectiviteit/verbindingen

Verbindingen tussen gebieden en metapopulaties zijn nodig om de genetische basis van lokale populaties gezond te houden en lokaal uitsterven te voorkomen. Ecologisch functionele verbindingen tussen gebieden van vergelijkbare aard zijn dus essentieel voor de biodiversiteit van een gebied, hoewel er soms ook situaties zijn waarbij een populatie juist gedijt vanwege de isolatie. Dat is bijvoorbeeld het geval als de verbindingen vooral worden gebruikt door hun predatoren. In ven-systemen is dat nogal eens het geval.

Ten slotte is integraal denken noodzakelijk omdat een herstelproject meestal verschillende doelen dient en er in het beekdal ook andere functies hun plek hebben en houden.



Informatie

Informatie over herstel van natte natuurgebieden in beekdalen is er overvloedig.

Er zijn vier belangrijke ingangen:

1 www.natuurkennis.nl. Dit is de website van het kennisnetwerk OBN. Zoek bijvoorbeeld op:

- Publicaties → Beekdallandschap
- Publicaties → Nat Zandlandschap
- Landschapstypen → Beekdallandschappen
- Natuurtypen → Voedselarme vennen en vochtige heiden (N06), Vochtige schraalgraslanden (N10) en Vochtige bossen (N14)
- Ecohydrologie → Alle subpagina's

Interessante publicaties, via deze site te vinden, zijn bijvoorbeeld:

[dk107-O Preadvies Beekdallandschap](#)

De beschikbare kennis over en ervaringen met het herstel van beken en beekdalen; welke kennisvragen zijn opgelost en welke kennisvragen nog moeten worden beantwoord; kansen en knelpunten voor beekdalherstel en mogelijkheden kennistransfer naar beheerders.

[OBN147-4-NZ Herstel van biodiversiteit en landschapsecologische relaties in het natte zandlandschap](#)

Betekenis van milieugradiënten en waardplantenkwaliteit voor herstel van de fauna van het natte zandlandschap

2 <http://pas.natura2000.nl>, zoek onder 'Documenten'.

Dit is de website waar de herstelstrategieën van de Natura 2000 habitattypen zijn beschreven. Aan te raden is om de volgende informatie te raadplegen:

- Deel I hoofdstuk 3 'Herstelmaatregelen', aantal hydrologisch minder relevante maatregelen.
- Deel II: alle stikstofgevoelige habitattypen
- Deel II: stikstofgevoelige leefgebieden
- Deel III: landschapsecologische samenhangen, waaronder: 3 Nat zandlandschap, 4 Beekdallandschap.

3 www.synbiosys.alterra.nl/natura2000

Kies een gebied, zoek daarna onder het lemma 'Documenten' naar 'Knelpun-

ten - en kansenanalyse'. Dit geldt uiteraard alleen voor gebieden met een Natura 2000-status.

4 www.waterwijzer.nl

Op deze site van STOWA is veel informatie te vinden over effecten van waterhuishoudkundige ingrepen en over de hydrologische randvoorwaarden voor de natuur. Onder meer een goede ingang voor het Waterlood-instrumentarium.

7.3 MOGELIJKE MAATREGELEN

Doorgaans zinvolle hydrologische maatregelen zijn:

Maatregelen gericht op verbetering of herstel van het grondwaterregime gericht op het aanpassen van de (detail)ontwatering

Dempen van sloten en greppels, plaatsens of verwijderen van stuwen en dammen, omleiden van waterlopen, verondiepen van waterlopen. Bij het verondiepen van waterlopen moet de beek zelf niet worden vergeten. Deze is meestal een belangrijke oorzaak van de verdroging van de naastgelegen natuur. Verondiepen kan door (veel) zand in te brengen, door hier en daar een boom in de beek te leggen (deze zorgt zelf voor stagnatie van het zandtransport) of door een nieuwe (meanderende) loop te graven met een aanzienlijk minder diepe bedding (zie maatregelen in H6 Beekherstel).

Maatregelen gericht op de verbetering van de grondwaterkwaliteit in de wortelzone van de vegetatie

Bijvoorbeeld: herstel van natuurlijke buffering door herstel van kwel van basen- en ijzerrijk grondwater of vermindering van de inzijging van zuur regenwater, tegengaan van de inlaat van gebiedsvreemd water, herstel van droogvallen van oppervlaktewateren, beperken van versnelde wegzijging door langer vasthouden van gebiedseigen water of juist herstel van natuurlijke afvoeren (over maaiveld, via beken) om interne eutrofiëring tegen te gaan.

Maatregelen ter verbetering van de waterkwaliteit

Deze maatregel geldt op specifieke terreintypen zoals. Voorbeelden zijn het verlenen van de aanvoerweg van ingelaten nutriëntenrijk boezemwater, het toepassen van alternatieve 'bronnen' van inlaatwater, defosfateren, hydrologische isolatie, maatregelen voor het instellen van een natuurlijker en flexibeler peilregime en het inlaten

van gebufferd grondwater of oppervlaktewater in (zeer) zwak gebufferde vennen.

Maatregelen ter verbetering van het grondwaterregime

Ook deze maatregelen gelden op specifieke terreintypen. Voorbeelden zijn het aanleggen van bufferzones of compartimenteren van hoogvenen en begreppelen of bevloeien van natte schraallanden in beekdalen. Het begreppelen van natte schraalgraslanden heeft ook een keerzijde: grondwater wordt er snel door afgevoerd, waardoor de invloed van zuur regenwater toeneemt. Over het algemeen is begreppeling dus niet aan te raden of alleen in zeer specifieke situaties (zie hieronder). Bevloeiing is alleen aan te raden als het water niet zuur en bovendien fosfaaten zwavelarm is, dus nauwelijks beïnvloed door agrarische gebruik.

Het verwijderen van bosopslag

Het gaat om bosopslag die het gevolg is van verdroging (in combinatie met vermesting). Dit kan bijdragen aan verbetering van de hydrologische situatie door minder verdamping. Hierbij kan gedacht worden aan het verwijderen van bos van (lokale) inzigggebieden, verwijderen van berkenbossen van verdroogd veen, verwijderen van struweel van verdroogde moerassen. De maatregel is het meest effectief bij naaldbossen. Daarom kan ook de omvorming van naaldbos naar loofbos al een bijdrage leveren aan het herstel van de hydrologie.

(Bron: www.natuurkennis.nl → beheermaatregelen → verbeteren → hydrologische situatie)

In bijzondere situaties kunnen ook de volgende maatregelen worden ingezet:

Maaiveldverlaging

Door maaiveldverlaging (afgraven of plaggen) brengt u de vegetatie dichterbij het grondwater. Deze maatregel heeft een aantal belangrijke nadelen:

- Mogelijk draineert u hiermee onbedoeld andere grondwaterafhankelijke vegetatietypen.
- U verstoort de bodem ernstig en daarmee ook de zaadbank.
- Maaiveldverlaging is een erg dure en energie-intensieve maatregel. Door de verlaging neemt de berging af, waardoor de grondwaterstroom wordt aangetast. Daarnaast is 'het afgraven' een type maatregel dat hier niet de voorkeur krijgt, omdat deze niet past in de visie van voorliggende systeemanalyse.

De belangrijkste motieven om maaiveldverlaging toch toe te passen zijn het afvoeren van nutriënten of het vernieuwen van een verzuurde grasmat. Om dat goed te doen is maatwerk nodig. Vooral de diepte van het fosfaatfront bepaalt hierbij het succes. De details staan beschreven in de genoemde documentatiebronnen.

Begreppelen

Zie bijvoorbeeld: Hoogendoorn, J., Hydrologisch neutrale gebieden, Zuidlaardermeer. Publicatie in Landschap 2002-1 17-32.pdf en J.H. Hoogendoorn, 1990. Enige gedachtenvorming met betrekking tot eco-geohydrologie. TNO-rapport PN 90-01-A, Dienst Grondwaterverkenning TNO, Oosterwolde.

Omleiden waterloop met hoge belasting

Dit komt neer op het scheiden van waterstromen van verschillende kwaliteit. Soms worden waterstromen vermengd, waar isolatie van waterstromen beter bij de functies past.

Documentatie over herstelmaatregelen is opnieuw te vinden op:

www.natuurkennis.nl, bijvoorbeeld:

Beheermaatregelen

Ecohydrologie → Van analyse naar maatregelen → Knelpunten en maatregelen → Mogelijke maatregelen

En op <http://pas.natura2000.nl>

Bijvoorbeeld:

- Deel I → Herstelmaatregelen
- Deel I → Aanvullende uitbreidingsmogelijkheden, met onder meer beschouwingen over uitmijnen, afgraven/ontgronden, kappen bos, omvormen naaldbos
- Deel II → Profieldocumenten per habitatype, zie daarin de hoofdstukken 'Maatregelen gericht op functioneel herstel'

De effectiviteit van de diverse maatregelen is per habitatype en per stikstofgevoelig leefgebied beschreven en beoordeeld in de overzichtstabellen aan het eind van elk herstelstrategiedocument op <http://pas.natura2000.nl> → Documenten → Herstelstrategieën.

