WATERSCHAP vechtstromen

# Achtergronddocument watersysteemanalyse Vecht

## Van visie naar Ontwerp

**Definitief (juli 2017)**

**Achtergronddocument watersysteemanalyse Vecht**

| Versie | Wie | Wat | Wanneer |
|---|---|---|---|
| 1.0 | Linda | Samenvoegen losse stukken tot basis hydrologisch rapport | 28-11-2016 |
| 1.2 | Wiecher | Beschrijving grondwaterscenario's | 29-11-2016 |
| 1.3 | Linda | Pm posten toegevoegd, toetskader geupdate en diagram geupdate | 2-12-2016 |
| 1.4 | Wiecher | Hoofdstuk 2 aanvullingen, tweede lezeren H2 en H3 | 14-12-2016 |
| 1.5 | Annemieke | Samenvoegen met poh | 14-12-2016 |
| | Wiecher | | |
| | Gertie | | |
| 2.2 | Linda | Samenvoegen versie Wiecher en Gertie | 22-12-2016 |
| 2.3 | Bernie /Wiecher | Bijlage 6 ingevoegd + Incidentele opmerking<br>Wiecher H5 aangepast | 23-12-2016 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2.4 | Linda | Proces hoofdstuk samengevat incl. VKA + diverse verbeteringen en aanvullingen + Bijlage plaatjes | 23-12-2016 |
| 2.5 | Linda | Hoofdstuk toetskader, proces en scenariobeschrijvingen geupdate | 6-1-2016 |
| 2.6 | Wiecher / Linda | Hoofdstuk toetskader, proces en technische Bijlagen aangepast. Natura2000 aangepast, schema proceskeuzes aangepast | 6-1-2016 |
| 2.7 | Gertie | Bijlage 7 ingevoegd.<br>Huidige fysisch-chemische toestand aangepast | 9-1-2017 |
| 2.8 | Annemieke | Kunstwerken toegevoegd / opm PJD deels verwerkt | 10-1-2017 |
| 2.6 (20161222) | Annemieke | H VKA eerste aanzet | 08-2-2017 |
| 2.9 | Linda | Aanvulling VKA | 13-2-2017 |
| 3.0 | Linda | Van begin af aan doorgenomen en aangepast, reflectie grond en oppervlaktwatermodel toegevoegd | 24-2-2017 |
| 3.1 | Pieter Jelle | Doorgenomen. Tekstuele zaken aangepast. Ook aantal zaken per mail intern voorgelegd. | 03-03-2017 |
| 3.2 | Linda | Laatste slag voor interne lezing | 06-03-2017 |
| 4.0 | Linda | Document kapot, opnieuw begonnen opmaak overal gelijk gemaakt | 7-3-2017 |
| 4.1 | Linda | Klimaat toegevoegd, onzekerheid toegevoegd, losse teksten toegevoegd, profielen Nick toegevoegd | 10-3-2017 |
| 4.1 | Gertie | Nagenoeg gehele POH doorgelezen, tekstfouten eruit gehaald en teksten aangevuld. | 12/13 -2017 |
| 4.1 | Pieter Jelle | H1 t/m H6 | 28 april 2017 |
| 4.2 | Annemieke | Algemeen – taaltechnisch (readonly opgeslagen van versie laatst opgeslagen op 2 mei, 14.57, stond ‘geopend door IT’) | 3 maart |
| 4.2 | Linda | Hoofdstuk veiligheid toegevoegd | 5-5-2017 |
| 4.3 | Linda | Morfologie memos toegevoegd<br>Veiligheid aangepast obv opmerkingen | 11-5-2017 |
| 4.4 | Gertie | Nagenoeg gehele POH doorgelezen, tekstfouten eruit gehaald en teksten aangevuld. | 17-5-2017 |
| 4.5 | Linda | Alle opmerkingen verwerkt, losse eindjes, aanbevelingen. Check op opmerkingen partners | 18-5-2017 |

# Inhoudsopgave

Inhoudsopgave ..... 6

1. Inleiding ..... 11

1.1 Aanleiding ..... 11

1.2 Achtergrond en context ..... 13

1.3 Leeswijzer ..... 14

2. Kaders en koers ..... 15

2.1 Vechtvisie ..... 15

2.2 Programma ruimte voor de Vecht ..... 15

2.3 Beleidsuitgangspunten ..... 16

2.3. 1 Europese KRW en Natura2000 ..... 16

2.3.2 Omgevingsverordening provincie Overijssel ..... 18

2.3.3 Gemeentelijke structuurvisies ..... 19

2.3.4 Waterbeheerplan ..... 19

3. Systeembeschrijving ..... 20

3.1 Topografie ..... 20

3.2 Gebiedsontwikkeling van de Vechtdal ..... 20

3.2.1 De Vecht van verleden tot nu ..... 20

3.3 Landgebruik ..... 25

3.4 Beheer ..... 26

3.5 Ondergrond ..... 27

3.5.1 Geomorfologie ..... 27

3.5.2 Geohydrologie ..... 29

3.5.3 Bodem ..... 30

3.6 Oppervlaktewatersysteem en kunstwerken ..... 31

3.7 Relatie Vecht met omgeving ..... 35

3.8 Grondwaterstanden en stromen ..... 36

3.9 Waterkwaliteit ..... 40

3.9.1 Huidige toestand fysisch-chemische kwaliteit ..... 40

3.9.2 Huidige toestand biologische waterkwaliteit ..... 41

3.9.3 Verklarende (sleutel)factoren biologische waterkwaliteit ..... 41

4. Toetskader ..... 42

4.1 Veilig ....42
4.2 Functiebediening (GGOR) ....43
4.2.1 Stedelijk gebied ....43
4.2.2 Landbouw ....44
4.2.3 Natuur (Natura2000 en EHS) ....45
4.2.4 Water (KRW) ....46
4.2.5 Recreatie ....47
4.3 Investering en beheer ....47
4.3.1 Benodigde investering ....47
4.3.2 Beheer en onderhoud ....47
5. Afwegingsproces ....48
5.1 Inleiding ....48
5.2 Streefbeelden Alterra ....49
5.3 Optimalisatie Alterra ....50
5.4 Bandbreedteanalyse optimalisatie doelen ....51
5.5 Verkenning hoogwatergeulen ....52
5.6 Voorkeursalternatief (VKA) ....52
5.6.1 Beschrijving ontwerp ....52
5.6.2 Morfologische activiteit ....53
5.6.3 Effect op afvoer ....54
6. Modelberekeningen ....56
6.1 Gebruikte modelinstrumentarium ....56
6.1.1 Oppervlaktewatermodel ....56
6.1.2 Grondwatermodel ....57
6.2 Scenarioberekening en toetsing aan toetskader ....58
6.3 Alterra streefbeeld 2 ....61
6.3.1 Beschrijving effecten ....62
6.3.2 Beschrijving toetskader ....64
6.4 Alterra streefbeeld 4 ....65
6.4.1 Beschrijving effecten ....65

6.4.2 Beschrijving toetskader ....67
6.5 Alterra streefbeeld 0....68
6.5.1 Beschrijving effecten ....68
6.5.2 Beschrijving toetskader ....69
6.6 Alterra zomerpeil +20cm ....69
6.6.1 Beschrijving effecten ....70
6.6.2 Beschrijving toetskader ....71
6.7 Conclusies Alterra streefbeelden ....71
6.8 Scenario 6 & 7 – Optimalisatie Alterra ontwerp....72
6.8.1 Beschrijving effecten ....73
6.8.2 Beschrijving toetskader ....74
6.8.3 Conclusies scenario 6&7....74
6.9 Scenario 8 Kamsalamander ....75
6.9.1 Beschrijving effecten ....76
6.9.2 Beschrijving toetskader ....78
6.10 Scenario 9A Vechtdalrund ....79
6.10.1 Beschrijving effecten ....80
6.10.2 Beschrijving toetskader ....82
6.11 Scenario 9B ....83
6.11.1 Beschrijving effecten ....84
6.11.2 Beschrijving toetskader ....85
6.12 Scenario 9C Vechtdalotter....86
6.12.1 Beschrijving effecten ....86
6.12.2 Beschrijving toetskader ....87
6.13 Conclusies scenario 8 en 9....88
6.14 Scenario 10 ....88
6.14.1 Beschrijving effecten ....89
6.14.2 Beschrijving toetskader ....91
6.14.3 Conclusies scenario 10....92
6.15 Scenario 11 – VKA....92
6.15.1 Beschrijving effecten ....93
6.15.2 Beschrijving toetskader ....96

7. Voorkeursalternatief ..... 98
7.1 Stuwpand de Haandrik ..... 98
7.2 Stuwpand Hardenberg ..... 98
7.3 Stuwpand Mariënberg ..... 99
7.4 Stuwpand Junne ..... 100
7.4 Stuwpand Vilsteren ..... 101
8. Veiligheid ..... 103
8.1 Huidige situatie ..... 103
8.2 Benodigde ruimte ..... 104
8.3 Mitigerende maatregelen ..... 106
8.3.1 Inzet van berging ..... 106
8.3.2 Vergroten meandergeul ..... 106
8.3.3 Vasthouden van water in het achterland ..... 107
8.3.4 Verhogen van kades / hoge gronden ..... 107
8.3.5 Verlagen veiligheidsniveau Vecht ..... 108
9. Klimaat ..... 109
9.1 Klimaatrobuustheidstest oppervlaktewatersysteem ..... 109
9.2 Effect klimaat op grondwater, vertaling naar functies ..... 110
10. Monitoring ..... 112
10.1 Reguliere monitoring waterschappen ..... 112
10.2 Integraal monitoringsplan Overijsselse Vecht 2015-2019 ..... 112
10.3 Onderzoeksopgaven vanuit NNN/Natura2000/PAS ..... 113
10.4 Programma Lumbricus ..... 114
10.5 Overig onderzoek ..... 114
10.6 Gebruik onderzoeksdata ..... 114
11. Aanbevelingen ..... 115
11.1 Onderzoeksopgaven Natura2000 ..... 115
11.2 Ontwerp ..... 116
11.3 Overige onderzoeksopgaven ..... 117
11.4 Evaluatie en monitoring ..... 117

Bijlage 1 Recent uitgevoerde projecten langs de Vecht 119
Bijlage 2 Analyse onzekerheid oppervlaktewatermodel 123
Bijlage 3 Analyse onzekerheid grondwatermodel130
Bijlage 4 Effecten grondwater..... 135
Bijlage 5 Huidige Fysisch chemische en biologische waterkwaliteit 151
Bijlage 6 Toetsing effecten op KRW streefbeeld155
Bijlage 7 Morfologische activiteit Vecht Hardenberg - Junne 162
Bijlage 8 Resultaten controle effect verhang winterbed 163
Bijlage 9 Potentieel voor oeverafzettingen hermeandering Vecht 164
Bijlage 10 Toelichting Robuustheidstest..... 165

# 1. Inleiding

Afgelopen periode is hard gewerkt aan een integraal Plan op Hoofdlijnen voor de Vecht waarin gezocht is naar een watersysteem dat de verschillende opgaven integraal en optimaal bedient. Onderliggend aan dit plan op hoofdlijnen is een hydrologische watersysteemanalyse uitgevoerd waarin het functioneren van het watersysteem Vecht is onderzocht. Vervolgens is met behulp van alle opgedane kennis en modellen iteratief naar een integraal en afgewogen eindbeeld gewerkt, waarin tevens de effecten van de voorgestelde maatregelen zijn uitgewerkt. Het vertrekpunt voor deze watersysteemanalyse wordt gevormd door de streefbeelden voor de Vecht uit de rapportage "Herstelonderzoek Vecht". Voorliggende rapportage beschrijft het hydrologisch functioneren van de Vecht, het toetskader waaraan het ontwerp getoetst wordt en het iteratieve ontwikkeltraject waarin gezocht is naar een voorkeursalternatief. Daarnaast wordt de herkomst en betrouwbaarheid van de gebruikte hydrologische modellen en de technische beschrijvingen van de scenario's (pakketten van maatregelen) beschreven.

## 1.1 *Aanleiding*

Vanaf 2007 hebben de Duitse en Nederlandse samenwerkingspartners in het Vechtdal gewerkt aan een visie voor de Vecht[1]. Vanuit Nederlandse zijde waren daarin betrokken WS Velt en Vecht, Groot Salland en de provincie Overijssel. De Visie geeft een vertaling van het eindbeeld dat in 2050 gerealiseerd moet zijn. Dit is in het Masterplan ruimte voor de Vecht[2] concreet gemaakt voor de periode 2009-2016. Daarbij is tevens een uitvoeringsprogramma opgesteld voor de korte termijn[3]. Hieraan is inmiddels invulling gegeven.

De gebiedspartners hebben in het programma 'Ruimte voor de Vecht' en daarin door het Breed Bestuurlijk Overleg (BBO) een programma vastgesteld dat bestaat uit een toekomstbestendige klimaatrobuuste omvorming

---

[1] *De grensoverschrijdende Vechtvisie is opgesteld in 2009 in de rapportage 'Grensoverschrijdende Vechtvisie' tussen samenwerkingspartners V&V, WGS, Prov. Ov., NLWKN, die Grafschaft, Kreis Steinfurt, Kreis Coesfeld, Kreis Borken.*

[2] *Masterplan uitvoeringsprogramma Vecht en Vechtdal, Kernteam Ruimte voor de Vecht, Prov. Overijssel 2009.*

[3] *Masterplan ruimte voor de Vecht, Programmateam Ruimte voor de Vecht, R. Baarslag, H. Bos, A. Gijlers, W. van der Griendt, L. Jehee, J. van Klompenburg, H. Kloosterboer, N. Lamers, J. van der Molen, A. te Rietstap, P. Scheepers, E. Stoit, 2009.*

van de rivier de Vecht tot een veilige, half natuurlijke laaglandrivier, conform de Regionale Voorkeursvariant[4]. De visie van de Vecht is daarmee bestuurlijk omarmd door het BBO Ruimte voor de Vecht.

Om de visie op termijn te realiseren is er voor de middellange termijn een aantal verplichtingen waaraan de overheid moet voldoen die benut kunnen worden om de visie van de Vecht verder vorm te geven. Namelijk in de periode 2015-2020 dient de provincie Overijssel invulling te geven aan de natuuropgaven langs de Vecht en in de periode 2015-2027 dienen de waterschappen invulling te geven aan de KRW-opgaven. De Vecht is daarin een belangrijke schakel.

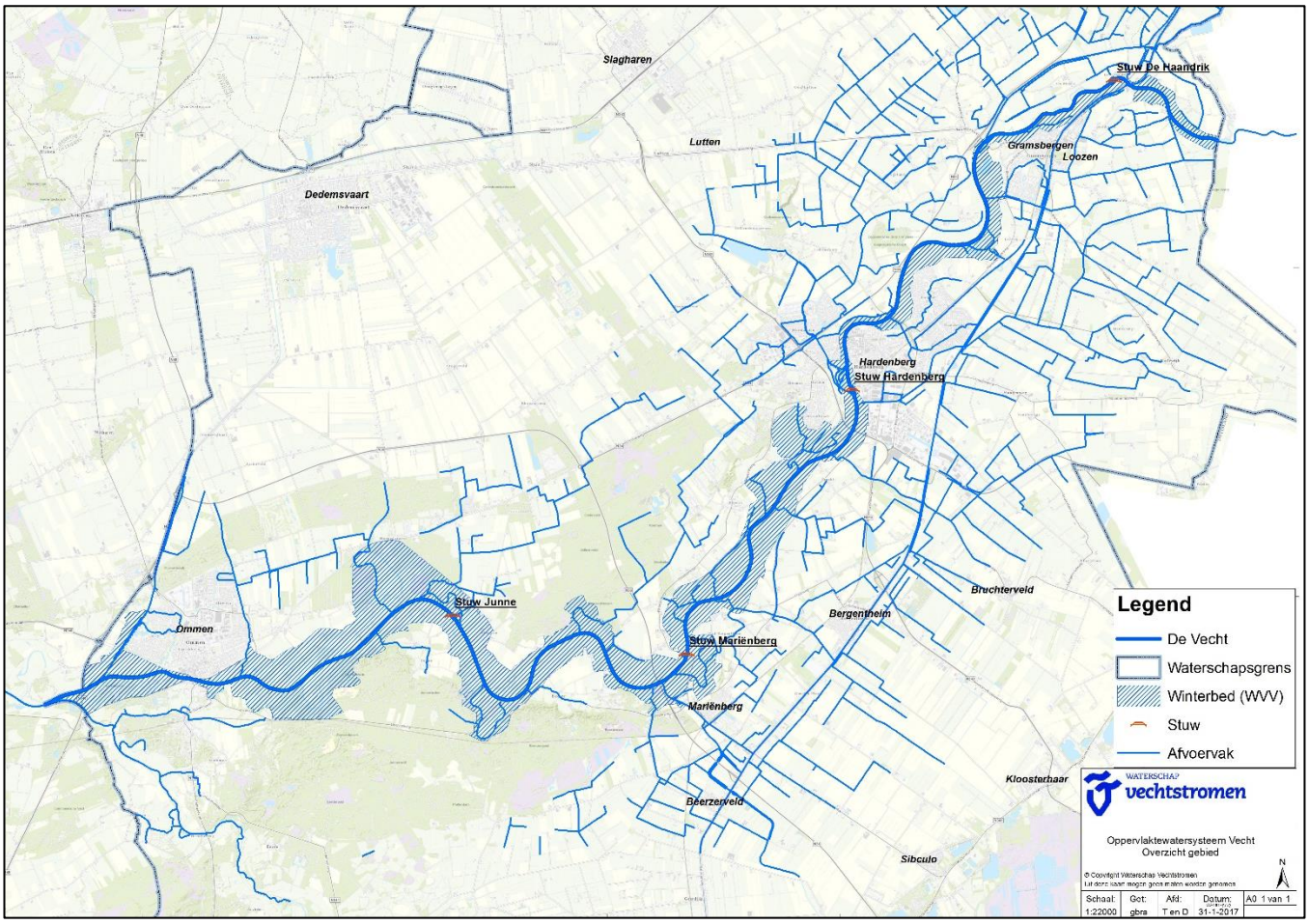
Zo is in het voorstel aan het dagelijks bestuur van 4 maart 2014 over doelen en het maatregelenpakket voor het Tweede Stroomgebiedsbeheerplan (*SGBP 2)* opgenomen: Met betrekking tot de Vecht is ervoor gekozen het KRW-maatregelenpakket zoveel mogelijk te laten samenvallen met de maatregelen en doelen die vanuit Ruimte voor de Vecht worden geformuleerd. De ervaring heeft geleerd dat deze maatregelen de nodige cofinanciering kennen en dat herstelprojecten mede daardoor in een relatief vlot tempo worden gerealiseerd. De KRW-ambitie is om in het deel met de meeste ecologische potentie (tussen Hardenberg en Ommen) toe te werken naar een aaneengesloten traject van ca. 15 km dat voldoet aan de criteria van de zgn. half natuurlijke rivier.

De Vechtvisie en het Masterplan Ruimte voor de Vecht staan voor de realisatie van een robuuste (veilige) halfnatuurlijke laaglandrivier in 2050. Hiervoor willen we ons de komende jaren samen met de partners blijven inzetten.

In het rivierherstel van de Vecht gaan waterveiligheid en het opvangen van de klimaatopgave, het integraal realiseren van natuuropgaven (o.a. Natura 2000 en KRW) en de creatie van een sociaal-economische impuls hand in hand.

We werken aan een plan op hoofdlijnen om zo de juiste bestuurlijke afwegingen te kunnen maken en draagvlak en kansen te creëren voor een natuurlijker inrichting van de Vecht. Het plan op hoofdlijnen slaat de brug tussen Vechtvisie en Masterplan aan de ene kant en concrete uitvoeringsprojecten aan de andere kant. Het maakt dat toekomstige projecten geen zelfstandige eilandjes in het Vechtdal zijn, maar dat alle projecten in samenhang leiden tot één half natuurlijke rivier die een icoon voor Nederland is en laat zien waar Nederland goed in is, namelijk ‘leven met water’.

[4] *Eindrapportage Uitwerkingsfase, Regionale Voorkeursvariant, DEEL I – Bestuursrapportage, Ruimte voor de Vecht, 2011.*




*Figuur 1 Overzicht Plan op hoofdlijnen Vecht, weergegeven zijn de begrenzing van het winterbed en de stuwen in de Vecht binnen het beheergebied van WVS*

Waterschap Vechtstromen heeft voor de Vecht binnen haar beheergebied (van Duitse grens tot net benedenstrooms Ommen op de grens met het beheergebied van waterschap Drents Overijsselse Delta (WDOD) gekozen voor een totale systeembenadering. Middels deze watersysteemanalyse wil het waterschap Vechtstromen, als partners van Ruimte voor de Vecht, een heldere koers meegeven voor de toekomst, waarbinnen de veilige halfnatuurlijke rivier zich kan vormgeven en bijdraagt aan de verschillende doelen en opgaven. In een gebiedsproces met onze partners zoeken we naar de juiste balans tussen natuur, landbouw, waterveiligheid en recreatie en beleefbaarheid.  Daar waar nadeel wordt ondervonden, zoeken we naar mitigerende maatregelen om belanghebbenden te compenseren.

## 1.2 *Achtergrond en context*

Voorliggende rapportage betreft het achtergronddocument bij het koersdocument Plan op Hoofdlijnen. Het koersdocument is het plan dat is ontstaan uit de kennis die is opgebouwd op grond van dit achtergronddocument. Het beschrijft de koers die op grond van de complexe watersysteemanalyse voor de Vecht is ontstaan. Plan op Hoofdlijnen beschrijft de conclusies en samenvatting van onder andere het proces wat is beschreven in voorliggende rapportage en geeft op de kaders voor de toekomst (2050) mee. Dit achtergronddocument beschrijft de onderbouwing en kaders waarop het plan op hoofdlijnen is gebaseerd en beschrijft de scenario’s die modelmatig zijn onderzocht.

Ook wordt hierbij het keuzeproces waarvoor deze scenario's hebben gediend gerapporteerd. Om tot een eindbeeld te komen dient voldoende flexibiliteit behouden te blijven voor ontwikkelmogelijkheden, maar is het wenselijk om het ontwikkelkader voor het totale watersysteem in beeld te hebben.
Hierdoor wordt het mogelijk in de loop der jaren maatregelen te realiseren die beter op elkaar aansluiten en potentiele spijt maatregelen te herkennen en te vermijden.

Het plan biedt kaders en houvast voor gebiedsontwikkeling in het Vechtdal en geeft de koers weer voor de veranderingen aan het watersysteem, voor korte termijn, maar zeker ook voor langere termijn. De inzet van dit document is om houvast te geven om stapsgewijs de transitie van de Vecht voor te bereiden.

Bij de waterschappen Vechtstromen en Drents Overijsselse Delta wordt in samenwerking met de provincie en zelfs grensoverschrijdend gewerkt aan verschillende projecten langs de Vecht. Samen wordt de komende jaren gewerkt aan verdere invulling van de Vechtvisie.

### 1.3 *Leeswijzer*

Voorliggend document vormt het achtergronddocument bij het plan op hoofdlijnen en geeft naast een onderbouwing van de gemaakte keuzes ook het proces weer hoe we zijn gekomen tot het voorkeursalternatief. Het document bestaat uit 11 hoofdstukken met ter onderbouwing 10 bijlagen. In het tweede hoofdstuk wordt een toelichting gegeven op de kaders die ten grondslag liggen aan het plan op hoofdlijnen. In hoofdstuk drie volgt de beschrijving van het watersysteem van de Vecht. Aan de orde komen onder andere: grond- en oppervlaktewater, bodemopbouw, waterkwaliteit maar ook het landgebruik en een korte geschiedenis van het gebied. In hoofdstuk vier wordt het toetskader beschreven aan de hand waarvan de verschillende scenario's zijn afgewogen. In hoofdstuk vijf wordt vervolgens het afwegingsproces in grote lijnen beschreven: hoe zijn we gekomen bij voorliggende voorkeursalternatief? Hoofdstuk 6 gaat wat meer de diepte in en beschrijft het modelinstrumentarium wat gebruikt is om de effecten en toetsing te onderbouwen, maar beschrijft ook in detail de resultaten van elk doorgerekend scenario. Hoofdstuk 7 beschrijft kort per stuwpand de kenmerken van het gekozen voorkeursalternatief. In hoofdstuk 8 wordt ingegaan de mogelijkheden om te voldoen aan de veiligheid. Vervolgens gaat hoofdstuk 9 in op de klimaatopgave en de verwerking daarvan in het plan op hoofdlijnen. In hoofdstuk 10 wordt beschreven hoe de planuitwerking gemonitord gaat worden. Tenslotte zijn in het laatste hoofdstuk de aanbevelingen voor het vervolg opgenomen.

# 2. Kaders en koers

Het Plan op Hoofdlijnen is een nadere uitwerking van de Vechtvisie, waarbij de verschillende opgaven die in het gebied liggen worden geïntegreerd. Naast de Vechtvisie liggen er opgaven vanuit de Natura 2000 en de KRW.

## *2.1 Vechtvisie*

Een belangrijke doelstelling van de Vechtvisie is om op basis van een gemeenschappelijk toekomstbeeld een kader te creëren voor huidige en toekomstige projecten en initiatieven langs de Vecht en in het Vechtdal. Een tweede doelstelling van de Vechtvisie is het stimuleren en intensiveren van de Duits-Nederlandse samenwerking tussen de betrokken partners.

De Vecht stroomt door een eeuwenoud cultuurlandschap en kan daarom niet worden omgevormd tot een volledig natuurlijke rivier. Geen van de Nederlandse of Duitse plannen of ontwikkelingsconcepten heeft dit ook als ambitie of wens. Wel wordt ingezet op de herinrichting van de Vecht als een halfnatuurlijke rivier. Zoals de kanalisering en regulering zich over tientallen jaren heeft voltrokken, zal ook de herinrichting van de Vecht als een halfnatuurlijke rivier een aantal generaties in beslag nemen. Het herstel van de Vecht is nauw verbonden met extensivering van de landbouw in het winterbed, eigendomsverhoudingen, beschikbaarheid van middelen, alsmede met hoogwaterveiligheid en desbetreffende ontwikkelingen in het gehele stroomgebied van de Vecht. Wat de landbouw betreft moet rekening worden gehouden met de huidige vorm van landbouw[5], waarmee boeren in hun levensonderhoud voorzien. Extensivering en ander gebruik van de grond zal uitsluitend kunnen plaatsvinden in overleg en is een langdurig proces[6].

## *2.2 Programma ruimte voor de Vecht*

De Vechtvisie is vertaald naar het programma Ruimte voor de Vecht waarin ook het klimaatrobuust maken van de Vecht een belangrijke rol speelt. Gedurende drie bestuursperiodes (2009 – 2018) is er door de verschillende (13) partners gewerkt aan de uitvoering van het programma.

---

[5] *Aanvullend inzicht op de vechtvisie: de landbouw is momenteel erg in beweging, deze ontwikkelingen passen goed bij de ontwikkelingen op hoofdlijnen langs de Vecht. Integratie hiervan is daarom uitgangspunt.*

[6] *Voor de totale vechtvisie wordt verwezen naar: http://devecht.eu/assets/uploads/files/NL_Vechtvisie_internet.pdf*

In de periode 2009-2015 is vooral geïnvesteerd in: projectenlijst (masterplan)
In de periode 2016-2018 wordt vooral geïnvesteerd in : afronden projecten / nieuwe projecten (zie BBO besluit), met name gericht op synergieprogramma Ruimte voor de Vecht.

## *2.3 Beleidsuitgangspunten*

Hoewel de kern van dit plan op hoofdlijnen bestaat uit de Vechtvisie, worden er ook vanuit andere beleidsvelden kaders en richtingen meegegeven. In deze paragraaf worden de belangrijkste weergegeven.

### *2.3.1 Europese KRW en Natura2000*

Het (Europese) natuurbeleid is gebaseerd op uitwerking van twee kaders, te weten de Europese Kaderrichtlijn Water en de Natura 2000.

**Europese Kaderrichtlijn Water**
In 2000 is de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) van kracht geworden. De KRW legt alle EU-lidstaten de resultaatverplichting op om de kwaliteit van alle wateren (rivieren, meren, kustwateren en grondwater) uiterlijk in 2027 op orde te hebben. Om dit voor elkaar te krijgen zijn drie planperiodes voorzien: 2010-2015, 2015-2021 en 2021-2027. Voor het selecteren van de maatregelen die daarvoor nodig zijn, geldt dat alle maatregelen die kosteneffectief zijn en geen significante schade veroorzaken aan de omgeving, in principe uitgevoerd moeten worden. In Rijn-Oostverband zijn daar afspraken over gemaakt. Teneinde de begrippen 'kosteneffectiviteit' en 'geen significante schade' optimaal tot hun recht te laten komen, hanteren verschillende waterschappen, waaronder Vechtstromen, een differentiatie in ecologische ambitieniveaus. Onderscheid wordt gemaakt in ecologische ambities op basis-, midden- en hoog niveau. Het waterlichaam "Overijsselse Vecht" kent een hoog ambitieniveau.

***KRW-ambities voor de Vecht***
De hoge ecologische ambitie voor de Vecht vloeit voort uit de omstandigheid dat (1) er vanuit de Vechtvisie al veel herstelprojecten gepland waren die – onder meer - tot doel hebben de aquatisch-ecologische kwaliteit van de Vecht te verbeteren en (2) de Vecht, gezien het watertype, in potentie een meer dan gemiddelde bijdrage kan leveren aan de (aquatisch-)ecologische diversiteit/kwaliteit van het beheergebied van Vechtstromen. De specifieke focus op de Vecht is met name vanaf de tweede planperiode ontstaan, omdat er toen voor gekozen is de KRW-doelen (en –maatregelen) vooral in een beperkt(er) aantal waterlichamen met hoge ecologische potentie te realiseren. De Overijsselse Vecht is daar één van, ook al omdat dit waterlichaam de 'ecologische toegangsweg' voor het hele beheergebied van Vechtstromen vormt.

De Overijsselse Vecht binnen het beheergebied van WVS wordt volgens de systematiek van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) getypeerd als een "langzaam stromend riviertje op zand/klei" (code R6). Het streefbeeld is 'half natuurlijke laaglandrivier' (zie kader).

**Streefbeeld Overijsselse Vecht (bron: waterschap Vechtstromen 2015)**
*Gestreefd wordt naar een half natuurlijke laaglandrivier. De rivier is permanent watervoerend en zones met vrije meandering komen voor. De oevers zijn lokaal begroeid met bomen en struiken. De rivier is bereikbaar en een vrije transportbaan voor planten en dieren.*
*De maatregelen zijn erop gericht het aandeel karakteristieke riviersoorten, zoals Rivierprik, Kwabaal, Zwarte Populier, Pijlkruid, Breedscheenjuffer en Weidebeekjuffer te laten toenemen door de stromingscondities te verbeteren, de habitatdiversiteit te vergroten, inundaties te laten plaatsvinden, oude meanders aan te sluiten en de passeerbaarheid van de stuwen te realiseren.*

*Voor NATURA2000 dient de populatie Bittervoorn, Kleine Modderkruiper en Rivierdonderpad beschermd te worden. Het leefgebied van de Grote Modderkruiper dient in dit kader uitgebreid te worden. Van belang hiervoor is een continue verbinding met watervoerende moerassige wateren of broekbos. Vissen uit de Vecht kunnen opzwemmen in de Beerserveldbeek en hier paaien. Voor de*

*vispopulatie in de Vecht betekent dit een verschuiving van de huidige visstand die gedomineerd wordt door Baars naar een vispopulatie die voor een belangrijk deel bestaat uit rheofiele soorten en soorten die van nature van en naar zee migreren. Op termijn zijn soorten als Zalm en Barbeel niet uit te sluiten.*

***Maatregelen***

In paragraaf 4.2.4 staat aangegeven welke factoren van belang zijn voor een goed functionerend (aquatisch) ecosysteem. Voor de Vecht worden de belangrijkste maatregelen gevormd door herstel van voldoende stroming in perioden met weinig afvoer (minimale inzet van stuwen in combinatie met een zo klein mogelijk dwarsprofiel en een meanderend lengteprofiel), een zo natuurlijk mogelijk peil, het optimaliseren van de passeerbaarheid van de stuwen voor vis en sediment, het realiseren van overstromingsgebieden in winter/voorjaar en het waar mogelijk laten ontstaan van een bosachtige begroeiing van de oevers. In de KRW-factsheet[7] staat aangegeven dat de kosteneffectiviteit van deze maatregelen het grootst is wanneer ze worden toegepast in het traject Hardenberg-Ommen (over een lengte van ca. 7 km).

***Wanneer hebben we de doelen bereikt?***

De realisatie van de KRW-opgave wordt getoetst aan de hand van de vraag of de afgesproken maatregelen daadwerkelijk zijn uitgevoerd. In hoeverre ze uiteindelijk ook leiden tot de gewenste GEP-scores is van secundair belang. Wanneer later blijkt dat deze scores lager uitvallen, ondanks uitvoering van alle afgesproken herstelmaatregelen, dan vindt in principe bijstelling van het GEP plaats. Blijkt echter dat de afgesproken maatregelen niet haalbaar zijn, moet een (bestuurlijk) traject richting Brussel gestart worden met als inzet een formele doelverlaging.

**Natura 2000**

Delen van het Vechtdal maken onderdeel uit van het Natura2000 gebied Vecht-Beneden Regge. In het kader van de ontwikkelingsopgave NNN/N2000 liggen hier aanvullende opgaven voor natuurherstel van de aangewezen habitattypes. Omdat dit natuurherstel een bindend karakter heeft in het kader van de Programmatische Aanpak Stikstof, is het logisch om deze opgave in afstemming met de bestaande programma-organisatie Ruimte voor de Vecht op te pakken. In de gebiedsanalyse voor het Vecht en Beneden-Reggegebied[8] wordt de opgave uitgewerkt middels een knelpuntenanalyse en vervolgens vertaald in een maatregelenpakket. Voor het gebied zijn diverse habitattypes aangewezen waarvoor instandhoudingsdoelstellingen en uitbreidingsdoelstellingen zijn geformuleerd.

Specifiek voor het stroomgebied van de Vecht is een aantal kenmerkende soorten te benoemende die behouden en waar mogelijk uitgebreid dienen te worden. Deze soorten staan op dit moment onder druk door de huidige inrichting van de Vecht; op meerdere plaatsen wordt achteruitgang geconstateerd door verdroging, eutrofiering, gebrek aan morfodynamiek, waardoor de standplaatsen van deze soorten niet (meer) voldoen aan de gewenste randvoorwaarden. Meer specifiek dienen de randvoorwaarden voor de voor dit gebied zo kenmerkende en unieke vorm van stroomdalgraslanden geoptimaliseerd te worden. Hiervoor is het vooral belangrijk de morfodynamiek te vergroten en de waterkwaliteit zodanig te verbeteren zodat eutrofiering geen probleem meer vormt. De afgelopen periode is de waterkwaliteit al sterk verbeterd (paragraaf 3.9); de ontwikkeling gaat daarmee

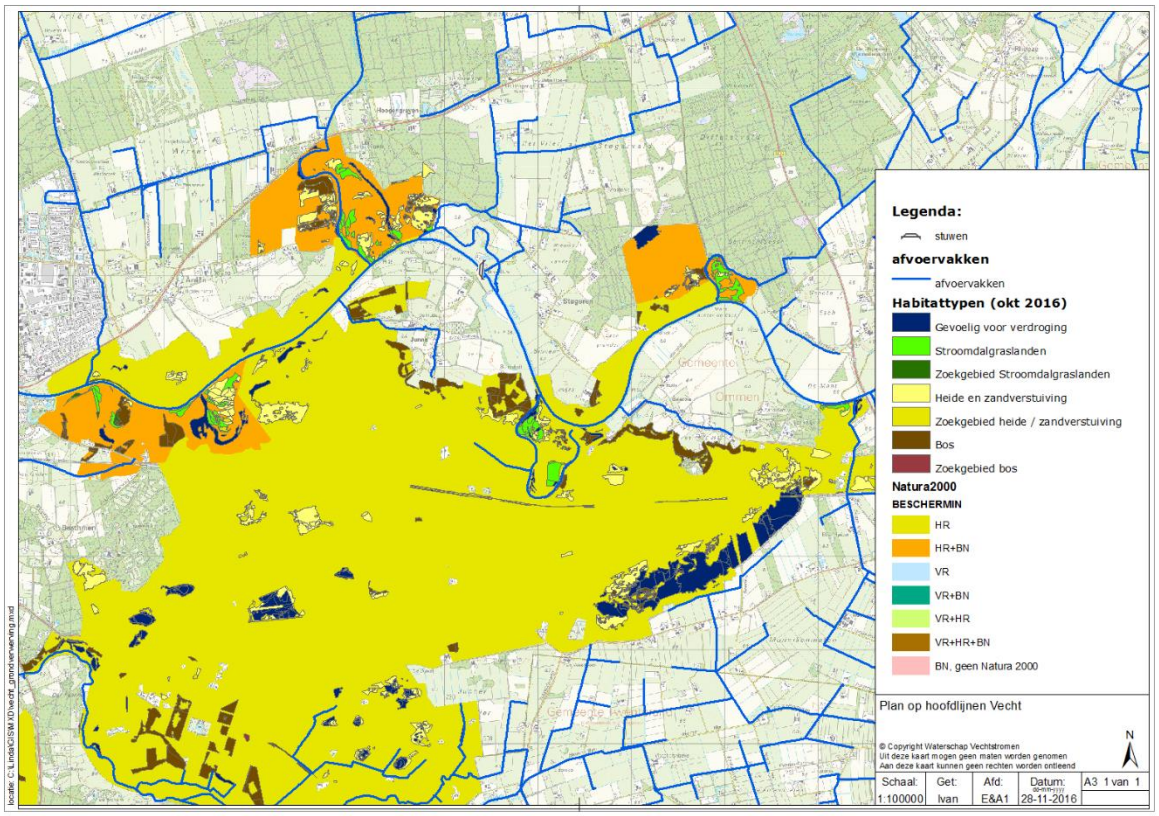
[7] *www.**vechtstromen**.nl/publish/pages/25091/7_e_bijlage_5_**factsheets_vechtstromen**.pdf*

[8] *Natura2000 gebiedsanalyse voor de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) Vecht- en Beneden-Reggegebied. KWR< Witteveen en BOS, RoyalHaskoningDHV, vastgesteld Gedeputeerde Staten van Overijssel 2015.*

de goede kant op. Qua morfodynamiek zijn aanvullende maatregelen benodigd om de instandhoudings- en uitbreidingsdoelen te kunnen behalen. Naast de stroomdalgraslanden zijn ook diverse grondwaterafhankelijke soorten aangewezen (o.a. trilvenen, blauwgrasland, alluviale bossen) voor deze soorten is hydrologisch herstel noodzakelijk.

De dynamiek in het grondwater is groot mede als gevolg van de sterke invloed van de Vecht op zijn omgeving, verder zijn de grondwaterstanden zijn en wordt er teveel kwel afgevangen door de Vecht maar ook door de aanwezige detailontwatering. Voor herstel en uitbreiding van deze soorten speelt de hydrologie een belangrijke rol. Tenslotte zijn een aantal habitattypen benoemd die vrijwel geen randvoorwaarden aan de hydrologie stellen maar vooral beïnvloed worden door de voedselrijkdom van de ondergrond en waterkwaliteit. Door middel van lokale maatregelen en het goede beheer kan een kwaliteitsimpuls voor deze soorten behaald worden.

Ten aanzien van het stroomgebied van de Vecht dienen de kenmerkende stroomdalgraslanden op de stroomruggen behouden en waar mogelijk uitgebreid te worden. Daarnaast zijn ook grondwaterafhankelijke natuur en diverse niet verdrogingsgevoelige soorten aangewezen om te worden behouden en waar mogelijk uitgebreid. Figuur 2 laat de begrenzing en een versimpelde aanwijzing van de habitattypen zien.




*Figuur 2 Begrenzing van Natura2000 gebied Vecht-Beneden Regge met voorkomens van diverse habitattypen (Bron: concept Habitattypen kaart provincie Overijssel, versie oktober 2016).*

### *2.3.2 Omgevingsverordening provincie Overijssel*

De omgevingsverordening van Provincie Overijssel is een juridisch instrument dat zorgt dat het provinciale beleid van de Omgevingsvisie doorwerkt in plannen van andere overheden. Het geeft onder meer regels voor gemeenten en waterschappen. Bij lokale inrichtingsopgaven is het belangrijk dat achtereenvolgend aandacht besteed wordt aan de natuurlijke laag, de agrarische cultuurlandschappen, de stedelijke laag en tenslotte de lust en leisure laag. Het actuele provinciale beleid is in te zien op de website van provincie Overijssel.

### *2.3.3 Gemeentelijke structuurvisies*

Naast het provinciale beleid zijn de gemeentelijke structuurvisies kader stellend voor met name de lokale uitwerkingen en deelprojecten. De deeluitwerkingen dienen getoetst te worden aan het beleid van gemeente Ommen en Hardenberg. Ten tijde van opstellen van dit plan op hoofdlijnen betreft het vigerende beleid de 'Kwaliteitsimpuls landschap Buitengebied Hardenberg', de 'Structuurvisie Vechtpark Hardenberg' en het 'Gemeentelijk omgevingsplan Ommen'. Het actuele gemeentelijke beleid is in te zien op de gemeentelijke websites.

### *2.3.4 Waterbeheerplan*

In het Waterbeheerplan van waterschap Vechtstromen  is aangegeven hoe het waterschap zijn taken de komende jaren (2016 tot 2021) wil uitvoeren. In het plan zijn doelen en maatregelen uitgewerkt voor de thema's waterveiligheid, voldoende water, schoon water en het zuiveren van afvalwater. Deze zijn gericht op: (1) het voorkomen of beperken van overstromingen, wateroverlast en droogte, (2) het beschermen en verbeteren van de kwaliteit van het oppervlaktewater en grondwater, (3) het realiseren van een goede ecologische en chemische kwaliteit van het (oppervlakte)water is en (4) het effectief en efficiënt behandelen van afvalwater in de afvalwaterzuiveringsinstallaties. Het actuele beleid van het waterschap is op de website van het waterschap terug te vinden.

# 3. Systeembeschrijving

Voorliggend hoofdstuk beschrijft de Vecht en het Vechtdal in de huidige situatie. Opeenvolgend komen aan de orde de topografie, de ontwikkeling van de Vecht , het landgebruik, het oppervlaktewatersysteem, de ondergrond en het grondwater.

## *3.1 Topografie*

In Figuur 1 is de Vecht binnen het beheergebied van waterschap Vechtstromen weergegeven. Het winterbed van de Vecht, het gebied binnen de regionale keringen, is gearceerd weergegeven. Ook de belangrijkste stedelijke gebieden en stuwen zijn te zien. Van bovenstrooms naar benedenstrooms stroomt de Vecht langs Gramsbergen, Hardenberg, Mariënberg en tenslotte Ommen. Het winterbed wordt voornamelijk begrensd door natuurlijke hoogten, op een aantal wat kortere trajecten zijn hiervoor keringen aangebracht om het winterbed te begrenzen.

