

Landschapsecologische Systemanalyse

Havikerwaard Beimerwaard Fraterwaard Olburgerwaard

In het kader van vervolg MIRT-onderzoek



17 januari 2023

Alphons van Winden

Jos de Bijl

Gerard Litjens

Peter Veldt

Inhoud

1. Inleiding.....	4
1.1 Context	4
1.2 Onderzoek naar toekomstscenario's	4
1.3 Landschap ecologische systeemanalyse (LESA) HBFO	5
1.4 Afbakening van het plangebied.....	5
1.5 Leeswijzer	6
2. Ontstaansgeschiedenis (genese van het gebied)	7
2.1 Millennia lang mondingsgebied van rivieren	7
2.2 Ontstaan van de stuwwallen.....	7
2.3 De Rijn baant zich een weg	8
2.4 Ontstaan van de IJssel – verschillende theorieën	11
2.5 Ontwikkeling IJssel en ontstaan kronkelwaarden.....	16
2.6 Geomorfologie en oude rivierbeddingen.....	19
2.7 Samenvatting.....	21
3. Ingrepen in natuurlijk functioneren en gevolgen voor de dynamiek	23
3.1 Aanleg winterdijken	23
3.2 Aanleg zomerkades (1750 – 1850).....	24
3.3 Riviernormalisaties IJssel.....	26
3.4 Aanleg stuw van Driel.....	29
3.5 Gevolgen voor de het ecologisch functioneren van de diverse ingrepen	30
4. Rivierdynamiek; huidige situatie	31
4.1 Peildynamiek in het zomerbed en de uiterwaarden.....	31
4.2 Morfodynamiek in de uiterwaarden	41
4.3 Morfodynamiek in het zomerbed	44
4.4 Rivierkwel en Veluwekwel naar de uiterwaarden en wegzijging.....	50
4.5 Rivierbegeleidende wateren en daarmee samenhangende processen	60
5. Riviernatuur	62
5.1 Rivierecotopen	62
5.2 Kenmerkende ecotopen in de Gelderse Poort.....	64
5.3 Natuurbeleid	66
6. Landgebruik & vegetatie	69

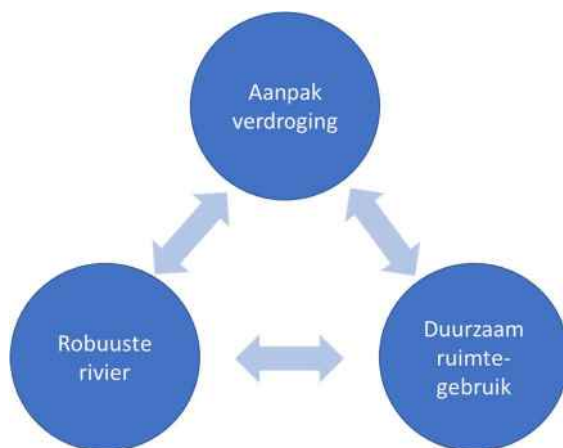
6.1	Historie van het landgebruik	69
6.2	Landgoederen en overig erfgoed	73
6.3	Natuurgebieden	83
6.4	Klei en zandwinning.....	84
7.	Kernkwaliteiten en leidende principes	88
7.1	Ruimtelijke kwaliteit.....	88
7.2	Kernkwaliteiten	89
7.3	Leidende principes	90
	Literatuurlijst	93
	Bijlagen	94
	Bijlage 1: Geologische opbouw (van zuid naar noord door het IJsseldal)	94

1. Inleiding

1.1 Context

In 2021 is een MIRT onderzoek uitgevoerd voor de Havikerwaard, de Beimerwaard, de Fraterwaard en de Olburgerwaard en het deel van de IJssel dat grenst aan deze uiterwaarden (HBFO)¹. Het onderzoek had tot doel om te inventariseren welke ambities, opgaven en initiatieven er in dit gebied op korte en middellange termijn (tot 2030) spelen en hoe deze onderling samenhangen. Een breed pallet van ambities, opgaven en initiatieven op het gebied natuur, waterkwaliteit, scheepvaart, waterveiligheid en ruimtelijk/economische ontwikkeling diende zich aan. Belangrijke conclusie van het MIRT onderzoek was dat er zich in de HBFO drie belangrijke uitdagingen voordoen, te weten:

1. **Aanpak verdroging:** Hoe pakken we de verdroging aan gezien de bodemerrosie op de IJssel, klimaatveranderingen, wijzigingen in de wateraanvoer vanuit Duitsland, de verminderde kwelstroom vanuit de Veluwe en de winning van drinkwater in het gebied?
2. **Duurzaam ruimtelijk gebruik:** Hoe verdelen én beheren we de ruimte die in de toekomst nodig is voor de rivier, de landbouw, de natuur en de waterkwaliteit? Hoe houden we de landgoederen duurzaam in stand? Welke verdienmodellen passen daarbij?
3. **Toekomstbestendig riviersysteem Boven-IJssel (integraal riviermanagement):** Hoe geven we de IJssel de ruimte zodat hij goed door blijft stromen, de waterkwaliteit verbetert en boten er kunnen varen? Wat betekent dat voor de uiterwaarden?



Figuur 1.1: Uitdagingen plangebied HBFO

1.2 Onderzoek naar toekomstscenario's

Op 14 april 2022 stelde de bestuurlijke adviesgroep voor de HBFO een plan van aanpak vast om toekomstscenario's te onderzoeken, waarmee de drie uitdagingen in de HFBO zijn op te lossen². Deze toekomstscenario's moeten uitmonden in een beslisdocument voor de besluitvorming over een eventuele MIRT-Startbeslissing en/of de uitwerking naar een (regionale) gebiedsagenda (zie figuur 1.2). De HBFO zijn aangemerkt als een pilot in het kader van het Programma Integraal Riviermanagement (IRM). De leervragen die uit deze pilot volgen, gaan ook mee in het onderzoek.

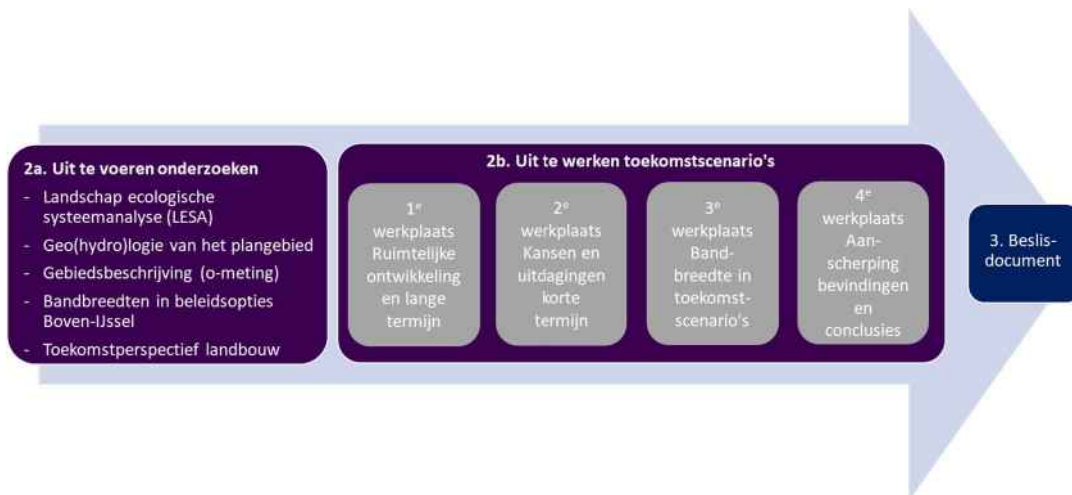
Alvorens na te denken over toekomstscenario's, vond de adviesgroep het belangrijk dat betrokkenen stakeholders op een gemeenschappelijk kennisniveau komen en elkaars taal leren spreken. Daarvoor zijn vijf deelonderzoeken uitgevoerd, te weten:

¹ MIRT-onderzoek Havikerwaard, Fraterwaard, Olburgerwaard, Antea Group, 3 mei 2021

² Plan van aanpak toekomstscenario's Havikerwaard, Beimerwaard, Fraterwaard en Olburgerwaard, bestuurlijke adviesgroep HBFO, 14 april 2022

1. Landschap ecologische systeemanalyse van de Boven-IJssel (LESA);
2. Geologie en hydrologie van de HBFO;
3. Gebiedsbeschrijving (0-meting) met kenmerkende gebruiksfuncties;
4. Bandbreedten in kansrijke beleidsopties afvoer en bodemligging Boven-IJssel;
5. Toekomstperspectief landbouw.

Antea Group, Bureau Stroming en HKV kregen opdracht om de onderzoeken 1 tot en met 4 uit te voeren. Provincie Gelderland voerde zelf onderzoek 5 uit.



Figuur 1.2: Aanpak onderzoek toekomstscenario's HBFO

1.3 Landschap ecologische systeemanalyse (LESA) HBFO

Voor u ligt de LESA van de HBFO. Bij het opstellen van de LESA stonden vier onderzoeksvragen centraal, te weten:

- a. Wat is het DNA van dit deel van de Boven-IJssel (Smart Rivers)?
- b. Hoe ziet de geologische opbouw van de ondergrond eruit? Hoe functioneert dit gebied en in het bijzonder dit (lokale) riviersysteem?
- c. Welke landschappelijke structuren en karakteristieke processen zijn kenmerkend en waar kan dus ook op ingespeeld worden in projecten?
- d. Welke gedachtenlijn (ontwerpprincipes) levert dit op voor het bedenken van integrale toekomstscenario's?

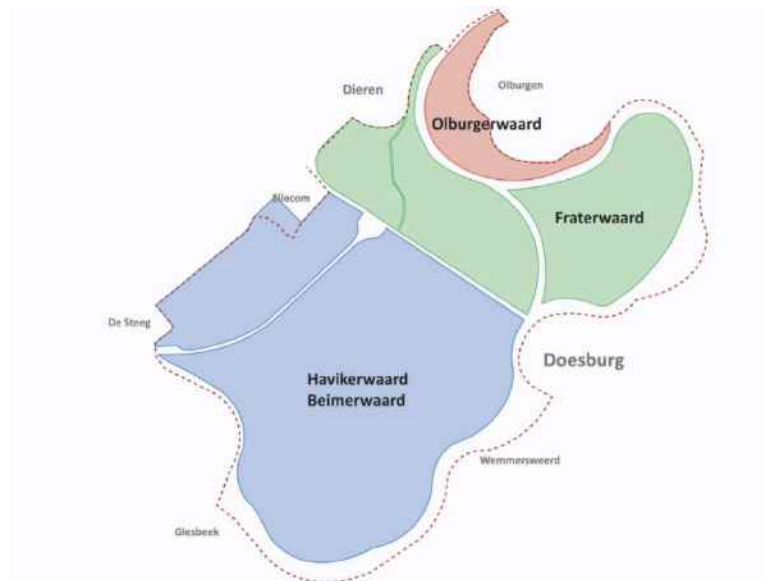
De LESA voor de HFBO is onder andere gebaseerd op de LESA's voor de Geldersche Poort en voor KRW-maatregelen voor de IJssel en de gebiedsgenese van Rheden. Ook is de LESA voor de HBFO afgestemd met de Pre-verkenning Gelderse Poort, die wordt uitgewerkt in het kader van de natuurambitie PAGW (Programma Aanpak Grote Wateren). HBFO valt in de deelgebieden waarvoor in het kader van deze preverkenning een systeemanalyse wordt uitgevoerd naar het natuurlijke DNA van de rivier. Zo ontstaat een goed beeld van de landschapsecologische relaties in het plangebied, maar ook van ontwerpprincipes om te komen tot een duurzame inrichting.

Het opstellen van de LESA is begeleid door een werkgroep bestaande uit experts van Rijkswaterstaat, provincie Gelderland, waterschap Rijn en IJssel, Gestichten van Doesburg, K3 en gemeenten Rheden, Bronkhorst en Doesburg.

1.4 Afbakening van het plangebied

Het plangebied wordt begrensd aan de zuidzijde door de grens van het Rivierklimaatpark IJsselpoort, aan de westzijde door de Middachterallee, aan de oostzijde door de primaire waterkering langs de

IJssel en in het noorden ca. ter hoogte van PL 912 De Spankerensche weilanden. Deze geografische begrenzing is dus hetzelfde als in het uitgevoerde MIRT-onderzoek (zie figuur 1.3.). Het studiegebied is groter en kijkt ook naar de bredere omgeving van de HBFO.



Figuur 1.3: Ligging Havikerwaard, Beimerwaard, Fraterwaard en Olburgerwaard (HBFO)

1.5 Leeswijzer

Deze LESA begint in hoofdstuk 2 bij de unieke ontstaansgeschiedenis en natuurlijke processen die actief zijn geweest in de IJsselvallei en de plaats die de uiterwaarden van HBFO daarin innemen. In hoofdstuk 3 worden de ingrepen beschreven die in de loop der eeuwen de dynamiek van de rivier aan banden hebben gelegd om: het gebied bewoonbaar te maken en bruikbaar voor vooral agrarische functies en de rivier bevaarbaar voor de scheepvaart. In hoofdstuk 4 worden de fysische kwaliteiten (abiotiek) beschreven van de huidige IJsselvallei, waarbij vooral de rivierdynamiek en de relatie van de uiterwaarden met de hoger gelegen Veluwe aan bod komen. Hoofdstuk 5 beschrijft vervolgens de ecologische kwaliteiten (biotiek) van het gebied en in hoofdstuk 6 worden het landgebruik, cultuurhistorie, erfgoed en overige functies beschreven. In hoofdstuk 7 worden de meest bijzondere kwaliteiten van het gebied samengevat en wordt een voorstel gedaan voor een achttal leidende principes die in de verdere planvorming als richtsnoer kunnen dienen voor het ontwikkelen van passende ingrepen.

2. Ontstaansgeschiedenis (genese van het gebied)

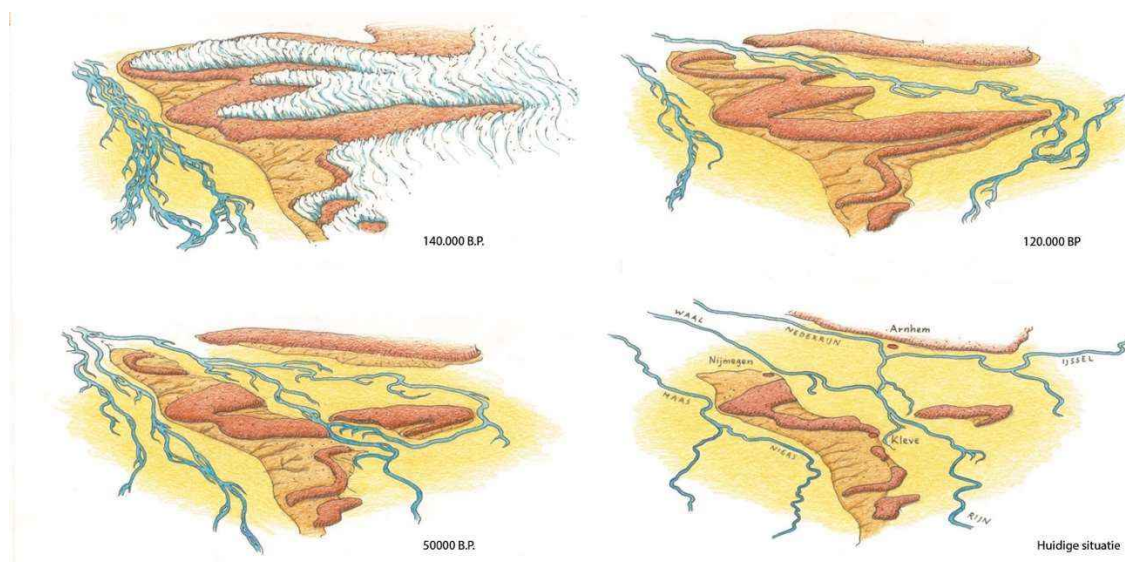
In dit hoofdstuk lopen we eerst in grote en vervolgens in langzaam kleiner wordende stappen door de tijd, staan we stil bij de ontstaansgeschiedenis van het huidige landschap van de Boven-IJssel en beschrijven we de processen die de patronen in het landschap hebben veroorzaakt.

2.1 Millennia lang mondingsgebied van rivieren

Nederland is al miljoenen jaren het mondingsgebied van de Rijn en de Maas. Vanuit hun brongebieden in Midden-Europa voeren deze rivieren water en sediment af naar het Nederlandse laagland. Omdat de bodem van Nederland - door geologische processen - langzaam daalde konden zich dikke lagen sediment in de bodem afzetten. Zo bevindt zich onder het rivierengebied een pakket zand en klei van 80 tot 100 m dik dat in ca. 2 miljoen jaar is afgezet. Deze diepe lagen spelen onder andere een rol bij de doorvoer van grondwater. En voor zover het klei-afzettingen zijn vormen zij het decollement voor de stuwwalvorming. Daaronder bevinden zich nog meer dikke zand- en kleilagen, afgezet in een marien milieu, uit de tijd dat de Noordzee zich tot hier uitstrekte. Pas op een diepte van ca. 1 km ligt vast gesteente: kalksteen uit het krijttijdperk van ca. 70 miljoen jaar oud.

2.2 Ontstaan van de stuwwallen

Een belangrijke fase in de geschiedenis van Midden-Nederland is het binnenstromen van gletsjers tijdens de ijstijd van het Saaliën (figuur 2.1). Een ca 200 m dikke ijsmassa afkomstig uit de Zweedse bergen stroomde tussen 238.000 en 126.000 jaar geleden veel verder zuidwaarts dan bij eerdere ijstijden en kwam tijdens de maximale uitbreiding, ca 140.000 jaar geleden, in Midden-Nederland tot stilstand. De uit zand en klei opgebouwde ondergrond, die in het koude klimaat van die tijd was bevroren, werd door de druk van de voortschuivende gletsjers vervormd en weggedrukt. Onder de gletsjertongen ontstonden diepe, brede dalen en langs de zijkanten en aan de uiteinden van het ijs bleven op veel plaatsen stuwwallen liggen als langgerekte heuvelruggen.

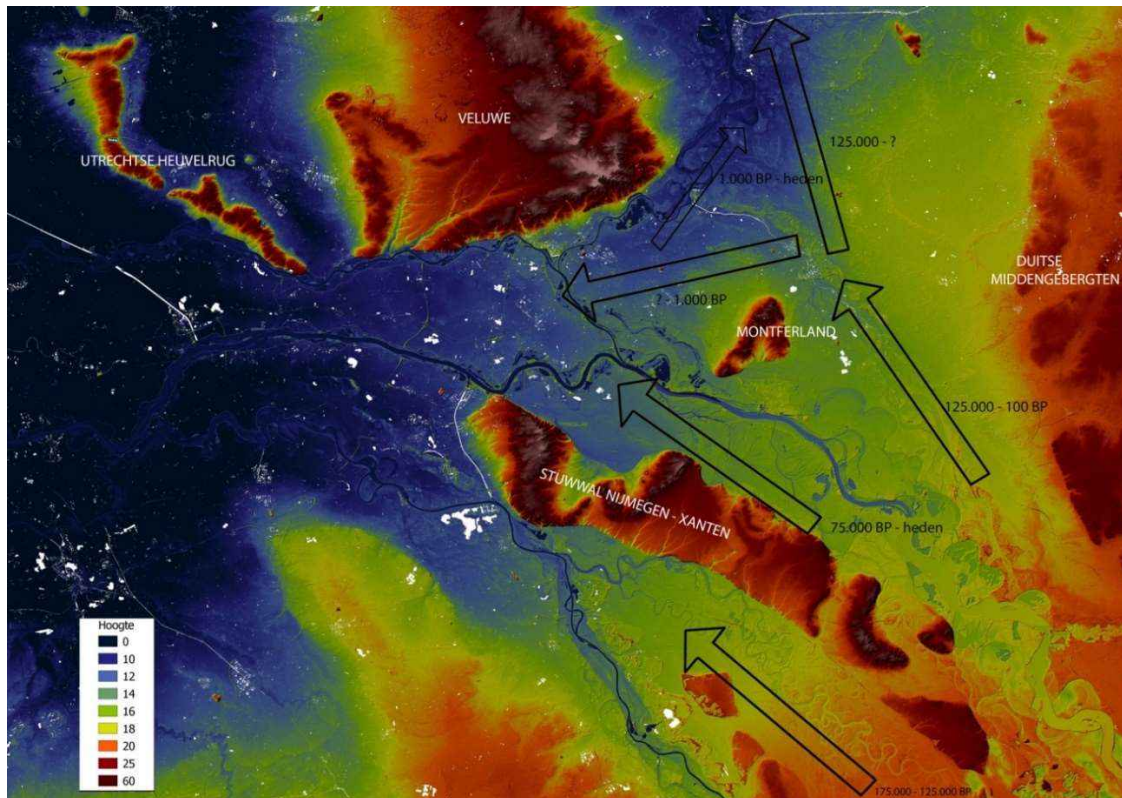


Figuur 2.1. De vorming van stuwwallen in Midden-Nederland door het Gletsjerijs (Ill. Jeroen Helmer, Ark Natuurontwikkeling).

In figuur 2.1 is de ligging van stuwwallen, gevormd door het gletsjerijs, weergegeven (illustratie gebaseerd op Berendsen, 1996)³. Het ijs stroomde vanuit het noorden uit door het huidige IJsseldal en kwam tot aan het Rijk van Nijmegen. In de noordflank van de stuwwal van Nijmegen zijn de

³ De vorming van het land. Berendsen, 1996.

vormen van het uiteinde van de gletsjers nog goed te zien (zie figuur 2.2). Ten westen van Nijmegen ontbreekt de stuwwallen en niet duidelijk is of deze er nooit heeft gelegen of later is afgesneden door de rivier. Aan de oostzijde van het gebied is de situatie anders. Hier waren de stuwwallen van Montferland en Kleve wel met elkaar verbonden. De Rijn stroomde tijdens deze ijstijd via het huidige Niersdal langs de zuidflank van de stuwwal van het Rijk van Nijmegen (zie figuur 2.2) en vloeiende ter hoogte van het huidige Cuijk samen met de Maas.



Figuur 2.2. Hoogtekaart regio waar de Rijn Nederland instroomt met in bruin de stuwwallen, waar de Rijn tussendoor stroomt. De pijlen geven de routes aan van de Rijn gedurende verschillende perioden.

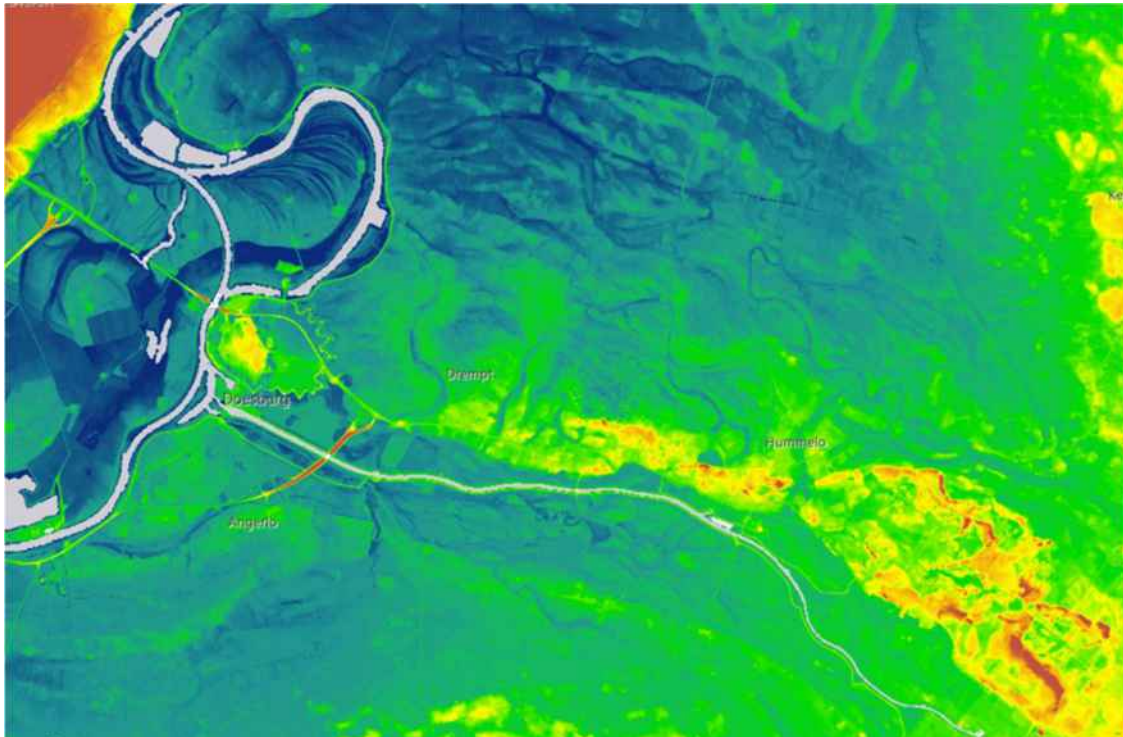
De stuwwallen zijn nog markant in het landschap aanwezig en vormen aan drie kanten de buitengrens van de zogenaamde Gelderse Poort. Voor de bedijking raakte het winterbed en soms ook het zomerbed vaak tot aan de stuwwallen of de puinwaaiers. Door bedijking vanaf de Middeleeuwen tot in de 20^e eeuw zijn veel stuwwallen buiten bereik van het rivierwater gekomen. In de Havikerwaard is de winterdijk grotendeels afwezig. Wel zijn er zomerkades die de relatie tussen de rivier en puinwaaiers van de stuwwal hebben verkleind (figuur 3.4).

2.3 De Rijn baant zich een weg

Na de ijstijd in het Saaliën werd het rond 125.000 jaar geleden warmer en smolt het ijs weg. Het vermoeden bestaat dat zich tijdens dit smeltproces een smeltwatermeer heeft gevormd ten oosten van de stuwwal die Montferland en het Rijk van Nijmegen verbond. Gedurende enig moment is dit water door deze stuwwal heen gebroken waarbij een brede opening ontstond; de Gelderse Poort was ontstaan. Toen de Rijn korte tijd later ter hoogte van Moers in Duitsland zijn loop verlegde van het Niersdal naar het huidige Rijndal, koos de rivier echter niet direct voor dit doorbraakdal. De plaats waar de gletsjer gelegen had (ten noorden van Montferland), was aanvankelijk namelijk veel dieper en de Rijn stroomde daardoor ten oosten van het Montferland langs in noordwestelijke richting. De Rijn heeft dit traject tot ca. 40.000 jaar geleden gebruikt (Berendsen, 1996), tot in de volgende en laatste ijstijd (het Weichseliën) die rond 115.000 jaar aanbrak en duurde tot ca 11.700 jaar geleden. Ondertussen vulde de Rijn dit dal gaandeweg op met zand en grind en mogelijk dat al in

die tijd ook een verbinding ontstond bovenlangs het Montferland in zuidwestelijke richting naar het huidige Rijndal. In dit laatste traject liep de Rijn in het Weichseliën dus tegengesteld aan de huidige stroomrichting van de IJssel.

Rond 40.000 jaar geleden raakte de verbinding naar het noorden via het huidige IJssedal gevuld en werd de loop bovenlangs het Montferland, en vanaf daar naar het huidige stroomgebied, de hoofdloop van de Rijn. Niet lang daarna overstroomde de Rijn ook het al eerder doorgebroken restant van de stuwwal tussen Montferland en het Rijk van Nijmegen en kwam daarmee op de plaats te liggen waar hij nu nog ligt (Berendsen, 1996).

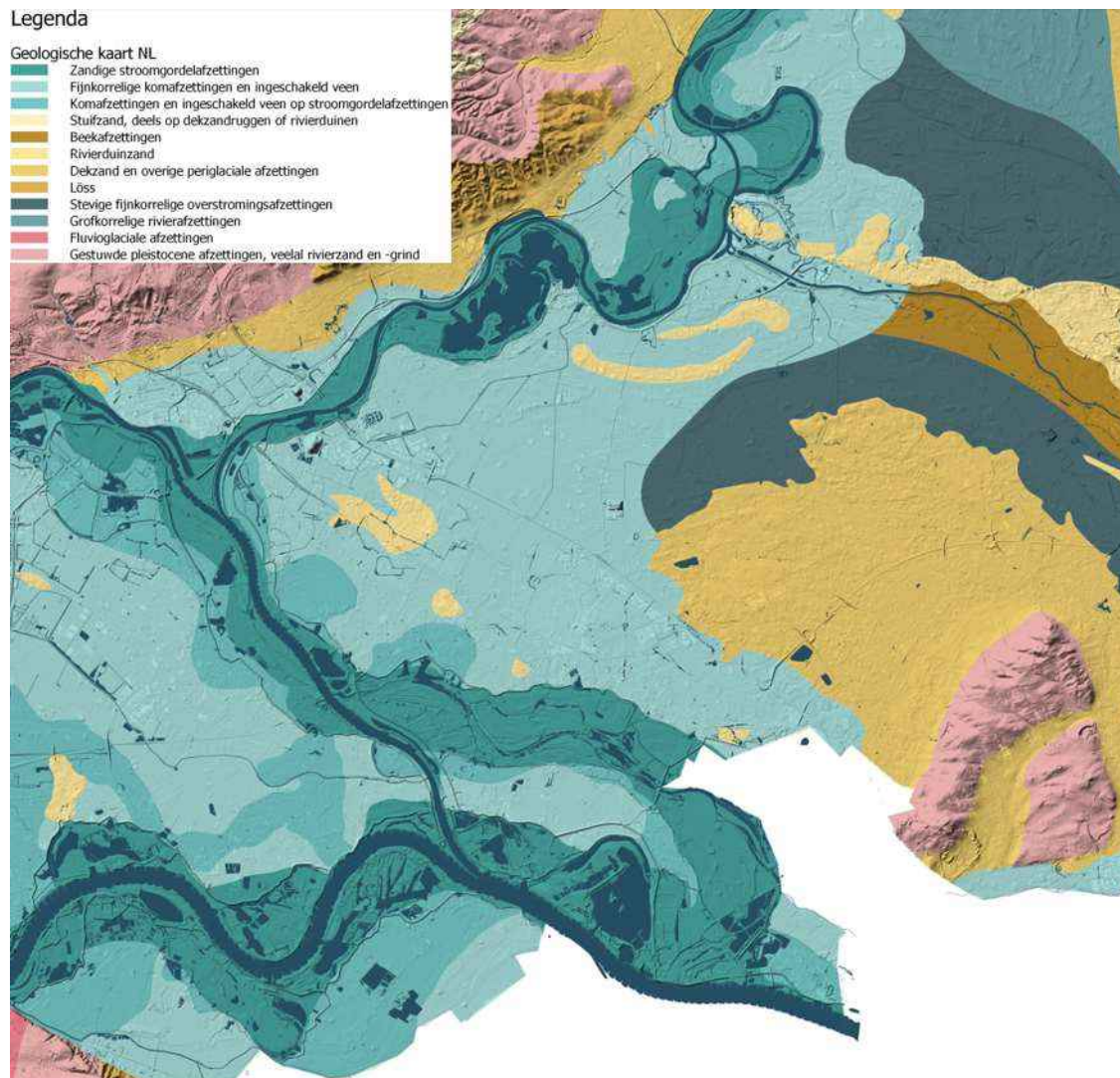


Figuur 2.3. Tal van fossiele geulen markeren de voormalige loop van de Rijn ten noorden van het Montferland langs. Een deel ervan ligt ten noorden van de rivierduinen tussen Doetinchem en Doesburg en een deel ligt zuidelijk. De stroomvlakte van de oude IJssel zou tot in de recente tijd actief blijven en is medebepalend voor het karakter van de Boven-IJssel en de Havikerwaard.

Mogelijk is er nog wel enige tijd sprake geweest van twee lopen, want ook de Rijntak ten oosten en noorden van het Montferland is nog lang actief gebleven. Ten noorden van de lijn Doetinchem en Doesburg zijn tal van voormalige beddingen en oeverwallen herkenbaar (zie figuur 2.3). De huidige Oude IJssel volgt dit voormalige dal van de Rijn. Als het traject van de huidige Duitse Niederrhein tussen Rees en Emmerich niet zou zijn bedijkt, dan zou een deel van het Rijnwater ook nu nog vanaf een afvoer van ca 5.000 m³/s, d.w.z. ca 10 dagen per jaar, via dit traject naar de huidige IJssel afstromen. De Boven-IJssel met de aangrenzende uiterwaarden en het binnendijkse gebied van de Duivense en Zevenaarse broek zijn sterk beïnvloed door de manier waarop de Rijn het gebied ten noorden van Montferland heeft gebruikt en het verklaart ook de verschillen met de andere riviertrajecten in de Gelderse Poort (zie figuur 2.3).

Vanaf de tweede helft van de laatste grote ijstijd stroomde de Rijn steeds via het gebied van de Gelderse Poort. De rivierafvoeren in het koude klimaat varieerden sterk en de bedding had een vlechtend karakter. De aanvoer van grof sediment was aanzienlijk en de Rijn zette dikke lagen zand en grind af in de vlakte tussen de stuwwallen. Dit laagpakket (de zgn. Formatie van Kreftenheye) is overal in het gebied aanwezig en varieert in dikte van 10 tot 20 meter. In het oosten, ten zuiden van

Montferland en naar het noorden in het huidige IJsseldal loopt de dikte op tot 50 m. In HBFO ligt deze laag dicht bij de oppervlakte en niet dieper dan 4 meter beneden maaiveld (zie ook figuur 2.11). De bodem van de huidige rivierbeddingen liggen dan ook geheel in deze zandige laag. De doorlatendheid van het grove, grindrijke zand is erg goed en het is daarom een belangrijke aquifer voor het grondwater dat er van zowel de omliggende stuwwallen als van de rivier instroomt. Wat opvalt in de geologische dwarsdoorsnede van het gebied (bijlage 1) is dat het gestuwde zand doorloopt tot onder Havikerwaard. De Veluwe loopt ondergronds dus nog verder door. De huidige zandwinning bevindt zich daar waar het gestuwde zand zich het dichtst onder het oppervlak bevindt.

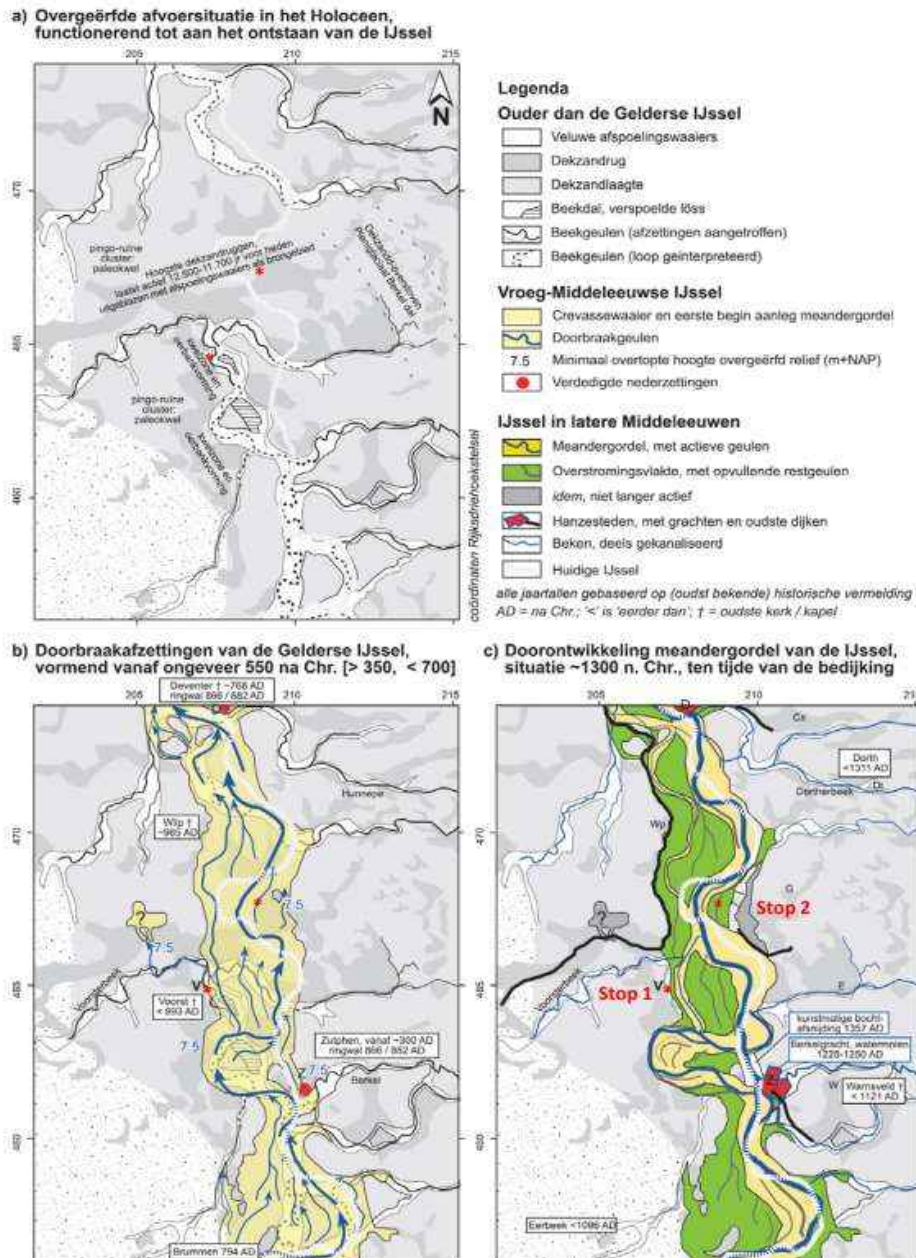


Figuur 2.4. Geologische kaart van de stroomgordels van de Rijn, omgeven door hogere gronden (Bron: Geologische Kaart Nederland).

Tijdens de laatste ijstijd was het klimaat vaak erg droog en kende het landschap nauwelijks vegetatie. Hierdoor konden zandstormen optreden, die buiten het riviereengebied uitgestrekte vlakten van dekzanden vormden met daarin geul-begeleidende dekzandruggen. Dit zijn lage (1-2m hoog) duinen die dateren uit het Pleniglaciaal (ouder dan 15.000 jaar gelden). Tijdens de laatste koude fase van de ijstijd (de Jonge Dryas periode, ca 12.000 jaar geleden) ontstonden in de riviervlakte van de Rijn ook lang gerekte complexen van veel hogere rivierduinen van soms wel 20 meter hoog (figuur 2.4). Het rivierduin dat in de huidige situatie vanaf Doesburg naar het oosten loopt is hier een voorbeeld van; het vormde waarschijnlijk vanaf het Dryas de noordelijke begrenzing van de Rijnloop rondom het Montferland en heeft later een rol gespeeld in het ontstaan van de IJssel (zie verder par. 2.5).

2.4 Ontstaan van de IJssel – verschillende theorieën

De huidige IJssel is een relatief jonge rivier, pas na de ijstijd ontstaan. Over dit ontstaan bestaan twee theorieën die deels strijdig zijn met elkaar. Overeenkomsten zijn dat de IJsselvallei vanaf het einde van de laatste ijstijd lange tijd geblokkeerd is geweest en dat de IJssel pas recent is doorgebroken naar het noorden. De beide theorieën verschillen over de plek van de blokkade en het tijdstip van de doorbraak. Cohen⁴ plaatst de blokkade bij Zutphen en laat de IJssel al rond 500 na Chr. doorbreken, Makaske⁵ legt de versperring zuidelijker, ter hoogte van de huidige Havikerwaard en dateert de doorbraak rond 950 na Chr. Hierna beschrijven we in het kort beide theorieën en beschrijven enkele aanvullende aanwijzingen waarom een blokkade bij de Havikerwaard het meest voor de hand ligt.



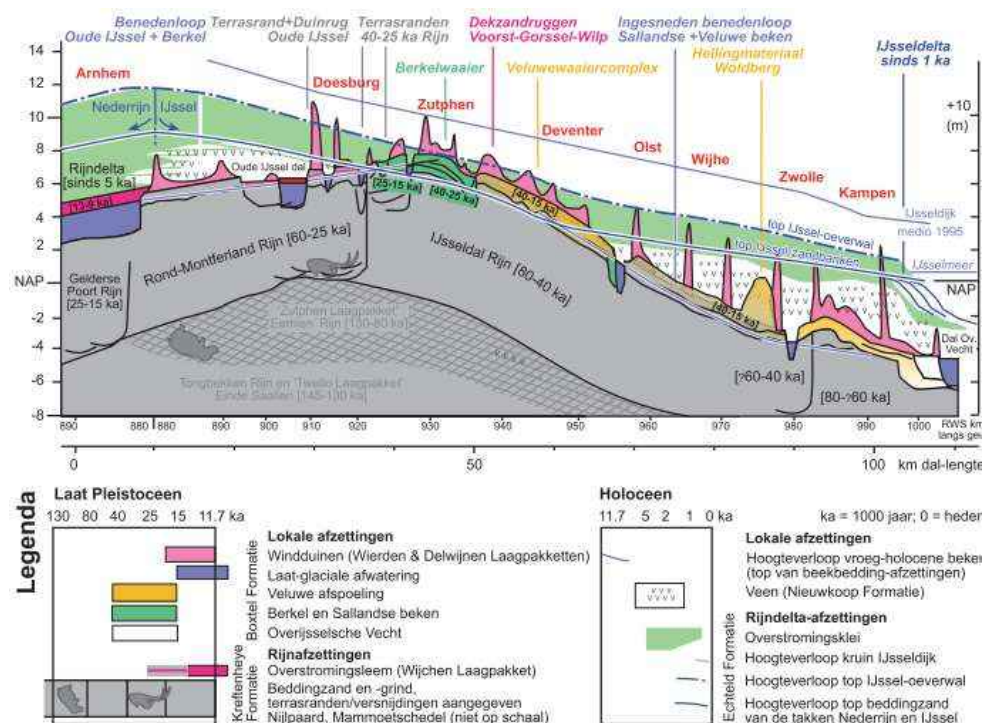
Figuur 2.5: Ontwikkelstadia van de IJssel volgens onderzoek van Cohen. (Bron: Cohen et al. 2009 Zand in Banen Prov. Geld & UU)

⁴ K.M. Cohen, E. Stouthamer, W.Z. Hoek, H.J.A. Berendsen & H.F.J. Kempen, 2009. Zand in Banen - Zanddiepteкарten van het Rivierengebied en het IJsseldal in de provincies Gelderland en Overijssel.

⁵ Makaske, B.; Maas, G.J.; Smeerdijk, D.G. van, 2008. *The Age and Origin of the Gelderse IJssel*

Onderzoek Cohen et al.

In het onderzoek van Cohen et al. wordt verklaard dat de barrière in de IJssel bij Zutphen lag en werd veroorzaakt door hoge dekzandruggen nabij de monding van de Berkel (figuur 2.5). Dit betekende dat de stromingsrichting in het IJsseldal vanaf Zutphen naar het zuiden liep in de periode vóór het ontstaan van de IJssel. Rond 550 na Christus vindt de doorbraak plaats van de de blokkade en ontstaat de Gelderse IJssel. Uit het onderzoek van Cohen zijn géén aanwijzingen gevonden voor het bestaan van een noordwaarts afbuigend dal van de Oude IJssel, vanaf Doesburg richting Zutphen. Er is geen begraven morfologie die daarop zou wijzen. Er zijn lokaal wel humeus-kleilig opge vulde laagtes aangetroffen tussen Doesburg en Zutphen, maar beschouwing van de geuldiepte en de hoogte van voorkomen (de richting van het verhang) sluit afstroming naar het noorden uit (Fig. 2.6). Die gegevens bevestigen eerdere veronderstellingen over de loop van de Oude IJssel door het gebied in de periode voor het ontstaan van de Gelderse IJssel (Teunissen, 1960; Berendsen & Stouthamer, 2001). Ze weerleggen de veronderstelling van o.a. Van de Meene & Zagwijn (1979), dat voor het ontstaan van de Gelderse IJssel, tussen Doesburg en Deventer reeds een door de Oude IJssel gevoed dal gefunctioneerd zou hebben, dat daar ten tijde van het Laat Glaciaal zou zijn ontstaan.

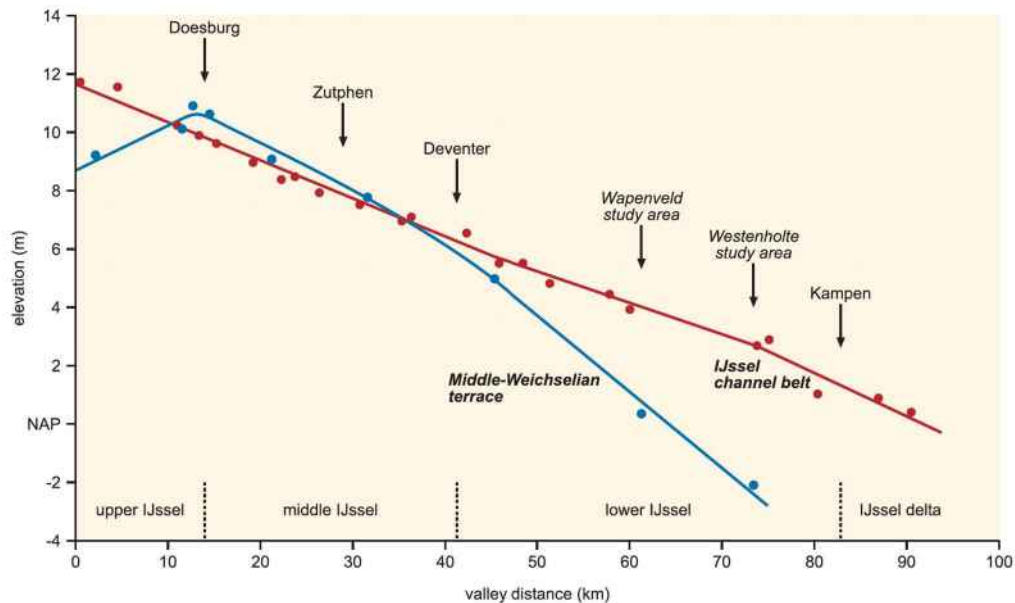


Figuur 2.6 Geologische doorsnede langs de as van het IJsseldal. De stroomgordel-afzettingen van de IJssel zijn als verhanglijnen weergegeven, waardoor de situatie ten tijde van het ontstaan duidelijk wordt (Bron: Cohen et al. 2009 Zand in Banen Prov. Geld & UU). De drempel ligt bij Zutphen op 8 m.

Onderzoek Makaske et al.

Volgens de theorie van Makaske lag de barrière in het dal ter hoogte van de huidige Havikerwaard, in het verlengde van het hoge rivierduin dat vanaf Doesburg in oostelijke richting loopt. Deze hoogte zou hebben doorgelopen tot aan de Veluwe aan de overzijde van het huidige IJsseldal. Het was volgens die theorie zeer waarschijnlijk de barrière die de IJssel moest overbruggen toen deze in recentere tijden (ca. 950 n. Chr.) doorbrak naar het noorden. Nadien is de hoogte tussen Doesburg en de Veluwe door de IJssel helemaal opgeruimd, maar restanten ervan zijn volgens Makaske in de ondergrond nog aanwezig. De ouderdom van de doorbraak baseert Makaske op dateringen van radiokoolstof van oeversedimentatie langs de benedenloop van de Gelderse IJssel; die 950 na Chr. begon. Makaske concludeert dat deze verandering in het milieu hoogstwaarschijnlijk het gevolg is

van een instroom van de Rijn in de IJsselvallei⁶. Daarbij gaat Makaske et al. ervanuit dat de waterscheiding bij Doesburg lag, bestaande uit de top van een Midden-Weichselien Rijnterras. Het dal ten noorden van deze blokkade (de Berkel inbegrepen) stroomde in noordelijke richting vergelijkbaar met de huidige situatie (figuur 2.7) De waterscheiding bij Doesburg zou dan ongeveer 11 meter hoog zijn geweest. In deze figuur is de verhanglijn van voor de doorbraak gereconstrueerd en deze vergeleken met de huidige verhanglijn van de IJssel. Sinds de doorbraak is het traject tussen Doesburg en Zutphen geërodeerd.