VOORBEELD: DE EMPESE EN TONDENSE HEIDE

De Empese en Tondense Heide is een ca. 120 ha groot natuurgebied nabij Voorst (Gelderland), gelegen tussen de oostelijke Veluwezoom en de IJssel. Het is een restant van het eertijds uitgestrekte heide- en beekdalenlandschap tussen Veluwe en IJssel met natte heiden, gagelstruwelen, blauwgraslanden, dotterbloemhooilanden, kleine-zeggenmoerassen en zwak gebufferde wateren. Het gebied was ernstig verdroogd waardoor sinds de jaren '60 van de vorige eeuw veel kenmerkende en bijzondere planten- en diersoorten zijn verdwenen. In en om het gebied lagen drie beken: de Veldbeek, de Oude Voorsterbeek en de Zilvense Broekbeek, waterlopen die in het kader van de ruilverkaveling Brummen-Voorst deels waren verlegd en sterk verdiept. De oude lopen waren blijven liggen. De eigenaar en beheerder Natuurmonumenten wilde een beheer- en inrichtingsplan, waarin de noodzakelijke maatregelen voor de bestrijding van de verdroging dienden te worden bepaald en uitgewerkt, opdat deze in samenwerking met agrariër Jaap Grolleman, waterschap Vallei en Eem en de provincie Gelderland konden worden uitgevoerd.

Om de noodzakelijke maatregelen te bepalen, werd een hydro-ecologische systeem-analyse uitgevoerd (zie Jansen et al., 2008). Voor deze systeem-analyse werden naast de gebruikelijk gehanteerde bronnen (het AHN, DINO-loket, oude vegetatiedata) aanvullend peilbuizen geplaatst, waarin waterstanden werden gemeten en grondwatermonsters genomen, diverse keren pH en EGV-metingen uitgevoerd in het oppervlaktewater, grondboringen verricht in verschillende raaien, het watergangstelsel in beeld gebracht (inclusief de afmetingen) en de verspreidingspatronen gekarteerd van indicatieve plantensoorten. Deze data waren eveneens van groot belang tijdens de voorbereiding en uitvoering van de maatregelen, zoals uiteindelijk opgenomen in het beheer- en inrichtingsplan (Jansen et al., 2013). Ze werden ingezet bij het bouwen van een hydrologisch model, waarmee de hydrologische effecten van verschillende maatregelencombinaties konden worden bepaald. Ter voorbereiding van de uitvoering werden nog gedetailleerde hoogtemetingen uitgevoerd om onnatuurlijke oppervlakkige blokkades voor de oppervlakkige afvoer van water over maaiveld te voorkomen. Naast de ecologische effecten werd met de modellering in beeld gebracht waar effecten voor de landbouw en bewoning zouden optreden. Met deze kennis konden gesprekken met betrokkenen worden gevoerd en passende mitigerende maatregelen worden getroffen. De maatregelen in en om het reservaat zijn opgenomen in de PAS-analyse (zie [figuur 68](#)). Ze zijn vanaf de nazomer 2013 tot in het vroege voorjaar van 2015 uitgevoerd, waarbij

de beken geheel of gedeeltelijk werden gedempt of verondiept. ‘Hermeandering’ heeft niet plaatsgevonden, aangezien de (gegraven!) beken altijd een recht verloop hebben gekend. Inmiddels heeft zich een uitgestrekt, nat gebied ontwikkeld met natuurlijke stagnatie en afvoer van water over maaiveld. De vegetatie vertoont al de eerste tekenen van herstel.

FIG 68 MAATREGELENKAART HYDROLOGISCH HERSTEL EMPESE EN TONDENSE HEIDE

(Bron: PAS-analyse Herstelstrategieën voor Landgoederen Brummen).

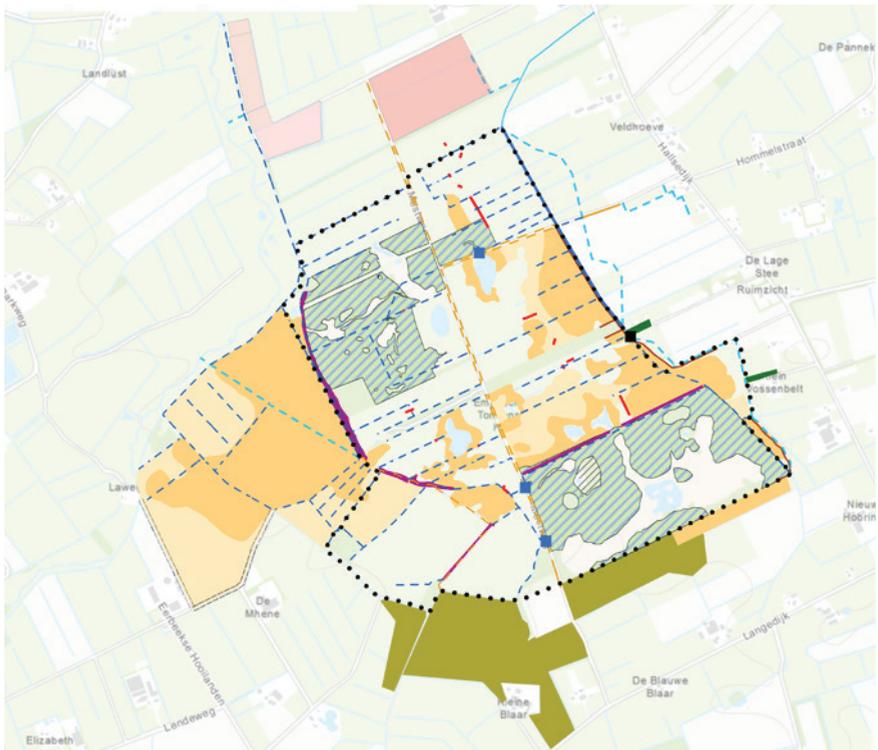


FIG 69 **HERSTELDE EMPESE EN TONDENSE HEIDE**

Na uitvoering van de maatregelen is een uitgestrekt nat, heide- en beekdallandschap ontstaan in de Empese en Tondense Heide. Situatie: februari 2016 (Foto: André Jansen).



Informatie

Jansen, A.J.M., A.M.J. Sloot, S. Soede & M. van Ham (2008). Herstel van Blauwgraslanden op de Empese en Tondense Heide. *De Levende Natuur* 100 (5): 197-204.

Jansen, A.J.M., A.T.W. Eysink, J.H. Bouwman & J.H.J. Thielemans (2013). Inrichtingsplan Empese & Tondense Heide & Eerbeekse Hooilanden: cultuurhistorische parels in nieuw perspectief. Rapport. Unie van Bosgroepen, Ede.



H8 INUNDATIE EN WATERBERGING

In hoofdstuk 5 is omschreven welke aspecten doorlopen moeten worden voor een systeem-analyse op stroomgebiedsniveau en standplaatsniveau. Sommige verdiepende aspecten zijn daarbij niet uitgewerkt, omdat deze alleen van toepassing zijn voor één specifiek vraagstuk.

In dit hoofdstuk zijn die aspecten van de hydrologische systeemanalyse uitgewerkt die specifiek vereist zijn voor een nieuwe waterberging. Naast de systeemanalyse komen ook herstelstrategieën en mogelijke maatregelen aan de orde.

8.1 AANVULLEND ONDERZOEK EN NADERE VRAGEN

8.1.1 Hoogteverschillen en reliëf



Kern

Het spreekt voor zich dat de analyse van een hoogtekkaart met voldoende detail-niveau van groot belang is voor de keuze van de meest geschikte locatie voor waterberging binnen het beekdal. Daarnaast is het zaak om uit historische kaarten de oorspronkelijke inundatievlakken (vaak aangeduid als hooiland of moerassige gronden) te herleiden.



Vraag

- Welke laag gelegen gebiedsdelen lenen zich voor inundatie en waterberging?



Aanpak

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none"> • Via het AHN2 de laagste gebieden selecteren als potentieel waterbergingsgebied. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gedetailleerde hoogteverschillen in het terrein: welke terreinen lopen als eerste onder? • Welke hoog gelegen gronden kunnen dienen als begrenzing van een waterbergingsgebied?
<ul style="list-style-type: none"> • Alternatief: raadplegen legger. 	<ul style="list-style-type: none"> • Zijn er regionale keringen die als begrenzing van een waterbergingsgebied kunnen dienen?
<ul style="list-style-type: none"> • Analyse van historische kaarten van 1850 - 1900 of eerder. 	<ul style="list-style-type: none"> • Waar lagen vroeger de moerassige gronden en hooilanden?