## *3.2 Gebiedsontwikkeling van de Vechtdal*

Het Vechtdal is continu in beweging. De gebiedsontwikkeling is gericht op veiligheid, natuur en (sociale) economie. Ook naar de toekomst toe worden ontwikkelingen voorzien, zogenoemde autonome ontwikkelingen. In onderstaande paragrafen worden kort de belangrijkste veranderingen in de geschiedenis aangestipt en worden daarnaast de recente en autonomen ontwikkelingen benoemd die los staan van het Plan op Hoofdlijnen.

### *3.2.1 De Vecht van verleden tot nu*

Aan het begin van het Holoceen was de Vecht een vlechtende rivier. Doordat het klimaat warmer en natter werd ontstond een uitgebreide plantengroei. Door deze plantengroei werd in het bovenstroomse deel van de Vecht steeds meer water vastgehouden. Ook nam de erosie af doordat oevers van de Vecht vastgelegd werden. Als gevolg van deze veranderingen werd de afvoer gelijkmatiger verdeeld en gemiddeld genomen kleiner waardoor de dynamiek van de rivier verminderde en er een meanderend systeem ontstond. Als gevolg van het stijgen van de zeespiegel nam het verhang van de Vecht af, waardoor het ontwaterend vermogen van de Vecht minder werd en grondwaterstanden stegen. Gedurende het Holoceen werd het landschap rondom de Vecht daardoor steeds natter. Er ontstonden broekbossen, ruigtes en zeggemoerassen in de natste delen. Door het geringe verhang nam de overstromingsfrequentie toe waardoor voedselrijk slib werd afgezet. In de natste delen met stagnant water ontstonden hoogvenen. De afvoer uit het gebied werd nog lager en minder dynamisch als gevolg van de sponswerking van deze hoogvenen. Gezien het dalverhang, de sedimentlast en de afvoeren lijkt het waarschijnlijk dat de Vecht in deze periode een rechte tot licht slingerende rivier is geweest.

Het veengebied strekte zich uit vanaf het Duitse grondgebied tot het Beerzerzand[9]. Verder westelijk waren de veengebieden kleiner. In de middeleeuwen werd de invloed van de mens groter en werden deze venen grotendeels afgegraven. Het Vechtdal werd ingericht als landbouwgebied. Deze veranderingen hadden grote consequenties voor de afvoeren uit de Vecht; het bergende vermogen werd sterk verkleind waardoor veel hogere piekafvoeren ontstonden. Als gevolg van deze hogere piekafvoeren werd de morfologische activiteit van de Vecht groter waardoor sterkere erosie optrad en de sedimentlast door de Vecht toenam. De Vecht werd een actiever riviersysteem wat een meer meanderend karakter kreeg en grote kronkelwaarden ging afzetten. Zeer waarschijnlijk is de Vecht in de middeleeuwen veel actiever en grilliger geweest dan in de voorafgaande periode als gevolg van het menselijke ingrijpen. Tussen de Duitse grens en Hardenberg ligt de Vecht in een erg vlak gebied. Dit gebied dankt zijn vlakke ligging aan het feit dat de Vecht hier afgelopen periode veel materiaal heeft afgezet vanuit het bovenstroomse Duitse gebied waar het verhang en dus de stroomsnelheid veel groter is. Tussen Hardenberg en Dalfsen heeft de Vecht zich juist meer ingesneden. Door het insnijden werden de omliggende droge zandruggen nog droger en ontstonden zandverstuivingen[10], wat waarschijnlijk zorgde voor een extra versterking van de morfologische activiteit en het afzetten van kronkelwaarden.

Het grillige karakter van de Vecht had grote gevolgen voor de aanwezige landbouw. Vruchtbare grond waar veel in was geïnvesteerd in de vorm van plaggenbemesting werd door de Vecht afgekalfd. Agrariërs gingen hier defensief mee om door het vruchtbare plaggendek langs de Vecht te verwijderen aan het einde van het seizoen. Later werden ook meer offensieve maatregelen getroffen zoals de aanleg van kribben.

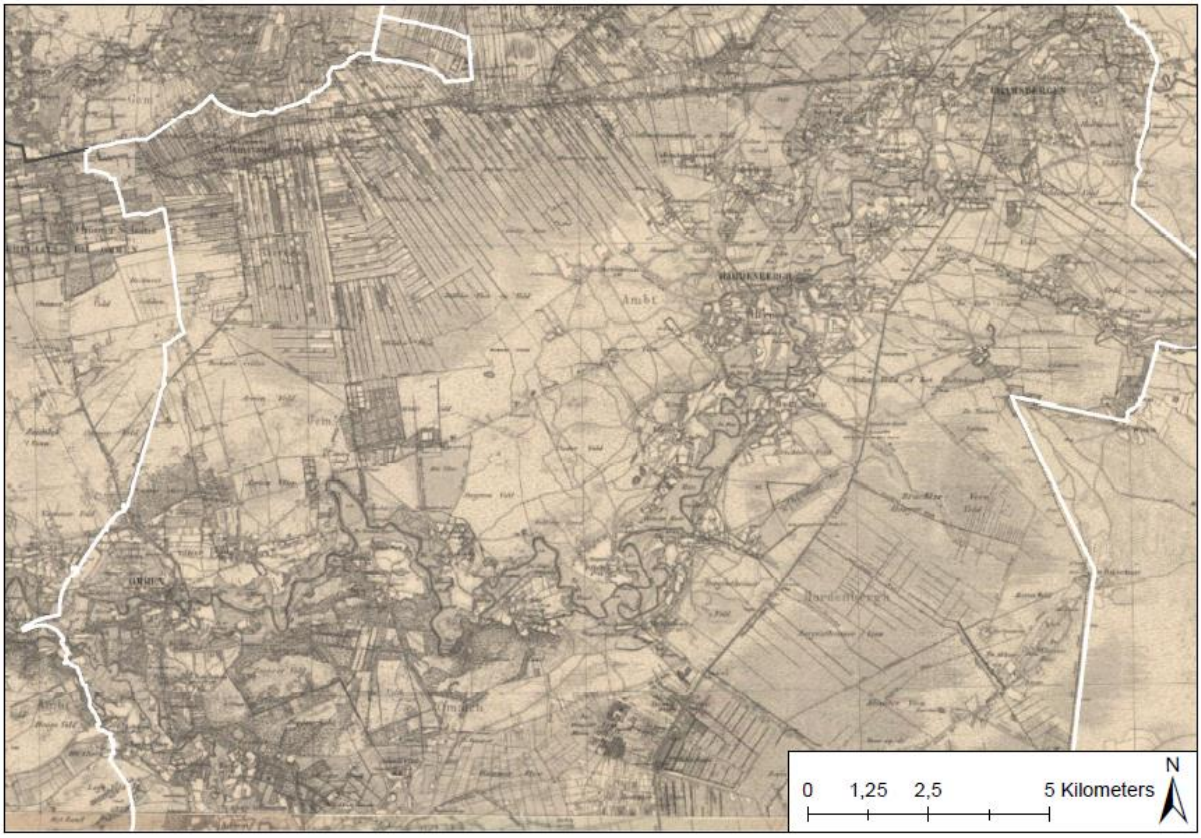
Vanaf de negentiende eeuw veranderde het landschap rondom van het Vechtdal opnieuw. Daar waar nog aanwezig werden de resterende veengronden aan weerzijde van het Vechtdal ontgonnen. Ook kregen met betrekking tot transport over water kanalen de voorkeur boven dynamische rivieren, wat leidde tot de aanleg van de Dedemsvaart en de kanalisatie van de Vecht rond 1910. Onderdeel van deze kanalisatie van de aanleg van 7 stuwen in de Vecht rond 1910 met als doel de Vecht op peil te houden. Met uitzondering van stuw Ane vormen deze 6 locaties en constructies nog steeds de bestaande stuwen in de Vecht: de Haandrik, Hardenberg, Junne, Mariënberg binnen het beheergebied van WVS en Vilsteren en Vechterweerd binnen het beheergebied van WDOD. In onderstaande oude topografische kaarten is dit proces duidelijk zichtbaar. Na 1910 is duidelijk te zien dat steeds meer land werd ontgonnen en ingezet als landbouwgrond.

In de afgelopen jaren ontstaat juist weer de wens de rivier natuurlijk in te richten en de kanalisatie, voor zover mogelijk weer ongedaan te maken. Vanaf circa 2004 is men begonnen met het ontstenen en meer ecologisch in te richten van de Vecht over het hele traject (beheergebied Vechtstromen maar ook Drents Overijsselse Delta). In totaal is in 2014 reeds 20 km van het hele traject weer ontsteend.

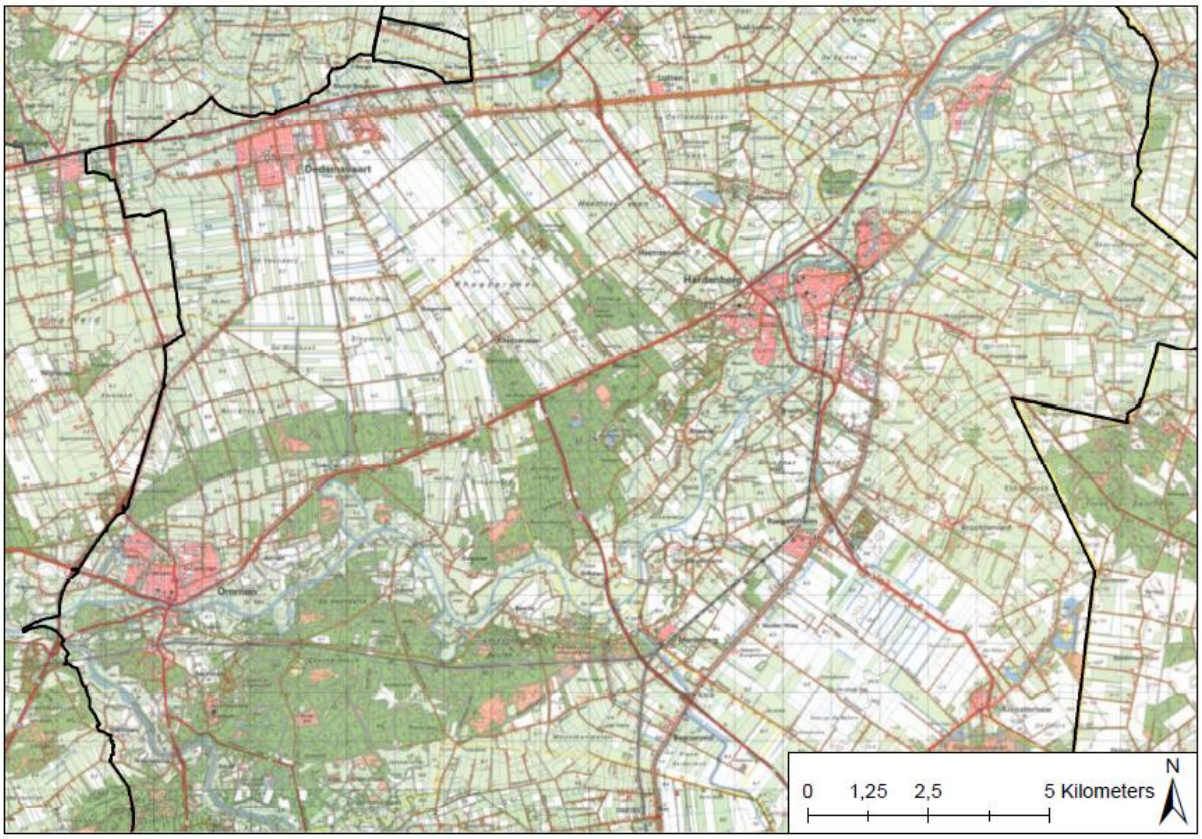
[9] Cultuurhistorische Atlas van de Vecht, 2012

[10] Cultuurhistorische Atlas van de Vecht, 2012

*Figuur 3 Topografische kaart uit 1825, duidelijk zichtbaar is het lange meanderende verloop van de Vecht en de beperkte ontginning van de omgeving*




*Figuur 4 Topografische kaart uit 1900, duidelijk zichtbaar is het lange meanderende verloop van de Vecht*




*Figuur 5 Topografische kaart uit 2000, de Vecht is gekanaliseerd, de omgeving is ontgonnen en veel bos is aangeplant (Bron: Archief Waterschap Vechtstromen, 2017)*

**Landbouw**

De landbouw en landgoederen kiezen voor een gebiedsgerichte benadering, waarbij agrarisch ondernemen en de landgoederen worden versterkt en ook in de toekomst een economische drager zijn voor het Vechtdal. Hiervoor wordt aangehaakt op geplande en voorgenomen inrichtingsprojecten van waterschap en provincie. Dit is tevens de basis van het Deltaprogramma Agrarisch Waterbeheer (DAW) waarbij, door vanuit het agrarisch perspectief naar de waterplannen te kijken, het streven is te komen tot gezamenlijke projectuitvoering met winst voor alle partijen. Het waterschap en de provincie richten zich met name op de maatregelen in het hoofdwatersysteem die doorwerken naar de andere functies in het Vechtdal. Bij de landbouw ligt de focus op de maatregelen in de haarvaten, het boerenland en –erf. Door al deze maatregelen in een gebied in samenhang uit te voeren versterken ze elkaar[11].

Agrarische ondernemers en landgoederen blijven de economische dragers in het Vechtdal. Knelpunten in het gebied moeten gekoppeld worden aan de opgaven, zoals Vruchtbare Kringloop Overijssel (VKO), KRW en NNN/Natura 2000. Er moeten strategische keuzes worden gemaakt om het rendement van de bedrijven te behouden. Niet enkel moet worden gekeken naar vergroten of verbreden van bedrijven, maar juist ook naar optimaliseren. Boeren zouden graag partner worden in het beheer van de natuur in hun directe omgeving. Bij de specifieke projecten, maar ook op strategisch niveau dient te worden nagedacht hoe streekeigen beheer te

[11] LTO Noord; projectplan Sterke Boeren-Sterke Landgoederen, sept 2016

realiseren is. Op dit moment is er onvoldoende inzicht in de dynamiek van de landbouw, zoals wensen voor bedrijfsbeëindiging en verplaatsingen. Een zekere landbouwdynamiek biedt ook mogelijkheden voor overige boeren in het gebied.

Thema's waar een verdiepingsslag op moet komen zijn het behoud van landbouwrechten (dubbelfuncties), biomassavraagstukken, het sluiten van kringlopen, combineren met recreatie en het versterken van het Vechtdalgevoel.

**Kansen bij integreren van landbouw**
Realisatie van de doelen in het Vechtdal is een uitdaging en niet eenvoudig. Het huidige gebruik vanuit landbouw, maar ook deels recreatie, staat op gespannen voet met het vanuit water, natuur en landschap gewenste beheer. Toch liggen er aanzienlijke kansen om de doelen en opgaven voor dit gebied op een goede wijze, dat wil zeggen met oog voor ieders belang, te realiseren. Dit is gebaseerd op de ervaringen met de realisatie van wateropgaven in het gebied vanuit het project Ruimte voor de Vecht. Met andere woorden het benutten van kansen door slimme combinaties van natuur, water en maatschappelijke en economische sectoren zoals de landbouw. Daarnaast zijn er kansen doordat er door de uitvoering van de PAS ontwikkelingsruimte gecreëerd wordt voor de landbouw en het overige bedrijfsleven.

Tenslotte zijn er kansen om in aansluiting op de vergroening van het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid in samenhang met een toekomstbestendige aanpak voor landschapsbeheer het toekomstig (collectieve) agrarische natuurbeheer in het Vechtdal nader vorm te geven. Dit in combinatie met de toenemende duurzaamheidseisen vanuit bijvoorbeeld de zuivelindustrie.

Bij al deze kansen zal rekening moeten worden gehouden met de kaders die er zijn voor de agrarische bedrijfsvoering en in het bijzonder de melkveehouderij. Bij verkeerde toepassing keren kansen zich mogelijk tot risico's. Voorbeelden van kaders zijn het fosfaatrechtenstelsel, derogatie en grondgebondenheid.

**Recreatie**
Door Natuur & Milieu Overijssel is de notitie Rust en Drukte opgesteld. Doel van deze notitie is om bezoekersstromen op een goede wijze te leiden waardoor er enerzijds begrip is voor beleving van het mooie Vechtdal en anderzijds ruimte is voor rustplekken om natuur goede kansen te bieden voor ontwikkeling. Basis is het zoneren van functies. Nabij de steden en de kruisingen van infrastructuur met de Vecht kan een intensivering van recreatieve mogelijkheden plaatsvinden (bijvoorbeeld de wildwater kanobaan bij Hardenberg). Daarbuiten wordt vooral ingezet op extensivering. Wandelen, fietsen of anderzijds extensieve recreatie is mogelijk. De notitie Rust en Drukte sluit ook aan de nota 'Beleefbaar Water' waarin het waterschap bepleit dat het water voor ieder benaderbaar en beleefbaar moet zijn.

**Bevaarbaarheid**
Op de Vecht is ruimte voor passende bevaarbaarheid. Een bevaarbaarheid die om kan gaan met de dynamiek van een half-natuurlijke rivier waarbij rivierprocessen geambieerd worden.

Om rivierprocessen te stimuleren is vanaf de periode 2007 ingezet op het ontstenen van de oevers, meandering en herinrichting, waarbij de kracht van de rivier weer mag leiden tot afkalving van de oevers. Dit leidt tot sedimentatie van zand op de bodem en op de oevers. Deze sedimentatie is nodig voor een natuurlijke dynamiek waarmee de verschillende natuurlijke doelen gerealiseerd kunnen worden. Doordat de afvoerdynamiek van de rivier door het jaar heen verandert, is de locatie en snelheid van sedimentatie wisselend. Er zijn periodes dat de rivier een stabiel uiterlijk vertoont, maar dit kan na een hoogwatersituatie weer anders zijn.

In het Masterplan Ruimte voor de Vecht (Augustus 2009) wordt gesteld dat de half-natuurlijke Vecht benedenstrooms van Ommen geschikt is voor de pleziervaart met een diepgang van 1 meter. Bovenstrooms van Ommen is avontuurlijke waterrecreatie mogelijk over de meanderende rivier: sloepen en zompen met een stille motor, waterfietsen, kanoën, vlotvaren, oeverrecreatie op meanderende strandjes.

Voor het deel bovenstroom van Ommen is een passend vaarconcept ontwikkeld en heeft waterschap Velt en Vecht in 2011 hiervoor een Vaarbesluit genomen met een maximale vaardiepte van 0,5 meter. Onderdeel van het bevaarbaar maken van de Vecht is het passeerbaar maken van de stuwen (Hardenberg en de Haandrik gereed en Mariënberg en Junne 2017/2018).

**Overige waterbeleving**
Naast vaarrecreatie wordt de Vecht ook gebruikt voor extensieve recreatie als kanoën, vissen en wandelen en fietsen. De hengelsportverenigingen hebben het recht te mogen vissen op de Vecht, hier zijn echter geen voorwaarden over bereikbaarheid of beheer van vegetatie in opgenomen.

De verschillende recreatieve voorzieningen langs de Vecht in de vorm van steigertjes, trekpontjes en dergelijke, zijn niet in beheer bij het waterschap. Wel heeft het waterschap afspraken hierover omtrent ligging in de hoogwaterperiode en beheerbaarheid van de vecht.

**Recent uitgevoerde projecten langs de Vecht**
In het beheergebied zijn verschillende projecten die in de voorgaande jaren hebben plaatsgevonden. Deze projecten hebben kaders en randvoorwaarden geschetst voor het door ontwikkelen van de Vecht tot een half natuurlijke rivier. In Bijlage 1 worden de randvoorwaarden vanuit de reeds uitgevoerde projecten weergegeven.

## *3.3 Landgebruik*

In het Vechtdal is het landgebruik een afwisseling van natuur, landbouw en stedelijk gebied. In Figuur 6 is de verdeling van het landgebruik weergegeven op basis van LGN 6 (landelijk grondgebruik Nederland). Het LGN wordt om de paar jaar geactualiseerd, versie 6 is gebaseerd op beelden uit 2007 en 2008. Voor het hydrologische onderzoek zijn met name stedelijk gebied, de landbouw in het winterbed en de doelen ten aanzien van natuur relevant.

Ten aanzien van stedelijke gebied zijn vooral de kernen Gramsbergen, Hardenberg, Ommen en Mariënberg relevant. Alle vier deze gebieden liggen buiten het winterbed en worden beschermd door regionale keringen (norm T=200). De invloed van de Vecht in de vorm van inundaties op deze gebieden is daarmee zeer beperkt. Echter de grondwaterstanden in deze kernen worden wel beïnvloed door de Vecht daar waar de Vecht dichtbij genoeg ligt. Uit paragraaf 3.7 blijkt dat er nog een significante invloed is van de Vecht op de grondwaterstanden in beide kernen. Tenslotte speelt de afwatering via overstorten uit deze gebieden een rol omdat deze beïnvloed worden door de waterstanden van de Vecht. In het toetskader (Hoofdstuk 4) wordt hier verder op in gegaan. Hardenberg en Ommen hebben afgelopen jaren geïnvesteerd in het vergroten van de beleving van de Vecht en ruimtelijke kwaliteit. Ten behoeve van de veiligheid van het stedelijk gebied is ingestoken op projecten in het kader van Ruimte voor de Vecht; meer robuustheid door verleggen en verbeteren dijken, nevengeul en oplossen flessenhals bij Ommen. De overstromingsrisico's buiten het winterbed zijn afgenomen door ontwikkeling en inzet van de bergingsgebieden Noord en Zuid Meene.

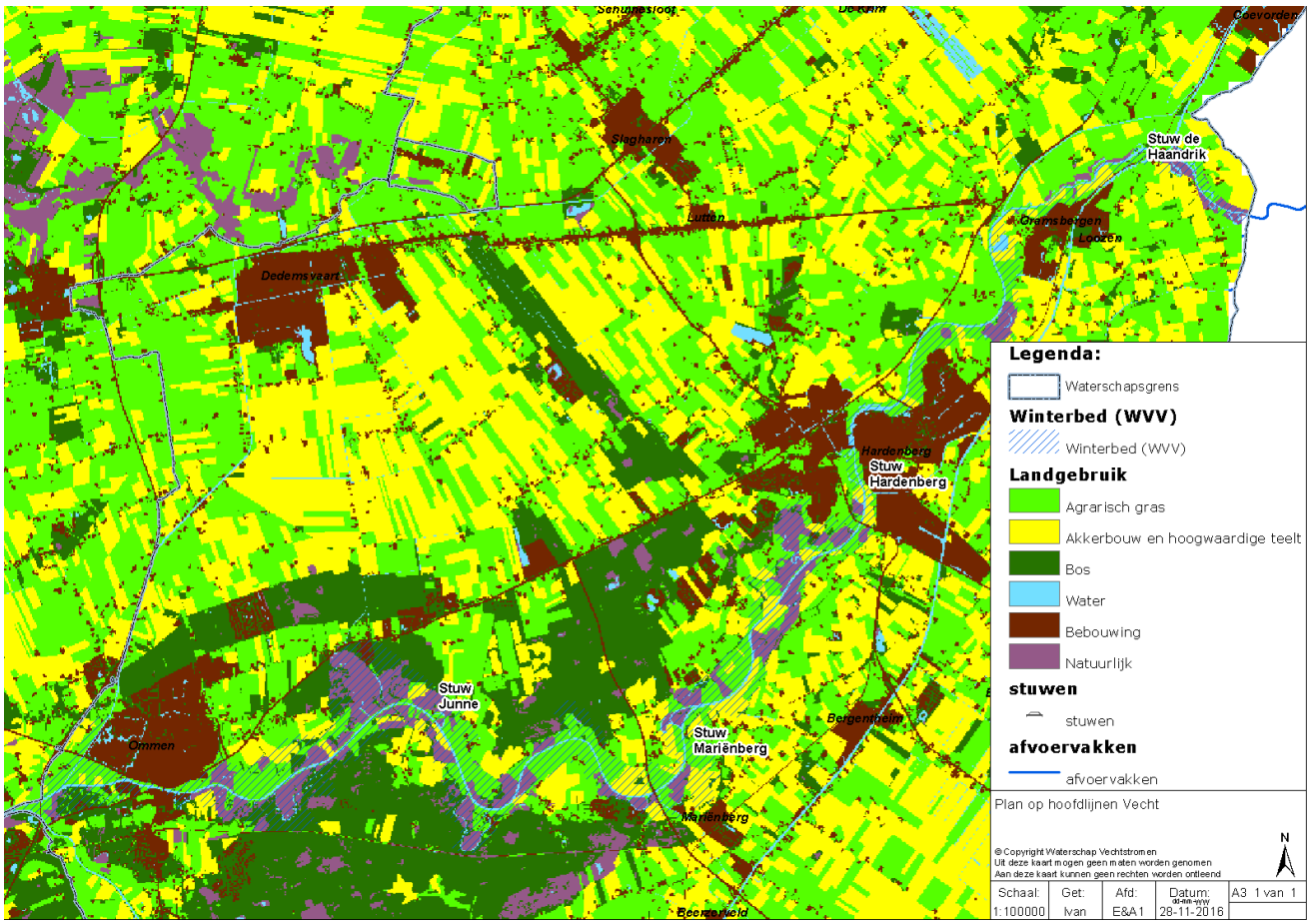
De aanwezige landbouwgronden in het winterbed bestaan voor het grootste deel uit grasland. Akkerbouw en hoogwaardige teelten komen beperkt binnen het winterbed voor. Voor het gebied binnen het winterbed zijn geen normen vastgesteld ten aanzien van inundatie, omdat gronden hier regelmatiger kunnen en mogen inunderen. De mogelijkheden voor landbouw en met name voor akkerbouw wordt op de gronden binnen het winterbed beperkt door regelmatig optredende inundaties.

Ten aanzien van natuur is onderscheid te maken in natuurdoelen vanuit de EHS en Natura2000 (ook onderdeel van de EHS). Daarnaast speelt de meer dynamische aquatische natuur die zich vooral in en rondom de Vecht

afspeelt (KRW opgave). De gronden met alleen een EHS doel liggen voornamelijk in het stuwpand Mariënberg. De doelen ten aanzien EHS gecombineerd met Natura2000 liggen voornamelijk in de stuwpanden Junne en Vilsteren. Daarnaast ligt er een EHS doel op het reservaat Rheezermaten in stuwpand Mariënberg.

Afgelopen periode zijn er relatief weinig nieuwe ontwikkelingen en uitbreidingen ten aanzien van natuur geweest. De ontwikkeling die er was heeft zich vooral op de aquatische natuur gericht in de vorm van  ontstening van de oevers en vispasseerbaarheid.

Tenslotte spelen de landgebruiksfuncties  landgoederen en campings nog een prominente rol in en rondom het winterbed van de Vecht. Er liggen verschillende landgoederen langs de Vecht. De relatie met de Vecht is echter beperkt, de voordelen en versterkende kenmerken worden niet optimaal benut. De positieve relatie tussen de campings en de Vecht is groter, echter deze kan nog meer versterkt worden. Op dit moment bevinden zicht een groot aantal kwaliteitscampings in de omgeving van de Vecht, enkele liggen aan de Vecht.




*Figuur 6 Hoofdklassen Landgebruik gebaseerd op het LGN 6 (Alterra)*

### *3.4 Beheer*

Het waterschap is verantwoordelijk voor een veilig en goed werkend watersysteem. Voor de Vecht betekent dit concreet dat het waterschap 2x per jaar het maaibeheer van de kades langs de rand van het winterbed uitvoert en 1x per jaar de zode inspecteert op graafschade door mollen, woelmuizen ed. Permanente controle is er op de aanwezigheid van muskusratten en, indien nodig, worden deze bestreden.

Tweejaarlijks wordt het profiel van het zomerbed gecontroleerd en wordt hierop gehandhaafd. Incidenteel wordt ook gebaggerd voor de varende pontjes. Daarnaast controleert en onderhoudt het waterschap de natte kunstwerken (denk aan stuwen, sluizen, vispassages, maar ook aan (klep)duikers en dammen) en zaken die ten dienste staan van het varen zoals borden, ballenlijnen en inlaatplaatsen. Ongewenste beplanting voor en na de kunstwerken wordt verwijderd. Overige taken zijn de controle op de kades en keringen (jaarlijks de coupures en

vijfjaarlijks de hoogte) en handhaven op basis van de Keur. Het beheer van de Vecht, maar ook de taakverdeling ten aanzien van onderhoud tussen Waterschap en derden wordt vastgelegd in een Beheer en Onderhoud Document (BOD).

**Beheer door derden**
Het vegetatiebeheer van het winterbed is verantwoordelijkheid van de terreinbeheerder. De terreinbeheerders besteden vaak het onderhoud uit aan pachters. Het waterschap geeft vanuit haar hoogwaterveiligheidstaken randvoorwaarden mee aan de toegestane vegetatie. Daarnaast kan provincie randvoorwaarden meegeven voor beheer wanneer er natuuropgaven of beheerpakketten op de gebieden liggen.

Jaarlijks moet het zomerbed in de periode 1 december tot 15 maart vrij zijn van obstakels. Er liggen pontjes en drijvende havendelen in de Vecht. Deze zijn in beheer bij gemeente. Sinds kort blijven deze gedurende de winter liggen. Momenteel (2017) wordt gekeken of dit beheerbaar is.

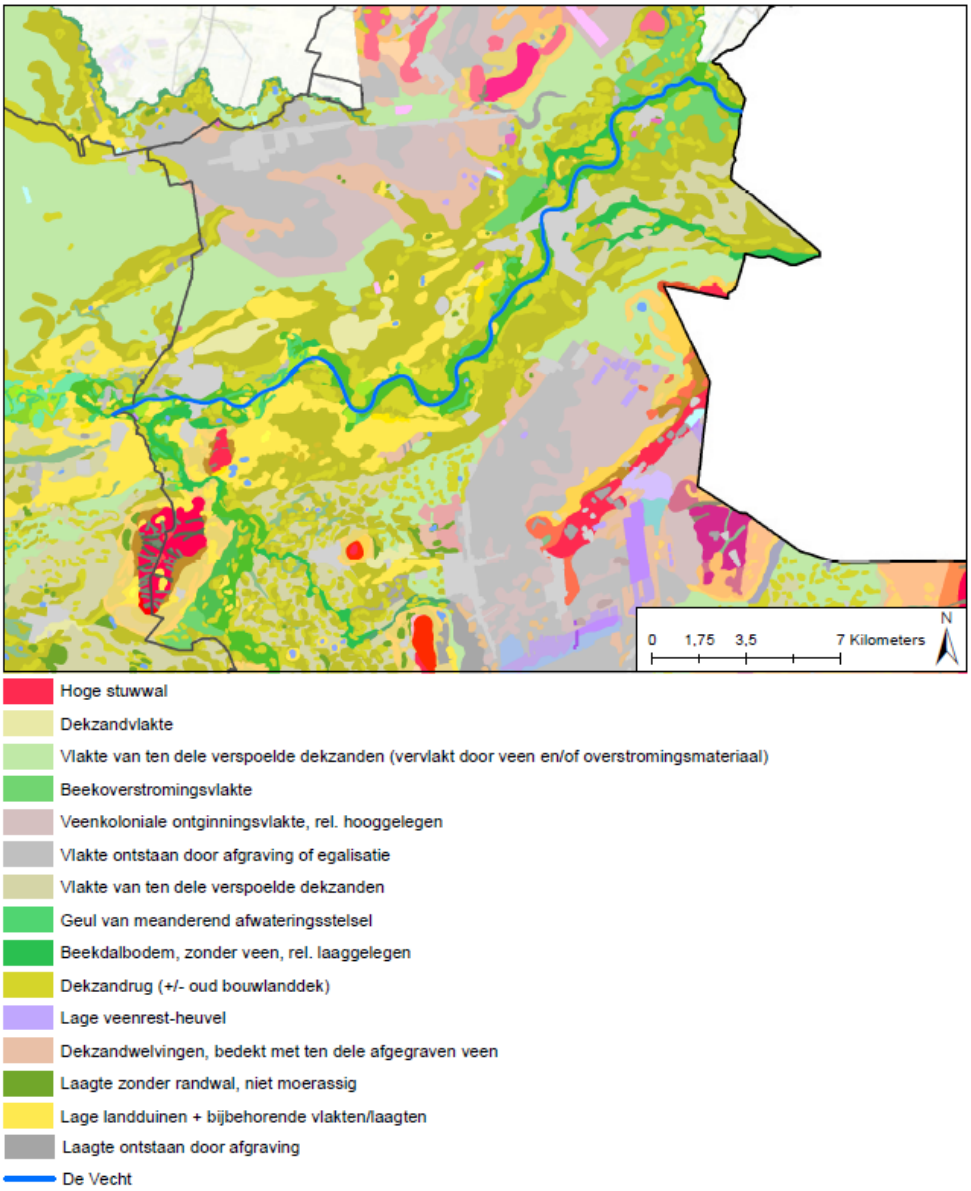
Voor de stedelijke trajecten is er een natuurlijke verdeling van taken ontstaan. Veelal is de begrenzing van eigendommen en taken duidelijk, maar is er een logische verdeling in taken ontstaan die zich niet persé beperkt tot ieders eigendom. Er wordt hier vooral gebruik gemaakt van ieders mogelijkheden. (Bijvoorbeeld: het waterschap maait voor gemeente en gemeente houdt duikers schoon voor het waterschap.)

**Ontwikkelingen**
Parallel aan het opstellen van het Plan op Hoofdlijnen is het Project Duurzaam Beheer Winterbed. Voor het totale Nederlandse deel van de Vecht is NMO (Natuur Milieu Overijssel) bezig met een visie en uitwerking hiervan op het beheer van het winterbed. Het Plan op Hoofdlijnen moet met name richting geven aan projecten, het project beheer winterbed is met name gericht op de instandhouding van het winterbed.

**Concreet**
- Jaarlijks, van 1 dec – 15 mrt moet het zomerbed vrij zijn van obstakels. Afhankelijk van de pilot kunnen hier uitzonderingen op worden gemaakt.
- Inlaatpunten langs de Vecht: (totaal incl WDOD) 4,2 m3 /sec. Minimaal te garanderen afvoer van de Vecht bij de Duitse grens is 1,5m3/sec. Inlaat is niet toegestaan wanneer het Vechtpeil meer dan 10 cm onder het streefpeil ligt.
- De peilen van de Vecht zijn formeel vastgelegd op verschillende plekken:
    - Het tractatenblad Jrg. 1974, nr. 62 bevat een overeenkomst tussen Nederland en Niedersachsen betreffende de vecht. Het betreft stuwpeilen van De Haandrik en Hardenberg.
    - Regeling stuwen op de Overijsselse Vecht, 1925
    - Integraal waterbeheerplan voor de Overijsselse Vecht, 1994.

## *3.5 Ondergrond*

### *3.5.1 Geomorfologie*
Volgens de geomorfologische kaart van Nederland (Figuur 7) bevindt de Vecht en zijn rivierdal zich in een gebied met dekzandruggen en welvingen met beekoverstromingsvlakten (Pleistoceen, Kreftenheye en deels Boxtel). Deze dekzandruggen kunnen uitgesplitst worden in ruggen en duinen en vlaktes. De duinen bevinden zich vooral rondom de vecht. Ten zuiden van de Vecht vinden we een grote dekzandvlakte. Daaromheen (en bovenop) bevinden zich Veengebieden uit het holoceen die deels afgegraven zijn. Benedenstrooms richting Zwolle (buiten het beheersgebied van WVS) liggen vooral fluviatiele afzettingen van de IJssel en de voorlopers van de IJssel ten zuiden van de vecht aan het maaiveld.




*Figuur 7 Geomorfologie van het Vechtdal (Bron: Alterra, 2017)*

Het Vechtdal zelf vindt zijn oorsprong in de Saale ijstijd. De ijskap die in deze tijd ontstond dwong de rivieren die altijd naar het noorden stroomde langs de westrand van de ijskap te stromen. Zeker gedurende de zomers werd via deze systemen veel water afgevoerd waardoor een ondiepe maar zeer brede insnijding ontstond die wordt aangeduid als de oerstroomdalen. Later bij de uitbreiding van de ijskap, zorgen grindige afzettingen in het oerstroomdal van de Vecht dat de ijskap zich niet naar het westen uitbreidt maar zich ingraaft met stuwwallen tot gevolg. Ondanks dat veel van het land bedekt was met ijs, speelt water een grote rol. Onder het ijs zorgen subglaciale rivieren voor diepe uitsnijdingen in het oerstroomdal. Toen aan het einde van het Saalien het ijs wegsmolt, ontstonden grote smeltwaterstromen door de oude stroomdalen. Dit smeltwater zorgde voor een opvulling met zand en grind, maar ook voor een verbreding van het stroomdal. Gedurende deze periode is het stroomdal van de Vecht sterk veranderd, maar is wel ongeveer op dezelfde locatie gebleven.

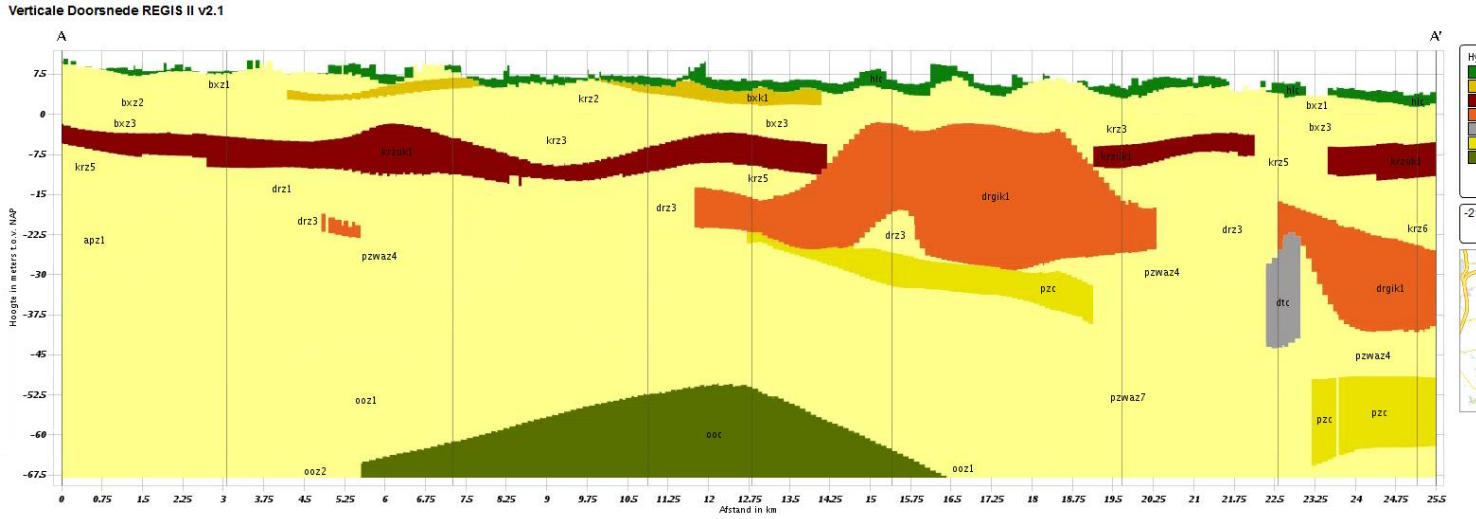
In de laatste ijstijd bereikte het ijs Nederland niet meer, maar toch was dit een periode waar onder extreme omstandigheden grote hoeveelheden zand en grind is afgezet. Ook de oerstroomdalen worden hierbij opnieuw uitgediept en opgevuld. Het Vechtdal veranderd in een kleine laagte binnen het oude grote oerstroomdal.

### *3.5.2 Geohydrologie*

De geohydrologische basis ter plaatse van het stroomgebied van de Vecht ligt gemiddelde genomen op ongeveer 100m-NAP bestaande uit een kleilaag uit de formatie van Breda. Dit pakket is afgezet onder Mariene ondiepe omstandigheden in het Mioceen. Hierboven vinden we opeenvolgend klei en zandpakketten uit de formaties van Oosterhout (Marien), Appelscha (fluviatiel), Drenthe (glaciaal), Kreftenheye (fluviatiel) en Boxtel (fluviatiele en eolische afzettingen).

In het grootste deel van het gebied, bestaat het freatische pakket voornamelijk uit zanden van de Formatie van Kreftenheye en Boxtel met daarop een holoceen dek. Globaal gezien vinden we tot net benedenstrooms van stuw Mariënberg direct onder holocene dek een relatief ondoorlatende fluviatiele laag uit de formatie van Boxtel (dikte ongeveer 1 tot 3 meter). De daaronder liggende formatie van Kreftenheye is afgezet door voorlopers van de Rijn en is daarom vaak erg heterogeen. De afzettingen betreffen in de basis zand van verschillende textuur met lokaal dunne lemige en soms ook venige laagjes. Onder het freatische pakket ligt een scheidende laag die onderdeel is van de Formatie van Kreftenheye (het laagpakket van Zutphen). Dit laagpakket ligt op ongeveer 3 m-NAP en heeft een dikte van ongeveer 3 a 4 meter. Dit relatief ondoorlatende pakket vormt de grens tussen het freatische grondwater en het eerste watervoerende pakket en is in een groot deel van het stroomgebied van de Vecht aanwezig. Echter in het deelgebied Karshoek-Stegeren en onder het Junner Koeland lijkt deze laag (op basis van de REGIS boringen) te ontbreken. Echter juist in dit gebied is het op globaal dezelfde diepteligging het relatief ondoorlatende (en dikkere tot ca 27 meter dikker) laagpakket van Gieten aanwezig (formatie van Drenthe). Dit laagpakket bestaat uit keileem en grondmorene en zorgt ook hier voor een scheiding tussen het freatische pakket en het eerste watervoerende pakket.