Figuur 2.7 Oorspronkelijke verhanglijn door het IJsseldal gebaseerd op de hoogte van Pleniglaciale Rijnafzettingen (blauwe lijn) vergeleken met de huidige verhanglijn van de IJssel (rode lijn). Bron: *The age and origin of the IJssel Delta*, Makaske et al. 2008.

Onderbouwing keuze theorie LESA

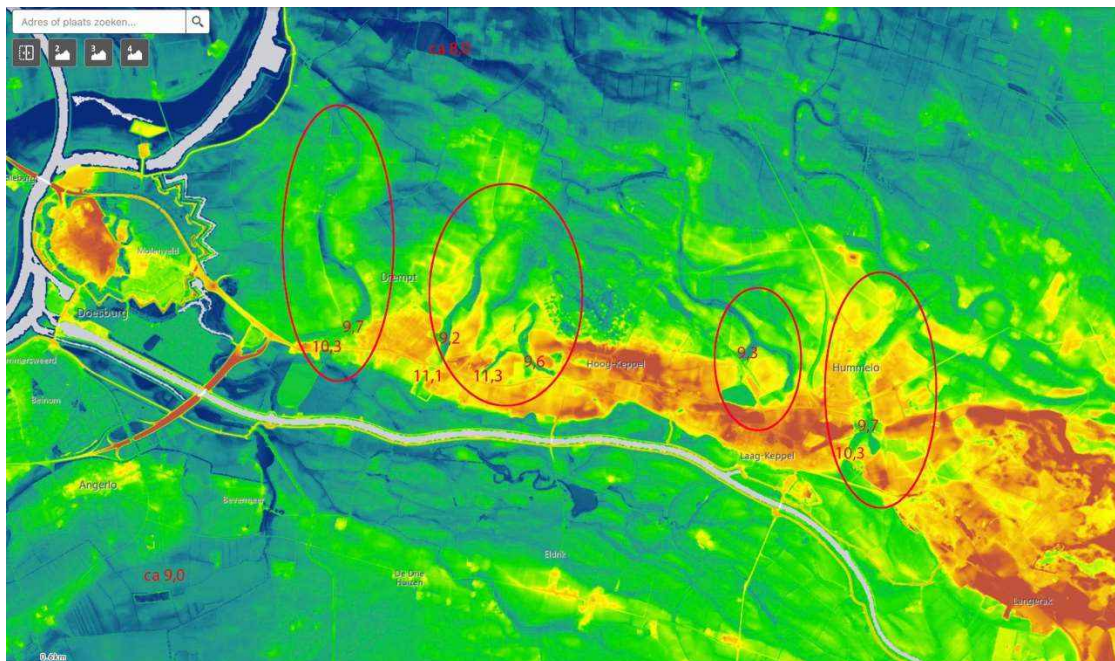
In deze LESA zijn beide theorieën bestudeerd en gewogen. Daarnaast is gekeken naar aanvullend bewijs. Deze wijzen meer naar de theorie van Makaske dan de theorie van Cohen. Hieronder een toelichting op deze keuze. Daarbij past wel de opmerking dat dit zeker niet sluitend is en debat hierover zal blijven bestaan. Wellicht kan in het kader van deze verkenning een bijeenkomst georganiseerd worden met de betreffende hoofdrolspelers om hier verder over door te spreken.

1. Doorbraakgeulen

Een belangrijke aanwijzing in de hypothese van Makaske et al (2008) voor een blokkade nabij Doesburg zijn de vele doorbraakdalen die zich ten oosten van deze plaats in de duinenrij bevinden (zie figuur 2.8). Deze dalen zijn meters diep ingesneden in de duinenrij en moeten gevormd zijn door snelstromend water. Dit kan alleen zijn gebeurd tijdens een metersgroot waterstandsverschil aan weerszijden van de duinen. Dit verschil moet ook van korte duur zijn geweest omdat deze dalen anders veel breder waren uitgesleten. Dit waterstandsverschil kan alleen ontstaan als zich veel rivierwater aan de zuidkant van de duinenrij ophoopt dat zich via lagere delen in de duinenrij een weg baant naar het noorden, waar zich tot op dat moment nog geen rivierwater bevond. De hoge rug moet dan gesloten zijn geweest tussen Doesburg en de Veluwe, anders was dit waterstandsverschil niet opgetreden. Niet uitgesloten kan worden dat dit een veroorzaakt is door een ijssdam in de IJssel.

⁶ Makaske, B.; Maas, G.J.; Smeerdijk, D.G. van, 2008. *The Age and Origin of the Gelderse IJssel*

Als de doorbraakdalen nauwkeurig worden bekeken, dan vallen de drempels op aan het zuidelijke begin ervan. Bij Drempt en Hummelo liggen de (nu) laagste drempels; beide 10,3 m +NAP (zie figuur 2.8). Daar tussenin liggen hogere drempels van ca 11 m +NAP. Op korte afstand achter de drempel is de geul vaak al tot 1 m dieper (tussen 9,2 en 9,6 m +NAP), wat duidt op een uitspoelgat. Het maaiveld aan de noordzijde van de duinen ligt rond 8 m +NAP en ligt dus nog 1 tot 2 m lager dan de drempels en bodems in de geulen. De huidige drempelhoogte is zeer waarschijnlijk niet de oorspronkelijke, want mensen kunnen de drempel naderhand nog enigszins opgehoogd hebben om een droge verbinding te maken tussen de duinen. Nader onderzoek kan dit uitwijzen. Wanneer voor nu uit wordt gegaan van een drempel op ca 10 m hoogte dan kan nagegaan worden bij welke hoogte deze zou zijn overstroomd. Waterstandsgegevens uit het verre verleden zijn er niet, maar als we voor een eerste indicatie uitgaan van de waterstand/waterhoogte-relatie van het begin van de 20^e eeuw, dan betekent dit dat een overstroming van de drempel plaats zal hebben gevonden bij een Boven-Rijnafvoer van ca. 7.000 m³/s, wat tegenwoordig eens in de ca. 2 jaar voorkomt. Waterstanden en drempelhoogtes zullen ten tijde van het functioneren van deze geulen anders zijn geweest, maar duidelijk is wel dat de drempels binnen het bereik van de waterstanden van de Rijn lagen. Makaske et al (2008) heeft aan de hand van de hoogte van de Pleniglaciale Rijnafzettingen de verhanglijn van voor de doorbraak gereconstrueerd, en deze vergeleken met de huidige verhanglijn van de IJssel (zie figuur 2.7).



Figuur 2.8 Hoogtekaart van het rivierduin tussen Doetinchem en Doesburg met daarin de locaties van enkele doorbraakdalen aangegeven. De duinen zijn in het jonge Dryas ontstaan (circa 11.000 BP). Van belang voor de ouderdomsbepaling van deze doorbraken is de vondst van een Romeinse boerderij op de bijbehorende afzettingswaaier. De rode cijfers zijn de huidige hoogtes van de drempels en de diepere uitslijtkolken net na de drempel.

2. Dikte kleidek

In figuur 2.7 is het gebied tussen de rode en blauwe lijn links van Doesburg opgevuld met sediment. Deels zal dit al voorafgaand aan de doorbraak zijn gebeurd want de Rijn kon dit gebied al overstroomd. Deels zal het ook na de doorbraak zijn gebeurd, toen de IJssel hier sediment heen ging voeren. Als de drempel bij Zutphen had gelegen en het dal vanaf daar naar het zuiden zou hebben afgewaterd, dan had de blauwe lijn vanaf Zutphen al omlaag naar links moeten lopen. Dat zou betekenen dat het dal van de Periglaciale Rijn nabij Arnhem op ca 5 m +NAP moet hebben gelegen; wat ca 4 tot 5 m lager is dan de huidige situatie, en dat er hier sindsdien 6 tot 7 m sedimentatie moet

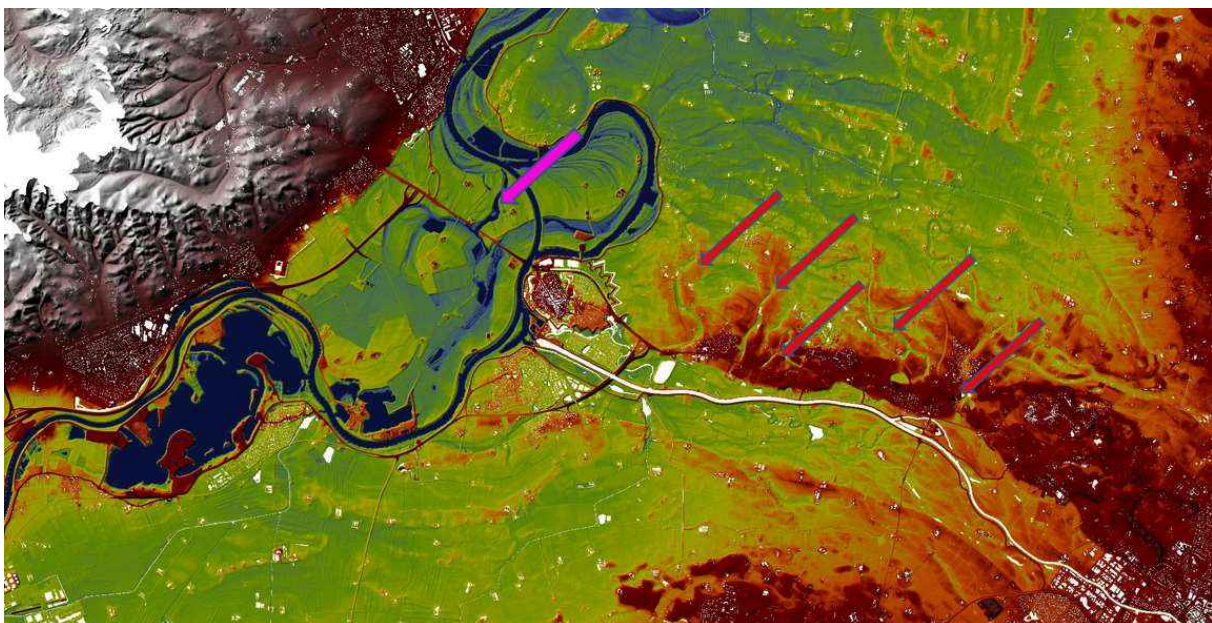
hebben plaatsgevonden om het verschil tussen de rode en de lagere blauwe lijn te overbruggen. In de theorie van Cohen (figuur 2.6) wordt deze dikte ook aangegeven. Uit bodemgegevens van dit traject (Makaske et al, 2008) blijkt hier echter geen sprake te zijn van een zo dik sedimentdek van deze dikte.

3. Hoogte dalvlakte Berkel en ander zijbeken

De bodemhoogte van het huidige Berkeldal, net ten oosten van Zutphen, ligt op 6,5 tot 7 meter. Dit is zo laag dat het moeilijk te verenigen is met een drempel aldaar in het IJssedal. Deze hoogte sluit daarom beter aan bij een historische verhanglijn die vanaf Doesburg naar noorden liep dan naar het zuiden. Het is niet waarschijnlijk dat de hele dalvlakte van de Berkel sinds de doorbraak nog enkele meters is gedaald. Verder naar het zuiden ligt de Baakse beek, waarvan de dalvlakte ca 1 m boven het niveau van de Berkel ligt en nog iets verder zuidelijk ligt de huidige Groote Beek weer een halve meter hoger. De hoogtes van deze dalvlaktes sluiten aan bij een naar het noorden aflopend dal tussen Doesburg en Zutphen en niet een naar het zuiden aflopend dal. Het lijkt ons onwaarschijnlijk dat de bodems van deze beekdalen sinds de doorbraak zo sterk veranderd zijn, dat ze de meebewogen hebben met de omkering van de verhanglijn in dit traject.

4. Dierensche Hank en andere geomorfologische kenmerken

Uitgaande van de blokkade ter hoogte van Doesburg liep het oorspronkelijke verhang in het traject van Doesburg tot aan Arnhem af van noord naar zuid (de blauwe lijn in figuur 2.7). Ten noorden hiervan stroomde water van zijbeken die in het dal uitmondten in noordelijke richting af. Bij hoge Rijnafoeren stroomde vanaf Emmerich een deel van het Rijnwater ook noordelijk van Montferland langs, waardoor deze voorloper dan plotseling sterk in omvang zal zijn toegenomen. In dit uitgestrekte gebied ten zuiden van de blokkade is in de loop der tijd veel sediment bezonken, het meest direct vanuit de loop waar nu de Neder-Rijn ligt, soms ook aangevuld door materiaal dat de Rijn voor de bedijking vanaf Emmerich nog bovenlangs van Montferland aanvoerde. In het zuiden nabij Velp was het voormalige dal aanvankelijk het diepst en werd de kleilaag het dikst, om naar het noorden, in de richting van de drempel, steeds dunner te worden. Dit zorgde ervoor dat ook de waterstanden bij hoge afvoeren aan de voet van de duinenrij steeds hoger werden, waardoor het overstromen van de duinenrij gaandeweg steeds vaker zal hebben plaatsgevonden.



Figuur 2.9. Na eerdere pogingen meer oostwaarts (rode pijlen) is er een vermoeden dat de Dierensche Hank (roze pijl) de plaats aangeeft van de uiteindelijke doorbraak (avulsie) van de IJssel als rivier.

Makaske et al. (2008) schrijft hierover dat het om een traag verlopende avulsie zal zijn gegaan. Uiteindelijk is er een moment geweest dat een van de uitslijpdalen zo breed was geworden dat zich voor het eerst een permanente stroom zal hebben gevormd. Gilbert Maas (mondelijke mededeling) vermoedt dat de Dierensche Hank mogelijk een diep uitgesleten restant van de doorbraakgeul is op deze plaats. Dit vanwege sterke gelijkenissen qua vorm met de andere doorbraakgeulen. Dat zou de Havikerwaard tot 'plaats delict' maken waar de IJssel zijn doorbraak tot volwaardige riviertak heeft beleefd (figuur 2.9).

Verder valt op dat de geomorfologische kenmerken in het zuiden van HBFO anders zijn dan in het noorden. Zo liggen ten zuiden van de N348 twee, mogelijk zelfs drie, opvallende meanderbogen die op een barrière lijken te zijn gestuit (figuur 2.9). Daarnaast wordt hierna in paragraaf 2.5, figuur 2.11, toegelicht dat de kronkelwaard van de Fraterwaard in een vrij kort tijdbestek is ontstaan. Dit moet gebeurd zijn in een zandige ondergrond; een dik kleidek zou deze snelle beweging onmogelijk hebben gemaakt. Op grond van deze aanvullende aanwijzingen gaan we er in deze LESA van uit dat de theorie van Makaske het meest voor de hand ligt. Dit heeft overigens weinig effect op de vervolghoofdstukken.

2.5 Ontwikkeling IJssel en ontstaan kronkelwaarden

Makaske et al (2008) toont aan de hand van booronderzoek nabij Wapenveld en Westenholte aan dat de definitieve doorbraak ongeveer rond 950 AD moet hebben plaatsgevonden. Dit blijkt uit de ouderdom van de laatste veenafzettingen in het dal, voordat deze met klei werden bedekt. Dit betekent dat de IJssel nu ruim 1000 jaar oud is. Stroomopwaarts van Doesburg zijn eerder vergelijkbare overgangen van veen naar klei onderzocht en daar begint de afzetting van klei zo'n 500 jaar eerder. Hierbij gaat het echter om afzettingen van De Rijn in de fase dat zich aan de zuidkant van de blokkade al klei afzette. Omdat het meest zuidelijke deel van de Boven IJssel, voorafgaand aan de doorbraak, meer ophoogde, kwam het maaiveld gaandeweg steeds vlakker te liggen en zal uiteindelijk het naar het zuiden aflopende verhang tussen Doesburg en Arnhem zijn opgeheven. Ook het dal ten noorden van de blokkade tot aan Zutphen was relatief breed en hierdoor werd slechts een beperkte hoeveelheid water afgevoerd, o.a. van de Baakse Beek en kwelwater van de Veluwe. Pas stroomafwaarts van Zutphen was er meer water, afkomstig uit de Berkel, en zal er voldoende water zijn geweest voor een grotere bedding in het dal.

In het huidige IJsseldal zien we de ontwikkelingsfasen van deze relatief jonge rivier nog goed terug. In grote lijnen zijn er binnen het IJsseldal ook weer 3 verschillende deeltrajecten te onderscheiden, waarvan er twee in de Havikerwaard liggen.

1. Ten zuiden van de voormalige drempel bij Doesburg

Hier vulde de dalvlakte waar het Rijnwater altijd al toegang tot had zich gaandeweg op met (kleinig) sediment en hierdoor zal het verhang gaandeweg zijn uitgevlakt. De doorbraak veranderde niet zoveel aan het proces van sedimenteren, maar wel kreeg de nieuwe bedding gaandeweg een verhanglijn die afliep van zuid naar noord. Het zuidelijk deel van de uiterwaarden van de Boven-IJssel is daarvoor het meest aangevuld. In dit traject ontwikkelde de nieuwe rivier zich als een loop met de eigenschappen van een stroomgordel. Omdat het water nu door kon stromen werd ook zand aangevoerd. Bij hoogwater zette dit zich af op de oevers zodat oeverwallen konden ontstaan. Deze zijn in het traject tot aan Doesburg op beide oevers van de rivier te vinden. Het duidelijkst zijn ze ontwikkeld stroomopwaarts nabij Velp; in de Havikerwaard minder goed. Het huidige Duivense en Zevenaarse broek, oorspronkelijk een deel van de pleniglaciale riviervlakte van de Rijn die rondom Montferland liep, ontwikkelde zich daarbij gaandeweg tot een kom van de Boven-IJssel. De IJssel in dit traject, met z'n oeverwal en kom, lijkt hier dus op een van de recente Rijnlopen in de Betuwe. De meanders die de rivier vanaf Rheden had zijn waarschijnlijk al kort na de doorbraak van de IJssel ontstaan (zie verder onder 2 hoe dit proces verliep).

2. Ten noorden van de voormalige drempel Stroomafwaarts van Doesburg tot aan Zutphen.

Hier liep de rivier, direct nadat deze was doorgebroken, door een breed, relatief vlak gebied. Hier lagen enkele pleniglaciale lopen van de Rijn waarlangs het water van de beken die hier uitmondten en kwelwater van de Veluwe werden afgevoerd. Mogelijk was het debiet niet eens groot genoeg voor actieve beddingen en had het gebied meer het karakter van een doorstroommoeras. Na de doorbraak was een kenmerk van de eerste fase van rivierontwikkeling in dit vlakke gebied dat de bedding er grote, wijde bochten vormde. Deze bochten waren ook na het ontstaan morfologisch niet erg actief, waardoor er ook geen sporen van een kronkelwaard zichtbaar zijn. De IJssel zal in deze beginfase ook nog niet veel water getrokken hebben en het debiet werd nog vooral bepaald door de waterstand in de Neder-Rijn. Uiteindelijk werd het debiet steeds groter en verliet de in omvang toenemende IJssel de eerst gevormde bochten weer. Dit volgde op het zich insnijden van de bedding in het meer centrale deel van het dal door van een front van terugschrijdende erosie dat vanaf Zutphen opschoof in zuidelijke richting (in figuur 2.7 het traject vanaf waar de rode lijn lager is komen te liggen dan de blauwe). De verlaten, brede bochten uit de beginfase zijn als restanten nog langs de flanken van het dal aanwezig; o.a. bij Rha en Baak. In het noordelijke deel van de Havikerwaard, juist ten zuiden van de N348 zijn ook enkele van deze bochten zichtbaar in de ondergrond, die mogelijk uit deze fase stammen. De nieuwe, ingesneden bedding ging op enkele plaatsen actief meanderen, maar nu waren het bochten die schoksgewijs steeds ruimer werden en daarbij in hun binnenbocht kronkelwaarden vormden. Kronkelwaarden bestaan uit een afwisseling van oude stroomgeulen tussen zandige stroomruggen ('wasbordstructuur'). Voorbeelden hiervan zijn de Fraterwaard en verder stroomafwaarts o.a. de meander van Cortenoever. Het opvallende aan de Fraterwaard is dat deze juist stroomafwaarts ligt van de voormalige drempel en duinenrij ligt, wat mogelijk verband houdt met elkaar.

Het derde traject van de IJssel ligt buiten het projectgebied. Het gaat om het traject stroomafwaarts van Zutphen waar voorafgaand aan de doorbraak al wel een bedding aanwezig was en waarschijnlijk heeft het Rijnwater deze loop gevolgd toen de afvoer vanuit het zuiden toenam. De bedding werd ruimer en sneed zich in de ondergrond in. In stroomopwaartse richting leidde dat na enige tijd tot de hierboven al genoemde terugschrijdende erosie. Het materiaal dat bij deze erosie beschikbaar kwam werd stroomafwaarts gevoerd en, aangevuld met materiaal van de Rijn zelf, op de oevers en in het Flevomeer afgezet. In figuur 2.7 is dit het traject waar de rode lijn uitstijgt boven de blauwe lijn.

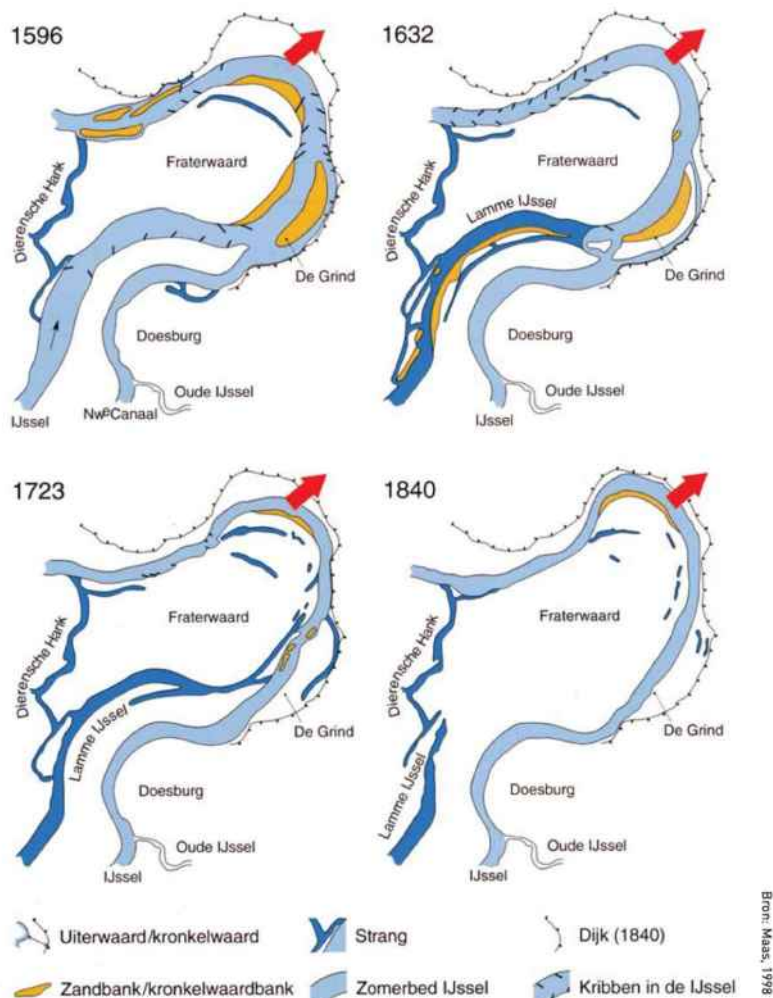
Splitsende Rijntakken en hun invloed op het debiet dat naar de IJssel stroomt

Een van de bijzondere aspecten van de Rijn in het oosten van Nederland is de splitsing in drie rivierlopen. Het is een van de kenmerken van een rivier op de overgang van een eroderend naar een sedimenterend traject. Vanaf bovenstrooms voert de rivier vanuit het eroderende traject relatief veel sediment aan, waarvan de klei in de luwere kommen wordt afgezet en het grovere materiaal zich ophoopt in de bedding van de rivier. Onder andere vanwege de oudere lagen in de ondergrond, die de door de gletsjers tot dicht onder het maaiveld zijn opgestuwd, werd vanuit het traject van de Niederrhein ook veel grind aangevoerd. Ter hoogte van de huidige Nederlandse grens was de stroming onvoldoende om dat meteen door te voeren. Hierdoor ontstonden er (grind)eilanden in de rivier waar de bedding zich een weg omheen moest zoeken, wat er uiteindelijk toe leidde dat de rivier zich splitste. De verdeling van het water werd zo bepaald door het ontstaan van eilanden stroomopwaarts in de bedding en naarmate eilanden aangroeiden of weer verdwenen, veranderde ook de hoeveelheid water die een riviertak in kon stromen. Die hoeveelheid bepaalden dan ook weer de mate waarin de rivier morfologisch actief was. In het kort komt het erop neer dat als een tak door eilandvorming bovenstrooms minder water ontving, deze meteen ook morfologisch minder actief werd.

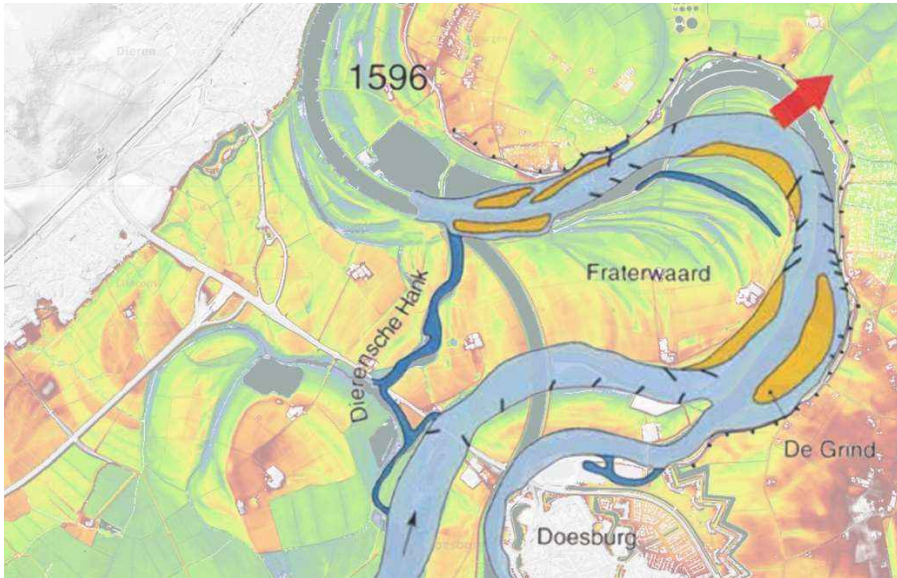
De IJssel had ter hoogte van Arnhem haar eigen splitsingspunt en ook hier bepaalde de hoeveelheid water dat de IJssel in stroomde hoe actief deze relatief nieuwe rivier was. Net na het ontstaan was het verval over het traject tussen Arnhem en Zutphen nog gering waardoor de IJssel nog niet veel

water getrokken zal hebben. Na verloop van tijd sneed de IJssel zich echter vanaf Zutphen in stroomopwaartse richting in (zie figuur 2.5) en stroomde het water hier steeds makkelijker door, wat een aantrekkende werking had op het water verder stroomopwaarts. De IJssel trok hierdoor meer water aan en werd morfologisch actiever. Dit ging ten kostte van vooral de Neder-Rijn voorbij Arnhem die minder water zal hebben ontvangen en morfologisch minder actief werd. Uit onderzoek aan de IJsseldelta blijkt dat deze vanaf de 12^e eeuw begon uit te groeien in de Zuiderzee (Ente, 1973 en 1974). Makaske et al. (2008) concluderen dat de grootste activiteit van de IJssel plaats vond tussen de 12^e en 17^e eeuw. In deze perioden zijn dan ook de meeste kronkelwaarden gevormd. De situering van de meanders uit 1596 in de huidige AHN kaart (figuur 2.11), laat zien dat de vorming van kronkelwaarden grotendeels voor die tijd heeft plaatsgevonden. In de periode tussen 1596 en de normalisatie van de IJssel met kribben (eind 19^e eeuw) vond er weinig beweging meer plaats.

Uiteindelijk zou de IJssel vanaf de 17^e eeuw morfologisch minder actief worden. Dit werd veroorzaakt doordat de Rijnloop bovenstrooms, ter hoogte van de huidige Rijnstrangen, verzandde en steeds minder water doorliet. In het begin van de 18^e eeuw werd de toevoer van water hersteld door het graven van het Pannerdensch Kanaal. De IJssel is daarna echter nooit meer zo morfologisch actief geworden als in de fase voor de vermindering van de watertoevoer. Waarschijnlijk is de wateraanvoer na het graven van het Pannerdensch Kanaal dus altijd minder gebleven dan eerder.

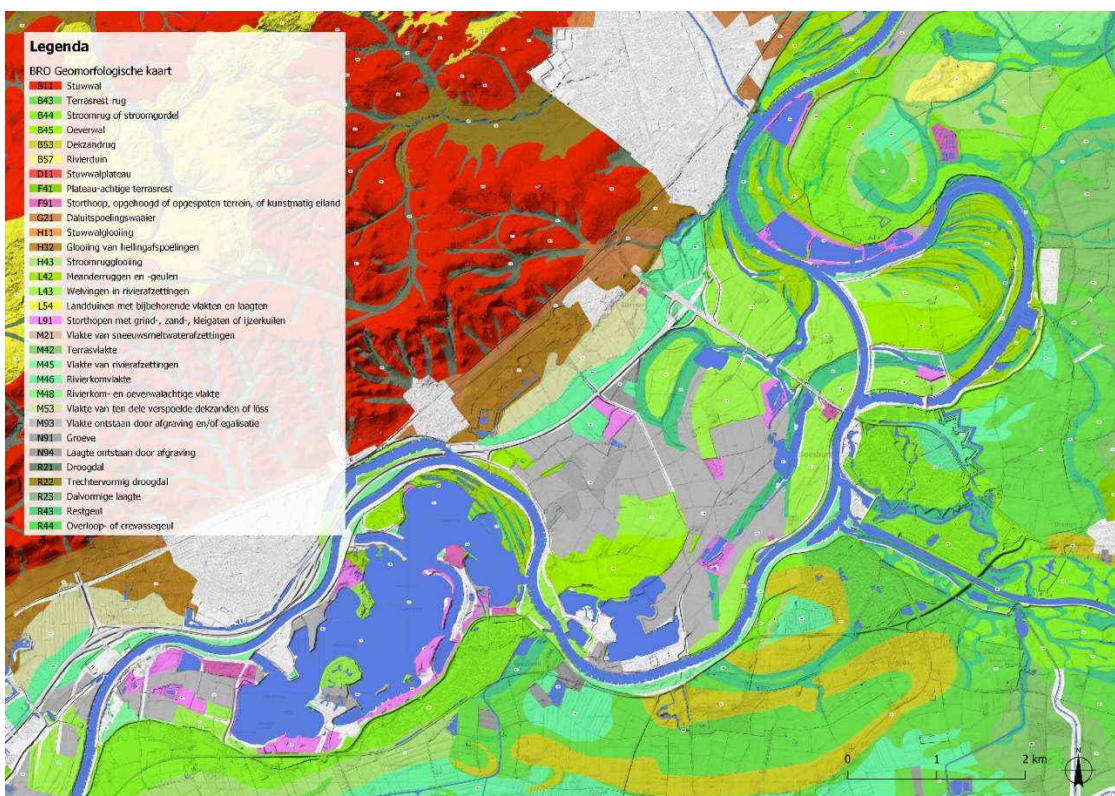


Figuur 2.10. Ruim 4 eeuwen meander-ontwikkeling van de Fraterwaard (Bron: G. Maas, 1998). Tot in de 17^e eeuw was de morfologische activiteit van de IJssel groot, omdat deze veel water ontving, wat ondermeer tot de vorming van kronkelwaarden leidde. Vanaf de 18^e eeuw verliep de ontwikkeling steeds langzamer om vanaf eind 19^e eeuw helemaal tot stilstand te komen, omdat de rivier werd vastgelegd. Sinds 1970 is de meander ook doorsneden.



Figuur 2.11. Kaart van 1596 geprojecteerd op de huidige situatie geeft inzicht in de snelheid van morfologische activiteit die de kronkelwaarden heeft laten ontstaan.

2.6 Geomorfologie en oude rivierbeddingen

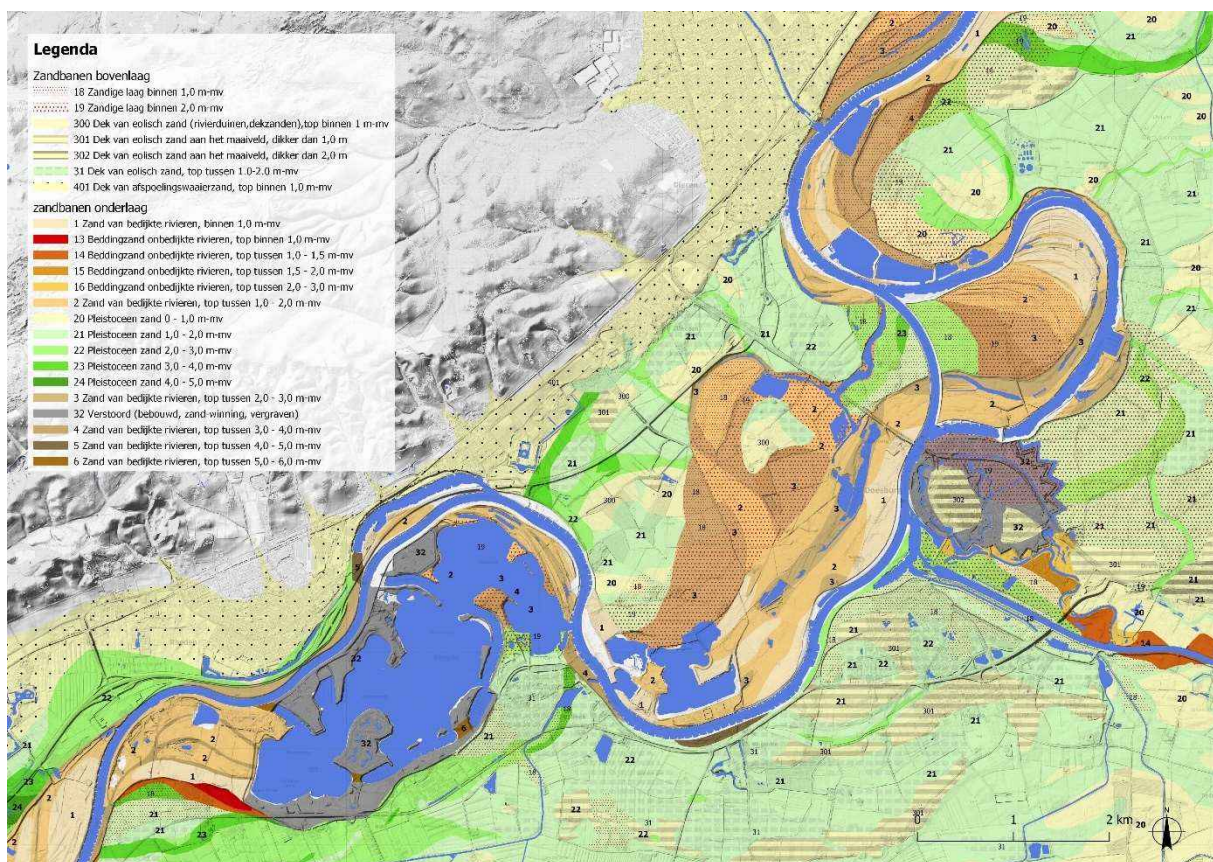


Figuur 2.12 Geomorfologische kaart van het projectgebied. Duidelijk herkenbaar zijn de oude meanderbogen, de loop van de Lamme IJssel en de doorbraakkolk. Zand- en kleiwinning hebben een groot deel van de Havikerwaard ontdaan van zijn oude reliëfvormen.

De ontwikkeling van de Havikerwaard, Fraterwaard en Olburgerwaard is eenvoudig terug te vinden in het landschap van nu. Kronkelwaarden in de Fraterwaard en Olburgerwaard, de kortsluitgeul (Dierensche Hank) in de Havikerwaard, restgeulafzettingen in de Lamme IJssel en oude

meanderbogen zijn relictten van haar jonge maar dynamische ontstaansgeschiedenis (figuur 2.12). Ook minder uitgesproken relictten zoals oude oeverwallen en microreliëf door welvingen in rivierafzettingen vormen mede het karakter van het plangebied. Ook menselijke ingrepen zoals klei- en zandwinningen in de Havikerwaard (grijze vlakken figuur 2.12) hebben hun invloed op het gebied nagelaten (zie ook hoofdstuk 3).

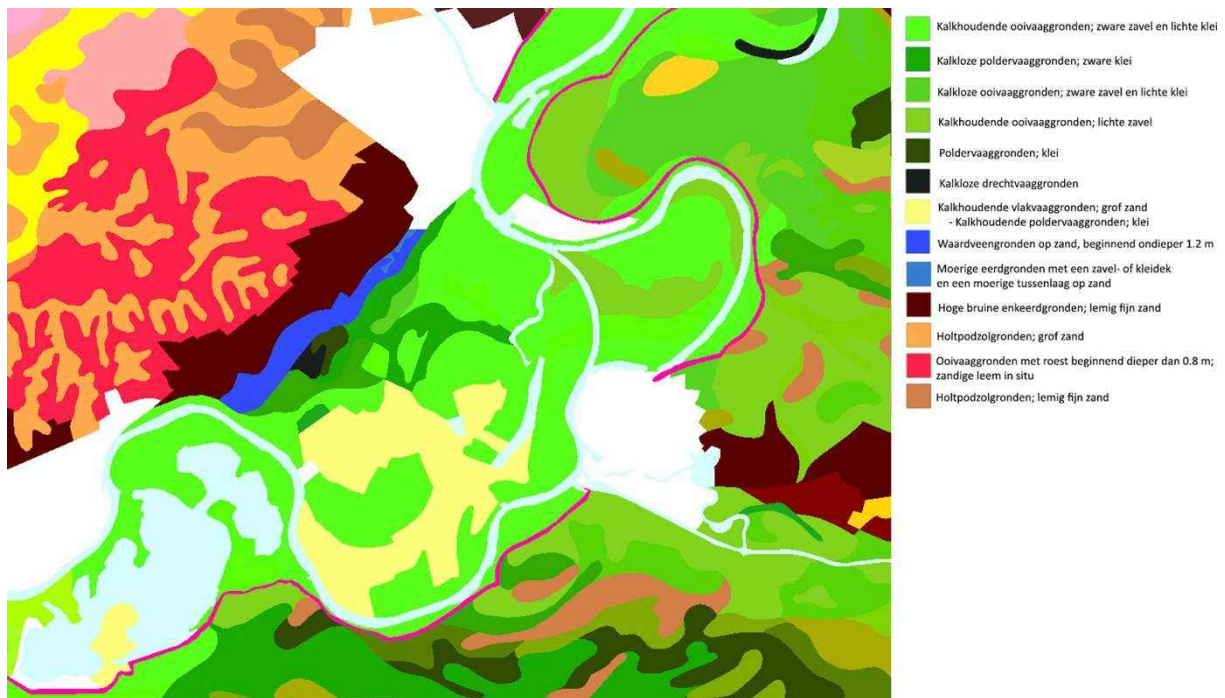
In de zanddieptekaart (figuur 2.13) zijn de oude rivierbeddingen te herkennen in de ondergrond van de drie waarden. Hoe verder van de huidige loop van de IJssel af hoe dieper de zandbaan in de bodem wordt aangetroffen. In de Fraterwaard en Olburgerwaard is het migratiepatroon van de rivierbedding in de tijd, en daarmee het ontstaan van kronkelwaarden, goed zichtbaar. Het pleistocene zand ligt ten westen van de oude rivierbeddingendicht aan de oppervlakte op gemiddeld 1 – 2 meter onder het maaiveld.



Figuur 2.13 Zandbanenkaart waarin een beeld ontstaat over de loop, de diepte en daarmee ouderdom van oude rivierbeddingen in het projectgebied.

In de bodemkaart (figuur 2.14) zijn de kleiige bodems in het IJsseldal zichtbaar. Deze bestaan deels uit kalkhoudende en deels uit kalkarme kleilagen. Deze jongere, door de IJssel afgezette kleilagen zijn altijd kalkhoudend; naarmate de klei langer ligt, spoelt de kalk uit en wordt ze arm aan kalk en uiteindelijk kalkloos. Met name de vegetaties in natuurgebieden zijn voor hun soortensamenstelling afhankelijk van het lakgehalte in de bodem; zo komen stroomdalvegetaties vooral voor op kalkrijke bodems. In het ontkleide deel van de Havikerwaard (geel) ligt het grove zand dicht onder de oppervlakte (dwz <1,2 m), met daarop nog een dun kleidek. Op de plaats waar de kwelbossen liggen zijn drechtvaaggronden aangetroffen, dit zijn kleiige bodems met periodieke hoge grondwaterstanden die tussen 40 en 80 cm diepte overgaan in veen dikker dan 40 cm. Op de overgang naar de Veluwe in de zone met veel kwel, liggen waardveengronden. Het dek van zware, kalkloze zavel of klei is hier max., 40 cm dik en daaronder licht een dikker veenpakket. De veengronden gaan hogerop over in enkeerdgronden. Dit zijn zandige en lemig zandige gronden

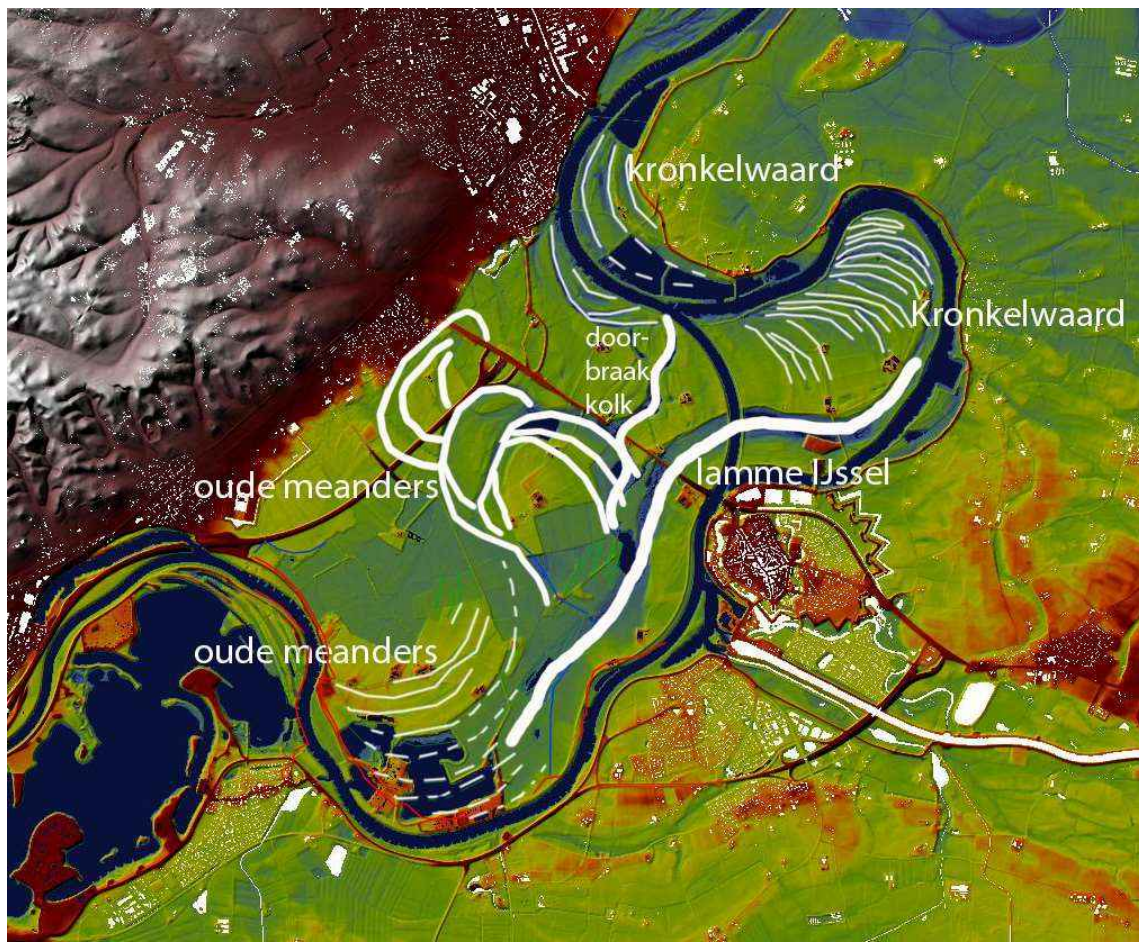
waarop in de loop der eeuwen door agrarische activiteiten een esdek van minimaal 50 cm is neergelegd afkomstig uit de potstallen hier in de omgeving. Weer hoger de Veluwe op gaan de enkeerdgronden over in poltzolbodems, wat wijst op langdurig gebruik van de bodems als heidegrond.



Figuur 2.14. Bodemkaart; in de legenda zijn alleen de eenheden weergegeven die voorkomen in HFBO en aangrenzende Veluwe weergegeven.

2.7 Samenvatting

De IJssel kende na haar ontstaan (vermoedelijk rond 950 na Chr., maar mogelijk al eerder) eerst een korte fase waarin weinig water werd doorgevoerd en er tussen Rheden en Zutphen een bedding met grote, vrijwel stabiele bochten ontstond. Naarmate de bedding door terugschrijdende erosie meer onder verhang kwam te liggen, werd meer water doorgevoerd en nam de morfologische activiteit toe. Dit werd op het traject tussen Doesburg en Deventer nog eens gestimuleerd doordat de 'nieuwe' rivier zich moest insnijden in het oude glaciële rivierterras, waarbij veel sediment vrijkwam. In het traject stroomafwaarts van Doesburg werden de eerdere brede bochtige loop weer verlaten en ontstond een nieuwe bedding centraal in het dal. Vooral in het traject stroomafwaarts van Doesburg werd de bedding nog eens extra morfologisch actief en ontstonden grote meanders met uitgestrekte kronkelwaarden, zoals nu zijn terug te vinden in de Fraterwaard. Mogelijk heeft de zandige bodem en het aanvankelijk dunne kleidek dit proces hier op gang gebracht. Waar de bodem een andere samenstelling had ontstond een licht slingerend, morfologisch minder actieve loop. Vanaf de 17^e eeuw ontving de IJssel weer minder water als gevolg van het verzanden van de Rijnstrangen en nam de morfologische activiteit weer sterk af. In figuur 2.15 zijn, samenvattend, de unieke geomorfologische kenmerken van de HBFO weergegeven op de AHN kaart. De doorbraak van de IJssel heeft ervoor gezorgd dat Doesburg kon uitgroeien tot een belangrijke vestingstad, mede door zijn strategische ligging aan de uitmonding van de Oude IJssel in de Gelderse IJssel.