Informatie

<http://www.topotijdreis.nl> van het Kadaster. Zoom in op de kaart en scroll in de tijdbalk om te zien hoe het gebied in afgelopen 200 jaar veranderd is.

8.1.2 Samenstelling van het grondwater (ESF-r2)



Kern

Wanneer een waterberging is voorzien zonder ecologisch (neven)doel, zijn geen verdere onderzoeken nodig. Als er wel sprake is van een natuurdoelstelling, is het raadzaam om na te gaan in hoeverre er sprake is van een aan grondwater gebonden vegetatietype. Als dat het geval is, is nader onderzoek gewenst.

Het heersende gedachtegoed is namelijk dat ook bij een aantal schralere natuurdoelen een combinatie met waterberging mogelijk is, mits de grondwaterstand hoog is in de winter, van goede kwaliteit is en er niet of nauwelijks zomerinundatie plaatsvindt.

Onder goede kwaliteit grondwater wordt verstaan: goed gebufferd, voedselarm grondwater. Deze stelling is echter niet onomstreden. Beumer et al. (2007) hebben er bijvoorbeeld geen bewijs voor gevonden.

Er is inmiddels wel consensus over de mening dat blauwgraslanden en kalkmoerasvegetaties zeker niet gebaat zijn bij inundatie met oppervlaktewateren. Inundatie is mogelijk wel te combineren met een aantal minder kritische vegetatietypen. Maar ook daar geldt: 'bezint voor men begint'. De onderstaande vragen en werkwijzen kunnen daar bij helpen.



Vragen

- Wat is de specifieke samenstelling van het grondwater in het potentiële waterbergingsgebied?
- Is de specifieke samenstelling van het grondwater een cruciale factor voor het ecologisch neven doel van het gebied? (bijvoorbeeld meer of minder gebufferd door calcium en bicarbonaat)?
- In hoeverre wordt dit grondwatertype door het toelaten van inundatie negatief beïnvloed?



Aanpak

Wanneer sprake is van ecologische nevendoelelen, kan de aanbevolen werkwijze gevolgd worden uit hoofdstuk 5.7.



Informatie

Beumer, V., G. van Wirdum, G., B. Beltman, B., J. Griffioen, J. & J. T. A. Verhoeven (2007). Biogeochemical consequences of winter flooding in brook valleys. *Biogeochemistry* 86: 105-121.

8.1.3 Het oppervlaktewatersysteem

8.1.3.1 Profielen (ESF-r6 en -r7)



Kern

Bij de theoretische (legger)profielen ontbreekt vaak informatie over de maaiveldhoogte aan de oever van de beek (hoogte van de insteek). Deze informatie is nodig om een beter beeld te hebben van de locatie van inundatie.



Vragen

- Op welke NAP-hoogte ligt de insteek (knikpunt maaiveld-watgang)?
- Wat is de maaiveldhoogte op de flanken van het beekdal?



Aanpak

Bij gemeten profielen (beheerregister) zijn de gewenste gegevens over het knikpunt maaiveld-watgang vaak wel voor handen (zie dan paragraaf 5.8.3). Als de meetgegevens niet beschikbaar zijn, geldt de volgende aanpak.

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none"> • Handmatig in GIS de aanliggende maaiveldhoogtes uit de AHN2 halen en toevoegen aan de leggerprofielen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Insteekhoogte in m NAP om te achterhalen wanneer aanliggend land geïnundeerd zou worden.

8.1.3.2 Afvoerdynamiek (ESF-r1 en -r9)



Kern

Voor waterberging met ecologische doelen is met name inzicht in de duur van de inundatie van belang. Deze is weer van belang voor de inundatietolerantie (zie volgende paragraaf 8.1.3.3 Inundatietolerantie).



Vragen

- Vanaf welk moment of vanaf welke peil treedt inundatie op in de voorziene berging?
- Hoe lang duurt een inundatie bij verschillende afvoeren?



Aanpak

Om te bepalen wat de potentiële duur van inundatie in de beoogde berging is, is inzicht nodig in het verloop van het waterpeil in de tijd. Dit kan op twee manieren. Handmatig door het verschalen van meetreeksen van peil of afvoer. Of via een oppervlaktewatermodel.

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none"> • Vertalen peil uit meetreeks naar debiet via standaard overlaatformule (wanneer peil bij overlaat gemeten is). 	<ul style="list-style-type: none"> • Van welke debieten is er sprake?
<ul style="list-style-type: none"> • Naar rato van afvoerend oppervlak vertalen debiet naar het debiet ter plaatse van de beoogde waterberging. 	<ul style="list-style-type: none"> • Welk debiet kan toegekend worden aan de situatie ter hoogte van het interessegebied?
<ul style="list-style-type: none"> • Vertalen debiet naar waterpeil ter plaatse van de waterberging via dwarsprofiel, verloop in watergang en Manning formule. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tot welke waterstand leiden de berekende debieten ter hoogte van het interessegebied. En wanneer leidt dit tot inundatie?
<ul style="list-style-type: none"> • Peilen uit model herleiden ter plaatse van de beoogde berging. 	<ul style="list-style-type: none"> • Welke peilen zijn er berekend en bij welk peil leidt dit tot inundatie?

8.1.3.3 Inundatietolerantie

De inundatietolerantie van natuur speelt een rol wanneer een berging voorzien is met een ecologisch doel. Deze relatie is reeds uiteengezet in het voorgaande hoofdstuk (paragraaf 7.1.2.2). Een andere vraag is of het voorziene inundatiepatroon bij het beoogde natuurdoel aansluit. Zie daarvoor paragraaf 8.1.3.4.

8.1.3.4 Inundatiepatroon



Kern

In de beschrijving van de afvoerdynamiek in paragraaf 5.8.2 zijn de statistieken van de verschillende afvoersituaties bepaald. Wat nog specifiek voor waterberging ontbreekt, is de kennis van hoe het beekdal in de praktijk reageert bij deze afvoer-

situaties en welke sturende rol de beheerders daarin hebben.

Ook de toetsing aan de hand van historische kaarten waarop moerassige beekdalvlaktes (inundatievlaktes) vaak met een specifieke legendaanwijzing zijn ingetekend, kan waardevol zijn (zie ook paragraaf 8.1.1 Hoogteverschillen en reliëf).



Vragen

- Hoe wordt gestuurd tijdens piekafvoeren?
- Wat is de reactiesnelheid van het systeem op de neerslag, berging en vertraging?
- Hoeveel water wordt er op welke plaats geborgen?
- Wat is de inundatiefrequentie bij verschillende beekpeilen?
- Welke functies worden door de inundatie beïnvloed?
- Wat is de inundatieduur van percelen met een natuurfunctie?
- Is er sprake van natuurlijke oeverwallen of kunstmatige (zomer)kaden en wat is hun rol bij de inundatie?
- Zijn er polders (lagere delen die gescheiden van de beek liggen, nader bij normalisatie de beek omkaad is, waardoor de laagtes nu onderbemalen worden) in het beekdal waar de berging gestuurd wordt of kan worden?
 - Polders die opengezet worden t.b.v. waterberging?
 - Polders die dichtgezet worden t.b.v. retentie (gestuurde berging)?



Aanpak

Aan de hand van beekpeilen en maaiveldhoogte vaststellen welke vlaktes het eerst inunderen en waar het water het langst blijft staan.

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none"> • Kaart van inundatiepeil herleiden <ul style="list-style-type: none"> - Peilen bij piekafvoer per rekenpunt uit SOBEK 1D. - Inladen in GIS. - Peilen vlakdekkend maken m.b.v. interpolatie. - AHN2 maaiveld aftrekken van geïnterpoleerd peil. - Negatieve waarden geven potentiële inundatievlakte. • Alternatief is een inundatiekaart herleiden uit SOBEK 2D. • Verifiëren inundatiepatroon bij peilbeheerders en via luchtfoto's gemaakt tijdens specifieke situaties. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bij welk peil raakt welk gebied geïnundeerd? • Komt het gegenereerde beeld overeen met het beeld van gebiedskenners?

8.1.4 Samenstelling van het oppervlaktewater



Kern

Wanneer een waterberging is voorzien zonder ecologisch (neven)doel zijn geen verdere onderzoeken nodig. Als er wel sprake is van een gewenst natuurdoel is het raadzaam om na te gaan wat de waterkwaliteit van het inundatiewater is en in hoeverre de mogelijke vegetatietypen daardoor beïnvloed worden.