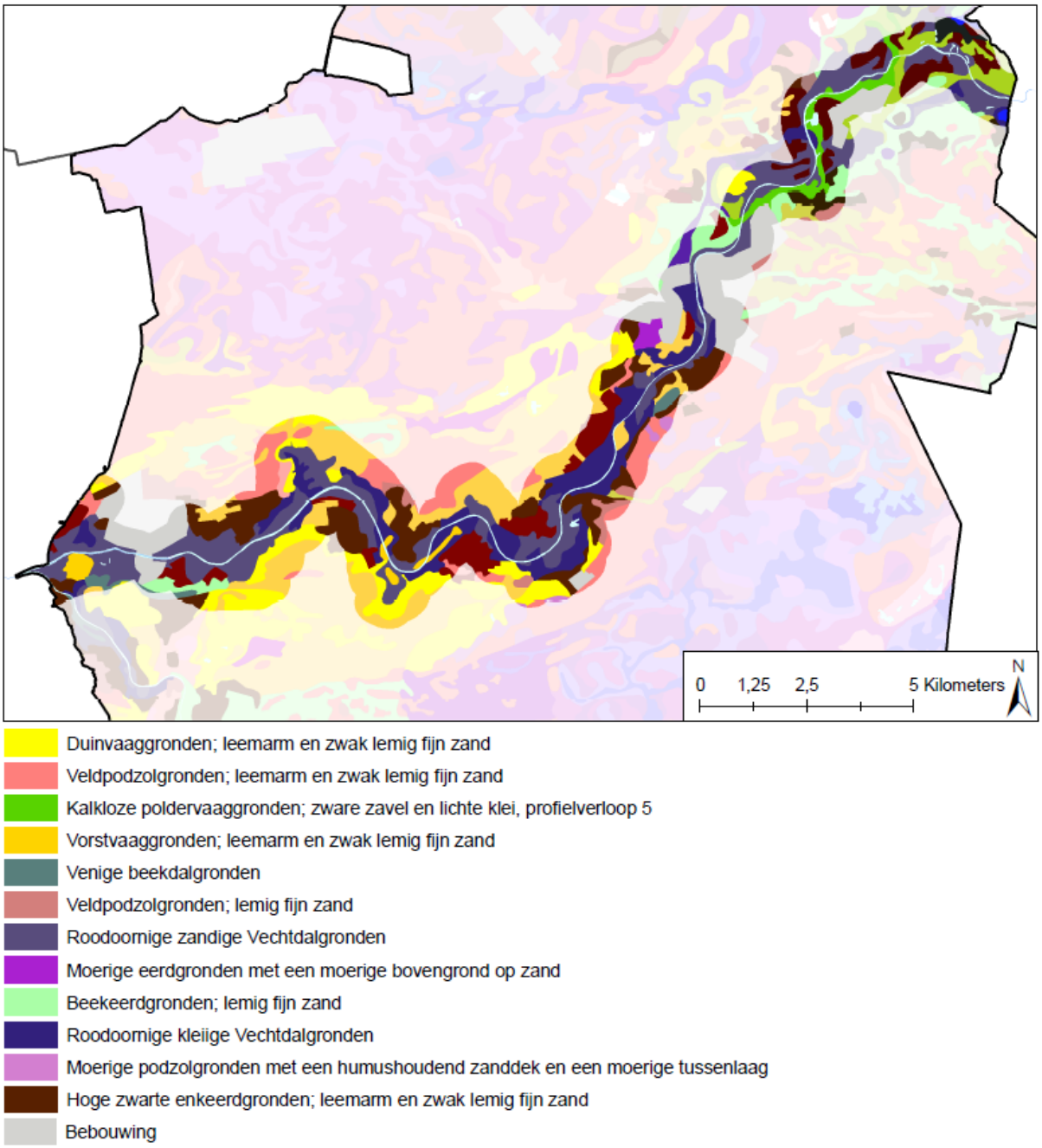
Uit de beschikbare boorgegevens binnen het Vechtdal blijkt dat de bodem erg heterogeen is en de aanwezigheid en dikte van de ondoorlatende lagen behoorlijk verschilt. Dit betekent dat de werkelijke bodemopbouw flink kan verschillen van de hierboven geschetste globale opbouw van de ondergrond. Op sommige locaties is een duidelijk waarneembaar dik kleipakket van meer dan 10 meter dik aanwezig, terwijl op andere locaties slechts een beperkt aantal dunne leemlaagjes aanwezig zijn. Hierbij lijkt het erop dat vooral richting Ommen de aanwezigheid van klei afneemt en er geen sprake meer is van een aaneengesloten scheidende laag. Dit betekent dat de dikte van het watervoerende pakket toeneemt en daarmee de invloedsafstand van ontwateringsmiddelen op de omgeving, echter tegelijkertijd neemt het effect van de Vecht op de omgeving op kleinere afstand af. Door de grote heterogeniteit van de bodem op korte afstand neemt de onzekerheid toe. Het is daarom moeilijker een goede voorspelling met een grondwatermodel te doen ten aanzien van de invloed van diverse maatregelen in de Vecht en de lokale ontwateringsmiddelen op de omgeving.




*Figuur 8 Verticale doorsnede ondergrond Vecht in beheergebied Vechtstromen (Bron: Regis II.1, TNO, DINOloket)*

### 3.5.3 Bodem

De bodemkaart van Nederland laat vergelijkbare patronen zien als de geomorfologische kaart. Binnen het rivierdal is de bodemkundige variatie te groot om op deze kaartschaal weer te geven. Daarom zijn de meeste gronden aangegeven als Associatie van roodoornige Vechtdalgronden fAF (Booij 1989). Deze gronden hebben gemeen dat zij een zeer ijzerrijke bovengrond hebben (indicatie voor historische kwel). De variatie in textuur en het voorkomen van moerige lagen is zeer groot. Wel is er onderscheid gemaakt in kaartvlaken waar kleiige bodems overheersen (fAFk) en waar zandige bodems overheersen (fAFz). Buiten het rivierdal vinden we ter plaatse van de dekzandruggen vooral vaaggronden (vlak- vorst- en duinvaaggronden). Vaaggronden zijn relatief jonge gronden waardoor slechts beperkt bodemvorming heeft plaatsgevonden. Binnen de vlakvaaggronden worden duinvaag- en vlakvaaggronden onderscheiden op basis van de aanwezigheid van ijzerhuidjes om de zandkorrels (Wopereis & Rutten 1971). De duinvaaggronden hebben een duinachtige ligging en soms een beginnende podzolering. Vlakvaaggronden liggen in uitgestoven laagtes. In de eerste fase van bodemvorming vanuit duinvaaggronden ontstaat verbruining door verplaatsing van geaccumuleerde humus die leidt tot vorstvaaggronden. In een vervolgstadium ontstaat vervolgens podzolering. In de oudere gronden, vooral zuidelijk van de Vecht en op het dekzandplateaus liggen oudere verder ontwikkelde podzolgronden (moerig, haarpodzol en veldpodzol). Naast deze zandgronden vinden we diverse typen eerdgronden met als gemeenschappelijke kenmerk; ophoging door menselijk ingrijpen als gevolg van het zogenaamde potstallensysteem. Deze gronden liggen hoog in het landschap en hebben een dikke organische toplaag. Tenslotte worden er lokaal nog veengronden aangetroffen. In Figuur 9 is de bodemkaart van Nederland 1:50.000 weergegeven voor het Vechtgebied. Dit een kaart op grofschalig niveau; de informatie uit deze kaart is niet geschikt voor interpretatie op perceelsniveau.




*Figuur 9 Bodemkaart 1:50.000 voor het gebied rondom de Vecht (Bron: WUR, 2017)*

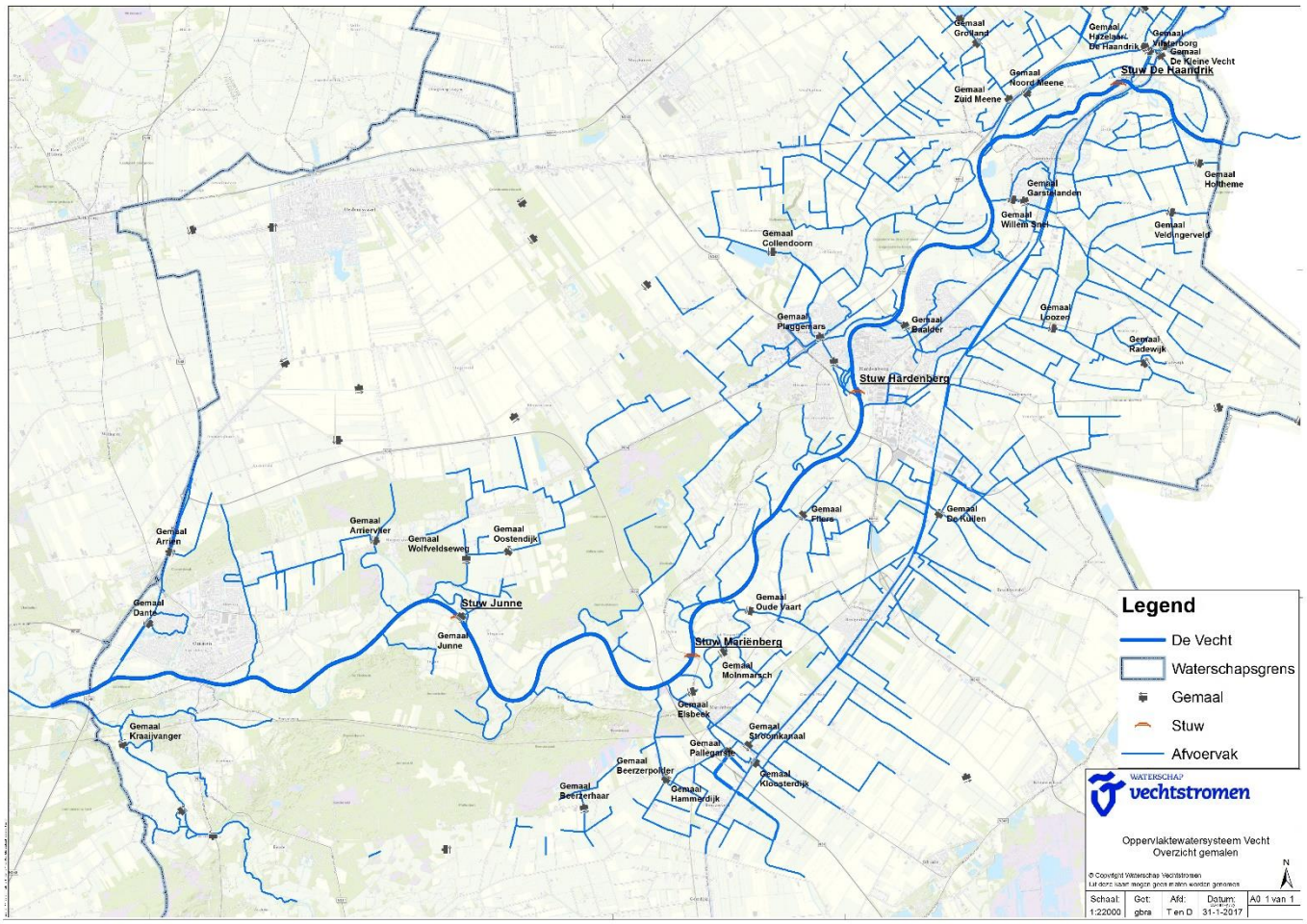
## *3.6 Oppervlaktewatersysteem en kunstwerken*

**Hoofdwatersysteem**

Binnen het Plan op Hoofdlijnen is gekeken naar het Vechtdal voor het traject vanaf de Duitse grens tot aan de grens van het beheergebied Vechtstromen. Dit traject van de Vecht is volledig gestuwd. Vooral de waterstanden in de zomer worden sterk bepaald door deze stuwen (geen verhang in de zomer). Stuw Vilsteren bevindt zich buiten het beheergebied van Waterschap Vechtstromen maar bepaalt wel het peil van de Vecht tot aan de stuw Junne (binnen het beheergebied) en is daarom meegenomen in voorliggende beschrijving. In Figuur *10* is het oppervlaktewatersysteem van de Vecht weergegeven. Van bovenstrooms tot benedenstrooms vinden we de

stuwen: de Haandrik, Hardenberg, Mariënberg (ook wel Diffelen genoemd), Junne en Vilsteren. In Tabel 1 zijn de bijbehorende zomer en winterpeilen weergegeven. In de huidige situatie wordt er een omgekeerd peilbeheer gehanteerd wat betekent dat de zomerpeilen hoger zijn de winterpeilen. Het peil loopt vanaf de Haandrik tot Vilsteren globaal af van 9 m+NAP tot ongeveer 2,5 m+NAP. Het verval over de Vecht is daarmee (trapsgewijs) 6,5 meter over ca. 40 km. Dit betekent dat het verhang in waterstand gemiddeld per km ongeveer 18 cm bedraagt. Ter vergelijking, het verhang van de Rijn door Nederland bedraagt tussen de 1 – 11 cm per km, het verhang van de IJssel varieert tussen de 4 en 13 cm per km.

Ten tijde van opstellen van het plan op hoofdlijnen is ook de fysieke staat van de stuwen onderzocht. Gezien de leeftijd en de toenemende druk op de kunstwerken, wordt overwogen welke grootschalige maatregelen genomen moeten en kunnen worden. Uit onderzoek blijkt dat peilaanpassingen in de huidige staat van de stuwen beperkt of in het geval van stuw Junne helemaal niet mogelijk is.




*Figuur 10* *Oppervlaktewatersysteem de Vecht. Stuw de Haandrik bevind zich aan bovenstroomse zijde net buiten de kaart. Stuw Vilsteren bevindt zich aan benedenstroomse zijde buiten de kaart op ongeveer 7 km afstand*

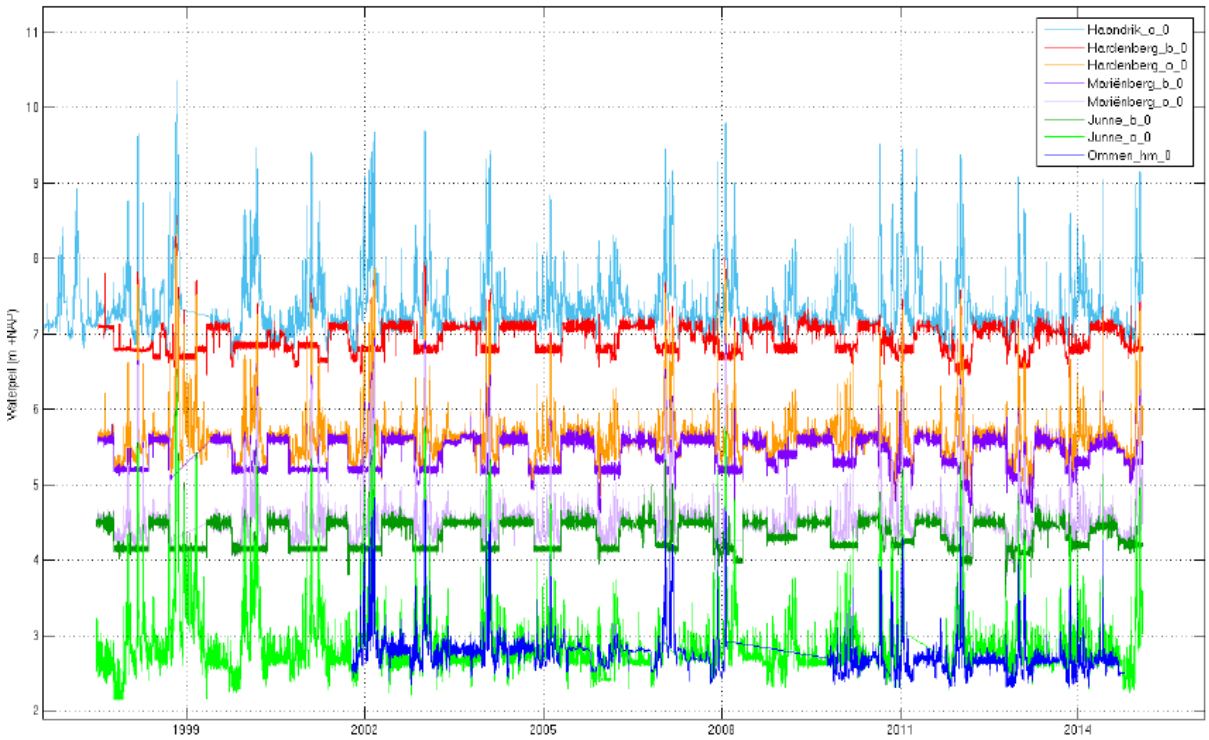
| Stuw | Zomerpeil (m+NAP) | Winterpeil (m+NAP) |
|---|---|---|
| De Haandrik | 9,15 | 9,15 |
| Hardenberg | 7,10 | 6,80 |
| Mariënberg | 5,60 | 5,30 |

| | | |
|---|---|---|
| Junne | 4,50 | 4,15 |
| Vilsteren | 2,65 | 2,35 |

*Tabel 1 Zomer- en winterpeilen van de stuwen in de Vecht binnen het beheergebied van Waterschap Vechtstromen  en stuw Vilsteren*

| Situatie | Debiet ($m^3/s$) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | De Haandrik | Hardenberg | Mariënberg | Junne | Ommen | Eind beheergebied WVS |
| T=200 | 249 | 315 | 336 | 347 | 355 | 500 |
| T=10 | 200 | 248 | 264 | 272 | 279 | 384 |
| T=1 | 116 | 150 | 160 | 165 | 169 | 239 |
| 1/4Q | 23 | 30 | 32 | 34 | 35 | 53 |
| 1/20Q | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 10 |
| 1/100Q | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 2,4 |

*Tabel 2 Debieten bij verschillende afvoersituaties bij de stuwen op het traject van de Vecht (Vechtrapportage, achtergrondrapport oppervlaktewater, WVS 2015)*




*Figuur 11 Metingen van de waterstanden bovenstrooms en benedenstrooms van de stuwen in beheer bij WVS en ter plaatse van de Hessel Mulertbrug in Ommen (Tijdreeksanalyse de Vecht, Arcadis 2015)*

In Tabel 2 zijn de afgeleidde debieten op de verschillende stuwlocaties voor verschillende afvoersituaties weergegeven. Hoe deze debieten zijn afgeleid is beschreven in het verantwoordingsrapport wat is opgesteld ten behoeve van de oppervlaktewatermodellering[12]. Te zien is dat het verschil tussen het debiet in extreme situaties en een droge zomersituatie heel groot is. Als gevolg van alle ingrepen in het afvoergebied van de Vecht (afgraven veen, kanalisatie Vecht, aanpassingen detailontwatering, verstedelijking) is de berging in de flanken afgenomen en is de Vecht steeds sneller gaan reageren op afvoerpieken. Consequentie is dat een extreme bui snel tot afvoer komt, waardoor grote afvoerpieken in de Vecht kunnen onstaan. Anderzijds loopt het systeem snel leeg, er wordt weinig water vastgehouden, waardoor de afvoer door de Vecht in droge zomers sterk afneemt tot bijna 0. De gemiddelde stroomsnelheid in de huidige situatie bedraagt bij een 1/100Q (droogste moment in het jaar) circa 0,7 cm/s. Bij een 1/20Q (gemiddelde zomersituatie) situatie is deze 6 cm/s.

De metingen van de waterstanden in de diverse stuwpanden is weergegeven in Figuur 11. Wanneer in detail naar de gemeten waterstanden per stuwpand wordt gekeken, valt op dat benedenstrooms in het stuwpand (net boven de stuw) het streefpeil vrijwel continu gehandhaafd kan worden en weinig tot geen dynamiek vertoont. Het waterpeil bovenstrooms in het stuwpand (net onder de stuw) laat veel meer variatie zien. In de winter is er veel afvoer waardoor er verhang binnen de stuwpanden onstaat. Wanneer de afvoer toeneemt neemt het verhang toe totdat het bovenstroomse stuwpeil wordt bereikt. In de zomer is de afvoer zeer beperkt waardoor bijna geen verhang te zien is in de verschillende stuwpanden. Het waterpeil is nagenoeg gelijk over het hele stuwpand.

De profieldimensies van de Vecht zijn afgestemd op de piekafvoeren. De bovenbreedte van de Vecht bedraagt globaal 45 m. De bodembreedte is ongeveer 20 m, deze breedtes zijn een indicatie en varieren over het traject; de Vecht wordt groter in benedenstroomse richting. De waterdiepte varieert, maar is in het lengteprofiel in een aanzienlijk traject dieper dan 3 m. De taluds zijn steil en langs een aantal kleine trajecten nog besteend. Deze dimensies zijn groot ten opzichte van de relatief lage zomerafvoer waardoor er droge perioden nagenoeg geen afvoer meer plaatsvindt. In het stuwpand van De Haandrik naar stuw Hardenberg loopt de bodemhoogte af van 5 m+NAP naar 3,1 m+NAP. Van stuw Hardenberg naar Stuw Mariënberg is dit verval 1,7 meter (3.1 m=NAP naar 1.4 m+NAP). Van stuw Mariënberg naar stuw Junne bedraagt deze 0,4 meter (1.4 m+NAP naar 1 m+NAP). In het laatste stuwpand van stuw Junne naar stuw Vilsteren verloopt de bodem van 1 m+NAP naar 0.8 m-NAP.

**Overige kunstwerken**

Langs de grote stuwen bevinden zich nevengeulen met vistrappen waar lokaal migratie van vissen mogelijk te maken. De stroomsnelheid in deze passages is vaak hoog door het grote verval. Daarnaast liggen er in bij sommige stuwen twee vispassages. Een oudere passage waarbij is ingezet op migratie van grote en sterke vissen, De ander is gecombineerd met de stromende nevengeul. Zowel de dubbeling als de inrichting van de nevengeul kan met onze verbeterde inzichten vanuit aquatisch- en hydrologisch oogpunt leiden tot een optimalisatie voor vismigratie. Vanuit de KRW-opgaven verdient dit de komende jaren aandacht. Het vispasseerbaar blijven van de Vecht is randvoorwaardelijk bij aanpassingen aan het watersysteem.

Acht gemalen zorgen voor goede afwatering van het achterland op de Vecht. Deze worden ingezet als het waterpeil van de Vecht sterk toeneemt als gevolg van extreme afvoer. Deze gemalen zijn in goede staat.

Naast de eerder beschreven kunstwerken bevinden zich diverse kleine kunstwerken langs de Vecht die mogelijk beïnvloed worden door aanpassingen aan het watersysteem. Denk hierbij aan de vaarvoorzieningen (met name bij stuwen als zijnde kano-overstapplaatsen), voorzieningen bij regelwerken (stilling well's), ankerpunten van pontjes en het regelbereik van de kleinere stuwtjes. Tenslotte zijn de kunstwerken in beheer bij derden belangrijk: denk hierbij bijvoorbeeld aan de bruggen.

[12] Waterschap Vechtstromen, Oppervlaktewatermodellering Vecht, 2016

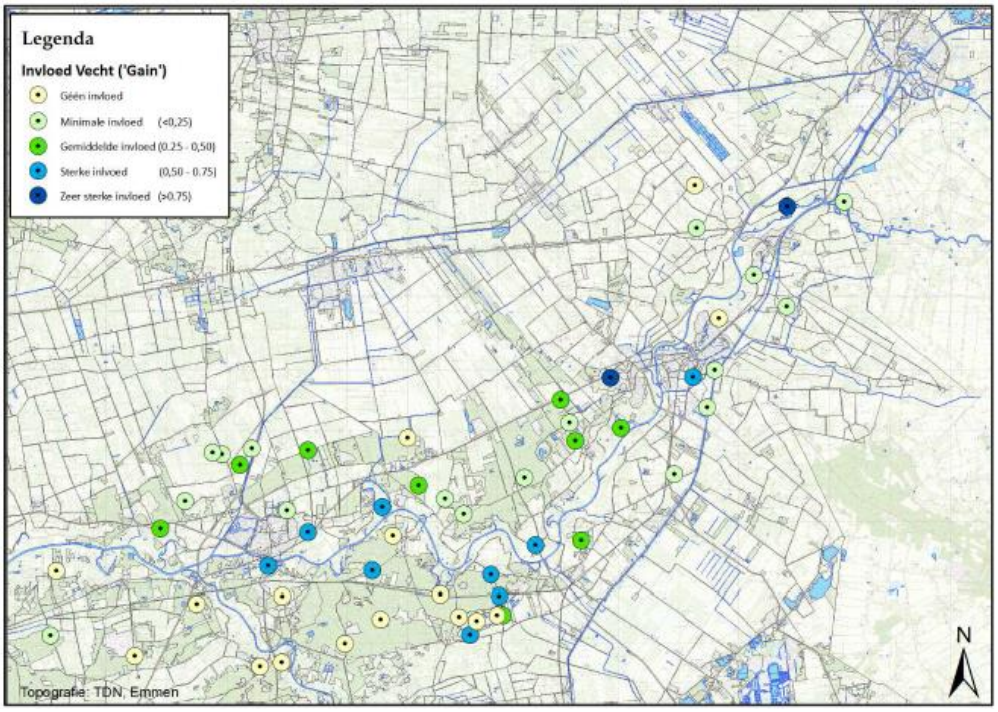
### *3.7 Relatie Vecht met omgeving*

Op basis van statistisch onderzoek[13] is onderzocht hoe groot de invloed van de Vecht op zijn omgeving is. In deze analyse is voor de gemeten stijghoogten die goed verklaarbaar zijn door neerslag, verdamping en Vechtpeil een berekening gedaan met een fictief waterpeil van de Vecht dat één meter hoger is dan in de huidige situatie. Doordat een statistisch model beschikbaar is voor deze peilbuizen is met behulp van dit model bepaald wat de reactie van de grondwaterstand is op deze fictieve waterstandsverhoging. In Figuur 12 is het resultaat weergeven en kan per peilbuis afgelezen worden hoe groot de verandering in de grondwaterstand is. (Let op, deze analyse mag niet letterlijk worden genomen maar geeft een globaal beeld van de maximale invloed van de Vecht op zijn omgeving). Het effect van de Vecht op zijn omgeving is behoorlijk groot en wordt niet beïnvloed door menselijke grenzen als het onderscheid zomer / winterbed. Dit beeld wordt bevestigd door de analyse die Tauw heeft uitgevoerd[14]: wat gebeurt er met de grondwaterstanden als het peil in de Vecht met een meter wordt opgezet. Het modelmatige resultaat is weergegeven in Figuur 13. De resultaten uit deze figuur komen behoorlijk goed overeen met de resultaten uit Figuur 12 wat vertrouwen geeft in zowel het model als de statistische analyse. Te zien is dat vooral benedenstrooms van stuw Mariënberg de omgeving erg afhankelijk is van de Vecht. Dit komt overeen met de opbouw van de ondergrond (zie paragraaf 3.5): de ondergrond is hier tot op grote diepte erg zandig en er zijn relatief weinig scheidende lagen. Opvallend is dat vooral het gebied ten noorden van de Vecht erg sterk reageert op de Vecht, het gebied ten zuiden van de Vecht lijkt minder beïnvloed te worden. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het iets hogere maaiveld aan de zuidzijde ten opzichte van de noordzijde. Verder is de donkerblauwe peilbuis in de Rheezermaten opvallend. Waarschijnlijk is dit een peilbuis die in het veengebied staat en daarom niet representatief is.

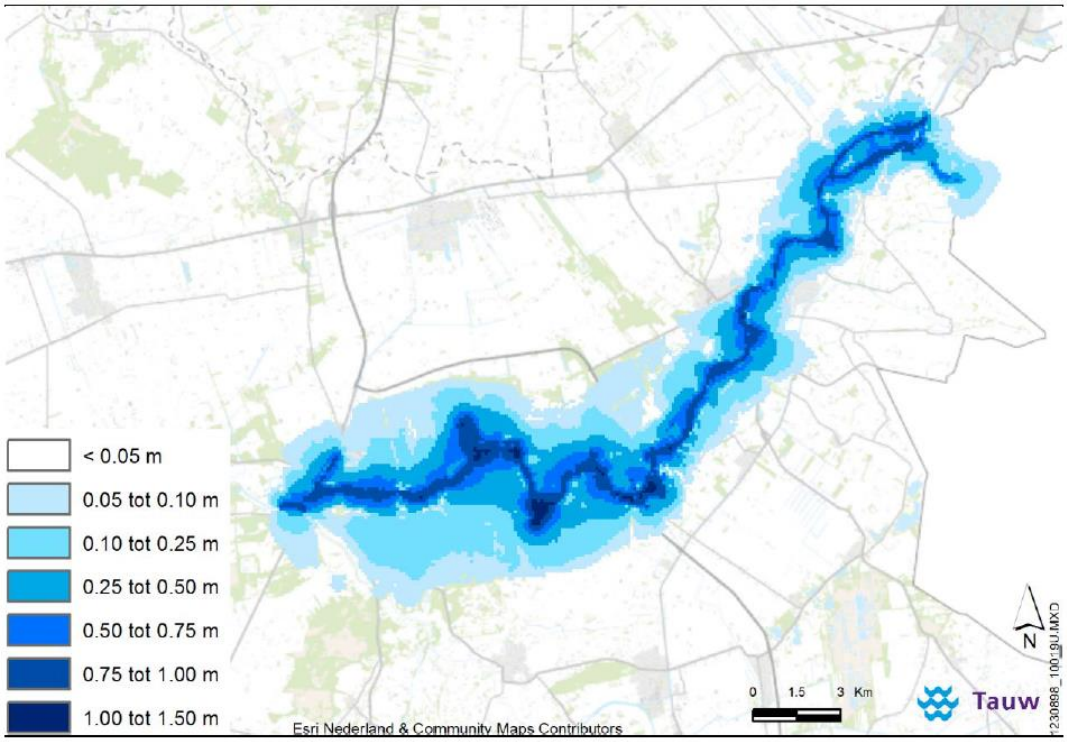
---

[13] *Arcadis, memo Tijdreeksanalyse Vecht, 2015*

[14] *Tauw, Aanpassing grondwatermodel MIPWA 2.0, oktober 2015*




*Figuur 12 Resultaat tijdreeksanalyse Vecht, de figuur laat zien hoeveel de grondwaterstand in de betreffende peilbuis fictief zou stijgen als het Vechtpeil met een meter opgezet wordt. Let op, deze analyse mag niet letterlijk worden genomen maar geeft een globale indruk van de invloed van de Vecht op zijn omgeving*[13]




*Figuur 13 Verandering van GHG als gevolg van het opzetten van het peil in de Vecht met 1 m. Bovenstaande beeld geeft (modelmatig) een gevoel hoe groot de maximale invloed van de Vecht op zijn omgeving is*[14]

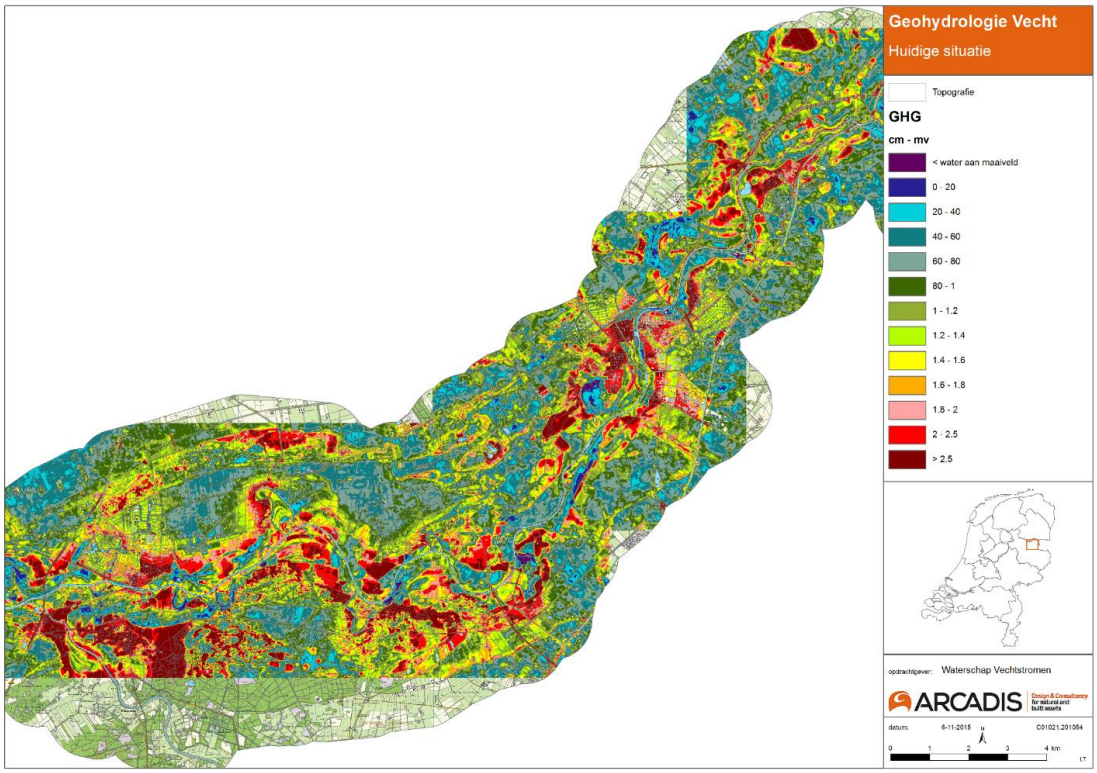
### *3.8 Grondwaterstanden en stromen*

In Figuur 14 is de kaart met de gemiddeld hoogste grondwaterstanden voor het gebied rondom de Vecht voor de huidige situatie weergegeven. Figuur 15 geeft de gemiddeld laagste grondwaterstanden voor de huidige situatie weer. De weergave is afkomstig uit het aangepaste grondwatermodel voor de Vecht.

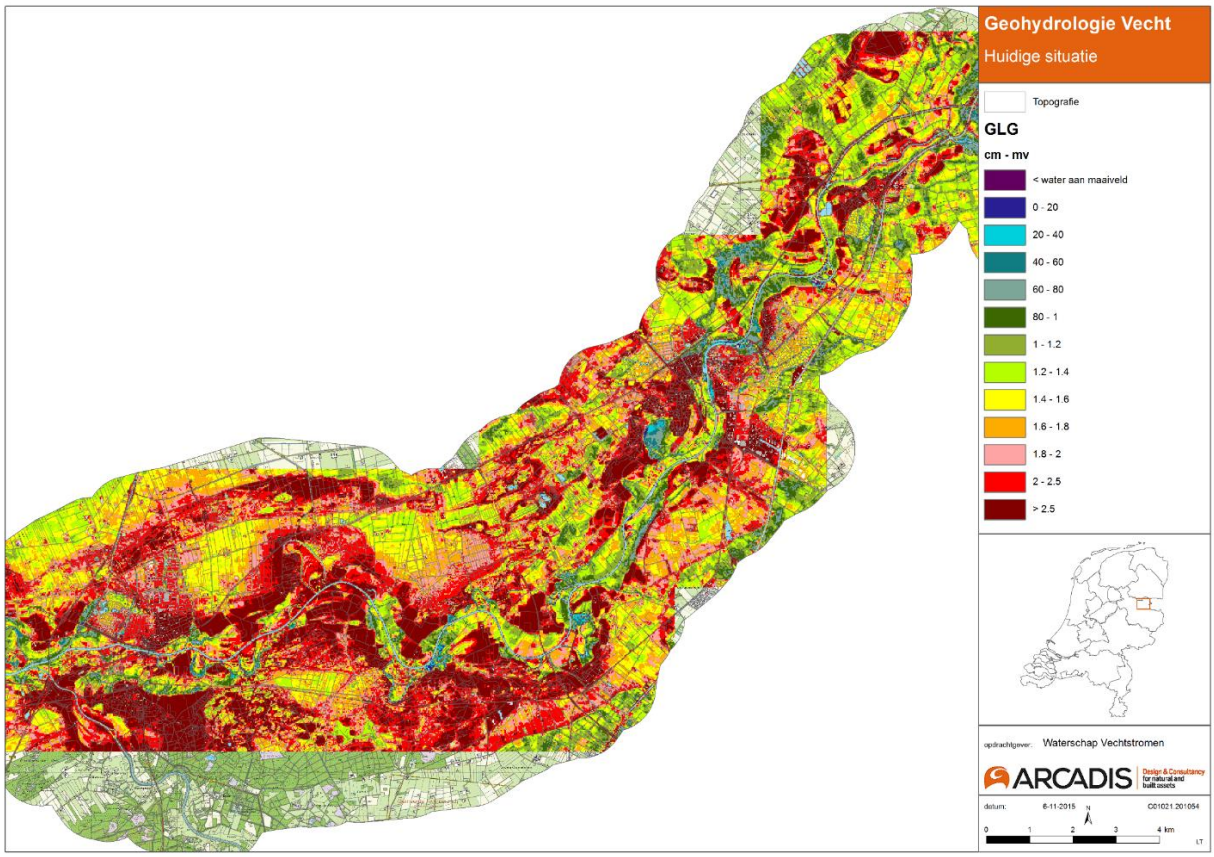
De GHG en GLG zijn beide weergegeven ten opzichte van maaiveld. De lokale grote verschillen in de maaiveldhoogte langs de Vecht zijn een gevolg van de geomorfologische opbouw van het gebied. Deze verschillen zijn goed in terug te zien in de grondwaterstanden. De dekzandruggen rondom de Vecht liggen hoog in het landschap met relatief diepe grondwaterstanden. De Vecht en de ouder afgesneden meanders zijn diep ingesneden in het landschap en tussen deze dekzandruggen goed te herkennen. Hier is juist sprake van grondwaterstanden dicht aan maaiveld.

In Figuur 16 zijn de isohypsen van het grondwater voor de huidige situatie weergegeven. Deze isohypsenkaart is afkomstig uit de rapportage van Tauw (2015)[14] waarin het grondwatermodel van de huidige situatie is verbeterd. De isohypsen geven de grondwaterstanden volgens het model weer ten opzichte van NAP. De weergave is hierbij dus niet ten opzichte van maaiveld, waardoor de lokale en sterke variatie in maaiveld minder doorwerkt in het beeld van de grondwaterstanden. Duidelijk zichtbaar zijn de aanzienlijk hogere grondwaterstanden ter plaatse van de stuwwal van Ootmarsum in het zuidoostelijk deel van het weergegeven gebied. De directe omgeving van de Vecht kent de laagste grondwaterstanden. Daarnaast valt op dat de isohypsen op grotere afstand sterk worden beïnvloed door de Vecht: de Vecht snijdt in op zijn omgeving en zorgt op regionale schaal voor een verlaging van de grondwaterstanden. Ten noordwesten van de Vecht zijn de grondwaterstanden wat uniformer op regionale schaal en bekeken ten opzichte van NAP; het maaiveld is hier vlakker en de grondwaterstand wordt lokaal minder sterk beïnvloedt door watergangen.

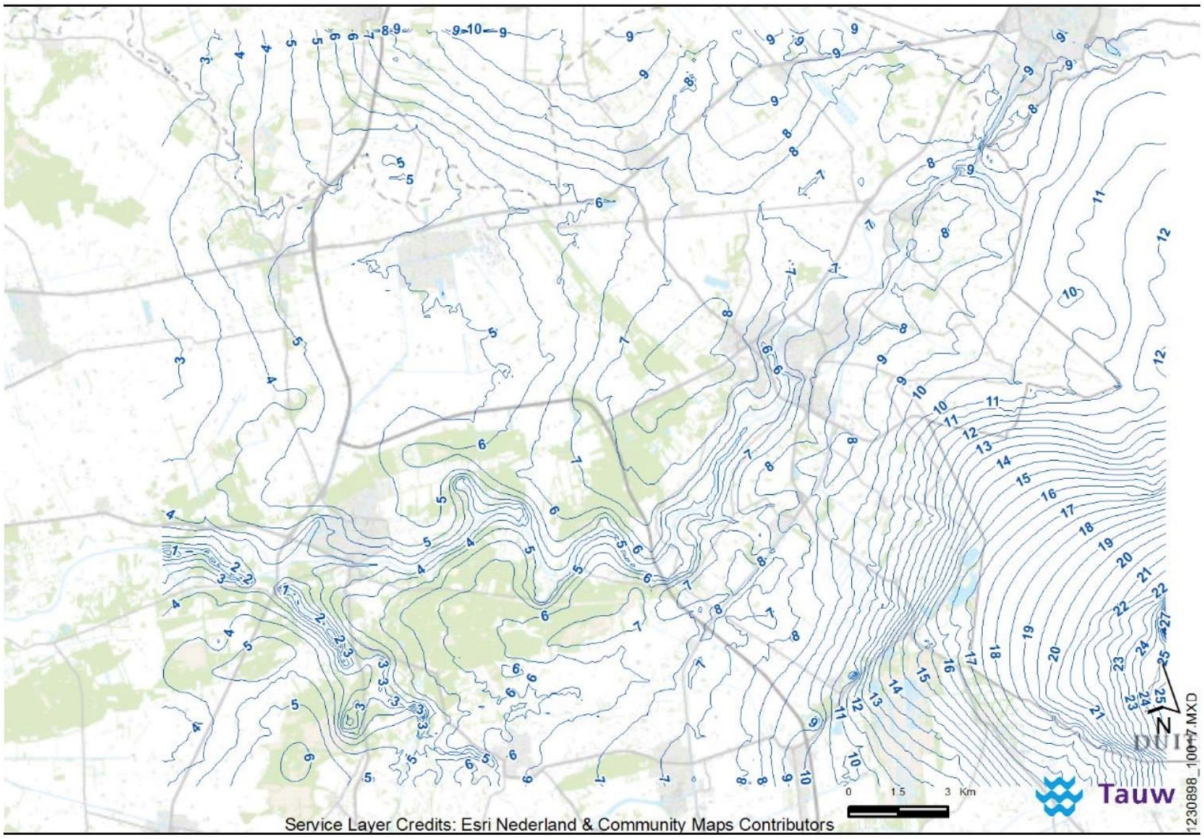
Wanneer naar de tijdreeksen van de stijghoogte gekeken wordt valt op dat het omgekeerde peilbeheer op sommige locaties doorwerkt in de grondwaterstanden: de zomergrondwaterstand is dan het hoogst en bepaald daarom de GHG, de wintergrondwaterstand is het laagst en bepaald daarom de GLG. Deze omdraaiing is het sterkst te zien in de oude meanders die heel sterk beïnvloed worden door de Vecht (Vecht maar ook de met het Vechtpeil meebewegende meanders). Omdat dit systeem erg tegennatuurlijk is past het niet bij de natuurlijke doelstellingen van de Vecht en omliggende natuurgebieden. Daarnaast valt op dat de dynamiek (verschil hoogste en laagste grondwaterstanden) groot is. Dit is vaak te zien in een systeem wat sterk ontwaterd wordt door lokale en regionale ontwateringsmiddelen (in dit geval de Vecht maar ook de detailontwatering). Een dergelijke grote dynamiek met sterke pieken en sterk uitzakkende grondwaterstanden past niet bij grondwaterafhankelijke en kwelgevoede systemen zoals de diverse trilvenen, blauwgraslanden en alluviale bossen. Natuurlijk gezien zou je een minder groot verschil tussen de hoogste en laagste grondwaterstanden verwachten.




*Figuur 14 Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) in de huidige situatie, voor het grootste deel van het gebied is deze representatief voor de wintersituatie. In gebieden die sterk beïnvloed worden door de Vecht worden de hoogste gemiddelde grondwaterstanden soms gemeten in de zomer omdat dan het peil van de Vecht hoger ligt dan in de winter*




*Figuur 15 Gemiddeld laagste Grondwaterstand (GLG) in de huidige situatie, voor het grootste deel van het gebied is deze representatief voor de zomersituatie. In gebieden die sterk beïnvloed worden door de Vecht worden de hoogste gemiddelde grondwaterstanden soms gemeten in de winter omdat dan het peil van de Vecht hoger ligt dan in de zomer*




*Figuur 16 Isohypsen voor de huidige situatie (afkomstig uit Tauw 2015[14])*

### 3.9 Waterkwaliteit

Voor de waterflora, macrofauna en vissen zijn biologische doelen (normen) opgesteld, die uiterlijk in 2027 gehaald moeten zijn. De biologische kwaliteit van de waterflora, macrofauna en vissen wordt bepaald aan de hand van maatlatten van de Kaderrichtlijn Water (KRW) en uitgedrukt in de Ecologische Kwaliteit Ratio (EKR). De maatlatten kennen 5 kwaliteitsklassen:

- slecht (score < 0,2)
- ontoereikend (0,2 – 0,4)
- matig (0,4 – 0,6)
- goed (0,6 – 0,8)
- zeer goed (>0,8)

Voor 'sterk veranderde' waterlichamen als de Vecht geldt het Goed Ecologisch Potentieel (GEP) als doel. Dit is de norm waar het waterschap naartoe werkt. De hoogte van het GEP is afhankelijk van de gewenste en haalbare fysieke veranderingen van het waterlichaam. Voor de Vecht is het GEP voor zowel de waterflora als de macrofauna vastgesteld op 0,6 en voor de vissen op 0,5. In Bijlage 5 wordt de huidige fysische-chemische en biologische waterkwaliteit beschreven. In deze paragraaf wordt een samenvatting gegeven

#### 3.9.1 Huidige toestand fysisch-chemische kwaliteit

***Biologie ondersteunende stoffen***

Voor de Vecht voldoet totaal-stikstof ($N_{totaal}$ zomer) niet aan de eisen van de KRW, hetgeen vooral het gevolg is van de hoge nitraatwaarden. Daarentegen voldoet totaal-fosfaat wel aan de KRW-norm. Dat neemt niet weg dat in de Vecht incidenteel hoge tot zeer hoge totaal-fosfaatconcentraties worden gemeten. Hoewel de zuurstofgehalten voldoen aan de KRW-norm, zijn de zuurstofcondities niet optimaal. Het Vechtwater kan worden gekarakteriseerd als (zeer) voedselrijk, ionenrijk en weinig organisch belast.