Figuur 2.15. Situering unieke geomorfologische kenmerken in HBFO

3. Ingrepen in natuurlijk functioneren en gevolgen voor de dynamiek

Na altijd vrij spel te hebben gehad werd de loop van de rivieren vanaf de 10^e eeuw in een aantal fasen door menselijke ingrepen steeds meer aan banden gelegd. Mensen woonden al tienduizenden jaren in het rivierengebied, maar de eerdere bewoners hadden nog geen invloed op de loop van de rivieren. Wel brachten zij, vanaf de introductie van de landbouw, grote veranderingen aan in het landschap en verdween gaandeweg het bos uit het rivierdal en nam door ontbossingen bovenstrooms de sedimentlast toe in de rivieren. Uit veel opgegraven nederzettingen blijkt dat het rivierengebied al relatief dichtbevolkt is als de Romeinen komen. Ook in de Romeinse tijd waren de rivieren echter nog grotendeels onbedijkt en overspoelde het water bij hoge afvoeren het hele rivierengebied tot aan de randen van de hoge gronden. Dat veranderde ongeveer 1000 jaar later als de bevolking toe neemt en de dorpen en steden groter worden. De bewoners van het rivierengebied gaan zich dan in eerste instantie beschermen tegen hoogwater door dijken aan te leggen. In de Boven-IJssel gebeurde dat relatief laat, in vergelijking met de andere Rijntakken en verder benedenstrooms langs de IJssel. In de eeuwen daarna zouden er nog veel ingrepen volgen die ook de bedding van de IJssel aan banden zou leggen. In dit hoofdstuk wordt de grote variatie aan ingrepen beschreven die in de Boven-IJssel zijn doorgevoerd, verdeeld over de volgende onderwerpen:

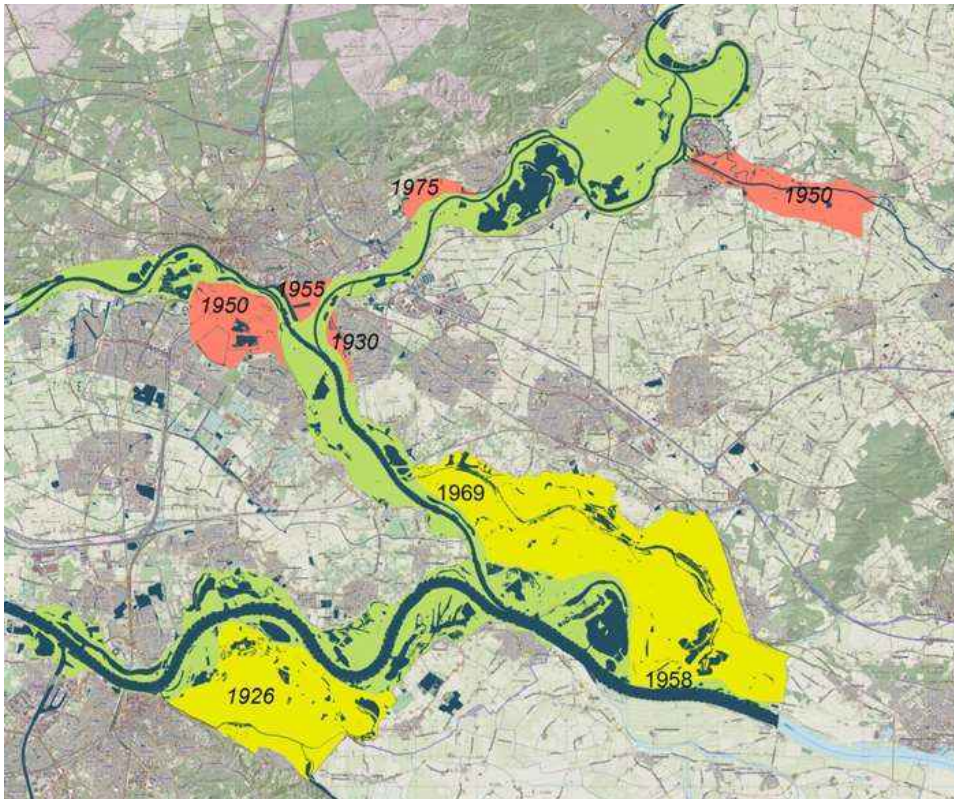
1. Aanleg winterdijken
2. Aanleg zomerkades
3. Riviernormalisaties
4. Aanleg stuw

Deze ingrepen volgen elkaar in grote lijnen op in de tijd, maar de eerdere liepen ondertussen vaak ook door, waardoor het menselijk handelen in het riviersysteem steeds uitgebreider en complexer werd. Al met al zorgden de ingrepen ervoor dat de rivierdynamiek stap voor stap kleiner werd. Pas recent is daar meer oog voor gekomen en de natuurontwikkeling van de laatste 25 jaar heeft daar weer wat verandering in proberen te brengen; maar tot nu toe is dat nog maar beperkt gelukt.

3.1 Aanleg winterdijken

De bedijking van de rivieren werd niet overal op dezelfde manier aangepakt en verliep ook langs iedere tak op een andere manier. Langs de IJssel werd, op Het Duivense en Zevenaarse Broek na, pas in de 20^e eeuw met de bedijking begonnen. Er waren wel al zomerkades aangelegd, maar die overstroonden tijdens hoogwater. Door de late bedijking bleef ook het pleistocene Rijndal (nu Oude IJssel) ten noorden van Montferland nog lang voor het water bereikbaar. Tijdens perioden van hoge IJsselafvoeren overstroomde dit dal vanuit het westen tot aan Laag Keppel toe. Pas rond 1950 werd de monding van de Oude IJssel bij Doesburg van het overstroombare gebied afgesloten.

De Oude IJssel kreeg soms ook vanuit het oosten veel water te verwerken. Het traject van de Boven-Rijn tussen Rees en Emmerich was al in de 15^e eeuw bedijkt, maar net als elders waren er regelmatig dijkdoorbraken en een deel van het Rijnwater vond dan zijn vroegere weg ten noorden van Montferland langs. Ook kon, zolang de Rijnstrangen via de Spijkse Overlaat nog meestroomden, bij hoogwater een deel van het water stroomopwaarts via de Wild naar het dal van de Oude IJssel stromen en dan noordelijk van Montferland naar het IJsseldal. De late bedijking van het IJsseldal verklaart ook de bijzondere situatie bij de Havikerwaard, waar de overstromingsvlakte van de IJssel ruim 2,5 km breed is, breder dan enig ander traject langs de IJssel en zelfs in het rivierengebied. Het is het enige deel van het oorspronkelijke IJsseldal dat tijdens de fase van bedijking, die (buiten de Liemers) rond 1950 begon, niet is meegenomen.



Figuur 3.1. Omvang van het huidige buitendijkse gebied (groen) en de gebieden die in de 20^e eeuw door het vooruitleggen van de dijk aan het overstroombare gebied zijn onttrokken (jaartallen geven het moment van afsluiten weer). De rozerode gebieden waren voorheen buitendijks, de gele gebieden hadden een functie als retentiegebied en stroomden alleen in bij zeer hoge afvoeren.

De grote overstromingsvlakte bij de Havikerwaard en de verschillen in de bedijkingsgeschiedenis tussen de Waal, Neder-Rijn en IJssel zijn nu nog herkenbaar in de hoogwaterstanden. Deze lopen bij de Waal relatief het meeste op bij stijgende afvoeren en bij de IJssel het minste (zie ook figuur 4.5). Dit verschil loopt langzaam op vanaf het moment dat de uiterwaarden beginnen te overstromen (vanaf ca. 6.500 m³/s). Bij een maatgevende afvoer is de waterstand in de Waal ca. 20 km stroomafwaarts van de Pannerdensche Kop ruim 1,1 m hoger dan op de Neder-Rijn op dezelfde afstand vanaf het splitsingspunt en ruim 1,5 m hoger dan in de IJssel. Hierin zien we terug dat de bedijking van de Waal, terwijl deze rivier steeds meer water te verwerken kreeg, altijd relatief krap is gebleven. In tegenstelling tot de Neder-Rijn, die minder water ontving, en nu juist relatief ruime uiterwaarden heeft. Langs de IJssel is de oorspronkelijke dalvlakte deels behouden wat een temperende werking heeft op de waterstanden tijdens hoogwater.

Al met al is het overstroombare gebied met horten en stoten sinds de 10 eeuw steeds kleiner geworden, waarbij steeds werd geanticipeerd op de afvoerdynamiek in de betreffende riviertak. Door de bedijking werd in Nederland uiteindelijk ruim 85% van de overstromingsvlakte aan de rivieren onttrokken. Dit percentage verschilt van riviertak tot riviertak: Waal 90%, Neder-Rijn 90% en IJssel 82%. In het gebied van figuur 3.1 bedraagt het ingedijkte areaal ca 75%, wat dus relatief beperkt is. Dit wordt vooral veroorzaakt door het feit dat de Rijn hier in drie takken splitst met ieder hun eigen zomer- en winterbed.

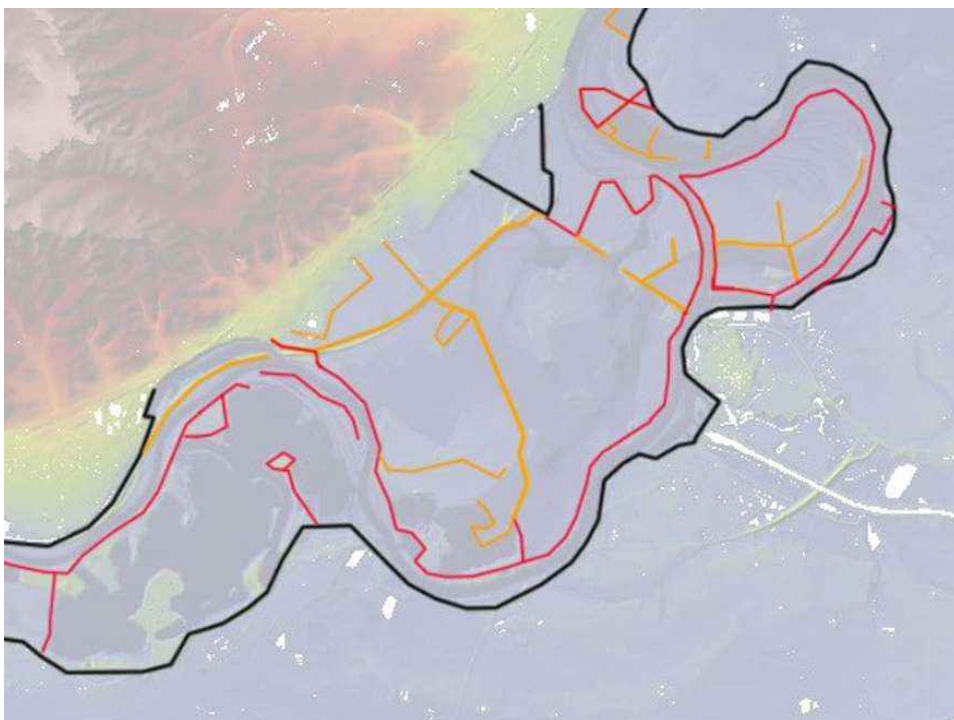
3.2 Aanleg zomerkades (1750 – 1850)

Al vanaf de bedijking in de 15^e eeuw werden de uiterwaarden steeds intensiever gebruikt voor landbouw. De voedselrijke uiterwaarden waren favoriet om er vee te weiden en de hogere gebieden werden daartoe ontgonnen tot grasland. Vanaf de 18^e eeuw zijn de grotere eenheden omringd met

lage kades om daarmee het gebied te beschermen tegen de lagere (zomerse) hoogwaters. Deze omkade gebieden overstromden wel bij de grotere hoogwaters en om de in- en uitstroom te regelen werden sluisjes en overlaten aangelegd. De aanleg van zomerkades neemt in korte tijd een grote vlucht en rond 1800 zijn bijna alle grotere uiterwaarden langs de Waal, Neder-Rijn en IJssel omringd met een zomerkade (zie figuur 3.2). De zomerkades verlaagden de kans op een overstroming van de uiterwaarden in het groeiseizoen. Voor de lagere, grazige delen nam deze af van ca 15 dagen naar ca. 3, waarbij de grootste kans vroeg in het voorjaar was.

De zomerkades waren geen garantie tegen overstroming in het groeiseizoen, want langs de Rijn konden hoogwaters soms ook in de periode van april t/m juni optreden en soms zelfs in juli. Gemiddeld eens in de 10 tot 15 jaar waren er hoogwaters in het groeiseizoen. In de loop van de 20^e eeuw is de kans hierop echter flink kleiner geworden vanwege de bodemdaling van het zomerbed. Door de aanleg van de zomerkades langs de Rijntakken veranderde ook het stromingspatroon en nam in de uiterwaarden de stroomsnelheid sterk af. Het gevolg was dat er binnen de bekade gebieden veel klei bezonk. Dit zou een eeuw later de basis leggen voor de baksteenfabricage, die profiteerde van de kleilaag die toen op veel plaatsen al een meter dik was.

Om het doorbreken van kades bij opkomend water te voorkomen werden sluisen aangelegd waarlangs water kon worden ingelaten. Bij grotere uiterwaarden werden ook overlaten aangelegd waarlangs het water de uiterwaard in- of uit kon stromen. De kades met sluisen maakten ook het waterbeheer in de bekade gebieden mogelijk, en er werden in veel uiterwaarden sloten gegraven die afwaterden op een centrale sloot die het water naar de sluis leidde. In de winter stond de sluis vrijwel altijd open, of deze werd opengezet als het waterpeil de kade dreigde te overstromen. Dit ging niet altijd goed, getuige de vele kolken die naast zomerkades liggen op plaatsen waar ze alsnog zijn doorgebroken.



Figuur 3.2. Ligging van de kades in de uiterwaarden van HBFO. De doorgaande zomerkades die uiterwaarden geheel afsluiten van de rivier zijn in rood aangegeven, de overige kades, die bv naar woningen lopen in oranje. Zwart is de winterdijk.

Zomerkades zijn een typisch fenomeen van de Rijntakken. Dit heeft alles te maken met de sneeuw die laat in het voorjaar in de Alpen smelt, waardoor in de Rijn ook in juni of juli nog wel eens een

hoogwater kan optreden. Zonder zomerkades zouden er bij de Rijn sinds 1900 ruim 25 hoogwatergolven zijn geweest die de bekaide gebieden ook in de zomer hadden doen overstromen; dit komt overeen met een frequentie van eens in de 5 jaar. De kans nam door de zomerkades af naar slechts eens in de 20 tot 25 jaar.

3.3 Riviernormalisaties IJssel

1. Vastleggen IJssel door kribben

Vanaf de 16e eeuw werden lokaal kribben al aangelegd, vooral om erosie van de oevers te voorkomen en de rivier van de oever af te houden. Soms werden kribben ook gebruikt om opwassende eilanden bij de oever te trekken en zo land te kunnen winnen. Vaak werd dit gecombineerd met de aanplant van wilgen(griend) om de opzanding te versnellen. Dergelijke ingrepen waren lokaal, maar vooral bij de Neder-Rijn en de IJssel hebben ze er aan bijgedragen dat de rivier in die tijd morfologisch al minder beweeglijk werd.

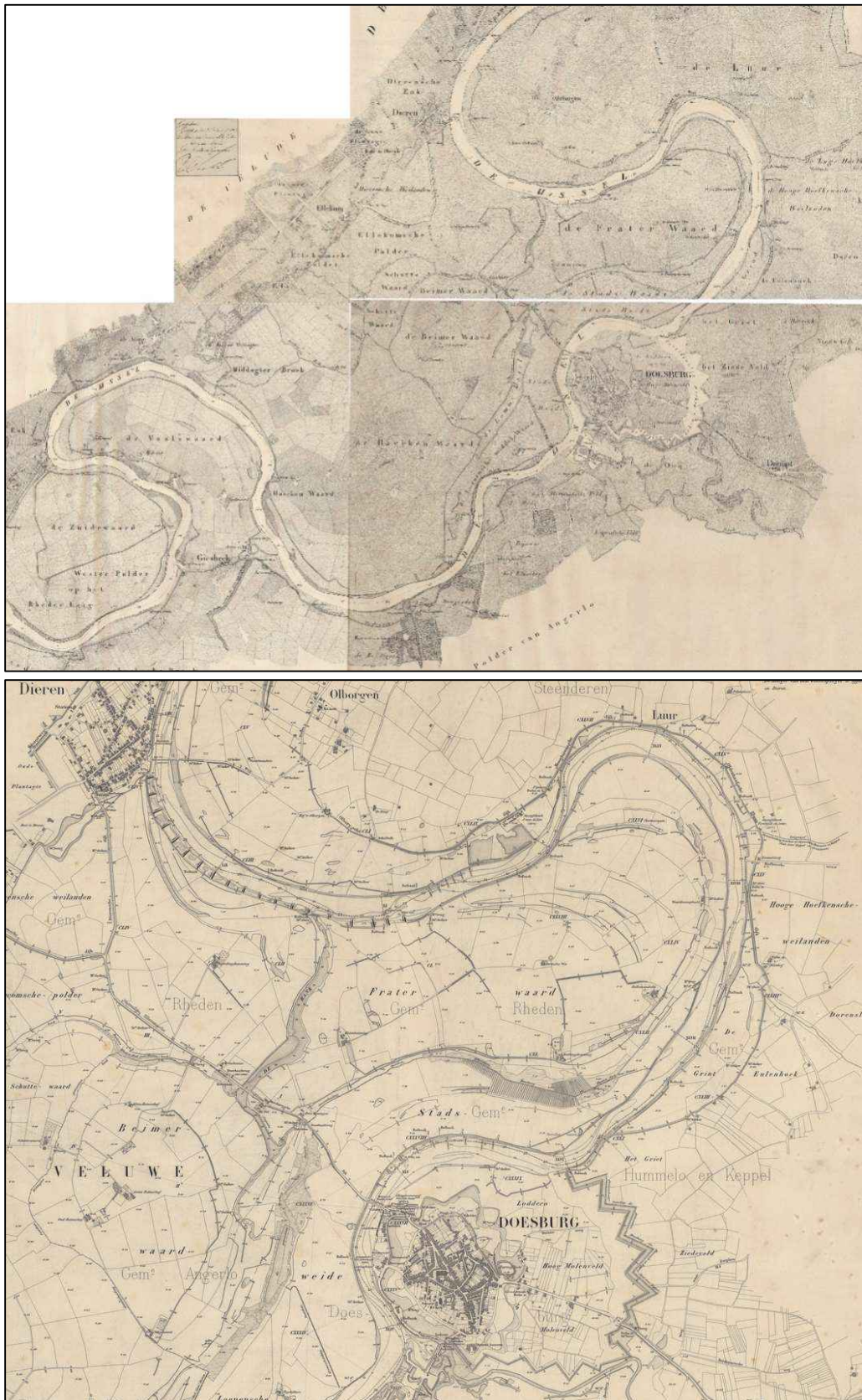
Na de aanleg van de winterdijken en zomerkades volgde in de tweede helft van de 19e eeuw een volgende grote ingreep die de natuurlijke dynamiek van de rivieren aan banden zou leggen: de zogenaamde riviernormalisatie. Het zomerbed van de rivieren lag rond 1850 nog niet vast, had een sterk wisselende breedte met ondiepe en diepe delen en er waren ook veel zandeilanden. In die tijd waren er veel dijkdoorbraken als gevolg van kruie ijs en het normaliseren van de rivier was dan ook vooral bedoeld om de doorstroming te verbeteren en zo de kans op ijsblokkades te beperken.

De riviernormalisatie waar in de tweede helft van de 19e eeuw toe werd overgegaan had tot doel de hele rivier vast te leggen, opdat de waterstroom in één bedding werd geconcentreerd. Tegelijkertijd zou dit de bevaarbaarheid verbeteren, waar de scheepvaart van profiteerde die dankzij de industrialisatie zo ook grotere goederenstromen kon gaan verwerken. Het normaliseren hield in dat zandbanken werden weggebaggerd en de oevers werd vastgelegd met kribben, waarmee de hoofdstroom een vaste breedte kreeg. Iedere riviertak kreeg een vooraf vastgelegde breedte, de normaalbreedte (zie tabel 3.1).

In HBFO is aan de hand van historische kaarten (figuur 3.3) zichtbaar dat in 1840 nog geen normalisaties zijn uitgevoerd. In 1888 zijn kribben aangelegd ter hoogte van de Olburgerwaard.

Tabel 3.1. Verandering in beddingbreedte a.g.v. de riviernormalisaties in enkele riviertrajecten. De opgegeven breedte is de afstand tussen de kribkoppen aan weerszijden van de rivier (bron: Kadaster; topotijdreis).

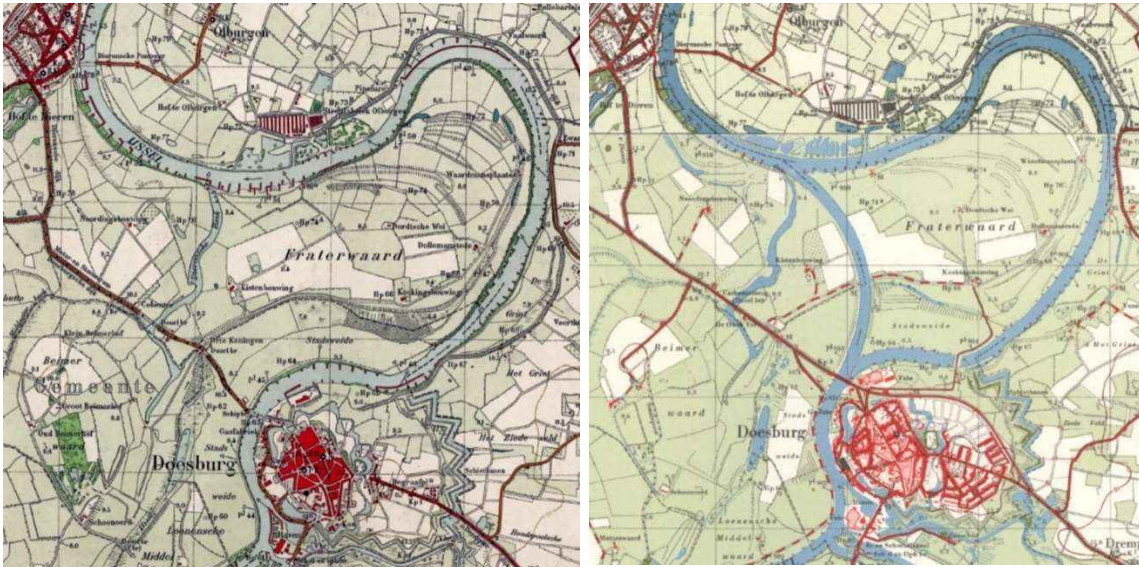
Riviertraject	Huidige breedte	Oorspronkelijke breedte	Afname in %
Boven-Rijn	320 m	500 – 600 m	ca 40%
Waal	260 m	300 – 600 m	ca 40%
Neder-Rijn tot IJsselkop	120 m	200 – 300 m	ca 50%
Neder-Rijn vanaf IJsselkop	90 m	150 – 250 m	ca 55%
Boven IJssel	65 m	80 – 160 m	ca 45%



Figuur 3.3: Historische rivierkaarten van het hele projectgebied uit 1840 (boven) en van de Fraterwaard uit 1888 (onder). In 1840 is de rivier nog niet genormaliseerd. In 1888 zijn de aangelegde kribben zichtbaar.

2. Bochtafsnijding IJssel

In de vijftiger jaren van de 20^e eeuw is de IJssel verder genormaliseerd en de bochtafsnijding bij Doesburg ten behoeve van doorstroombaarheid en bevaarbaarheid zorgde voor een amputatie van de Fraterwaard (figuur 3.4). Het Zwarte Schaar, zoals de afgesneden meanderboog is gaan heten, is daarbij zijn afvoerende functie en bijbehorende morfodynamiek verloren. Ook bij maatgevende waterstanden (boven 11,5 m +NAP) overstroomt de dam bij Doesburg die de oude en nieuwe loop scheidt nog niet. De zomerkades in de Fraterwaard overstroomen circa 1 x 10 jaar. Een tweede bochtafsnijding, stroomopwaarts ter hoogte van Rheden is in de jaren 70 uitgevoerd.



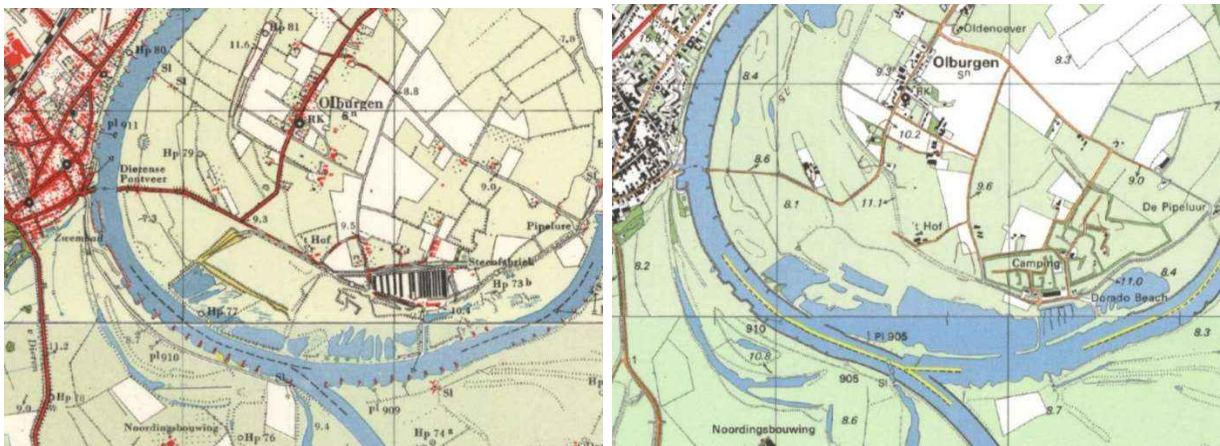
Figuur 3.4 Oorspronkelijke loop IJssel in 1950 en bochtafsnijding Doesburg in 1957 (bron: topotijdreis)

3. Vastleggen oevers met stenen

Het vastleggen van de rivier met stenen constructies werd na de riviernormalisaties vanaf het midden van de 19e eeuw op steeds grotere schaal toegepast. Zo werden in de tweede helft van de 20e eeuw de oevers van vrijwel de gehele IJssel met steen vastgelegd (figuur 3.5 en 3.6). Hiermee moest erosie van de oevers voorkomen worden; een probleem dat in de 20e eeuw steeds groter werd, mede door enkele hoogwaters en de binnenvaart die sterk toenam. De zandige, min of meer natuurlijke overgangen van de rivierbedding naar de droge oever verdwenen daardoor en dit beïnvloedde ook de uitwisseling van zand tussen de bedding en de hoge oever. Sinds ca 2005 worden de stenen oevers hier en daar, als natuurmaatregel (o.a. KRW), weer verwijderd, zodat de natuurlijke overzone zich kan herstellen.



Figuur 3.5. De oevers van de IJssel werden in de jaren '80 van de vorige eeuw grotendeels vastgelegd om erosie door scheepvaartgolven te voorkomen. Recent zijn enkele oevers in het kader van de KRW weer ontsteend (de foto rechts is van een traject nabij Olst, stroomafwaarts van HBFO).



Figuur 3.6. De oevers van de Olburgerwaard in 1970 en 1989. De oevers zijn in deze periode geheel vastgelegd met stenen

3.4 Aanleg stuw van Driel

Naarmate de tonnage van vrachtschepen op de rivieren toenam, werden de lage waterstanden een steeds grotere belemmering voor de scheepvaart. Vooral de IJssel had te kampen met slechte bevaarbaarheid omdat deze rivier in het midden van de vorige eeuw nog maar 10% van de Rijnafvoer ontving. Daarom werden vanaf 1970 drie stuwen aangelegd in de Neder-Rijn-Lek, waarbij de eerste bij Driel zorgde voor een herverdeling van het Rijnwater over de splitsingspunten. De stuw van Driel wordt daartoe stapsgewijs gesloten zodra de waterstand bij Lobith onder de 10 m +NAP daalt en vanaf een waterstand van 8,8 m +NAP is de stuw geheel gesloten. De functie van de stuw van Driel is om het rivierwater dat anders naar de Neder-Rijn zou stromen te herverdelen over de IJssel en de Waal. Dit levert dan vooral meer vaardiepte op voor de scheepvaart en zorgt voor extra wateraanvoer naar het IJsselmeer t.b.v. de inname van water.

Terwijl de stuw bij Driel de waterverdeling regelt bij de lagere en gemiddelde afvoeren, is er recent in het kader van Ruimte voor de Rivier ook een regelwerk in de uiterwaarden langs het Pannerdensch Kanaal aangelegd: het doorlaatwerk van de Hondbroekse Pleij. Dit regelwerk kan bij hoge en zeer hoge afvoeren de afvoerverdeling over de riviertakken finetunen. Door veranderingen in bodemligging en ruwheden van de uiterwaarden kan de afvoerverdeling namelijk langzaam wijzigen. Met deze stuurknop kan hiervoor gecompenseerd worden.

3.5 Gevolgen voor de het ecologisch functioneren van de diverse ingrepen

Het keurslijf waar de rivieren in de loop der eeuwen in zijn gedwongen is nog nooit zo ver aangesnoerd als nu (zie tabel 3.2). Tal van initiatieven hebben niet kunnen voorkomen dat de essentiële componenten van riviernatuur (stromend water, inundaties, (lateraal) zandtransport en morfodynamiek) anno 2022 steeds verder af zijn komen te staan van de natuurlijke situatie (zie het kader). Terwijl de afgelopen decennia de wens voor meer riviergebonden natuur en meer dynamische landschappen toenam, zijn de mogelijkheden om deze te realiseren steeds beperkter geworden.

Tabel 3.2. Rivierkundige ingrepen sinds ca 1500 en de effecten op de dynamiek. In de laatste kolom is aangegeven welk belang met een ingreep is gediend (+:toename, -:afname, 0:geen of beperkt effect).

	Effect op peilfluctuaties	Effect op inundaties	Effect op erosie	Effect op sedimentatie	Effect op dynamische riviernatuur	Belang
Aanleg winterdijken	+	-	+	-	-	waterveiligheid & landbouw
Aanleg zomerdijken	0	-	0	+	-	landbouw
Vastleggen bedding	0	0	+ (zomerbed) - (winterbed)	- (zomerbed) + (winterbed)	-	Scheepvaart & waterveiligheid
Vastleggen oevers	0	0	-	0	-	landbouw & scheepvaart
Aanleg stuwen	-	0	0	0	-	scheepvaart & watervoorziening
Vaargeulbeheer	0	-	+ (zomerbed)	0	-	scheepvaart
Vegetatiebeheer	-	0	0	0	-	waterveiligheid
Dijkbeheer	0	-	0	0	-	waterveiligheid & landbouw

4. Rivierdynamiek; huidige situatie

In de vorige hoofdstukken is toegelicht hoe de IJsselvallei als onderdeel van het bovenstroomse deel van het Rijnstroomgebied (ook wel de Gelderse Poort genoemd) in de loop van tienduizenden jaren is ontstaan en welke sporen dat heeft achtergelaten in het landschap. Vervolgens zijn de veranderingen beschreven die het riviersysteem heeft ondergaan door menselijk handelen, waarbij veel natuurlijke processen aan banden zijn gelegd. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de processen die nu nog actief zijn, hoe die te herkennen zijn en wat de trends zijn.

Achtereenvolgens komen aan bod:

- peildynamiek in het zomerbed en de uiterwaarden;
- morfodynamiek in de uiterwaarden en het zomerbed;
- rivierkwel, Veluwekwel en wegzijging in de uiterwaarden;

In de laatste paragraaf komen de verschillende wateren in de uiterwaarden aan bod, waar de bovengenoemde processen zich in afspelen.

4.1 Peildynamiek in het zomerbed en de uiterwaarden

In deze paragraaf worden de verschijnselen met betrekking tot de peildynamiek van het rivierwater beschreven, eerst voor zover die spelen in het zomerbed en daarna in de uiterwaarden. De kwel in de uiterwaarden komt in paragraaf 4.4 aan de orde.

Seizoenverloop afvoer en waterstanden

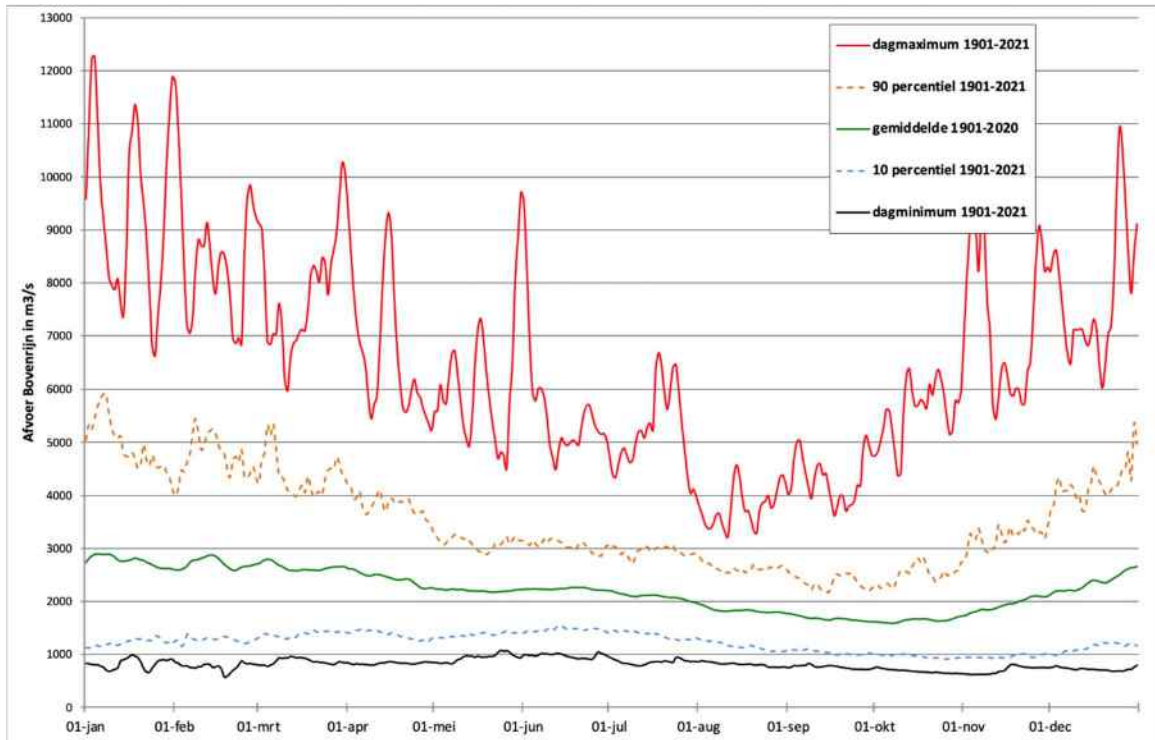
De IJssel is verbonden met de Rijn en voert een wisselend deel van het Rijnwater af. Daarnaast ontvangt de IJssel water vanuit enkele beken, waarvan de Oude IJssel in het traject van de Boven-IJssel de belangrijkste is. Omdat verreweg het meeste water uit de Rijn afkomstig is, geeft het jaarverloop van de Rijnafvoer ook een goed beeld van de variatie die in de IJssel optreedt. In deze paragraaf zal de IJssel daarom aan de hand van de situatie in de Boven-Rijn worden besproken. Waar de situatie afwijkt wordt dat aangegeven.

In vergelijking met andere grote Europese rivieren kent de Rijn door het jaar heen een vrij stabiel afvoerverloop. *Gemiddeld over het jaar* bedraagt de afvoer $2.225 \text{ m}^3/\text{s}$ en de maand met de grootste gemiddelde afvoer ($2.775 \text{ m}^3/\text{s}$ in januari) en de kleinste afvoer ($1.655 \text{ m}^3/\text{s}$ in oktober) wijken daar slechts 25% vanaf. Vooral de relatief hoge gemiddelde afvoer in het groeiseizoen ($2.095 \text{ m}^3/\text{s}$ over de periode april t/m september) valt op. Dit is het gevolg van smeltwater uit de Alpen van de sneeuw die in de voorgaande winter is gevallen. Het zorgt ervoor dat de gemiddelde afvoer in de periode mei t/m juli vrijwel stabiel is en ook dat de kans op lage afvoeren in de voorzomer het kleinst is van het hele jaar (zie de lijn van het gemiddelde en de 10% lijn in figuur 4.1).

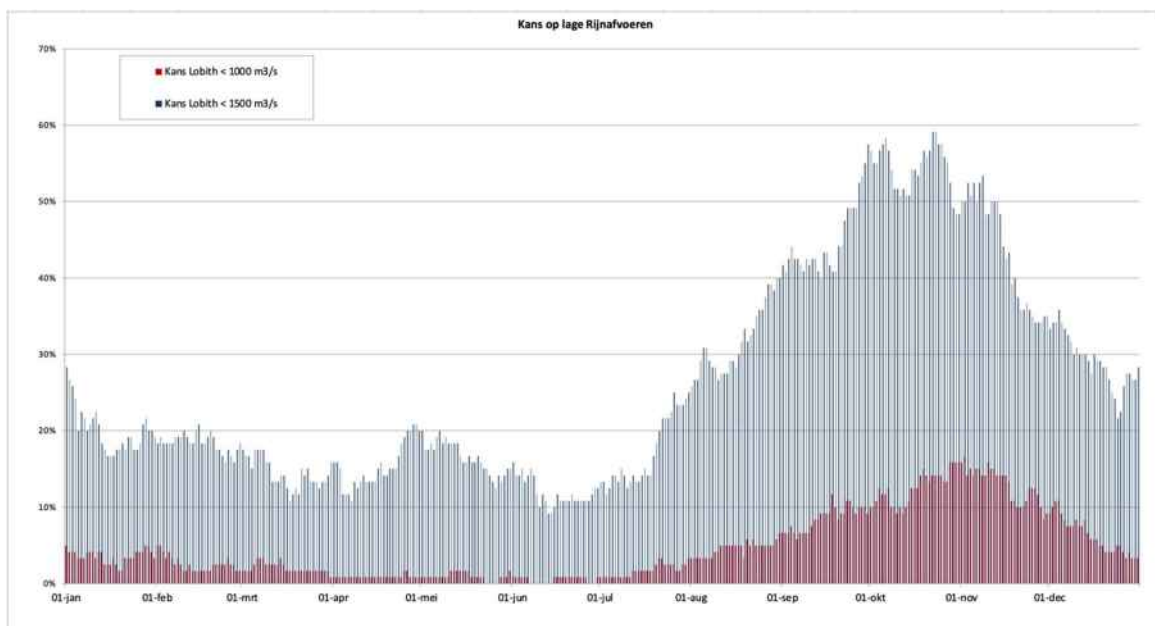
Hoge afvoeren komen vooral in de winter voor, met de grootste kans in januari en al wat minder in februari⁷. Een afvoer van $4.000 \text{ m}^3/\text{s}$, waarbij de lagere begroeide en niet bekaide delen van uiterwaarden overstromen, komt jaarlijks ca 25 dagen voor en treedt vrijwel ieder jaar op. Een afvoer van $7.000 \text{ m}^3/\text{s}$, waarbij de uiterwaarden grotendeels overstromen (ook veel bekaide delen) komt ca 2 tot 3 dagen per jaar voor en treedt maar eens in de 3 jaar, oftewel 6 tot 9 dagen per drie jaar. Door een combinatie van smeltwater en veel regenval zijn hoogwaters ook mogelijk in het late voorjaar en de zomer. Een afvoer vanaf $4.000 \text{ m}^3/\text{s}$ komt daarom ook eens in de 3 tot 4 jaar in het groeiseizoen voor. Vanaf $5.500 \text{ m}^3/\text{s}$ overstromen op uitgebreidere schaal delen van de uiterwaard, wat overeenkomt met eens in de 10 jaar. De Rijn onderscheidt zich hierin bijvoorbeeld van de Maas, waarin zomeroverstromingen vrijwel niet voorkomen.

⁷ De lijn van de hoogste afvoeren in figuur 4.1 laat een grillig verloop zien omdat hoge afvoeren relatief zeldzaam zijn en de individuele uitschieters uit de meetreeks in de figuur zichtbaar zijn.

Lage en zeer lage afvoeren, waarbij droogval optreedt, bv van nevengeulen, zijn het hele jaar door mogelijk (zie de zwarte lijn in figuur 4.2), ook in de winter. Veelal dateren deze lage winterstanden uit jaren met strenge winters; in het huidige klimaat is de kans hierop veel kleiner. De kans op lage afvoeren is van januari t/m half juli ongeveer even groot, om daarna vrij snel toe te nemen tot een piek in oktober. Zeer lage afvoeren (onder 1.000 m³/s) komen t/m juli vrijwel niet voor en lopen vanaf augustus langzaam op. Ze pieken nog later in het najaar, omdat er een langere droge periode voor nodig is.



Figuur 4.1: Afvoerverloop in m³/s in de Boven-Rijn door het jaar heen met: de gemiddelde afvoer, hoogste en laagste afvoer en de 10 en 90 percentiellijnen over de periode 1901-2021.



Figuur 4.2. Kans op optreden van een lage of zeer lage Boven-Rijnafvoer gedurende het jaar.

Jaarlijkse ritmiek in de waterstanden

Ondanks dat de gemiddelde waarden over het jaar heen vrij stabiel zijn, kent de Rijn wel grote waterstandschommelingen. In het bovenstroomse deel zijn deze het grootste van het hele Nederlandse rivierengebied, met bij Lobith een variatie van bijna 10,5 m tussen de hoogste en de laagste opgetreden stand en een gemiddelde jaarlijkse variantie van iets meer dan 7 meter. De amplitude neemt in benedenstroomse richting af en in de IJssel speelt ook mee dat lage waterstanden minder laag zijn omdat de stuw van Driel bij lage afvoeren meer water naar de IJssel stuurt. Gemiddeld over het jaar bedraagt de amplitude in de Boven-IJssel daarom slechts 5 m (bij Doesburg 4,5 m), en de variatie tussen de hoogste en de laagste stand bedraagt ca 8 m bij Westervoort tot 7 m bij Dieren. Vanwege de bodemdaling van de rivier (zie paragraaf 4.3) is de amplitude sinds 1900 gaandeweg toegenomen, met een kleine 2 cm per jaar. Zo nam bij Doesburg het verschil tussen de hoogste en laagste stand toe met ca 1,25 m over de periode van 1900 t/m 1970. Door het instellen van het stuwbeheer nam de variatie vervolgens weer af met ongeveer dezelfde waarde. Sindsdien is de amplitude vanwege de voortgaande bodemdaling echter weer toegenomen en nu alweer 80 cm groter dan in 1970.

Gestuwde waterstanden in de Neder-Rijn en afvoerverdeling

In hoofdstuk 2.4 is de stuw van Driel al geïntroduceerd als een van de ingrepen om de hydrodynamiek te reguleren. Hier wordt verder ingegaan hoe de stuw doorwerkt op de afvoer van de IJssel en de bijbehorende waterstanden.

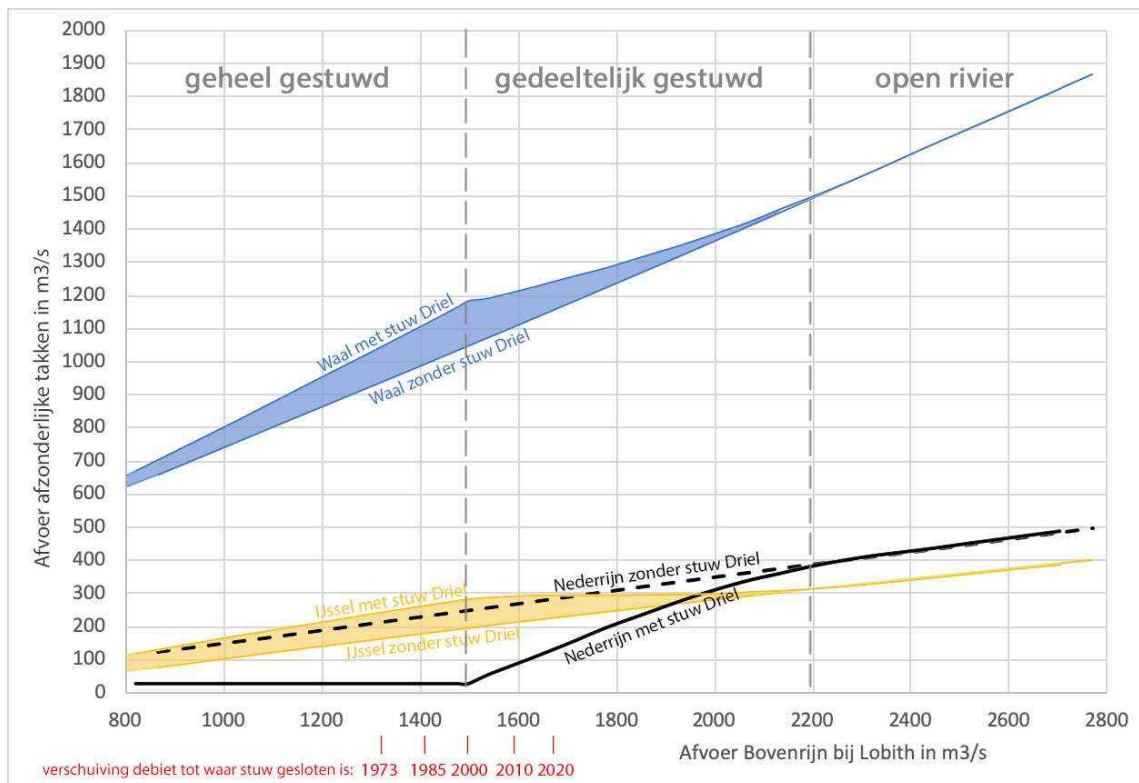
De stuw van Driel is op een zodanige locatie in het riviersysteem gebouwd dat de waterverdeling over de 3 Rijntakken ermee kan worden gestuurd. Zonder de stuw zou bij in het hele afvoer bereik ca. 66% via de Waal worden afgevoerd, 20% via de Neder-Rijn en 14% via de IJssel. Door de stuw te sluiten wordt de afvoer die anders naar de Neder-Rijn zou gaan, herverdeeld over de IJssel en de Waal (zie tabel 4.1). De Waal profiteert het meest en ontvangt b.v. bij een lage Boven-Rijnafvoer van 1.000 m³/s ca 130 m³/s extra en de IJssel ca 50 m³/s. Dit zorgt er in de IJssel voor dat de waterstanden bij deze lage afvoer ca 50 cm minder uitzakken dan in een situatie zonder de werking van de stuw. Ook profiteert het IJsselmeer, want bij extreem lage rivierafvoeren neemt de afvoer in de IJssel met zo'n 50% toe.

Tabel 4.1. Afvoerverdeling over de riviertrajecten bij jaarlijks optredende situaties. De stuw bij Driel is tot een Boven-Rijnafvoer van ca 1.800 m³/s (150 d/j) vrijwel geheel gesloten en tot een afvoer van 2.750 m³/s (280 d/jr.) gedeeltelijk. Dit beïnvloedt de afvoerverdeling bij lage en gemiddelde afvoeren.

	Boven-Rijn	Waal		Pann. Kanaal – Neder Rijn		Neder-Rijn		IJssel	
	afvoer	afvoer	perc.	afvoer	perc.	afvoer	perc.	afvoer	perc.
Dal-afvoer	1.040	825	79%	215	21%	25	2%	190	18%
10%	1.155	900	78%	265	23%	25	2%	240	21%
50%	1.945	1.425	73%	520	27%	110	6%	350	18%
Gemiddeld	2.210	1.560	71%	650	29%	300	14%	350	16%
90%	3.570	2.370	66%	1.200	34%	650	18%	550	15%
Piekafvoer	6.540	4.340	66%	2.200	34%	1.270	19%	930	14%

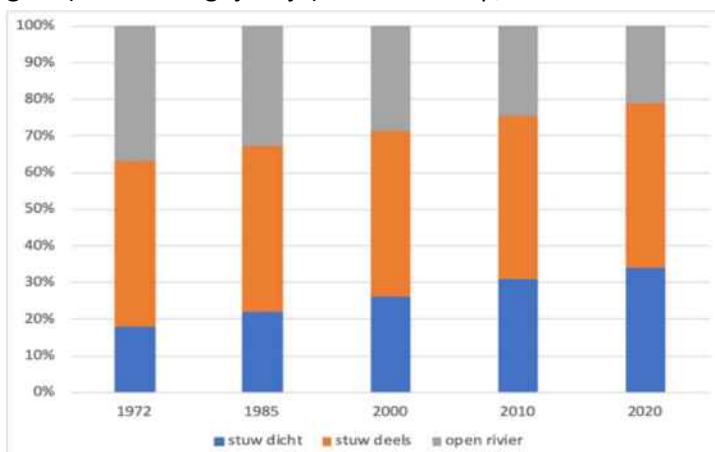
De stuw treedt in werking zodra de waterstand bij Lobith onder de 9,8 m +NAP zakt; de stuw sluit dan stapsgewijs, wat de doorvoer naar de Neder-Rijn stroomafwaarts beperkt en de waterstand stroomopwaarts opstuwt. In figuur 4.3 is weergegeven hoe de herverdeling van water uitpakt voor de 3 riviertakken. Op de X-as is de Boven-Rijnafvoer weergegeven. De blauwe lijnen geven het gedeelte aan dat naar de Waal stroomt en in oranje is het deel naar de IJssel aangegeven. De vlakken bij de Waal en de IJssel geven het deel van de afvoer aan dat deze rivieren extra ontvangen omdat de stuw van Driel water herverdeelt, dat voorheen naar de Neder-Rijn stroomde. De bovenzijde van het

vlak is de situatie met de stuw van Driel in werking, de onderzijde de situatie als er geen stuw was. De Neder-Rijn levert als gevolg van het stuwen, bij toenemende Boven-Rijn afvoer steeds meer water in, zichtbaar gemaakt aan de dichte zwarte lijn t.o.v. de streepjeslijn.