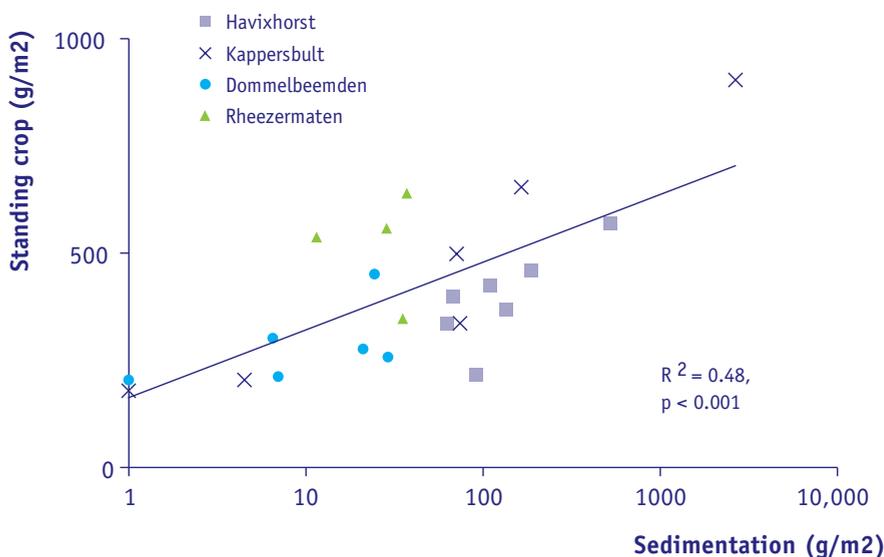
In de literatuur wordt daarbij vaak een relatie gelegd met de stoffen die zowel opgelost als in gebonden toestand in het inundatiewater zitten. Tegelijk wordt gesteld dat er nog weinig over bekend is en dat verschillende onderzoeken elkaar tegen spreken (Sival et al. 2007).

Beumer et al. (2007) hebben op basis van metingen kunnen stellen dat er geen relatie is tussen de mate van indringen van beekwater en de grondwaterstand. Daaruit mag afgeleid worden dat de voedselrijkdom van het inundatiewater wellicht een minder prominente rol speelt dan gedacht.

De factor sedimentatie blijkt een belangrijke factor te zijn, los van chemische verontreinigingen of voedingsstoffen. Runhaar en Jalink (2014; zie [figuur 70](#)) hebben data van Sival (2010) en Runhaar en Jansen (2004) gecombineerd. Door deze gegevens te combineren, blijkt dat de gewasproductie samenhangt met de afzetting van sediment.

FIG 70 **RELATIE TUSSEN GEWASPRODUCTIE EN SEDIMENTATIE**

Relatie tussen gewasproductie en sedimentatie op basis van de gegevens van Runhaar & Jansen (2004) en Sival et al (2010) (Bron: Memo van Runhaar en Jalink (2014) aan waterschap De Dommel).



Op basis van gegevens tussen gewasproductie en vegetatietypen (zie 7.1.4.) kan vervolgens worden herleid welk vegetatietype bij welke sedimentatie zou kunnen passen. Door stapeling van factoren neemt de onzekerheid echter fors toe.



Vragen

- Welke waterkwaliteit heeft het inundatiewater?
- Welke gehalten nutriënten en zware metalen zijn aan slib gebonden?

-
- In hoeverre beïnvloedt deze kwaliteit het beoogde vegetatietype?
 - Stroomt het inundatiewater via bemeste percelen gebieden met natuurwaarden binnen?
 - Welk vegetatietype is mogelijk bij deze kwaliteit inundatiewater?

Aanpak

De mate van sedimentatie laat zich niet voorspellen. Indicatief kan naar het stromingspatroon bij inundatie gekeken worden. Immers, waar stilstaand water voorkomt, bezinkt materiaal.

Maar voor een goed beeld is intensieve monitoring nodig. De beste methode daarbij zijn sedimentatiematjes: matjes die willekeurig in de inundatievlakte worden gelegd en zo vaak en zo snel mogelijk na inundatie worden gelegegd. Het gesedimenteerde materiaal wordt daarbij gewogen en eventueel wordt de korrelgrootteverdeling gemeten.

Echter, op een plaats waar nu geen waterberging ligt, is ook geen monitoring van sedimentatie bij inundatie te verrichten. Als in de nabijheid vergelijkbare locaties aanwezig zijn, kunnen daar metingen worden uitgevoerd.

Informatie

Beumer, V., G. van Wirdum, G., B. Beltman, B., J. Griffioen, J. & J. T. A. Verhoeven (2007). Biogeochemical consequences of winter flooding in brook valleys. *Biogeochemistry* 86: 105-121.

Runhaar, J. en M.H. Jalink (2007). Overstroming en Natuur: een natuurlijk samengaan? Werkgroep Waterberging en Natuur Noord-Brabant. Rapport KWR 07.004, Kiwa Water Research, Nieuwegein.

Sival, F.P., M.J.P.M. Riksen, L. Verbeek & E.J. van der Lippe (2007). Hermeandering, waterberging en natuurontwikkeling in het Beerzedal: case de Logtse Baan. Alterra, Wageningen. Alterra-rapport 1576.

8.1.5 Hydrologische eigenschappen van de bodem

Kern

Gedurende inundatie vinden allerlei bodemkundige reacties plaats die anders niet plaatsvinden. Mede door de zuurstofarme omstandigheden kan fosfaat vrijkomen en soms ook toxische stoffen.



Vraag

- Is er kans op het vrijkomen van toxische en andere ongewenste stoffen?



Aanpak

De algemene hydrologische eigenschappen van de bodem zijn reeds afdoende omschreven in paragraaf 5.10. Ten aanzien van de bodemchemische reacties zijn geen aanvullende gegevens nodig. Voor een goed begrip van deze processen wordt verwezen naar onderstaande informatie.



Informatie

Beumer, V., G. van Wirdum, G., B. Beltman, B., J. Griffioen, J. & J. T. A. Verhoeven (2007). Biogeochemical consequences of winter flooding in brook valleys. *Biogeochemistry* 86:105-121.

8.1.6 Samenstelling van de bovenste bodem



Kern

Afhankelijk van de ecologische ambitie van de waterberging is het noodzakelijk om de bodemopbouw goed in beeld te brengen. In beekdalen is vaak met grond geschoven. Kanalisatie, afdamming, dempen van meanders, ophogen van gronden, intensieve agrarische productie etc. Wanneer sprake is van huidig intensief agrarisch gebruik kan dat tot ongewenste effecten leiden bij inzet voor berging. Nutriënten komen plots vrij en ruigtevegetatie ontstaat.



Vragen

- Is er sprake van storende lagen in de ondergrond (bijv. keileem- en kleilagen en veenpakketten?) die ter plaatse kunnen zorgen voor een geringe berging in de bodem?
- Liggen deze lagen onder het hele onderzoeksgebied? Zo ja, wat is dan de ruimtelijke verdeling ervan?
- In hoeverre is sprake van een homogene bodemopbouw? Of is deze verstoord als gevolg van bijv. eerdere ruilverkavelingen en kanalisaties?
- Hoeveel nutriënten bevat de bodem en tot op welke diepte?
- Is sprake van mobiele of gebonden nutriënten (m.n. fosfaat)?
- Is bij inundatie het plotseling vrijkomen van grote hoeveelheden nutriënten te verwachten?
- Welke vegetatiepotentie past bij de aangetroffen voedselrijkdom?



Aanpak

De methodiek ten aanzien van bodemopbouw is reeds in paragraaf 5.10 beschreven. De methodiek voor specifiek de bodemkwaliteit van de bovenste bodem staat in paragraaf 7.1.4 beschreven.

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none"> • Bodemopbouw 	<ul style="list-style-type: none"> • Zie paragraaf 5.10
<ul style="list-style-type: none"> • Bodemkwaliteit 	<ul style="list-style-type: none"> • Zie paragraaf 7.1.4

Om na te gaan welke vegetatie past bij de aanwezige bodemkwaliteit en inundatietype kan bijvoorbeeld de Beoordelingsmethodiek Overstroming Beekdalen van Beumer et al. (2009) gehanteerd worden.



Informatie

Beumer V.(ed), Van Wirdum G., Sival F.P., Besselink D., Verhoeven J.T.A., Van Delft S.P.J., Ellen, G-J. en Lebbink, M.J.I. (2009). Beoordelingsmethodiek Overstroming Beekdalen (BOB). SKB-projectnummer: PP8347

8.1.7 Ecologische indicatoren



Kern

Een analyse van ecologische indicatoren is voor de planvorming van een waterbergingsproject alleen relevant als er sprake is van een ecologisch (neven)doel.