De concentraties van stikstof en fosfor zijn sinds 1980 gedaald. De huidige gemiddelde fosforconcentraties in de Vecht zijn overeenkomstig met die in de Rijn en IJssel. De stikstofconcentraties in de Vecht zijn, ten gevolge van de hoge nitraatconcentraties, hoger ten opzichte van die in de Rijn, IJssel en Maas.

***Overige stoffen***
Voor de toestandsbeoordeling 2016 zijn recent alle resultaten uit de periode 2011 tot en met 2015 getoetst. Er zijn in deze periode 5 stoffen in de Vecht aangetroffen die de KRW-norm overschrijden. Dit zijn de prioritair gevaarlijke stoffen benzo[b]fluoranteen **(**BbF); benzo(ghi)peryleen (BghiPe) en fluorantheen (Flu) en de specifiek verontreinigende stoffen kobalt (Co) en koper (Cu).

***Waterbodem***
Recente informatie over de kwaliteit van de waterbodem is niet voorhanden. Er is geen aanleiding om te veronderstellen dat er sprake is van (grote) problemen met betrekking tot de waterbodemkwaliteit.

### *3.9.2 Huidige toestand biologische waterkwaliteit*

Voor de biologische waterkwaliteit zijn drie aspecten van belang: macrofauna, waterflora en vissen:

- De biologische kwaliteit van macrofauna op basis van de EKR-score is matig. De Vecht voldoet niet aan de KRW-norm (het GEP) van 0,60 voor macrofauna.
- De biologische kwaliteit van waterplanten op basis van de EKR-score varieert van ontoereikend tot matig met enkele uitschieters naar goed. De verschillen in de hoogte van de EKR-scores zijn, met name in de tijd, aanzienlijk. Het percentage kenmerkende rivierflora (maatlat soortensamenstelling) is beperkt. De Vecht voldoet niet aan de KRW-norm (het GEP) van 0,60 voor waterflora.
- De gemiddelde EKR-score van 20 visbemonsteringen op 10 verschillende Vechtlocaties in de periode 2009-2012 ontoereikend. Deze lage beoordeling is veelal een combinatie van het ontbreken van voldoende rheofiele (stromingsminnende) soorten, het schaars of niet aanwezig zijn soorten met bovenregionaal migratiegedrag, het ondervertegenwoordigd zijn van habitatgevoelige soorten en het domineren van algemene vissoorten zonder uitgesproken voorkeur voor stromend water. De Vecht voldoet niet aan de KRW-norm (het GEP) van 0,50 voor vissen.

### *3.9.3 Verklarende (sleutel)factoren biologische waterkwaliteit*

Door een stapeling van ingrepen voldoet de Vecht in de huidige situatie niet aan de gestelde KRW-doelen voor de kwaliteitselementen macrofauna, vissen en waterplanten. Primair moet de oorzaak worden gezocht in de beperkte rivierdynamiek die sterk wordt belemmerd door een te lage gemiddelde stroming van het water en bijna stagnatie in de hoogzomer. Daarnaast heeft de aanwezigheid van oeververdediging en de vorm en omvang van de riviergeul de Vecht een negatief effect. De resterende harde oevers hinderen bovendien de verbinding tussen de hoofdstroom en ondiepe habitats die verschillende soorten vissen en macrofauna nodig hebben om de verschillende stadia in hun levenscyclus te voltooien. Daarnaast verhindert het omgekeerde peilbeheer de aanwezigheid van moerasvegetaties op de oever en heeft het gebrek aan opgaande begroeiing langs de oevers een negatief effect op de ecosysteemprocessen in de hoofdstroom van de Vecht.

Hoewel de waterkwaliteit van de Vecht de laatste decennia sterk is verbeterd is met name het voedselrijke karakter een aandachtspunt. Langdurige stagnatie van de hoofdstroom in combinatie met hoge watertemperaturen – mede door het ontbreken van rivierbegeleidend bos – kan resulteren in ongewenste eutrofiering van de waterlaag met onder meer algenbloei en te lage zuurstofconcentraties als gevolg.

# 4. Toetskader

Als basis voor de onderbouwing van het hydrologische ontwerp voor de Overijsselse Vecht is een toetskader opgesteld. In het toetskader zijn de belangrijkste opgaven waaraan het ontwerp dient bij te dragen opgenomen. Het toetskader is door de betrokken experts in 2016 voorgelegd aan het gebiedsadviesteam, de bestuurlijke stuurgroep (de stakeholders) en het dagelijks bestuur van het waterschap en is vervolgens benut tijdens het beoordelingsproces voor de verschillende scenario's. De elementen van het toetskader zijn (1) Veiligheid en (2) Functiebediening. Functiebediening is verdeeld in landbouw, natuur, water en stedelijk gebied. Naast deze elementen is er getoetst op beheerbaarheid en benodigde investeringen.

## *4.1 Veilig*

Met veiligheid wordt bedoeld veiligheid in het kader van overstromingen vanuit de Vecht die bedreigend zijn voor woningen, erven en bouwwerken. De Vecht zorgt voor de afvoer van het bijhorende achterliggende gebied, wat geldt voor normale en extreme situaties. In extreme afvoersituaties stijgen de waterpeilen op de Vecht. Uiteindelijk betekent dit dat er ook sprake kan zijn van overstromingen/inundatie binnen het winterbed en in zeer extreme situaties buiten het winterbed. In Nederland is voor de grote wateren en ook voor de Vecht vastgelegd welk veiligheidsniveau moet worden gehandhaafd. Met andere woorden, tot welke situatie moet overstroming/inundatie worden voorkomen. De regionale keringen rondom het winterbed zijn gedimensioneerd op een T=200 situatie, wat betekent dat inundaties buiten het winterbed niet vaker dan 1 keer in de 200 jaar zouden moeten kunnen voorkomen.

**Randvoorwaarden**

- Op het winterbed van de Vecht is de beleidslijn Ruimte voor de rivier van toepassing. Op hoofdlijnen betekent dit dat ingrepen in het winterbed van de Vecht niet mogen leiden tot een verhoging van de maatgevende hoogwaterstand (MHW). Voor de Vecht betekent dit in het beheergebied van waterschap Vechtstromen een T=200 afvoersituatie[15]. Kortom de aanpassingen in het winterbed mogen niet leiden tot een hogere waterstand bij een T=200 afvoersituatie (*een afvoersituatie die gemiddeld eens in de 200 jaar voorkomt*).

- De Provincie Overijssel is voornemens om een herziening, aanwijzing en normering door te voeren voor de regionale keringen in Overijssel. Uitgangspunt is dat het veiligheidsniveau wordt aangepast aan de economische schade die op kan treden bij inundatie. Er ligt een conceptrapport dat (nog) niet bestuurlijk is vastgesteld[16]. Hierin staat een voorstel waarin de normering voor regionale waterkering langs de Vecht wordt teruggebracht variërend naar 1/10, 1/30 tot 1/100 jaar. Dat betekent dus een aanzienlijke verlaging van de

[15] *Memo Provincie Overijssel maart 2010*

[16] *HKV, 2013*

norm t.o.v. het veiligheidsniveau dat nu wordt gehanteerd. Zolang er geen bestuurlijk besluit is genomen over het huidige MHW wordt getoetst aan het geldende MHW T=200.

- HWBP
  Om de waterveiligheid te borgen op nationaal niveau voor de grote rivieren, inclusief de Vecht, wordt er binnen het HWBP (hoogwaterbeschermingsprogramma) gewerkt aan een maatregelenprogramma. Voor de Vecht wordt in de periode 2017-2018 een verkenning verricht die inzicht moet geven welke opties er zijn om veiligheid te waarborgen dan wel te kijken of de veiligheidsnormen actueel zijn. Na 2018 zal op nationaal niveau richting gekozen worden welke mogelijk variant de basis zal zijn voor de veiligheid.

**Afweging**

Wanneer het ontwerp niet voldoet aan de normering ten aanzien van het toetskader veiligheid is er een aantal maatregelen mogelijk om extra ruimte te zoeken in het ontwerp. In het doorlopen proces zijn alle mogelijke maatregelen binnen het plangebied onderzocht, beoordeeld op effectiviteit en waar mogelijk toegepast.

Wanneer het ontwerp niet voldoet wordt dit onderdeel negatief gescoord (-). Het inzichtelijk maken van de locaties waar als eerste knelpunten ontstaan wordt pas bij het opstellen van het voorkeursalternatief meegenomen. In de eerdere afwegingsalternatieven zijn deze dan ook niet beschreven.

## *4.2 Functiebediening (GGOR)*

In het Waterbeheerplan en de Omgevingsvisie worden diverse gebruiksfuncties onderscheiden in het Vechtdal en de directe omgeving. Het toetskader sluit aan bij deze ruimtelijke indeling van gebruiksfuncties. In het toetskader zijn criteria opgenomen ten aanzien van de gebruiksfuncties stedelijk gebied, landbouw, natuur, water en recreatie. In onderstaande deelparagrafen wordt het toetskader per functie beschreven.

### *4.2.1 Stedelijk gebied*

**Randvoorwaarden**

Voor stedelijk gebied zit functiebediening met name in het garanderen van droge voeten (veiligheid voor gebouwen, woningen en erven en beleefbaarheid). Naast veiligheid (zie paragraaf 4.1) zijn er twee belangrijke randvoorwaarden te benoemen:

- Het borgen van voldoende ontwatering voor bebouwing en infrastructuur[17] ), waarbij een gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) lager dan 80 cm onder maaiveld optimaal is. Een grondwaterstand tussen de 60 en 80 cm onder maaiveld is suboptimaal. Uitgangspunt is dat iedere afname van het areaal binnen het stedelijk gebied, waar de GHG lager is dan 80 cm onder maaiveld ongewenst is. In de toetsing wordt voor elk ontwerpalternatief in beeld gebracht wat de toe- of afname is van het aantal hectare met een grondwaterstand ondieper dan 80 cm vanaf het maaiveld ten opzichte van de huidige situatie.

- In stedelijk gebied zijn riooloverstorten aanwezig die (al dan niet indirect) uitkomen in de Vecht. Bij hogere waterpeilen op de Vecht wordt de mogelijkheid tot het overstorten van rioolwater op de Vecht beperkt wanneer het waterpeil hoger ligt dan drempelhoogte van de betreffende riooloverstort. Daarom geldt het criterium dat riooloverstorten bij een T=1 situatie op de Vecht nog vrij moeten kunnen lozen.

[17] *LGN 6klassen: 18 tot en met 28*

Beide randvoorwaarden zijn niet beleidsmatig verankerd, echter voor zowel de gemeente Ommen – Hardenberg als het waterschap Vechtstromen (eenheid Strategie en Omgeving) zijn het gangbare randvoorwaarden voor de toetsing van stedelijk gebied .

**Afweging**

Een beperkte toename van de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) is mogelijk. Voor beide randvoorwaarden zijn diverse mitigerende (technische) maatregelen mogelijk die lokale knelpunten kunnen oplossen. Wanneer de toe- of afname groter is dan 1% ten opzichte van het totale areaal aan stedelijk gebied binnen de invloedssfeer van de Vecht (zie paragraaf 3.7) wordt een enkele plus of min gescoord. Toe- en afname kleiner dan 1% worden met een 0 (neutraal) gescoord. Wanneer één of meer overstorten niet meer kunnen afwateren in een T=1 situatie op de Vecht wordt een min gescoord.

### *4.2.2 Landbouw*

**Randvoorwaarden**

Voor landbouw kan het thema "voldoende" uit het waterbeheerplan als basis worden gezien: voldoende water in het groeiseizoen en voldoende ontwatering voor bewerking van het land. Dit vertaalt zich in de volgende randvoorwaarden:

- Binnen het winterbed van de Vecht is geen formele norm vastgesteld ten aanzien van hoogwatersituaties. Daarom is er getoetst of de inundatiefrequentie in het groeiseizoen (zowel 1/100Q als 1/4Q) toe- of afneemt. Inundaties binnen het groeiseizoen betekenen immers een beperking van het landgebruik en mogelijke schade.
- Alle landbouw binnen het Vechtdal wordt getoetst op het landgebruik volgens het LGN. Dit wijkt af van het waterbeheerplan waarin alle landbouwgronden in de omgeving van de Vecht zijn gewaardeerd als graslanden. Dit betekent een zwaardere toetsing dan vastgelegd in het waterbeheerplan (toetsing met gewassen die relatief eerder nat- en droogteschade ondervinden). Er is gekozen voor deze methode omdat dit het meeste recht doet aan de actuele situatie in het winterbed.
- Om de 'Waterwijzer Landbouw' nog niet beschikbaar was ten zijde van het verschijnen van dit document is er getoetst met de waternoodmethode (Help tabellen)[18].
- In de toetsing wordt onderscheid gemaakt in gewasschade groter dan 15% en kleiner dan 15% ten opzichte van een optimale situatie, zodat inzichtelijk wordt welke gronden niet (meer) geschikt zijn voor landbouw en welke juist (straks) wel geschikt zijn voor landbouw. Hierbij is het uitgangspunt dat arealen met een nat- of droogteschade groter dan 15% niet geschikt zijn voor landbouw (extern- en intern getoetst bij experts):
    - De toe- en afnames van de arealen (percentages) waar de totale nat- of droogschade in de toekomstige situatie groter dan 15% zijn worden inzichtelijk gemaakt (niet meer geschikt voor landbouw). Vervolgens worden de percentages van het scenario vergeleken met de huidige situatie.

---

- *[18] Er is gebruik gemaakt van de niet geïnterpoleerde tabellen uit 2005, omdat uit ervaring is gebleken dat deze versie de meest betrouwbare en uitgebreide resultaten geeft. De help systematiek geeft per bodemtype, landgebruik en grondwaterstanden aan hoe groot droog- en natschade zijn en groot de doelrealisatie is.*

- De toe- en afnames van de arealen (percentages) waar nat- of droogschade kleiner dan 15% zijn worden inzichtelijk gemaakt (geschikt voor landbouw). Vervolgens worden de percentages van het scenario vergeleken met de huidige situatie.

- Buiten het winterbed geldt voor landbouw en natuur een norm met betrekking tot inundatie van T=10 (waterbeheerplan). Deze norm ligt onder de geldende norm vanuit veiligheid. Een aanvullende toetsing is daarom niet nodig.

**Afweging**

Bovenstaande randvoorwaarden zijn de gehanteerde uitgangspunten, gebaseerd op referentieprojecten en consultatie van experts. In werkelijkheid is de geschiktheid van gronden voor verschillende vormen van landbouw complexer (zoals verschillen in bodemkundige opbouw). Daarnaast wordt niet getoetst op clustering bij individuele eigenaren. Echter bovenstaande vuistregels geven met name indruk van de verandering en helpen bij de onderlinge beoordeling van de scenario's. Per scenario wordt berekend in hoeverre beide bovengenoemde arealen wijzigen. Een toe- of afname van 5% van zowel nat- als droogteschade wordt in het toetsingskader vertaald naar een enkele plus of min. Voor arealen die in de toekomst niet meer voldoen aan de geldende normen voor grasland wordt gezocht naar passende maatregelen in het uiteindelijke ontwerp.

### *4.2.3 Natuur (Natura2000 en EHS)*

**Randvoorwaarden**

De doelen voor de EHS worden in dit gebied voornamelijk bepaald door Natura 2000. Belangrijke uitzondering is het trilveengebied Rheezermaten (stuwpand Mariënberg). Samenvattend gaat het hier om de volgende doelen[8]:

- Herstellen/behouden en waar mogelijk uitbreiden van bestaande stroomdalgraslanden.
- Herstellen/behouden en waar mogelijk uitbreiden van bestaande grondwaterafhankelijke natuur (inclusief de alluviale bossen).
- Herstellen/behouden en uitbreiden van overige niet verdrogingsgevoelige soorten (o.a. heide, bossen en zandverstuivingen).
- Verondiepen zomerbed, aanleg meanders en toelaten morfodynamiek Vecht (Vechtdal).

Om bij te dragen aan herstel, behoud en uitbreiding van de doelen wordt getoetst op de volgende randvoorwaarden:

- Rivierdynamiek (sedimentatie /erosie). Dit past binnen de doelstellingen van een halfnatuurlijke laaglandrivier maar is ook essentieel voor ontwikkeling van stroomdalgraslanden en het behalen van de KRW doelen. Uit het Handboek Geomorfologisch Beekherstel[19] en het Herstelonderzoek Vecht[20] blijkt dat de sedimenttransportcapaciteit te beïnvloeden is door de stroomsnelheid en de ruwheid van het natte profiel (dit is de ruwheid van het profiel, niet specifiek vegetatieruwheid). Meer ruwheid en een hogere stroomsnelheid resulteren in een hogere transportcapaciteit. Variatie in snelheden en ruwheid zorgen voor variatie in milieus zodat lokaal erosie en sedimentatie plaatsvindt. Omdat morfologische processen vooral plaatsvinden tijdens de zogenaamde geulvullende afvoer (T=1.58) wordt de stroomsnelheid getoetst tijdens een T=1 (modelmatig benadert deze het beste de geulvullende afvoer). Daarnaast wordt

[19] *STOWA, Handboek geomorfologisch beekherstel, 2015*

[20] *Alterra, Herstelonderzoek Vecht, 2009*

getoetst op hoogte en variatie in stroomsnelheid omdat die de locaties van erosie en sedimentatie bepaalt.

- Naast sedimentatie is de inundatieduur, -frequentie en -periode belangrijk voor ontwikkeling en herstel van o.a. stroomdalgraslanden. Uit onderzoek van KWR[21] blijkt dat de huidige stroomdalgraslanden in een zone liggen die maximaal 3x per 12 jaar inunderen. Uit de herstelstrategieën voor stroomdalgraslanden[22] blijkt een optimale overstromingsduur van maximaal 10 dagen en incidentele inundaties (tijdens hoogwatersituaties, 1x per 1 tot 3 jaar). Uit vegetatieontwikkeling in het gebied blijkt dat de gewenste stroomdalgraslandsoorten vooral voorkomen op maaiveldhoogtes tussen de huidige T=1 en T=3 situaties. Het ontwerp wordt getoetst op de huidige inundatiefrequentie waarbij een verschuiving naar minder vaak optredende inundaties waarschijnlijk beter is dan een verschuiving naar vaker optredende inundaties.
- Voor herstel en uitbreiding van grondwaterafhankelijke natuur is de vochttoestand ter plaatste belangrijk. Met name de grondwaterstanden in het voorjaar (GVG, gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand) kennen een optimaal bereik voor de diverse natuurtypen. Het ontwerp van het watersysteem dient rekening te houden met dit bereik en deze zo optimaal mogelijk te bedienen. Dit is mogelijk door realisatie van een zo klein mogelijk doelgat (verschil tussen optimale en werkelijke GVG en GLG gemiddelde laagste grondwaterstand). Daarnaast is behoud en herstel van de kwelflux vanuit de ondergrond naar de wortelzone voor grondwaterafhankelijke natuur belangrijk. Omdat op dit moment alleen op hooflijnen habitattypen zijn vastgesteld is toetsing van het doelgat slechts indicatief. Daarnaast kan het huidige grondwatermodel waarschijnlijk niet ingezet worden om uitspraken tot op dit detailniveau te maken. Op basis van de LESA's (Landschap Ecologische Systeem Analyses) kan deze analyse aangescherpt worden. Het toetsen op kwel wordt gezien de beperkte kennis van de natuurgebieden en de modelmatige benadering ook indicatief opgenomen.

**Afweging**

Alle drie de randvoorwaarden zijn sterk sturend in de toetsing en beoordeling van de diverse scenario's. Bij een toename van de rivierdynamiek ten opzichte van de huidige situatie wordt een plus toegekend. T.a.v. stroomdalgraslanden wordt getoetst op een ongeveer gelijkblijvende inundatiefrequentie en duur (no regret op basis van de beschikbare kennis ten tijde van het schrijven van voorliggende rapportage). Bij de beoordeling van de grondwaterafhankelijke natuur wordt een toe- of afname van het doelgat met 5% ha beoordeeld met respectievelijk een min of plus.

### *4.2.4 Water (KRW)*

**Randvoorwaarden**

De ecologische doelen voor de rivier zelf zijn in globale termen vastgelegd in het kader van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW). Voor de Vecht geldt het hoogste ecologische ambitieniveau[7]. Dat betekent dat inspanningen erop gericht zijn om het systeem zo natuurlijk mogelijk te laten functioneren. In het Achtergronddocument KRW van Vechtstromen is vastgelegd dat de maatregelen en uitgangspunten zoals beschreven in de Vechtvisie in principe voldoen aan de twee belangrijkste implementatieprincipes, te weten 'geen significante schade' en 'kosteneffectief'. Om bij te dragen aan de KRW-doelen wordt getoetst op de volgende aspecten (in Bijlage 6 is de achtergrond van deze toetsing uitgelegd):

- Voldoende stroomsnelheid. De streefwaarde voor de gemiddelde stroomsnelheid bedraagt voor de wintersituatie (0,25Q) een stroomsnelheid groter dan 30 cm/s. Voor de zomersituatie (0,05Q) is een gemiddelde stroomsnelheid groter dan 20 cm/s gewenst. Dat betekent dat er voldoende trajecten (7 km) gerealiseerd worden die aan dit criterium voldoen. Dit kan bereikt worden door meandering en door

[21] *KWR, Ecohydrologische verkenning Vechtdal Ommen-Mariënberg, 2016*

[22] *Adams et al, herstelstrategie H62120: stroomdalgraslanden, 2012*

trajecten/locaties waar versmallingen en verondiepingen aanwezig zijn (vegetatie, zandbanken, boomwortels en –takken).

- Variatie in stroomsnelheid, oevers en profielen. Door variatie aan te brengen in het ontwerp door middel van meanders en variatie in profielen ontstaat een natuurlijk profiel waarin de stroomsnelheid varieert. Dit zorgt voor dynamiek en actieve riviervormende processen die bijdragen aan de KRW doelen. De stroomsnelheid wordt conform natuur getoetst bij een geulvullende afvoer.
- Natuurlijke peilen. Voor een goed ontwikkelde vegetatiestructuur met de juiste soorten is een zo natuurlijk mogelijk peilregime essentieel. Een natuurlijk peilregime zorgt ervoor dat onderwater vegetatie optimaal bediend wordt in het groeiseizoen (licht tot op de bodem) en oevervegetatie op het juiste moment kan ontkiemen. Een goede vegetatiebedekking is een sleutelfactor voor de (aquatische) fauna.
- Aanwezigheid hoogopgaand hout. Optimaal wanneer de oevers op een natuurlijke wijze zijn begroeid en wanneer dit voor meer dan 40% van de oevers wordt bereikt.

**Afweging**
De randvoorwaarden worden kwalitatief beoordeeld met uitzondering van de stroomsnelheid. Kanttekening bij deze laatste randvoorwaarde is dat het met het gebruikte instrumentarium alleen mogelijk is de gemiddelde stroomsnelheid te beoordelen. De (juist zo belangrijke) variatie in stroomsnelheid als gevolg van lokale ruwheid en variatie in het dwarsprofiel wordt niet goed berekend. De beoordeling van deze randvoorwaarden is dan vooral ook vergelijkend tussen de scenario's en de huidige situatie.

### *4.2.5 Recreatie*

Voor recreatie is slechts één uitsluitingscriterium te benoemen en dat is de vaardiepte:

- Conform het vaarbesluit wordt een vaargeul met een minimale waterdiepte van 50 cm op de gehele Vecht ( bovenstrooms Ommen) vereist.

## *4.3 Investering en beheer*

### *4.3.1 Benodigde investering*

De investering in het watersysteem die nodig is om de maatregelen uit te voeren wordt ook meegewogen, waarbij geldt dat hoe groter de benodigde investering, des te negatiever deze scoort in het toetskader. De afweging is gemaakt op basis van omvorming en bouw van kunstwerken (in relatie tot de afschrijvingstermijn), maar ook basis van de benodigde grondverwerving en te nemen lokale maatregelen.

### *4.3.2 Beheer en onderhoud*

Met betrekking tot beheer en onderhoud geldt dat gewogen wordt naar de haalbaarheid van het onderhoud als ook de kosten die met het beheer en onderhoud gemoeid zijn. Hoge kosten of lastig te realiseren onderhoud leiden hierbij tot een negatievere beoordeling.

# 5. Afwegingsproces

### *5.1 Inleiding*

Het voorliggend hoofdstuk beschrijft het ontwerpproces waarbij vele scenario's zijn verkend om tot een voorkeursalternatief (VKA) te komen. Het VKA wordt in detail beschreven in hoofdstuk 7. In het afwegingsproces zijn de beschreven streefbeelden uit het Herstelonderzoek Vecht uit 2009[20] als vertrekpunt genomen. Vanuit deze streefbeelden is gezocht naar een verdere optimalisatie door de vorm, inrichting en ligging van het profiel van de Vecht te variëren. Ook het al dan niet toevoegen van hoogwatergeulen en het aanpassen van het peilbeheer is hierbij meegenomen. Met deze variaties is het benodigde systeeminzicht tot stand gekomen en is toegewerkt naar het uiteindelijke VKA. Hoe gevoelig is bijvoorbeeld de Vecht en zijn omgeving voor de hierboven genoemde veranderingen? Welke veranderingen werken gunstig door op de doelstellingen en hoe hangt dit samen met de aan het systeem opgelegde randvoorwaarden? Bij de ontwikkeling tot het VKA is voldoen aan veiligheid als hard criterium genomen. Binnen de functiebediening is vooral gekeken naar optimalisatie voor natuur en water.

Om te komen tot het VKA zijn 14 scenario's doorgerekend. Hiermee is een goed beeld ontstaan wat de effecten zijn van de verschillende maatregelen op de omgeving. Deze inzichten leiden tot voldoende systeemkennis om uiteindelijk tot komen tot een meest optimale variant, het VKA. Deze 14 scenario's zijn in 4 rondes doorgerekend, waarbij elke ronde een optimalisatie ten opzichte van de vorige ronde betrof, of bewust is gekozen voor variatie in parameters. Deze verdeling is als volgt samen te vatten:

- Streefbeelden Alterra (beschreven in paragraaf 5.2).
- Optimalisatie van de streefbeelden (beschreven in paragraaf 5.3).
- Bandbreedteanalyse voor optimalisatie van de doelen (beschreven in paragraaf 5.4).
- Verkenning hoogwatergeulen (beschreven in paragraaf 5.5).

In onderstaand schema (Figuur 17) is dit samengevat weergegeven. In de volgende paragrafen worden de vier ronden beschreven. Voor een nadere beschrijving van de doorgerekende scenario's wordt verwezen naar hoofdstuk 6.

*Figuur 17 schematisatie van de scenario afwegingsronden: kolommen geven de toetskaders, de rijen geven de verschillende scenario's*

## 5.2 Streefbeelden Alterra

Zoals eerder benoemd, vormt het Herstelonderzoek Vecht[20] het startpunt van het proces om tot het VKA te komen. In de eerste ronde zijn vier scenario's doorgerekend. Het ontwerp van de Vecht is in deze scenario's overgenomen uit het Herstelonderzoek Vecht, waarbij de scenario's verschillen in peilbeheer. Met deze ronde is dan ook inzicht verkregen in de effecten van veranderingen in peilbeheer van het Alterra Vechtontwerp. Uit de

effecten van de vier doorgerekende Alterra streefbeelden is een aantal leerpunten en besluiten naar voren gekomen die meegenomen worden in de afweging om tot het VKA te komen. Het Alterra ontwerp is uitsluitend geënt op natuurlijke rivierprocessen dat tevens aansluit op de KRW doelen. Wanneer de scenario's worden afgewogen tegen het integrale toetskader (zie hoofdstuk 4) komen de volgende kanttekeningen en kansen naar voren:

- Geen van de scenario's voldoet aan het toetskader veiligheid.
- Er is veel optimalisatie van de dwarsprofielen (o.a. grootte, variatie en natuurvriendelijke oevers) mogelijk binnen het ontwerp van Alterra, waarmee beter aangesloten wordt op de natuurlijke kenmerken van het watersysteem van de Vecht wat een hoger doelbereik betekent voor de KRW en Natura2000 doelen.
- De (drainerende) invloed van de Vecht op zijn omgeving is groot als gevolg van een natuurlijk peilbeheer alsmede ook de verandering van het natte oppervlakte van het profiel. Het effect van de verandering in het natte oppervlakte vertaalt zich voornamelijk in een verandering van het verhang van het waterpeil. Het peilbeheer en veranderingen in het verhang zorgen voor het grootste effect op de omgeving. Het peilbeheer is daarmee de belangrijkste sturingsknop om invloed uit te oefenen op de grondwaterstanden in de omgeving van de Vecht. Een goede onderbouwing en onderzoek naar mogelijk te hanteren peilen is dan ook belangrijk.
- De invloed van peilbeheer op de waterstanden en de grondwaterstanden is zeer groot; ook in de winter hebben de stuwen nog een stuwende werking (hogere peilen, meer verhang en daardoor hogere grondwaterstanden). Het verwijderen van één van de stuwen zorgt voor een sterke verlaging van de grondwaterstanden in zowel de zomer- als de wintersituatie (2 stuwen verwijderen levert een verlaging in de zomer van meer dan 50 cm op ca. 1.5 km, ruim buiten het winterbed). Maar in relatie tot de KRW doelen blijkt dat alleen het verwijderen van stuwen een significante invloed heeft op de stroomsnelheden in de zomersituatie.
- Wanneer vastgehouden wordt aan de randvoorwaarde veiligheid is het peilbeheer (of in een extremere variant, het verwijderen van stuwen), cruciaal voor zowel het behalen van de Natura2000 en KRW doelen. Geconcludeerd kan worden dat de maatregelen die positief zijn voor de KRW doelen conflicteren met de maatregelen die positief uitvallen voor de doelen ten aanzien van terrestrische natuur.

### *5.3 Optimalisatie Alterra*

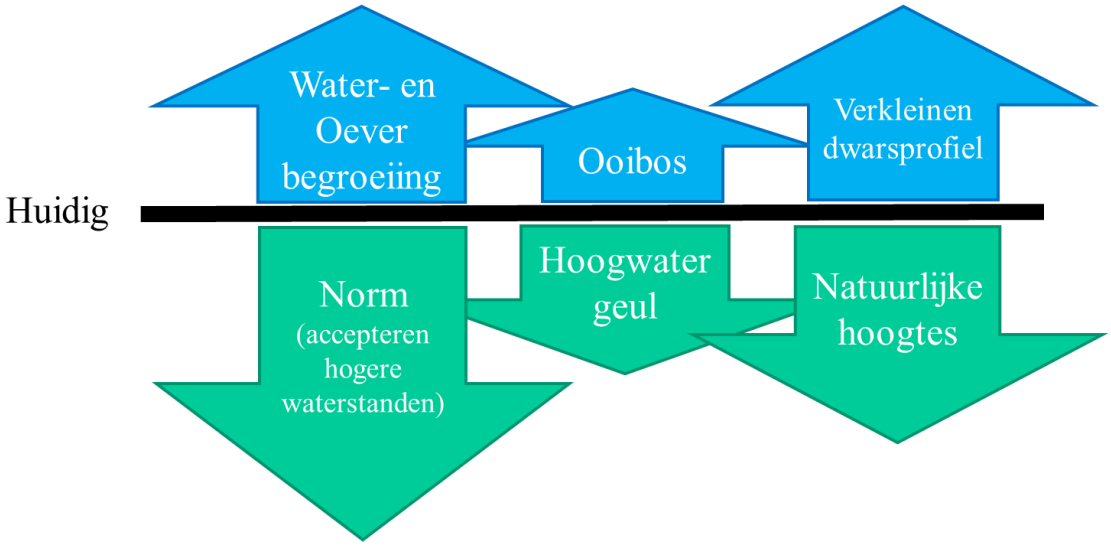
Op basis van de berekeningsresultaten van de Alterra scenario's en de hieruit volgende conclusies, is een optimalisatie doorgevoerd. In twee optimalisatie scenario's is het profiel van de Vecht aangepast naar een beter bij de omgeving passend bodemverhang. Ook sluit de breedte diepte verhouding beter aan bij het criterium veiligheid (netto wordt het profiel daarom groter). Ten behoeve van de KRW doelen zijn natuurlijkvriendelijke oevers toegevoegd. Omdat uit voorgaande scenario's is gebleken dat het verwijderen van stuwen een zeer groot effect heeft op de grondwaterstanden tot op grote afstand van de Vecht, zijn de huidige stuwlocaties voor het verdere proces als een randvoorwaarde gesteld. De resultaten van deze geoptimaliseerde scenario's leiden tot de volgende conclusies:

- Door verkleining van het profiel, het toevoegen van meanders en daarmee de variatie in profielen neem de rivierdynamiek toe wat een positief effect heeft op de KRW doelen en de Natura2000 stroomdalgrasland doelen.
- Door te kiezen voor profielen die aansluiten bij de natuurlijke kenmerken van de Vecht, anders dan het Alterra scenario, kan winst worden behaald in het halen van het MHW (veiligheid) en het beperken van de verdrogende effecten.
- Er moet goed naar de ligging van de Vecht worden gekeken om verdrogende effecten op bestaande terrestrische natuur zo veel mogelijk te beperken.
- De ruimte in het winterbed van de Vecht is beperkt, een verkleining van het profiel van de Vecht is niet mogelijk binnen de huidige randvoorwaarden. Wanneer extra begroeiing toegestaan wordt dient het profiel van de Vecht zelfs vergroot te worden.

- Een peilbeheer met een jaarrond vast peil is een eerste stap richting het behalen van de KRW doelen en heeft (mits ingesteld op het hoogste peil) ook een gunstig effect op het behalen van de Natura2000 doelen.

### *5.4 Bandbreedteanalyse optimalisatie doelen*

Op basis van de resultaten uit de optimalisatie scenario's is een duidelijk beeld verkregen van de gevoeligheden van het systeem voor maatregelen, de uitwerking op doelen en vooral ook de onderlinge verbanden tussen de maatregelen en doelen. Het verkleinen van het profiel van de Vecht pakt voor alle doelen positief uit: gunstig voor morfologie, de stroomsnelheid en de effecten in de omgeving (uitzondering hierop zijn mogelijk de stroomdalgraslanden die misschien niet gebaat zijn bij een hogere inundatiefrequentie). Echter het MHW (veiligheid) maakt een verkleining niet mogelijk. Ook leidt dit tot een verslechtering van de aanwezige landbouw in het winterbed. Ook is voor de invulling van de KRW (doelrealisatie) extra begroeiing gewenst. Extra begroeiing levert meer ruwheid wat beperkend werkt op het MHW. Deze balans is visueel weergegeven in Figuur 18. In het ontwerpproces dient een balans gezocht te worden binnen de verschillende maatregelen die een waterstand verhogend effect hebben (blauwe peilen) en de maatregelen die een waterstand verlagend effect hebben (groene peilen) zodat een optimale doelenbediening gerealiseerd wordt.




*Figuur 18 Visualisatie van MHW en afhankelijkheden.*

In deze ronde zijn scenario's doorgerekend met verschillende maatregelen zodat duidelijk wordt in welke richting een optimaal doelbereik behaald kan worden. Hierin is gevarieerd met de parameters: verkleining van het dwarsprofiel (i.c.m. verlagen norm), het toevoegen van een beperkte hoogwatergeul en peilbeheer. Uit deze verkenning komen de volgende conclusies naar voren:

- De huidige cultuurtechnische inrichting van de Vecht is hydraulisch gezien erg efficiënt, verondieping en het toevoegen van nevengeulen verkleinen deze effectiviteit waardoor ze zeker niet één op één uit te ruilen zijn;
- De inzet van de hoogwatergeul kan geoptimaliseerd worden door verlaging van het drempelniveau, vergroten van de doorstroomcapaciteit en het toevoegen van extra lengte hoogwatergeul;
- Uitzakken van zomerpeilen tot onder het huidige zomerpeil levert verlaging van de grondwaterstanden op en levert geen significant effect op de stroomsnelheid. Daarnaast heeft een verhoging van de peilen tot ongeveer 40 cm boven het huidige zomerpeil effect, een verdere verhoging levert nog slechts een relatief kleine afname van het doelgat op de Natura2000 doelen.

- Een verkleining van het profiel levert geen meerwaarde in de zomersituatie (systeem blijft gestuwd zonder verhang), echter in de (gestuwde) wintersituatie neemt het verhang toe bij verkleining van het profiel wat een meerwaarde heeft voor morfologie, stroomsnelheid en verdrogingsgevoelige natuur.
- Verlaging van de MHW van een T=200 naar een T=30 biedt beperkt ruimte (verschil van 20 cm), dit wordt nagenoeg "verbruikt" door toevoeging van begroeiing.
- Uiterwaardverlaging als middel om ruimte te creëren in het winterbed levert beperkt meerwaarde: om 10% van de piek van een T=200 piek in Ommen op te vangen is een verlaging van het hele winterbed (binnen het plangebied) van ongeveer 13 cm nodig. Naast het grondverzet speelt ook mee dat vegetatieontwikkeling bij een verlaagd winterbed ruiger zal zijn en de toename in afvoercapaciteit voor een groot deel weer zal beperken waardoor de beheerinspanning groter wordt.

### *5.5 Verkenning hoogwatergeulen*

De bandbreedteanalyse uit paragraaf 5.4 laat zien dat optimalisatie van het gebruik van hoogwatergeulen ruimte kan bieden in het ontwerp om het dwarsprofiel verder te verkleinen. Een verkleining van het profiel levert hogere stroomsnelheden en beperkt de drainerende werking van de Vecht. Uit de verkennende berekeningen met betrekking tot de hoogwatergeulen blijkt het volgende:

- Door het toepassen van nevengeulen is het mogelijk om de bodemhoogte van de Vecht met 50 cm te verhogen. Nadeel is dat bij aanleg van een hoogwatergeul  het drainerend effect op zijn omgeving toeneemt. Daarnaast heeft dit grote nadelen voor beheer. Deze verkleining van het profiel levert geen significante toename van de stroomsnelheden in de zomer. Hoogwatergeulen hebben daarmee niet het gewenste effect.
- In het traject Ommen- Junne liggen de zomergrondwaterstanden dieper dan de drainagebasis van de lokale ontwateringsmiddelen (watergangen, perceelssloten en drainagebuizen). Dit betekent dat lokale maatregelen in deze gebieden geen effect hebben op de zomergrondwaterstanden die waarschijnlijk wel een belangrijke rol spelen in herstel van de grondwaterafhankelijke natuur ter plaatse. Om hier in voldoende mate het doelgat te verkleinen is peilbeheer van de Vecht de belangrijkste stuurknop.
- Een peilverhoging naar zomerpeil +20 cm ter plaatse van stuw Mariënberg resulteert voor de Rheezermaten in combinatie met de lokale maatregelen in een behoorlijke verkleining van het doelgat. Een extra peilverhoging van het zomerpeil  heeft slechts zeer beperkt meerwaarde.

### *5.6 Voorkeursalternatief (VKA)*

#### *5.6.1 Beschrijving ontwerp*

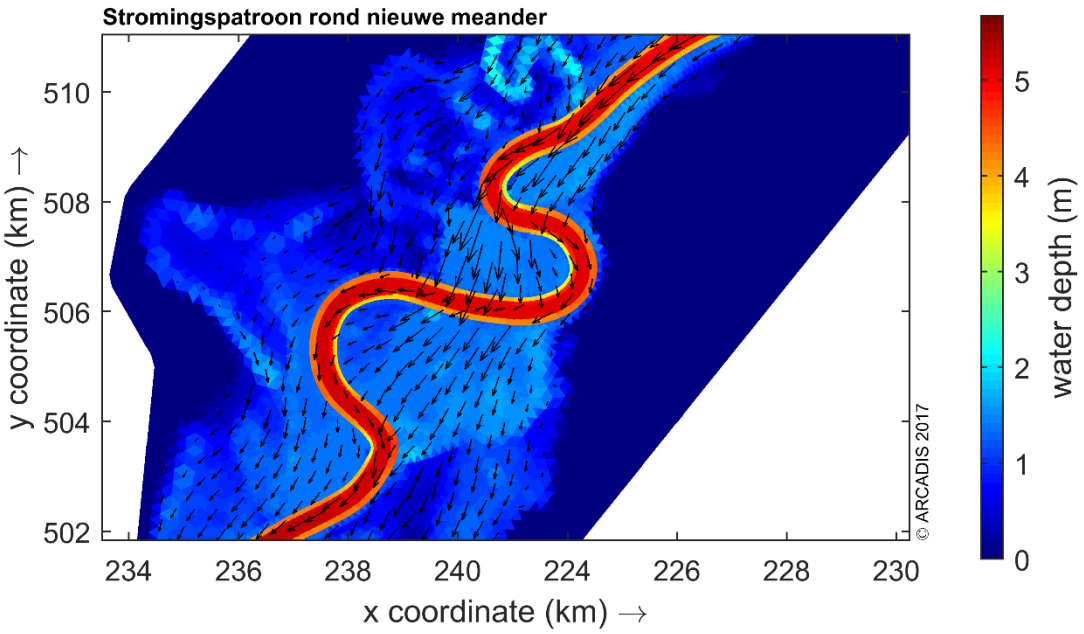
Omdat de verkenning met de hoogwatergeulen niet de gewenste verbetering van het ontwerp opleverde is ingezet op verdere optimalisatie van scenario Vechtdalrund (Sc 9A, zie Figuur 17 en paragraaf 6.10). In deze optimalisatie is gebruik gemaakt van de kennis die is opgedaan uit voorgaande analyses. Omdat is gebleken dat het beperken van het profiel van de Vecht voordelen heeft voor zowel de Natura2000 als KRW opgave is ingezet op minimalisatie van het profiel binnen de geldende randvoorwaarden. Hierbij is afgewogen dat extra begroeiing in het winterbed en beplantingstroken langs de Vecht een grotere meerwaarde heeft dan het nog verder verkleinen van het profiel: de winst op de stroomsnelheid is minimaal terwijl de winst van begroeiing voor zowel de KRW als de Natura2000 opgave waardevol is. Er zijn geen aanvullende ooibossen opgenomen in het VKA. Wel is het mogelijk om begroeiing te verdelen over het winterbed mits de totale aanvullende ruwheid niet groter is dan 2x5m opgaande beplanting langs 75% van de Vecht. Bovenstaande leidt tot een iets groter profiel van de Vecht ten opzichte van de huidige situatie, waarbij gekozen is voor een kleine verondieping en verbreding omdat dit beter past bij een natuurlijk systeem (en daardoor minder onderhoud oplevert, zie Figuur 33en Figuur 34). Deze afweging is mede gemaakt vanuit de gedachte dat de Vecht een systeem in ontwikkeling is met randvoorwaarden die mogelijk verschuiven. Het is daarmee gemakkelijker in een later stadium extra begroeiing toe te staan dan het profiel verder te verkleinen. Qua peilbeheer is gekozen voor een jaarrond vast peil op zomerpeil + 20 cm extra peilopzet. De uitwerking van het peilbeheer in stuwpand Vilsteren verdient nog nadere afstemming tussen beide waterschappen, provincie, partners en omgeving om zo goed mogelijk alle doelen in dit

gebied te bedienen. Het basisprofiel wordt kent natuurvriendelijke oevers die ontsteend zijn en de benodigde variatie in zich heeft (van flauwe binnenbochten (1:10) en steile buitenbochten (1:1)). Door het aanbrengen van een aantal beplatingsstroken, natuurlijke oevers met daarin variatie (o.a. variatie in binnen- en buitenbochten) ontstaan lokale verschillen in stroming, waterdiepte en afzettingsmilieus. Daarnaast ontstaan beschaduwde plekken met beworteling tot in de waterzone. Door deze variatie ontstaan nieuwe leefmilieus voor waterorganismen. In lokale laagtes in het winterbed en de nevengeulen ontstaan paaiplaatsen voor vissen.