Figuur 4.3. Waterverdeling over de 3 riviertakken bij verschillende Boven-Rijnafvoeren a.g.v. het sluiten van Driel.

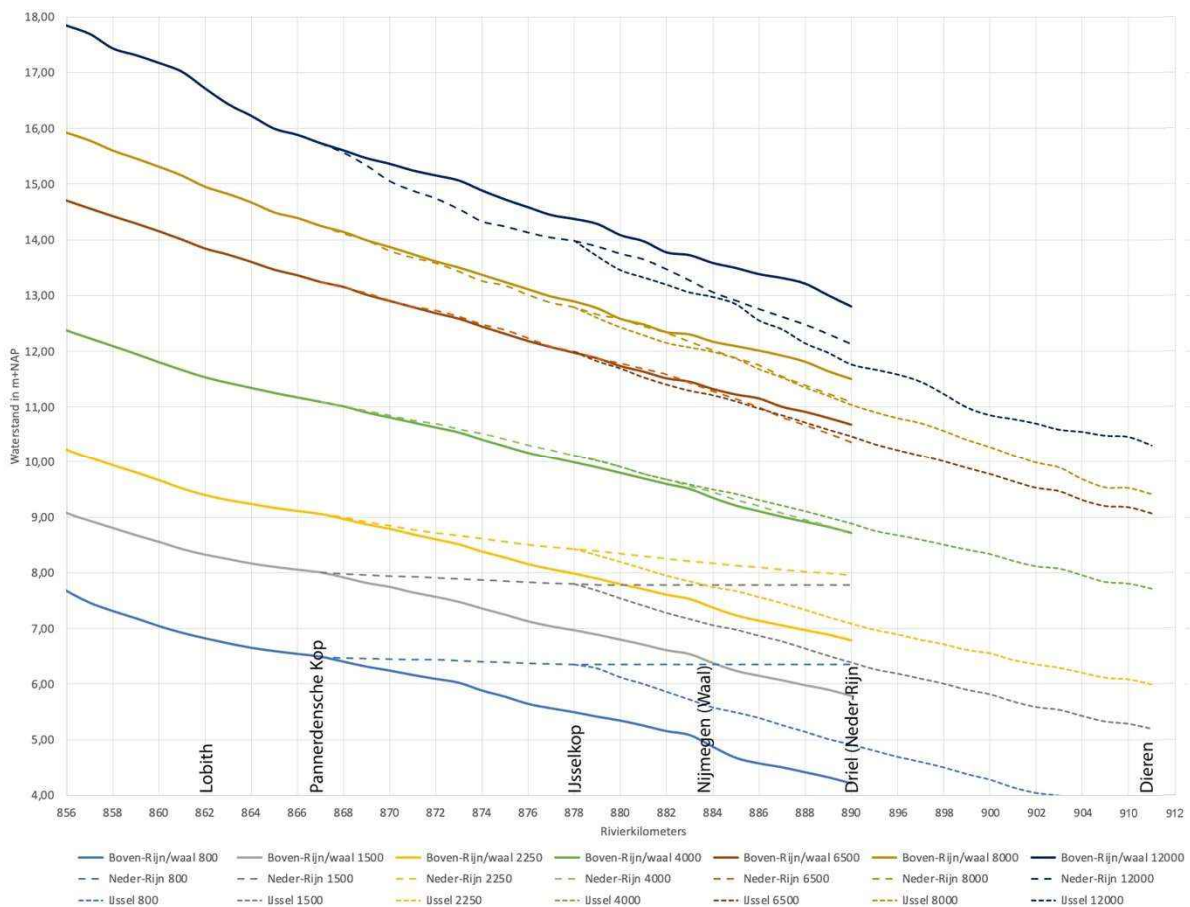
Omdat het moment dat de stuw van Driel in werking treedt is afgeleid van de waterstand bij Lobith, wordt de inzet ervan beïnvloed door de bodemdaling van het zomerbed op die plaats. Een stand van 9,8 m-NAP wordt immers bij een steeds hogere afvoer pas bereikt en daarmee wordt ook de periode dat de Neder-Rijn-Lek deels of geheel gestuwd is, steeds langer. In figuur 3.10 is de verschuiving af te lezen aan de hand van afvoer waaronder dat de stuw geheel gesloten is. In het jaar 2000 lag ze op de plek van de linker grijze streepjeslijn, rond 1973 lag dit punt bij ca 1.300 m³/s en inmiddels al bij 1.650 m³/s (in rood onderaan de grafiek weergegeven). Het moment dat de stuw deels in werking gaat (de rechter grijze lijn) schuift ook op; dit is verder niet weergegeven in de figuur.



Figuur 4.4. Procentuele verandering dat de stuw van Driel deels of gehele gesloten is.

In 1970 bedroeg het aantal dagen dat de stuw bij Driel in werking is gemiddeld 180 dagen, inmiddels is dat opgelopen tot 280 (Bron: RWS, watersysteemvisie Rijntakken) (zie figuur 4.4).

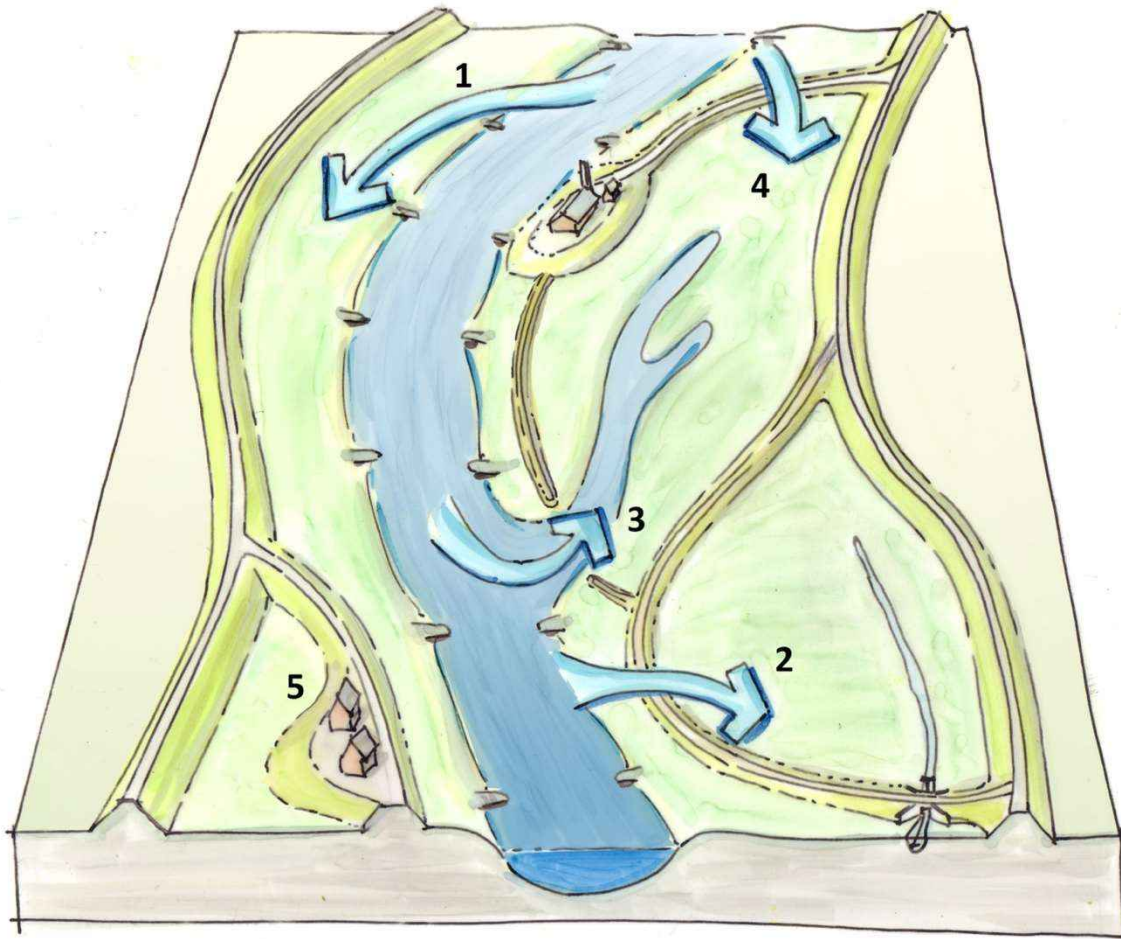
De stuw van Driel beperkt de toestroom van water naar de Neder-Rijn, maar beïnvloedt ook de waterdiepte (wordt groter) en waterbeweging (wordt langzamer) in het bovenstroomse traject. De werking van Driel is namelijk merkbaar in het hele traject tot aan de Pannerdensch Kop. In figuur 4.5 is dit zichtbaar aan de verhanglijnen van de Neder-Rijn bij de lagere afvoeren. Het stuwen heeft tot gevolg dat de waterstanden in het hele traject vanaf de Pannerdensch Kop nauwelijks meer uitzakken. Deze effecten zijn het grootst als de stuw geheel gesloten is. Vanwege dit stuwbeheer ontvangt de Neder-Rijn bij lage Rijnafoeren vrijwel geen water en ontvangen de IJssel en de Waal extra water, waardoor lage waterstanden hier minder laag worden. Ook de waterstanden in de IJssel zijn erdoor beïnvloedt; ze beginnen bij de IJsselkop immers op een hoger niveau



Figuur 4.5. Verhanglijnen van de waterspiegel in de 3 riviertrajecten vanaf Lobith bij Boven-Rijnafoeren over het hele afvoerbereik tussen 800 en 12.000 m³/s. De waterstand in Boven-Rijn/Waal is met een doorgetrokken lijn weergegeven, in het Pannerdensch Kanaal/Neder-Rijn met een streepjeslijn en in de IJssel met een puntjeslijn. De verhanglijnen zijn achter elkaar geplaatst, d.w.z. dat vanaf de Pannerdensch Kop de Neder-Rijn aftakt en vanaf de IJsselkop de IJssel. Van onder naar boven zijn afgebeeld de Boven-Rijnafoeren van 800 m³/s (extreem laag, eens in de ca 5 jaar), 1.500 m³/s (gemiddelde zomerafvoer), 2250 m³/s (jaargemiddelde afvoer), 4.000 m³/s (licht verhoogde afvoer), 6500 m³/s (gemiddelde jaarlijkse hoogste afvoer), 8.000 m³/s (zeer hoge afvoer, eens in de 5 jaar) en 12.000 m³/s (extreem hoge afvoer, eens in de 50 jaar). Tot en met de lijn van 2.250 m³/s is de stuw van Driel in werking en wordt het water in het Pannerdensch Kanaal en de Neder-Rijn opgestuwd. Bij een afvoer van 3000 m³/s is de werking van de stuw vervallen en lopen de lijnen wel ongeveer gelijk op. Bij afvoeren vanaf 6.500 m³/s is de waterstand van de Waal relatief het hoogste.

Connectiviteit en peildynamiek in de uiterwaarden

De waterstandsfluctuaties in het zomerbed zijn merkbaar in de uiterwaarden. Rechtstreeks door wateren die in open verbinding staan met het zomerbed of inunderen bij hoge rivierwaterstanden. Ook via het grondwater dringen de fluctuaties door tot in de uiterwaarden. Dit wordt verder beschreven en geïllustreerd in paragraaf 4.4. Of rivierwater de uiterwaarden kan bereiken is niet alleen afhankelijk van de rivierafvoer, maar vooral ook van de inrichting van de uiterwaard, bv of er zomerkades liggen. Er kunnen 5 types worden onderscheiden (zie figuur 4.6):



Figuur 4.6. Typen uiterwaarden in relatie tot de overstromingsdynamiek.

Type 1. Oorspronkelijke situatie zonder kades. Zodra het water boven de oever uitstijgt, overstroomt de uiterwaard en al snel stroomt het gebied ook mee.

Type 2. Het klassieke beeld, zoals dat in de 19^e eeuw op veel plaatsen is aangelegd: een ringkade met benedenstrooms een in- en afwateringsluis. Het beheer van de sluis bepaald wanneer rivier de uiterwaard instroomt.

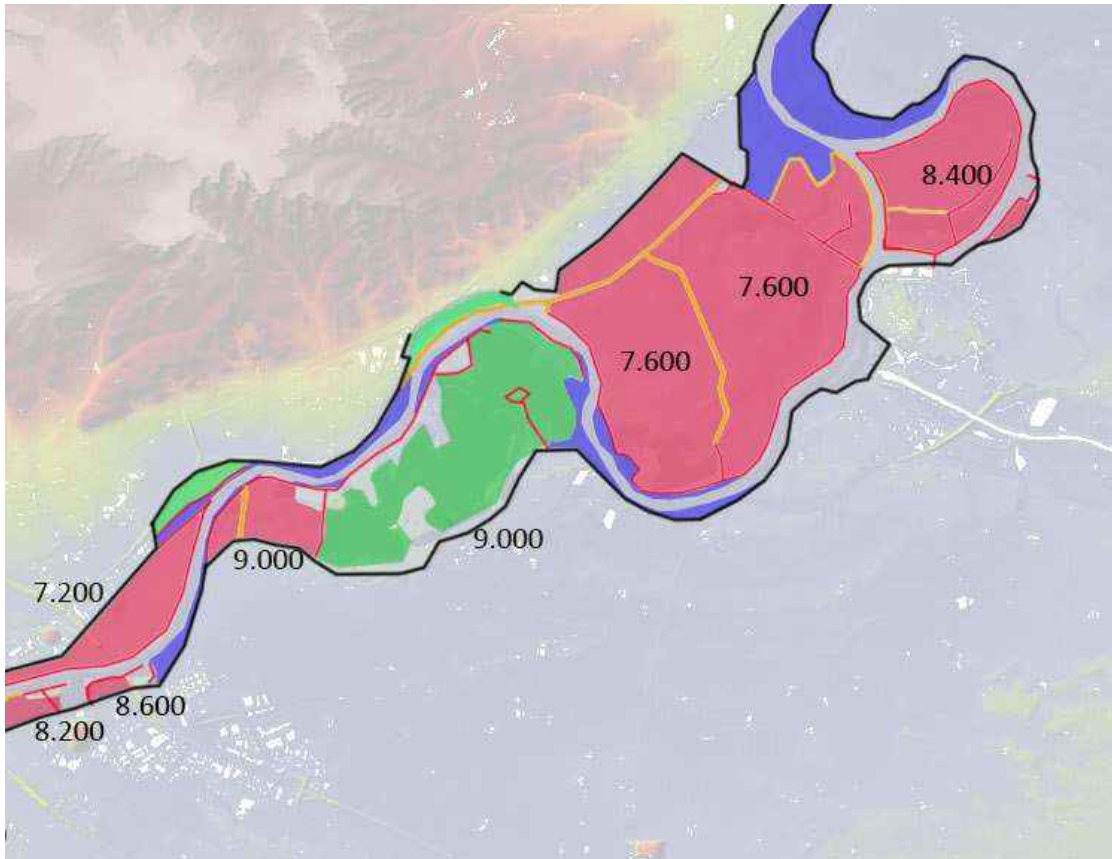
Type 3. Bij een deel van de uiterwaarden sluit de zomerkade niet de hele uiterwaard af, maar is er benedenstrooms een opening, soms gecombineerd met een eenzijdig aangetakte nevengeul. Dit is vaak toegepast in het kader van Ruimte voor de Rivier.

Type 4. Een variant op type 2 en 3, waarbij de kade aan de bovenstroomse zijde veel hoger is en doorstroming pas vanaf een zeer hoge afvoer optreedt.

Type 5. Een deel van de uiterwaarden heeft een opvallend hoge kade die zelden of nooit overstroomt.

In figuur 4.7 zijn de typen uit figuur 4.6 toegekend aan de uiterwaarden van HBFO, waarbij blauw de uiterwaarden zijn van type 1, rood van type 2 en groen van type 3. De typen 4 en 5 gebieden zijn niet

specifiek aangegeven, maar aan de hand van de afvoer is zichtbaar gemaakt welke uiterwaarden een hoge kade hebben en welke niet. De figuur laat zien dat gebieden, die onder directe invloed staan van de fluctuaties in de rivier, weinig voorkomen (blauw, type 1, slechts ca 5% van het areaal). Het gaat meestal slechts om smalle stroken die buiten de zomerkades zijn blijven liggen. Alleen stroomafwaarts van de Fraterwaard is op beide oevers geen doorgaande kade meer aanwezig. In de Olburgerwaard is de zomerkade vanwege zandwinnings doorgegraven.



Figuur 4.7. De hydrologische karakteristiek van de uiterwaarden in de Boven-IJssel. De cijfers geven de afvoer aan waarbij de uiterwaard mee stroomt. De rode lijnen zijn de ringkades en de oranje lijnen eventuele tussenkades. Blauw: uiterwaarden zonder zomerkade (type 1); Rood: bekade uiterwaarden met sluisje (type 2); Groen: bekade uiterwaarden met open verbinding of lage kade benedenstrooms (type 3).

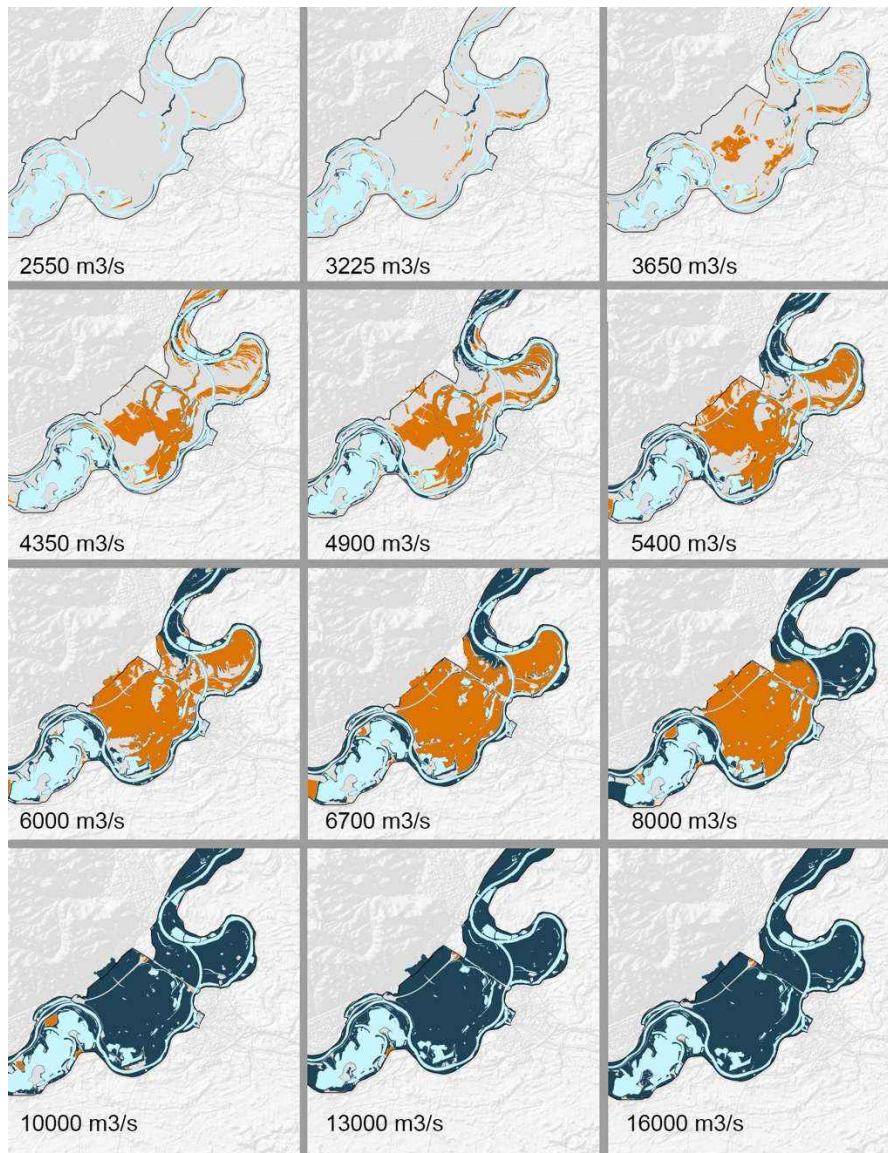
De bekade gebieden met een sluis (rood, type 2) beslaan het grootste areaal. Het beheer van de sluis bepaalt hier de frequentie waarmee de uiterwaarden overstromen. Er zijn een aantal mogelijkheden:

- A. De sluis is gesloten in het groeiseizoen en altijd geopend in het winterhalfjaar (meestal van 1/11 t/m 31/3). In deze situatie is de overstromingsfrequentie maar weinig lager dan die van de uiterwaard zonder zomerkades.
- B. De sluis is altijd gesloten, behalve bij opkomend water als de kade dreigt te overstromen. Dit type is van toepassing op de bekade delen van HBFO. In de situatie dat de sluis in principe dicht is, bepaalt de kadehoogte of er water in kan stromen. Deze hoogte varieert (zie de afvoercijfers in figuur 4.7) maar ligt vaak boven de 7.500 tot 8.000 m³/s zodat een overstroming maar eens in de 3 tot 5 jaar plaats zal vinden.

Een van de effecten van uiterwaarden die instromen via een sluis is dat de instroom relatief langzaam verloopt en de peilstijging in de uiterwaard daarom tot wel een meter achterloopt op het niveau van de rivier. Bij een korte hoogwatergolf bereikt het binnen de zomerkades peil dan ook niet het rivierpeil.

Potentieel overstromde gebieden

Als de waterstand stijgt, overstroomt een steeds groter deel van de uiterwaarden. De zomerkaden houden het water nog enige tijd tegen en bij stijgend water zijn er daarom (grote) delen van de uiterwaard die gedurende enige tijd lager liggen dan de waterstand in de rivier. In figuur 4.8 zijn deze zgn. potentieel overstromde gebieden in oranje aangegeven. Deze gebieden ontvangen, zolang ze niet overstromen, rivierkwel en water dat is ingevangen blijft er vaak lang staan omdat het alleen door inzijing weg kan. Met name de gebieden die al vanaf ca 4.500 m³/s of eerder potentieel zijn overstromd zijn geschikt om water na een overstroming langer vast te houden omdat ze relatief laag liggen en daarom vrijwel jaarlijks overstroomen.



Figuur 4.8. De invloed van hoogwater op de uiterwaarden van HBFO. Gebieden die overstromd zijn blauw aangegeven en gebieden die potentieel overstromd zijn oranje. Deze laatste gebieden liggen lager dan de rivierwaterstand maar zijn via een kade afgesloten van de rivier.

Afname in peildynamiek in de uiterwaarden

De overstromingsfrequentie van de uiterwaarden is in de loop van de afgelopen 100 tot 150 jaar sterk veranderd (zie tabel 4.2). De belangrijkste oorzaak is de aanleg van zomerkades, wat vanaf ongeveer 1800 een sterke vlucht nam. Dit zorgde gemiddeld genomen voor een afname van de overstromingsfrequentie van circa 45 naar 8 dagen. Daarnaast zorgt ook de zomerbeddaling voor

een steeds verder toenemende afname van het overstromen van uiterwaarden (zie voor verdere toelichting paragraaf 4.3). Bij gebieden zonder zomerkaden is de overstromingsfrequentie daarom afgenomen van ca 45 dagen naar 12 dagen per jaar en bij bekaide uiterwaarden is de overstromingsfrequentie hierdoor nog eens verder afgenomen tot slechts 1,5 dag per jaar. Een sterke afname van de overstromingsfrequentie zien we ook bij de hogere delen van deze uiterwaarden, zoals de oeverwallen, waarvan de frequentie met een factor 3 is afgenomen van 17 naar 6 dagen.

Tabel 4.2. Afvoeren waarbij uiterwaarden nabij Lobith historisch gezien en in de huidige situatie overstromen met frequentie in dagen. Zie toelichting in de tekst.

	Hoogte m+ NAP	Oorspronkelijk afvoer in m ³ /s	Dagen per jaar	a.g.v. zomerbeddaling afvoer in m ³ /s	Dagen per jaar
Uiterwaard zonder zomerkade	12,5	3.250	45	5.000	12
Oeverwal	13,5	4.500	17	6.100	6
Oorspronkelijke bekading	14,5	5.500	8	7.500	1,5
Opgehoogde kade	15,5	7.500	1,5	9.300	0,5

In de loop van de 20^e eeuw is een deel van de zomerkades ook nog eens geheel of gedeeltelijk opgehoogd, vaak om de bereikbaarheid van woningen en steenfabrieken te verbeteren. Dit heeft de overstromingsfrequentie nog verder doen afnemen en een deel van de uiterwaarden overstroomt nu pas bij een afvoer van 9.000 m³/s of meer. Ook verschillende Ruimte voor de Rivierprojecten hebben bijgedragen aan een afname van de overstromingsfrequentie. Ze zijn vaak zo ontworpen dat ze vanaf 4.500 m³/s gaan meestromen, waardoor bovenstrooms gelegen bekaide uiterwaarden, die niet zijn veranderd, minder vaak overstromen dan voor de uitvoering van het project.

In het project HBFO is de overstromingsfrequentie van de uiterwaarden als weergegeven in de tabellen 4.3 t/m 4.5. De kade aan de bovenstroomse zijde van de Havikerwaard (gelegen tussen rkm 891N en 896) ligt erg hoog en overstroomt pas bij een afvoer boven de 12.500 m³/s, wat minder dan eens in de 50 jaar voorkomt. Doorstroming van de Havikerwaard van zuid naar noord treedt dus vrijwel nooit op. Omdat er hier geen oeverwal ligt, zou dit traject zonder kade al overstromen vanaf een afvoer van ca 5.500 m³/s (ca 8 d/jr). Stroomafwaarts van Bingerden (bij rkm 899) is de kade lager en overstroomt vanaf 8.600 m³/s, wat ca eens in de 8 jaar gebeurt. De oeverwal is hier iets hoger en zonder kade zou de oeverzone hier ca 5 d/jr overstromen. Verder stroomafwaarts wisselt de hoogte van de zomerkade van zeer hoog (in het nieuw gegraven traject bij rkm 901N en 902N) tot steeds iets lager in het meest stroomafwaarts traject. Bij 905N vinden we het relatief laagste gedeelte dat al bij 7.800 m³/s overstroomt. Bij opkomend water zal het gebied hier het eerste overstromen.

Tabel 4.3. Hoogtes van de terreingedeelten in de Havikerwaard.

Rivierkilometer	Zomerkade		Oeverwal		Onvergraven		Ontkleid		Geuloever	
	m (NAP)	m ³ /s	m (NAP)	m ³ /s	m (NAP)	m ³ /s	m (NAP)	m ³ /s	m (NAP)	m ³ /s
891N	11,75	12.700	9,8	5.400	9,7	5.250	8,4	3.650	-	-
896	12,06	15.700	9,8	5.550	9,8	5.550	8,3	3.600	-	-
899	10,55	8.600	9,9	6.500	9,8	6.250	8,2	3.800	-	-
900	10,55	9.700	9,4	5.550	9,7	6.250	8,3	3.950	-	-
901N	10,57	10.700	9,7	6.650	9,6	6.350	8,2	4.000	7,0	2.850
902N	10,55	11.250	9,3	5.850	9,6	6.700	-	-	-	-
903N	9,95	8.200	9,5	6.600	9,1	5.500	8,0	3.950	7,0	1.900
904N	9,75	8.350	9,6	7.600	9,3	6.450	-	-	6,8	2.900
905N	9,5	7.800	9,4	7.400	9,3	6.800	-	-	6,8	2.950
910,5	-	-	8,9	5.800	8,8	5.600	-	-	6,7	2.950

In de Havikerwaard zelf liggen buiten de oeverwallen terreingedeelten met 3 verschillende hoogten:

- de onvergraven delen liggen tussen 9,1 en 9,8 m +NAP liggen en overstromen potentieel tussen ca 5.200 en 6.800 m³/s, d.w.z. dat ze ca 10 tot 3 dagen per jaar zouden kunnen overstromen als er geen kades waren;
- de ontkleide delen liggen tussen 8,0 en 8,4 m en zouden, in een situatie zonder zomerkade, al bij een afvoer tussen 3.500 en 4.000 m³/s overstromen, een stand die zo'n 40 tot 20 dagen overschreden wordt.
- de laagste delen liggen langs de strangen en geulen, met een hoogte tussen 6,7 en 7,0 m +NAP. Vanaf een afvoer van 1.900 tot 3.000 m³/s raken deze gebieden overstroomd in een situatie zonder zomerkade, wat zo'n 50 tot 180 dagen per jaar voorkomt.

Tabel 4.4. Hoogtes van de terreingedeelten in de Fraterwaard.

Rivierkilometer	Zomerkade		Kronkelwaardrug		Geulbodem	
	m (NAP)	m ³ /s	m (NAP)	m ³ /s	m (NAP)	m ³ /s
903N	10,1	9.200	8,3 - 8,7	4.250 - 4.900	6,7 - 7,5	2.800 - 3.400
904N	10,2	10.300	8,3 - 8,7	4.400 - 5.100	6,7 - 7,5	2.850 - 3.500
905N	9,3	7.050	8,3 - 8,7	4.600 - 5.250	6,7 - 7,5	2.900 - 3.600
afsluitdam	11,5	16.500				

De Fraterwaard is een kronkelwaard met een groot aantal ruggen en daartussen geulen. Het gehele systeem is aan verschillende zijden afgeschermd door kades en dit heeft grote gevolgen voor de overstromingssituatie. De kades aan de stroomopwaartse zijde zijn het hoogst (boven 10 m+NAP) en overstromen pas bij een afvoer hoger dan 9.000 m³/s. Overstroming vanuit die kant en doorstroming van het hele gebied van zuid naar noord treedt daarom maar eens in de ca 8 tot 10 jaar op. De kade aan de stroomafwaartse zijde is lager en overstroomt via de afgesneden IJsselmeander vanaf een afvoer van iet meer dan 7.000 m³/s, wat gemiddeld eens in de 2,5 tot 3 jaar gebeurt.

In een situatie zonder zomerkade zouden de laagste delen van de kronkelwaardgeulen zich vanaf de stroomafwaarts zijde vullen met water vanaf een afvoer van ca 2.900 m³/s, wat ongeveer 65 dagen per jaar gebeurt. De hogere delen van de geulbodem zouden later overstromen, bij een afvoer rond 3.500 m³/s, die 45 dagen per jaar optreedt. Het water stijgt bij opkomend peil dan steeds verder in de geulen en tenslotte worden bij een afvoer boven de 5.000 m³/s de hoogste delen van de ruggen bereikt; wat 10 tot 12 dagen per jaar gebeurt.

De Lamme IJssel maakt ook deel uit van de Fraterwaard. De lagere delen hiervan liggen rond de 6,5 m +NAP, maar zijn aan de stroomopwaartse zijde geheel omgeven door relatief hoge kades, die pas boven de 9.000 m³/s overstromen. Instroom vindt echter al eerder plaats vanaf benedenstrooms als de kade daar overstroomt bij iets meer dan 7.000 m³/s.

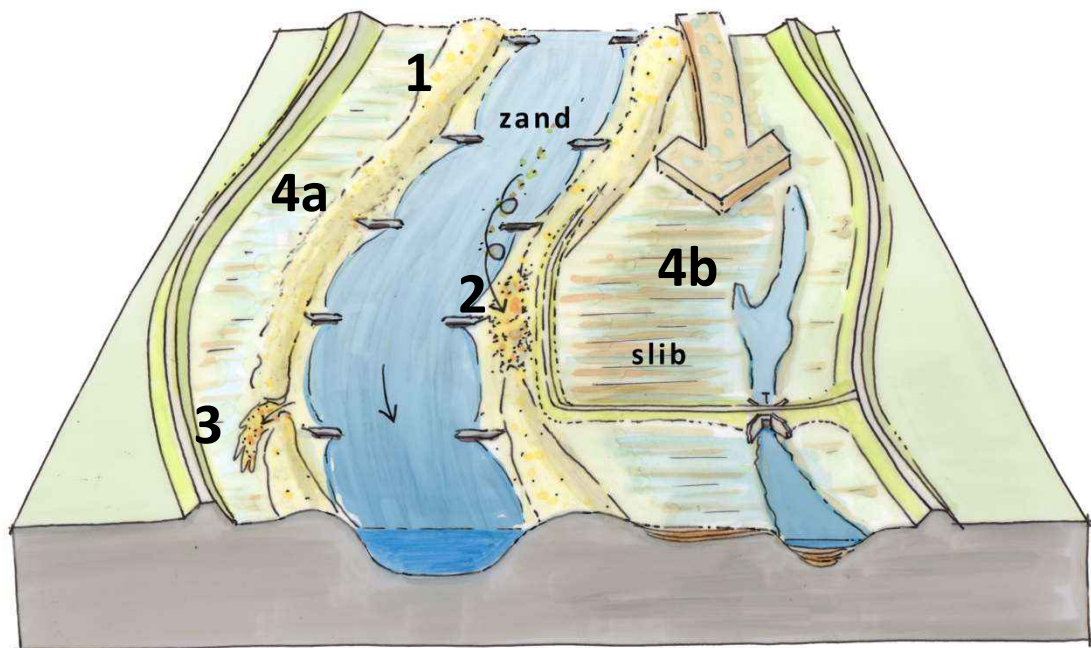
Tabel 4.5. Hoogtes van de terreingedeelten in de Olburgerwaard.

Rivierkilometer	Zomerkade		Kronkelwaardrug		Geulbodem	
	m (NAP)	m ³ /s	m (NAP)	m ³ /s	m (NAP)	m ³ /s
905N	8,5	4.900	-	-	-	-
910,5	8,6	5.100	8,6 - 9,1	5.100 - 6.300	7,5 - 7,8	3.750 - 4.050
911,5	-	-	8,3 - 8,8	4.900 - 5.800	7,5 - 7,9	3.800 - 4.200

De Olburgerwaard is ook een kronkelwaard en anders dan de Fraterwaard is deze niet voorzien van zomerkades. De buitenste hoge rug van de kinkelwaard (hier en daar iets verhoogd) vormt hier als het ware de grens die het opkomende hoogwater enige tijd tegen houdt. Deze rug overstroomt bij een afvoer van ca 5.000 m³/s, wat ongeveer 12 dagen per jaar gebeurt. De achterliggende geulen stromen dan ook vol. Ze liggen ongeveer 1 meter lager en kunnen vanaf een afvoer vanaf ongeveer 3.800 m³/s al met water gevuld worden (ca 30 d/jr).

4.2 Morfodynamiek in de uiterwaarden

Sinds de normalisatie van het zomerbed is de eroderende werking in de buitenbochten van het zomerbed tot stilstand gekomen en ligt het zomerbed vast. Het gevolg hiervan is een tweedeling waarbij er in de uiterwaarden vooral sprake is van sedimentatie. Erosie speelt daar nog maar op kleine schaal en is altijd beperkt van omvang. In figuur 4.9 is schematisch weergegeven hoe het proces van sedimentatie plaats vindt. Als de uiterwaarden tijdens hoogwater overstromen, bezinken zand en klei die met het rivierwater worden meegevoerd. De stroomsnelheid van het water bepaalt welk materiaal waar bezinkt. Zand slaat vrijwel meteen neer op de oever, waar de snelheid van het stromende rivierwater plotseling afneemt. Klei wordt meegevoerd tot in de uiterwaardvlakte en zakt daar geleidelijk uit, vooral op plaatsen waar het water stilvalt. Ook vegetatie kan slib invangen als het water er doorheen stroomt. Kades die delen van de uiterwaarden afschermen, verhinderen enerzijds dat water en sediment de uiterwaard kunnen bereiken, maar als ze eenmaal overstromen fungeren ze als een groot invanggebied voor klei en kan er tijdens een hoogwaterperiode tot 1 of 2 cm klei bezinken in de meest stroomluwe delen.



Figuur 4.9. Morfologische processen waarbij sediment wordt afgezet in de uiterwaarden:

1. *Overslag van zand in de kribvakken, op de oever en de oeverwal*
2. *Lokaal grind in de bochten a.g.v. de kurketrekkerstroom*
3. *Kortsluitgeultje in de oeverwal*
4. *Klei verder van de rivier af: vastgelegd door de vegetatie (4a) of achter een zomerkade waar het water stilvalt (4b).*

Als sediment eenmaal in de uiterwaard is afgezet, vindt in de actuele situatie nog maar zelden erosie plaats. Plaatsen waar vers sediment is afgezet, raken snel begroeid, waardoor de bodem wordt vastgelegd. Uitzonderingen hierop zijn locaties waar tijdens een opkomend hoogwater water over de oever heen naar de achtergelegen lageregelegen uiterwaard wordt gevoerd, bv via geulen in de oeverwal. Als het verhang groot genoeg is, kan de stroomsnelheid zo groot worden dat door terugschrijdende erosie erosiekuilen of doorbraakgeultjes ontstaan.

Omvang sedimenttransport

De zandfractie in de Rijn is voornamelijk afkomstig uit het buitenlandse deel van het stroomgebied. In het tijdvak 1990-2010 werd via de Boven-Rijn per jaar gemiddeld 400.000 (+/- ca. 50%) m³ zand

Nederland binnen gevoerd⁸. De waal ontvangt hiervan het grootste deel, de Neder-Rijn al minder en de IJssel slechts 29.000 (+/- ca 50%) m³. Zand wordt getransporteerd zodra de stroomsnelheid groter is dan 0,5 m/s (fijn zand) tot 0,7 m/s (grof zand) en verplaatst zich vooral 'stuiterend' over de bodem. Naarmate de afvoer toeneemt wordt een steeds groter deel in de waterkolom opgenomen. De stroomsnelheden in de uiterwaarden zijn momenteel vrijwel nergens hoog genoeg om zandtransport op gang te brengen, ook niet in de nevengeulen.

Het slibvolume dat de Rijn doorvoert is veel groter dan het zandvolume: tussen 1990 en 2010 kwam 2,1 Mton klei via de Boven-Rijn het land binnen¹⁶. Tijdens lager dan gemiddelde afvoeren is het volume slib relatief gering (10-30 g/m³). Slib kan, mits het los op de bodem ligt, al in beweging komen zodra het water licht gaat stromen. Bij toenemende afvoer neemt het gehalte in het water sterk toe. Dit fijne materiaal zweeft in het water en wordt over grote afstanden getransporteerd. Slib kan tijdens een periode van verhoogde afvoer vanuit het hele stroomgebied tot in Nederland gevoerd worden. De slibfractie is het grootst tijdens hoogwaterperioden, tot 1.200 g/m³) bij een Boven-Rijnafvoer van 6.000 m³/s. Omdat het slib vooral zwevend wordt getransporteerd volgt de verdeling over de verschillende Rijntakken ongeveer de verdeling van het water, d.w.z. ca 70% door de Waal en 15% door de Neder-Rijn en IJssel; d.w.z. ca 320.000 ton.

Onderweg zijn vooral de hoeveelheden zand die worden meegevoerd aan veranderingen onderhevig. Door erosie, van voornamelijk de bedding van het zomerbed in de Boven-Waal, het Pannerdensch Kanaal en de Boven-IJssel, neemt het volume aan zand in benedenstroomse richting toe. Zo neemt het zandtransport in de Boven-IJssel toe met ca 20.000 m³, wat betekent dat het volume onderweg met ca 60% toeneemt. De hoeveelheid sedimenttransport varieert van jaar tot jaar en is sterk afhankelijk van de afvoer.

Zandafzettingen

Het grootste deel van het sedimenttransport blijft aan het oog onttrokken omdat het onder water in het zomerbed plaats vindt. Pas tijdens hoogwaters vindt uitwisseling plaats met de uiterwaard. Zand wordt dan vanuit het zomerbed naar de oeverzone gevoerd. Veelal gebeurt dat via tussenstappen, waarbij het zand vanuit de rivier via het kribvak en het zandstrand naar de oeverwal wordt gevoerd. Daar waar kribvakstranden ontbreken of zijn vastgelegd met stenen is de kans dat zand vanuit de rivier de oeverwal bereikt veel kleiner. In de uiterwaarden van HBFO zijn alle oevers vastgelegd, in tegenstelling tot de andere trajecten van de Rijn (zie figuur 4.10). De enige uitzondering zijn de oevers van de oude meander rond de Fraterwaard, maar aangezien deze niet meer stroomt, vindt hier ook geen zandtransport meer plaats.

Voor zandoverslag tot op de oever is naast de beschikbaarheid van zand ook belangrijk dat water de uiterwaard kan bereiken. Instroom van water treedt vooral op waar geen zomerkades aanwezig zijn, of waar ze relatief ver van de rivier afliggen. In HBFO liggen de kades vrijwel overal direct langs de rivier (zie figuur 4.7) op de uiterwaard van Dieren en de Olburgerwaard na. Dit zijn de enige trajecten waar bij hogere afvoeren (>6.500 m³/s) zand op de oever afgezet zal worden en nog ophoging van de oeverwal plaats vindt.

Slibafzettingen

Slib bezinkt op plaatsen waar de stroomsnelheid van instromend water sterk terugvalt zoals:

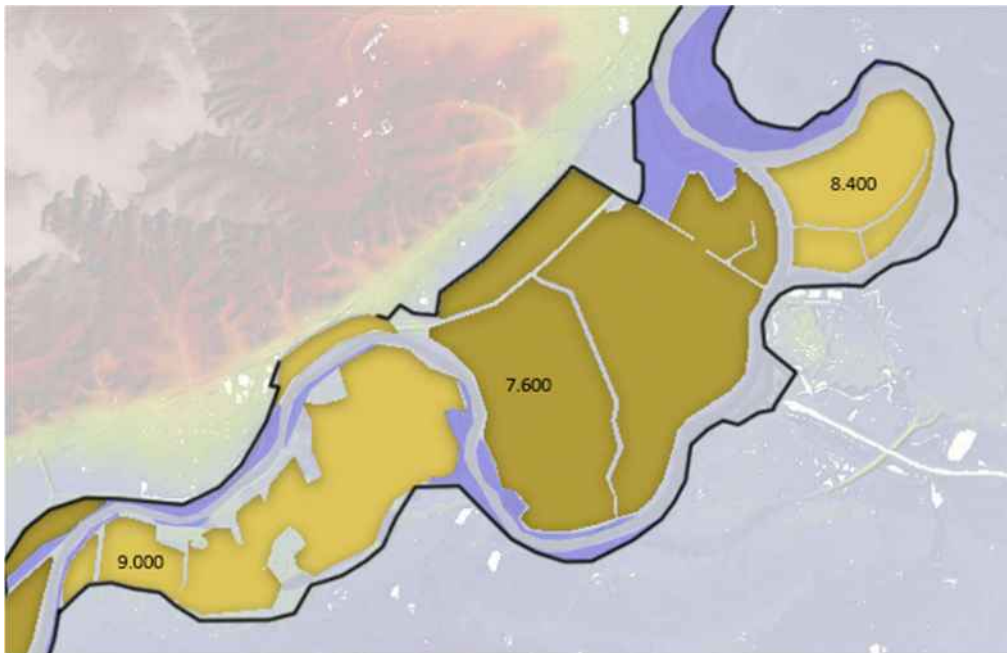
- Bekade gebieden (rode gebieden in fig 4.7), die als een badkuip functioneren tijdens een overstroming.
- Gebieden met een ruwere vegetatie, waar een dunne laag water doorheen stroomt, die het slib invangen. Vooral in buiten de kade gelegen gebieden (blauw in fig. 4.7).
- Boven diepe plassen waar de stroomsnelheid gering is en een deel van het slib uit zal zakken.

⁸ Lit. Barneveld, H. M.Boersema, F. Schuurman en H. de Vriend (2022). *Het Verhaal van het sediment*.

- In uiterwaarden en nevengeulen die benedenstrooms zijn aangetakt en zich bij opkomend water langzaam vullen, zodat het slib al snel uit de waterkolom zal bezinken (zie de satellietfoto). De satellietfoto (figuur 4.10) laat zien dat zelfs bij relatief hoge afvoeren (in dit geval ca 7.500 m³/s) alleen in de uiterwaarden zonder zomerkades veel slibrijk water door kan dringen. De zomerkades houden het water op veel plaatsen tegen en daarmee ook de aanvoer van slib. De hoogte van de kades bepaalt dan de mate waarin er sedimentatie op kan treden. In figuur 4.11 is voor de uiterwaarden van HBFO in drie klassen aangegeven of veel of weinig sediment de uiterwaard kan bereiken. In vrijwel het hele gebied is de aanvoer beperkt. Alleen de lilablauwe gebieden hebben een hogere frequentie omdat ze geen kade hebben. De mate waarin hier slib bezinkt is vooral afhankelijk van de stroomsnelheid van het water. Bij een groot hoogwater is de stroomsnelheid zo groot dat slib geen tijd krijgt om uit te zakken, bij een lagere waterstand echter kan slib wel uitzakken, vooral in rustige delen van de uiterwaard.



Figuur 4.10. Satellietfoto tijdens hoogwater (jan 2018) waarop het slibtransport in de rivier zichtbaar is. In de uiterwaarden die meestromen zoals de Oldenburgse Waard en de Dierense waard (nrs. 1 en 2) wordt het slib doorgevoerd. In nevengeulen die zich vanaf benedenstrooms langzaam vullen zoals de meander rond de Fraterwaard (nr. 3) dringt het slib niet de uiterwaard in en bezinkt het grootste deel al onderweg. Waar het water zandwinplassen in stroomt bezinkt ook veel slib; o.a. boven het Rhederlaag (nr 4), maar waarschijnlijk ook boven de zandplassen in de Oldenburgerwaard (bij nr. 1).



Figuur 4.11. Mate waarin in bekade uiterwaarden klei bezinkt, aan de hand van de overstromingsfrequentie. In drie klassen:

- oker: zeer zelden, 1:4 – 1:10 jaar
- bruin: zelden, 1:3 – 1:4 jaar
- lilablauw: vaak, >1:1,5 jaar.

Vanwege de bodemdaling van het zomerbed komen hoge waterstanden minder vaak voor en dat heeft gevolgen voor de hoeveelheid sedimentatie. In tabel 4.6 is aangegeven wat de veranderingen zijn sinds 1900 voor bekade uiterwaarden

Tabel 4.6. Overstromingsfrequentie van zomerbeden; veranderingen sinds 1900.

	Afvoer 2022	Frequentie 2022	Afvoer 1900	Frequentie 1900
Olburgerwaard	<6.000	<5,5 d	<4.000	25 d
Havikerwaard	7.000-8.000	1,0 – 2,5 d	5.000 – 6.250	4,5 – 12 d
Fraterwaard	>8.000	< 1,0 d	>6.250	<4,5 d

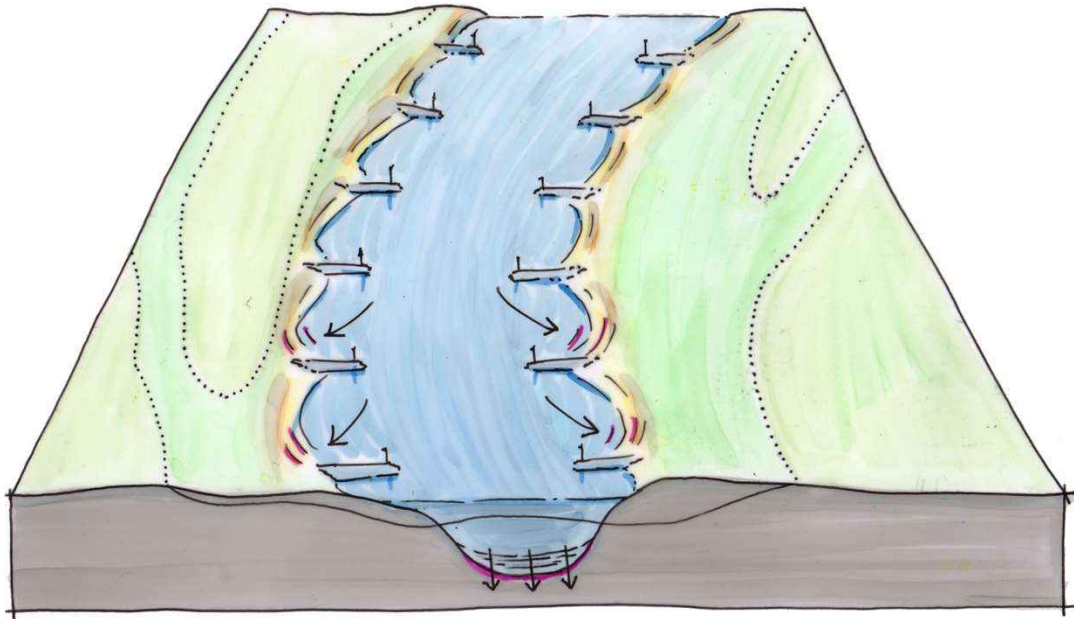
4.3 Morfodynamiek in het zomerbed

De morfodynamiek in het zomerbed is grotendeels tegengesteld aan die van het winterbed. Terwijl er in het winterbed sediment neerslaat, is er in het zomerbed vooral sprake van erosie. Deze scherpe tegenstelling bestaat al sinds het zomerbed eind 19^e eeuw werd vastgelegd en de zijdelingse beweging van de rivier stilviel. In de oorspronkelijke situatie vond erosie plaats in de buitenbocht en sedimentatie in de binnenbocht. Sinds het vastleggen en versmallen van het zomerbed is er vrijwel geen ruimte meer voor sedimentatie in de bedding zelf en overheerst de erosie, die zich sindsdien op de bodem richt in plaats van op de oevers van de buitenbocht.