Vragen

- Welke ecologische indicatoren kenmerken het gebied?
- Voor welke sturende hydrologische factoren zijn deze typerend?
- Welk vegetatietype heeft het gebied dat mogelijk als waterbergingsgebied wordt ingezet?



Aanpak

De te volgen werkwijze voor indicatoren is beschreven in paragraaf 5.11. Op basis van de vegetatiekenmerken kan het *huidige* vegetatietype worden benoemd. Inzet van een vegetatiekundige is daarbij essentieel. Nadat ook andere factoren bekend zijn, kan via de Beoordelingsmethodiek Overstroming Beekdalen van Beumer et al. (2009) een schatting gemaakt worden van de *toekomstige* natuurdoeltypen.

WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none"> • Vegetatietype bepalen op basis van vlakdekkende vegetatieopnamen. • Vegetatiekundige benaderen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Herleiden van indicatoren.
<ul style="list-style-type: none"> • Natuurdoeltype bij waterberging bepalen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Beoordelingsmethodiek Overstroming Beekdalen.

Informatie

Beumer V.(ed), Van Wirdum G., Sival F.P., Besselink D., Verhoeven J.T.A., Van Delft S.P.J., Ellen, G-J. en Lebbink, M.J.I. (2009). Beoordelingsmethodiek Overstroming Beekdalen (BOB). SKB-projectnummer: PP8347

Schaminée, J.H.J. et al. (1995). De vegetatie van Nederland. *Delen I tot en met V*. Opulus Press, Uppsala, Leiden.

8.2 SYNTHESE EN HERSTELSTRATEGIEËN

Hoewel wetenschappelijk gezien nog veel onduidelijk is over de combinatie van waterberging en natuur kan het in sommige gevallen goed samen gaan. In het geval van echt voedselarme systemen, zoals blauwgraslanden, is inundatie per definitie ongewenst. Debet aan het gebrek aan kennis is inzicht in de ruimtelijke spreiding van sedimentatie, te weinig meetgegevens van gebonden stoffen en het ontbreken van kostbaar onderzoek (Hermus et al., 2011).

Soms leidt onderzoek ook tot tegenstrijdige resultaten, zoals blijkt uit literatuuronderzoek van Sival et al., 2007. Daarnaast ontbreekt het simpelweg aan experimentele onderzoeken om relaties vast te kunnen stellen (Runhaar en Jalink, 2014).

Wel zijn in de kern twee pijlers te benoemen die helpen bij de systeemanalyse voor en het ontwerp van een waterberging:

- 1 Gradiënten;
- 2 Tools koppeling waterberging & vegetatie.

Informatie

Hermus, M., D. Besselink, J. Olthof en V. Beumer (2011). Waterberging en natuur: gebiedsspecifiek voorspellen van overstromingseffecten. H2O 07-2011.

Sival, F.P., M.J.P.M. Riksen, L. Verbeek & E.J. van der Lippe (2007). Hermeandering, waterberging en natuurontwikkeling in het Beerzedal: case de Logtse Baan. Alterra, Wageningen. Alterra-rapport 1576.

8.2.1 Gradiënten

Leefgemeenschappen worden gevarieerder naarmate in het gebied meer gradiënten aanwezig zijn. Gradiënten kunnen betrekking hebben op de schaal nat - droog, maar ook op andere schalen zoals voedselrijk - voedselarm, basenrijk - zuur etc.

Gradiënten zijn er in de lengte van het beekdal en in de breedte van de beek. Voor de planning en het ontwerp van een waterberging is het belangrijk om te weten waar het project zich in het beekdal bevindt. Naar gelang de positie variëren ook de gradiënten in hydrologische eigenschappen en daarmee bijvoorbeeld ook de vegetatietypen.

8.2.1.1 Gradiënten in de lengte

Inundatie vindt lang niet overal in het beekdal van nature plaats. De bovenlopen en bronnen zijn van nature niet of nauwelijks onderhevig aan inundatie, terwijl het benedenstrooms juist thuis hoort in het systeem. De onderstaande [tabel 9](#) kan hulp bieden bij het nagaan waar een waterberging in het systeem past.

TABEL 9 MOGELIJKHEDEN VOOR EN OPPERVLAK VAN WATERBERGING

Mogelijkheden voor en oppervlak van waterberging als functie van de lengterichting van het beekdal (vrij naar Werkgroep Waterberging en Natuur Noord-Brabant, 2007)

GEBIEDSTYPE	MOGELIJKHEID	OPPERVLAK
Inzigggebied en bron	Niet	Nihil
Bovenloop	Niet, soms zeer lokaal	Nihil, lokaal beperkt
Middenloop smal	Lokaal	Beperkt
Middenloop breed	Vaak	Groot
Benedenloop	Altijd	Groot

i Informatie

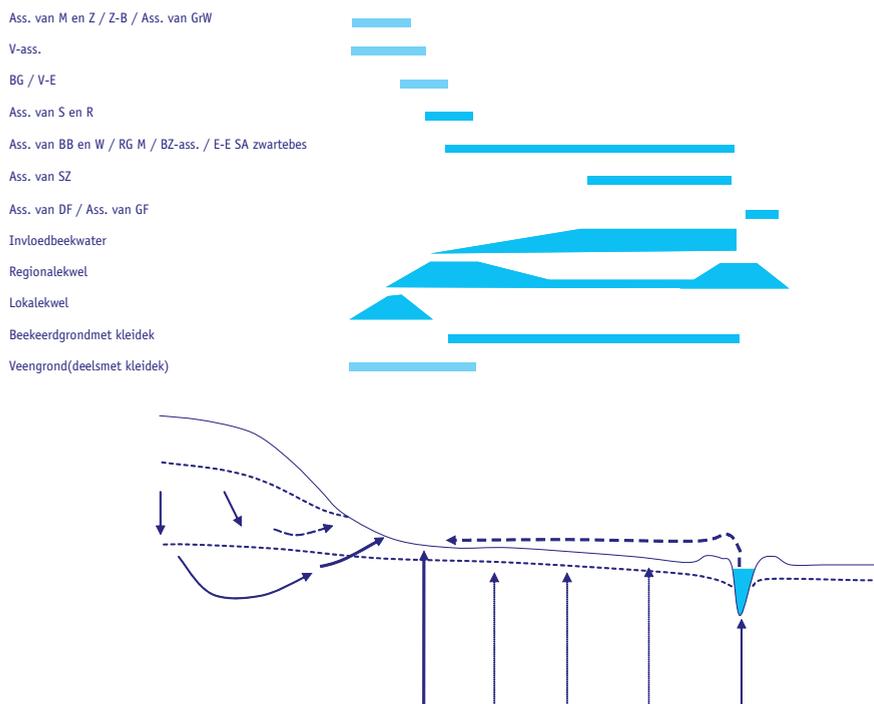
Runhaar, J. en M.H. Jalink (2007). Overstroming en Natuur: een natuurlijk samengaan? Werkgroep Waterberging en Natuur Noord-Brabant. Rapport KWR 07.004, Kiwa Water Research, Nieuwegein.

8.2.1.2 Gradiënten in de breedte

Het Preadvies beekdallandschappen beschrijft diverse beektypen. In het Preadvies worden zes typen onderscheiden waarbij in handige dwarsprofielen informatie is opgenomen over vegetatietypen, bodemtype, grondwaterinvloed en inundatie (zie ook 5.14). Deze profielen, zoals onderstaande (figuur 71), bieden houvast voor de voorbereiding van een waterberging.

FIG 71 VOORBEELD GRADIËNT VAN BEEKDAL MET LOKALE KWEL EN OVERSTROMING

In de tabel boven de figuur is gearceerd weergegeven op welke plek in het beekdal de eigenschap zich voordoet (Bron: Aggenbach et al., 2009).





Informatie

Aggenbach, C.J.S., D. Groenendijk, R.H. Kemmers, H.H. van Kleef, A.J.P. Smolders, W.C.E.P. Verberk, P.F.M. Verdonschot (2009). Preadvises Beekdallandschappen. Knelpunten, kennislacunes en kennisvragen voor natuurherstel in beekdalen. Directie Kennis, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. Rapport DK nr. 2009/dk107-O. <http://edepot.wur.nl/143983>.

8.2.2 Tools koppeling waterberging & vegetatie

Wanneer er ook sprake is van ecologische doelen zijn dat vaak doelen voor de terrestrische vegetatie. Meerdere systeemeigenschappen bepalen de (on)mogelijkheden van de combinatie van waterberging met specifieke natuurdoelen. In deze paragraaf komen drie middelen aan bod die daarbij hulp kunnen bieden.