### *5.6.2 Morfologische activiteit*

Wanneer gekeken wordt naar de morfologische activiteit in het VKA ten opzichte van de huidige situatie kunnen de volgende conclusies getrokken worden (zie ook Bijlage 7). De huidige Vecht is een sterk actieve rivier in situaties wanneer de stuwen gestreken zijn; er vindt veel sedimenttransport plaats zodra een hoogwatergolf optreedt. De mate van activiteit (dus het transport) neemt iets af door hermeandering, maar blijft groot. Een “kanaal” met steile oevers waarin actief transport over de bodem plaatsvind is onwenselijk (geen sedimentatie , geen schuilmogelijkheden). Een bochtiger rivier remt het transport en biedt plekken waar dit zand afgezet kan worden en heeft daarnaast ecologisch gezien veel meer voordelen. Uit de uitgevoerde berekeningen blijkt dat het netto transport iets afneemt. Echter door aanleg van meanders en natuurlijker oevers ontstaat variatie in stroomsnelheden waardoor in plaats van alleen transport ook actieve erosie en sedimentatie gaat optreden. In het ontwerp zijn diverse locaties aan te wijzen die kansrijk zijn voor sedimentatie. Door deze verschillen in stroomsnelheid, erosie en sedimentatie ontstaat meer variatie in habitats. Een iets minder actieve rivier met een grotere morfologische diversiteit is daarmee gezien de opgaven voor Natura2000 en de KRW zeer positief (Bijlage 6).

Uit oriënterende sommen met een conceptueel 2D model (zie Bijlage 8 en Bijlage 9) blijkt dat aanleg van meanders zorgt voor een sterke toename in bochtweerstand, wat variatie in stroomsnelheid en daardoor variatie in morfologische patronen veroorzaakt (afwisseling sedimentatie en erosie). Daarnaast blijkt uit de sommen dat in een extreme situatie de dominante stromingsrichting verandert ter plaatse van de meanders: het debiet in de bochten (en ook de stroomsnelheid) neemt af en het debiet wat door het winterbed stroomt neemt toe. Beiden hebben een andere stromingsrichting die “botsen” (Figuur 19). Onder deze omstandigheden is het te verwachten dat er zich sediment op de oevers gaat afzetten. Wanneer gekeken wordt naar situaties die wat vaker voorkomen (T=1 en T=10) blijkt ook dat er door het ontwerp van het voorkeursalternatief met hermeandering een behoorlijk aantal locaties ontstaan waar gunstige perspectieven zijn voor oeverwalvorming of andere sediment afzettingen in het winterbed. Lokale versnellingen in stroomsnelheid zijn in staat sediment mee te nemen de oevers op, door vertraging van snelheid wordt dit sediment vrij snel daarna weer afgezet. Uit de berekeningen blijkt dat vooral binnenbochten, randen van de stroombaan en flessenhalzen kansrijk zijn voor sedimentatie en oeverwalvorming.




*Figuur 19 Weergave van stroomsnelheid en richting rond de meanders onder extreme omstandigheden (Bron: Arcadis 2017, resultaten controle effect verhang winterbed).*

In het ontwerp is voorzien in een aantal locaties waarin het ontstaan van de juiste afzettingen waarschijnlijk is. Door middel van monitoring kan de daadwerkelijk optredende sedimentatie gevolgd worden. Vervolgens kan met behulp van de monitoringsresultaten daar waar nodig bijgesteld worden of kunnen positieve voorbeelden gekopieerd worden naar de rest van het gebied. Het is hierbij belangrijk het proces te laten ontstaan en niet in te grijpen door middel van baggeren. Uit berekeningen blijkt dat grootste transporten ontstaan bij een afvoer net na het strijken van de stuwen. Wanneer de afvoer lager is en de rivier gestuwd wordt neemt het transport behoorlijk af. Het verdient aanbeveling te onderzoeken of een debietgestuurd peilbeheer significant kan bijdragen aan transport en daarmee aan een morfologisch actieve rivier. Door de grootte van het profiel en het handhaven van de stuwen is het niet heel waarschijnlijk dat morfologische activiteit in die mate optreedt dat de benodigde vaardiepte van een halve meter niet meer gerealiseerd kan worden.

### *5.6.3 Effect op afvoer*

Door de maatregelen die worden genomen in en langs de Vecht kan er een kleine verandering in het afvoerpatroon gaan ontstaan. Op basis van het grondwatermodel kan een globale inschatting gemaakt worden van de veranderingen die optreden. Het grondwatermodel berekent immers de afvoer van (infiltratie) en naar (drainage) watergangen (incl. de Vecht) uit het gebied. In Tabel 3 zijn de resultaten weergegeven voor vier perioden in het jaar. De totale afvoer (hierin is de verandering in infiltratie niet meegenomen) neemt in het voorjaar en de zomer toe. Dit betekent dat er netto meer water richting de Vecht stroomt in het voorjaar en de zomer. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het langer vasthouden van water in het gebied waardoor er een langere nalevering tot in de zomer plaatsvind. In de winter en het najaar neemt de afvoer af: juist als gevolg van het opladen van het systeem in de winter door de hogere peilen. Wanneer gekeken wordt naar de totale afvoer waarbij ook infiltratie het systeem in wordt meegenomen valt op dat de afvoer in het voorjaar nog steeds toeneemt. Het opladen in najaar en winter werkt door tot in het voorjaar. In zomer tot en met najaar neemt de netto afvoer (incl. Infiltratie) af: er infiltreert meer dan dat er extra aangevoerd wordt. Hieruit blijkt het herstel van het grondwatersysteem en de afname van de drainerende werking van de Vecht. De resultaten indiceren langer afvoer in de overgang van winter naar voorjaar wat gunstig is voor de KRW opgave. Daarnaast neemt de afvoer voor een groot deel van het jaar af; hiermee wordt het systeem robuuster en wordt meer water geborgen in het achterland. De verschillen zijn echter klein en berekend met een grondwatermodel wat niet als primaire

doel heeft om afvoeren te genereren. Om grip te krijgen op de werkelijke veranderingen in de afvoer is het belangrijk de werkelijk optredende debieten goed te monitoren (zie hoofdstuk 10).

*Tabel 3 Effect op afvoeren naar de Vecht in het VKA. De eerste kolom geeft de afvoer weer. De tweede kolom de totale afvoer wanneer ook infiltratie naar het gebied wordt meegenomen*

| Periode | Toename afvoer (zonder infiltratie) | Toename afvoer (incl. infiltratie) |
|---|---|---|
| Voorjaar | 4% | 2% |
| Zomer | 4% | -3% |
| Najaar | -2% | -7% |
| Winter | -2% | -5% |

# 6. Modelberekeningen

Het ontwerpproces van de Vecht is met name gestuurd en bijgesteld door de scenarioberekeningen die zijn uitgevoerd. Door veel verschillende scenario's met verschillende uitgangspunten en ontwerpkeuzes door te rekenen, is het functioneren van het watersysteem inzichtelijk gemaakt. Een optimaal ontwerp is bereikt doordat gericht aan de verschillende knoppen (maatregelen) is gedraaid. In onderstaande paragrafen wordt kort het gebruikte modelinstrumentarium beschreven en wordt een samenvatting gegeven van alle scenario's die zijn doorgerekend inclusief de scoring aan het toetskader. Tenslotte wordt elk scenario afzonderlijk beschreven aan de hand van het toetskader en de effecten op grond- en oppervlaktewater. Het afwegingsproces op hoofdlijnen is reeds beschreven in hoofdstuk 5. Het startpunt van het ontwerpproces wordt gevormd door Alterra streefbeelden 2 en 4.

## *6.1 Gebruikte modelinstrumentarium*

Voor de berekeningen die zijn uitgevoerd ten behoeve van de onderbouwing van het VKA is gebruik gemaakt van twee modellen: een oppervlaktewatermodel en een grondwatermodel. De modellen zijn eenzijdig gekoppeld: de uitvoer van het oppervlaktewatermodel wordt als input gebruikt voor het grondwatermodel (waterstanden, dimensies en ligging van de profielen / watergangen), deze koppeling is zeer gebruikelijk en past goed bij de vragen die we met het model willen beantwoorden. Een model is in principe altijd een vereenvoudiging van de complexe werkelijkheid wat betekent dat er per definitie verschillen bestaan ten opzichte van de werkelijkheid, maar ook dat er onzekerheden rondom modellen bestaan. Deze onzekerheden hebben verschillende oorzaken en zijn ook verschillend voor beide modellen. In Bijlagen 2 en 3 is voor beide modellen een uitwerking gemaakt van zaken die een rol spelen bij onzekerheid. Hieronder is per model een korte beschrijving opgenomen van de totstandkoming van het model en is vervolgens een beschouwing gemaakt over onzekerheid en de doorvertaling daarvan in de resultaten en daarmee het VKA van de Vecht.

### *6.1.1 Oppervlaktewatermodel*

Door waterschap Vechtstromen is een oppervlaktewatermodel gebouwd in SOBEK (1D, channelflow) wat zoveel mogelijk voortbouwt op reeds bestaande modellen en gegevens[23]. Om te komen tot een goed oppervlaktewatermodel voor het stroomgebied van de Vecht zijn alle beschikbare gegevens ten aanzien van debietmetingen, profielen (zomerbed en winterbed), kunstwerken, vegetatie van zowel de Vecht als alle zijwaterlopen opgevraagd. Alle gegevens zijn vergeleken en zo goed als mogelijk in elkaar geschoven om tot een goed beeld te komen van het functioneren van de Vecht. Dit beeld is vervolgens vertaald in uitgangspunten en parameters voor het oppervlaktewatermodel. Met behulp van een gevoeligheidsanalyse en kalibratie zijn de beschikbare gegevens optimaal op elkaar gefit. Echter ondanks deze zorgvuldige analyse blijven er een aantal onzekerheden bestaan die onvermijdelijk zijn in een proces waarin de werkelijkheid vereenvoudigd wordt naar een model. De belangrijkste aandachtspunten hierbij zijn: de debietmetingen, de vegetatieruwheid en het werkelijke verhang versus het gesimuleerde verhang. In Bijlage 2 zijn alle aspecten uitgebreid beschreven. De gevonden marges en onzekerheden zijn niet groter of anders dan bij vergelijkbare modelstudies voor andere (grotere) riviersystemen en zijn inherent aan het gebruik van (oppervlaktewater)modellen[24]. Daarnaast zijn in Bijlage 8 de resultaten beschreven van het onderzoek wat is uitgevoerd ten aanzien van het werkelijke verhang en het gesimuleerde verhang. Conclusie uit dit onderzoek is dat het dalverhang in een 1D oppervlaktewatermodel wordt overschat waardoor er te veel opstuwing ontstaat en als gevolg daarvan het ontwerp van het profiel te groot gekozen wordt. Echter er speelt een twee belangrijke principe, wat onvoldoende wordt meegenomen in een 1D model: de bochtruwheid. In werkelijkheid ontstaat er meer opstuwing in bochten (vooral in extreme

---

[23] *Waterschap Vechtstromen, Oppervlaktewatermodel Vecht, 2015*

[24] *Warmink et all, Uncertain hydraulic roughness in river models (part of STW-VICI project "Rough Water", 2011*

situaties) dan gesimuleerd wordt. Als gevolg van dit effect wordt het profiel in een 1D model juist te klein gekozen. Uit de uitgevoerde indicatieve berekeningen blijkt dat het effect van bochtruwheid groter is dan het effect op het dalverhang. Dit betekent dat het ontworpen profiel waarschijnlijk eerder te klein gedimensioneerd is dan te groot. Omdat het slechts om indicatieve berekeningen gaat (ter onderbouwing van het al dan niet optreden van het effect op het dalverhang) kunnen hier geen conclusies aan verbonden worden en wordt uitgegaan van het voor dit gebied ontwikkelde 1D SOBEK model.

Het is eenvoudig de onzekerheden te beschrijven; om deze vervolgens te kwantificeren in de afzonderlijke parameters maar vooral ook in de foutenvoortplanting is echter complex. Immers een onzekerheid in de metingen vertaalt zich in mindere mate door in het model doordat meerdere metingen op elkaar aangesloten worden (ze zullen niet allemaal dezelfde systematische fout bevatten), er gekalibreerd wordt waarmee de verschillende parameters met elkaar in overeenstemming gebracht worden. Als laatste en misschien wel belangrijkste nuance; er wordt relatief gerekend. Dit betekent dat de effecten worden bepaald ten opzichte van de huidige situatie, maar ook dat eventuele fouten zowel in de huidige situatie als in het scenario verwerkt zitten en daardoor zo goed als uitmiddelen. Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat er een model is gebouwd gebaseerd op de best beschikbare kennis en gegevens. Door de manier van rekenen zijn onzekerheden geminimaliseerd. Het model is daarmee geschikt voor de berekeningen die zijn gedaan ter onderbouwing van de koers naar een halfnatuurlijke rivier. Doordat is ingezet op een stapsgewijze ontwikkeling richting een halfnatuurlijke laaglandrivier is het mogelijk om in een later stadium bij te sturen in het ontwerp wanneer een van de randvoorwaarden verandert of vervalt. Ook wanneer blijkt dat er toch grotere verschillen ontstaan tussen berekend en gemeten dan op grond van de nu beschikbare gegevens verwacht kan worden kan er bijgesteld en bijgestuurd worden. Om dit goed te kunnen doen is een adequaat monitoringsprogramma voor de nulsituatie en de situatie na ingreep op zowel waterstanden als afvoeren belangrijk (zie ook hoofdstuk 10).

Met behulp van het oppervlaktewatermodel is het alleen mogelijk waterstanden, debieten en gemiddelde stroomsnelheden te berekenen. Omdat morfologische activiteit en vooral de toename daarvan een belangrijke randvoorwaarde is voor zowel de KRW als de Natura2000 opgave heeft Arcadis een aantal aanvullende berekeningen uitgevoerd en een aantal hieronder beschreven scenario's beoordeeld (vooral relatief ten opzichte van elkaar) op morfologische activiteit (Bijlage 7 en 8). De resultaten van deze studie zijn beschreven in paragraaf 5.6.

### *6.1.2 Grondwatermodel*

Het grondwatermodel is gebaseerd op de het door Deltares gebouwde MIPWA model 2.0[25]. Dit regionale model is specifiek voor het stroomgebied van de Vecht verfijnd en geoptimaliseerd door Tauw[14]. Ten aanzien van onzekerheid geldt hetzelfde als reeds is beschreven in de paragraaf over het oppervlaktewatermodel. Omdat alleen de waterstanden uit het oppervlaktewatermodel worden gebruikt in de normale gestuwde situaties vertaald de onzekerheid van het oppervlaktewatermodel zich niet door in het grondwatermodel. De onzekerheid van het grondwatermodel zit op andere parameters, namelijk de opbouw van de ondergrond en de gehanteerde weerstand van de watergangen (let op hier wordt niet de ruwheid bedoeld maar de weerstand die het water ondervind bij drainage of infiltratie). Uit de beschikbare boringen blijkt dat ondergrond complex en zeer heterogeen is; juist de bijzondere natuurvormen ontstaan vaak op locaties met een complexe en heterogene bodemopbouw, maaiveld en daarmee samenhangende kwel. Dit betekent dat het exact voorspellen van de grondwaterstanden in dit soort gebieden complex is. Dat blijkt ook uit de vergelijking van de gemeten en

[25] *Deltares, MIPWA2.0: update van het topsysteem, 2011*

berekende grondwaterstanden: over het algemeen is de afwijking tussen gemeten en berekend in de natuurgebieden groter dan in de overige gebieden. Echter omdat ook hier weer relatief gerekend wordt vervalt een groot deel van de onzekerheid; het optredende effect kan van locatie tot locatie wat afwijken van de werkelijkheid maar is op hoofdlijnen goed voorspeld. In deze studie is het grondwatermodel vooral gebruikt om een afweging te kunnen maken tussen verschillende varianten en een relatieve score te kunnen toekennen aan een aantal grondwater gerelateerde aspecten in het toetskader. Voor deze toepassing is het grondwatermodel uitstekend geschikt: er wordt vooral relatief beoordeeld op basis van het gehele stroomgebied van de Vecht. Daarnaast is voor de Rheezermaten al een vrij concreet ontwerp gemaakt op basis van de uitgevoerde LESA; uit de vergelijking tussen model en meting blijkt dat de afwijkingen hier klein zijn en gebruik van het model gerechtvaardigd is. Voor de overige gebieden (Karshoek Stegeren en Arriën) lijkt het model minder geschikt voor de bepaling van het doelgat en de bepaling van de effecten van de lokale maatregelen. Het verdient aanbeveling een vergelijking te maken tussen gemeten en berekend wanneer meer metingen van de grondwaterstanden beschikbaar zijn. Op basis van de resultaten hiervan, de resultaten van de LESA's en de detailmaatregelen voor deze gebieden kan een afweging gemaakt worden om het model te gebruiken voor effectbepaling van het inrichtingsplan of in te zetten op expert judgement. Ook hier is het belangrijk de werkelijke effecten op de grondwaterstanden goed te monitoren en te evalueren.

### *6.2 Scenarioberekening en toetsing aan toetskader*

Tabel 4 geeft een overzicht van de scenario's en bijhorende maatregelen op hoofdlijnen. In Tabel 5 wordt het toetskader uitgewerkt voor de verschillende scenario. In onderstaande paragraven worden alle scenario's separaat beschreven.

| **Scenario codering** | **Scenario benaming** | **Maatregelen van het scenario** |
|---|---|---|
| 1_HS | Huidige situatie/ Ooievaar | Scenario die de huidige situatie weergeeft en dient als referentiesituatie voor de overige scenario's. |
| 2_SC1 | Alterra streefbeeld 2 | - Het dwarsprofiel van de Vecht is aangepast zodat deze breder, steiler en ondieper wordt;<br>- De loop van de Vecht meanderend conform Alterra 2009;<br>- De stuwen Vilsteren, Junne, Mariënberg en Hardenberg worden jaarrond op winterpeil gezet;<br>- De andere stuwen blijven ongewijzigd. |
| 3_SC2 | Alterra streefbeeld 4 / Vechtdalanjer | - Het dwarsprofiel van de Vecht is aangepast zodat deze iets breder, steiler en ondieper wordt;<br>- De loop van de Vecht meanderend conform Alterra 2009;<br>- De stuwen Vilsteren en Hardenberg hanteren jaarrond winterpeil;<br>- De stuwen Junne en Mariënberg worden verwijderd;<br>- Stuw De Haandrik blijft ongewijzigd. |
| 4_SC3 | Alterra streefbeeld 0 | - Het dwarsprofiel van de Vecht is aangepast zodat deze iets breder, steiler en ondieper wordt;<br>- De loop van de Vecht meanderend conform Alterra 2009;<br>- De stuwen blijven allen ongewijzigd. |
| 5_SC4 | Alterra zomer plus 20 cm | - Het dwarsprofiel van de Vecht is aangepast zodat deze iets breder, steiler en ondieper wordt; |

| | | |
|---|---|---|
| | | - De loop van de Vecht meanderend conform Alterra 2009;<br>- De stuwen blijven allen ongewijzigd.<br>- De stuwen Vlisteren, Hardenberg, Junne en Mariënberg hanteren allen jaarrond een waterpeil van 20 cm boven het zomerpeil van de huidige situatie;<br>- Stuw De Haandrik blijft ongewijzigd. |
| SC_7 | Optimalisatie Alterra ontwerp | - De dwarsprofiel en lengteprofiel aanpassing van de Vecht zoals deze in de Alterra scenario's is doorgerekend is geoptimaliseerd (logischer verhang en breedte / diepte verhouding, vergroting profiel t.b.v. MHW), waarbij de ligging van de Vecht aansluit bij de Visie 2050;<br>- De stuwen Junne en Mariënberg hanteren jaarrond een peil dat 20 cm hoger ligt dan het huidige zomerpeil. Hardenberg jaarrond op zomerpeil;<br>- De overige stuwen blijven ongewijzigd;<br>- Toevoegen begroeiing; 2x3 m zijdelingse beplanting en natuurvriendelijke oevers. |
| SC_008 | Kamsalamander | - De stuwen Junne en Mariënberg hanteren jaarrond een peil dat 40 cm hoger ligt dan het huidige zomerpeil. Hardenberg jaarrond op zomerpeil;<br>- De overige stuwen blijven ongewijzigd;<br>- Er wordt een normering van T=30 gehanteerd;<br>- ondieper maar breder profiel (ca 1 m ondieper dan huidig);<br>- Toevoegen van tweezijdige beplanting (2x5m) en ooibos in het stromende deel van het winterbed;<br>- Toevoegen natuurvriendelijke oevers;<br>- Lokale maatregelen in de Rheezermaten. |
| SC_09A | Vechtdalrund | - De stuwen Junne en Mariënberg hanteren jaarrond een peil dat 40 cm hoger ligt dan het huidige zomerpeil. Hardenberg jaarrond op zomerpeil;<br>- De overige stuwen blijven ongewijzigd;<br>- Er wordt een normale normering van T=200 gehanteerd;<br>- ondieper maar breder profiel (ca 0.5 m ondieper dan huidig, ruimer dan Kamsalamander);<br>- Toevoegen van tweezijdige beplanting (2x5m) en ooibos in het stromende deel van het winterbed;<br>- Toevoegen natuurvriendelijke oevers;<br>- Droge hoogwatergeul met drempel op T=1;<br>- Lokale maatregelen in de Rheezermaten. |
| SC_09B | Naamloos | - De stuwen Junne en Mariënberg hanteren jaarrond een peil dat 100 cm hoger ligt dan het huidige zomerpeil. Hardenberg jaarrond op zomerpeil;<br>- De overige stuwen blijven ongewijzigd; |

| | | |
|---|---|---|
| | | - Er wordt een normale normering van T=200 gehanteerd;<br>- ondieper maar breder profiel (ca 0.5 m ondieper dan huidig, ruimer dan Kamsalamander).<br>- Toevoegen van tweezijdige beplanting (2x5m) en ooibos in het stromende deel van het winterbed;<br>- Toevoegen natuurvriendelijke oevers;<br>- Droge hoogwatergeul met drempel op T=1;<br>- Lokale maatregelen in de Rheezermaten. |
| SC_09C | Vechtdalotter | - Uitzakkend zomerpeil in stuwpanden Junne en Mariënberg.<br>- De stuwen Junne en Mariënberg hanteren een winterpeil die 40 cm hoger ligt dan het huidige zomerpeil;<br>- De stuwen Junne en Mariënberg hanteren een zomerpeil die 10 cm lager ligt dan het huidige zomerpeil;<br>- Hardenberg jaarrond op zomerpeil;<br>- De overige stuwen blijven ongewijzigd;<br>- Er wordt een normale normering van T=200 gehanteerd;<br>- ondieper maar breder profiel (ca 0.5 m ondieper dan huidig, ruimer dan Kamsalamander);<br>- Toevoegen van tweezijdige beplanting (2x5m) en ooibos in het stromende deel van het winterbed;<br>- Toevoegen natuurvriendelijke oevers;<br>- Droge hoogwatergeul met drempel op T=1;<br>- Lokale maatregelen in de Rheezermaten. |
| RM | Rheezermaten | Omvat alleen lokale aanpassingen Rheezematen, geen wijzigingen van de Vecht. |
| SC 10 incl. | Nevengeulen en lokale maatregelen | - De stuwen Junne en Mariënberg hanteren jaarrond een peil dat 20 cm hoger ligt dan het huidige zomerpeil. Hardenberg en Vilsteren jaarrond op zomerpeil;<br>- De overige stuwen blijven ongewijzigd;<br>- Er wordt een normale normering van T=200 gehanteerd.<br>- ondieper maar breder profiel (ca 0.5 m ondieper en heel iets breder dan huidig);<br>- Geen aanvullende beplanting ten opzichte van de huidige situatie.<br>- Toevoegen van (kale) natuurvriendelijke oevers;<br>- Hoogwatergeul over hele lengte Vecht met dimensies huidige Vecht, drempel op 1/4Q;<br>- Lokale maatregelen in de Rheezermaten, test lokale maatregelen Natura2000. |
| SC 10 excl. | Nevengeulen | - De stuwen Junne en Mariënberg hanteren jaarrond een peil dat 20 cm hoger ligt dan het huidige zomerpeil. Hardenberg en Vilsteren jaarrond op zomerpeil;<br>- De overige stuwen blijven ongewijzigd;<br>- Er wordt een normale normering van T=200 gehanteerd;<br>- ondieper maar breder profiel (ca 0.5 m ondieper en heel iets breder dan huidig);<br>- Geen aanvullende beplanting ten opzichte van de huidige situatie.<br>- Toevoegen van (kale) natuurvriendelijke oevers; |

| | | |
|---|---|---|
| | | - Hoogwatergeul over hele lengte Vecht met dimensies huidige Vecht, drempel op 1/4Q. |
| Sc 11 | VKA | - De stuwen Junne en Mariënberg hanteren jaarrond een peil dat 20 cm hoger ligt dan het huidige zomerpeil. Hardenberg en Vilsteren jaarrond op zomerpeil;<br>- De overige stuwen blijven ongewijzigd;<br>- Er wordt een normale normering van T=200 gehanteerd;<br>- ondieper maar breder profiel (ca 0.5 m ondieper en breder dan huidig, breder dan scenario 10);<br>- Toevoegen van tweezijdige beplanting (2x5m) en ooibos in alleen het bergende deel van het winterbed;<br>- Toevoegen van natuurvriendelijke oevers, gemiddeld rekenkundig talud van 1:5;<br>- Lokale maatregelen in de Rheezermaten. |

*Tabel 4 Overzicht van de Vecht scenario's*

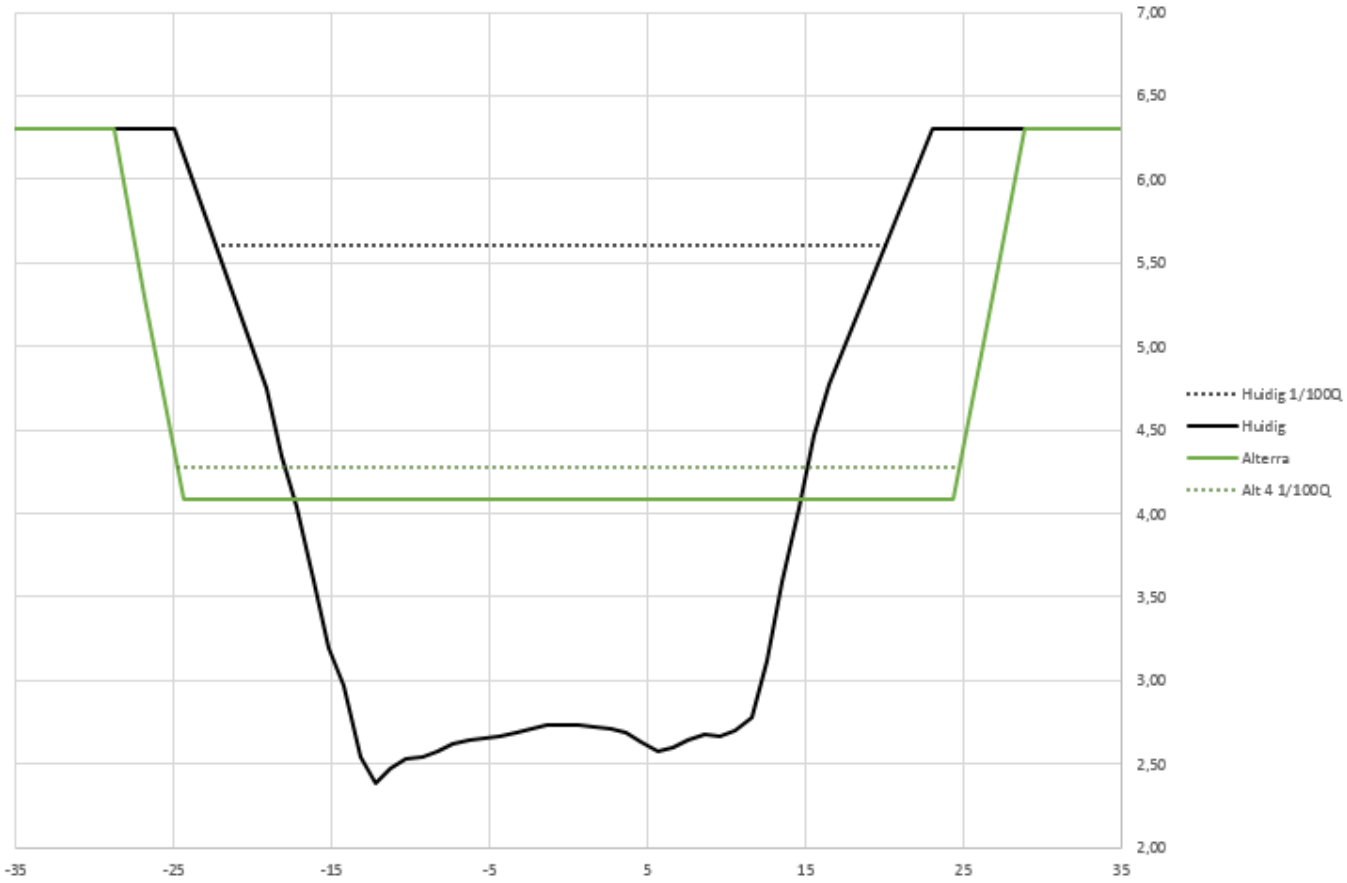
| Onderwerp | | | | Maatregelen Vecht | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | |
| | | Alterra str. 2 | Alterra str. 4 | 8 | 9A | 9B | 9C | 10 | 11 |
| MHW | Toetsing MHW | -- | -- | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Veilig | | -- | -- | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Stedelijk | Toename GHG < 80 cm mv | + | + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Overstorten T=1 | - | - | - | + | + | + | + | + |
| Stedelijk | | 0 | 0 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Landbouw | < 15% natschade | ++ | ++ | + | + | + | + | + | + |
| | < 15% droogschade | -- | --- | + | + | + | 0 | + | + |
| | > 15% natschade | ++ | ++ | - | - | -- | - | - | - |
| | > 15% droogschade | -- | --- | + | + | + | + | + | + |
| | dagen inundaties groeiseizoen / zomer binnen winterbed | -- | --- | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Landbouw | | -- | --- | 0 | + | - | + | + | + |
| Natura 2000 / EHS | Rivierdynamiek, stroomsnelheid (T=1,59) en variatie | + | + | + | + | + | + | + | + |
| | Inundatiefrequentie stroomdalgraslanden (T=1 /T=3) | -- | --- | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Inundatieduur stroomdalgraslanden | -- | --- | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | ha% doelgat GVG | -- | --- | + | + | ++ | - | + | + |
| | Toename kwel | -- | --- | + | + | ++ | - | + | + |
| Natuur | | -- | --- | 0 | + | ++ | - | + | + |
| KRW | Gemiddelde stroomsnelheid winter (0,25Q) > 30 cm/s | ++ | ++ | - | - | - | - | + | - |
| | Gemiddelde stroomsnelheid zomer (0,05Q) >20 cm/s | 0 | + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Variatie in profielen, oevers en stroomsnelheid | + | + | + | + | + | + | + | + |
| | Natuurlijker peilbeheer | + | +++ | + | + | + | ++ | + | + |
| | Aanwezigheid hoogopgaand hout (>40%) | 0 | 0 | + | + | + | + | 0 | + |
| KRW | | + | ++ | + | + | + | ++ | + | + |
| Recreatie | Diepte in stroomdraad > 0.5 m | - | - | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Recreatie | | - | - | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Benodigde investering | | - | - | -- | -- | --- | -- | -- | - |
| Beheer en onderhoud | | 0 | 0 | - | - | -- | - | --- | 0 |

*Tabel 5 Beoordeling scenario's aan de hand van toetskader*

### 6.3 Alterra streefbeeld 2

In het Herstelonderzoek Vecht uit 2009[20] heeft Alterra een uitvoeringsstrategie opgesteld voor het realiseren van de Vecht als halfnatuurlijke laaglandrivier. Deze strategie is richtinggevend voor het streefbeeld voor 2050. Uit een voorstudie van dit onderzoek bleek dat het verwijderen van alle stuwen tot een te grote daling van de

grondwaterstanden leidde. In het herstelonderzoek zijn daarom vier streefbeelden uitgewerkt waarin vooral het stuwbeheer varieert tussen de vier streefbeelden. In het meest bovenstroomse traject tussen stuw de Haandrik en Hardenberg heeft de hoofdgeul een bodembreedte van 28.4 m en een bovenbreedte van ongeveer 44 m. Langs het traject tussen Hardenberg en Ommen wordt het profiel breder; een bodembreedte van 48.8 m en een bovenbreedte van 64m. De profielen hebben een talud van 1:2. Het gemiddelde bodemniveau ligt circa 0.5 tot 1 m hoger dan de huidige situatie. In Figuur 20 en Figuur 21 is het dwarsprofiel (ter plaatse van Rheeze) en de bodemverhoging over het hele traject inzichtelijk gemaakt, te zien is dat de verhoging in stuwpand Mariënberg het grootst is. Langs de stedelijke gebieden Hardenberg en Ommen wordt het zomerbed met ongeveer 20% verbreed. Qua ontwerp van de hoofdgeul zijn  meanderende trajecten ontworpen waardoor de geullengte met een factor van 1.3 is vergroot. Qua stuwbeheer gaan Vilsteren, Junne en Mariënberg (n.b. dit is anders als beschreven in het rapport van Alterra) over op een half natuurlijk peilbeheer wat betekent dat ze vastgezet worden op winterpeil. Het stuwbeheer van Hardenberg wijzigt niet (omgekeerd peilbeheer).



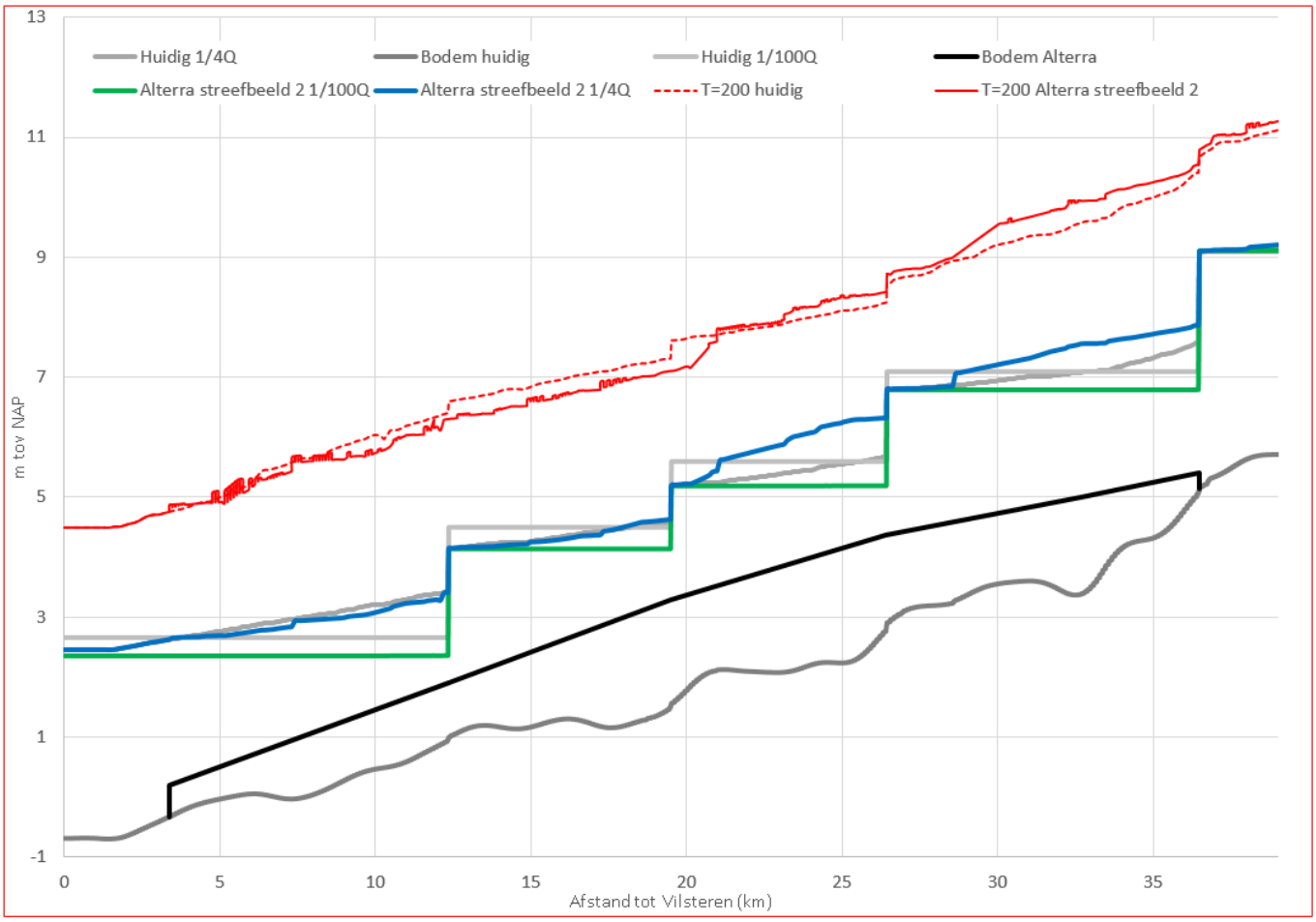

*Figuur 20  Verschillen in dwarsprofiel van de Vecht ter plaatse van Rheeze/Brucht voor de Alterra Streefbeelden*

### *6.3.1 Beschrijving effecten*

***Oppervlaktewater***

In Figuur 21 zijn de verschillen in bodemhoogte en de effecten op de waterstanden inzichtelijk gemaakt voor streefbeeld 2 voor zowel de zomer als wintersituatie. In de huidige droge  zomersituatie (1/100Q) is te zien dat er als gevolg van het beperkte debiet in de zomer geen verhang meer in het systeem zit en het peil over het gehele stuwpand gelijk is aan het stuwpeil. Wanneer het peil verlaagd wordt naar een jaarrond peil gelijk aan winterpeil ontstaat hetzelfde beeld, een peil zonder verhang gelijk aan het stuwpeil. De verandering in de stroomsnelheid is in deze situatie niet significant. De verandering van de stroomsnelheid in een gemiddelde zomerafvoer (0.05Q) is wat groter; maar blijft nog steeds erg klein (toename van 0.007 m/s naar 0.012 m/s). Voor een meer gemiddelde

zomersituatie (1/20Q) neemt de gemiddelde stroomsnelheid toe van 0,06 m/s naar 0,1 m/s. In de huidige gemiddelde (1/4Q) situatie treedt wel verhang op over het stuwpand, het verhang neemt met name in de stuwpanden Hardenberg en Mariënberg fors toe in bovenstroomse richting als gevolg van de verkleining van het dwarsprofiel. Het verhang in de stuwpanden Junne en Vilsteren neemt niet toe; in stuwpand Vilsteren neemt het zelfs wat af (hier wordt het profiel wat breder). Door de verkleining van het profiel neemt de opstuwing in extremere situaties nog verder toe; de waterpeilen in een T=200 situatie liggen in de stuwpanden Mariënberg en Hardenberg hoger dan het huidige MHW.




*Figuur 21 Effecten oppervlaktewater streefbeeld 2*

**Grondwater**

In Bijlage 4 zijn de effecten op grondwater opgenomen. Naast de absolute effecten op GXG en de effecten op kwelfluxen zijn ook effecten op de landbouw in beeld gebracht (met behulp van de helptabellen en Waternood[18]). Voor alle scenario's met uitzondering van het VKA worden alleen de effecten op de grondwaterstanden beschreven, de kwel en waternood resultaten zijn afgeleid uit de grondwateraffecten en beschrijven vooral de effecten de functies landbouw en natuur die in de volgende paragraaf (toetskader) nader aan de orde komen. Bij beoordeling van de figuren is het belangrijk om in het achterhoofd te houden dat de GHG en GLG in de huidige situatie zijn omgedraaid voor een aantal locaties: dat betekent dat in de huidige situatie de GHG in de zomer optreedt terwijl deze in het scenario in de winter optreedt. Er worden dus geen zomers en winters vergeleken maar hoogste grondwaterstanden en laagste grondwaterstanden.

Streefbeeld 2 levert ten opzichte van de huidige situatie lagere grondwaterstanden tot ruim buiten het winterbed vanaf de Haandrik tot aan Vilsteren. Deze verlaging wordt vooral veroorzaakt door het lagere waterpeil (het zomerpeil wordt verlaagd naar winterpeil). Direct langs de Vecht is de verlaging in de zomersituatie (GLG) op sommige plaatsen groter dan 50 cm. Effecten groter dan 50 cm zijn alleen te zien op de plaatsen waar nieuwe meanders aangelegd worden, die op sommige locaties insnijden in hoge ruggen, en op plaatsen met ouder afgesneden meanders waar het peil meebeweegt. Het verlagende effect van de Vecht is in het benedenstroomse gebied groter dan bovenstrooms gebied. Grofweg kan een knip gemaakt worden bij stuw Mariënberg; bovenstrooms Mariënberg is het uitstralingseffect naar beide zijden ongeveer 0.5 km, benedenstrooms van Mariënberg is het uitstralingseffect ongeveer 1.5 tot 2 km. Dit heeft vooral te maken met de lokale bodemopbouw die tot op grotere diepte zandiger is. Daarnaast speelt mogelijk de vergroting van het natte oppervlakte van het profiel (benedenstrooms van Mariënberg)een rol.

In de winter- (GHG) en voorjaarssituatie (GVG) zijn de patronen vergelijkbaar, maar anders ten opzichte van de zomersituatie. Voor zowel de GHG als GVG geldt dat vanaf stuw Vilsteren tot stuw Mariënberg de grondwaterstanden afnemen tot meer dan 50 cm op de nieuwe meanderlocaties. Het uitstralingseffect is hier groot (ca 1 km) als gevolg van de zandige bodemopbouw. Deze afname wordt vooral veroorzaakt door een afname in het verhang als gevolg van het grotere natte oppervlakte van het profiel (zie Figuur 21). Ongeveer halverwege tussen stuw Mariënberg en stuw Hardenberg slaat de afname van de grondwaterstanden om naar een toename, lokaal meer dan 50 cm, als gevolg van het toegenomen verhang in de wintersituatie ten opzichte van de huidige situatie (kleiner nat oppervlakte van het profiel). Uit deze effecten op de grondwaterstanden kan geconcludeerd worden dat het effect van de vecht op zijn omgeving groot is; afhankelijk van het peilbeheer en het natte oppervlakte heeft de Vecht een drainerende, dan wel infiltrerende werking.