Voor erosie is relatief veel energie nodig en het is daarom verbonden met bewegend water. In het huidige riviersysteem vinden we dat alleen in en direct naast het zomerbed. In theorie is er in nevengeulen ook stromend water aanwezig, maar op enkele uitzonderingen na zijn de stroomsnelheden in nevengeulen zo beperkt dat er vrijwel geen erosie optreedt⁹. Er zijn twee situaties waar aan deze voorwaarde wordt voldaan (zie figuur 4.12):

⁹ Lit: Morfologische ontwikkeling van Nevengeulen; RWS,2020.

1. de bodem van het zomerbed, waar de stroming vrijwel altijd sterk genoeg is om zand te transporteren
2. in de kribvakken, waar door een combinatie van golfslag (vnl. van schepen) en stroming zand wordt getransporteerd.

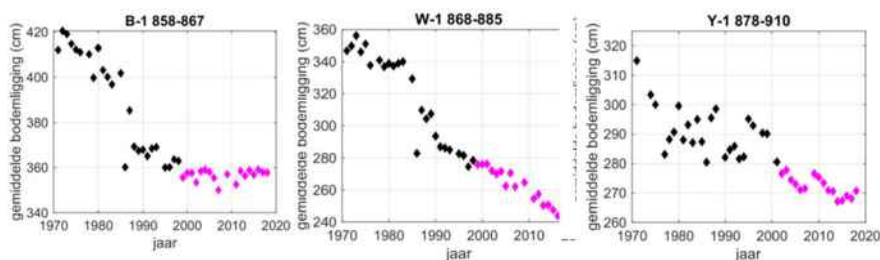


Figuur 4.12. Locaties waar in het huidige riviersysteem erosie optreedt (toelichting zie tekst).

Erosie en sedimentatie van het zomerbed

Sinds het midden van de 19^e eeuw is de sedimentbalans van het zomerbed verstoord door het vastleggen van de rivier. Een andere oorzaak is dat de aanvoer van zand vanuit Duitsland is afgenomen. Daarbij heeft ook excessief baggerwerk in de jaren 1970 de rivier van veel sediment beroofd. Door deze onbalans voert de rivier tegenwoordig vanuit veel trajecten meer zand af dan hij aanvoert en het gevolg is dat de bodem langzaam inslijt. Ter hoogte van Lobith is de bodem daardoor sinds 1900 circa 2,5 m gezakt, waarvan bijna 2 m tussen 1950 en 2010 (zie figuur 4.13). Dit betekent aldaar een bodemdaling met een snelheid van 1 tot 2,5 cm per jaar. In andere riviertrajecten van de Rijn is de erosie iets minder groot.

De bodemdaling is een zelfversterkend proces doordat het water tot een steeds hogere afvoer binnen de bedding blijft. De stroomsnelheden bij een 'geulvullende' situatie zijn daarom veel groter dan ca. 125 jaar geleden, waardoor zand onder die omstandigheden sneller wordt doorgevoerd. Opvallend is dat de bodemdaling in de Boven-Rijn sinds het jaar 2000 tot stilstand lijkt te zijn gekomen. Mogelijk dat dit het gevolg is van extra sedimentaanvoer vanuit Duitsland, waar de laatste decennia actief wordt gesuppleerd.



Figuur 4.13. Bodemdaling in (van links naar rechts): de Boven-Rijn, de Waal tot Nijmegen, de Neder-Rijn tot de IJsselkop en de IJssel tot aan Dieren. De zwarte stippen zijn metingen met een single beam, de roze met een multi beam.

Met name langs de Waal wordt een deel van het zand tijdens hoogwater ook op de oeverwal afgezet, waardoor het uit het systeem verdwijnt omdat het daar buiten de invloedssfeer van erosie blijft (zie paragraaf 4.2). Tijdens hoogwater bezinkt ook zand in veel kribvakken, maar dat wordt in de maanden daarna vaak weer verder gevoerd (zie hierna).

Erosie en sedimentatie in de kribvakken

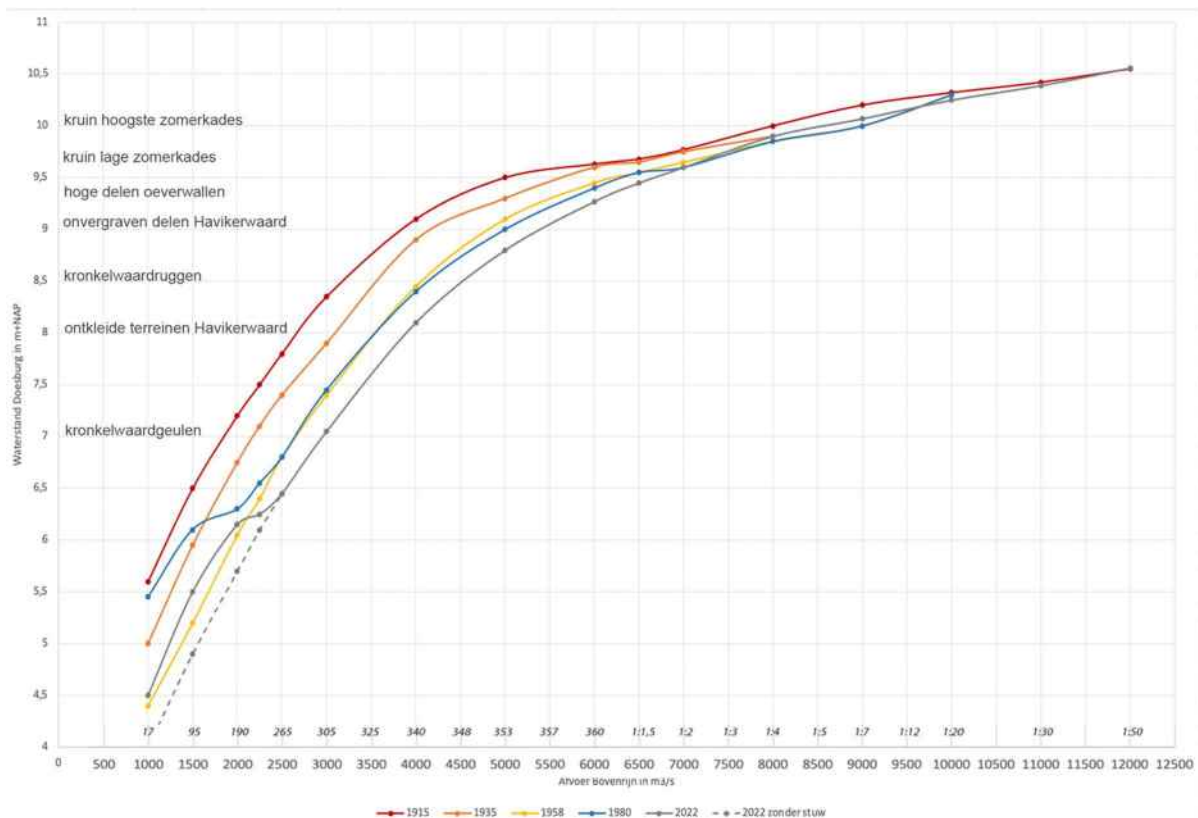
Naast de zomerbederosie treedt in een niet vastgelegde rivier ook in de kribvakken sedimentatie en erosie op. Tijdens perioden van hoogwater, als het water over de kribben stroomt, is er vaak enige sedimentatie, maar zodra de rivierafvoer afneemt, breekt in veel kribvakken een periode van erosie aan. Scheepvaartgolven zorgen dan voor het opwervelen van het zand, waarna een deel van het zand met het water wordt teruggevoerd naar de rivier zelf. De kribvakken zijn dus een soort van tussenstation voor het zand, dat gevuld wordt tijdens hoge afvoeren en weer langzaam leegloopt tijdens lage afvoeren.

Langs de Boven-IJssel zijn vrijwel alle kribvakken vastgelegd met steen en de morfodynamiek is er daarom beperkt. Bij lange kribben, zoals aan de stroomopwaartse zijde van de Havikerwaard is er aan de voet van de vastgelegde oever nog een klein strandje aanwezig, dat pas bij lagere afvoeren droog valt. In deze kribvakken zal het hier boven beschreven proces van erosie en sedimentatie plaats vinden.

Effecten van de bodemdaling op de waterstanden

De negatieve sedimentbalans van het zomerbed heeft grote gevolgen voor de peildynamiek. De bodemdaling zorgt er namelijk voor dat de waterstanden mee dalen en dat tal van hydrologische processen die samenhangen met de variatie in de waterstanden veranderen. In figuur 4.14 is met tussenpozen van ca 30 jaar de verandering in beeld gebracht. De bovenste lijn geeft voor het hele afvoerbereik van de Boven-Rijn de waterstand bij Doesburg weer rond het begin van de meetreeks (1915) en de onderste lijn de huidige situatie, anno 2022. Langs de Y-as zijn naast de maaiveldhoogte ook karakteristieke locaties weergegeven in het winterbed.

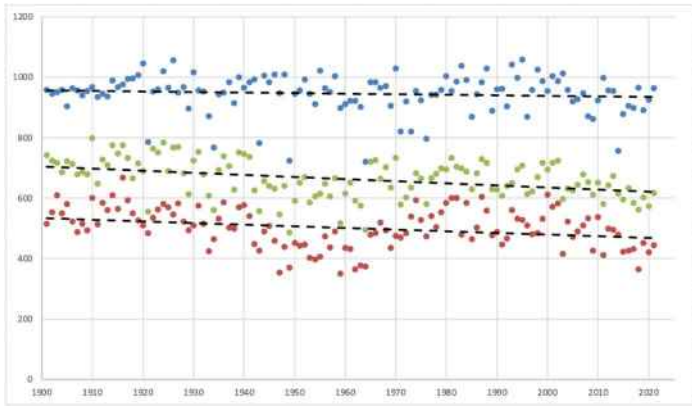
Het verloop van de verschillende lijnen laat duidelijk zien hoe de frequentie waarmee de rivierwaterstand gelijk staat aan bepaalde maaiveldhoogten sterk is veranderd. Zo vulden zich de geulen vroeger al vanaf een afvoer van ca 1.700 m³/s, terwijl dat tegenwoordig pas vanaf 3.000 m³/s het geval is; een afname van ca 200 dagen per jaar naar 60 dagen. Een ander voorbeeld is het moment dat hogere delen van de uiterwaarden die vroeger vanaf 4.000 m³/s overstromden en tegenwoordig vanaf 5.500 m³/s. Dit is afgenomen van gemiddeld 25 dagen per jaar naar slechts 7. De laagste delen van de zomerkades overstromden vroeger bij een afvoer van ca 6.000 m³/s en tegenwoordig bij 7.600 m³/s. De frequentie is hiermee afgenomen van 5 naar 1,5 dag per jaar, waarmee het ook niet meer jaarlijks gebeurt



Figuur 4.14 Verandering van de relatie tussen Boven-Rijn afvoer en waterstand bij Doesburg vanaf het begin van de meetreeks. Als gevolg van de bodemdaling worden bepaalde waterstanden bij een steeds hogere afvoer bereikt. Langs de x-as is boven de as de frequentie van optreden weergegeven: tot 6.000 m³/s in dagen per jaar, daarboven de kans op optreden per jaar. Langs de Y-as is de hoogte van enkele terreingedeelten weergegeven.

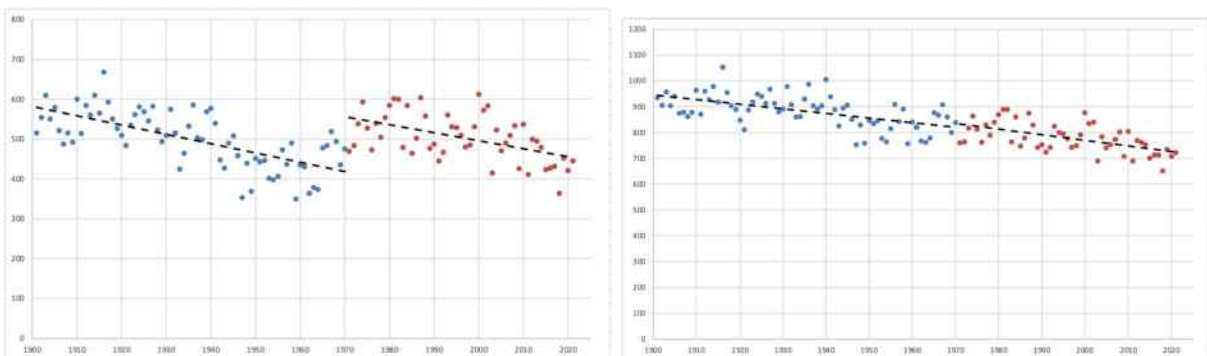
Bij de lagere waterstanden zijn de veranderingen het grootst: die dalen ongeveer net zo snel als de rivierbodembodem daalt. Tot de meting van 1958 daalde de waterstand bij Doesburg bij 1000 m³/s met ca 1,25 m. Vanaf 1970 is de stuw in werking en wordt bij lage Boven-Rijnafvoeren meer water via de IJssel afgevoerd. De waterstand-afvoer relatie is daarom veranderd en in de meting van 1980 en 2022 is dit te zien aan de hogere standen bij lage afvoeren. Omdat de bodem nog steeds daalt is de stand inmiddels sinds 1980 alweer bijna 1 meter gedaald bij de zeer lage afvoeren. Zonder de werking van de stuw zou de waterstand bij Doesburg nog verder zijn gedaald; dit is met de stippellijn weergegeven.

De waterstanden in de IJssel worden dus sterk beïnvloedt door de bodemdaling van het zomerbed. En deze daling is ook zichtbaar in de trendlijnen van de lage en gemiddelde waterstand bij Doesburg voor de periode vanaf 1901 tot 2022 (zie fig. 4.15). De hogere standen laten slechts een geringe negatieve trend zien, de gemiddelde en de lagere standen dalen wel duidelijk.



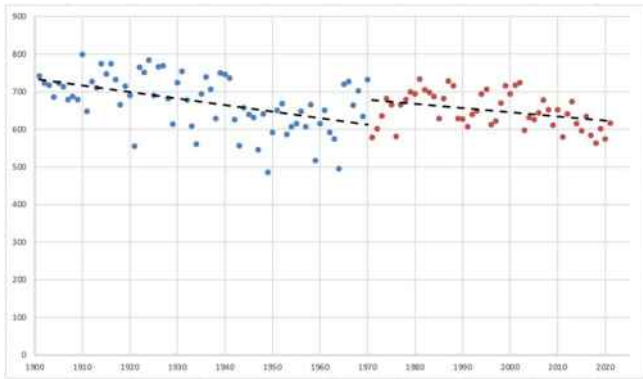
Figuur 4.15. Jaarlijkse waterstanden bij Doesburg van de hele meetreeks: hoogste stand (boven), laagste stand (onder) en de gemiddelde stand daar tussenin.

Sinds de aanleg van de stuw van Driel in 1970 ontvangt de IJssel echter meer water en de laagste en gemiddelde waterstanden worden daardoor beïnvloed. Als de grafiek voor de lage afvoer daarom wordt verdeeld in de periode voor 1970 en erna (zie figuur 4.16) dan is duidelijk het effect van het stuwbeheer terug te zien, maar ook komt de bodemdaling duidelijker in beeld. Als gevolg van het stuwbeheer is de laagst opgetreden stand na 1970 ca 1,25 m opgetild. Maar in de jaren daarna zorgt de bodemdaling in de Boven-IJssel ervoor dat de trendlijn blijft dalen. In de periode voor en na het instellen van de stuw is de daalsnelheid ongeveer gelijk. Tussen 1900 en 1970 daalde de laagste waterstand met ca 1,6 m en sinds 1970 met ca 1 meter. Inmiddels is de laagste jaarlijkse waterstand weer ongeveer net zo laag als rond 1970. Ter vergelijking is in de linker grafiek ook de meetreeks van Lobith voor de laagste stand in twee delen verdeeld. Hier is geen onderbreking in de trendlijn zichtbaar.



Figuur 4.16. Jaarlijks opgetreden laagste waterstand bij Doesburg met daarin een onderverdeling in de periode voor en na het stuwten (links) en dezelfde indeling voor de waterstand bij Lobith (rechts). Verdere toelichting zie tekst.

In figuur 4.17 is ook de gemiddelde waterstand bij Doesburg weergegeven, opgedeeld in twee segmenten, voor en na 1970. Net als de laagste waterstand is er een doorgaande daling te zien, onderbroken door het instellen van het stuwbeheer. Al met al is gemiddelde waterstand sinds 1900 nabij Doesburg met ca 1 meter gedaald, wat een vergelijkbaar effect zal hebben op de grondwaterstand in de uiterwaarden. Zonder de invloed van het stuwbeheer was deze daling nog ca 70 cm groter geweest (de daling in de periode van 1970 was er dan namelijk nog bijgekomen). De daling van de waterstanden zet zich nog steeds voort en ondanks de extra afvoer die de IJssel ontvangt is de gemiddelde waterstand in de afgelopen 50 jaar toch weer met ca 1,5 cm per jaar gedaald



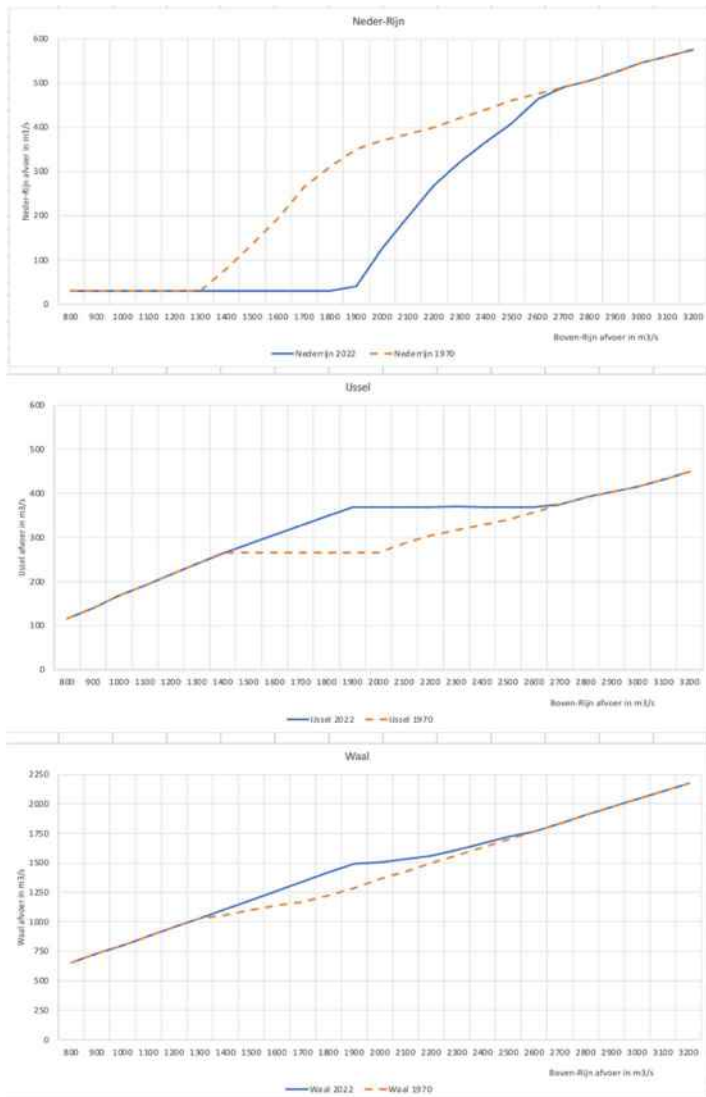
Figuur 4.17. Jaarlijkse gemiddelde waterstand bij Doesburg met daarin een onderverdeling in de periode voor en na het stuwten (links).

Effecten van de bodemdaling op het stuwbeheer bij Driel

De bodemdaling van het zomerbed heeft ook gevolgen voor de afvoerverdeling omdat het stuwbeheer bij Driel erdoor wordt beïnvloed. Het beheer van de stuw is namelijk gebaseerd op vaste waterstanden bij Lobith en als gevolg van de bodemdaling worden deze waterstanden in de loop der jaren bij steeds hogere afvoeren pas bereikt. Zo was in 1970 de stuw geheel open boven een afvoer van ca. 1.900 m³/s en inmiddels is dat opgelopen tot 2.750 m³/s. En ook de afvoer waaronder de stuw geheel gesloten is, is toegenomen: van ca. 1.300 m³/s in 1970, naar ca. 1.800 m³/s tegenwoordig. Dat betekent dat de stuw nu 160 dagen geheel gesloten is, waar dat vroeger slechts 60 was en nog maar 85 dagen geheel geopend is, terwijl dat vroeger 215 was (zie ook figuur 4.4).

Omdat de stuw van Driel steeds vaker geheel of gedeeltelijk is gesloten, voert de Neder-Rijn/Lek ook steeds minder water af. Sinds 1970 is de gemiddelde afvoer over deze riviertak met ca. 100 m³/s afgenomen. Hiervan is ca. 35 m³/s ten goede gekomen aan de IJssel en 65 m³/s aan de Waal. De IJssel voert daardoor op jaarbasis inmiddels veel meer water af dan de Neder-Rijn/Lek (365 m³/s versus 255 m³/s), waar dat vroeger nog andersom was (330 m³/s versus 350 m³/s). Het meeste extra water ontvangen IJssel en Waal bij de gemiddelde afvoeren. In figuur 4.18 is de verandering in de afvoeren bij oplopende Boven-Rijnafvoeren weergegeven zoals deze tussen 1970 en 2020 is opgetreden.

De toegenomen afvoer via de IJssel is ook zichtbaar in de trendlijn van de waterstanden bij gemiddelde afvoer bij Doesburg. In de grafiek van fig. 4.16 is zichtbaar dat de trend tegenwoordig iets langzamer daalt dan in de periode voor het stuwten. Dit verschil was niet zichtbaar bij de laagste standen en is waarschijnlijk het gevolg van de toename van de IJsselafvoer bij de gemiddelde Rijnafvoeren. De IJssel ontvangt gemeten over het hele jaar inmiddels 2% meer van de Boven-Rijnafvoer dan 50 jaar geleden.

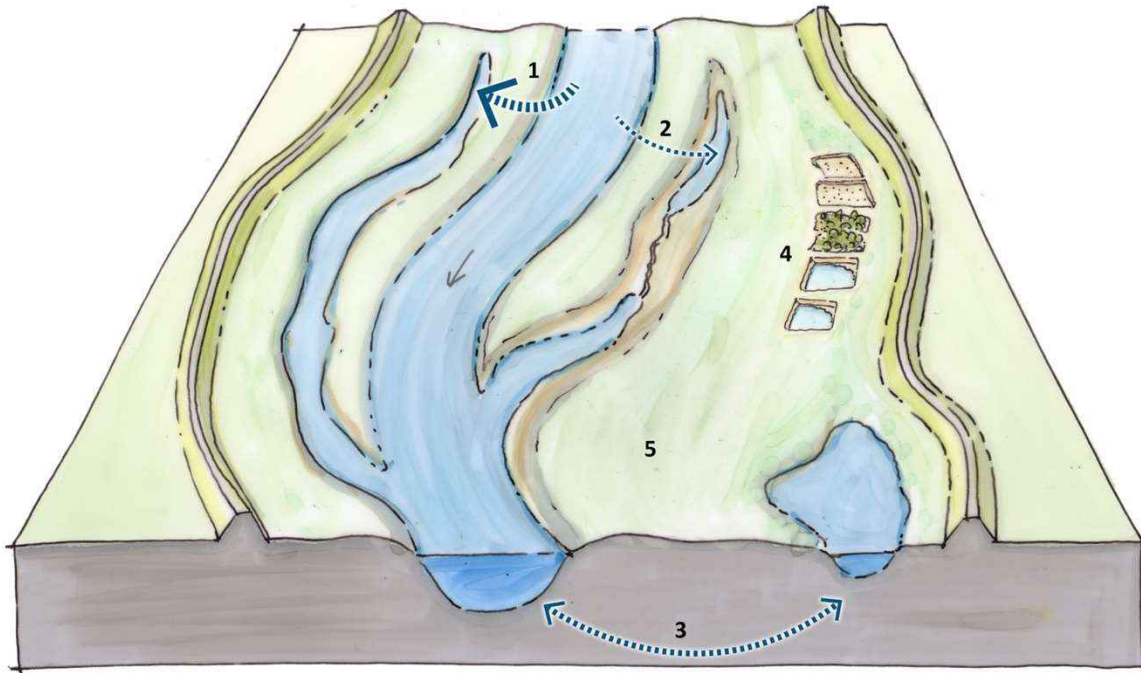


Figuur 4.18. Verandering van de afvoer over de 3 riviertakken sinds de ingebruikname van de stuw bij Driel. In blauw de huidige situatie, in oranje de situatie in 1970. De waarden voor deze figuur zijn verkregen uit stuwprogramma's van RWS. De werkelijke waarden zoals die dagelijks optreden kunnen hier enigszins van afwijken.

4.4 Rivierkwel en Veluwekwel naar de uiterwaarden en wegzijging

Rivierkwel treedt op zodra het waterpeil in de rivier hoger staat dan het niveau van de naastgelegen uiterwaard. Rivierkwel kan zowel optreden naar oppervlaktewater in de uiterwaarden, als naar het maaiveld. In figuur 4.19 zijn de verschillende vormen weergegeven waarop rivierkwel kan optreden. Omdat de Boven-IJssel in een vallei ligt en wordt omgeven door hogere terreinen, treedt er ook kwel op vanwege grondwater dat ondergronds naar de vallei afstroomt. Als de waterstand in de rivier weer lager wordt dan het maaiveld, dan keert de grondwaterstroom weer en slaat de kwel om in wegzijging. Hierna wordt eerst ingegaan op de rivierkwel, aan het eind van deze paragraaf op de Veluwekwel.

Rivierkwel doet zich op verschillende manieren voor in de uiterwaarden. In de Boven-IJssel zijn er momenteel alleen voorbeelden van type 2 en 3.



Figuur 4.19. Rivierkwel kan op verschillende manieren optreden in de uiterwaarden. Nummers worden toegelicht in de tekst.

1. Permanente rivierkwel bij benedenstrooms aangetakte wateren.

Bij de benedenstrooms aangetakte wateren is de waterstand in de nevengeul hetzelfde als de rivierwaterstand bij de monding. Vanwege het verhang in de rivier ontstaat er dan een peilverschil dat aan bovenstroomse zijde van de geul het grootst is en waardoor een ondergrondse waterstroom op gang komen vanuit de rivier naar de geul. In de vrij afstromende riviertrajecten (Waal en Boven-IJssel) bedraagt het verhang per km ongeveer 10 cm. In de Boven-Rijn en Waal neemt het verhang bij toenemende afvoeren langzaam toe, in de IJssel juist langzaam af, om pas bij hogere afvoeren weer toe te gaan nemen.

Tabel 4.7. Waterspiegel-verhang (in cm per km) van de riviertrajecten in de Boven-IJssel in vergelijking met de Boven-Rijn en Waal bij debieten rondom de gemiddelde afvoer.

Afvoer in m ³ /s	Boven-Rijn en Waal	Boven-IJssel
1000	9,2	10,8
1500	8,9	10,4
2000	8,9	10,2
2250	9,2	9,7
2500	9,4	9,6
3000	9,6	9,4
4000	9,9	9,5
5000	10,3	10,0

De mate waarin rivierwater ondergronds door de oeverzone naar de nevengeul stroomt, is naast het verhang ook afhankelijk van de bodemopbouw. Zand is een vereiste voor enige stroming. In de meeste oeverzones van de rivieren is dat aanwezig. In veel historische beddingen naast het

zomerbed, die vaak voor nieuwe geulen worden gebruikt, is in de loop der tijd vaak klei gesedimenteerd en een goed doorlatende bodem is hier zonder vergraving niet altijd aanwezig.

2. Benedenstrooms aangetakte wateren met (natuurlijke) drempel

Bij niet aangetakte nevengeulen is er pas sprake van rivierkwel als de drempelhoogte in de nevengeul wordt overschreden. Een drempel met bv een hoogte die bij gemiddelde afvoer (ca 2.250 m³/s) overstroomt, betekent dat er ca 130 dagen per jaar sprake is van rivierkwel. De kronkelwaardgeulen in de Fraterwaard en Olburgerwaard functioneren op deze wijze van type 2. De benedenstroomse drempel is hier erg hoog en er is daarom bij opkomend water langdurig sprake van rivierkwel totdat de drempel overstroomd (figuur 4.20). Daar staat wel tegenover dat de bodems van de geulen ook vrij hoog liggen, zodat de kwel ook pas laat op gang komt.



Figuur 4.20. Satellietfoto maart 2020, kort na een periode van hoogwater. De IJssel staat nog relatief hoog en voert sedimentrijk water af. De geulen en strangen zijn gevuld met water dat via rivierkwel is toegestroomd.

3. Geïsoleerde strangen en andere wateren

In de uiterwaarden zijn er strangen en plassen, gevuld met permanent water (type 3 in de figuur 4.19), waar rivierkwel bij stijgende rivierwaterstanden invloed op heeft. Zodra de waterstand in de rivier hoger staat dan het niveau van de laagte ontwikkelt zich daar een kwelstroom en zal het peil in

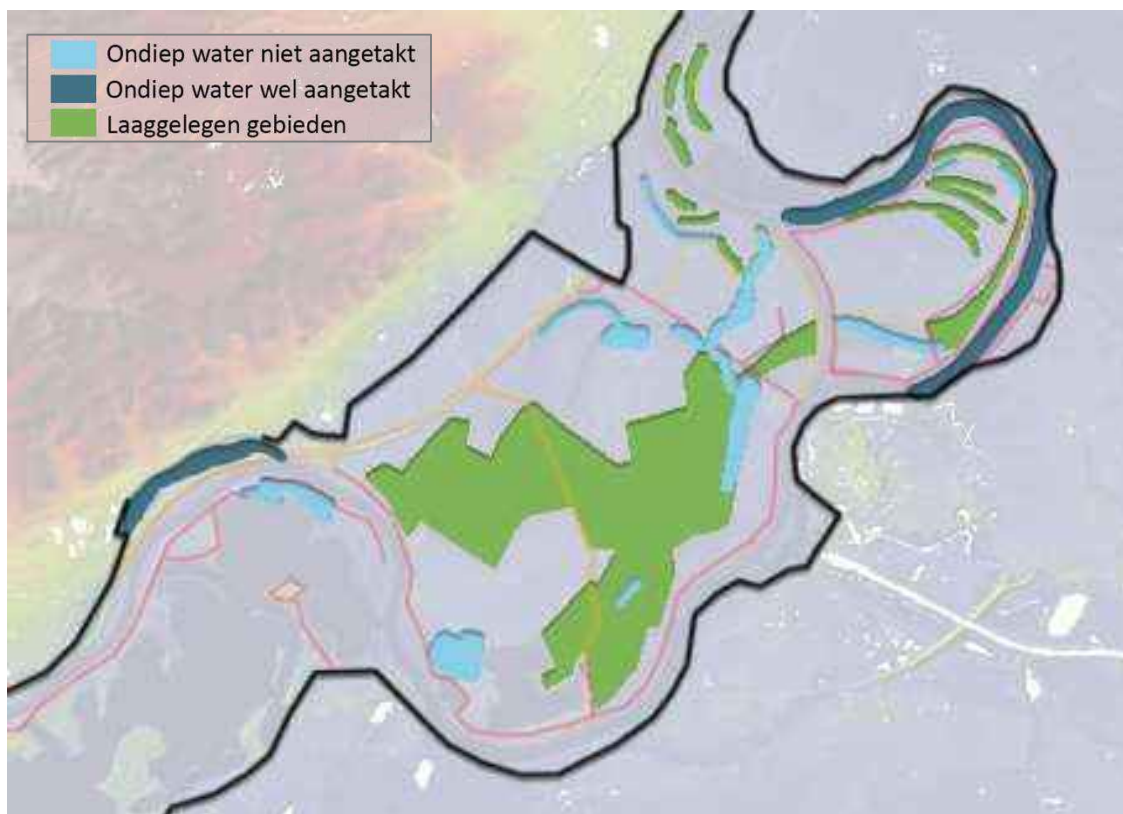
de laagte gaan stijgen. Zodra het rivierpeil weer daalt en lager wordt, keert de stroom om en zakt het peil in de laagte weer.

4. Geïsoleerde laag gelegen gebieden, vaak slechts tijdelijk overstroomd,

In veel uiterwaarden is het kleidek in de loop van de 20^e eeuw afgegraven, waardoor een verlaagd maaiveld ontstaat. Deze gebieden vullen zich met water in de winter, maar vallen vaak droog in de loop van het groeiseizoen. Deze vergraven delen liggen vaak zo'n 1 tot 2 m lager dan de aangrenzende onvergraven uiterwaard (aangegeven met het cijfer 5).

In figuur 4.21 zijn het oppervlaktewater en de laaggelegen gebieden aangegeven waar kwel in op kan treden. In HBFO gaat het vaak om strangen die geïsoleerd liggen van de rivier (type 2) en lage gebieden die bij hoogwater tijdelijk onder invloed staan van kwel en later vaak weer droogvallen (type 3).

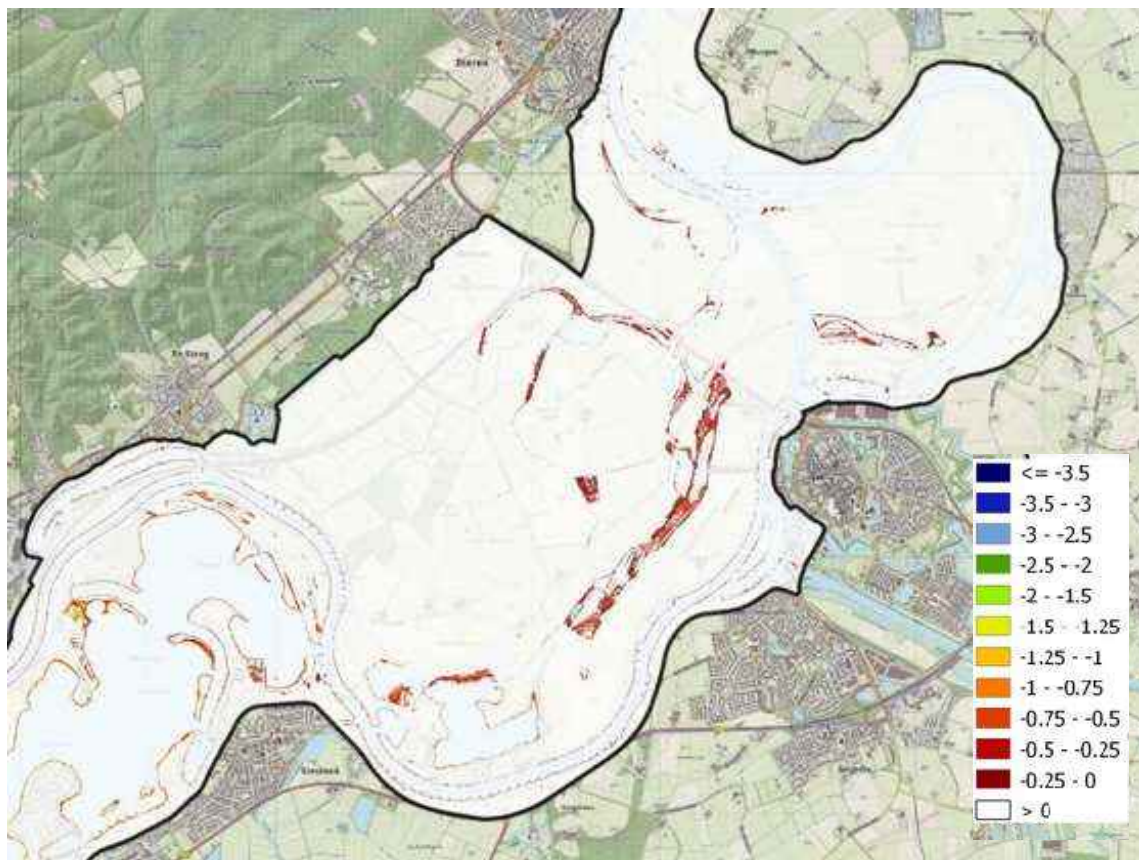
Nevengeulen die aan de rivier zijn aangetakt (type 1-geulen) zijn er niet in HBFO, maar de historische meander van de Fraterwaard kan ook als een eenzijdig aangetakte nevengeul worden gezien. De waterstand is er gelijk aan de stand benedenstrooms, zodat er altijd een permanente kwelstroom zal zijn. De waterdiepte in de meander is echter zo groot en de uitwisseling met de IJssel ook, zodat er niet veel van te merken zal zijn.



Figuur 4.21. Wateren en laaggelegen gebieden in HBFO waar rivierkwel op kan treden. Toelichting zie tekst.

De frequentie waarmee rivierkwel in type 2 en 3 kan optreden hangt af van de maaiveldhoogte in de uiterwaarden. In figuur 4.22 is een ruimtelijk beeld weergegeven van het hoogteverschil tussen het maaiveld in de buitendijkse gebieden en waterstanden in de aangrenzende riviertrajecten van de Waal bij een Boven-Rijnafvoer van 3.000 m³/s. De delen waar bij die afvoer kwel optreedt zijn gekleurd weergegeven. Het gaat om de meest laaggelegen deel van de uiterwaarden, veelal de

oeverzones rondom geulen en strangen. Het oppervlaktewater zelf ligt nog wat lager, maar is in deze figuur niet aangegeven omdat de hoogtegegevens niet in de AHN zijn opgenomen.



Figuur 4.22. Hoogteverschil tussen het maaiveld in de binnengaatsse gebieden en waterstanden in het aangrenzende riviertraject bij een Boven-Rijnafvoer van 3.000 m³/s.

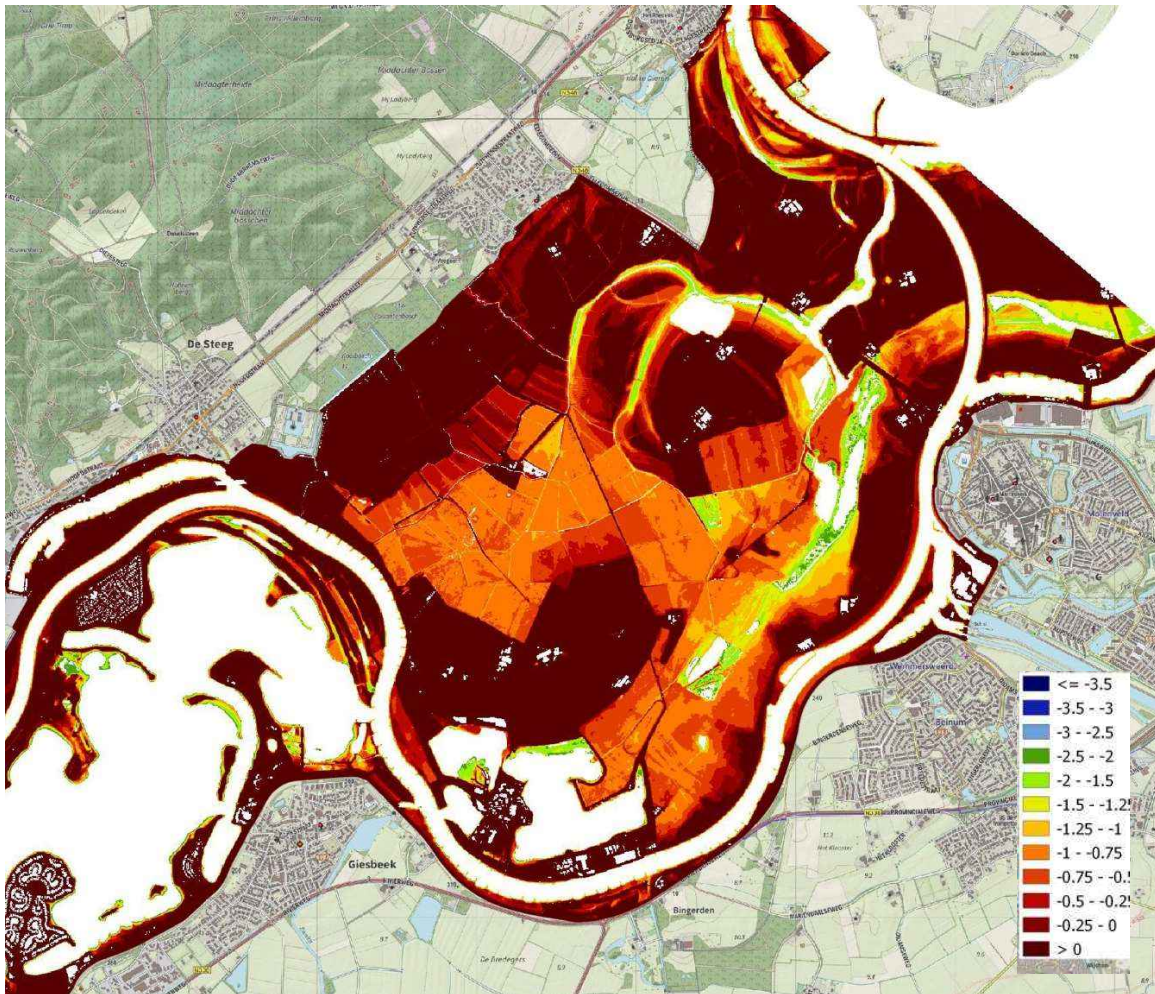
In tabel 4.8 is de duur van de rivierkwel aangegeven voor gebieden met een verschillende hoogte: respectievelijk het oppervlaktewater (type 3-gebieden), de lage terreinen (vaak voormalige kleiwinningen) die tijdelijk droogvallen (type 4-gebieden) en de niet vergraven terreinen (type 5). Veel van het oppervlaktewater kan gedurende 60 tot 125 dagen per jaar te maken krijgen met de influx van rivierkwel. Terreinen die in de zomer droogvallen, zoals voormalige kleiwinningen (vooral in de Havikerwaard) en kronkelwaardgeulen (bv in de Fraterwaard) liggen hoger en hier treedt zo'n 20 tot 60 dagen per jaar rivierkwel op. Het maaiveld buiten deze lage delen zelf ligt vaak zo hoog dat hier maar 5 tot 10 dagen kwel op zal treden. Dit is niet veel meer dan de overstromingsfrequentie tijdens hoogwater, dus kwel is hier niet echt aan de orde.

Tabel 4.8. Maaiveldhoogten en frequentie rivierkwel bij Lobith, aan de uiteinden van de Boven-IJssel en bij Doesburg.

	Gemiddelde waterstand	Opp. water uiterwaard	dgn met rivierkwel	Laagste maaiveld uiterwaardvlakte	dgn met kwel	Maaiveld uiterwaardvlakte	dgn met kwel
Lobith	9,25	9,5 - 10	75 - 125	10,5 - 11	40 - 55	12,5 - 13,5	5 - 12
IJsselkop	8,35	8,5 - 9	70 - 100	9 - 9,5	40 - 60	9,5 - 10,5	10 - 25
Doesburg	6,50	6,7 - 7,0	60 - 100	8 - 8,5	20 - 25	9,3 - 9,6	2 - 5
Dieren	5,90	6 - 6,5	75 - 125	7 - 7,5	30 - 60	7,5 - 8,5	10 - 30

In figuur 4.23 is op dezelfde wijze als in figuur 4.22 het hoogteverschil aangegeven tussen de rivierstand en de maaiveldhoogte, maar nu bij een afvoer van ca 5.000 m³/s. Het verschil tussen het maaiveld en de rivierwaterstand is nu op veel plaatsen zo groot geworden dat een kwelstroom op

gang zal komen. Ook kan nu in de hogere delen kwel optreden. Deze afvoer komt echter maar ca 12 dagen per jaar voor, zodat het totale effect niet heel groot is.



Figuur 4.23. Als figuur 4.22, maar dan bij een Boven-Rijnafvoer van 5.000 m³/s.

Veranderingen in rivierkwel in de afgelopen eeuw

Rivierkwel in de lagere delen van de uiterwaarden en in de uiterwaardvlakte treedt dus relatief weinig op. Dat is niet altijd zo geweest. In grote lijnen was de situatie zoals die nu optreedt bij een Boven-Rijnafvoer van 5.000 m³/s ongeveer vergelijkbaar met de situatie van een eeuw geleden bij 3.000 m³/s. Ook hier is de bodemdaling van het zomerbed de belangrijkste oorzaak dat de frequentie waarop kwel optreedt sterk is afgenomen. Het gevolg hiervan is dat er veel vaker sprake is van wegzijging van water en dat daarom ook grondwaterstanden veel lager zijn geworden.

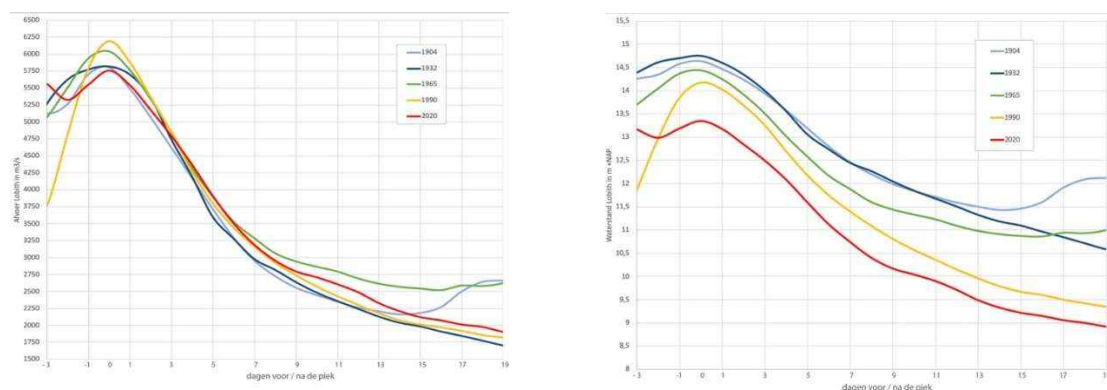
Tabel 4.9. Waterstandverandering bij Doesburg tussen 1901 en 2022 bij lage tot licht verhoogde afvoeren. De cijfers tussen haakjes bij 2022 zijn de waarden zonder de werking van de stuw bij Driel.

Afvoer m ³ /s	Overschrijding in d/j en kans/j	1915	2022	Verandering 1915-2022
1000	17	5,6	4,5 (3,9)	-1,1
1500	95	6,5	5,5 (4,9)	-1,0
2000	190	7,2	6,2 (5,7)	-1,0
2250	265	7,5	6,2 (6,1)	-1,3
2500	305	7,8	6,4	-1,4
3000	325	8,4	7,1	-1,3
4000	340	9,1	8,1	-1,0
5000	353	9,5	8,8	-0,7

In tabel 4.9 is voor de afvoerreeks van Doesburg de waterstand weergegeven voor een achttal afvoeren. De daling bedraagt rond de gemiddelde afvoer 1,3 meter. Voor bijvoorbeeld de Lamme IJssel met een maaivelhoogte van de oeverzone van ca 7 betekent dit dat rivierkwel hier vroeger al optrad bij een afvoer van ca 1.900 m³/s, terwijl dat tegenwoordig pas bij ca 3.000 m³/s zal optreden; een afname van ongeveer 60 dagen.