8.2.2.1 Een eerste handreiking

De Werkgroep Waterberging en Natuur Noord-Brabant (2007) geeft in een samenvattende tabel (zie tabel 10) aan wanneer er sprake is van een (on)gunstige of voorwaardelijke combinatie van waterberging en natuurdoelen.

TABEL 10 **BEORDELING SAMENGAAN WATERBERGING EN NATUURDOELEN**

(Bron: Werkgroep Waterberging en Natuur Noord-Brabant, 2007).

BEORDELING	SITUATIE	VOORBEELD
Ongunstig	In een beoogde overstromingsvlakte wordt gestreefd naar behoud of ontwikkeling van doeltypen die niet zijn te combineren met regelmatige overstroming.	Laag productieve, zwak of niet gebufferde systemen (heide, blauw grasland, vennen, arme bossen).
Voorwaardelijk gunstig	In een beoogde overstromingsvlakte wordt gestreefd naar doeltypen die in principe goed te combineren zijn met overstroming. maar waterkwaliteit is mogelijk onvoldoende.	Matig- productieve, goed gebufferde systemen (dotterbloemhooilanden, grote-zeggenvegetaties, stroomdalgraslanden, elzenbroekbos).
Gunstig	In beoogde overstromingsvlakte wordt gestreefd naar doeltypen die goed zijn te combineren met overstroming met voedselrijk water.	Zeer productieve natte systemen (moerassen).



Informatie

Runhaar, J. en M.H. Jalink (2007). Overstroming en Natuur: een natuurlijk samengaan? Werkgroep Waterberging en Natuur Noord-Brabant. Rapport KWR 07.004, Kiwa Water Research, Nieuwegein.

8.2.2.2 Beoordelingsmethodiek Overstroming Beekdalen

De B.O.B. (Beoordelingsmethodiek Overstroming Beekdalen) is ontworpen met enkele doelen voor ogen, waarvan de onderstaande twee doelen naadloos aansluiten als slotstuk van de systeemanalyse voor het thema waterberging (Beumer et al., 2009):

- 1 De gebruiker een protocol aan te reiken hoe en welke bodem-, water- en vegetatiegegevens te verzamelen bij het schatten van overstromingseffecten in beekdalen, en hoe deze te interpreteren.
- 2 Een onafhankelijke en objectieve uitspraak te kunnen doen over de haalbaarheid van natuurdoeltypen onder gegeven hydrologische condities.

De B.O.B. is een beoordelingsmethodiek gebaseerd op bestaande kennis. Deze is vormgegeven in een stappenplan, waarbij per stap de gebruiker gevraagd wordt om informatie over de bestaande situatie op te halen. De gebruiker wordt zo stapsgewijs meegenomen en komt uiteindelijk uit bij een natuurdoeltype dat aansluit bij de beoogde waterberging. In [figuur 72](#) is een voorbeeld van een dergelijk schema opgenomen.



Informatie

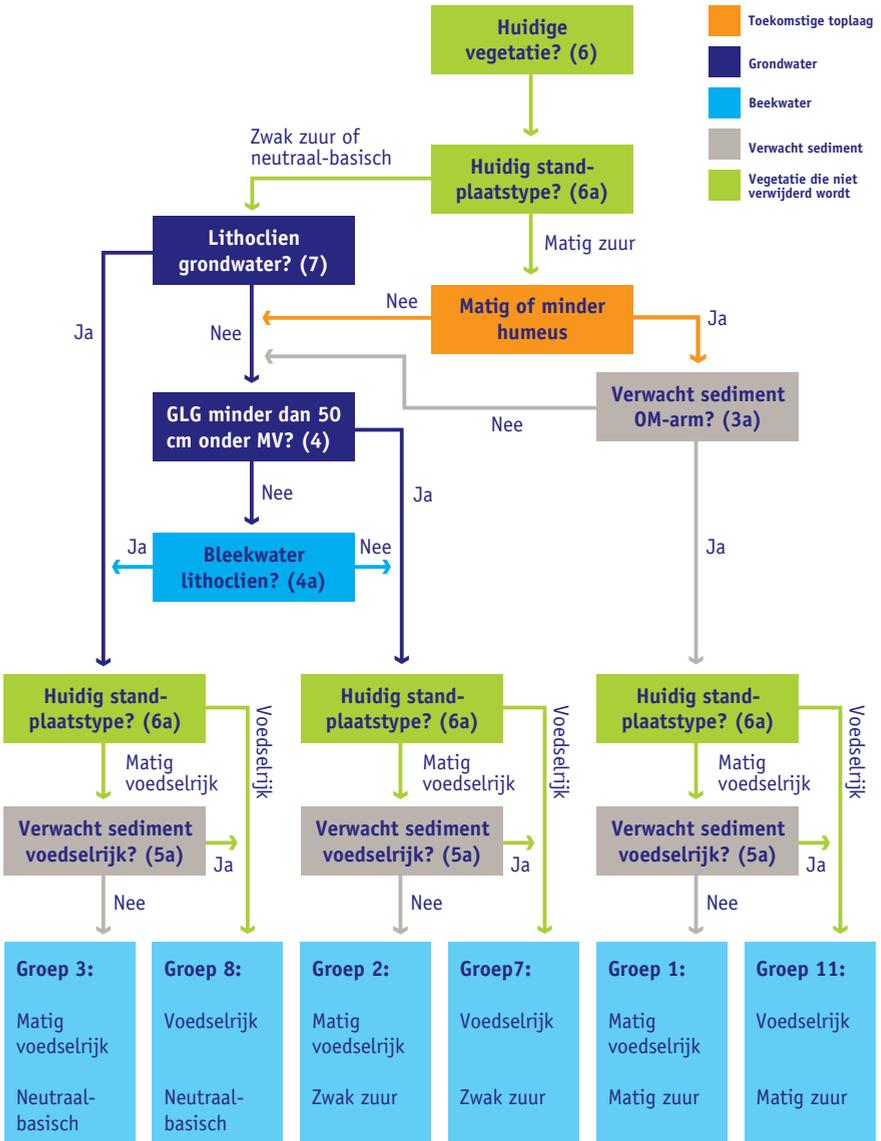
Beumer V.(ed), Van Wirdum G., Sival F.P., Besselink D., Verhoeven J.T.A., Van Delft S.P.J., Ellen, G-J. en Lebbink, M.J.I. (2009). Beoordelingsmethodiek Overstroming Beekdalen (BOB). SKB-projectnummer: PP8347

8.2.2.3 Berekeningen Waternood

In het Waternoodinstrumentarium (Arcadis, 2007) is de koppeling gelegd tussen (geo)hydrologische systeemeigenschappen en natuurdoelen. Wanneer in een model (geo)hydrologische berekeningen uitgevoerd zijn, kunnen de resultaten via dit instrumentarium getoetst worden aan de systeemeisen van natuurdoeltypen. De output is de doelrealisatie: de mate waarin de waterhuishouding voldoet. De doelrealisatie is 100% wanneer de functie zonder enige hydrologische beperking kan worden vervuld, en 0% wanneer de hydrologische condities zodanig zijn dat de functie niet kan worden vervuld.

FIG 72 **BEORDELINGSMETHODIEK OVERSTROMING BEEKDALEN**

Eén van de vier stroomschema's uit de Beoordelingsmethodiek Overstroming Beekdalen, voorbeeld "regelmatig overstroomd, bovengrond niet verwijderd" (Bron: Beumer et al. 2009). Op basis van huidige fysische, chemische en ecologische eigenschappen van een gebied wordt voorspeld welk natuurdoeltype mogelijk is bij toekomstige waterberging.



WAT MOET IK DOEN?	WELKE INFORMATIE HEB IK NODIG?
<ul style="list-style-type: none"> • In Waternood invoeren van: <ul style="list-style-type: none"> - berekende grondwater grid c.q. rasterbestand GLG (zomer) en GVG (voorjaar); - berekende grid c.q. rasterbestand kwelkaart; - GIS-kaart met natuurdoeltypen, habitattypen of vegetatietypen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Doelrealisatie bepalen bij verschillende grondwatersituaties.

➤ *NB. Tijdens het schrijven van dit handboek werd al langere tijd gewerkt aan een actualisatie van het Instrumentarium (project Waterwijzer), maar resultaten waren nog niet voor handen. Dit project loopt via de STOWA.*

i Informatie

Van Driel, D.J. en M. Boss (2007). Gebruikershandleiding en programmatuur Waternood. Arcadis. STOWA rapport 2007-19. ISBN 978.90.5773.381.9.

8.3 MAATREGELEN: OPTIMALISATIE BIJ NATUURDOELEN

De waterberging wordt als vlakte langs een beek of waterloop aangelegd, waarbij de omvang en het hydraulisch functioneren vaak via een oppervlaktewatermodel worden doorgerekend. Wanneer de berging een agrarisch gebruik blijft hebben, wordt het ontwerp doorgaans nog getoetst op inundatiefrequentie en drooglegging. Daarmee is het systeemontwerp grofweg gereed.