### *6.3.2 Beschrijving toetskader*

Alle scenario's zijn getoetst aan het toetskader wat is beschreven in hoofdstuk 4. In Tabel 5 is de beoordeling op basis van dit toetskader voor verschillende scenario's samengebracht. Uit de toetsing aan het toetskader blijkt het volgende met betrekking tot streefbeeld 2:

- Het scenario voldoet niet aan de MHW van T=200 en ook niet aan een lagere norm van T=30.
- Omdat grondwaterstanden vooral dalen neemt het areaal stedelijk gebied wat in de winter een ontwateringsdiepte groter dan 80 cm heeft relatief toe waardoor dit streefbeeld hier positief scoort. Het aantal overstorten wat vrij kan lozen in een T=1 situatie neemt af omdat het effectieve doorstroomprofiel verkleind wordt; de Vecht treedt eerder uit zijn oevers. Nette scoort dit scenario daarom een 0 op stedelijk gebied.
- Ten aanzien van de landbouw neemt de droogschade behoorlijk toe en de natschade neemt wat af. Omdat de Vecht eerder uit zijn oevers treedt neemt het aantal dagen inundaties in de zomer / groeiseizoen toe. Netto scoort dit scenario negatief op landbouw als gevolg van de sterke toename van de droogschade en het aantal dagen inundaties.
- De rivierdynamiek neemt op sommige locaties sterk toe door het verkleinen van het profiel het toevoegen van meanders en variatie, op andere plaatsen (bovenstrooms Ommen) waar het profiel juist eerder groter wordt neemt de dynamiek slechts beperkt toe door het toevoegen van meanders, en variatie in profielen. Doordat inundaties vaker en langer optreden scoort het scenario slecht op de doelen ten aanzien van stroomdalgraslanden. De grondwaterstanden en kwel naar de flanken nemen af waardoor dit scenario slecht scoort op de doelen ten aanzien voor grondwaterafhankelijke natuur. Netto scoort dit scenario slecht op de doelen ten aanzien van Natura2000 en de EHS.
- De gemiddelde stroomsnelheid in de wintersituatie neemt behoorlijk toe, de verschillen in de zomer zijn niet significant. Door meandering en ontstening neemt de variatie in de profielen, oevers en stroomsnelheden toe. Door af te stappen van een omgekeerd peilbeheer is er een positieve verschuiving naar een natuurlijker peilbeheer. Er zijn geen natuurvriendelijke oevers en extra beplanting toegevoegd waardoor de score op

aanwezigheid hoog opgaand hout gelijk blijft. Netto scoort dit scenario een plus op de KRW doelen (zie voor uitgebreide toelichting op het toetskader Bijlage 6).

- Omdat de diepte van het profiel sterk afneemt en het profiel dynamischer wordt scoort dit scenario een min op het thema recreatie .
- Qua investering ontstaan kosten (vergraving) waardoor dit aspect een min scoort.
- Het beheer en onderhoud neemt noemenswaardig toe, deze scoort daarom neutraal in het toetskader.

## 6.4 Alterra streefbeeld 4

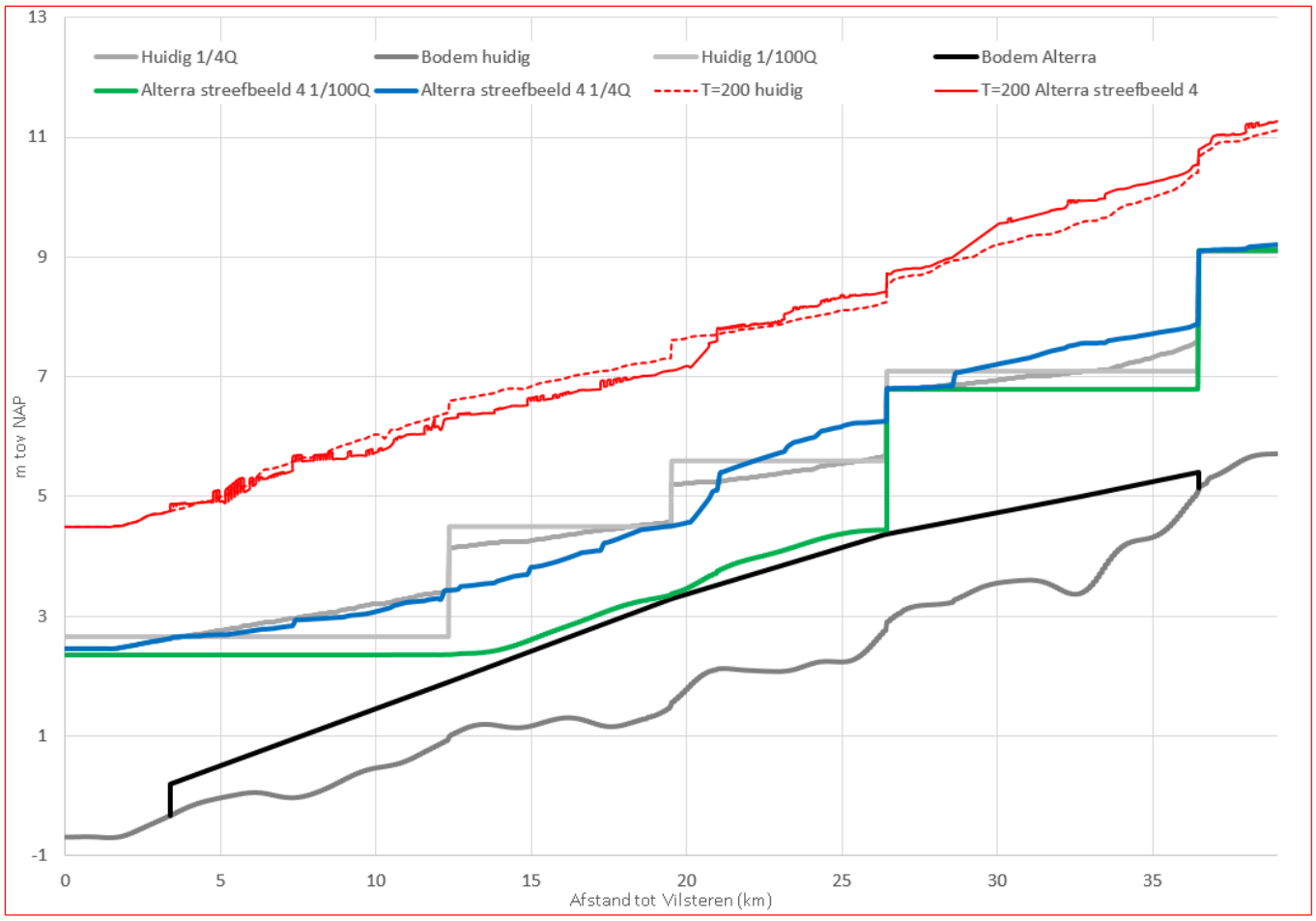
Het door Alterra opgestelde streefbeeld 4 lijkt sterk op het in paragraaf 5.2 beschreven streefbeeld 2. De ligging van de hoofdgeul en nevengeulen om de stuwen zijn gelijk aan het streefbeeld 2. Ook het profiel van de Vecht is gelijk aan streefbeeld 2. Wel is er een behoorlijk verschil in het stuwbeheer en daarmee de waterpeilen op de Vecht. In dit streefbeeld worden de stuwen Junne en Mariënberg volledig verwijderd. De stuwen Hardenberg en Vilsteren worden jaarrond op winterpeil gezet.

### 6.4.1 Beschrijving effecten

***Oppervlaktewater***

In Figuur 22 zijn de effecten van streefbeeld 4 op de waterstanden zichtbaar gemaakt in een lengteprofiel voor zowel de zomer- als de wintersituatie.

In de zomersituatie zakt het peil uit naar het ingestelde peilen in de stuwpanden van de Haandrik, Hardenberg en Vilsteren. Voor het stuwpeil van stuw Hardenberg en Vilsteren is deze lager dan de huidige situatie omdat hier nu het lagere winterpeil wordt gehanteerd. Door het verwijderen van de stuwen Junne en Mariënberg verandert hier het beeld compleet ten opzichte van de huidige situatie. Gedurende de zomer zakt het peil hier uit tot praktisch de bodemhoogte. Ook in de winter zakt het peil flink uit en ontstaat een min of meer doorlopende verhanglijn. Wat betekent dat de stuwen in de huidige situatie ook in de winter nog een behoorlijk stuwend effect hebben. Pas halverwege het stuwpand Mariënberg neemt het winterpeil toe als gevolg van het kleinere natte oppervlakte. In het stuwpand van Vilsteren is het verhang op hoofdlijnen in lijn met de huidige situatie en neemt in zeer kleine mate af. In het stuwpand van stuw Hardenberg is het effect ten opzichte van de huidige situatie nog gelijk aan streefbeeld 2. De stroomsnelheid in de 1/100Q situatie neemt toe van 0.007 naar 0.02 m/s als gevolg van het verwijderen van de stuwen. In de gemiddelde zomersituatie (1/20Q) neemt de stroomsnelheid toe van 0,06 naar 0,2 m/s. Door de verkleining van het profiel neemt de opstuwing in extremere situaties nog verder toe; de waterpeilen in een T=200 situatie liggen in de stuwpanden Mariënberg en Hardenberg hoger dan het huidige MHW.




*Figuur 22 Effecten oppervlaktewater streefbeeld 4*

***Grondwater***

In Bijlage 4 zijn de effecten op grondwater opgenomen. Naast de absolute effecten op GXG en de effecten op kwelfluxen zijn ook effecten op de landbouw met behulp van waternood in beeld gebracht. Voor alle scenario's met uitzondering van het VKA worden alleen de effecten op de grondwaterstanden beschreven, de kwel en waternood resultaten zijn afgeleid uit de grondwateraffecten en beschrijven vooral de effecten de functies landbouw en natuur die in de volgende paragraaf (toetskader) nader aan de orde komen. Bij beoordeling van de figuren is het belangrijk om in het achterhoofd te houden dat de GHG en GLG in de huidige situatie zijn omgedraaid voor een aantal locaties: dat betekent dat in de huidige situatie de GHG in de zomer optreedt terwijl deze in het scenario in de winter optreedt. Er worden dus geen zomers en winters vergeleken maar hoogste grondwaterstanden en laagste grondwaterstanden.

Ten opzichte van de huidige situatie treden er aanzienlijk lagere grondwaterstanden op waarbij het beeld aansluit bij de effecten van streefbeeld 2. Specifiek in het gebied tussen Hardenberg en Ommen zijn de grondwaterstanden nog lager dan in streefbeeld 2 en beslaan ook een breder gebied om de Vecht tot ver buiten het winterbed. De verlaging is hier over een groot gebied groter dan 50 cm. Een dergelijk grote verlaging komt tot circa 1.5 km vanaf de Vecht nog voor.

In de winter- (GHG) en voorjaarssituatie (GVG) zijn de patronen vergelijkbaar, maar net als in streefbeeld 2 anders dan de zomersituatie waar alleen sprake is van verdroging. Zowel voor de GHG als de GVG geldt dat ten noorden van Hardenberg sprake is van hogere grondwaterstanden rond de Vecht en het Coevorden Vecht kanaal. De toename van de grondwaterstanden variëren hier van maximaal 50 cm in de directe omgeving van de Vecht naar 5-10 cm op circa 700 meter van de Vecht (GHG situatie).

Op het traject van de Vecht langs Hardenberg tot aan stuw Hardenberg is sprake van lagere grondwaterstanden van maximaal 20 cm. Effecten tot 5 cm komen voor tot maximaal 300 meter van de Vecht. Direct benedenstrooms van stuw Hardenberg zijn weer hogere grondwaterstanden ten opzichte van de huidige situatie (toename verhang). Specifiek ter plaatse van de Molengoot zijn de effecten groot (meer dan 50 cm). Rond de Vecht zijn de effecten tussen de 30 en 50 cm. Het gebied met effecten groter dan 5 cm heeft een uitstralingseffect van maximaal 400 m van de Vecht.

Ter hoogte van Rheeze slaat het effect van hogere grondwaterstanden om naar lagere grondwaterstanden op het benedenstroomse deel (minder verhang). Specifiek op de locaties van nieuwe meanders is het effect groter dan 50 cm. In het gebied tussen Junne en Mariënberg neemt het uitstralingseffect toe en zijn effecten groter dan 50 cm ook merkbaar in een groot gebied rond de Vecht. Effecten tot 5-10 cm komen voor tot een afstand van meer dan 2 km van de Vecht. De GVG laat eenzelfde beeld zien al zijn de effecten net iets minder extreem.

### *6.4.2 Beschrijving toetskader*

Alle scenario's zijn getoetst aan het toetskader wat is beschreven in hoofdstuk 4. In Tabel 5 is de beoordeling op basis van dit toetskader voor verschillende scenario's samengebracht. Uit de toetsing aan het toetskader blijkt het volgende met betrekking tot streefbeeld 2:

- Het scenario voldoet niet aan de MHW van T=200 en ook niet aan een lagere norm van T=30.
- Omdat grondwaterstanden vooral dalen neemt het areaal stedelijk gebied wat in de winter een ontwateringsdiepte groter dan 80 cm heeft relatief toe waardoor dit streefbeeld hier positief scoort. Het aantal overstorten wat vrij kan lozen in een T=1 situatie neemt af omdat het effectieve doorstroomprofiel verkleind wordt; de Vecht treedt eerder uit zijn oevers. Nette scoort dit scenario daarom een 0 op stedelijk gebied.
- Ten aanzien van de landbouw neemt de droogschade fors toe en de natschade neemt af. Omdat de Vecht eerder uit zijn oevers treedt neemt het aantal dagen inundaties in de zomer / groeiseizoen toe. Netto scoort dit scenario sterk negatief op landbouw als gevolg van de forse toename van de droogschade en het aantal dagen inundaties.
- De rivierdynamiek neemt op sommige locaties sterk toe door het verkleinen van het profiel het toevoegen van meanders en variatie, op andere plaatsen (bovenstrooms Ommen) waar het profiel juist eerder groter wordt neemt de dynamiek slechts beperkt toe door het toevoegen van meanders, en variatie in profielen. Doordat inundaties vaker en langer optreden scoort het scenario slecht op de doelen ten aanzien van stroomdalgraslanden. De grondwaterstanden en kwel naar de flanken nemen sterk af waardoor dit scenario zeer slecht scoort op de doelen ten aanzien voor grondwaterafhankelijke natuur. Netto scoort dit scenario slecht op de doelen ten aanzien van Natura2000 en de EHS.
- De gemiddelde stroomsnelheid in de wintersituatie neemt behoorlijk toe, zelfs in de zomer treedt een significante verbetering van stroomsnelheid. Door meandering en ontstening neemt de variatie in de profielen, oevers en stroomsnelheden toe. Door het verwijderen van stuwen en door af te stappen van een omgekeerd peilbeheer is er sterk positieve verschuiving naar een natuurlijker peilbeheer. Er zijn geen natuurvriendelijke oevers en extra beplanting toegevoegd waardoor de score op aanwezigheid hoog opgaand hout gelijk blijft ten opzichte van huidig. Netto scoort dit scenario een dubbele plus op de KRW doelen (zie voor uitgebreide toelichting op het toetskader Bijlage 6) .
- Omdat de diepte van het profiel sterk afneemt, in de zomer de Vecht "leegloopt" als gevolg van verwijdering van de stuwen en het profiel dynamischer wordt scoort dit scenario een min op het thema recreatie (bevaarbaarheid neemt sterk af).
- Qua investering ontstaan kosten (vergraving) waardoor dit aspect een min scoort.

- Het beheer en onderhoud neemt noemenswaardig toe, deze scoort daarom neutraal in het toetskader.

## 6.5 Alterra streefbeeld 0

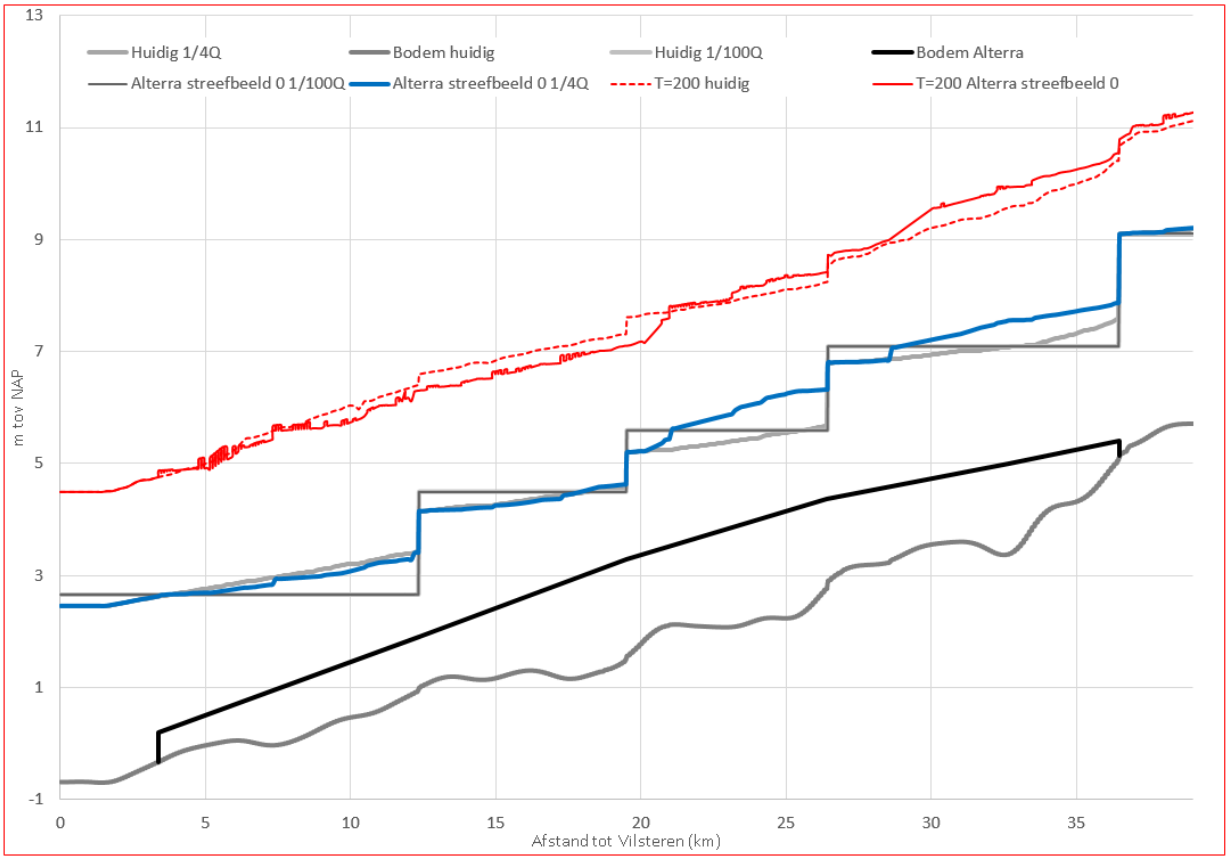
Streefbeeld 0 is niet beschreven in het Herstelonderzoek Vecht van Alterra. Dit streefbeeld is toegevoegd om inzichtelijk te maken hoe groot de invloed is van de aanpassingen aan het profiel ten opzichte van de invloed van de stuwpeilen. In het scenario is het stuwbeheer gelijk gehouden aan het huidige stuwbeheer; een omgekeerd peilbeheer voor alle stuwen op huidige zomer en winterpeil. De stuwpeilen zoals genoemd in paragraaf 3.6 zijn dus gehandhaafd. Wel is het profiel van de Vecht aangepast in aansluiting op streefbeeld 4 en 2 van Alterra.

### 6.5.1 Beschrijving effecten

**Oppervlaktewater**

In Figuur 23 zijn de effecten van streefbeeld 0 op de waterstanden zichtbaar gemaakt in een lengteprofiel voor zowel de zomer- als de wintersituatie. Kijkend naar de zomersituatie zijn de peilen gelijk aan de huidige situatie. In beide situaties worden identieke stuwpeilen gehanteerd waarnaar het waterpeil uitzakt.

De waterpeilen in de winter variëren wel ten opzichte van de huidige situatie. De stuwpanden van stuw Hardenberg en Mariënberg laten een groter verhang binnen het pand zien ten opzichte van de huidige situatie. Dat betekent dat bovenstrooms in deze panden de waterstanden hoger zijn dan in de huidige situatie. Dit verschil is in de orde van tientallen centimeters. Op de benedenstroomse stuwpanden (stuw Junne en stuw Vilsteren) zijn de verschillen ten opzichte van de huidige erg klein; het verhang neemt in beide panden wat af. De verschillen in de stroomsnelheid ten opzichte van de huidige situatie zijn minimaal, dit betekent dat een verkleining van alleen het profiel een minimaal verschil laat zien in de stroomsnelheden. Door de verkleining van het profiel neemt de opstuwing in extremere situaties nog verder toe; de waterpeilen in een T=200 situatie liggen in de stuwpanden Mariënberg en Hardenberg hoger dan het huidige MHW.




*Figuur 23 Effecten oppervlaktewater streefbeeld 0*

**Grondwater**

In Bijlage 4 zijn de effecten op grondwater opgenomen. Naast de absolute effecten op GXG en de effecten op kwelfluxen zijn ook effecten op de landbouw met behulp van waternood in beeld gebracht. Voor alle scenario's met uitzondering van het voorkeursalternatief worden alleen de effecten op de grondwaterstanden beschreven, de kwel en waternood resultaten zijn afgeleid uit de grondwateraffecten en beschrijven vooral de effecten de functies landbouw en natuur die in de volgende paragraaf (toetskader) nader aan de orde komen. Bij beoordeling van de figuren is het belangrijk om in het achterhoofd te houden dat de GHG en GLG in de huidige situatie zijn omgedraaid voor een aantal locaties: dat betekent dat in de huidige situatie de GHG in de zomer optreedt terwijl deze in het scenario in de winter optreedt. Er worden dus geen zomers en winters vergeleken maar hoogste grondwaterstanden en laagste grondwaterstanden.

Omdat alleen in de zomersituatie het verhang niet verandert, kan alleen in de zomersituatie goed afgeleid worden wat het effect van het veranderende natte oppervlakte is. In vergelijking met de huidige situatie is er in de zomer voornamelijk sprake van lagere grondwaterstanden al komen er lokaal ook nog hogere grondwaterstanden voor. Specifiek in het gebied ten westen van Ommen zijn de effecten het grootst, dit wordt veroorzaakt door de zandige bodemopbouw ter plaatse van dit traject. De effecten concentreren zich hier op de locaties waar nieuwe meanders worden gerealiseerd. Lokaal zijn de grondwaterstanden hier tot meer dan 50 cm lager. Effecten groter dan 5 cm komen tot circa 1.5 km vanaf de Vecht nog voor. Alleen net ten noorden van Hardenberg is sprake van lokaal hogere grondwaterstanden rondom de Vecht als gevolg van de veranderingen in profiel. Opvallend is dat ondanks de lokale verkleining van het natte oppervlakte van de Vecht er slechts zeer beperkt toenames in de grondwaterstanden ontstaan.

In de winter- (GHG) en voorjaarssituatie (GVG) gaan ook de veranderingen in het verhang meespelen en zijn de patronen redelijk vergelijkbaar. Het beeld lijkt sterk op de effecten uit de streefbeelden 2 en 4. Het effect van een verandering in het natte oppervlakte op de grondwaterstanden lijkt vrij beperkt en vertaalt zich vooral door als gevolg van de veranderingen die optreden in het verhang.

### *6.5.2 Beschrijving toetskader*

Streefbeeld 0 is niet specifiek naast het toetskader gehouden. Dit scenario diende als tussenscenario om de effecten van de streefbeeld 4 en 2 scenario's beter te kunnen duiden.

## *6.6 Alterra zomerpeil +20cm*

Scenario 4 'Alterra zomerpeil +20 cm' is niet beschreven in het Herstelonderzoek Vecht van Alterra. Dit scenario is toegevoegd als extra variant tijdens het proces van de scenarioafweging. In dit scenario is eenzelfde dwarsprofiel en loop van de Vecht gehanteerd als in voorgaande Alterra streefbeelden. Het verschil tussen dit scenario en de streefbeelden beperkt zicht tot het peilbeheer van de aanwezige stuwen. De stuwen Vilsteren, Hardenberg, Junne en Mariënberg hanteren in dit scenario jaarrond een waterpeil van 20 cm boven het huidige zomerpeil. Dit betekent dat de volgende peilen worden gehanteerd bij deze stuwen:

- Hardenberg: 7,30 m+NAP
- Mariënberg: 5,80 m+NAP
- Junne: 4,70 m+NAP
- Vilsteren: 2,80 m+NAP
- Het peil van stuw De Haandrik blijft ongewijzigd ten opzichte van de huidige situatie.

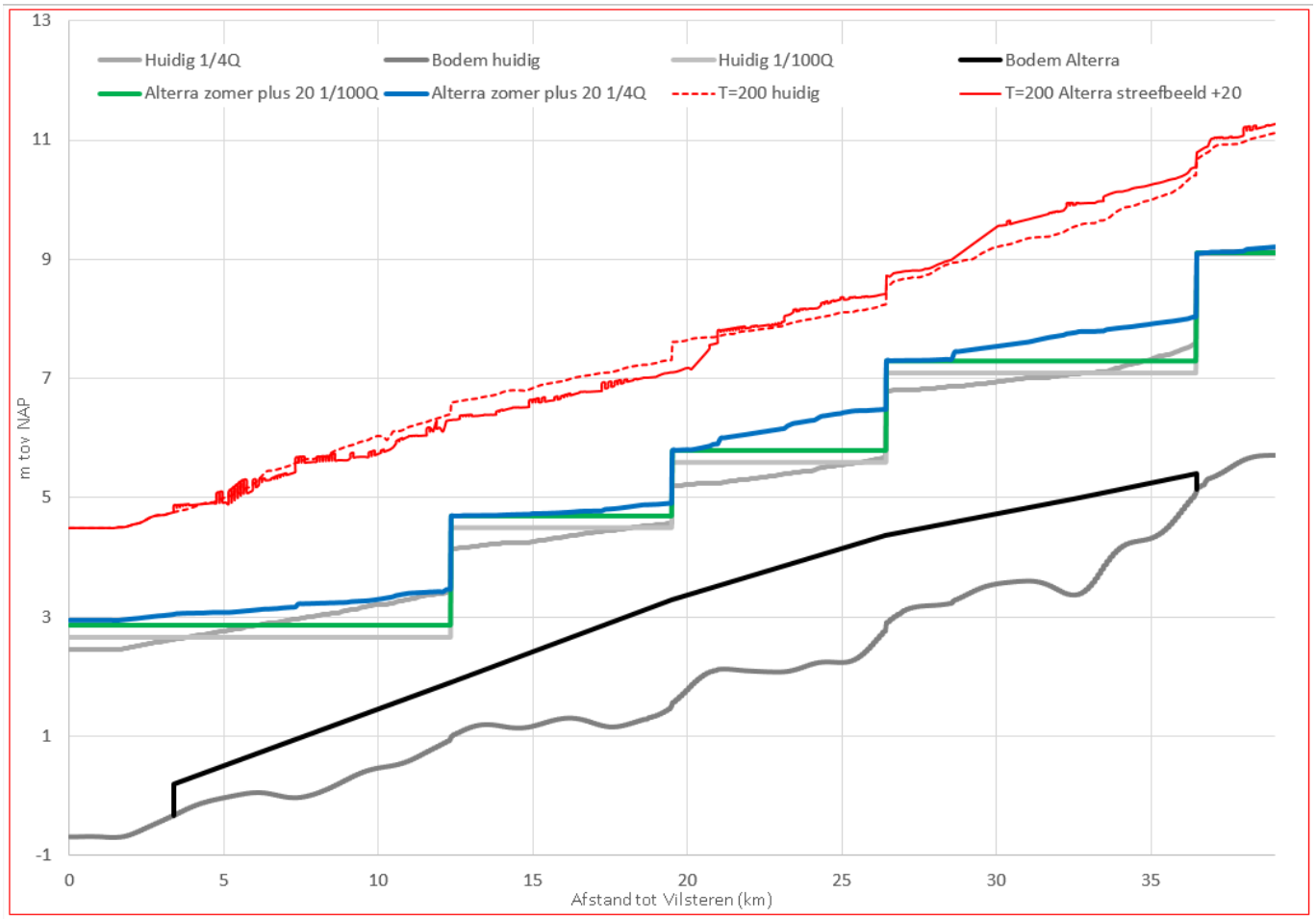
### 6.6.1 Beschrijving effecten

**Oppervlaktewater**

In Figuur 24 zijn de effecten van scenario 4 op de waterstanden zichtbaar gemaakt in een lengteprofiel voor zowel de zomer- als de wintersituatie.

Kijkend naar de zomersituatie zijn de peilen 20 cm hoger dan in de huidige situatie. Omdat geen verhang optreedt binnen de stuwpanden ligt het peil in het hele pand 20 cm hoger dan in de huidige situatie.

In de wintersituatie is het peilverloop binnen de stuwvakken van hetzelfde karakter als in voorgaande Alterra streefbeelden (extra verhang in stuwpanden Hardenberg en Mariënberg, afname verhang Junne en Vilsteren). Verschil is dat in dit scenario in de basis hoger ligger dan in de huidige situatie. Opvallend is dat bovenstrooms van stuw Vilsteren in het pand het peil gelijk is aan de huidige situatie terwijl ter plaatse van de stuw het verschil met het peil van de huidige situatie in de winter 50 cm bedraagt. Door de verkleining van het profiel neemt de opstuwing in extremere situaties nog verder toe; de waterpeilen in een T=200 situatie liggen in de stuwpanden Mariënberg en Hardenberg hoger dan het huidige MHW.




*Figuur 24 Effecten oppervlaktewater Alterra zomerpeil plus 20 cm*

**Grondwater**

In Bijlage 4 zijn de effecten op grondwater opgenomen. Naast de absolute effecten op GXG en de effecten op kwelfluxen zijn ook effecten op de landbouw met behulp van waternood in beeld gebracht. Voor alle scenario's met uitzondering van het voorkeursalternatief worden alleen de effecten op de grondwaterstanden beschreven, de kwel en waternood resultaten zijn afgeleid uit de grondwateraffecten en beschrijven vooral de effecten de

functies landbouw en natuur die in de volgende paragraaf (toetskader) nader aan de orde komen. Bij beoordeling van de figuren is het belangrijk om in het achterhoofd te houden dat de GHG en GLG in de huidige situatie zijn omgedraaid voor een aantal locaties: dat betekent dat in de huidige situatie de GHG in de zomer optreedt terwijl deze in het scenario in de winter optreedt. Er worden dus geen zomers en winters vergeleken maar hoogste grondwaterstanden en laagste grondwaterstanden.

In vergelijking met de huidige situatie is er in de zomer voornamelijk sprake van hogere grondwaterstanden als gevolg van het hogere peil (+ 20 cm). Lokaal als gevolg van de nieuwe ligging van de Vecht, daar waar nieuwe meanderbochten worden gerealiseerd, is sprake van verdroging. Dit is vooral direct ten oosten van Ommen het geval. Rond deze nieuwe meanderbochten zijn de grondwaterstanden tot meer dan 50 cm lager. De verlaging van de grondwaterstanden hebben een uitstralingseffect van circa 1 km. Veruit het grootste gebied krijgt echter te maken met hogere grondwaterstanden gedurende de zomer. Hier is het uitstralingseffect tussen Ommen en Mariënberg groter, circa 1.6 km. Deze verhoging ligt hierbij tussen de 5 en 30 cm. Effecten groter dan 20 cm zijn hier niet alleen te relateren aan het hogere peil, maar vooral ook aan de nieuwe ligging van de watergang.

In de winter- (GHG) en voorjaarssituatie (GVG) zijn de patronen vergelijkbaar met de zomersituatie alleen zijn de absolute verschillen groter. Vooral de lagere grondwaterstanden rond de nieuwe meanderbochten zijn dicht bij de Vecht groter. Het uitstralingseffect is over het algemeen juist wat kleiner. De hogere grondwaterstanden zijn in de directe omgeving ook hoger ten opzichte van de zomerperiode, alleen zijn deze wel in een beperkte gebied rond de Vecht merkbaar.

### *6.6.2 Beschrijving toetskader*

Scenario 4 is niet specifiek getoetst aan het toetskader. Dit scenario diende als tussenscenario die is opgevolgd tot meer gedetailleerd vormgegeven scenario's.

## *6.7 Conclusies Alterra streefbeelden*

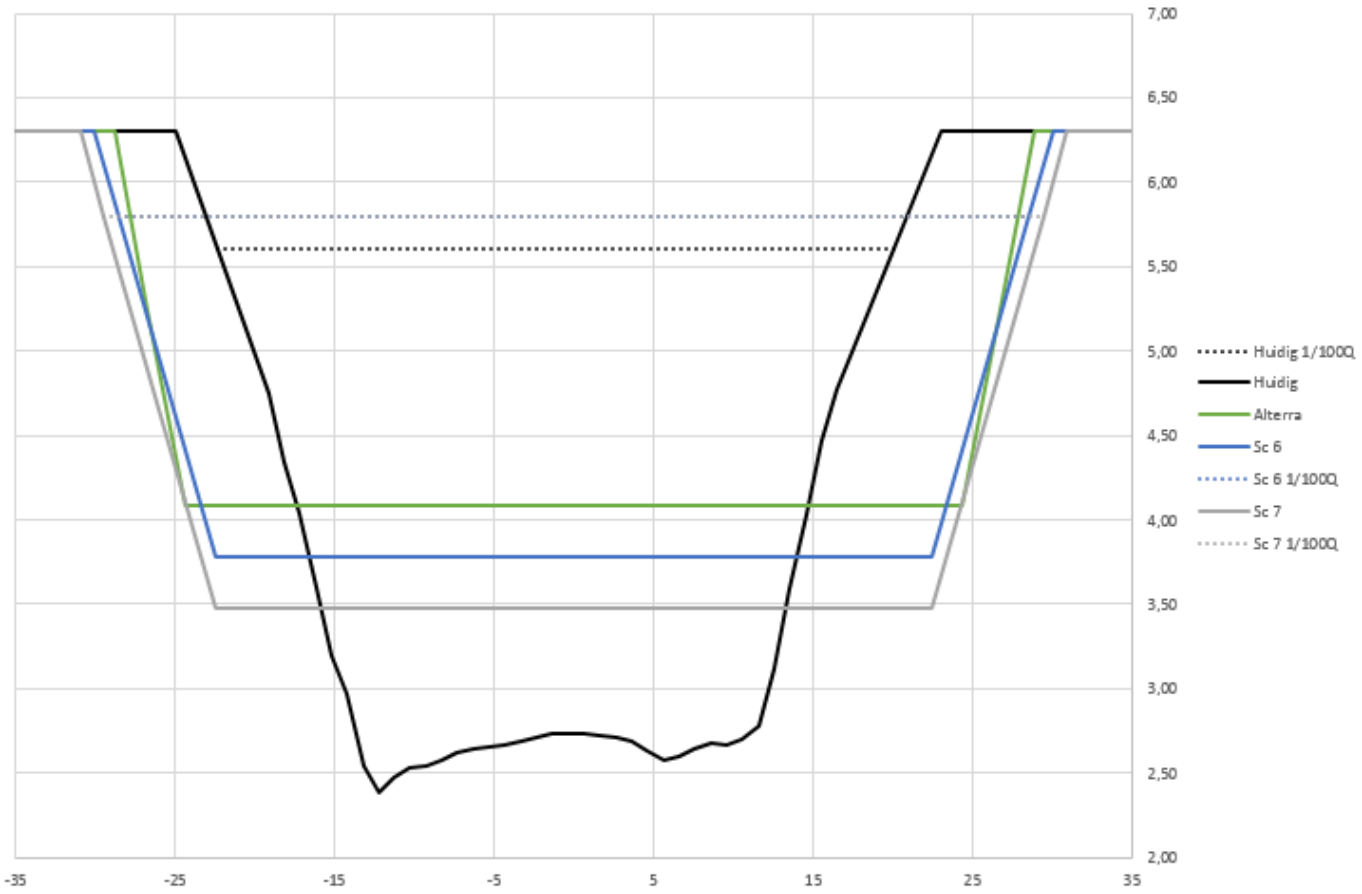
Uit de effecten van de vier doorgerekende Alterra streefbeelden zijn een aantal leerpunten en besluiten naar voren gekomen die meegenomen worden in de trechtering naar een voorkeursalternatief;

- Door gebruik van een nauwkeuriger modelinstrumentarium blijkt dat geen van de Alterra streefbeelden aan het MHW voldoet, het MHW is een randvoorwaarde waaraan het ontwerp moet voldoen. Aanpassing is nodig.
- De gekozen profielen zijn niet passend bij de natuurlijke kenmerken van het watersysteem van de Vecht en dienen geoptimaliseerd te worden zodat voldaan kan worden aan de randvoorwaarden en een hoger doelbereik gehaald kan worden op de KRW en Natura2000 doelen
- In de streefbeelden is geen rekening gehouden met flauwe natuurvriendelijke oevers
- Peilbeheer is een zeer bepalende factor voor de grondwaterstanden in het Vechtdal, de keuze van peilen dient goed onderbouwd en onderzocht te worden.
- Peilbeheer is een middel om verdrogende effecten van aanpassingen in het profiel (vergroting drainerende oppervlakte en daarmee vergroting drainerende werking Vecht) te mitigeren
- Alleen het verwijderen van stuwen heeft een significant positief effect op stroomsnelheden in de zomersituatie.
- Het verwijderen van stuwen heeft een dermate groot verdrogend effect op de omgeving dat verwijdering ongewenst is. Daarnaast past verwijdering op korte termijn niet bij de huidige inrichting van het watersysteem.
- De maatregelen die het realiseren van KRW doelen mogelijk maken staan in sommige gevallen haaks op de maatregelen die het realiseren van de doelen ten aanzien van terrestrische natuur mogelijk maken.

### 6.8 Scenario 6 & 7 – Optimalisatie Alterra ontwerp

Omdat uit de resultaten van de voorgaande Alterra streefbeelden is gebleken dat het verloop van het profiel van de Vecht in benedenstroomse richting niet altijd logisch lijken bij de natuurlijke kenmerken van het watersysteem van de Vecht is een optimalisatie doorgevoerd. Hierbij is een logischer bodemverhang en breedte diepte verhouding (beter aansluitend bij het natuurlijk verloop van de bodem) in het ontwerp verwerkt. Ook zijn er natuurvriendelijke oevers (incl. ruwheid) opgenomen en een vergroting van het profiel zodat voldaan wordt aan het MHW. Voor het peilbeheer geldt dat de stuwpeilen van stuwen Mariënberg en Junne jaarrond op het huidige zomerpeil +20 cm wordt gehanteerd. Bovenstaande is de beschrijving van scenario 6, dit scenario is alleen doorgerekend met het oppervlaktewatermodel en wordt verder niet beschreven in deze rapportage. In scenario 7 is het Alterra tracé vervangen door het schetsontwerp van de Vechtvisie 2050. Dit betreft een langer tracé en dus is het profiel ook vergroot in aansluiting hierop.

In Bijlage 4 is de ligging van de Vecht volgens dit scenario weergegeven. De dimensies van het profiel zijn in dit scenario meer tussen de huidige dimensies en het voorgestelde profiel van Alterra komen te liggen. Hierbij is het profiel circa 50 cm dieper als het Alterra profiel en is het profiel ook breder. Toch is het profiel nog circa 1,5 meter ondieper dan de huidige situatie. Figuur 25 laat de verschillen in het dwarsprofiel voor de Vecht ter plaatse van Rheeze/Brucht zien.




*Figuur 25 Verschillen in dwarsprofiel van de Vecht ter plaatse van Rheeze/Brucht*

Voor de stuwen Junne en Mariënberg geldt een aangepast peilbeheer ten opzichte van de huidige situatie. Voor beide stuwen wordt hierbij jaarrond een vast peil dat 20 cm boven het huidige zomerpeil ligt. Dit betekent een peil van 4,70 m+NAP voor stuw Junne en een peil van 5,80 m+NAP voor stuw Mariënberg. Stuw Hardenberg gaat uit van een jaarrond vast peil op zomerpeil. De stuwen de Haandrik en Vilsteren zijn niet gewijzigd ten opzichte van de huidige situatie.

### 6.8.1 Beschrijving effecten

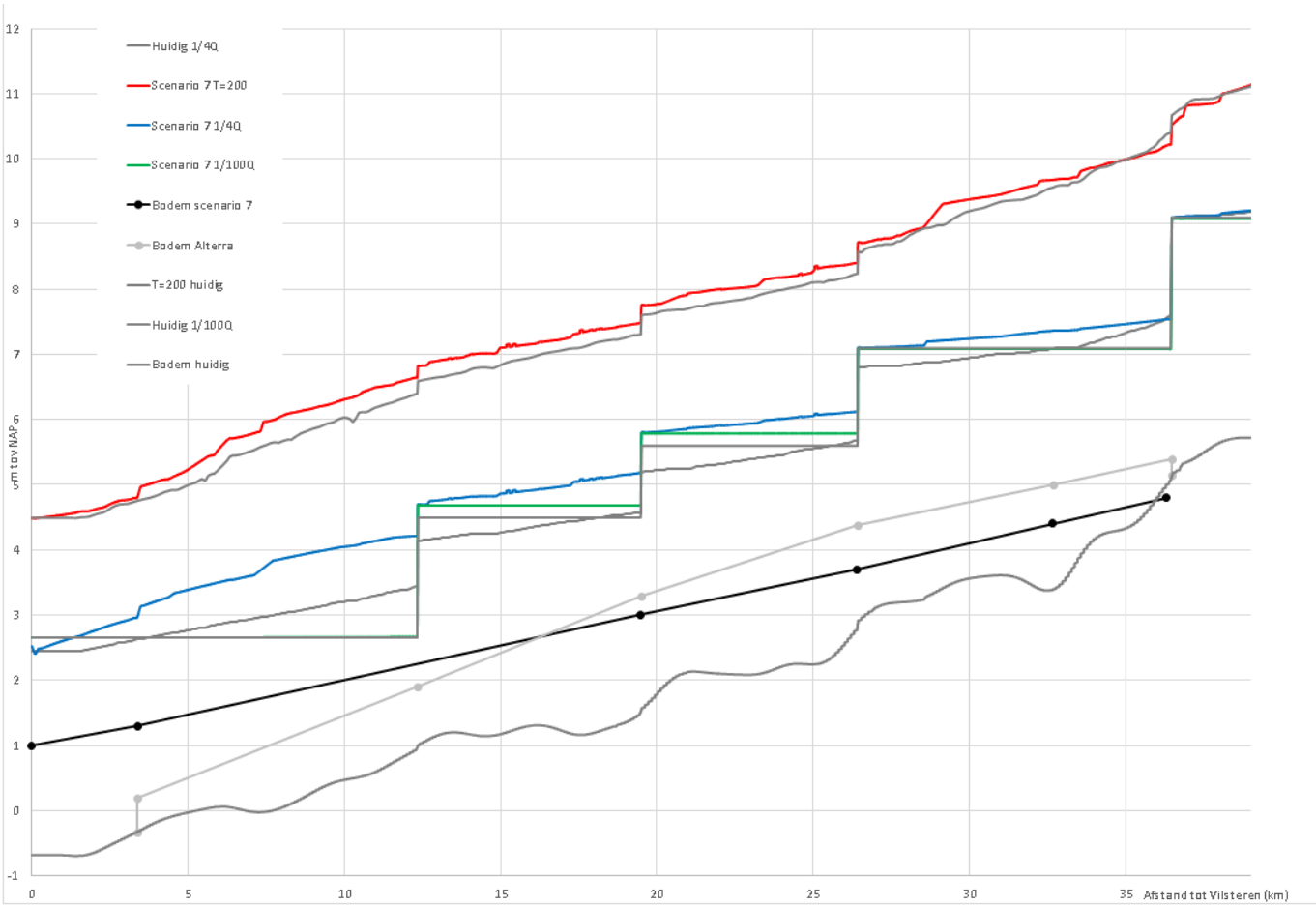
**Oppervlaktewater**

In Figuur 26 zijn de effecten van scenario 7 op de waterstanden zichtbaar gemaakt in een lengteprofiel voor zowel de zomer- als de wintersituatie.