Op de gemiddelde waterstand bij Doesburg heeft ook de aanleg van stuw Driel invloed gehad, vooral omdat de lagere standen tegenwoordig minder laag zijn. Zonder stuwwerking was de gemiddelde waterstand en daarmee de grondwaterstand nog zo'n 50 tot 60 cm lager geweest. Op de rivierkwel heeft dit echter weinig invloed, omdat die vooral bij de hogere afvoeren pas optreedt. Wel zorgt de extra afvoer ervoor dat de waterstand minder ver uitzakt dan zonder stuw. Droogval van uiterwaarden na een periode van rivierkwel zal daarom iets langer op zich laten wachten. Maar de laagste waterstanden die optreden zijn inmiddels als gevolg van de bodemdaling al weer net zo laag als in 1970 en droogval is sinds het instellen van het stuwbeheer dus ook weer gestaag toegenomen.

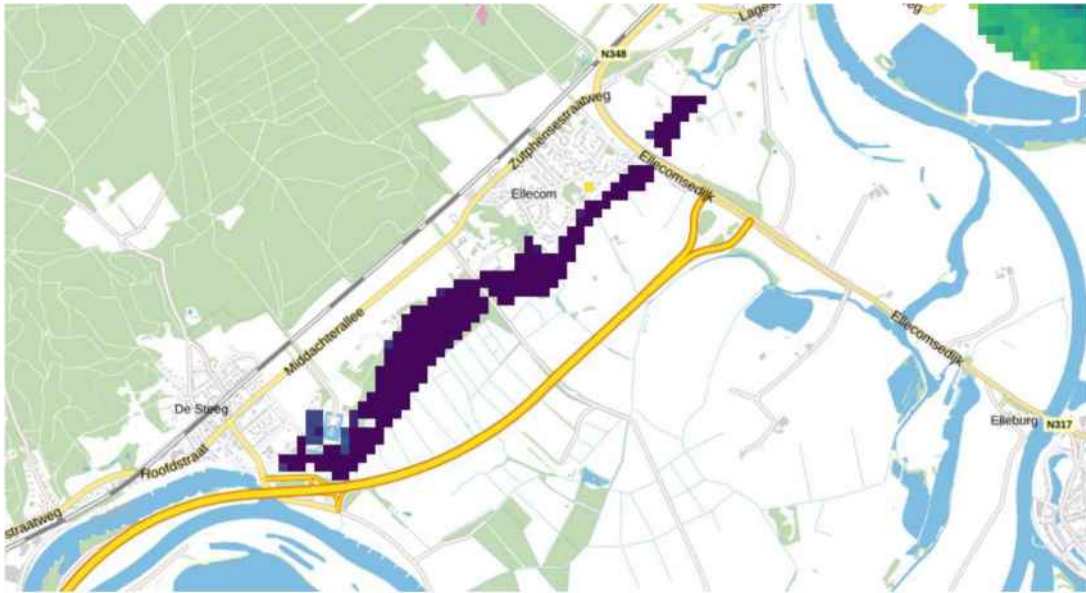
In figuur 4.24 zijn 5 hoogwatergolven van ca 6.000 m³/s met tussenpozen van ca 30 jaar vergeleken. Het afvoerverloop van deze golven was vergelijkbaar, maar het waterstandsverloop wijkt sterk af. Behalve dat de golf lager blijft, zakt deze ook veel sneller terug. Het peilverschil tussen het in de uiterwaard aanwezige water en de waterstand in de rivier neemt bij ongeveer vergelijkbare hoogwatergolven dus sneller toe dan in het verleden en de wegzijging van water zal daarom ook sneller verlopen, waardoor de uiterwaard eerder opdroogt. Dit heeft grote gevolgen voor veel wateren in de uiterwaard, waardoor vooral de ondiepe wateren veel vaker droogvallen, wat weer gevolgen heeft voor flora en fauna van deze wateren.



Figuur 4.24. Verloop van afvoer (links) en waterstand (rechts) bij enkele historisch opgetreden hoogwatergolven voor Lobith. In de uiterwaarden van HBFO is dit effect in grote lijnen vergelijkbaar. Pas onder de ca 2.500 m³/s zal het uitzakken wat langzamer verlopen als gevolg van het stapsgewijs sluiten van stuw Drie

Veluwekwel

Een van de bijzondere fenomenen in met name de Havikerwaard is dat daar vanwege de nabijheid van de Veluwe ook grondwater als kwel naar de oppervlakte komt, dat afkomstig is vanuit de stuwwal. De klimaateffect-atlas laat slechts een smalle strook zien aan de voet van de stuwwal bij de Havikerwaard. Verder stroomopwaarts nabij Velp is de kwelzone veel groter (zie figuur 4.25). Naast de Velwezoom is er ook in beperkte mate kwel aanwezig in de oude meanders die in de Havikerwaard liggen, in de IJssel zelf en de meander van de Fraterwaard. In de rest van het gebied is er vooral wegzijging, wat verklaarbaar is omdat een groot deel van het gebied hoger ligt dan de gemiddelde waterstand in de rivier.



Figuur 4.25. Kwelzone langs de voet van de stuwwal van de Veluwe. Deze zone komt tot uiting in hoge grondwaterstanden vergeleken met de omgeving (DINOloket, 2022)

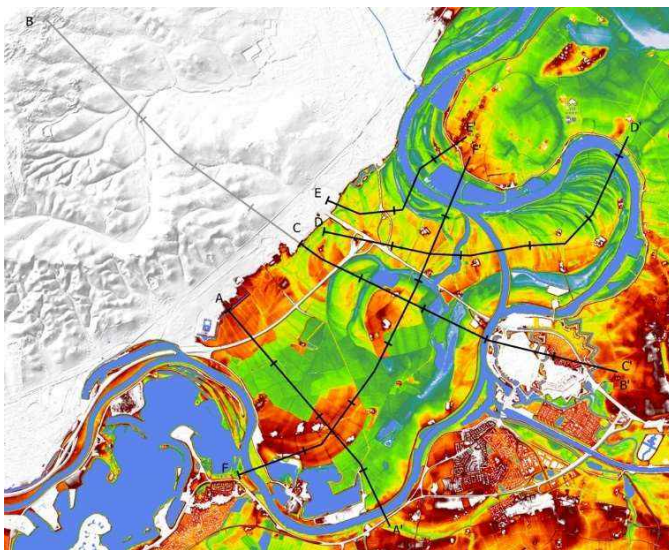
Volgens Prins (2022) valt de locatie waar kwel vanaf de stuwwal aan het maaiveld zou kunnen komen vaak samen met locaties met een detailafwatering die veel van de lokaal aanwezige kwel afvangt. Op de historische rivierkaart van 1840 is deze zone o.a. terug te vinden tussen Kasteel Middagten en Ellekom (figuur 4.26). De Middagter Beek en de Ruiters Beek ontspringen nabij het moerasbos 'de Els' bij kasteel Middagten. Ten noorden ervan zijn op de kaart een houten duiker en stenen duiker te zien voor de ontwatering van de landbouwpercelen. Ook lopen de perceelsgrenzen met sloten in het eerste gedeelte van de Havikerwaard, tot aan de eerste hoofdontwatering loodrecht op de Veluwe, zodat ze het kwelwater kunnen afvoeren naar de beek. In de zone aangegeven in figuur 4.25 loopt ter hoogte van het hof te Dieren ook een met veen gevulde laag in de ondergrond. Deze is verdroogd door wegvallende kwel vanaf de Veluwe.

Bijlage 1 laat zien dat de zandbult van de Veluwe een bredere voet heeft tot ver onder de Havikerwaard. Die 'zandvoet' is afgedekt met een kleilaag die de IJssel hierop heeft afgezet. In het midden van de 20^e eeuw is een groot areaal van deze klei afgegraven, waardoor de uitstroom van kwelwater hier is vergroot, wat waarschijnlijk toen al een drainerende werking zal hebben gehad op de gebieden aan de voet van de Veluwe omdat de weg die het grondwater af moet leggen wordt verkort. De latere zandwinningen versterken dit effect omdat ze de weerstand ook in de zandige ondergrond verlagen.

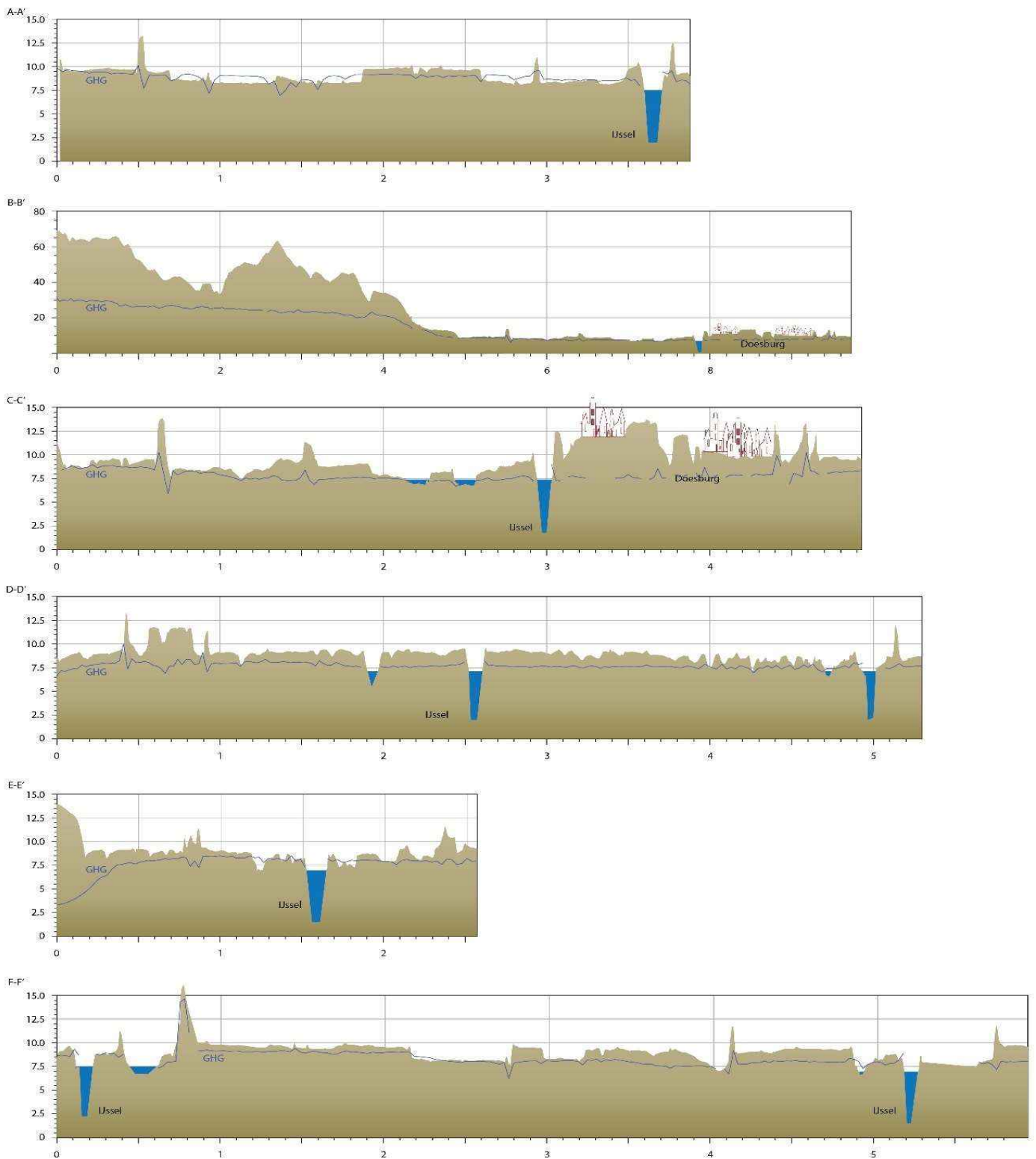


Figuur 4.26. Op deze historische kaart uit 1840 is de kwelzone tussen kasteel Middagten en Ellekom duidelijk te herkennen aan het ontspringen van twee beken nabij kasteel Middagten en de slootpatronen die loodrecht van de Veluwe aflopen.

In dwarsdoorsnedes (figuur 4.27) zijn enkele hoogteprofielen en de GHG afgebeeld. Dit geeft een goed beeld van de huidige grondwaterstanden en mate van kweldruk. In dwarsdoorsnede A is goed zichtbaar dat de afgravingen in het gebied geleid hebben tot een lagere grondwaterstand omdat het kwelwater makkelijker weg kan stromen. De GHG komt hier geregeld boven het maaiveld. In dwarsdoorsnede D is de invloed van de IJssel op de GHG goed zichtbaar.



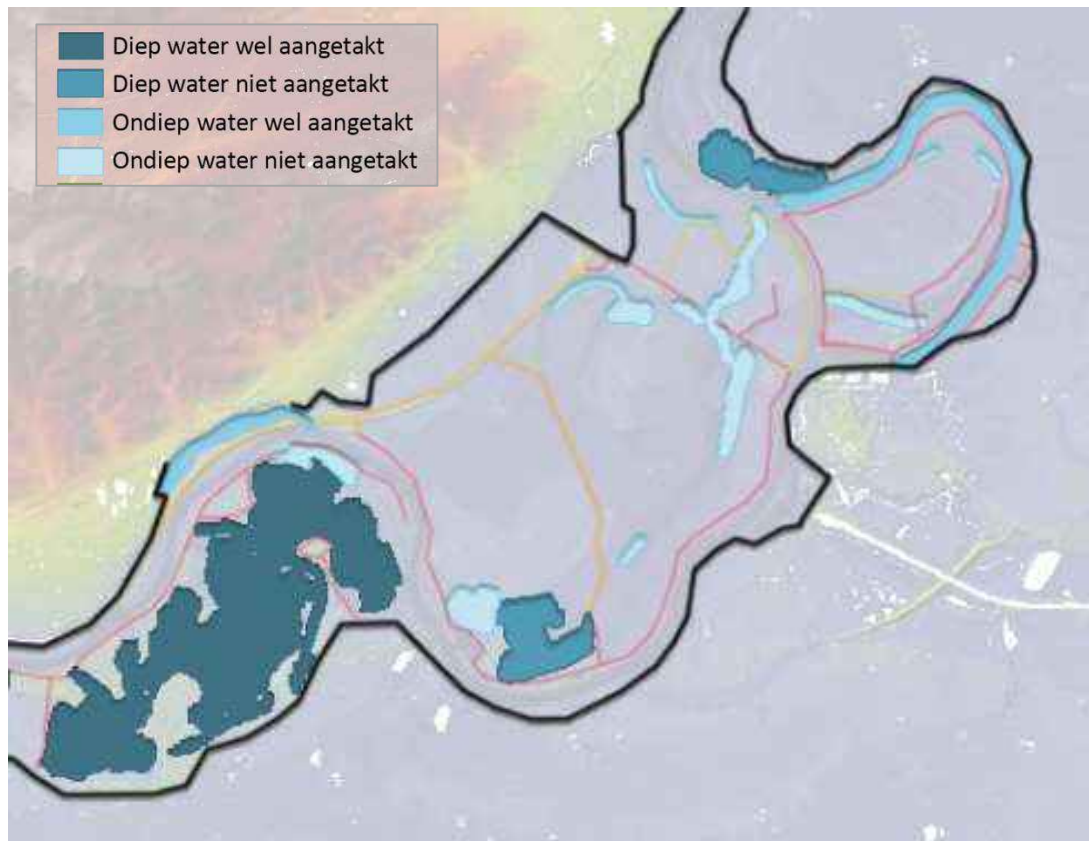
Figuur 4.27a. Locaties hoogteprofielen



Figuur 4.27b. Hoogteprofielen met de GHG erin geprojecteerd. Zones met potentie voor rivierkwelgebied en Veluwekwel zijn hieruit te destilleren. Het is bijzonder dat beide type kwel in het plangebied voorkomen.

4.5 Rivierbegeleidende wateren en daarmee samenhangende processen

Een van de kwaliteiten van het riviereengebied is de grote variatie aan oppervlaktewater. Naast het stromende water in het zomerbed zijn dat tal van wateren in de uiterwaarden, zowel aangetakt aan de rivier, als geïsoleerd, permanent meestromend of tijdelijk meestromend, diep, ondiep, etc. Alle hebben ze gemeen dat ze in meer of mindere mate meebewegen met de fluctuaties van de waterstanden van de rivier. Dit is medeverantwoordelijk voor het ecologisch functioneren. In figuur 4.28 zijn de verschillende rivierbegeleidende watertypen weergegeven.



Figuur 4.28. Overzichtskartaal van de rivierbegeleidende wateren in de uiterwaarden van HBFO. In rood en oranje zijn kades (en verhoogde weglichamen) aangegeven, zwart is de winterdijk

Op hoofdlijnen kunnen de volgende 4 typen worden onderscheiden in HBFO:

1. *Geïsoleerde uiterwaardwateren (ondiepe strangen en plassen).*

Dit type ligt op enige afstand van de rivier en is daarvan afgeschermd door een hogere zone (bv zomerkade of oeverwal). De overstromingsfrequentie is laag, wel staan deze plassen via rivierkwel en wegzijging in contact met de peilfluctuaties in het zomerbed. Figuur 4.28 laat zien dat geïsoleerde uiterwaardwateren vooral voorkomen in de Havikerwaard. Het zijn de restanten van oude meanders, maar het kunnen ook ontkleide strangen zijn, die na de winning als laag gebied zijn achterbleven.

2. *Diepe wateren, zowel aangetakt als niet-aangetakt.*

Sinds het midden van de 20^e eeuw heeft zandwinning langs alle riviertrajecten diepe wateren achtergelaten. Deels gaat het om kleine plassen waar zand t.b.v. herinrichting na kleiwinning uit is onttrokken, maar de meeste zijn veel groter en beslaan soms de helft of meer van een uiterwaard, zoals in de Olburgerwaard en het Rhederlaag; de grootste zandwinplas van het Rijnstroomgebied. Veel zandwinplassen liggen geïsoleerd van het zomerbed, op enkele (recreatie)plassen na. Diep water maakt geen onderdeel uit van het natuurlijk riviersysteem en

voor het ecologisch functioneren van de kenmerkende ecotopen van het rivierengebied spelen ze geen of slechts een bescheiden rol.

De volgende twee typen wateren komen in HBFO niet voor, maar er zijn in het kader van KRW wel plannen om ze aan te leggen.

3. *Benedenstrooms aangetakte strang (eezijdig).*

In meanderende riviersystemen zijn nevengeulen die alleen aan de stroomafwaartse zijde verbonden zijn met de rivier kenmerkend. Aangetakte strangen hebben aan de bovenstroomse zijde een drempel en stromen alleen bij hogere rivierafvoeren volledig mee. Veel nevengeulen die in het kader van Ruimte voor de Rivier zijn aangelegd, behoren tot dit type. Omdat ze vooral een hoogwaterfunctie hebben is de doorstroomfrequentie beperkt met slechts 10 tot 15 dagen per jaar. Vanuit ecologisch oogpunt is een drempel die veel vaker overstroomt (bv de helft van de tijd of nog vaker) gewenst. De twee afgesneden meanders in de Boven-IJssel (Fraterwaard en nabij Rheden) hebben ook kenmerken van een aangetakte strang. Deze stromen echter vrijwel nooit mee.

4. *Meestromende nevengeul (tweezijdig aangetakt).*

Het gaat hier om een type nevengeul met ondiep water dat tweezijdig verbonden is en altijd, of vrijwel altijd meestroomt. Meestal liggen ze in de zone direct langs de rivier. Stromende nevengeulen herbergen belangrijke kwaliteiten van het riviersysteem, zoals ondiep stromend water over zand. Van nature vinden we dat in het zomerbed, maar sinds het vastleggen van de rivier en de sterke focus op de een passende inrichting t.b.v. de scheepvaart is ondiep water daar niet meer te vinden is. Om deze kwaliteiten zo goed mogelijk tot hun recht te laten komen horen nevengeulen langs de Rijntakken ondiep te zijn en een breedte te hebben die in lijn is met de hoeveelheid water die er doorheen stroomt (Schoor et al., 2011)¹⁰ (Smart Rivers, 2016)¹¹. In het bovenstroomse deel van het rivierengebied liggen 3 stromende nevengeulen die allen niet aan deze voorwaarden voldoen. Ze zijn wel ondiep, maar de hoeveelheid water die door de geul stroomt is veel te beperkt om in de geul voldoende stroomsnelheid te genereren. De inlaat laat vaak maar enkele m³/s door en in de brede nevengeul valt de stroomsnelheid dan al snel terug tot 0,1 à 0,2 m/s, terwijl veel stroomminnende soorten minimaal 0,5 m/s nodig hebben¹². Vanwege het beperkte functioneren van deze nevengeulen is er in het bovenstroomse deel van het rivierengebied bij lage, gemiddelde en licht verhoogde afvoeren vrijwel nergens stromend water te vinden. Vroeger kende het riviersysteem veel natuurlijke nevengeulen, waar de stroomsnelheid vergelijkbaar was met de hoofdstroom.

¹⁰ https://puc.overheid.nl/rijkswaterstaat/doc/PUC_137993_31/

¹¹ <http://www.smartrivers.nl/wp-content/uploads/Poster-Waal.pdf>

¹² <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/water-ruimte/ecologie/krw-leidraad/>

5. Riviernatuur

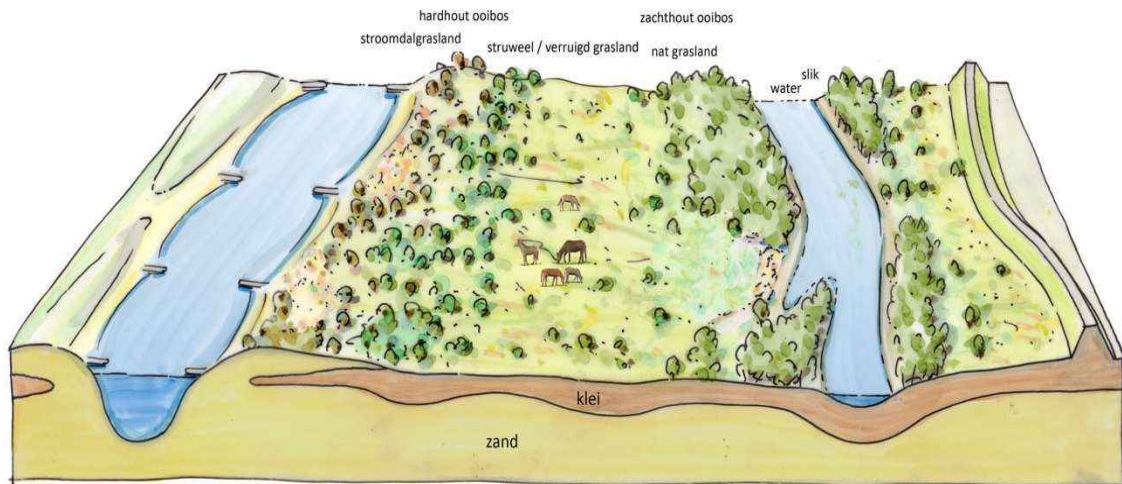
De abiotische ondergrond, zoals beschreven in hoofdstuk 3 en 4, staat aan de basis van de riviernatuur in de uiterwaarden. Hydrologische en morfologische processen zorgen voor variatie in plaats en tijd en de soorten in het riviereengebied hebben zich hieraan aangepast. De actuele rivier en uiterwaardsystemen heeft op enkele fronten echter ook fundamentele veranderingen ondergaan (H4). Dit maakt dat de huidige situatie een eigen, kenmerkende omgeving is geworden, waarbij processen nog wel aanwezig zijn, maar binnen de beperkingen van onder meer het actuele rivierbeheer. Daarbij zijn sommige systeemkenmerken ook permanent gewijzigd. Om dit te illustreren zijn wordt hierna eerst een beeld geschetst van de gradiënt van onze uiterwaarden in de Boven-IJssel zoals die in de huidige situatie veel voorkomen, waarna wordt ingegaan op de situatie in de Gelderse Poort en langs de Boven-IJssel. In het tweede deel van dit hoofdstuk wordt stil gestaan bij het natuurbeleid van Rijk en provincie: N2000, KRW en PAGW.

5.1 Rivierecotopen

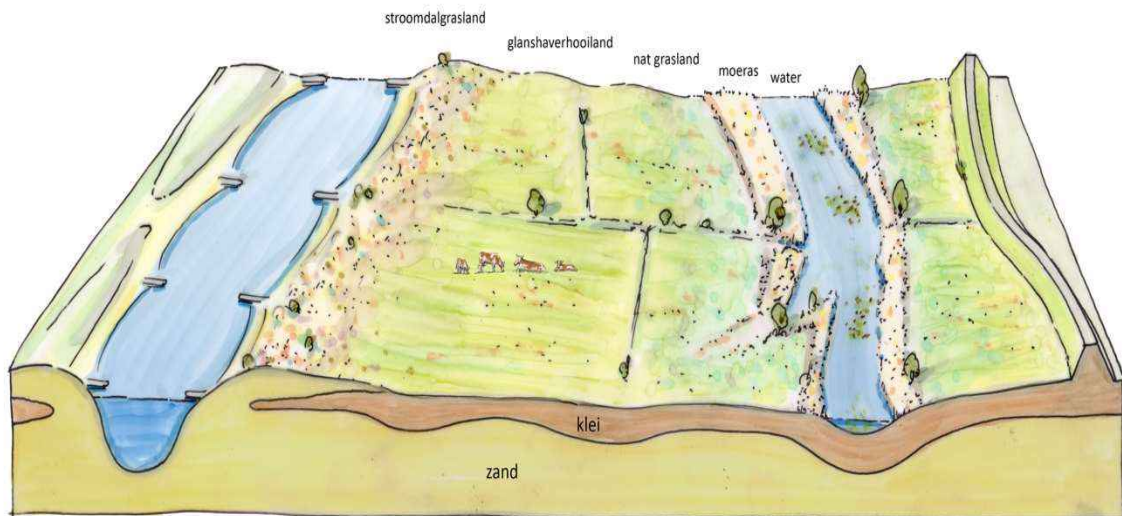
In grote lijnen bestaan de uiterwaarden uit een afwisseling van zandige, relatief hoge, vaak dicht bij de actieve rivier gelegen, delen die weinig overstromen (oeverwallen) en kleiige, laaggelegen gebieden verder van de rivier af, die vaker overstromen en waar water soms lang blijft staan (de uiterwaardvlakte met daarin vaak geulrestanten). In grote lijnen vinden we langs de Boven-IJssel een opeenvolging van kenmerkende ecotopen (zie figuur 5.1 en 5.2 waarin dit voor een willekeurig uiterwaardlandschap schematisch is weergegeven):

1. Het zomerbed: De hoofdloop van de huidige rivier is vaak nog de enige plek met stromend water. Trekvisen, maar ook alle andere soorten, gebruiken de rivier om te migreren. Door normalisatie en effecten van scheepvaart is de huidige rivierloop echter niet meer geschikt als voortplantingswater voor rheofiele soorten. Tevens is de rivier een bron van zand voor oeverhabitats en oeverwallen en daarmee indirect ook verbonden met de ecologie van kenmerkende pioniersituaties (rivierrombout), stroomdalfloravegetaties en zelfs ooibos.
2. De hoge oeverwalzone (of ruggen in een kinkelwaard) is begroeid met:
 - a. Hardhoutooibossen, een droog type met veel Zomereik (Abelen-lepenbos) en wat lager in de gradiënt een hardhoutooibos variant met relatief veel Gewone Es en Zomereik, of;
 - b. Stroomdalfloravegetaties, met veel zandpioniers, graslandsoorten en zoomplanten.
3. Op de overgang van hoog naar lagen vinden we een zone die, afhankelijk van het beheer, diverse ecotopen kan omvatten”
 - a. In extensief begraaide situaties: mozaïeklandschappen, met grasland, ruigtes, zomen, struweel en op termijn ooibos;
 - b. Onder maaibeheer of intensief agrarisch beheer: graslanden/hooilanden, eventueel met hagen en bosschages.
4. Nog verder van de rivier af liggen vaak lagere overgangen naar oude geulen en laagtes. Afhankelijk van het beheer kunnen hier verschillende ecotopen voorkomen:
 - Zachthoutooibos, in zones met weinig beheer of (zeer) extensieve begrazing.
 - Nat grasland, vaak kort gegraasd met soorten als Rode ogentroost, Polei, Akkerkers en Fraai duizendguldenkruid.
 - Slikkige oevers, wat lager is in de zone, waar tal van pioniers kiemen (o.a. Slijkgroen, Bruincypergras).
5. In het winterbed liggen vaak ook historische geulen die permanent water bevatten. In situaties dat deze geulen met de rivier zijn verbonden zakken ze in het groeiseizoen ver uit en zijn de kansen voor een rijke waterplanten- en moerasbegroeiing minder groot. Hier is wel sprake van ondiep water dat interessant is voor reigerachtigen, Lepelaar en steltlopers. In van de rivier afgesneden wateren, met een minder sterke peildynamiek en een extensief beheer, kunnen in en langs deze wateren veel waterplanten voorkomen en een rijke moeraszone met helofyten als Riet, Lisdodde en Grote egelskop.

6. In kwelzones en ook binnendijks liggen soms ook specifieke ecotopen waarin het grondwater via de ondergrond in contact staat met de rivier. Hierbij kan gedacht worden aan zachthoutooibos, rietland en graslanden die onder invloed van rivierkwel staan. Nog verder van de winterdijk kunnen oude strangen en meandergeulen liggen die laagdynamisch moeras en water herbergen.

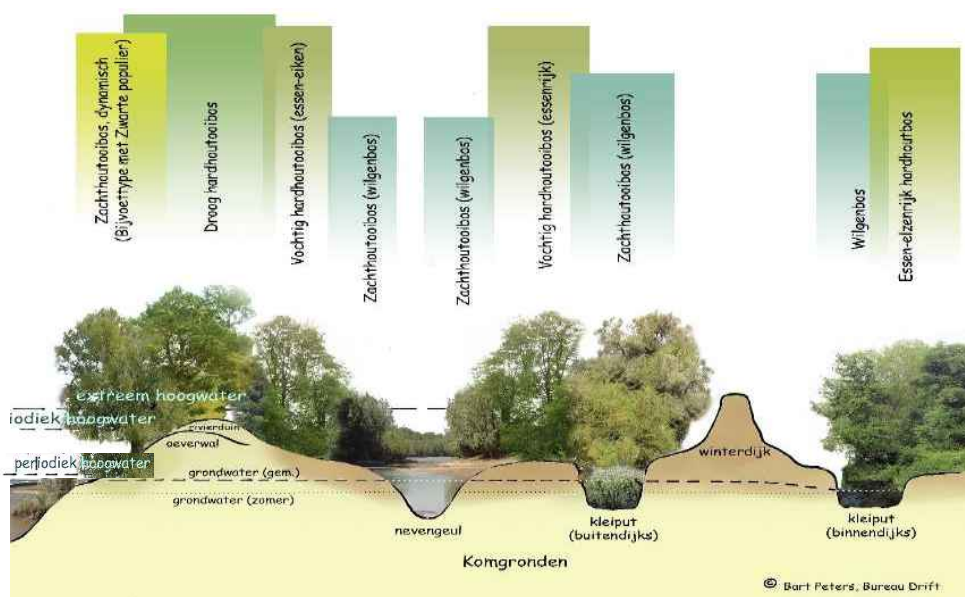


Figuur 5.1. Schematisch beeld van vegetaties in extensief (jaarrond) begraasd uiterwaardlandschap (type Millingerwaard) waarvan we er veel in het bovenstroomse deel van het rivierengebied aantreffen. Veel vegetaties komen in mozaïek voor en er is ruimte voor bosontwikkeling.



Figuur 5.2. Schematisch beeld van vegetaties in intensiever beheerde uiterwaardlandschappen en/of maaibeheer. In dit geval overheersen de grazige vegetatietypen.

Tot voor 30 jaar was het ooibos in het rivierengebied vrijwel verdwenen door vooral het intensieve agrarische gebruik. Sinds het natuurherstel in 1990 is ingezet is er weer meer ruimte voor bossen en naarmate de ouderdom van bossen toeneemt blijkt dat deze een grote rijkdom aan flora en fauna herbergen. In figuur 5.3 is de standplaats van de hard- en zachthoutooibossen verder onderverdeeld.



Figuur 5.3. Typen oibos zoals deze in uiterwaarden voorkomen (Peters, 2021)

5.2 Kenmerkende ecotopen in de Gelderse Poort

De uiterwaarden van HBFO maken deel uit van de Gelderse Poort¹³. Een gebied dat bekend is Het gaat om zijn dynamische karakter. In paragraaf 5.1 zijn de ecotopen geïntroduceerd die samenhangen met dit deel van het rivierengebied. In tabel 5.1 zijn deze met het rivierengebied verbonden ecotopen nader beschreven, met daarbij enkele kenmerkende soorten die er thuishoren. Een groot deel van deze ecotopen is ook aangewezen in het kader van de N2000. De typering daarvan, steeds beginnend met een 'H', is in de tweede kolom vermeld.

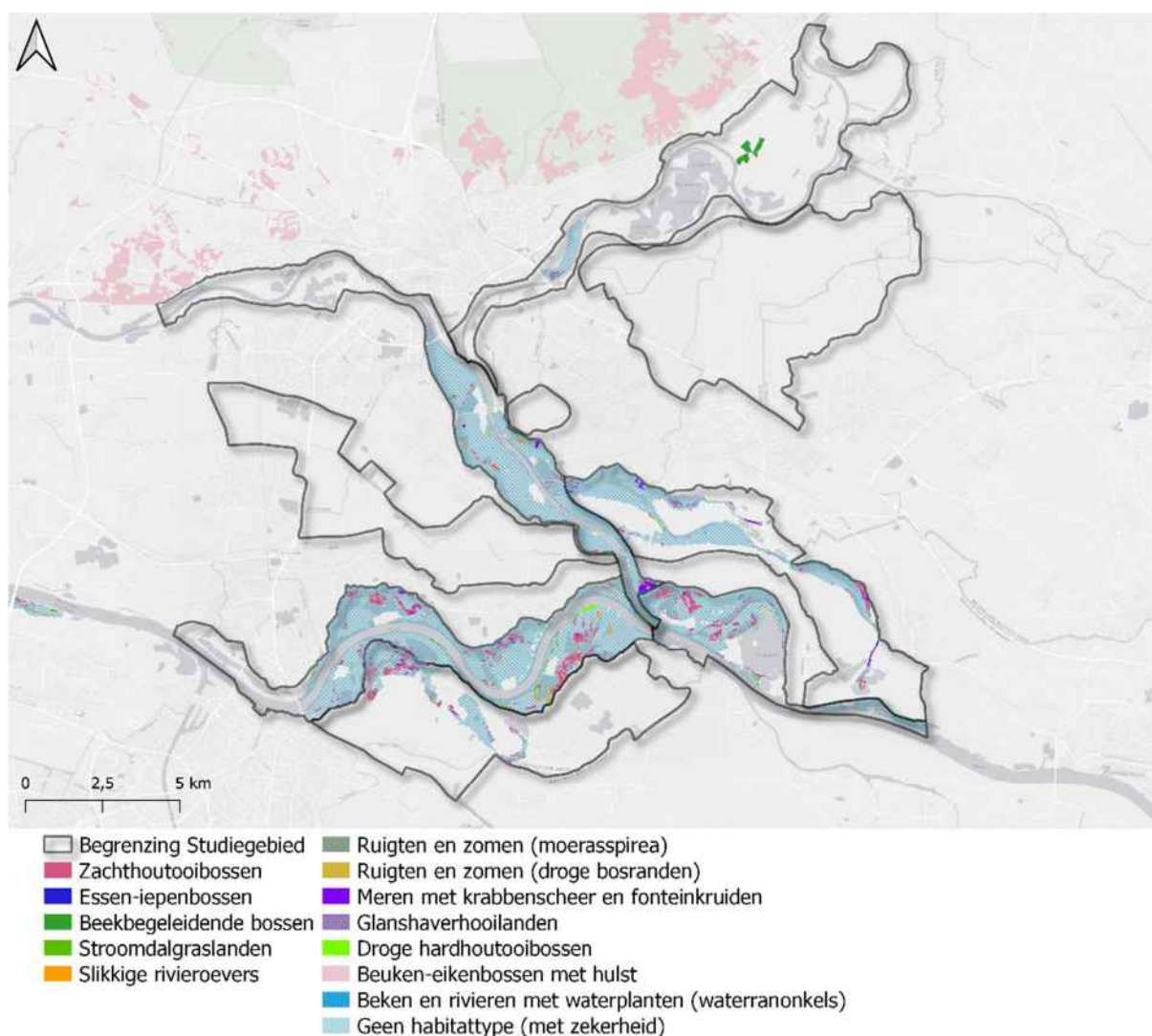
Tabel 5.1. Ecotopen en kenmerkende soorten.

Ecotoop	Habitat Type (N2000)	Kenmerkende soorten (o.a.)
Zachthoutoibossen	Zachthoutoibos H91E0_A	Smalbladige wilgen (schietwilg, katwilg, amandelwilg), zwarte populier, bever, Buidelmees, Kwak, Bosmuur, Populierenpijlstaart
Vochtig tot matig droog hardhoutoibos	Essen-iepenbos H91E0_B	Gewone es, gladde iep, zomereik, Hop (plant), Wielewaal,
Droog hardhoutoibos	Droge hardhoutoibossen H91F0	Zomereik, Zomerlinde, iep, es, meidoorn, muskuskruid, Besanjelier
Struweelgraslanden	Mozaïek van H6510, H120, H91E0B, H6120	Nachtegaal, Kwartelkoning, Meidoorn, Grasmus, Sikkelsprinkhaan, Sleedoornpage, Grauwe klauwier,
Ruigten en zomen	ruigten en zomen H6430	Akkerdistel, Gewone agrimonie, Wilde marjolein, Knolribzaad, Peperkers, Late guldenroede, spinkhaanzanger, Kwartelkoning, kneu,
Vochtige pioniermilieus	Deels: slikkige rivieroeveren H3270, Deels: Stroomdalgrasland (pioniersituaties daarin) H6120	Slijkgroen, bruin cypergras, fraai duizendguldenkruid; kluut, kleine plevier, oeverloper, bergeend en visdief
Droge, zandige pioniermilieus	Deels: Stroomdalgrasland (pioniersituaties daarin) H6120	Zandweegbree, Zandwolfsmelk, Slanke mantelanjer, Veldhondstong, Blauwvleugelsprinkhaan, Duinsabelsprinkhaan, Rugstreppad (winter)

¹³ In het kader van de PAGW ligt de begrenzing van de Gelderse Poort langs de IJssel juist voorbij Dieren en valt het gebied van HBFO hierbinnen. Samen met de Boven-Rijn-Waal tot juist voorbij Nijmegen en de Neder-Rijn tot aan de stuw van Driel wordt dit ook wel de 'hotspot' Gelderse Poort genoemd.

Stroomdalfloravegetaties/ stroomdalgrasland	Stroomdalgraslanden H6120	Brede ereprijs, veldsalie, sikkelklaver, cypreswolfsmelk, Weidesprinkhaan, Greppelsprinkhaan, Bruin blauwtje
Overstromingsgraslanden	Deels: glanshaver- en vossenstaartgraslanden H6510	Groot streepzaad, margriet, pastinaak, wilde peen, gele en oosterse morgenster, glad walstro
Open water, geulen en strangen	Meren met krabbenscheer en fonteinkruiden H3150	Groot blaasjeskruid, watergentiaan, Fonteinkruiden, Boomkikker, Kamsalamander, Vroege glazenmaker
Rivier en stromend water	-	Barbeel, serpeling, rivierrombout, schoraas, Bataafse stroommossel
Riet/riviermoeras	-	Bruine kiekendief, grote karekiet, rietzanger, roerdomp en snor; bruine winterjuffer, Pijlkruid, Lidsteng, Grote egelskop, Riet

In figuur 5.4 is de actuele ligging van de ecotopen uit tabel 5.2 weergegeven voor het bovenstroomse deel van het riviereengebied. Het gaat om relatief geringe arealen, die vooral te vinden zijn langs de Waal en de Neder-Rijn. In de uiterwaarden van HBFO is slechts een beperkt areaal stroomdalgrasland aanwezig. De fysische omstandigheden zijn echter zodanig dat deze rivierecotopen zich hier wel kunnen ontwikkelen.



Figuur 5.4. Gelderse Poort met de ligging van de kenmerkende rivierecotopen.

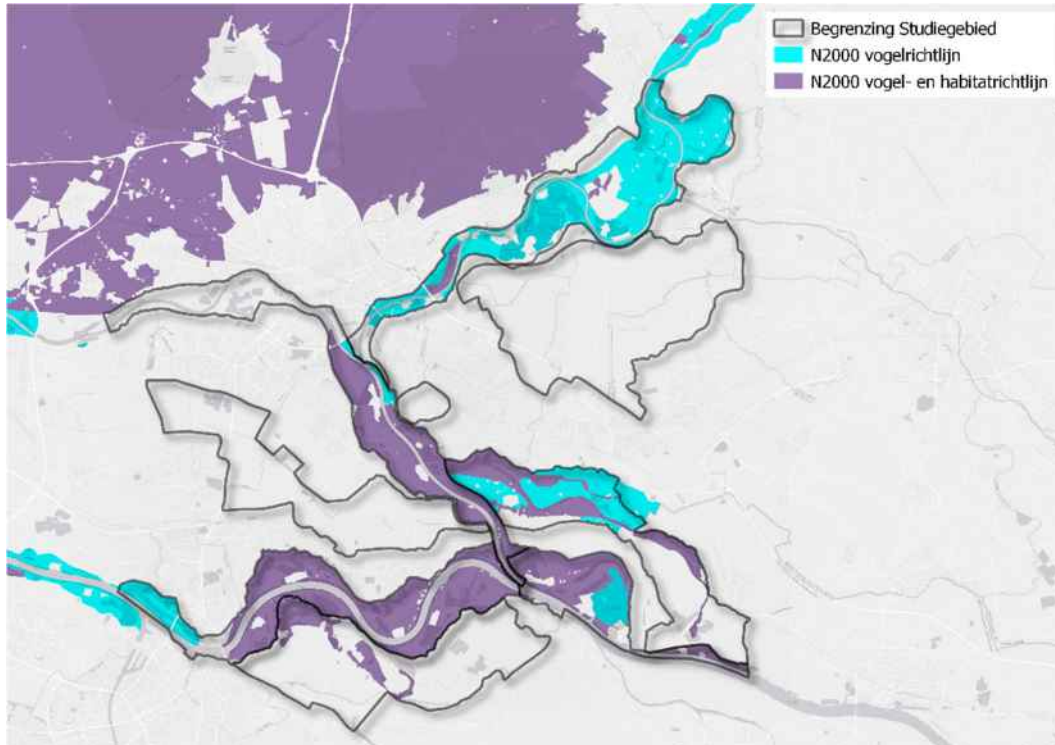
5.3 Natuurbeleid

Natura 2000

Voor de Gelderse natuurgebieden die zijn aangewezen als Natura 2000-gebied geeft de provincie prioriteit aan het behalen van de bijbehorende doelen. Dit sluit aan bij hun natuurbeleid om de biodiversiteit te behouden en/of te verbeteren. Voor elk Natura 2000-gebied is een beheerplan opgesteld waarin wordt beschreven welke habitattypen en soorten er in het gebied aanwezig zijn, wat de instandhoudingsdoelstellingen zijn en welke maatregelen er nodig zijn om deze te behalen en duurzaam in stand te houden.

De Gelderse Poort maakt onderdeel uit van het veel grotere Natura 2000-gebied De Rijntakken (zie figuur 5.5) vallen vrijwel geheel valt onder de Vogelrichtlijn en gedeeltelijk onder de Habitatrichtlijn. Het totale natuurgebied Rijntakken is opgedeeld in 4 deelgebieden, waaronder de Gelderse Poort. Ze bestaat uit de uiterwaarden van de Waal, Nederrijn en IJssel, inclusief enkele binnendijkse moerasgebieden in de Gelderse Poort. Het betreft hier historische onderdelen van het riviersysteem. Het circa 23.000 ha grote gebied met bloemrijke graslanden, bossen en rivieroever is van internationaal belang vanwege het voorkomen van zeldzame vissen, vogels en zoogdieren. De Rijntakken vormen bovendien de ecologische verbinding tussen natuurgebieden in Duitsland, de Randmeren en de moerasgebieden van Noordwest-Overijssel en Friesland en de stuwwallen van de Veluwe, de Utrechtse Heuvelrug en Montferland.

In het Natura 2000-beheerplan Rijntakken zijn de maatregelen beschreven voor behoud en herstel van de hierboven beschreven ecotopen. Dit plan is in 2018 vastgesteld. De maatregelen richten zich ten eerste op het herstel van essentiële systeemkenmerken zoals waterdynamiek, sedimentatie en erosie. Ten tweede op het behoud en de ontwikkeling van de gewenste ecotopen.



Figuur 5.5. Begrenzings van de Natura 2000 Vogelrichtlijn en Habitatrichtlijn gebieden in de Gelderse Poort, waar de uiterwaarden van HBFO deel van uitmaken.

Kaderrichtlijn Water

Voor elk stroomgebied is door de waterbeheerders een actieprogramma opgesteld om de doelen van de KRW te behalen. Deze doelen en bijbehorende maatregelen zijn per waterlichaam geformuleerd om de aquatische ecologie en waterkwaliteit te verbeteren. Ook voor de Rijntakken, en dus de Gelderse Poort met daarin de uiterwaarden van HBFO. Dit omvat zowel maatregelen voor de inrichting van het watersysteem als voor de waterkwaliteit (stoffen). De inrichtingsmaatregelen zijn vooral gericht op verbetering van het habitat in het water en land- waterovergangen. In het stroomgebied van de Boven-IJssel gaat het zowel om binnendijkse als buitendijkse KRW-wateren te vinden, waarvoor er maatregelen gepland zijn door de desbetreffende waterschappen en Rijkswaterstaat.

Binnen de uiterwaarden van HBFO vallen de wateren om het stroomgebied IJssel. Dit een is KRW type R7. Ook de IJssel is een langzaamstromende grote rivier. Ze is bochtig en relatief smal met als belangrijk onderdeel de grote brede uiterwaarden met veel geïsoleerde wateren. Bovenstrooms zijn er grote waterstandsfluctuaties te vinden, terwijl meer benedenstrooms de fluctuaties kleiner worden en de rivier onder invloed van windopzet komt te staan. Door de lage afvoer is de morfologische activiteit gering, en het rivierbed bestaat bovenstrooms voornamelijk uit grof zand en grind, benedenstrooms uit fijner zand.

De status van de IJssel is *'sterk veranderd'*, omdat door menselijke ingrepen – in de vorm van het aanleggen van stuwen, dammen, maar ook door kanalisatie, baggeren en vaarwegonderhoud – een goede ecologische toestand niet meer te realiseren is zonder significante schade aan gebruiksfuncties. Veel van de kwaliteitselementen hebben dan ook nog niet de gewenste/goede toestand bereikt (zie tabel 5.2).

Tabel. 5.2 KRW Doelen met toestand 2021 van elk buitendijks KRW-waterlichaam in het studiegebied (Bron: KRW factsheet Rijkswaterstaat 2022).

Doelen	IJssel
Chemie Totaal	Voldoet niet
Ubiquitaire stoffen	Voldoet niet
Niet-Ubiquitaire stoffen	Voldoet
Ecologie Totaal	Ontoereikend
Biologie totaal	Ontoereikend
Fysische chemie	Matig
Specifieke verontreinigende stoffen	Slecht

De KRW-maatregelen in het bovenstroomse deel van het rivierengebied betreffen vooral het aantakken van strangen, de aanleg van meestromende nevengeulen, uiterwaardverlaging en het realiseren van meer natuurlijke oevers (meestal via ontstening). De meeste maatregelen zijn nodig in de IJssel. Daarnaast vinden minder ruimtelijke maatregelen plaats zoals de aanleg van vispassages of het aanbrengen van rivierhout. Een algemeen aandachtspunt voor de KRW is dat reeds aanwezige waardevolle aquatische natuur in de uitwaarden (geïsoleerde wateren) voldoende beschermd moet blijven.