Wanneer er ook ecologische nevedoelen zijn, dient kritischer naar het ontwerp gekeken te worden. De waterkwaliteit van het inundatiewater, de aanwezigheid van grondwater, de afstand tot de beek en het sedimentatiekarakter spelen allemaal een rol. Precieze correlaties zijn moeilijk te leggen doordat er veel variabelen in het spel zijn én deze ook nog een ruimtelijke variatie hebben.

8.3.1 Ontwerp

Ondanks de complexe materie hebben Sival et al. (2007) en de Werkgroep Waterberging en Natuur Noord-Brabant (2007) een aantal concrete aanbevelingen gedaan ten aanzien van het ontwerp:

-
- Er moet ruimte zijn voor een natuurlijk functionerend beekdalsysteem:
 - natuurlijke gradiënten in grondwater, beekwater en regenwater moeten kunnen ontstaan;
 - er kan bijvoorbeeld sprake zijn van een flauw oplopend maaiveld met een zandige oeverwal, waarachter minder snel inundatie plaatsvindt.
 - Er moeten voldoende mogelijkheden zijn voor de fauna om tijdens overstromingen uit te wijken naar hogere delen binnen het dal of naar de beekdalflanken en om het overstroomde gebied opnieuw te kunnen koloniseren.
 - De lokalisering en invulling van de natuurdoeltypen moet worden afgestemd op de natuurlijke gradiënten waarin ook overstroming een rol speelt.
 - Het overstromingsregime qua tijdstip, duur en herhalingstijd moet overeenstemmen met datgene wat van nature verwacht mag worden.

Randvoorwaarde voor het succesvol inrichten van een berging met natuurdoel is dat het oppervlaktewater niet te vervuild is en niet sterk voedselrijk is door met name slib.

8.3.2 Kansen voor broekbos

Veel broekbossen zijn in Nederland verdwenen of ernstig verdroogd. De zoektocht naar ruimte voor berging van water brengt ons weer terug naar diezelfde broekbossen. Ook voor broekbos geldt echter dat de waterkwaliteit en het moment van inundatie belangrijke aspecten zijn.

OBN (geen datum) heeft een overzichtelijk naslagwerk opgesteld, waarin per bos-type de belangrijkste eigenschappen zijn genoemd. Deze worden begeleid door dwarsprofielen zoals in [figuur 73](#).

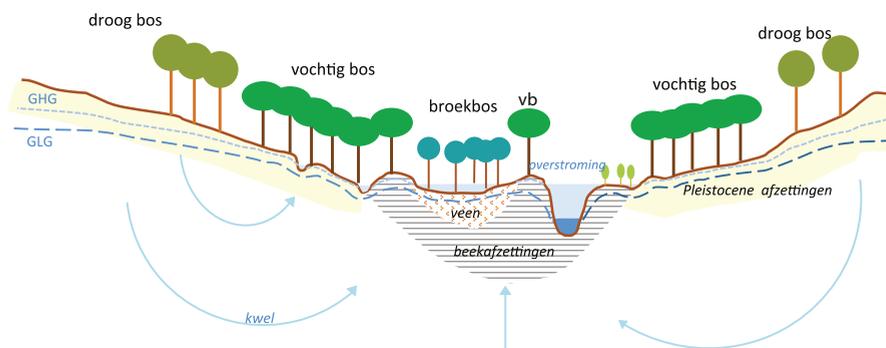
➤ NB. Wanneer broekbos zich in de overstromingsvlakte van een beek ontwikkelt, zal dit verruwing c.q. toename van de weerstand opleveren ten opzichte van een beekdal met agrarisch grasland.

📄 Informatie

Vochtige bossen, tussen verdrogen en nat gaan. OBN (geen datum), <http://edepot.wur.nl/371572>.

FIG 73 DWARSPROFIEL BEEKDALBOS

(Bron: OBN: <http://edepot.wur.nl/371572>).



8.3.3 Beheer

Een belangrijke kanttekening die de Werkgroep Waterberging en Natuur Noord-Brabant (2007) bij het beheer van inundatiegebieden maakt, is dat dit soms intensiever is dan zonder overstroming (b.v. maaien en afvoeren i.p.v. beweiding) vanwege de extra aanvoer van nutriënten met overstroming (die ook bij een natuurlijke waterkwaliteit optreedt).

Sival et al. (2007) geven aan dat met name in de eerste periode na uitvoering de massale opslag en verrijking moet worden tegengegaan, om te voorkomen dat de gewenste kruidlaag wordt onderdrukt.

Omdat afgraven van de voedselrijke toplaag niet direct de voorkeur heeft, is uitmijnen mogelijk interessant. Daar zijn diverse ervaringen mee opgedaan. Wel is het een kwestie van de lange adem om de fosfaatgehalten terug te dringen en een verschraling van de vegetatie waar te nemen (Louis Bolk Instituut, 2010). Bijkomend voordeel is wel dat de agrariër niet direct uitgekocht hoeft te worden, maar dat deze actief kan blijven.



Informatie

Louis Bolk instituut (2010). Fosfaat uitmijnen op natuurpercelen met gras/klaver en kalibemesting. Handreiking voor de praktijk. <http://www.louisbolk.org/downloads/2402.pdf>.

Runhaar, J. en M.H. Jalink (2007). Overstroming en Natuur: een natuurlijk samengaan? Werkgroep Waterberging en Natuur Noord-Brabant. Rapport KWR 07.004, Kiwa Water Research, Nieuwegein.

Sival, F.P., M.J.P.M. Riksen, L. Verbeek & E.J. van der Lippe (2007). Hermeandering, waterberging en natuurontwikkeling in het Beerzedal: case de Logtse Baan. Alterra, Wageningen. Alterra-rapport 1576.





NAWOORD

Met dit nawoord besluiten wij dit handboek Ecohydrologische Systemanalyse Beekdallandschappen. In dit handboek hebben wij gepoogd beginnende én gevorderde (geo)hydrologen, (eco)hydrologen, beleidsambtenaren, adviseurs en anderen handvatten te bieden voor een systematische benadering van ecohydrologische vraagstukken in beekdallandschappen. De noodzaak om dergelijke vraagstukken systematisch aan te pakken is voor STOWA en OBN het belangrijkste motief om dit handboek uit te brengen.

Er zijn teveel voorbeelden waar projecten zijn mislukt of waarin de verkeerde oplossingen zijn gekozen, domweg omdat men zich te weinig de juiste vragen had gesteld. Vaak gebeurde dat omdat men ten onrechte dacht snel en goedkoop uit te zijn met een minimum aan onderzoek of juist door de ondoordachte inschakeling van een hydrologisch model. Maar snel en goedkoop betekent vaak vertraging, frustratie en duurkoop.

Een goede analyse hoeft niet per definitie veel tijd of kosten te vragen. Het gaat erom dat men zichzelf de juiste vragen stelt. Dit handboek helpt daarbij, juist door suggesties te doen voor eenvoudige en goedkope methoden. De inzet van modellen kan zeker een nuttige aanvulling zijn, maar ze treden zeker niet in de plaats van een goede analyse.

Met de systematische analyse van geo- en ecohydrologische vraagstukken begeven wij ons op het snijvlak van twee disciplines die veel overeenkomsten hebben en vaak aan dezelfde beleidsvragen werken, maar die nog niet vanzelfsprekend dezelfde taal spreken. Hopelijk gaat hen dat beter af nu dit handboek instrumenten aanreikt die door beiden te gebruiken zijn. Deze instrumenten helpen de ecohydroloog om de geohydrologische informatie in beter zijn vraagstukken een plaats te geven. En ze helpen de geohydroloog om beter te begrijpen welke geohydrologische informatie in natuurvraagstukken gewenst is.

In dit handboek hebben wij de informatie toegespitst op drie beleidsthema's: beekherstel, het hydrologisch herstel van verdroogde natuur in beekdalen en waterbergings- of inundatieprojecten. Tussen deze projecten kan zowel positieve als

negatieve interactie bestaan. Verhoging van de beekbodem in het kader van een beekherstelproject is bijvoorbeeld goed te combineren met de vernatting van een verdroogd natuurgebied. Maar een nieuwe meander kan, indien verkeerd gesitueerd, juist de verdroging van dat gebied bevorderen. Inundatie van natuurgebieden is soms nodig om verzuring te bestrijden, maar nutriënten en afzetting van verontreinigd slib zijn niet gewenst. Tussen de beleidsthema's bestaat dus een duidelijk spanningsveld. Ook hiervoor geldt dat een systematische analyse gewenst is om tot heldere en niet-tegenstrijdige keuzes te komen.