Kijkend naar de zomersituatie zijn de peilen voor de stuwen Junne en Mariënberg 20 cm hoger dan in de huidige situatie. Omdat geen verhang optreedt binnen de stuwpanden ligt het peil in het hele pand 20 cm hoger dan in de huidige situatie. Voor de overige stuwpanden treden er geen verschillen op in de zomer ten opzichte van de huidige situatie.

In de wintersituatie wijzigt het peilverloop ten opzichte van de huidige situatie, maar ook ten opzichte van de Alterra streefbeelden. Het verhang in stuwpand Vilsteren neemt fors toe, het verhang in de stuwpanden Junne en Mariënberg blijft nagenoeg gelijk, het verhang in stuwpand Hardenberg neemt behoorlijk af. Bovenin dit stuwpand is het peil ongeveer gelijk als gevolg van de aanpassing in het peilbeheer (jaarrond winterpeil).

Door de aanpassingen in het profiel neemt de opstuwing in extremere situaties toe; de waterpeilen in een T=200 situatie liggen in alle vier de stuwpanden wat hoger dan het huidige MHW.




*Figuur 26 Effecten oppervlaktewater scenario 7 optimalisatie Alterra ontwerp*

**Grondwater**

In Bijlage 4 zijn de effecten op grondwater opgenomen. Naast de absolute effecten op GXG en de effecten op kwelfluxen zijn ook effecten op de landbouw met behulp van waternood in beeld gebracht. Voor alle scenario's met uitzondering van het voorkeursalternatief worden alleen de effecten op de grondwaterstanden beschreven, de kwel en waternood resultaten zijn afgeleid uit de grondwateraffecten en beschrijven vooral de effecten de functies landbouw en natuur die in de volgende paragraaf (toetskader) nader aan de orde komen. Bij beoordeling van de figuren is het belangrijk om in het achterhoofd te houden dat de GHG en GLG in de huidige situatie zijn omgedraaid voor een aantal locaties: dat betekent dat in de huidige situatie de GHG in de zomer optreedt terwijl deze in het scenario in de winter optreedt. Er worden dus geen zomers en winters vergeleken maar hoogste grondwaterstanden en laagste grondwaterstanden.

In vergelijking met de huidige situatie is er in de zomer voornamelijk sprake van hogere grondwaterstanden als gevolg van het hogere peil (+ 20 cm) in de stuwpanden van de stuwen Junne en Mariënberg. De effecten zijn echter wel duidelijk minder ver waarneembaar vanaf de Vecht dan in streefbeeld 4. Dit is het gevolg van de aangepaste dimensies van het dwarsprofiel en de ligging van de Vecht. Ook geldt het hogere peil voor maar 2 van de 4 stuwpanden.

Ook is, net als bij scenario 4, lokaal als gevolg van de nieuwe ligging van de Vecht, daar waar nieuwe meanderbochten worden gerealiseerd, sprake van verdroging. Dit is vooral direct ten oosten van Ommen het geval. Rond deze nieuwe meanderbochten zijn de grondwaterstanden tot meer dan 50 cm lager. De verlaging van de grondwaterstanden groter dan 5 cm spreiden zich hier uit tot circa 1 km van de nieuwe meanderbocht naar het noorden. Veruit het grootste gebied krijgt echter te maken met hogere grondwaterstanden gedurende de zomer. Deze effecten liggen hierbij tussen de 5 en 30 cm. In het gebied tussen Mariënberg en Ommen zijn door aanwezige meanders en zijwatergangen deze effecten op een aantal locaties verder van de Vecht waarneembaar tot maximaal 1 km vanaf de Vecht. Bovenstrooms van Hardenberg is het gebied waar de effecten groter zijn dan 5 cm beperkt.

In de winter- (GHG) en voorjaarssituatie (GVG) zijn de patronen vergelijkbaar met de zomersituatie alleen is de vernatting aanzienlijk groter in vergelijking met de zomerperiode (verhoging van het winterpeil naar zomerpeil). De gebieden met lagere grondwaterstanden rond de nieuwe meanderbochten zijn kleiner als gevolg van het hogere winterpeil. Ook bovenstrooms van Hardenberg is nu nagenoeg langs de gehele loop van de Vecht sprake van hogere grondwaterstanden.

### *6.8.2 Beschrijving toetskader*

Scenario 7 is niet specifiek naast het toetskader gehouden. Dit scenario diende als optimalisatie van de Alterra streefbeelden. In de hierna volgende scenario's is het beeld verfijnd en ook getoetst middels het toetskader.

### *6.8.3 Conclusies scenario 6&7*

Uit de effecten van scenario 6 en 7 zijn een aantal en vragen naar voren gekomen die meegenomen worden in de trechtering naar het VKA.:

- Door een logischere keuze van profielen passend bij de natuurlijke kenmerken van de Vecht (in sommige gevallen is dit groter, in sommige gevallen is dit kleiner dan in de Alterra streefbeelden), kan winst worden behaald in het halen van het MHW en het beperken van de verdrogende effecten;
- Er moet goed naar de ligging van de Vecht worden gekeken om verdrogende effecten (in verdrogingsgevoelige natuur en hoge ruggen) zo veel mogelijk te beperken;
- Het toevoegen van begroeiing dient gecompenseerd te worden in het profiel van de Vecht, de ruimte in het winterbed in een hoogwatersituatie is beperkt;
- De te lage stroomsnelheid in de zomersituatie blijft een knelpunt.

- Om KRW en Natura2000 doelen te dienen is het wenselijk het dwarsprofiel van de Vecht te verkleinen, dit levert echter een waterstandsverhogend effect in extreme situaties ten opzichte van de huidige situatie. De doelen voor Natuur conflicteren met de veiligheidsdoelstellingen en het behalen van het MHW.

### *6.9 Scenario 8 Kamsalamander*

De reeds beschreven scenario's geven een duidelijk beeld van de gevoeligheden van het systeem voor maatregelen, de uitwerking op doelen en vooral ook de onderlinge verbanden tussen de maatregelen en doelen. Het verkleinen van het profiel van de Vecht zou voor alle doelen positief uitpakken: gunstig voor morfologie, de stroomsnelheid en de effecten in de omgeving (uitzondering hierop zijn mogelijk de stroomdalgraslanden die mogelijk niet gebaat zijn bij een hogere inundatiefrequentie). Echter het MHW en de aanwezigheid van landbouw in het winterbed maken deze mate van verkleining niet mogelijk. Ook speelt dat voor verdere doelrealisatie voor natuur het toestaan van extra begroeiing gewenst is. Extra begroeiing levert meer ruwheid wat ook weer beperkend werkt op het MHW. Er blijven een aantal mogelijke oplossingsrichtingen over om het doelbereik ten aanzien van het toetskader te vergroten. In dit scenario is onderzocht of afschalen van het MHW van een T=200 norm (huidig) naar een T=30 norm doelbereik oplevert op met name de KRW en Natura2000 doelen[26]. Qua begroeiing is rekening gehouden met aanvullende (ten opzichte van huidig) begroeiing in het zomer en winterbed die op verschillende manieren ingezet kan worden. Denk aan een tweezijdige ruwe beplantingsstrook van 5 meter (75% lengte van de vecht) of een wat ruwere begroeiing in het stromende en bergende deel van het winterbed (die een gelijke opstuwing geeft als 2x 5m beplanting over 75%).

In dit scenario is opnieuw gebruik gemaakt van de ligging van de Vecht uit de Visie 2050. In Bijlage 4 is de ligging van de Vecht volgens dit scenario weergegeven. De dimensies van het profiel zijn in dit scenario bij benadering gelijk aan scenario 7. Hierbij is het profiel breder en circa 50 cm dieper als het Alterra profiel. Toch is het profiel ter plaatse van Rheeze / Brucht ondieper dan de huidige situatie, maar daarentegen wel een stuk breder. Figuur 27 laat de verschillen in het dwarsprofiel voor de Vecht ter plaatse van Rheeze/Brucht zien.

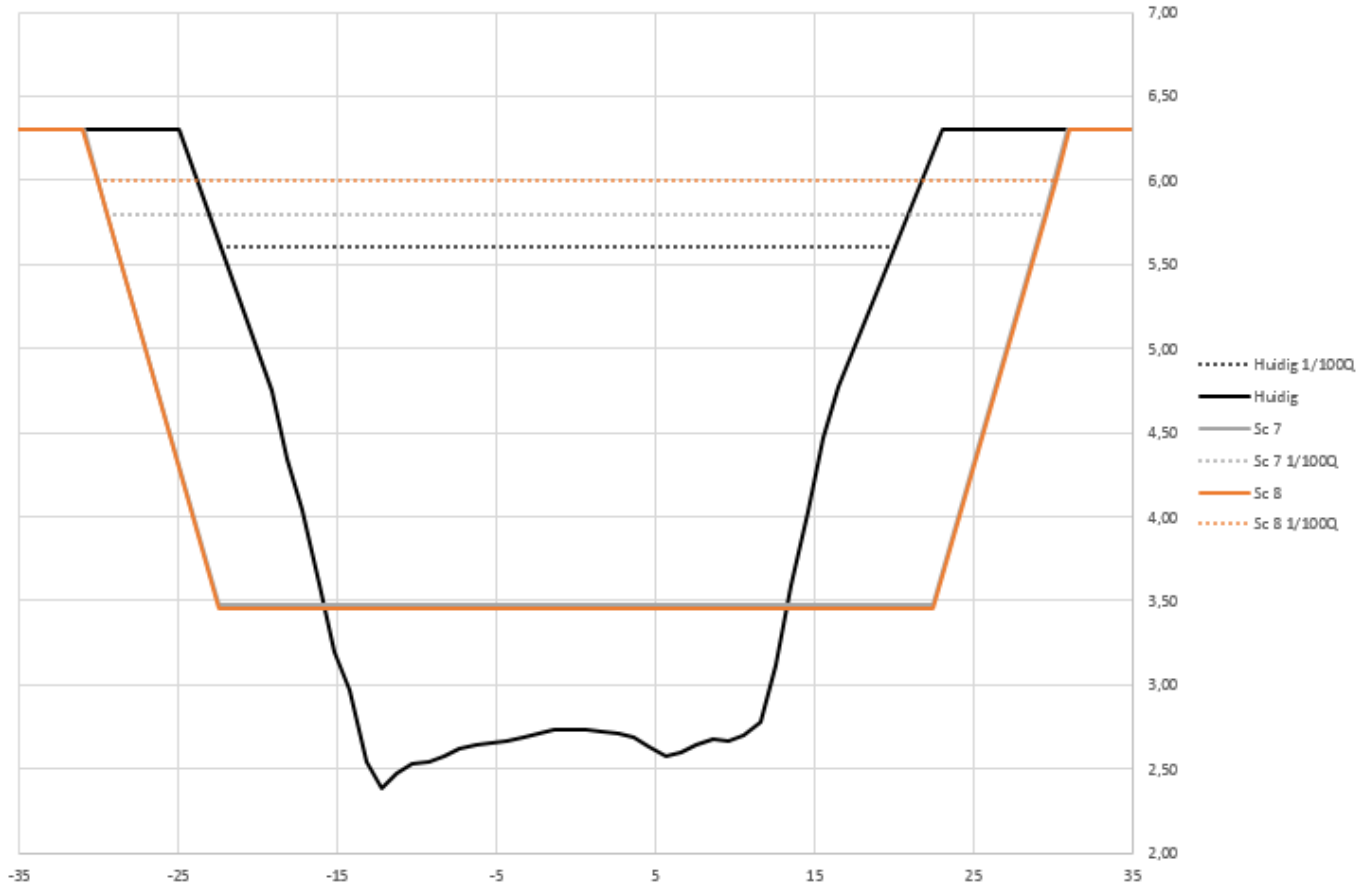
Voor de stuwen Junne en Mariënberg geldt een aangepast peilbeheer ten opzichte van de huidige situatie. Voor beide stuwen wordt hierbij jaarrond een vast peil gehanteerd dat 40 cm boven het huidige zomerpeil ligt. Dit betekent een peil van 4,90 m+NAP voor stuw Junne en een peil van 6,00 m+NAP voor stuw Mariënberg. Ook stuw Hardenberg kent een aanpassing. Voor deze stuw wordt jaarrond het huidige zomerpeil van 7,10 m+NAP gehanteerd. De stuwen De Haandrik en Vilsteren kennen geen aanpassingen in de stuwpeilen ten opzichte van de huidige situatie.

Voor het natuurgebied de Rheezermaten zijn de lokale maatregelen zoals geformuleerd in de LESA uit 2015[27] meegenomen in het ontwerp van de Vecht zodat specifiek voor de Rheezermaten getoetst kan worden of de lokale natuurdoelen behaald kunnen worden met dit ontwerp.

---

[26] *In 2014 heeft HKV onderzocht welke hoogwaternorm gehanteerd zou moeten worden ter plaatse van de regionale keringen langs de Vecht als de kosten ten aanzien van beheer en onderhoud afgezet worden ten opzichte van de economische schade bij overschrijding van de norm. Dit resulteert in een T=30 norm voor de regionale keringen ter plaatse van landelijke gebied langs de Vecht (HKV, 2014, Regionale keringen Overijssel, Quickscan herziening aanwijzing en normering).*

[27] *Staatsbosbeheer, Waterschap Vechtstromen, Landschapsecologische systeemanalyse en herstelplan Rheezermaten, 2016*




*Figuur 27 Verschillen in dwarsprofiel van de Vecht ter plaatse van Rheeze/Brucht*

### *6.9.1 Beschrijving effecten*

**Oppervlaktewater**

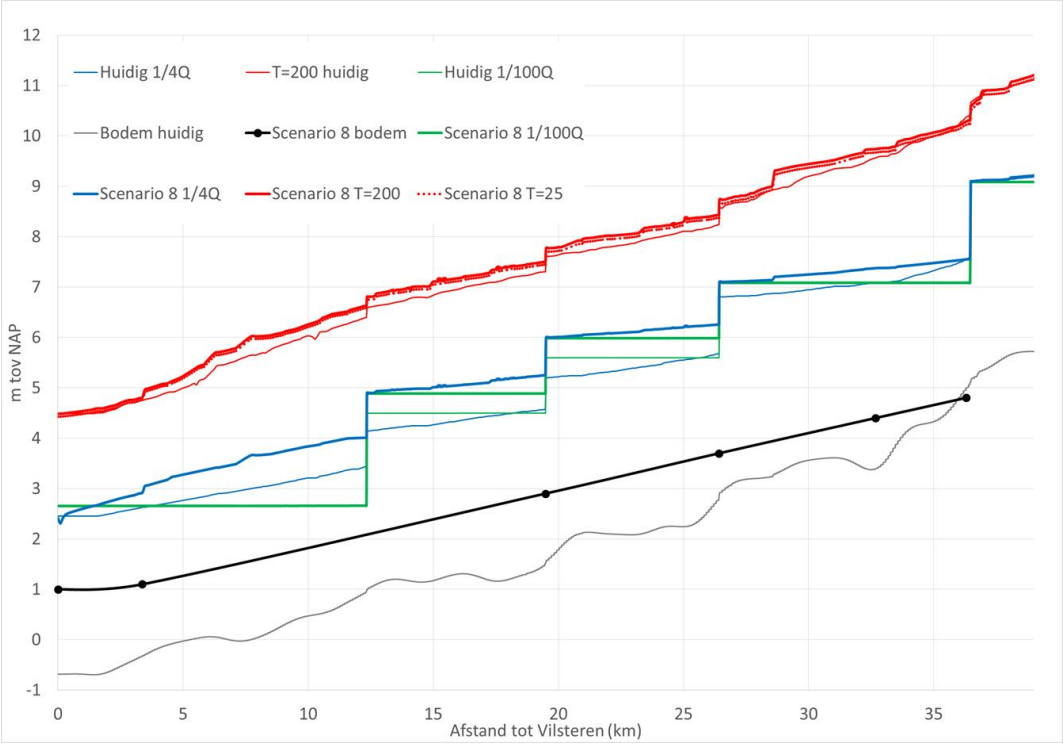
In Figuur 28 zijn de effecten van scenario 8 Kamsalamander op de waterstanden zichtbaar gemaakt in een lengteprofiel voor zowel de zomer- als de wintersituatie. Ook de waterstand bij een T=200 situatie is weergegeven.

Kijkend naar de zomersituatie valt op dat opnieuw hier geen verhang optreedt binnen de stuwpanden en er behoudens de peilverhogingen geen verschillen optreden ten opzichte van de huidige situatie. In de wintersituatie (1/4Q) is in alle stuwpanden met uitzondering van bovenstrooms van stuw De Haandrik sprake van andere waterstanden dan in de huidige situatie.

- In het stuwpand van stuw Hardenberg heeft deze stuw een hogere waterstand door het hanteren van het hogere peil (ZP+40cm). Doordat het natte oppervlak netto toeneemt neemt het verhang in dit stuwpand af. Als gevolg van beide is bovenstrooms in het stuwpand de waterstand weer gelijk aan de waterstand in de huidige situatie.
- Het stuwpand van stuw Mariënberg laat een vergelijkbaar peilverloop zien als de huidige situatie al zijn de waterstanden wel hoger. De waterstand is hier circa 70 cm hoger. Bovenstrooms in het stuwpand neemt dit verschil ten opzichte van de huidige situatie wat af (verhang neemt wat af als gevolg van het grotere natte oppervlakte).
- Het stuwpand van stuw Junne laat hetzelfde beeld zien als het stuwpand van stuw Mariënberg. Het verloop in de waterstand is vergelijkbaar met de huidige situatie. Wel is de waterstand hoger (75 cm) door het hoger gehanteerde peil van de stuw. Ook hier geldt dat het verschil met de huidige situatie kleiner is bovenstrooms in het stuwpand.

- In het stuwpand van stuw Vilsteren vindt geen aanpassing aan het stuwpeil plaats. Wel ligt de bodemhoogte aanzienlijk hoger dan in de huidige situatie. Dit zorgt voor een toename van het verhang in dit stuwpand ten opzichte van de huidige situatie. Benedenstrooms in het stuwpand zijn de waterstanden gelijk, bovenin het stuwpand is het verschil ten opzichte van de huidige situatie tot meer dan 50 cm.

De stroomsnelheid in de 1/100Q situatie neemt af van 0,007 naar 0,005 m/s. In de gemiddelde zomersituatie (1/20Q) neemt de stroomsnelheid af van 0,06 naar 0,04 m/s. In Figuur 28 is ook het waterstandverloop voor de T=200 situatie voor de huidige situatie en scenario 8 Kamsalamander weergegeven. Een belangrijke situatie aangezien dit de toetsnorm met betrekking tot veiligheid betreft. Duidelijk zichtbaar is dat in deze situatie over alle stuwpanden sprake is van een toename van de waterstanden die lokaal oploopt tot circa 25 cm. Tevens is de waterstand bij een T=25 situatie weergegeven. Ook deze waterstanden liggen hoger dan de waterstanden bij een T=200 situatie van de huidige situatie. Gesteld kan dus worden dat reeds in een T=25 situatie van scenario 8 sprake is van een overschrijding van het huidige veiligheidsniveau bij een T=200 situatie. Er is echter bewust gekozen voor deze overschrijding om na te gaan of extra ruimte in de MHW ruimte kan bieden in het ontwerp om natuurdoelen te halen.




*Figuur 28 Effecten oppervlaktewater scenario 8 Kamsalamander*

**Grondwater**

In Bijlage 4 zijn de effecten op grondwater opgenomen. Naast de absolute effecten op GXG en de effecten op kwelfluxen zijn ook effecten op de landbouw met behulp van waternood in beeld gebracht. Voor alle scenario's met uitzondering van het voorkeursalternatief worden alleen de effecten op de grondwaterstanden beschreven, de kwel en waternood resultaten zijn afgeleid uit de grondwateraffecten en beschrijven vooral de effecten de functies landbouw en natuur die in de volgende paragraaf (toetskader) nader aan de orde komen. Bij beoordeling van de figuren is het belangrijk om in het achterhoofd te houden dat de GHG en GLG in de huidige situatie zijn omgedraaid voor een aantal locaties: dat betekent dat in de huidige situatie de GHG in de zomer optreedt terwijl

deze in het scenario in de winter optreedt. Er worden dus geen zomers en winters vergeleken maar hoogste grondwaterstanden en laagste grondwaterstanden.

In de zomersituatie (GLG grondwaterstanden) zijn met name hogere grondwaterstanden te zien rond de stuwpanden van stuw Junne en Mariënberg. In het stuwpand van stuw Hardenberg is alleen ter plaatse van enkele meanderbochten een verhoging zichtbaar. Effecten groter dan 5 cm komen hier voor tot een afstand van 350-400 meter vanaf de Vecht. In het stuwpand van stuw Mariënberg zijn de effecten direct rond de Vecht lokaal groter dan 50 cm. Specifiek ter plaatse van Rheezematen is de vernatting aanzienlijk. In het 11 stappenplan (hierin is op basis van de bestaande en toekomstige grondwaterstanden en inundatiefrequenties gekeken naar de potenties voor natuur in de huidige situatie en de toekomstige situatie) wordt nader in gegaan op de effecten ter plaatse van de Rheezermaten[28]. Effecten groter dan 5 cm komen voor in een gebied dat zich uitstrekt tot circa 1200 meter van de Vecht. In het stuwpand van stuw Junne zijn de effecten groter dan 50 cm beperkt tot de directe omgeving van de loop van de Vecht. Wel is in een bredere strook rond de Vecht nog sprake van een vernatting van 30-50 cm. Ook het gebied rond de oude meanderloop van Prathoek kent een dergelijke vernatting (peil meander fluctueert mee met het hogere Vechtpeil). Voor dit stuwpand geldt dat het gebied met een vernatting van meer dan 5 cm wijder verspreidt is (tot circa 2 km van de Vecht). In het stuwpand van stuw Vilsteren vindt geen aanpassing van het peil plaats, maar geldt wel een ander profiel voor de vecht. Lokaal zijn hier dan ook effecten in grondwaterstanden zien. Ter plaatse van nieuwe meanderbochten betreft dit een verlaging en in het gebied naast de huidige loop die in het scenario niet meer meestroomt in de zomer juist een vernatting. De vernatting is van een kleine orde. De verdroging kan lokaal tot 50 cm bedragen. De effecten groter dan 5 cm beperken zich tot een gebied van maximaal circa 700 meter van de Vecht.

In de wintersituatie is in het gebied rond alle stuwpanden sprake van hogere grondwaterstanden als gevolg van het hogere winterpeil of de extra opstuwing (Vilsteren). In het stuwpand van stuw Hardenberg zijn de grondwaterstanden maximaal 10 cm hoger (op enkele zeer lokale locaties na waar dit groter is). Deze effecten beperken zich tot een zone van circa 600 meter van de Vecht. De vernatting is het resultaat van het hogere peil dat gedurende de winter wordt gehanteerd. Het stuwpand van stuw Mariënberg laat zien dat de grondwaterstandtoename groter is dan tijdens de zomer. In de omgeving van de Vecht is een strook van maximaal 250 meter waar de grondwaterstanden meer dan 50 cm hoger zijn dan de huidige situatie. Wel is het gebied waar een effect groter dan 5 cm wordt waargenomen juist kleiner (tot circa 1100 meter vanaf de Vecht) dan in de zomer, met name aan de zuidkant van de Vecht. Voor stuwpand Junne geldt dat de grondwaterstandsverandering groter is dan in de zomer (aanzienlijke gebieden met effecten meer dan 50 cm). Ook springt het gebied van Junner Koeland eruit waar ook een vernatting van meer dan 50 cm optreedt (in de zomer is hier geen verandering). Effecten groter dan 5 cm komen tot eenzelfde afstand vanaf de Vecht voor, maar zijn wel over een groter gebied merkbaar. Zeker in de omgeving van Junner Koeland. Ook het stuwpand van Vilsteren laat een vernatting zien die lokaal oploopt tot 50 cm. Effecten groter dan 5 cm zijn waarneembaar tot circa 1300 meter vanaf de Vecht.

### *6.9.2 Beschrijving toetskader*

Alle scenario's zijn getoetst aan het toetskader wat is beschreven in hoofdstuk 4. In Tabel 5 is de beoordeling op basis van dit toetskader voor verschillende scenario's samengebracht. Uit de toetsing aan het toetskader blijkt het volgende met betrekking tot scenario 8 Kamsalamander:

- Het scenario voldoet niet aan de MHW van T=200, wel aan een de lagere norm van T=30.
- Omdat grondwaterstanden in de winter voornamelijk toenemen neemt het areaal stedelijk gebied wat in de winter een ontwateringsdiepte groter dan 80 cm heeft relatief af. De afname is echter kleiner dan 1% waardoor dit streefbeeld neutraal scoort. Het aantal overstorten wat vrij kan lozen in een T=1 situatie neemt

[28] *Waterschap Vechtstromen, memo uitwerking 11 stappenplan Rheezermaten, 2017*

af omdat het effectieve doorstroomprofiel verkleind wordt; de Vecht treedt eerder uit zijn oevers. Nette scoort dit scenario daarom een min op stedelijk gebied.

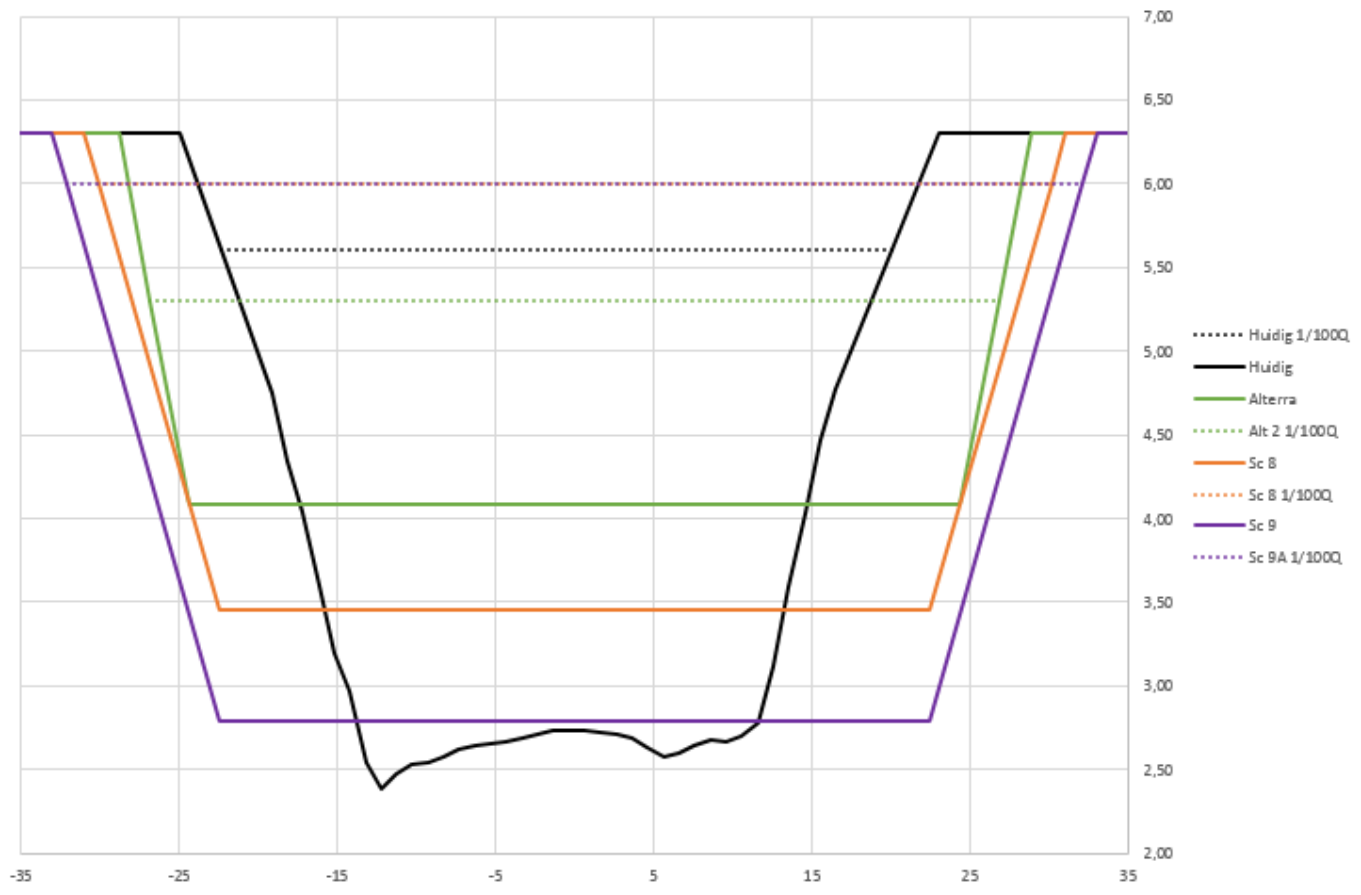
- Ten aanzien van de landbouw neemt de droogschade af en de natschade neemt wat toe. Omdat de Vecht eerder uit zijn oevers treedt neemt het aantal dagen inundaties in de zomer / groeiseizoen toe. Netto scoort dit scenario neutraal op landbouw. De droogteschade neemt sterker af dan de toename van natschade, dit positieve effect weegt op tegen de beperkte toename van het aantal inundaties.
- De rivierdynamiek neemt toe door het toevoegen van meander, natuurvriendelijke oevers en variatie. Doordat inundaties vaker en langer optreden scoort het scenario slecht op de doelen ten aanzien van stroomdalgraslanden. De grondwaterstanden en kwel naar de flanken nemen toe waardoor dit scenario positief scoort op de doelen ten aanzien voor grondwaterafhankelijke natuur. Netto scoort dit scenario neutraal op de doelen ten aanzien van Natura2000 en de EHS.
- De gemiddelde stroomsnelheid in de wintersituatie neemt wat af, in de zomer treedt geen significante verandering van de stroomsnelheid op. Door meandering, ontstening en het toevoegen van natuurvriendelijke oevers neemt de variatie in de profielen, oevers en stroomsnelheden toe. Door grotendeels af te stappen van een omgekeerd peilbeheer is er een positieve verschuiving naar een natuurlijker peilbeheer. Door toevoeging van natuurvriendelijke oevers en extra beplanting ontstaat een positieve score op aanwezigheid van hoog opgaand hout. Netto scoort dit scenario een plus op de KRW doelen (zie voor uitgebreide toelichting op het toetskader Bijlage 6) .
- Omdat de diepte van het profiel afneemt als gevolg van de verondieping en profiel dynamischer wordt scoort dit scenario een min op het thema recreatie (bevaarbaarheid neemt af).
- Qua investering levert dit scenario extra kosten op omdat het watersysteem aangepast dient te worden aan het aangepaste peilbeheer (toename van 40 cm in de zomer). Denk hierbij vooral aan de aanwezige gemalen. Daarnaast levert ook de vergraving en inrichting kosten op.
- Het beheer en onderhoud neemt wat toe als gevolg van de peilopzet.

### *6.10 Scenario 9A Vechtdalrund*

In dit scenario is scenario 7 geoptimaliseerd waarbij het voldoen aan de veiligheid (T=200 norm) als belangrijke randvoorwaarde is gehanteerd. Met andere woorden hoe groot moet het profiel worden bij een veilige Vecht inclusief begroeide oevers en aanvullende ooibossen? In Figuur 29 is het dwarsprofiel voor de Vecht ter plaatse van Rheeze/Brucht weergegeven, te zien is dat het profiel behoorlijk vergroot is ten opzichte van scenario 8 / de Alterra streefbeelden om te kunnen voldoen aan de eisen ten aanzien van veiligheid. Hierbij is de breedte van het zomerbed net iets breder geworden maar vooral ook circa 80 cm dieper ten opzichte van scenario 8. Het profiel is hierbij nog steeds ondieper, maar ook breder dan in de huidige situatie. De ligging van de Vecht sluit aan bij het eerdere scenario Kamsalamander (8). Qua begroeiing is rekening gehouden met aanvullende (ten opzichte van huidig) begroeiing in het zomer en winterbed die op verschillende manieren ingezet kan worden. Denk aan een tweezijdige ruwe beplantingsstrook van 5 meter (75% lengte van de vecht) of een wat ruwere begroeiing in het stromende en bergende deel van het winterbed (die een gelijke opstuwing geeft als 2x 5m beplanting over 75%). Voor het natuurgebied de Rheezermaten zijn de lokale maatregelen op dezelfde wijze meegenomen als in scenario 8. Tenslotte is op een beperkt aantal locaties een droge hoogwatergeul toegevoegd met een drempel op T=1.

Voor de stuwen Junne en Mariënberg geldt een aangepast peilbeheer ten opzichte van de huidige situatie. Voor beide stuwen wordt hierbij jaarrond een vast peil dat 40 cm boven het huidige zomerpeil ligt. Dit betekent een peil van 4,90 m+NAP voor stuw Junne en een peil van 6,00 m+NAP voor stuw Mariënberg. Stuw Hardenberg hanteert daarnaast jaarrond het huidige zomerpeil van 7,10 m+NAP.

De stuwen De Haandrik en Vilsteren kennen geen aanpassingen in de stuwpeilen ten opzichte van de huidige situatie.




*Figuur 29 Verschillen in dwarsprofiel van de Vecht ter plaatse van Rheeze/Brucht*

### *6.10.1 Beschrijving effecten*

**Oppervlaktewater**

In Figuur 30 zijn de effecten van scenario 9A Vechtdalrund (naast de scenario's 9B en 9C) op de waterstanden zichtbaar gemaakt in een lengteprofiel voor zowel de zomer- als de wintersituatie. Ook de waterstanden bij een T=200 situatie zijn weergegeven.

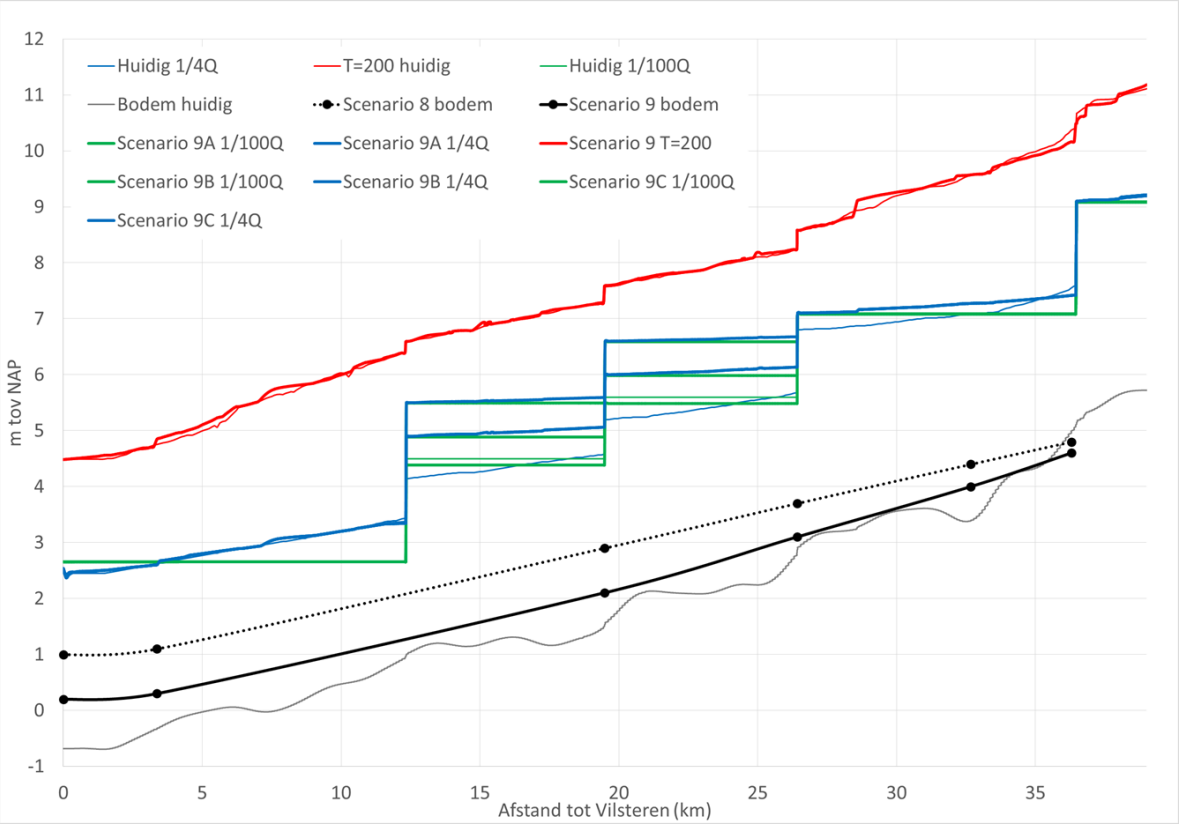
Kijkend naar de zomersituatie zijn de peilen voor de stuwpanden van stuw Junne en stuw Mariënberg 40 cm hoger dan in de huidige situatie. In beide situaties zakt het peil uit in alle stuwpanden naar het ingestelde stuwpeil. De waterstanden in de stuwpanden van Vilsteren, Hardenberg en De Haandrik zijn gelijk aan de huidige situatie. De effecten in de zomersituatie op de waterpeilen zijn gelijk aan die van scenario 8, kamsalamander.

In de wintersituatie (1/4Q) is in alle stuwpanden met uitzondering van bovenstrooms van stuw De Haandrik sprake van andere waterstanden dan in de huidige situatie zoals in het scenario 8 ook het geval was. Wel is het verloop soms anders als gevolg van het verschil in de profielen ten opzichte van scenario 8.

- In het stuwpand van stuw Hardenberg verandert de waterstand als gevolg van het hanteren van het hogere zomerpeil ook gedurende de winter. Hierdoor is het peilverloop binnen het stuwpand vlakker dan in de huidige situatie. Het verhang in dit stuwpand neemt af als gevolg van het grotere natte oppervlakte van het profiel van de Vecht ten opzichte van de huidige situatie.

- Het stuwpand van stuw Mariënberg laat een vlakker peilverloop zien als de huidige situatie als gevolg van de toename van het natter oppervlakte van het profiel. De waterstand ter plaatse van de stuw is hier circa 70 cm hoger.
- Het stuwpand van stuw Junne laat hetzelfde beeld zien als het stuwpand van stuw Mariënberg. Het verloop is kleiner en het streefpeil is ca. 75 cm hoger dan in de huidige situatie. Ook hier geldt dat het verschil met de huidige situatie kleiner is bovenstrooms in het stuwpand.
- In het stuwpand van stuw Vilsteren vindt er geen aanpassing aan het stuwpeil plaats. Wel ligt de bodemhoogte hoger dan in de huidige situatie en heeft de Vecht een ander dwarsprofiel. Dit zorgt voor een verandering van het waterstandsverloop, maar dit is zeer lokaal en beperkt zich tot enkele centimeters verandering ten opzichte van de huidige situatie.

De stroomsnelheid in de 1/100Q situatie neemt af van 0,007 naar 0,003 m/s. In de gemiddelde zomersituatie (1/20Q) neemt de stroomsnelheid af van 0,06 naar 0,03 m/s. In Figuur 30 is ook het waterstandverloop voor de T=200 situatie voor de huidige situatie en scenario 9A Vechtdalrund weergegeven. Een belangrijke situatie aangezien dit de toetsnorm met betrekking tot veiligheid betreft. Lokaal verschilt de berekende waterstand voor een T=200 situatie van scenario 9 ten opzichte van de huidige situatie, maar over het hele lengteprofiel gezien is deze nagenoeg gelijk aan de huidige situatie waarmee voldaan wordt aan de T=200 norm.




*Figuur 30 Effecten oppervlaktewater scenario's 9A, 9B en 9C*

**Grondwater**

In Bijlage 4 zijn de effecten op grondwater opgenomen. Naast de absolute effecten op GXG en de effecten op kwelfluxen zijn ook effecten op de landbouw met behulp van waternood in beeld gebracht. Voor alle scenario's met uitzondering van het voorkeursalternatief worden alleen de effecten op de grondwaterstanden beschreven,

de kwel en waternood resultaten zijn afgeleid uit de grondwateraffecten en beschrijven vooral de effecten de functies landbouw en natuur die in de volgende paragraaf (toetskader) nader aan de orde komen. Bij beoordeling van de figuren is het belangrijk om in het achterhoofd te houden dat de GHG en GLG in de huidige situatie zijn omgedraaid voor een aantal locaties: dat betekent dat in de huidige situatie de GHG in de zomer optreedt terwijl deze in het scenario in de winter optreedt. Er worden dus geen zomers en winters vergeleken maar hoogste grondwaterstanden en laagste grondwaterstanden.

In de zomersituatie (GLG grondwaterstanden) zijn met name hogere grondwaterstanden te zien rond de stuwpanden van stuw Junne en Mariënberg. Het effect is hierbij gelijk aan scenario 8 Kamsalamander. In het stuwpand van stuw Hardenberg is alleen ter plaatse van enkele meanderbochten een verhoging te zien net als in scenario 8. Effecten groter dan 5 cm komen hier voor tot een afstand van 350-400 meter vanaf de Vecht. In het stuwpand van stuw Mariënberg zijn de effecten direct rond de Vecht lokaal groter dan 50 cm. Specifiek ter plaatse van Rheezematen is de vernatting aanzienlijk (voornamelijk als gevolg van de lokale maatregelen). Effecten groter dan 5 cm komen voor in een gebied dat zich uitstrekt tot circa 1200 meter van de Vecht. In het stuwpand van stuw Junne zijn de effecten groter dan 50 cm beperkt tot de directe omgeving van de loop van de Vecht. Wel is in een bredere strook rond de Vecht nog sprake van een vernatting van 30-50 cm. Ook het gebied rond de oude meanderloop van de Prathoek kent een dergelijke vernatting. Voor dit stuwpand geldt dat het gebied met een vernatting van meer dan 5 cm wijder verspreidt is (tot circa 2 km van de Vecht). In het stuwpand van stuw Vilsteren vindt geen aanpassing van het peil plaats, maar geldt wel een ander profiel voor de vecht. In dit pand zijn de effecten ook anders dan bij scenario 8 Kamsalamander; de verlaging van de grondwaterstanden in scenario 9 is groter als gevolg van het grotere natte oppervlakte van het profiel. Ter plaatse van nieuwe meanderbochten is sprake van een verlaging van de grondwaterstanden. Lokaal is in de directe omgeving van de oude loop (loop van de huidige situatie) nog een beperkte vernatting zichtbaar. De verdroging kan lokaal tot 50 cm bedragen. De effecten groter dan 5 cm beperken zich tot een gebied van maximaal circa 950 meter van de Vecht.