PAGW- grote rivieren

De Programmatisch Aanpak Grote Wateren (PAGW) is een investeringsprogramma van de ministeries van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) en Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) dat zich richt op natuur in de grote wateren in Nederland. Afgelopen decennia is er al veel inzet gepleegd op natuurontwikkeling langs de rivieren, bijvoorbeeld Ruimte voor de Rivier, NURG, Natura 2000 en de Kaderrichtlijn Water. Ondanks al deze inspanningen is de ecologische kwaliteit nog steeds niet voldoende op orde en blijft kenmerkende natuur van het rivierengebied kwetsbaar. Bovendien neemt de druk op het rivierengebied nog steeds toe: enerzijds door klimaatverandering, anderzijds door toenemend gebruik van de grote rivieren.

De ambitie van de PAGW is de verdere ontwikkeling van toekomstbestendige grote wateren waar hoogwaardige natuur goed samengaat met een krachtige economie. Via de programmatische aanpak worden in samenhang en synergie maatregelen getroffen om de grote wateren ecologisch robuust en veerkrachtig te maken. Zo kunnen veranderende (klimaat)omstandigheden worden opgevangen en zijn economische ontwikkeling en medegebruik mogelijk. Waar Natura 2000 en de Kaderrichtlijn Water (KRW) de focus hebben op het halen van vastgestelde (juridische) doelen, richt de PAGW zich op maatregelen die ten goede komen aan het ecologisch functioneren van de grote wateren op systeemniveau.

De uitvoering van de PAGW tot aan 2050 vindt plaats, via verschillende tranches. Hierbij realiseren Rijkswaterstaat, Staatsbosbeheer en de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland projecten in opdracht van de ministeries van IenW en LNV. Dat doen ze samen met regionale overheden, het bedrijfsleven en maatschappelijke organisaties, waarbij een adaptieve werkwijze wordt gehanteerd. Resultaten worden gemonitord en geëvalueerd en het gehele programma wordt eens in de zes jaar geëvalueerd en – indien nodig – bijgesteld.

Als uitwerking van de PAGW zijn voor het gehele rivierengebied, Maas en Rijnakken, vier grote hotspot-gebieden aangewezen (zie figuur 5.6) die zijn verbonden door middel van corridors en stapstenen. Tezamen vormt dit stelsel de ruggengraat voor de ontwikkeling van toekomstbestendige robuuste riviernatuur voor het rivierensysteem als geheel. De Gelderse Poort is aangewezen als één van de hotspots voor de grote rivieren. Het gebied van HBFO valt binnen deze hotspot en zal in de verdere uitwerking van de plannen van de initiatiefnemers een rol gaan spelen.



Figuur 5.6. De vier hotspots in het rivierengebied, verbonden met groen-blaue corridors (Zuidhof et al., 2017).

6. Landgebruik & vegetatie

Het landgebruik in HBFO is al eeuwenlang agrarisch gedomineerd. De landgoederen langs de Veluwezoom hebben al vele eeuwen een groot deel van het gebied in eigendom en de exploitatie van het gebied verzorgd. De grootste veranderingen die er zijn geweest is de kleiwinning die er ongeveer een eeuw, van 1870 tot 1970, actief is geweest. Sindsdien is de zandwinning verschenen die zich langzaam uitbreidt. Op enkele bospercelen na en open water is het areaal natuur beperkt, ondanks dat al lang geleden de potentie voor natuurontwikkeling in beeld was gebracht. In dit hoofdstuk wordt stilgestaan bij het historisch en huidig landgebruik en de belangrijke rol van de landgoederen. Daarnaast komen erfgoed, delfstoffenwinning en de potentie voor natuur in HBFO aan bod.

6.1 Historie van het landgebruik

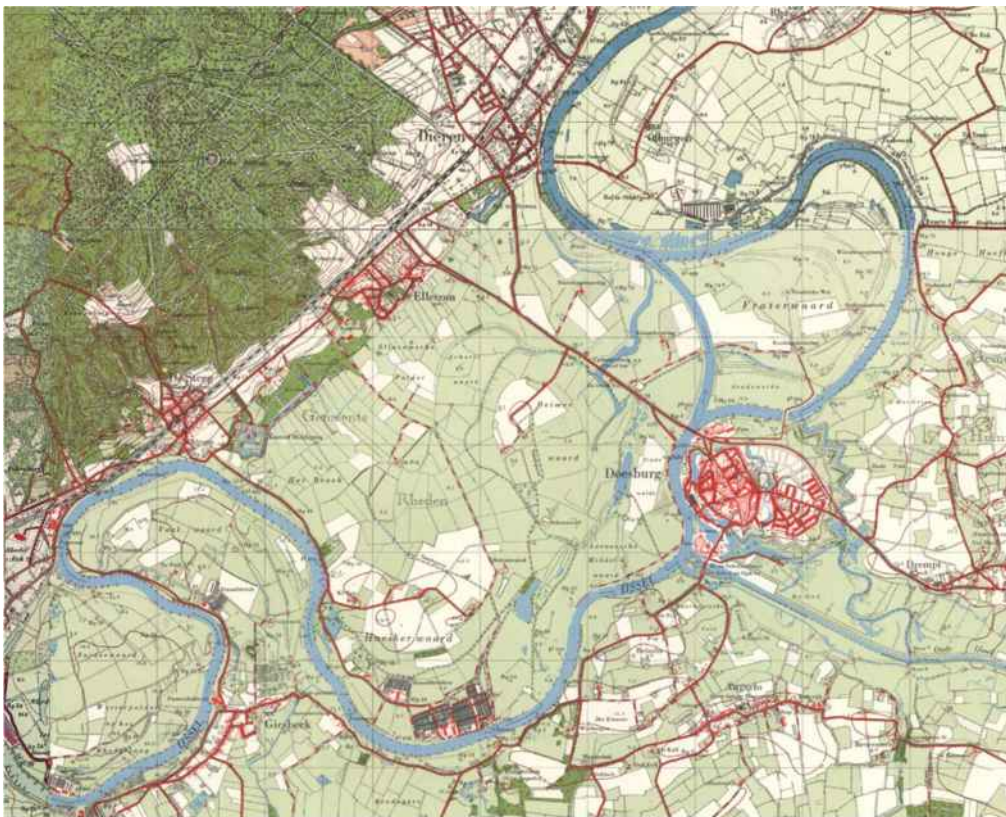
Aan de hand van 6 topografische kaarten is voor de periode sinds ca 1890 het landgebruik in beeld gebracht. In de loop van de laatste 150 jaar is het land voornamelijk als grasland in gebruik geweest, met een wisselend areaal aan akkerland. In 1870 was naast het grasland ook het areaal akkerland nog relatief groot. Op de hogere delen in de kern van de historische meanders zijn grotere complexen van akkerland zichtbaar (zie figuur 6.1a). Bos is er alleen in de landgoedzone en op de Veluwe zijn de heide-ontginningen zichtbaar. De steenfabrieken zijn net verschenen, maar nog klein. De weg van Doesburg was in gebruik als overlaat, met een hoogte van ca 10,3 m, wat betekende dat de weg zo eens in de 4 jaar overstroomde.



Figuur 6.1a. Topografische kaart 1870.



Figuur 6.1b. Topografische kaart 1920.

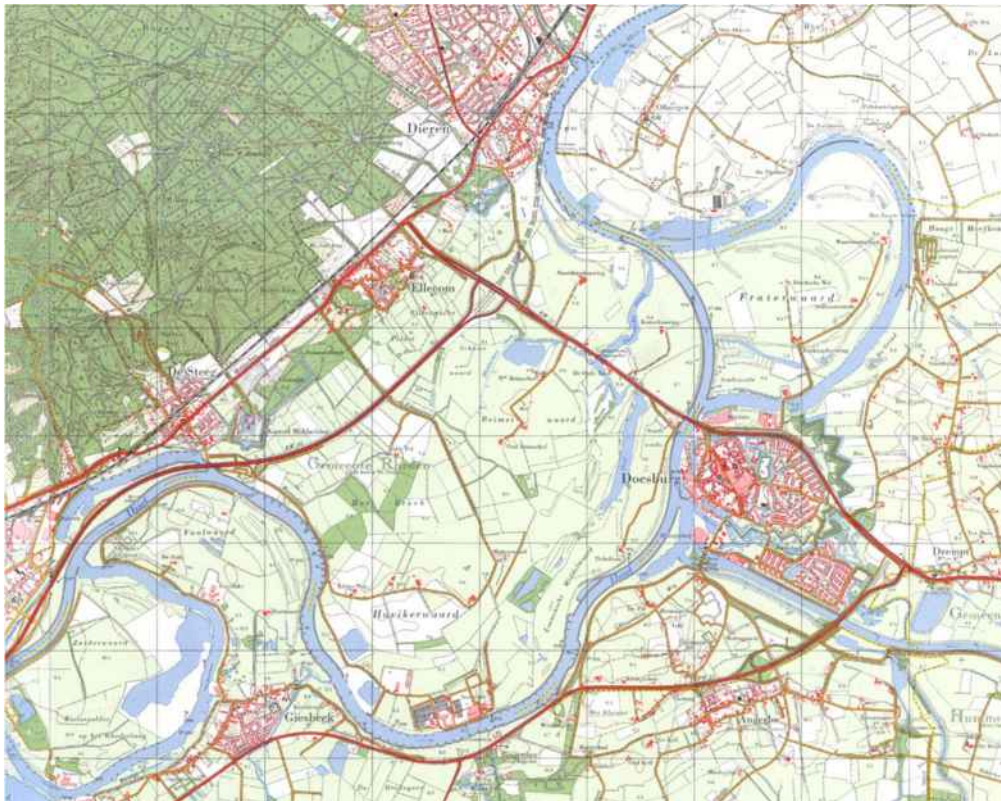


Figuur 6.1c. Topografische kaart 1950.

In 1920 is het areaal akkerland kleiner geworden (zie figuur 6.1b), alleen in de kern van de Havikerwaard bevindt zich nog een groot complex. De steenfabriek in het zuiden is sterk uitgebreid.

Ook wordt de weg naar de steenfabriek verbeterd en daarmee wordt ook de kade waar de weg op ligt zo'n 50 cm verhoogd, waardoor de kans op een overstroming van de Havikerwaard vanuit het westen afnam van eens in de 4 naar eens in de 10 jaar.

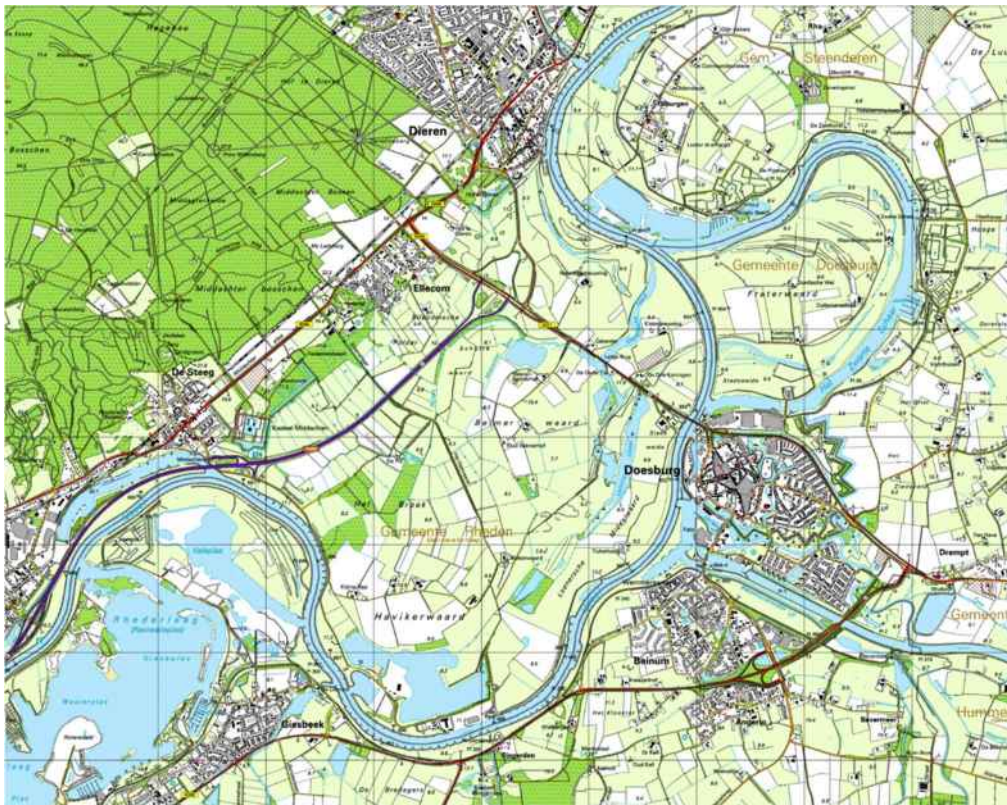
In 1950 (zie figuur 6.1c) is de situatie wat het landgebruik betreft weinig veranderd. De kleiwinning is nu volop actief, maar deze graaft vooral in grasland-percelen en op het areaal akkerland heeft dit weinig invloed. Ten behoeve van de herinrichting is lokaal wat zand gewonnen, wat permanent water oplevert. De overlaatfunctie van de weg van Ellecom naar Doesburg is komen te vervallen als de weg op een hoger niveau komt te liggen (11,8 m +NAP) waarmee ze boven MHW-niveau ligt. Ook is op deze kaart de meander van de Fraterwaard afgesneden.



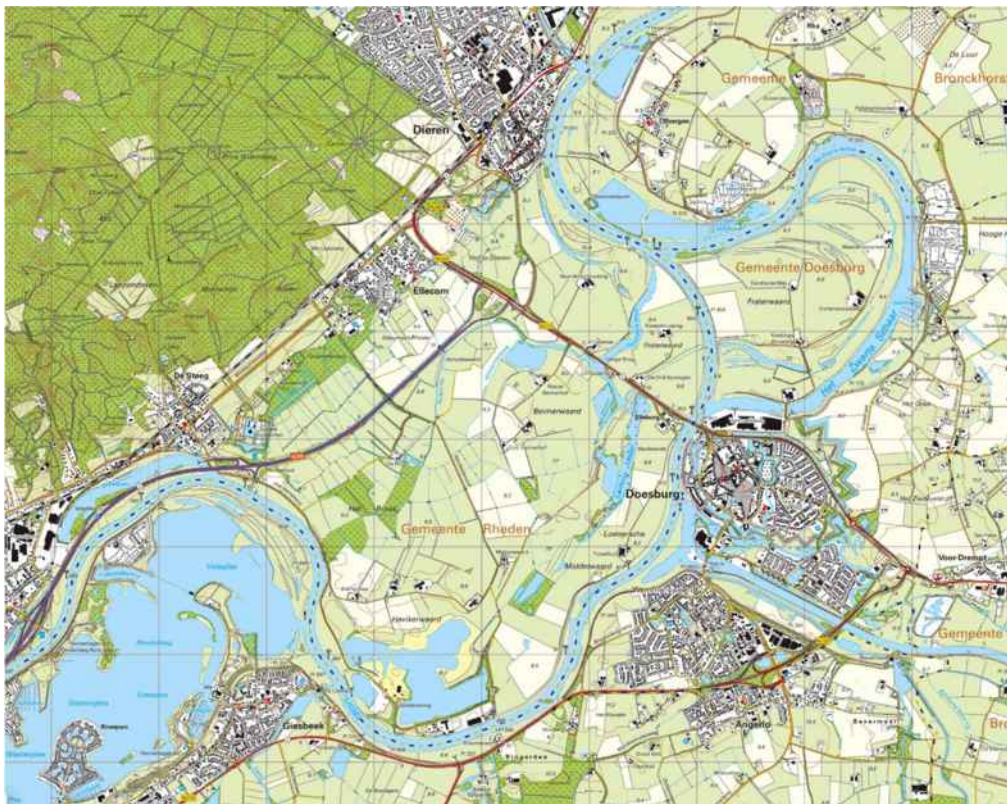
Figuur 6.1d. Topografische kaart 1980.

In 1980 is het areaal akkerland sterk afgenomen en er zijn vrijwel alleen nog losse percelen te midden van overwegend grasland. In de Havikerwaard zijn enkele graslandpercelen omgezet in loofbos. Ook groeit er bos rond enkele voormalige kleiwinningen die niet heringericht zijn. In de Havikerwaard verschijnt de eerste grotere zandwinning. De 4-baans snelweg is aangelegd op een 3,5 tot 4 m hoog grondlichaam waardoor de Havikerwaard in twee gescheiden delen wordt verdeeld. Tussen 1950 en 1980 is er sprake van een sterke uitbreiding van de bebouwing met name bij Dieren en bij Doesburg wordt voor het eerst buiten de vestingwal gebouwd.

Rond het jaar 2000 (zie figuur 6.1e) is het areaal akkerland weer toegenomen; vooral op de (hogere) plaatsen die eerder ook al als akkerland in gebruik waren. Waarschijnlijk gaat het grotendeels om maïs dat rond die tijd ook in de uiterwaarden verschijnt. De zandwinning is aanzienlijk uitgebreid en heeft een haven gekregen voor de afvoer van het zand. Doesburg breidt tussen 1980 en 2000 sterk uit en ook ten zuiden van de Oude IJssel verschijnen grote woonwijken.



Figuur 6.1e. Topografische kaart 2000.



Figuur 6.1f. Topografische kaart 2020.

In de laatste 20 jaar is er relatief weinig veranderd. Het areaal akkerland is ongeveer even groot, maar ligt nu ook op plaatsen die voorheen altijd als grasland in gebruik waren. Door de verdroging van het gebied zijn niet meer alleen de hogere gronden geschikt voor akkerland. Het areaal bos en

open water is nauwelijks veranderd, alleen de zandwinning heeft zich verder uitgebreid in oostelijke richting. Ook de verdere verstedelijking nabij oa Dieren en Doesburg is veel minder sterk dan in de periode voor 2000.

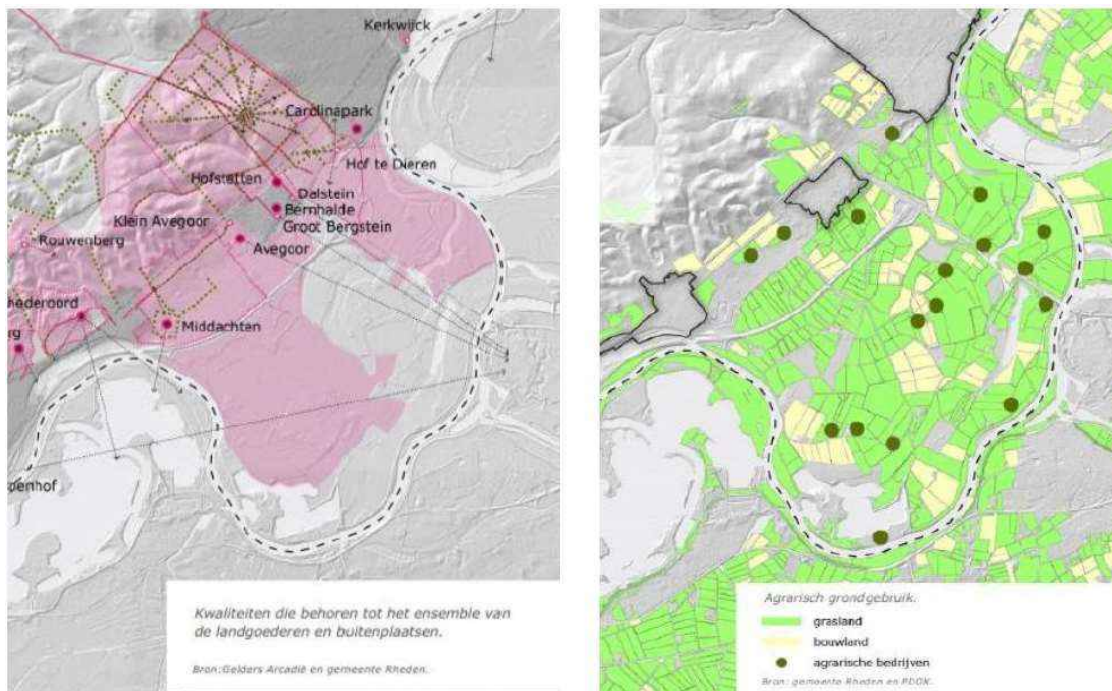
In figuur 6.2. Is het huidige landgebruik verder uitgewerkt. Het landbouwkundig gebruik bestaat grotendeels uit grasland (ca 70 tot 75% van het areaal) en deels bouwland (ca 10 tot 15%). Daarnaast is er open water (ca 5%) en bos (ca 5%) en een klein areaal natuurlijk grasland (ca 3%).



Figuur 6.2. Landgebruikskartaar HBFO. De uiterwaarden zijn hoofdzakelijk in landbouwkundig gebruik

6.2 Landgoederen en overig erfgoed

In het plangebied HBFO liggen een aantal landgoederen (zie figuur 6.3) die al een lange geschiedenis kennen, die teruggaat van vóór de periode dat er een centrale overheid was. Binnen de gemeente Rheden maakt het deel uit van de 36 historische landgoederen en buitenplaatsen, waarvan circa de helft nog herkenbaar zijn in het landschap. Zie www.geldersarcadie.nl. Het zegt veel over de aantrekkelijke ligging van dit landschap op de overgang van de Veluwe naar het rivierdal. In deze paragraaf beschrijven we er drie: Landgoed Middagten (of Middachten), dat tot de zogenaamde top 100 monumenten van ons land behoort en Landgoed Avegoor, dat er direct naast ligt. Maar we beginnen met Hof te Dieren, dat al in 838 AD in de geschriften opduikt.



Figuur 6.3 Landgoederen en agrarisch grondgebruik Gemeente Rheden

1. Hof te Dieren

Historische buitenplaats Hof te Dieren vindt zijn oorsprong in een middeleeuwse curtis, een renthoeve, waar de pachtopbrengsten en belastingen voor de landheer, de hertog van Gelre werden geïnd¹⁴. De oudste vermelding dateert uit 838 onder de Germaanse naam Theothorne. In de 13^e eeuw behoorde de renthoeve de Commanderij, samen met jacht- en visserijrechten, het Dierense veer en de kerken te Dieren tot de Duitse Orde en werden er op het landgoed kruisvaarders verzorgd en verpleegd. Het markerichtersschap voor de gemeenschappelijke marke van Dieren, Spankeren, Soeren en Ellecom was aan de commanderij voorbehouden. Het ging over het gezamenlijke gebruik van de woeste gronden voor beweiding, plaggen en brandhout door de dorpsbewoners.



Figuur 6.4. Fragment van de kaart van N. van Geelkercken 1648 van de Veluwezoom met zowel landgoed Hof te Dieren als Middagten. Avegoor is van latere datum.

¹⁴ LandgoedTotaalVisie Hof Te Dieren, eindrapport 2017, door SB4, bureau voor Historische tuinen, Parken en Landschappen, i.o.v. stichting Twickel

Op de kaart van figuur 6.4 is goed te zien hoe de Ruitersbeek op Middagten ontspringt en in oostelijke richting stroomt langs/door Hof te Dieren en uitmondt in de IJssel bij Dieren.



Figuur 6.5. Pentekening Hof te Dieren 1679 door Constantijn Huijgens jr

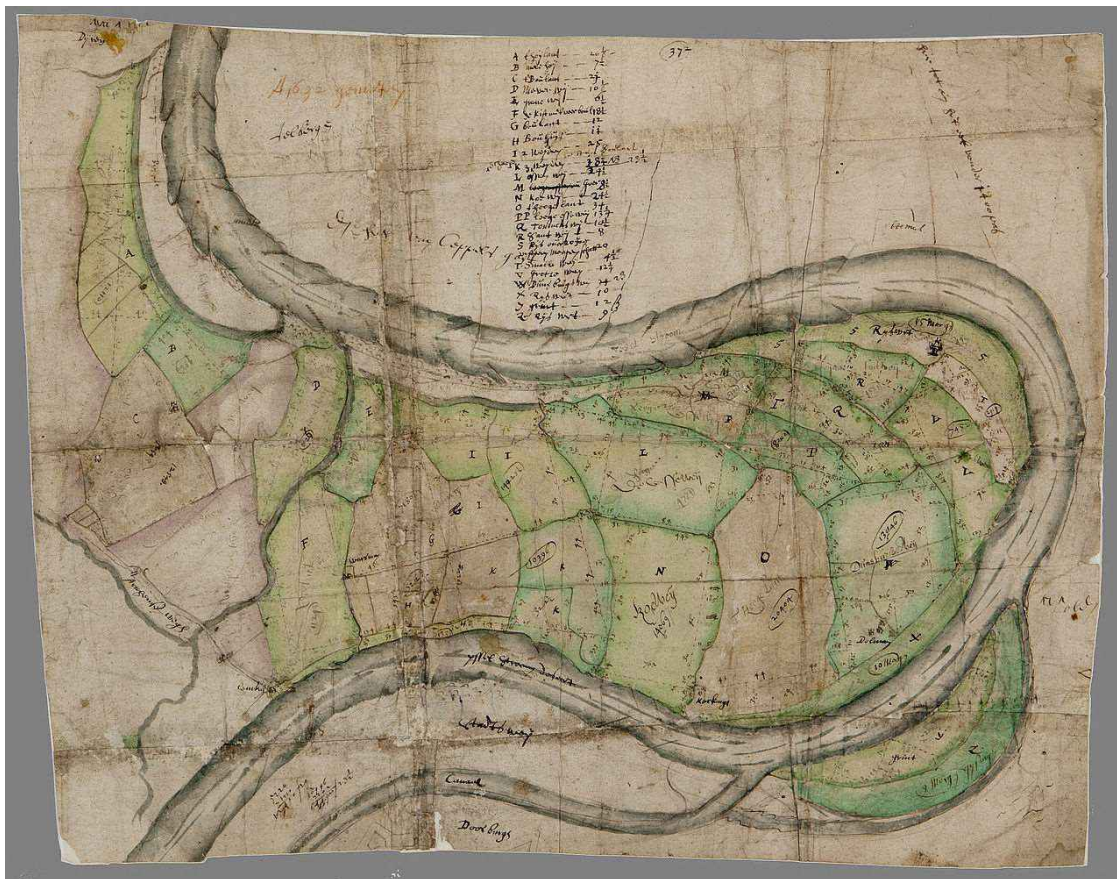
Jachtdomein

Het Hof te Dieren kwam in de 17^e eeuw voor 147.000 gulden in bezit van de stadhouderlijke familie van Willem II van Oranje. Er werd op de flanken van de stuwwal een exclusief jachtdomein aangelegd waarbij 300 herten werden losgelaten. Er verrees een indrukwekkend jachtslot, dat door beroemde schilders werd vereeuwigd¹⁵ met een uitgestrekte formele parkaanleg (o.l.v. Hans Willem Bentinck, die ook adviseerde bij Middagten) en een zg wildbaan. Zijn opvolger Willem III was meer geïnteresseerd in kunst en tuinarchitectuur, maar was ook vaak op zijn jachtverblijf te Dieren te vinden en liet de kaarsrechte Koningswegen aanleggen, die de formele verkaveling van het bosgebied op de Veluwezoom zo typeren. In de napoleontische tijd is het jachtslot tot de grond afgebrand, niet zozeer door oorlogsgeweld maar door "onvoorzigtig stoken" door de ingelegerde Franse soldaten. De kaart van De Man 1805 toont de lege plek op de plaats van het slot.

Fraterwaard

De Fraterwaard (zie figuur 6.6) werd door Willem III in 1700 van Maria van Bronckhorst gekocht voor 136.000 gulden. De uiterwaard met de op de riviermorphologie gebaseerde percelering en vijf boerderijen waaronder de Waardmansplaats en Dolleman Stede is al decennia eerder uitgebreid in kaart gebracht. De onderste gedeelten behoren tot de Stadsweiden van Doesburg.

¹⁵ SB4, pag 20



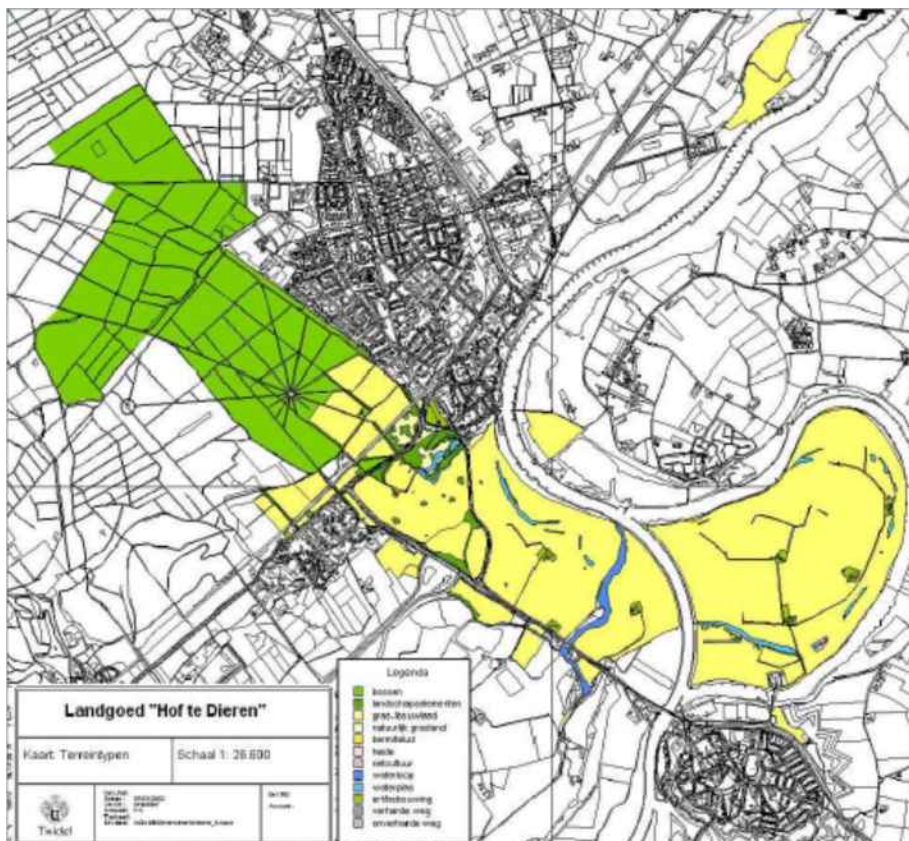
Figuur 6.6. Fraterswaard door beroemd kartograaf N. van Geelkercken 1632

Het landgoed is sinds 1821 eigendom van de Vrouwe van Twickel, Marie Cornélie van Wassenaer Obdam, die er een huis in een neo-gotische stijl liet bouwen en hier ging wonen samen met haar toegewijde echtgenoot baron van Heeckeren. De 19^e eeuwse parkaanleg in de Engelse landschapstijl is vanaf die periode door Jan David Zocher jr aangelegd en later in de 19^e eeuw nog verder verfijnd door C.E.A. Petzold (zie verderop). De toenmalige bewoners zijn de voorouders van de laatste Barones van Heeckeren van Wassenaar, die het Hof Te Dieren in 1953 overdeed aan de huidige eigenaar Stichting Twickel, bedoeld om het bezit voor de toekomst veilig te stellen. Het Hof te Dieren bestaat uit bossen, met o.a. het monumentale sterrenbos (Carolinaberg) op de rijke lössgronden op de Veluwezoom, het parkgedeelte en de uitgestrekte graslanden langs de IJssel. Delen van het agrarische gebied, dat tot Hof te Dieren behoort, zijn eigendom van Landgoed Middagten, een ander perceel naast de spoorlijn is van Vitens. In 2017 zijn er aan de noordoostzijde grondruilingen bij de Imbosch en de Plantagie geweest tussen Natuurmonumenten en Hof te Dieren om tot een efficiënter beheer te komen. Het bosgedeelte boven de spoorlijn behoort tot de vrije wildbaan, leefgebied van herten en wilde zwijnen.

Beschermde Rijksmonument

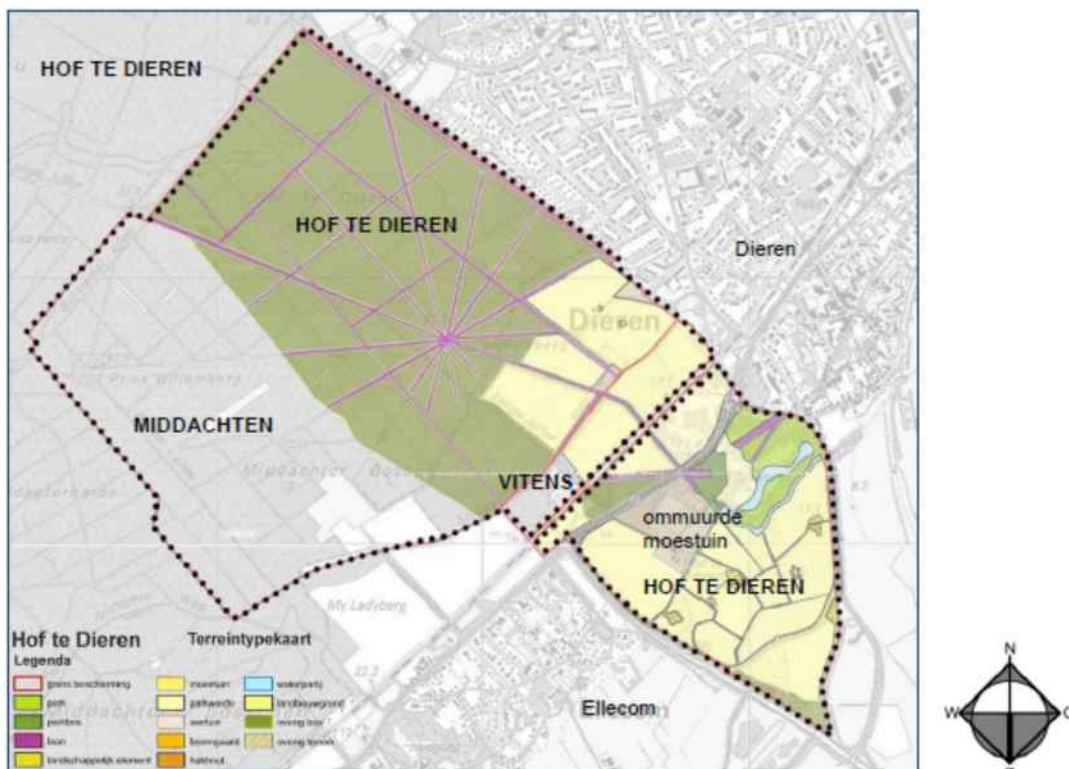
Het sinds 2005 wettelijk Beschermde Rijksmonument is vanuit cultuur- en tuin-historisch opzicht van bijzonder belang. Dit vanwege het park dat in begin 19^e eeuw door J.D. Zocher jr is aangelegd en door C.E.A. Petzold verfijnd (ten tijde van de aanleg van de spoorlijn) als een 19^e eeuws Nederlands park in landschapstijl. Daarnaast vanwege de Koningsmuur en andere overblijfselen die dateren uit de tijd van de formele aanleg van Koning stadhouder Willem III. Ten derde omvat het de bosaanleg in de 17^e en 18^e eeuw op de woeste gronden op de stuwwal, met het wagenwielvormige lanenpatroon en sterrenbos dat in deze omvang en ouderdom zeldzaam is in Nederland.

In het uiterwaardengebied ligt het Paardenbroek, met hooilanden, sloten en heggen op oude kavelgrenzen, met enkele monumentale boomgroepen die zijn aangelegd in de periode van C. Petzold. De begrenzing daarvan wordt gevormd door de Ellecomse dijk en de Doesburgse dijk, die in het verleden als overlaat van de IJssel dienden. Er ligt een aantal boerderijen in het IJsseldal, waaronder de Noordingsbouwing, Carbenter, Kistenbouwing en de Drie Koningen, met gemengd grondgebruik (akkers en weilanden, met boomgaarden bij de erven. Aan de ten gevolge van de bochtafsnijding van de IJssel in de jaren 70 gelegen overzijde van de IJssel liggen de graslanden en hagen van de Fraterwaard (zie verderop een oude kaart van N. Van Geelkercken 1630 in deze rapportage), die niet tot het Beschermd monument behoort, maar vanuit aardkundig en cultuurhistorisch perspectief zeer bijzondere betekenis heeft doordat de oude verkavelingsstructuren nog intact zijn.



Afb. 1.1: Eigendomskaart Landgoed Hof te Dieren. Stand van zaken najaar 2017. (Herkomst: Stichting Twickel, Delden, bewerking SB4).

Figuur 6.7. Eigendomskaart, stand najaar 2017. Bron: Stichting Twickel, bewerking door SB4 (groen is bos, geel is akker of weiland)



Figuur 6.8. Terreintypenkaart, met de begrenzing van het Rijksmonument. Bron SB4

Het Ruimtelijke streefbeeld

Het ruimtelijke streefbeeld uit 2017¹⁶ toont de vormen van het landgebruik, waarbij graslanden in het IJsseldal en de akkers op de flanken van de stuwwal zijn weergegeven. Vlakbij het park ligt een verpachte ommuurde wijngaard. Het uitzicht vanuit het park op het Paardenbroek wordt hoog gewaardeerd. De percelen graslanden en akkers zijn afgezoomd met hagen en bosjes, prikkeldraad is zoveel mogelijk vermeden.



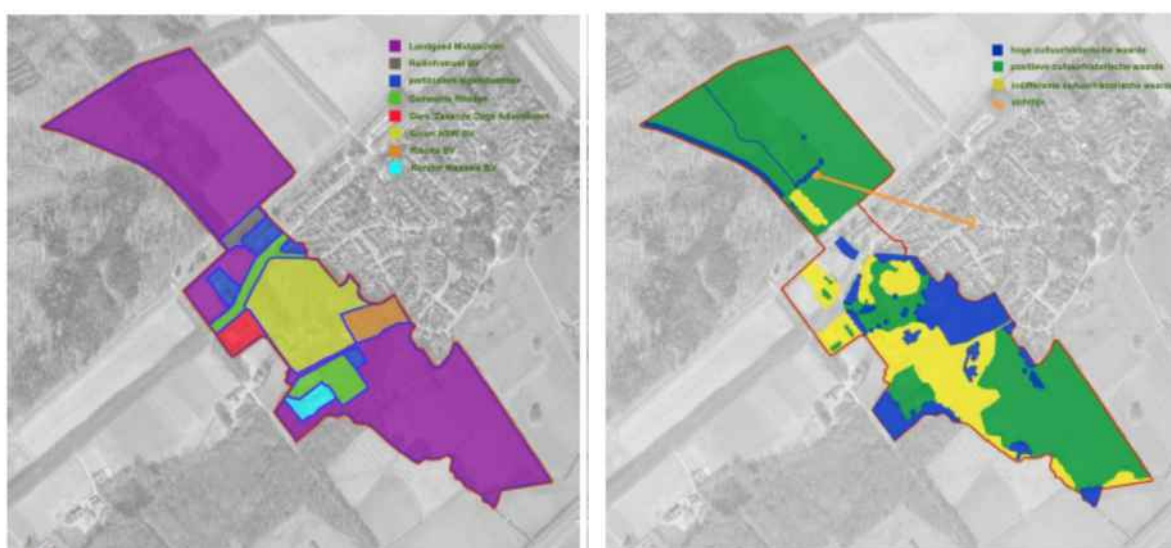
Figuur 6.9. Links het Ruimtelijk streefbeeld 2017 en rechts de kaart met fasering van de uitbreiding van Hof te Dieren. De lichtpaarse delen zijn geen eigendom van de Stichting, maar behoren wel tot de compositie.

¹⁶ AB4

De monumentale boomgroepen uit de periode van Petzold zijn eveneens afgebeeld. In het gebied is de infrastructuur, met name de Traverse bij het spoor en de reconstructie van de Arnhemse straatweg en N-weg en de EHS in de voorbije 20 jaar onderwerp geweest van veel studies en discussies. Ook is er nagedacht over het herbouwen en herbestemmen van het huis.

2. Landgoed Avegoor

Dit landgoed is een van de buitenplaatsen tussen Middagten en Hof te Dieren. Het is in 2014 historisch onderzocht¹⁷. De meest beeldbepalende elementen zijn het MyLadypark (ten noorden van de Rijksstraatweg en spoor), het Huispark en het Weidepark. Ook de Kapel/pastorie en de school en de gebouwen op de hoek van de Middagterallee en Eikenstraat zijn beeldbepalend. Het park bestaat uit boomgroepen en weiden in de Engelse landschapstijl, ontworpen door H. Van Lunteren in 1843. Op de overgang van de Veluwe naar het IJsseldal liggen bronbossen en door kwel gevoede beek en aangelegde vijvers.



Figuur 6.10. links Eigendomskaart, met in paars eigendommen van landgoed Middagten (overname 1924). Rechts de cultuurhistorische waardering (zie Historische onderzoek 2014)

Het park heeft een nauwe band met het dorp sinds 1844, doordat de eigenaar/bewoner van het landgoed, Wendela Eleonora Boreel van Hogelanden als vrouwe van Ellecom het dorp voorzag van een school en een kapel (bouwjaar 1860). Er vond jaarlijks het Oranjefeest plaats in het park. Hotel Avegoor werd in de 19^e eeuw gebouwd, ten tijde van de opkomst van het toerisme naar deze streek. In 1924 werden percelen aan Middagten verkocht, het landgoed versnipperde. WOII wierp een schaduw over het landgoed doordat de SS-ers er een kazerne vestigde en er Joodse dwangarbeid werd verricht. Er zijn opvallend veel elementen uit deze periode nog in het park aanwezig, zoals de kazerne, turnhal, atletiekbaan en sportveld.

De parkinrichting van 1843

De visie in dit onderzoek gaat uit van het herstel van de oude maatschappelijke banden met het dorp Ellecom. Hotel Avegoor ontwikkelt zich daarbinnen tot een Hotel of modern Art, wat aansluit op het gemeentelijke Actieprogramma Kwaliteitsimpuls Landgoederenzone Rheden. De voorstellen gaan uit naar het herstel van de zichtbaarheid op het landgoed vanuit het dorp, het verbeteren van de recreatieve ontsluiting en aanleg van wandelpaden. Het voornemen was/is om de bedrijfsgebouwen van de boerderij Borghkeppel langs de Middagterallee te verplaatsen naar de uiterwaarden, de rest

¹⁷ Zie Historisch onderzoek en Waardstelling Landgoed Avegoor te Ellecom, Stichting In Arcadië, 2104

krijgt een woonbestemming. Er is ook een waterplan opgesteld om de Ruitersbeek ecologisch en hydrologisch te verbeteren. In de Ellecomse Enk en de Ellecomse polder staat het extensiveren van het landbouwkundig gebruik en ruimte voor natuurbeheer voorop.



Figuur 6.11. Gebiedsvisie Avegoor

Landschappelijke visie

Opvallende landschappelijke elementen in de gebiedsvisie (figuur 6.11) van landgoed Avegoor zijn het herstellen van de zichtrelaties vanaf het Hotel naar het open veld, het revitaliseren van de vijverpartijen, de bodemsanering van het vuilstort, het herstellen van de parkbossen en instellen van agrarisch natuurbeheer. Of dit inmiddels heeft plaatsgevonden is niet uitgezocht.

2. Landgoed Middagten

Kasteel en Landgoed Middagten (of Middachten) is al 800 jaar vererfd in dezelfde familie en is daardoor een van de best bewaard gebleven landgoederen van ons land. Het archief daarvan bevindt zich in het Gelders Archief te Arnhem en behoort tot het Unesco werelderfgoed. Op de website van Gelders Arcadië staat vermeld dat Kasteel Middachten in 1190 voor het eerst is genoemd als bezit van J. de Mithdac. In 1666 kwam het via huwelijk in handen van Godard van Reede, heer van Amerongen en graaf van Athlone en bevriend met koning-stadhouder Willem III, die er vaak verbleef. Godard, de Heer van Ginkel, kreeg daarmee een belangrijke machtspositie en toegang tot de bestuurlijke macht, de Gelderse Staten, een situatie die tot de Napoleontische tijd en daarna de bestuurlijke hervormingen onder leiding van Thorbecke rond 1850 voortduurde¹⁸. En Godard en zijn nazaten verwierven zich daarmee als jagermeester het alleenrecht op de jacht op herten en zwijnen op de Veluwe. Het kasteel dat in 1643 grotendeels was vernieuwd, werd in het rampjaar 1672 grotendeels door de Fransen verwoest. Tussen 1695 en 1698 werd het door Van Reede en zijn vrouw Phillipota herbouwd in Hollands classicistische stijl (ontwerp: architect Jacob Roman en opvolger Steven Vennecool), bedoeld om een vorstelijke uitstraling te bereiken.

¹⁸ Zie Amerongen en Middagten, Twee Kastelen, een geschiedenis, door R. de Bruin en L. Nagtegaal, 2020

Het kasteel staat op een omgracht terrein, verbonden met een voorplein waarop twee bouwhuizen staan. Rond 1700 kreeg Middachten een geometrische aanleg. De huidige tuinen zijn grotendeels gebaseerd op een ontwerp van H. Poortman (1901), in de periode dat Maria C van Heeckeren van Wassenaer en William Bentinck er woonden.



Tafereel op Middagten uit de website van Gelders Arcadie

Bijzonder is dat Middachten nooit is verkocht en door vererving in handen van de huidige eigenaar Franz Graf zu Ortenburg is gekomen. Tot Middachten behoren uitgestrekte landerijen, van de uiterwaarden bij de IJssel tot de heidevelden en bossen op de Veluwerand. De exploitatie van bos, akkerbouw en veeteelt behoort tot het erfgoed. Zie www.Middachten.nl.

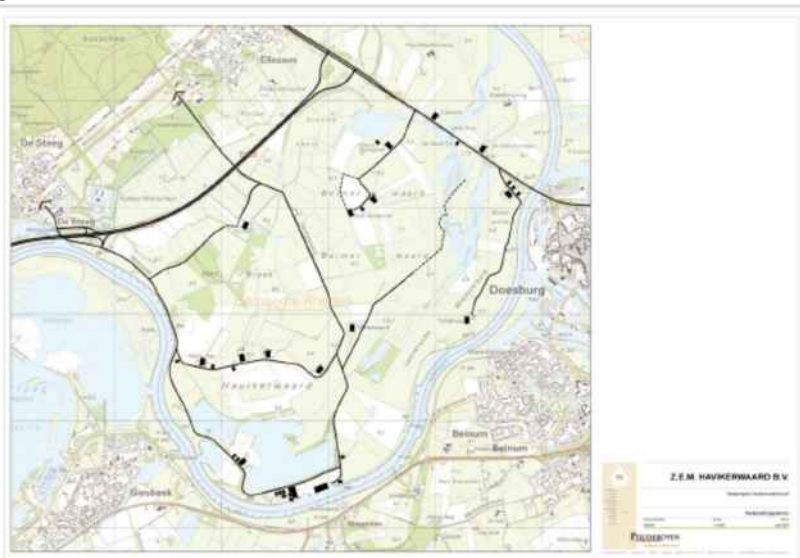
Ondernemende bedrijfsvoering

Het landgoed presenteert zich als een bedrijf, dat al eeuwenlang bezig is met bosbeheer en met het landbouwbedrijf in de uiterwaarden. Het aanleggen en instandhouden van bos was destijds een intensieve aangelegenheid in een overbegraasd landschap van heideveld en zandverstuivingen. Het kanaal, in de directe omgeving van het kasteel, is rond 1695 aangelegd en daarna niet of nauwelijks meer gewijzigd. Het Kooibos, dat daarin ligt is een broekbos met eiken en elzen, met kwelindicatoren zoals paarbladig goudveil en holpijp. Ook het Fazantenbos en Elst behoren tot de beroemde bronbossen. Aanplant en houtoogst zijn een continu proces op het landgoed, dat onder leiding van Aurel Graf Zu Ortenburg (1927-2001) in de voorbije decennia een geïntegreerde aanpak heeft gekregen, waarbij natuurlijke verjonging wordt ingezet in plaats van kaalslag. Deze natuurgemasse waldwirtschaft wordt voortgezet door de huidige generatie. Er is een ontwikkelingsvisie van de Havikerwaard uit circa 1998 (HNS en Vista) i.o.v. Middagten, Hof te Dieren en Natuurmonumenten.