Datzelfde geldt ook voor beleidsopgaven die in het publieke debat als doelstelling zijn geponeerd. Alleen systematische analyse kan helder maken of dergelijke opgaven reëel zijn. Een doeltype 'dotterbloemhooilanden' kan voor een bepaalde plek bij nader inzien wel eens vanuit de positionele en conditionele omstandigheden ter plaatse onmogelijk blijken. In dat geval kan beter een ander doeltype worden voorgesteld. De systeemanalyse levert daarbij de juiste onderbouwing richting de beleidsmakers.

Kortom: een systematische ecohydrologische systeemanalyse helpt op vele fronten om betere, haalbare resultaten te bereiken. Nu dit handboek gereed is, is er dus voortaan geen enkele reden om de systeemanalyse achterwege te laten.

LITERATUUR

In dit overzicht is alleen de algemene literatuur opgenomen waar in hoofdstuk 1, 2 en 3 naar verwezen wordt. Literatuur die van toepassing is op de inhoudelijke systeemanalyse is vanaf hoofdstuk 4 in de betreffende paragrafen onder het kopje 'informatie' opgenomen.

Bakker, T.W.M., J. Kleijn & E. van Zadelhoff 1979. Duinen en Duinvalleien. TNO, Delft.

Jalink, M.H. & A.J.M. Jansen, 1995. Indicatorsoorten deel 2: Beekdal. Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring van grondwaterafhankelijke beekdalgemeenschappen. Staatsbosbeheer i.s.m. VEWIN, IKC-Natuurbeheer en Kiwa, Driebergen.

Makaske, B. en G. Maas (2015). Handboek geomorfologisch beekherstel. Feuilleton Beekherstel. STOWA rapport 2015-02. ISBN 978.90.5773.661.2.

Reeze, B. en R. Laseroms, 2016. Watersysteemanalyse Koningsdiep op basis van ecologische sleutelfactoren voor stromende wateren. Ecofide, Weesp.

STOWA, 2014. Ecologische sleutelfactoren. Begrip van het watersysteem als basis voor beslissingen. STOWA, Amersfoort. STOWA-rapportnummer 2014-19.

STOWA, 2015. Ecologische sleutelfactoren voor stromende wateren, een methode in ontwikkeling. STOWA, Amersfoort. STOWA-rapportnummer 2015-W-06.

Van der Molen P.C., G.J. Baaijens, A.P. Grootjans en A.J.M. Jansen (2011). LESA Landscape Ecological System Analysis.

Van Wirdum, G., 1979. Dynamic aspects of trophic gradients in a mire complex. Proc. and Inf. CHO-TNO 25, The Hague, p. 66-82.

BIJLAGE

BODEMLAGEN DIEPERE ONDERGROND

Indruk van hydrologische eigenschappen per bodemlaag.

OORSPRONG	NAAM	KENMERKEN	WEERSTAND	BUFFEREND VERMOGEN
Holocene afzettingen		Meestal weinig of moerig materiaal	Nauwelijks	Nee
Verstoven zandgronden uit de laatste IJstijd (Weichselien)	Formatie van Boxtel	Doorgaans fijn zand. Vaak gemengd met kleine veen- of kleilaagjes uit warmere perioden. Basis-materiaal van de dekzandruggen en -vlakten.	Afhankelijk van veen- of leemlaagjes	Ja, indien leem aanwezig is. Ja, indien moeraskalk aanwezig
Rivierafzettingen	Formatie van Kreftenheije (Rivierafzettingen uit de periode rond de voorlaatste IJstijd)	Matig tot uiterst grove zanden. Matig tot sterk grindhoudend. Grind matig tot uiterst grof. Kalkloos tot kalkhoudend.	Beperkt	Ja indien kalkhoudend
	Vroegere rivierafzettingen, bijvoorbeeld <ul style="list-style-type: none"> • Formatie van Appelscha • Formatie van Peize • Formatie van Sterksel • Formatie van Waalre 	Slecht gesorteerde, meestal fijne tot grove zanden. Veel grind. Vaak kalkloos, soms met kalkhoudende kleien	Verskillend	Ja indien kalkhoudend

OORSPRONG	NAAM	KENMERKEN	WEERSTAND	BUFFEREND VERMOGEN
Glaciale oorsprong uit het einde van de voorlaatste IJstijd (Saalien)	Formatie van Drenthe	Sterk lemig materiaal, keileem. Ook wel bekend als 'Drenthe-	Slecht doorlatend	Ja
	Formatie van Peelo	Gietenlei'. Combinatie van kalkarme zanden en veelal kalkrijke kleien.	Slecht doorlatend	Ja
Mariene afzettingen	Bijvoorbeeld: <ul style="list-style-type: none"> • Formatie van Maasluis • Formatie van Oosterhout • Formatie van Breda 	Combinatie van kalkhoudende grove zanden en kleien, soms met dikke schelpenbanken.	Slecht doorlatend	Ja, maar komt alleen tot uitdrukking bij zeer diepe kwel

STOWA IN HET KORT

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

STOWA werkt in hoge mate vraaggestuurd. We inventariseren nauwgezet welke kennisvragen waterschappen hebben en zetten die vragen uit bij de juiste kennisleveranciers. Het initiatief daarvoor ligt veelal bij de kennisvragende waterbeheerders, maar soms ook bij kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Dit tweerichtingsverkeer stimuleert vernieuwing en innovatie.

Vraaggestuurd werken betekent ook dat we zelf voortdurend op zoek zijn naar de 'kennisvragen van morgen' - de vragen die we graag op de agenda zetten nog voordat iemand ze gesteld heeft - om optimaal voorbereid te zijn op de toekomst.

STOWA ontzorgt de waterbeheerders. Wij nemen de aanbesteding en begeleiding van de gezamenlijke kennisprojecten op ons. Wij zorgen ervoor dat waterbeheerders verbonden blijven met deze projecten en er ook 'eigenaar' van zijn. Dit om te waarborgen dat de juiste kennisvragen worden beantwoord. De projecten worden begeleid door commissies waar regionale waterbeheerders zelf deel van uitmaken. De grote onderzoekslijnen worden per werkveld uitgezet en verantwoord door speciale programmacommissies. Ook hierin hebben de regionale waterbeheerders zitting.

STOWA verbindt niet alleen kennisvragers en kennisleveranciers, maar ook de regionale waterbeheerders onderling. Door de samenwerking van de waterbeheerders binnen STOWA zijn zij samen verantwoordelijk voor de programmering, zetten zij gezamenlijk de koers uit, worden meerdere waterschappen bij één en het zelfde onderzoek betrokken en komen de resultaten sneller ten goede van alle waterschappen.

DE GRONDBEGINSELEN VAN STOWA ZIJN VERWOORD IN ONZE MISSIE:

Het samen met regionale waterbeheerders definiëren van hun kennisbehoeften op het gebied van het waterbeheer en het voor én met deze beheerders (laten) ontwikkelen, bijeenbrengen, beschikbaar maken, delen, verankeren en implementeren van de benodigde kennis.



STOWA

Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

Bezoekadres

Stationsplein 89, vierde etage
3818 LE Amersfoort

t. 033 460 32 00
e. stowa@stowa.nl
i. www.stowa.nl

OBN IN HET KORT

Het Kennisnetwerk 'Ontwikkeling en Beheer Natuurkwaliteit' (OBN) is een onafhankelijk en innovatief platform waarin natuurbeheerders, beleidsmakers en onderzoekers op het gebied van natuurherstel en -beheer intensief met elkaar samenwerken. Het Kennisnetwerk OBN heeft als doel de ontwikkeling, ontsluiting, verspreiding en benutting van kennis over natuurherstel en natuurbeheer ten behoeve van Natura 2000, en de PAS, leefgebieden van beschermde soorten, het nationaal natuurnetwerk en het cultuurlandschap.

Het Kennisnetwerk OBN wordt gecoördineerd door de Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren (VBNE) en wordt gefinancierd door het ministerie van Economische Zaken en BIJ12. Het Kennisnetwerk OBN streeft naar samenwerking met andere organisaties en kennisprogramma's bij de financiering van onderzoek, publicaties of activiteiten zoals door provincies en RWS.



OBN

p/a Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren
Princenhof Park 9
3972 NG Driebergen-Rijsenburg

- t. 0343 745 250
- e. info@vbne.nl
- i. www.natuurkennis.nl

.....

stowa

STICHTING
TOEGEPAST ONDERZOEK WATERBEHEER

stowa@stowa.nl www.stowa.nl
TEL 033 460 32 00 FAX 033 460 32 01
Stationsplein 89 3818 LE AMERSFOORT
POSTBUS 2180 3800 CD AMERSFOORT