Figuur 6.12. Detail bestemmingsplan Havikerwaard.

De Havikwaard bevat middeleeuwse bewoningsplaatsen op de hogere gronden, met in de uiterwaarden de Kleine Nab (westkant), Mettenwaard en de Pol in het westen, Oud Beimerhof en Groot Beimerhof (biologische boerderij), Schoonoord en de Oude Tol in de Beimerwaard en Tichelhuis aan de Loenersche Middelwaard langs de IJssel (zie figuur 6.13). Deze aan het kasteel Middachten gelieerde pachtboerderijen bevinden zich op natuurlijke verhogingen of opgehoogde zogenaamde pollen, met op de hoogste terreinen daaromheen akkerbouw en de lagere gedeelten graslanden.



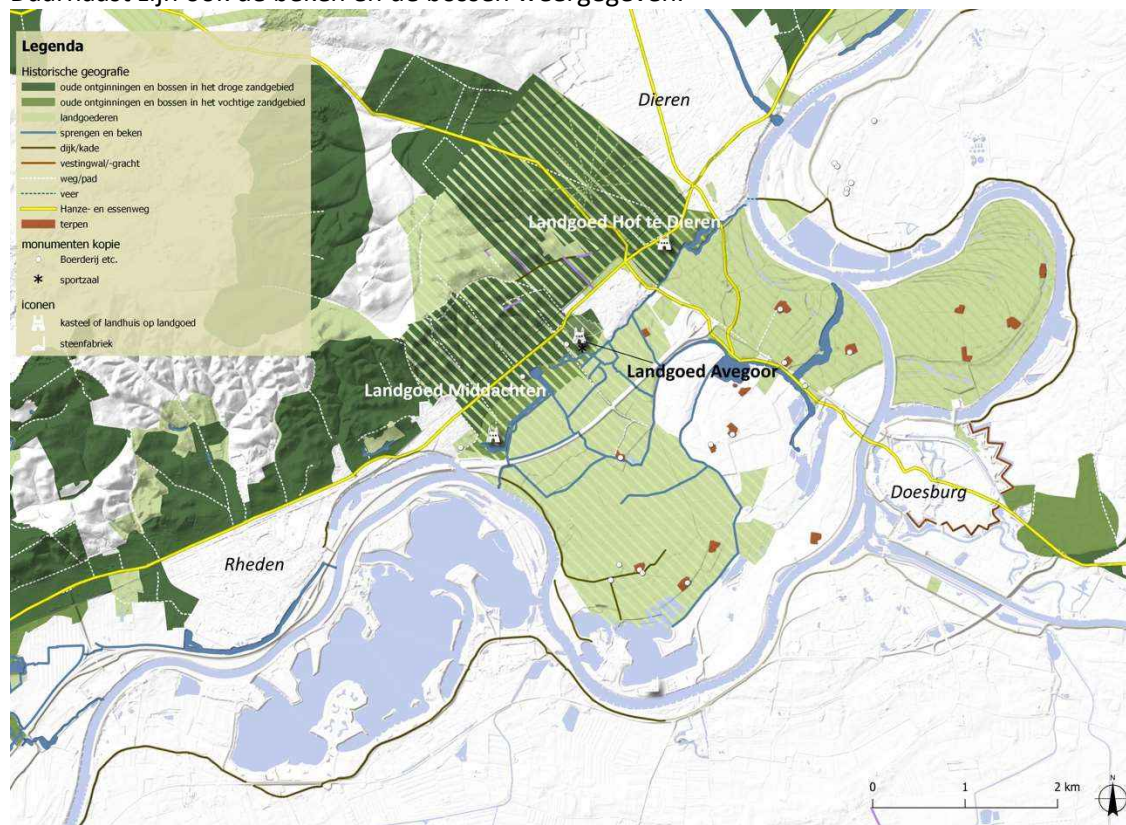
Figuur 6.13. Nederzettingenpatroon in de Havikerwaard en Beimerwaard

Landschap

In de overgang van het IJsseldal naar de Veluwe ligt het Kasteel Middachten, met landschappelijke verdichtingen in de vorm van het Kooibos en Fazantenbos en het renaissancepark uit de 17^e eeuw. In de uiterwaard zijn de openheid, rust, ruimte en duisternis de kwaliteiten. Het verkavelingspatroon is grillig, met een aantal restbeddingen van de rivier, zoals oa de Lamme IJssel en de beeklopen Ruitenbeek en de Middagterbeek.

Het landschap is gevormd door de rivier, op een aantal plaatsen aangetast door kleiontgravingen (een ervan is genaamd Paradijs) gevolgd door hercultivering in het verleden. In de verhalenbundel *Geschiedenis in Verhalen*¹⁹, staan mooie verhalen over het leven in de Havikerwaard van geboren en getogen bewoners van de Havikerwaard en ook foto's van de steenfabriek kort na de stillegging in de tachtiger jaren. De recente zandwinning Beiningerplas (43 ha) is van een andere, qua ruimtelijke schaal veel grovere omvang. Zie <https://www.middachten.nl/bijzondere-projecten/>.

In figuur 6.14. zijn alle elementen van het erfgoed samengebracht in een kaart. Het gaat op enkele uitzonderingen na om cultuurhistorische elementen die samenhangen met de 3 landgoederen. Daarnaast zijn ook de beken en de bossen weergegeven.



Figuur 6.14. Landschaps- en cultuurhistorische elementenkaart gemeente Rheden.

6.3 Natuurgebieden

Sinds het verschijnen van Plan Ooievaar²⁰ is het areaal natuurgebied in het rivierengebied sterk toegenomen: van ca 5.000 ha naar ruim 20.000 ha op een totaal van ca 55.000 ha (WNF 2020). Het bovenstroomse deel van het rivierengebied is binnen de Rijntakken een van de gebieden met de grootste toename en dan met name in het traject van de Boven-Rijn en de Waal (zie tabel 5.1). In dit gebied was in 2022 ruim 75% van het ca 3200 ha grote areaal in beheer als natuurgebied. Voor de Boven-IJssel is het met ca 20% relatief klein. De Boven-IJssel is daarmee een van de riviertrajecten met het kleinste areaal natuurgebied in Nederland. Terwijl er ook in de Boven-IJssel volop kansen liggen voor robuuste ecologische verbindingen. In de Havikerwaard in het bijzonder liggen mogelijkheden om de voedselrijke, vochtige uiterwaardgebieden te verbinden met de veel drogere en zandige stuwwallandschappen, van de Veluwe.

¹⁹ *Geschiedenis in Verhalen*, van Gelders Arcadië (2015)

²⁰ Zie o.a. <https://delevendenatuur.nl/sites/default/files/2021-06/web115078-083.pdf>

Het grote areaal in het bovenstroomse deel van het rivierengebied is over ruim 30 jaar tot stand gekomen via verwerving vanuit de Ecologische Hoofdstructuur, de gecombineerde aanpak met hoogwaterbescherming (Ruimte voor de Rivier) en delfstofwinning via natuurherstelprogramma's zoals NURG en KRW. Bij de delfstoffenwinning bleek vooral de kleiwinning een belangrijke motor voor de natuurontwikkeling, omdat zij slechts oppervlakkig wint en een zandig gebied oplevert dat een gunstige uitgangspositie vormt. Zandwinning heeft vrijwel geen extra natuurareaal toegevoegd, omdat diepe winningen niet bijdragen aan de beoogde kenmerkende riviernatuur.

Tabel 6.1. Areaal natuurgebied in het bovenstroomse deel van het rivierengebied, huidig gepland en recent geschrapt. In de Boven-IJssel is het meeste EHS-areaal komen te vervallen.

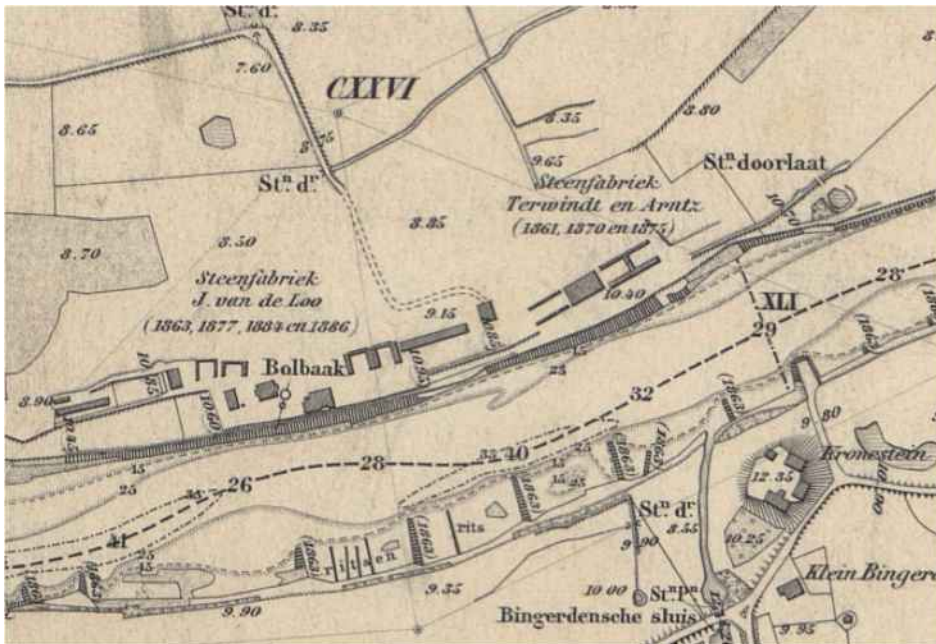
	Areaal totaal	NNN huidig	NNN gepland	Vervallen EHS ²¹
Boven-Rijn-Waal	3.224	2.482	56	570
Neder-Rijn	1.966	943	18	848
Boven-IJssel	3.207	576	21	2.265
Rijnstrangen	2.612	986	60	1.486
Ooijpolder	3.082	467	23	324
Lingezegen	2.647	324	0	1.359
Liemers	4.718	96	0	504
Totaal	21.456	5.874	178	7.355

In de Havikerwaard zijn bevers actief met dammenbouwen en daarmee houden ze het water vast op sommige plekken waar dat het waterschap niet lukt. Naast de mens is hier dus ook een dier bezig met peil- en landschapsbeheer (bron Waterschap Rijn en IJssel).

6.4 Klei en zandwinning

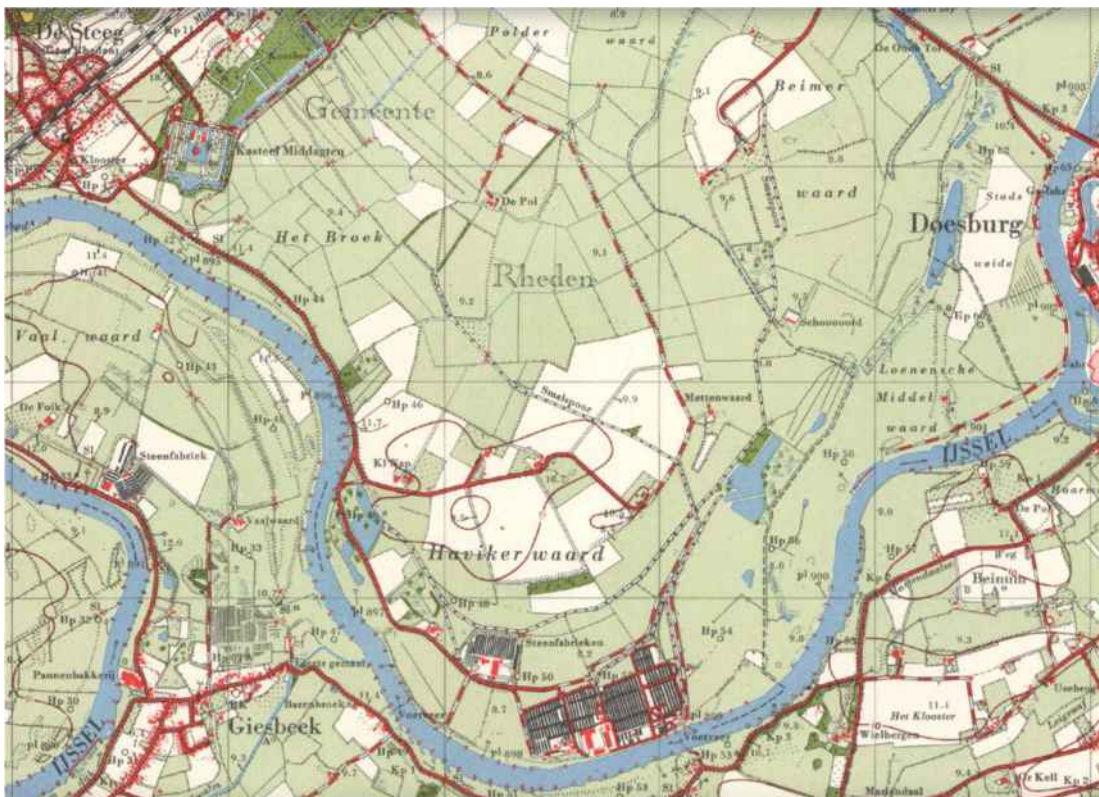
In de Havikerwaard wordt al lange tijd klei gewonnen voor de baksteenfabricage, het is aannemelijk dat de eerste stenen gebouwen in dit gebied in de Middeleeuwen zijn opgericht en wegen verhard, met lokaal geproduceerde bakstenen uit zogenaamde veldovens. Op een oudere Rivierkaart (1840) staat in de Loenensche Middelwaard een Tigchelhuis dat verwijst naar de steenfabricage, maar of daar ook daadwerkelijk stenen zijn gebakken is niet duidelijk. Langs de IJsselmeanders tussen Arnhem en Dieren ontwikkelen zich een grote serie steen- en pannenfabrieken, waarvan op het hoogtepunt van het industriële tijdperk, in de loop van de 19^e en begin 20^e eeuw alleen al in de Havikerwaard zelf vier steenfabrieken actief waren.

²¹ Na herijking EHS vaak deels aangewezen als Groene Ontwikkelzone.



Figuur 6.15. Rivierkaart 1888 (blad Doesburg) met pas gebouwde steenfabrieken aan de IJssel-oever.

De rivierkaart van 1880 vermeldt de bouwjaren van de oudste veldovens langs de zuidelijke oever van de Havikerwaard (zie figuur 6.15). Ze zijn van de firma Geerlings en Kroese, Jansen en Van de Loo, iets verder benedenstrooms daarvan. Daarnaast ligt nog een steenfabriek van de firma Terwindt en Arntz en een fabriek van Van de Loo. Later breidt dit complex zich sterk uit (zie figuur 6.16) en was een groot deel van het gebied in de greep van de kleiwinning.



Figuur 6.16. Topografische kaart 1955 met het grote steenfabriekcomplex langs de IJssel en een tweede ernaast. Smalspoorlijnen liepen tot ver in de uiterwaard door en uiteindelijk zou de klei van het gehele centrale deel van de Havikerwaard hier worden verwerkt tot bakstenen en dakpannen.

De fabrieken lagen aan de rivier vanwege de scheepvaart. De klei werd tijdens het zomerseizoen handmatig gewonnen in ondiepe lagen (tot ca 1,5 m), zodat na afloop van het land kon worden gehercultiveerd tot grasland. In de topografie zijn de oudste kleiwinningen nog goed herkenbaar aan de scherpe belijningen en het afgevlakte reliëf. De steenfabrieken breiden al vanaf het begin van de vorige eeuw sterk uit en rond WOII verschijnen in het landschap de smalspoorlijntjes, die verraden waar de kleiwinning plaatsvond (zie figuur 6.16). Later kregen de fabrieken industriële vlamovens met droogkamers, waarop de tasvelden verdwenen. Bij de steenfabrieken woonden tientallen arbeiders met hun gezinnen, de woningen hadden namen zoals Ijsseloord, de Bult en het Fort. De bewoners moesten veelvuldig met de roeiboot naar de vaste wal.

In de tachtiger jaren raakte de baksteenfabricage op zijn eind en was een groot deel van de Havikerwaard ontkleid (zie figuur 6.18). Daarna werd één van de locaties omgebouwd tot een betonfabriek, die door het familiebedrijf Van de Kamp (de huidige K3Delta) werd geëxploiteerd. De oorspronkelijke veldovens en andere fabrieksgebouwen zijn nauwelijks meer intact en maar gedeeltelijk herkenbaar. De eerste zandwininput, bedoeld voor de hercultivering van de kleiwinning, is van omstreeks 1978. Rond het jaar 1990 volgde verdere uitbreiding en sinds 2001 is de zandwinning in de Havikerwaard onderdeel geworden van het project Havikerpoort. Hierin werkt K3Delta samen met o.a. Landgoed Middachten aan de gebiedsontwikkeling Havikerpoort. In 2013 is een nieuw plan gemaakt voor verdere zandwinning, wat in 2019 in uitvoering is gegaan (figuur 6.17). In die winning wordt tevens het bestaande plassencomplex omgevormd tot het onderstaande ontwerp. Het totale project wordt in vijf fases van ca. drie jaar uitgevoerd.



Figuur 6.17. Plankaart van de Beiningerplas (K3Delta).



Figuur 6.18. Locaties zand- en kleiwinningen in HBFO. De zandwinning is nog steeds actief.

7. Kernkwaliteiten en leidende principes

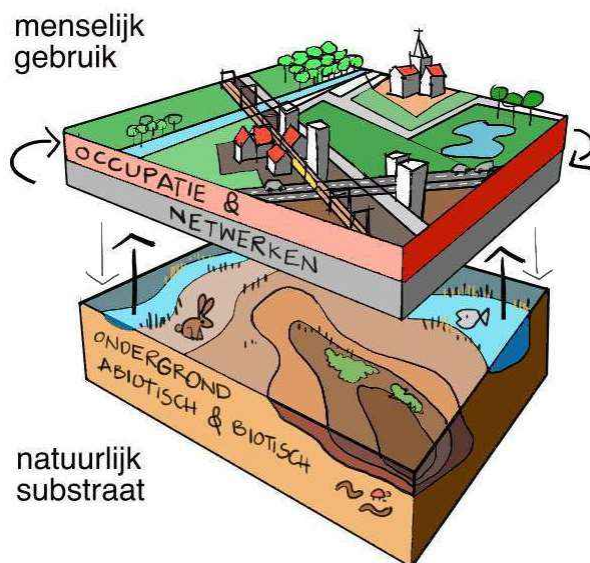
In dit hoofdstuk onderbouwen we de ‘genius of the place’, de bijzondere kwaliteiten van het gebied, en komen we tot de leidende principes om deze kwaliteiten in HBFO duurzaam te versterken. Deze zogenaamde kernkwaliteiten worden gevormd door de verschillende fysische en landschappelijke bouwstenen zoals die uit deze LESA naar voren komen. Daaruit zijn vervolgens leidende principes afgeleid, wat de vuistregels zijn om in de toekomst de juiste maatregelen te selecteren. Deze principes kunnen later in het proces samen vastgesteld worden, om vervolgens als kader te dienen bij de mogelijke vervolgstappen.



Figuur 7.1: Processchema om te komen tot het versterken van kernkwaliteiten in de HBFO

7.1 Ruimtelijke kwaliteit

In de MIRT verkenning voor HBFO worden de ontwikkelingen verkend in en rondom het gebied spelen. Ten behoeve van de hoogwaterbescherming en de bevaarbaarheid van de IJssel zijn mogelijk nieuwe ingrepen nodig in het gebied en ook zijn er wensen om voor natuurontwikkeling, natuur inclusieve landbouw en economische bedrijvigheid ingrepen te doen in het landschap. Tenslotte vraagt het vergroten van de recreatieve beleving om het landschap aantrekkelijker en beter toegankelijk te maken. De plannen die de komende jaren voor HBFO gemaakt worden, zullen gemeen hebben dat ze de bijzondere kernkwaliteiten van het gebied niet mogen aantasten. Het is daarom belangrijk om deze opgaven zo in te vullen dat ze de ruimtelijke kwaliteit van HBFO niet verarmen maar juist versterken. Om de impact van ingrepen op de ruimtelijke kwaliteit te kunnen beoordelen biedt de lagenbenadering geschikte handvatten (zie figuur 7.2).



Figuur 7.2. Illustratie van de nieuwe versie van de lagenbenadering²² zoals deze door Jannemarie de Jonge, Rijksadviseur voor de Fysieke leefomgeving, is ontwikkeld.

²² <http://www.dauvellier.nl/index.php?page=lagenbenadering>

Volgens de lagenbenadering wordt de buitenruimte ingedeeld in verschillende lagen die tezamen het landschap vormen: de basislaag of bestaat uit de ondergrond met daarin het reliëf, de bodem en het (grond)water; zeg maar de abiotische onderdelen die solide zijn en van uit zichzelf maar heel langzaam veranderen. Daar direct mee verbonden is de biotiek, het systeem van al het leven dat afhankelijk is van ondergrond, bodem en water. De tweede laag bovenop de basislaag is de laag waarin de ingrepen van de mens zichtbaar zijn. Zij heeft het landschap door de eeuwen heen steeds opnieuw ingericht en daarmee veel invloed gehad op hoe het nu aan ons verschijnt. In deze tweede laag is er onderscheid mogelijk in enerzijds de occupatie en het landgebruik en daarnaast de infrastructuur met daarin alle netwerken die de mens onderhoudt. In de loop van de geschiedenis namen de mogelijkheden die de mens had toe om het landschap naar zijn wensen in te richten. Daarbij is de afhankelijkheid tussen landgebruik en occupatie en de kwaliteiten van de fysieke ondergrond gaandeweg afgenomen en vaak zelfs helemaal verloren gegaan. Naast dat deze omslag de maatschappij veel heeft opgeleverd, wordt het ook vaak als een verlies ervaren dat het landschap grootschaliger wordt en het verbond tussen de lagen verdwenen is.

Om de kwaliteit van het landschap weer meer centraal te stellen is een belangrijk uitgangspunt voor eventuele ingrepen die in het MIRT-proces worden verkend, dat ze de landschappelijke kwaliteiten (kernkwaliteiten) versterken. Maatregelen dienen daarom aan te sluiten bij de kenmerken van de Boven-IJssel. Deze systeembenadering geeft via de leidende principes de handvatten om toe te werken naar een set van maatregelen die logisch in het systeem passen en daarom duurzaam zijn van karakter en maatschappelijk uitlegbaar

7.2 Kernkwaliteiten

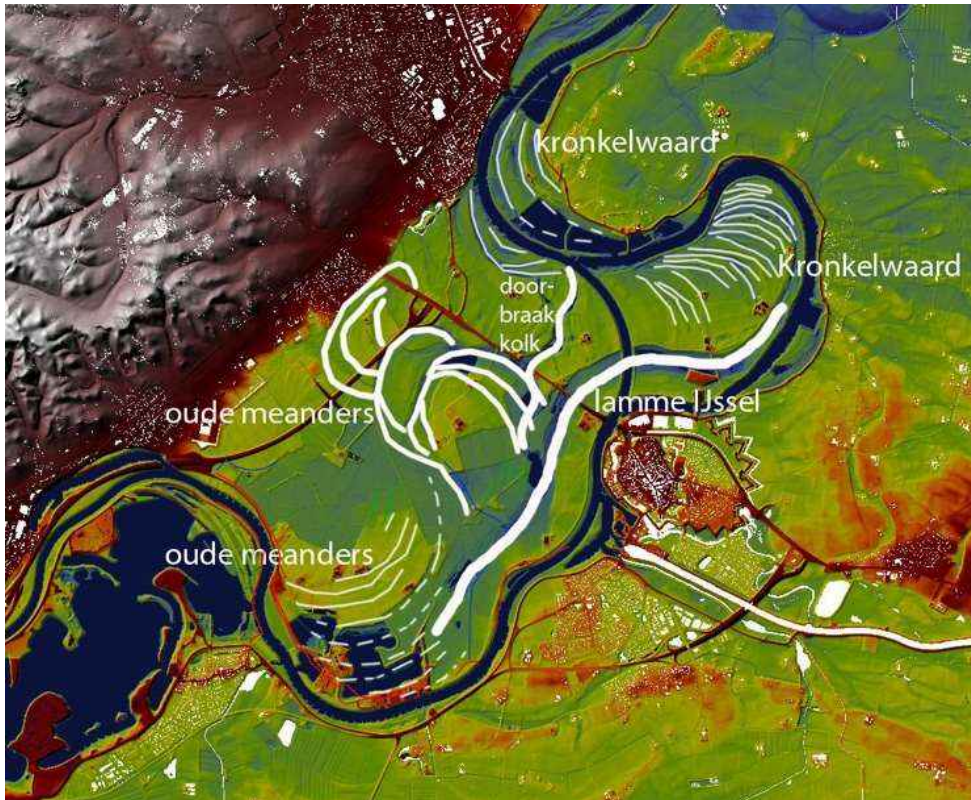
Vanuit de geomorfologische ondergrond bezien ligt het projectgebied van HBFO een oude laagvlakte tussen de stuwwallen van de Veluwe en het Oost-Nederlandse dekzandgebied, waar de IJssel als zijtak van de Rijn met een meanderende loop doorheen stroomt. Vanuit haar actuele systeemkenmerken is de Boven-IJssel een vrij afstromende rivier die zand en klei transporteert en dit tijdens hoogwater op haar oevers afzet. Bij voormalige verleggingen van de bedding ontstonden eilanden en (tijdelijk) meestromende nevengeulen. Doordat de meanders, ook voordat de rivier werd vastgelegd, nauwelijks stroomafwaarts migreerden, ontstonden unieke kronkelwaarden met een opeenvolging van talloze ruggen en geulen. De nevengeulen zijn in de loop der eeuwen, mede door toedoen van de mens, verdwenen en/of tot van de rivier afgesneden strangen (hanken) omgevormd. Sinds de introductie van de landbouw is het gebied waarschijnlijk altijd vooral als graslandgebied in gebruik geweest, met op de hoogste delen wat akkerbouw. Bewoning ligt aan westkant van de vlakte op de overgang naar de Veluwe en op de oostelijke oever van de IJssel op de hogere dek- en stuifzandruggen. In de uiterwaarden zijn er een groot aantal woonterpen. Om zomerse hoogwaters te weren zijn vanaf de 18^e eeuw zomerkades aangelegd, die op de oostelijke oever in de loop van de vorige eeuw tot winterdijken zijn opgehoogd. In de Havikerwaard is de overgang naar de Veluwe niet bedijkt, op een klein traject na tussen Erlecom en Dieren. Sinds jaar en dag zijn de landgoederen langs de Veluwe verbonden met het agrarisch gebruik van de uiterwaarden, zij bezitten er veel grond, regelen het waterbeheer en besteden aandacht aan het beheer van het landschap.

Samengevat komen uit de landschapsanalyse de volgende kernkwaliteiten voor het gebied naar voren; onderverdeeld in fysische- en sociaalgeografische kwaliteiten.

Fysische geografische kernkwaliteiten:

- De IJssel kent een unieke ontstaansgeschiedenis, waarbij er aanwijzingen zijn dat de doorbraak, waarna de IJssel zijn ontwikkelde als nieuwe rivier, ontstond in het gebied van HBFO.
- De Boven-IJssel ligt in een vallei, aan de westzijde scherp begrensd door de Veluwe met op korte afstand de hoogste delen van centraal Nederland.

- De Boven-IJssel is een vrij afstromende rivier met grote peilfluctuaties
- Actieve morfodynamiek heeft eeuwenlang gezorgd voor sterke meandering en de ontwikkeling van unieke kronkelwaarden in HBFO (zie figuur 7.3).
- Door de ligging tussen stuwwal en rivier kent HBFO zowel kwelwater afkomstig van de IJssel als van de stuwwal.



Figuur 7.3 Belangrijke geomorfologische kenmerken HBFO

Sociaalgeografische kernkwaliteiten²³

- Gradiënt van kleinschalige landschapstypen vanaf de rand van de Veluwe met landgoederen, naar natte broekgebieden met kwel, naar uiterwaarden met de rivier en tenslotte naar dekzandruggen aan de overzijde van de rivier.
- Havikerwaard en Beimerwaard als oude landbouwenclaves in het land tussen de meanders met een hoge cultuurhistorische waarde. Ze vormen ensembles van hoge bouwlanden op de stroomruggen, met steilranden en wegen en een afwisseling van beplantingselementen als hagen, singels, lanen en kleine bossen.
- Iconische landgoederen (Middachten, Hof te Dieren en Biljoen) op de rand van het IJsseldal met indrukwekkende kastelen die een nadrukkelijke verbinding hebben met de IJssel.
- Zichtlijnen vanuit de uiterwaarden, naar het beboste Veluwemassief en naar de waterfronten van Doesburg en Dieren. Ook de landgoederen hadden historisch een sterke relatie met de IJssel door lange zichtlijnen naar de rivier.

7.3 Leidende principes

Leidende principes zijn vuistregels die richting geven aan de inrichtingsmaatregelen die in een gebied op handen zijn, zodat ze de kernkwaliteiten van het gebied ondersteunen, oftewel aansluiten bij het DNA van de IJssel. Ze helpen om de doelen te vertalen naar concrete voorstellen voor de inrichting. Een goede set van principes kan sturend zijn in de besluitvorming. Om het toekomstige

²³ Bewerking van kwaliteiten uit streekgids IJsselvallei, Bosch & Slabbers, 2022

planvormings- en ontwerpproces te faciliteren is een set van 8 leidende principes ontleend aan deze LESA afgeleid uit de hierboven genoemde abiotische, biotische en sociaalgeografische aspecten van HBFO.

1. De relatie tussen de rivier en de uiterwaarden herstellen, die verloren is gegaan.
Toelichting: De aanwezigheid van de rivier in het gebied is vrijwel verdwenen en de hydrologische en morfologische processen die de basis van het landschap in de afgelopen eeuwen hebben gevormd zijn grotendeels tot stilstand gekomen. Herstel is mogelijk door:
 - a. Overstromingen weer vaker mogelijk te maken, bv door ander sluisbeheer, door verlagen zomerkades,
 - b. Grondwater tot aan het oppervlak te brengen, bv door verlagen gebied of verhogen waterstanden
 - c. Ruimte te geven aan sedimentatie in de uiterwaarden.
 - d. Meer open water met een grote diversiteit, dwz strangen en nevengeulen, met ondiep water hertellen of nieuw aanleggen, met de rivier verbonden en geïsoleerd, permanent of een deel van het jaar stromend en zandige geulen met rivierkwel.

2. Alle ingrepen in de ondergrond vindt plaats volgens vorm, maat, schaal van het riviersysteem.
Toelichting: HBFO is een veelzijdig gebied waarin de IJssel in het verleden tal van geulen en ruggen heeft gevormd. Om deze unieke verscheidenheid te respecteren moeten ingrepen steeds aansluiten bij de specifieke kwaliteiten van een deelgebied. Het helpt om hierbij de vraag te stellen: 'had de rivier het op deze plek zelf zo kunnen maken'.*

3. Natuurontwikkeling volgt de abiotische ondergrond
Toelichting: Bij natuurherstel onderscheid maken in de grote variatie die HBFO te bieden heeft, met focus op dynamische systemen nabij de rivier en ecotopen die samenhangen met het grondwatersysteem nabij de Veluwe.

4. Rivier natuur is aaneengesloten, zonder veel ingrepen en intensief beheer
Toelichting: Voldoende areaal, goede kwaliteit en onderlinge verbondenheid van de leefgebieden is van doorslaggevend belang om toekomstbestendige natuur te realiseren: als één van deze schakels niet goed functioneert, zijn soorten kwetsbaar in het voortbestaan. Naast ruimte hebben ecosystemen ook tijd nodig voor een volwaardige ontwikkeling. Nu wordt nog vaak ingegrepen, waardoor de successie telkens wordt onderbroken. Het gaat daarbij niet alleen om de ontwikkeling van de vegetatie, maar ook die van de bodem en de daarin levende organismen.

5. Landgoederen en regionaal erfgoed een plek en functie geven die de beleefbaarheid versterken.
Toelichting: In HBFO bevindt zich erfgoed dat herinnert aan de ontginningsgeschiedenis en de wijze waarom door de mens is omgegaan met de rivier in het verleden. Het gaat hierbij om in het oog springende elementen zoals de landgoederen, maar ook andere kleinere elementen verspreid over de uiterwaarden. Bij de herinrichting dient hier rekening mee gehouden te worden door ze te versterken (bv structuur landgoederen, zichtlijnen, terpen, historische waterwerken) en zo mogelijk ook een nieuwe functie te geven in het landschap. NB. Voor een deel gebeurt dit al, maar het is belangrijk om dit door te zetten en op te nemen in nieuwe ingrepen.

6. Verschillen tussen 4 uiterwaarden van HBFO tot uiting laten komen in inrichting en landgebruik.
Toelichting: De 4 uiterwaarden worden vaak in een adem genoemd, maar er zijn onderlinge verschillen, zoals de Fraterwaard met zijn bijzondere kronkelwaardstructuur. Bij nieuwe ingrepen is het van belang deze verschillen te benoemen en waar mogelijk te accentueren.

7. Herstel verbindingen tussen het dal van de IJssel met de omgeving.

Toelichting: De Boven-IJssel is een valleirivier met zeer verschillende landschappen aan weerszijden. Relaties kunnen versterkt worden met:

- a. De Veluwe, op het gebied van: hydrologie (herstel kwelzone), ecologie (bv. verbindingen voor dieren) en recreatie (doorgaande routestructuren)
- b. De Oostelijke oever, vooral op het gebied van recreatief. HBFO als uitloopgebied van oa Doesburg
- c. De Gelderse Poort, vooral op het gebied van ecologie. HBFO is onderdeel van PAGW-hotspot Gelderse Poort, met een grote ambitie voor herstel van duurzame populaties riviergebonden dieren en planten. Hierbij zijn ook verbindingen van groot belang.

8. Ontwikkel een duurzaam toekomstperspectief voor landgoederen en overige landeigenaren.

Toelichting: De landgoederen en het landgebruik in HBFO zijn al sinds jaar en dag sterk met elkaar verbonden. In de toekomstscenario's voor het gebied is het belangrijk dat hier rekening mee gehouden wordt. Eventuele nieuwe (recreatieve) initiatieven voegen zich qua schaal, opzet en bouwstijl naar de karakteristieken van het gebied

*) Door Smart Rivers zijn in het kader van de LESA voor de IJsselvallei²⁴ aandachtspunten ontwikkeld die een verdere uitwerking zijn van het hierboven genoemde tweede leidende principe. Een aantal van deze punten is ook voor HBFO van toepassing bij ingrepen in de ondergrond:

- Is er een logische en consequente keuze gemaakt tussen hoge dynamiek (stromende nevengeul, eenzijdig aangetakte nevengeul) of lage dynamiek (niet aangetakte hanken, moerasvlakten)?
- Is op juiste en consequente geprobeerd om het principe van (rivier)kwel te benutten?
- Is er alles aan gedaan om de zandmotor aan te zetten, o.a. op oeverwallen en in geulen? Bv. herstel vrij eroderende rivieroeveren zodat zand beschikbaar komt en vrije uitwisseling tussen zomerbed en uiterwaarden.
- Passen de geulen wat oevervorm (steil in buiten-, flauw in binnenbocht) en maatvoering betreft bij dit IJsseltraject (niet breder dan nodig en niet dieper dan ca 2 m bij gemiddelde waterstand)?
- Zijn overige aangelegde structuren (bv hoogwatervluchtplaatsen en eilanden in geulen) passend bij dit IJsseltraject?

NB. Deze uitgangspunten staan deels op gespannen voet met de zandwinning die in het gebied plaatsvindt.

²⁴ Kleijberg, R. (2022). Systeemanalyse IJssel en beoordeling KRW-maatregelen Oost-Nederland.

Literatuurlijst

Barneveld, H. M.Boersema, F. Schuurman en H. de Vriend (2022). Het Verhaal van het sediment

Berendsen, H.J.A., & E. Stouthamer (2001), Palaeogeographical development of the Rhine-Meuse delta, The Netherlands. Assen: Van Gorcum. 268 pp.

BoschSlabbers landschapsarchitecten, 2022, Streekgids IJsselvallei, Ruimtelijke kwaliteit en Landschap, OG: Provincie Gelderland

Brinke, W. ten, 2004. De beteugelde rivier. Boven-Rijn, Waal, Pannerdensch kanaal, Neder-Rijn-Lek en IJssel in vorm. Veen Magazines, Diemen. Deel 81 van de Wetenschappelijke bibliotheek van Natuurwetenschap & Techniek. ISBN 907698865x.

Cohen, K.M., E. Stouthamer, W.Z. Hoek, H.J.A. Berendsen & H.F.J. Kempen, 2009. Zand in Banen - Zanddiepte kaarten van het Riviereengebied en het IJsseldal in de provincies Gelderland en Overijssel. Arnhem: Provincie Gelderland.)

Jongmans, A.G., M.W. van den Berg, M.P.W. Sonneveld, G.J.W.C. Peek en R.M. van den Berg van Saporoëa, 2013. Landschappen van Nederland.

Kleijberg R., et al. Systeemanalyse IJssel en beoordeling KRW-maatregelen Oost-Nederland, 2022. Documentnummer: KRWOGROW-296893251-265

Kleinans, M.G., F. Klijn, K.M. Cohen en H. Middelkoop, 2013. Wat wil de rivier zelf eigenlijk? Deltares, s.l. Rapport 1207829-000-VEB-0024 d.d. 16 april 2013.

Makaske, B.; Maas, G.J.; Smeerdijk, D.G. van, 2008. The Age and Origin of the Gelderse IJssel) Middelkoop, H., 1997. Embanked floodplains in the Netherlands. Geomorphological evolution over various time scales.

Middelkoop, H., E. Stouthamer, M.M. Schoor, H.P. Wolfert en G.J. Maas, 2003. Kansrijkdom voor rivierecotopen vanuit historisch-geomorfologisch perspectief. Rijntakken – Maas – Benedenrivieren. NCR-publication 21-2003.

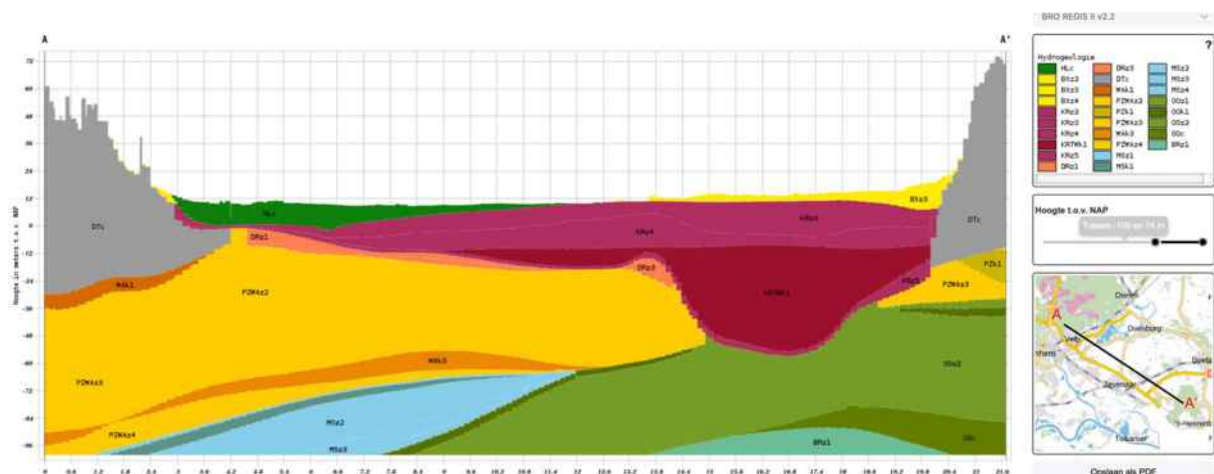
Peters, B. m.m.v. R. Bijlsma & G. Maas, 2021. Ooibossen, Van 'Ooievaar' tot 'Stroomlijn', en verder. Uitgave van OBN/VBNE, Zeist.

Schoor, M.M., M. Greijdanus, G.W. Geerling, L.A.H. van Kouwen en R. Postma, 2011. Een nevengeul vol leven, handreiking voor een goed ecologisch ontwerp. Rijkswaterstaat. 2011.

Splunder, I. van, 1997. Ooibos: wilgen en populieren langs rivieren. Brochurerapport Rijkswaterstaat RIZA, rapport 97.029.

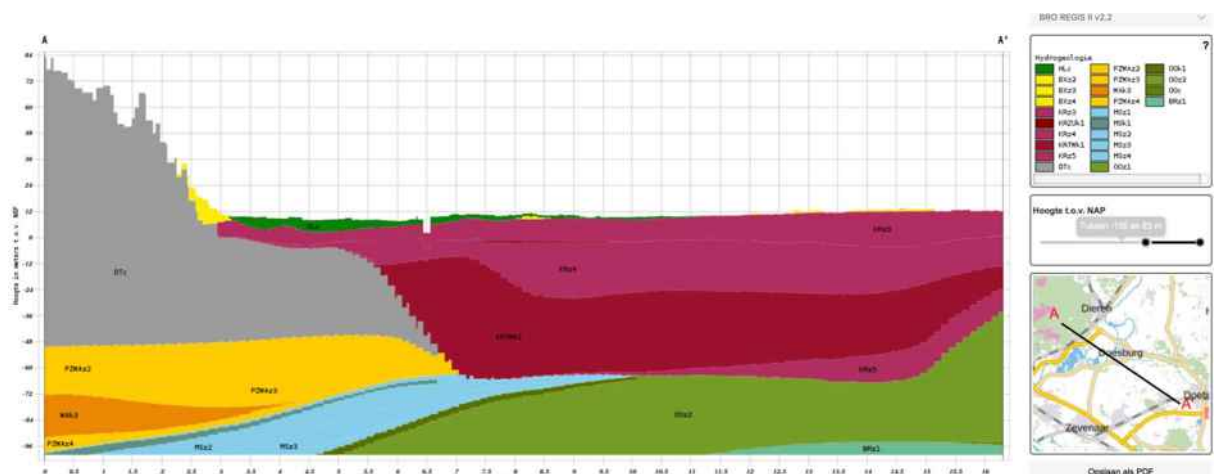
Bijlagen

Bijlage 1: Geologische opbouw (van zuid naar noord door het IJsseldal)



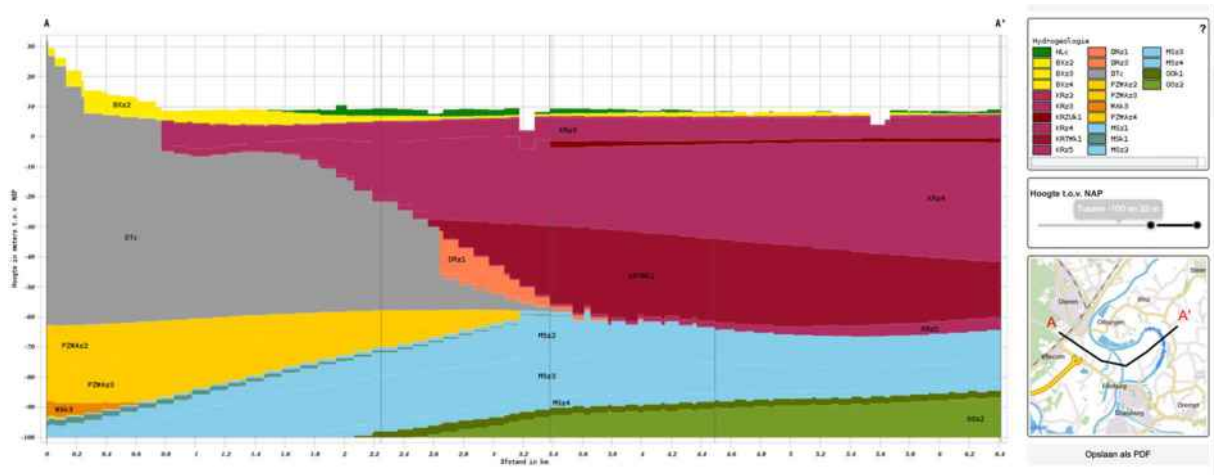
Figuur bijl. 2.1. Doorsnede door het huidige IJsseldal vanaf de Veluwe (links) ter hoogte van Velp tot aan het Montferland (rechts). De geologische eenheden zijn de volgende:

- De pleistocene rivierafzettingen (vooral zand en grind afgewisseld met leemlagen) van de laatste 2,5 miljoen jaar zijn in wijnrood en okergeel aangegeven en in grijs, waar het stuwwallen betref die ca.200.000 jaar geleden zijn ontstaan.
- Daaronder liggen, oudere, tertiare afzettingen (groen en blauw).
- Boven op de pleistocene rivierafzettingen ligt een dunne gele laag. Dit zijn door de wind in de laatste ijstijd afgezette dekzanden en stuifzanden.
- Helemaal bovenop ligt een dunne laag holocene rivierafzettingen die Rijn en IJssel in de laatste 11.700 jaar hebben neergelegd. Soms liggen de Holocene afzettingen op de dekzanden, soms op de oudere rivierafzettingen (bron: BRO-DGW)²⁵.

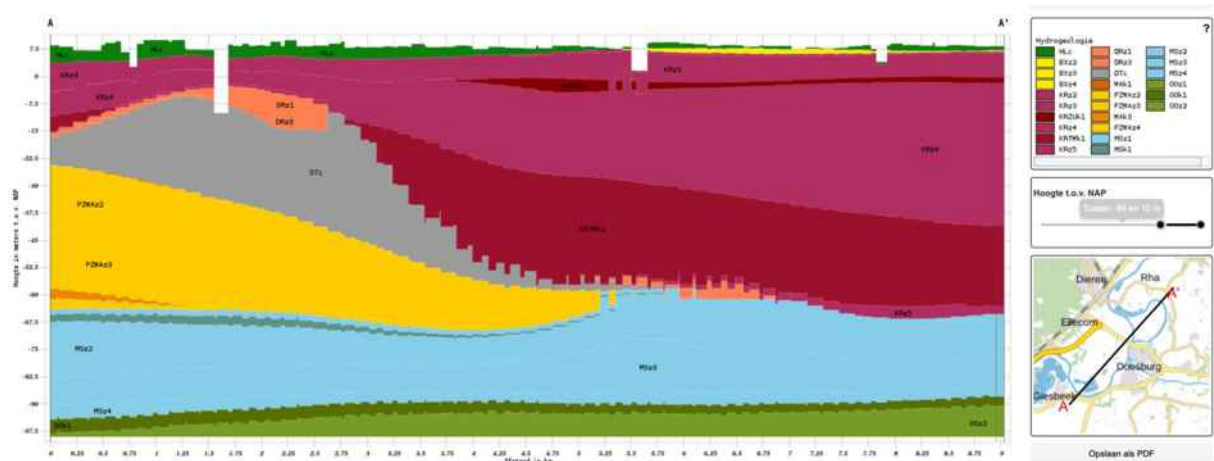


Figuur bijl. 2.2. Doorsnede door het huidige IJsseldal vanaf de Veluwe (links), door het zuiden van de Havikerwaard, via het voormalige Rijndal tot aan Doetinchem. De geologische eenheden zijn toegelicht in de bovenste figuur. Wat opvalt in deze doorsnede is dat de stuwwal aan de westkant nog doorloopt tot onder de Havikerwaard en dat aan de oostkant van de IJssel het historische Rijndal als een tientallen meters dikke laag aanwezig is in de ondergrond. Dit dal wordt in de lengterichting aangesneden, vandaar dat de lengte zo groot is.

²⁵ <https://www.dinoloket.nl/ondergrondmodellen>



Figuur bijl. 2.3. Doorsnede door het huidige IJsseldal vanaf de Veluwe (links), door het noorden van de Havikerwaard en de Fraterwaard tot nabij Rha. De geologische eenheden zijn toegelicht in de bovenste figuur. Wat opvalt in deze doorsnede is dat de dekzanden over de hele lengte van het profiel doorlopen en de holocene rivierafzettingen er overal bovenop liggen.



Figuur bijl. 2.4. Doorsnede in de lengterichting van het huidige IJsseldal vanaf Giesbeek (links), door het oosten van de Havikerwaard en de Fraterwaard tot nabij Rha. De geologische eenheden zijn toegelicht in de bovenste figuur. Wat opvalt in deze doorsnede is dat het gestuwde zand doorloopt tot onder Havikerwaard. De Veluwe loopt hier dus als het ware nog door. De huidige zandwinning bevindt zich precies boven het hoogste punt.