In de wintersituatie is in het gebied rond alle stuwpanden sprake van hogere grondwaterstanden (met uitzondering van stuwpand Vilsteren). In het stuwpand van stuw Hardenberg zijn de grondwaterstanden maximaal 10 cm hoger (op enkele zeer lokale locaties na waar dit groter is) wat aansluit bij de effecten van scenario 8. Deze effecten beperken zich in scenario 9A echter meer tot een zone van circa 300-400 meter van de Vecht. De vernatting is het resultaat van het hogere peil dat gedurende de winter wordt gehanteerd. Zeer lokaal is ter plaatse van een nieuwe meanderbocht nog sprake van een verdroging.

Het stuwpand van stuw Mariënberg laat zien dat de grondwaterstandtoename groter is dan tijdens de zomer (behalve ter plaatse van Rheezematen waar het verschil in grondwaterstanden juist kleiner is). Het gebied waar een effect groter dan 5 cm wordt waargenomen is kleiner dan tijdens de zomer en is lokaal ter plaatse van nieuwe meanderbochten ook een verdroging zichtbaar.

Voor stuwpand Junne geldt dat de grondwaterstandsverandering groter is dan in de zomer (aanzienlijke gebieden met effecten meer dan 50 cm). Effecten groter dan 5 cm komen tot eenzelfde afstand vanaf de Vecht voor als in de zomer al zijn er tussen de gebieden met vernatting lokaal rond nieuwe meanders ook kleine oppervlakten waar juist sprake is van een verdroging.

Het stuwpand van Vilsteren laat met name verdroging zien als gevolg van het nieuwe profiel en meanderbochten . Een verdroging van minimaal 5 cm is hierbij tot een afstand van 1000 meter van de vecht nog waarneembaar. Lokaal komt nog vernatting voor op de locaties van de oude loop van de Vecht (daar waar de Vecht in de huidige situatie stroomt maar in het scenario juist niet meer).

### *6.10.2 Beschrijving toetskader*

Alle scenario's zijn getoetst aan het toetskader wat is beschreven in hoofdstuk 4. In Tabel 5 is de beoordeling op basis van dit toetskader voor verschillende scenario's samengebracht. Uit de toetsing aan het toetskader blijkt het volgende met betrekking tot scenario 9A Vechtdalrund:

- Het scenario voldoet aan de MHW van T=200.
- Omdat grondwaterstanden in de winter voornamelijk toenemen neemt het areaal stedelijk gebied wat in de winter een ontwateringsdiepte groter dan 80 cm heeft relatief af. De afname is echter kleiner dan 1%, van het totale door de Vecht beïnvloed stedelijke gebied, waardoor dit aspect neutraal scoort. Het aantal overstorten wat vrij kan lozen in een T=1 situatie neemt toe omdat het effectieve doorstroomprofiel vergroot wordt; er treden minder inundaties op. Netto scoort dit scenario een neutraal op stedelijk gebied.
- Ten aanzien van de landbouw neemt de droogschade af en de natschade neemt wat toe. De droogteschade neemt sterker af dan de toename van natschade, waardoor een netto positief effect ontstaat. Omdat de Vecht minder snel uit zijn oevers treedt neemt het aantal dagen inundaties in de zomer / groeiseizoen af, echter dit verschil is marginaal (neutrale score). Netto scoort dit scenario positief op landbouw.
- De rivierdynamiek neemt toe door het toevoegen van meanders, natuurvriendelijke oevers en variatie. Doordat inundaties minder vaak en korter optreden, maar het verschil slechts beperkt is scoort het scenario neutraal op de doelen ten aanzien van stroomdalgraslanden. De grondwaterstanden en kwel naar de flanken nemen bijna overal toe waardoor dit scenario positief scoort op de doelen ten aanzien voor grondwaterafhankelijke natuur. Netto scoort dit scenario positief op de doelen ten aanzien van Natura2000 en de EHS.
- De gemiddelde stroomsnelheid in de wintersituatie neemt wat af, in de zomer treedt geen significante verandering van de stroomsnelheid op. Door meandering, ontstening en het toevoegen van natuurvriendelijke oevers neemt de variatie in de profielen, oevers en stroomsnelheden toe. Door grotendeels af te stappen van een omgekeerd peilbeheer is er een positieve verschuiving naar een natuurlijker peilbeheer. Door toevoeging van natuurvriendelijke oevers en extra beplanting ontstaat een positieve score op aanwezigheid van hoog opgaand hout. Netto scoort dit scenario een plus op de KRW doelen (zie voor uitgebreide toelichting op het toetskader Bijlage 6) .
- Omdat de diepte van het profiel slechts beperkt afneemt als gevolg van de verondieping en het profiel dynamischer wordt scoort dit scenario een neutraal op het thema recreatie; de veranderingen zijn negatief maar niet in die mate dat bevaarbaarheid een knelpunt wordt.
- Qua investering levert dit scenario extra kosten op omdat het watersysteem aangepast dient te worden aan het aangepaste peilbeheer (toename van 40 cm in de zomer). Denk hierbij vooral aan de aanwezige gemalen en stuwen. Daarnaast levert ook de vergraving en inrichting kosten op.
- Het beheer en onderhoud van met name de kunstwerken neemt wat toe als gevolg van de peilopzet.

### *6.11 Scenario 9B*

In dit scenario is gerekend met een jaarrond vast zomerpeil plus een aanvullende peilopzet van één meter in stuwen Junne en Mariënberg. Met behulp van dit scenario wordt een gevoel gekregen van de gevoeligheid van het systeem voor een peilopzet en de aanvullende meerwaarde van een extra opzet voor het behalen van de doelen ten aanzien van de grondwaterafhankelijke natuur. De ligging van de Vecht sluit aan bij de eerdere scenario's 8 en 9A. Qua begroeiing is rekening gehouden met aanvullende (ten opzichte van huidig) begroeiing in het zomer en winterbed die op verschillende manieren ingezet kan worden. Denk aan een tweezijdige ruwe beplantingsstrook van 5 meter (75% lengte van de vecht) of een wat ruwere begroeiing in het stromende en bergende deel van het winterbed (die een gelijke opstuwing geeft als 2x 5m beplanting over 75%). Voor het natuurgebied de Rheezermaten zijn de lokale maatregelen op dezelfde wijze meegenomen als in scenario 8. Tenslotte is op een beperkt aantal locaties een droge hoogwatergeul toegevoegd met een drempel op T=1.

Voor de stuwen Junne en Mariënberg geldt een aangepast peilbeheer ten opzichte van de huidige situatie. Voor beide stuwen wordt hierbij jaarrond een vast peil dat 100 cm boven het huidige zomerpeil ligt. Dit betekent een

peil van 5,50 m+NAP voor stuw Junne en een peil van 6,60 m+NAP voor stuw Mariënberg. Stuw Hardenberg hanteert daarnaast jaarrond het huidige zomerpeil van 7,10 m+NAP.

De stuwen De Haandrik en Vilsteren kennen geen aanpassingen in de stuwpeilen ten opzichte van de huidige situatie.

### *6.11.1 Beschrijving effecten*

**Oppervlaktewater**

In Figuur 30 zijn de effecten van scenario 9B (naast de scenario's 9A en 9C) op de waterstanden zichtbaar gemaakt in een lengteprofiel voor zowel de zomer- als de wintersituatie. Ook de waterstanden bij een T=200 situatie is weergegeven.

Kijkend naar de zomersituatie zijn de peilen voor de stuwpanden van stuw Junne en stuw Mariënberg 100 cm hoger dan in de huidige situatie. Ook hier zakt het peil in alle stuwpanden naar het ingestelde stuwpeil. De waterstanden in de stuwpanden van Vilsteren, Hardenberg en De Haandrik zijn gelijk aan de huidige situatie.

In de wintersituatie (1/4Q) is in alle stuwpanden met uitzondering van bovenstrooms van stuw De Haandrik sprake van andere waterstanden dan in de huidige situatie. De effecten in alle stuwpanden zijn vergelijkbaar met scenario 9A, echter door het nog hogere stuwpeil neemt het verhang bovenin het stuwpand nog iets meer af.

De stroomsnelheid in de 1/100Q situatie neemt af van 0,007 naar 0,003 m/s. In de gemiddelde zomersituatie (1/20Q) neemt de stroomsnelheid af van 0,06 naar 0,03 m/s. In Figuur 30 is ook het waterstandverloop voor de T=200 situatie voor de huidige situatie en scenario 9 weergegeven. Voor alle scenario's 9 geldt een zelfde dwarsprofiel dus zijn de effecten bij extreme situatie ook gelijk omdat de stuwen dan plat liggen. Voor alle scenario's 9 geldt dat deze voldoen aan de gestelde T=200 norm ondanks kleine verschillen ten opzichte van de huidige situatie.

**Grondwater**

In Bijlage 4 zijn de effecten op grondwater opgenomen. Naast de absolute effecten op GXG en de effecten op kwelfluxen zijn ook effecten op de landbouw met behulp van waternood in beeld gebracht. Voor alle scenario's met uitzondering van het voorkeursalternatief worden alleen de effecten op de grondwaterstanden beschreven, de kwel en waternood resultaten zijn afgeleid uit de grondwateraffecten en beschrijven vooral de effecten de functies landbouw en natuur die in de volgende paragraaf (toetskader) nader aan de orde komen. Bij beoordeling van de figuren is het belangrijk om in het achterhoofd te houden dat de GHG en GLG in de huidige situatie zijn omgedraaid voor een aantal locaties: dat betekent dat in de huidige situatie de GHG in de zomer optreedt terwijl deze in het scenario in de winter optreedt. Er worden dus geen zomers en winters vergeleken maar hoogste grondwaterstanden en laagste grondwaterstanden.

In de zomersituatie (GLG grondwaterstanden) zijn met name hogere grondwaterstanden te zien rond de stuwpanden van stuw Junne en Mariënberg. Het effect is hierbij als gevolg van het nog hogere peil groter dan scenario 9A Vechtdalrund. De effecten in de stuwpanden Hardenberg en Vilsteren zijn nagenoeg gelijk aan scenario 9A. In het stuwpand van stuw Mariënberg zijn de effecten direct rond de Vecht in een brede strook (350 – 400 meter rond de Vecht) groter dan 50 cm. Effecten groter dan 5 cm komen voor in een gebied dat zich uitstrekt tot circa 1800 meter van de Vecht. In het stuwpand van stuw Junne zijn de effecten groter dan 50 cm ook in een strook (400 m rond de Vecht) rond de Vecht aanwezig. Ook het gebied rond de oude meanderloop van Prathoek kent een dergelijke vernatting. Voor dit stuwpand geldt dat het gebied met een vernatting van meer dan 5 cm zich uitstrekt tot circa 2,5 km van de Vecht.

In de wintersituatie is in het gebied rond alle stuwpanden sprake van hogere grondwaterstanden (met uitzondering van stuwpand Vilsteren). De effecten in de stuwpanden Hardenberg en Vilsteren zijn nagenoeg gelijk aan scenario 9A.

Het stuwpand van stuw Mariënberg laat zien dat de grondwaterstandtoename kleiner is dan tijdens de zomer. De zone met een grondwaterstandtoename van meer dan 50 cm is kleiner (maximaal 200 meter). Ook het gebied waar een effect groter dan 5 cm wordt waargenomen is kleiner dan tijdens de zomer (circa 1600 meter).

Voor stuwpand Junne geldt hetzelfde beeld als voor het stuwpand Mariënberg. Er is sprake van vernatting maar dit effect is kleiner en minder verspreidt als tijdens de zomer. Effecten groter dan 50 cm beperken zicht tot een zone van 200 meter en effecten groter dan 5 cm komen voor tot maximaal 2200 meter van de Vecht.

### *6.11.2 Beschrijving toetskader*

Alle scenario's zijn getoetst aan het toetskader wat is beschreven in hoofdstuk 4. In Tabel 5 is de beoordeling op basis van dit toetskader voor verschillende scenario's samengebracht. Uit de toetsing aan het toetskader blijkt het volgende met betrekking tot scenario 9B:

- Het scenario voldoet aan de MHW van T=200.
- Omdat grondwaterstanden in de winter sterk toenemen neemt het areaal stedelijk gebied wat in de winter een ontwateringsdiepte groter dan 80 cm heeft relatief af. De afname is echter kleiner dan 1%, van het totale door de Vecht beïnvloed stedelijke gebied, waardoor dit aspect neutraal scoort. Het aantal overstorten wat vrij kan lozen in een T=1 situatie neemt toe omdat het effectieve doorstroomprofiel vergroot wordt; er treden minder inundaties op. Netto scoort dit scenario een neutraal op stedelijk gebied.
- Ten aanzien van de landbouw neemt de droogschade af en de natschade neemt toe. De natschade neemt sterker toe dan de afname van de droogteschade, waardoor een netto negatief effect ontstaat. Omdat de Vecht minder snel uit zijn oevers treedt neemt het aantal dagen inundaties in de zomer / groeiseizoen af, echter dit verschil is marginaal (neutrale score). Netto scoort dit scenario negatief op landbouw.
- De rivierdynamiek neemt toe door het toevoegen van meanders, natuurvriendelijke oevers en variatie. Doordat inundaties minder vaak en korter optreden, maar het verschil slechts beperkt is scoort het scenario neutraal op de doelen ten aanzien van stroomdalgraslanden. De grondwaterstanden en kwel naar de flanken nemen fors toe waardoor dit scenario positief scoort op de doelen ten aanzien voor grondwaterafhankelijke natuur. Netto scoort dit scenario sterk positief op de doelen ten aanzien van Natura2000 en de EHS.
- De gemiddelde stroomsnelheid in de wintersituatie neemt wat af, in de zomer treedt geen significante verandering van de stroomsnelheid op. Door meandering, ontstening en het toevoegen van natuurvriendelijke oevers neemt de variatie in de profielen, oevers en stroomsnelheden toe. Door grotendeels af te stappen van een omgekeerd peilbeheer is er een positieve verschuiving naar een natuurlijker peilbeheer. Door toevoeging van natuurvriendelijke oevers en extra beplanting ontstaat een positieve score op aanwezigheid van hoog opgaand hout. Netto scoort dit scenario een plus op de KRW doelen (zie voor uitgebreide toelichting op het toetskader Bijlage 6) .
- Omdat de diepte van het profiel niet afneemt en het profiel dynamischer wordt scoort dit scenario een neutraal op het thema recreatie.
- Qua investering levert dit scenario forse extra kosten op omdat het watersysteem aangepast dient te worden aan het aangepaste peilbeheer (toename van 100 cm in de zomer). Denk hierbij vooral aan de aanwezige kunstwerken (o.a. gemalen, stuwen) die vervangen dienen te worden. Daarnaast levert ook de vergraving en inrichting kosten op.
- Het beheer en onderhoud neemt toe als gevolg van de peilopzet; er dient vooral extra beheer en onderhoud op de (nieuwe) kunstwerken plaats te vinden.

### 6.12 Scenario 9C Vechtdalotter

In dit scenario is gerekend met een uitzakkend zomerpeil. Een uitzakkend zomerpeil is een stap dichter richting een natuurlijk peilbeheer waardoor het meer doelrealisatie geeft op de KRW doelen. De ligging van de Vecht sluit aan bij de eerdere scenario's 8 en 9A. Qua begroeiing is rekening gehouden met aanvullende (ten opzichte van huidig) begroeiing in het zomer en winterbed die op verschillende manieren ingezet kan worden. Denk aan een tweezijdige ruwe beplantingsstrook van 5 meter (75% lengte van de vecht) of een wat ruwere begroeiing in het stromende en bergende deel van het winterbed (die een gelijke opstuwing geeft als 2x 5m beplanting over 75%). Voor het natuurgebied de Rheezermaten zijn de lokale maatregelen op dezelfde wijze meegenomen als in scenario 8. Tenslotte is op een beperkt aantal locaties een droge hoogwatergeul toegevoegd met een drempel op T=1.

Voor de stuwen Junne en Mariënberg geldt een aangepast peilbeheer ten opzichte van de huidige situatie. Voor beide stuwen wordt hierbij in de winter een peil gehanteerd wat 40 cm hoger ligt dan het huidige zomerpeil. Gedurende de zomer hanteren ze een peil dat 10 cm lager ligt dan het huidige zomerpeil. Stuw Hardenberg hanteert daarnaast jaarrond het huidige zomerpeil van 7,10 m+NAP.

De stuwen De Haandrik en Vilsteren kennen geen aanpassingen in de stuwpeilen ten opzichte van de huidige situatie.

#### 6.12.1 Beschrijving effecten

**Oppervlaktewater**

In Figuur 30 zijn de effecten van scenario 9C (naast de scenario's 9A en 9B) op de waterstanden zichtbaar gemaakt in een lengteprofiel voor zowel de zomer- als de wintersituatie. Ook de waterstanden bij een T=200 situatie zijn weergegeven.

Kijkend naar de zomersituatie zijn de waterstanden in de stuwpanden van Vilsteren, Hardenberg en De Haandrik gelijk aan de huidige situatie. De peilen voor de stuwpanden van stuw Junne en stuw Mariënberg liggen 10 cm lager dan in de huidige situatie. In alle situaties zakt het peil uit in alle stuwpanden naar het ingestelde stuwpeil.

In de wintersituatie (1/4Q) is in alle stuwpanden met uitzondering van bovenstrooms van stuw De Haandrik sprake van andere waterstanden dan in de huidige situatie. De stuwpeilen zijn hierbij gelijk aan scenario 9A Vechtdalrund. De effecten die optreden zijn ook gelijk aan die van scenario 9A Vechtdalrund. Als gevolg van het grotere natte oppervlakte van het profiel van de Vecht neemt het verhang met name bovenin de stuwpanden Mariënberg, Junne en Hardenberg wat af. De verschillen in stuwpand Vilsteren ten opzichte van de huidige situatie zijn nagenoeg nihil.

De stroomsnelheid in de 1/100Q situatie neemt af van 0,007 naar 0,004 m/s. In de gemiddelde zomersituatie (1/20Q) neemt de stroomsnelheid af van 0,06 naar 0,03 m/s. In Figuur 30 is ook het waterstandverloop voor de T=200 situatie voor de huidige situatie en scenario 9 weergegeven. Voor alle scenario's 9 geldt een zelfde dwarsprofiel dus zijn de effecten bij extreme situatie ook gelijk omdat de stuwen dan plat liggen. Voor alle scenario's 9 geldt dat deze voldoen aan de gestelde T=200 norm ondanks kleine verschillen ten opzichte van de huidige situatie.

**Grondwater**

In Bijlage 4 zijn de effecten op grondwater opgenomen. Naast de absolute effecten op GXG en de effecten op kwelfluxen zijn ook effecten op de landbouw met behulp van waternood in beeld gebracht. Voor alle scenario's met uitzondering van het voorkeursalternatief worden alleen de effecten op de grondwaterstanden beschreven, de kwel en waternood resultaten zijn afgeleid uit de grondwateraffecten en beschrijven vooral de effecten de functies landbouw en natuur die in de volgende paragraaf (toetskader) nader aan de orde komen. Bij beoordeling van de figuren is het belangrijk om in het achterhoofd te houden dat de GHG en GLG in de huidige situatie zijn omgedraaid voor een aantal locaties: dat betekent dat in de huidige situatie de GHG in de zomer optreedt terwijl

deze in het scenario in de winter optreedt. Er worden dus geen zomers en winters vergeleken maar hoogste grondwaterstanden en laagste grondwaterstanden.

In de zomersituatie (GLG grondwaterstanden) wisselen grondwaterstandverlagingen en grondwaterstandverhogingen zich af. Effecten in het stuwpand van stuw Hardenberg en Vilsteren zijn gelijk aan de effecten van scenario 9A en is alleen ter plaatse van enkele meanderbochten sprake van vernatting.

In het stuwpand van stuw Mariënberg is verdroging zichtbaar die het grootst is ter plaatse van nieuwe meanderbochten. Het lagere peil in combinatie met de nieuwe ligging zorgt hier voor een lagere drainagebasis. Deze effecten zijn lokaal tot 50 cm groot en effecten groter dan 5 cm komen voor tot maximaal 350 meter van de Vecht. Uitzondering is het gebied Rheezematen waar een aanzienlijke vernatting (tot meer dan 50 cm) optreedt. Hier is een effect groter dan 5 cm nog waarneembaar tot 1 km van de Vecht. Het stuwpand van stuw Junne laat vergelijkbare effecten zien als het stuwpand van stuw Mariënberg. Wel spreidt het effect van de verdroging zich verder uit vanaf de Vecht (effecten groter dan5 cm tot 1 km vanaf de Vecht). Waar de huidige Vecht gedempt wordt is een lichte vernatting zichtbaar.

In de wintersituatie is het effect van scenario 9C Vechtdalotter gelijk aan scenario 9A Vechtdalrund. In het gebied rond alle stuwpanden is sprake van hogere grondwaterstanden (met uitzondering van stuwpand Vilsteren). In het stuwpand van stuw Hardenberg zijn de grondwaterstanden maximaal 10 cm hoger (op enkele zeer lokale locaties na waar dit groter is). Deze effecten beperken zich tot een zone van circa 300-400 meter van de Vecht. De vernatting is het resultaat van het hogere peil dat gedurende de winter wordt gehanteerd. Zeer lokaal is ter plaatse van een nieuwe meanderbocht nog sprake van een verdroging.

### *6.12.2 Beschrijving toetskader*

Alle scenario's zijn getoetst aan het toetskader wat is beschreven in hoofdstuk 4. In Tabel 5 is de beoordeling op basis van dit toetskader voor verschillende scenario's samengebracht. Uit de toetsing aan het toetskader blijkt het volgende met betrekking tot scenario 9C Vechtdalotter:

- Het scenario voldoet aan de MHW van T=200.
- Omdat grondwaterstanden in de winter voornamelijk toenemen neemt het areaal stedelijk gebied wat in de winter een ontwateringsdiepte groter dan 80 cm heeft relatief af. De afname is echter kleiner dan 1%, van het totale door de Vecht beïnvloed stedelijke gebied, waardoor dit aspect neutraal scoort. Het aantal overstorten wat vrij kan lozen in een T=1 situatie neemt toe omdat het effectieve doorstroomprofiel vergroot wordt; er treden minder inundaties op. Netto scoort dit scenario een neutraal op stedelijk gebied.
- Ten aanzien van de landbouw nemen zowel de nat- als de droogteschade zeer beperkt af. De verschillen zijn erg klein maar netto ontstaat een heel klein positief effect. Omdat de Vecht minder snel uit zijn oevers treedt neemt het aantal dagen inundaties in de zomer / groeiseizoen af, echter dit verschil is marginaal (neutrale score). Netto scoort dit scenario positief op landbouw.
- De rivierdynamiek neemt toe door het toevoegen van meanders, natuurvriendelijke oevers en variatie. Doordat inundaties minder vaak en korter optreden, maar het verschil slechts beperkt is scoort het scenario neutraal op de doelen ten aanzien van stroomdalgraslanden. De grondwaterstanden en kwel naar de flanken nemen in de zomer wat af als gevolg van het lagere peil, waardoor negatief gescoord wordt de doelen ten aanzien voor grondwaterafhankelijke natuur. Netto scoort dit scenario negatief op de doelen ten aanzien van Natura2000 en de EHS
- De gemiddelde stroomsnelheid in de wintersituatie neemt wat af, in de zomer treedt geen significante verandering van de stroomsnelheid op. Door meandering, ontstening en het toevoegen van natuurvriendelijke oevers neemt de variatie in de profielen, oevers en stroomsnelheden toe. Door af te

stappen van een omgekeerd peilbeheer is er een sterke positieve verschuiving naar een natuurlijker peilbeheer. Door toevoeging van natuurvriendelijke oevers en extra beplanting ontstaat een positieve score op aanwezigheid van hoog opgaand hout. Netto scoort dit scenario een dubbele plus op de KRW doelen (zie voor uitgebreide toelichting op het toetskader Bijlage 6).

- Omdat de diepte van het profiel slechts beperkt afneemt als gevolg van de verondieping en het profiel dynamischer wordt scoort dit scenario een neutraal op het thema recreatie; de veranderingen zijn negatief maar niet in die mate dat bevaarbaarheid een knelpunt wordt.
- Qua investering levert dit scenario extra kosten op omdat het watersysteem aangepast dient te worden aan het aangepaste peilbeheer (toename van 40 cm in de zomer). Denk hierbij vooral aan de aanwezige gemalen en stuwen. Daarnaast levert ook de vergraving en inrichting kosten op.
- Het beheer en onderhoud van met name de kunstwerken neemt wat toe als gevolg van de peilopzet.

### *6.13 Conclusies scenario 8 en 9*

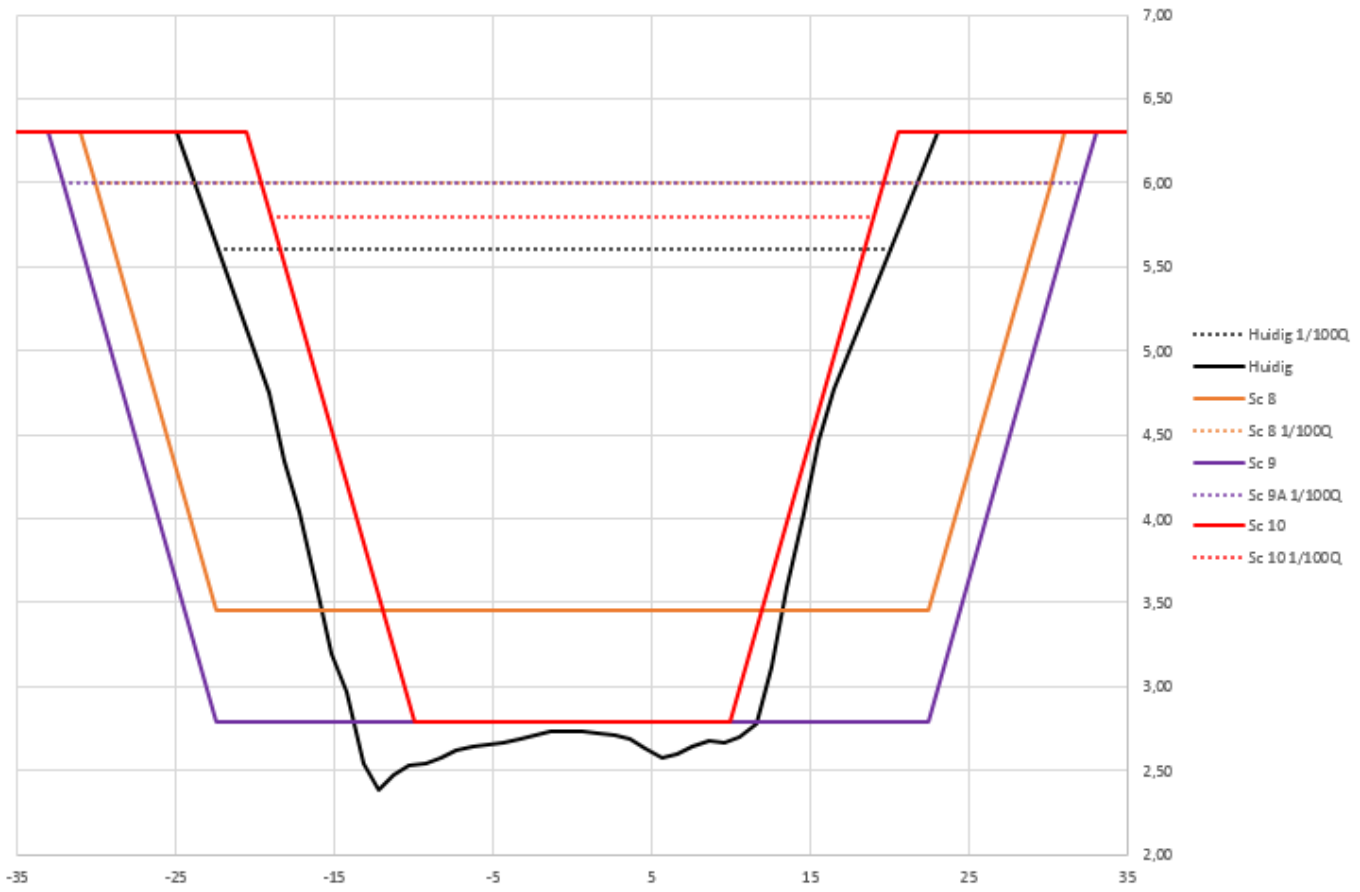
Uit de effecten van de voorgaande vier scenario's zijn een aantal conclusies en vragen naar voren gekomen die meegenomen worden in de trechtering naar het VKA:

- De huidige cultuurtechnische inrichting van de Vecht is hydraulisch gezien erg efficiënt, verondieping en het toevoegen van nevengeulen verkleinen deze effectiviteit waardoor ze zeker niet één op één uit te ruilen zijn;
- De inzet van de hoogwatergeul kan geoptimaliseerd worden door verlaging van het drempelniveau, vergroten van de doorstroomcapaciteit en intensiveren van de locaties waar een hoogwatergeul wordt toegepast;
- Vergroting van natte oppervlakte van het profiel van de Vecht heeft op twee manieren een verlagend effect op de grondwaterstanden; afname van het verhang in de stuwpanden en vergroting van het drainerende oppervlakte. Deze vergroting dit kan gecompenseerd worden door verhoging van stuwpeilen. Echter binnen de huidige inrichting van het watersysteem en kunstwerken is geen toename mogelijk. Voor Vilsteren is bezien vanuit het watersysteem (Ommen) een jaarrond vast peil op zomerpeil mogelijk.
- Verlaging van de MHW van een T=200 naar een T=30 biedt beperkt ruimte (verschil van 20 cm), deze extra ruimte kan benut worden door toevoeging van extra begroeiing of verkleining van het natte oppervlakte. In beide gevallen levert het slechts beperkte ruimte op.
- Voor de KRW is een zo natuurlijk mogelijk peilregime gewenst met uitzakkende zomerpeilen. Uit de berekeningen blijkt dat uitzakken in de zomer geen significante invloed heeft op de stroomsnelheid. Echter er treedt wel verlaging op van de grondwaterstanden in de zomer waardoor een negatief effect ontstaat voor landbouw en terrestrische (grondwaterafhankelijke) natuur.
- Een verkleining van het profiel levert geen meerwaarde in de zomersituatie (systeem blijft gestuwd zonder verhang), echter in een normale situatie neemt het verhang toe bij verkleining van het profiel wat een meerwaarde heeft voor morfologie, stroomsnelheid en verdrogingsgevoelige natuur.

### *6.14 Scenario 10*

Omdat uit de bandbreedteanalyse uit voorgaande paragraven (scenario's 8, 9A, 9B en 9C) blijkt dat optimalisatie van het gebruik van hoogwatergeulen mogelijk leidt tot ruimte in het ontwerp om het dwarsprofiel verder te verkleinen, is een nieuw scenario doorgerekend waarin het gebruik van hoogwatergeulen is gemaximaliseerd. Dit scenario is doorgerekend als verbetering van scenario 9A Vechtdalrund met als doel de stroomsnelheid in de zomer te maximaliseren. Ten opzichte van 9A zijn een aantal aanpassingen doorgevoerd. De hoogwatergeulen zijn geoptimaliseerd: de instroom drempels zijn verlaagd tot op een niveau van 1/4Q waterstand. Daarnaast zijn ze verdiept zodat het profiel van de hoogwatergeulen nagenoeg gelijk is aan het profiel van de huidige situatie. Tenslotte is het aantal geulen geïntensiveerd zodat vrijwel overal twee Vechten ontstaat (hoogwatergeul en nieuwe Vecht). De ligging van de Vecht inclusief hoogwatergeulen is weergegeven in Bijlage 4. Alle ruimte die ontstaat als gevolg van het toevoegen van de hoogwatergeulen wordt benut voor het verkleinen van het dwarsprofiel van de Vecht, dat betekent dat geen extra begroeiing wordt toegestaan ten opzichte van de huidige situatie. Figuur 2931 laat de verschillen in het dwarsprofiel voor de Vecht ter plaatse van Rheeze/Brucht zien. Qua stuwpeilen van de stuwen Junne en Mariënberg is gerekend met een zomerpeil +20cm, stuw Vilsteren jaarrond

op zomerpeil. Daarnaast zijn lokale maatregelen rondom Rheezermaten doorgevoerd en is op een aantal plaatsen rondom de grondwaterafhankelijke natuur in Natura2000 gebied detailontwatering gedempt om de gevoeligheid van deze gebieden voor lokale maatregelen te onderzoeken.




*Figuur 31 Verschillen in dwarsprofiel van de Vecht ter plaatse van Rheeze/Brucht*

### *6.14.1 Beschrijving effecten*

**Oppervlaktewater**

In Figuur 32 zijn de effecten van scenario 10 op de waterstanden zichtbaar gemaakt in een lengteprofiel voor zowel de zomer- als de wintersituatie. Ook de waterstanden bij een T=200 situatie zijn weergegeven.

Kijkend naar de zomersituatie zijn de peilen voor de stuwpanden van stuw Junne en stuw Mariënberg 20 cm hoger dan in de huidige situatie. In alle panden zakt het peil uit in alle stuwpanden naar het ingestelde stuwpeil. De waterstanden in de stuwpanden van Vilsteren, Hardenberg en De Haandrik zijn dus gelijk aan de huidige situatie.

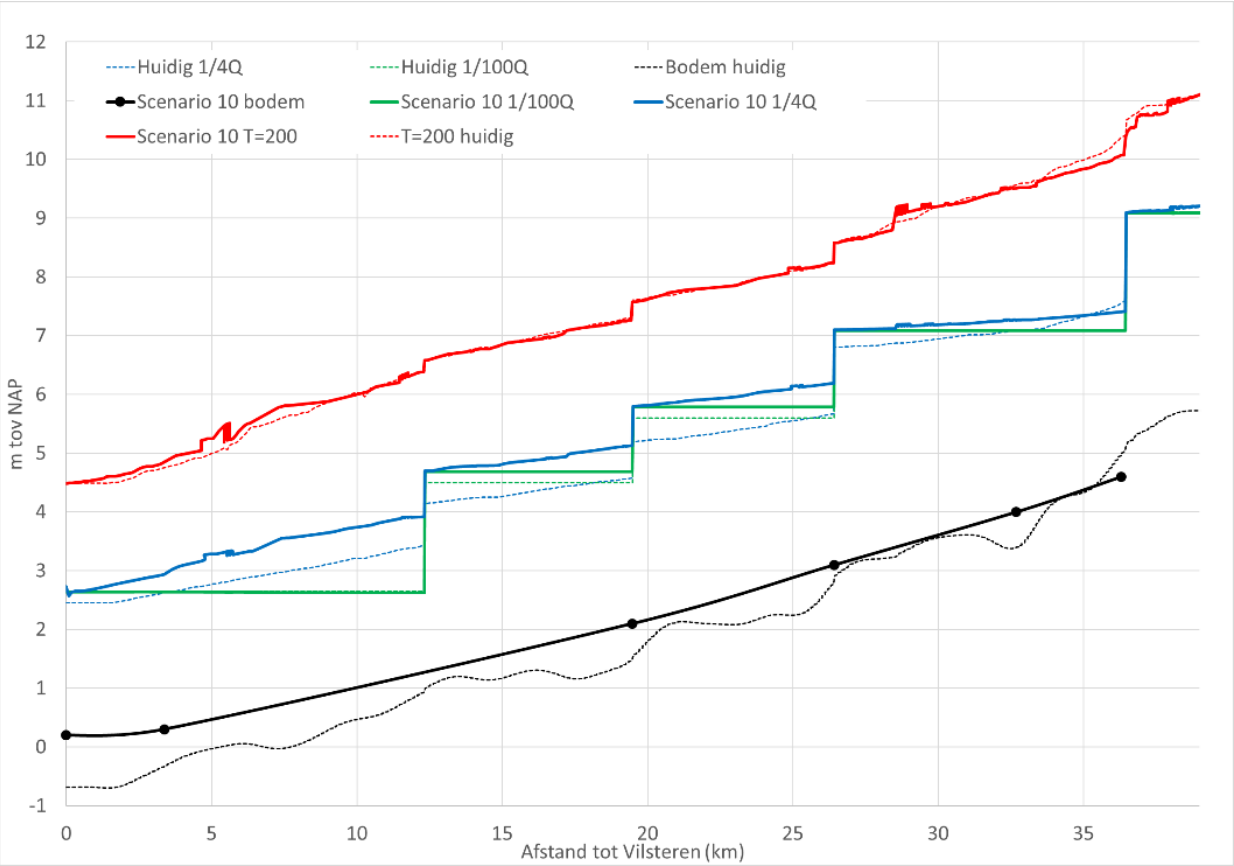
In de wintersituatie (1/4Q) is in alle stuwpanden met uitzondering van bovenstrooms van stuw De Haandrik sprake van andere waterstanden dan in de huidige situatie zoals in het scenario 9A ook het geval was. Wel is het verloop soms anders als gevolg van het verschil in bodemhoogte ten opzichte van scenario 9A.

- In het stuwpand van stuw Hardenberg komt bij deze stuw een hogere waterstand voor door het hanteren van het hogere zomerpeil ook gedurende de winter. Hierdoor is het peilverloop binnen het stuwpand vlakker dan

in de huidige situatie. Bovenstrooms in het stuwpand is de waterstand echter lager dan de huidige situatie als gevolg van het gewijzigde profiel (vooral lagere bodemhoogte bovenin het stuwpand).

- Het stuwpand van stuw Mariënberg laat een vergelijkbaar peilverloop zien als in de huidige situatie en ook zijn de waterstanden ca. 50 cm hoger.
- Het stuwpand van stuw Junne laat hetzelfde beeld zien als het stuwpand van stuw Mariënberg. Het verloop is vergelijkbaar met de huidige situatie. Wel is de waterstand hoger (55 cm) door het hoger gehanteerde peil van de stuw.
- In het stuwpand van stuw Vilsteren ligt het peil hoger als gevolg van het jaarrond gehanteerde zomerpeil. Door de veranderingen in het profiel van de Vecht neemt het verhang in het stuwpand toe ten opzichte van de huidige situatie.

De stroomsnelheid in de 1/100Q situatie neemt toe van 0,007 naar 0,008 m/s. In de gemiddelde zomersituatie (1/20Q) blijft de stroomsnelheid gelijk op 0,06 m/s. In Figuur 32 is ook het waterstandverloop voor de T=200 situatie voor de huidige situatie en scenario 10 weergegeven. Te zien is dat deze nagenoeg voldoet aan de gestelde T=200 norm ondanks kleine verschillen ten opzichte van de huidige situatie.




*Figuur 32 Effecten oppervlaktewater scenario 10*

**Grondwater**

In Bijlage 4 zijn de effecten van scenario 10 op grondwater opgenomen. Naast de absolute effecten op GXG en de effecten op kwelfluxen zijn ook effecten op de landbouw met behulp van waternood in beeld gebracht. In deze paragraaf worden alleen de effecten op grondwaterstanden en kwel beschreven, de waternood resultaten zijn afgeleid uit de grondwateraffecten en beschrijven vooral de effecten op een gebruiksfunctie die in de volgende paragraaf (toetskader) nader aan de orde komen. Bij beoordeling van de figuren is het belangrijk om in het

achterhoofd te houden dat de GHG en GLG in de huidige situatie zijn omgedraaid voor een aantal locaties: dat betekent dat in de huidige situatie de GHG in de zomer optreedt terwijl deze in het scenario in de winter optreedt. Er worden dus geen zomers en winters vergeleken maar hoogste grondwaterstanden en laagste grondwaterstanden.

In de zomersituatie (GLG grondwaterstanden) zijn hogere grondwaterstanden te zien rond de stuwpanden van stuw Junne en Mariënberg. In het stuwpand van stuw Hardenberg is alleen ter plaatse van enkele meanderbochten net als in voorgaande scenario's. Effecten groter dan 5 cm komen hier voor tot een afstand van 350-400 meter vanaf de Vecht. In het stuwpand van stuw Mariënberg liggen de effecten direct rond de Vecht lokaal tussen de 30 en 50 cm. Specifiek ter plaatse van Rheezematen is de vernatting aanzienlijk. Effecten groter dan 5 cm komen voor in een gebied dat zich uitstrekt tot circa 1200 meter van de Vecht. In het stuwpand van stuw Junne zijn de effecten groter dan 30-50 cm beperkt tot de directe omgeving van de loop van de Vecht. Wel is in een bredere strook rond de Vecht nog sprake van een vernatting van 30-50 cm. Ook het gebied rond de oude meanderloop van Prathoek kent een dergelijke vernatting. Voor dit stuwpand geldt dat het gebied met een vernatting van meer dan 5 cm wijder verspreidt is (tot circa 2 km van de Vecht). De effecten zijn duidelijk minder groot dan in voorgaande scenario's 8 en 9. In het stuwpand van stuw Vilsteren vindt geen aanpassing van het peil plaats, maar geldt wel een ander profiel voor de vecht. In dit pand zijn de effecten ook anders dan bij voorgaande scenario's. Er treedt alleen verdroging op, welke met name gesitueerd is rondom de nieuwe meanderbochten. De verdroging kan lokaal tot 50 cm bedragen. De effecten groter dan 5 cm beperken zich tot een gebied van maximaal circa 950 meter van de Vecht.

In de wintersituatie is in het gebied rond alle stuwpanden sprake van hogere grondwaterstanden. In het stuwpand van stuw Hardenberg zijn de grondwaterstanden maximaal 10 cm hoger (op enkele zeer lokale locaties na waar dit groter is) wat aansluit bij de effecten van scenario's 9. Deze effecten beperken zich tot een zone van circa 300-400 meter van de Vecht. De vernatting is het resultaat van het hogere peil dat gedurende de winter wordt gehanteerd. Zeer lokaal is ter plaatse van een nieuwe meanderbocht nog sprake van een verdroging. Het stuwpand van stuw Mariënberg laat zien dat de grondwaterstandtoename groter is dan tijdens de zomer (behalve ter plaatse van Rheezematen waar het verschil in grondwaterstanden juist kleiner is). Ter plaatse van de nieuwe meanderbochten ontstaat op veel locaties verdroging. Voor stuwpand Junne geldt dat de grondwaterstandsverandering groter is dan in de zomer (aanzienlijke gebieden met effecten meer dan 50 cm). Effecten groter dan 5 cm komen tot eenzelfde afstand vanaf de Vecht voor als in de zomer al zijn er tussen de gebieden met vernatting lokaal rond nieuwe meanders ook relatief veel kleine oppervlakten waar juist sprake is van een verdroging. Het stuwpand van Vilsteren laat met name vernatting zien als gevolg van het hogere winterpeil.

### *6.14.2 Beschrijving toetskader*

Alle scenario's zijn getoetst aan het toetskader wat is beschreven in hoofdstuk 4. In Tabel 5 is de beoordeling op basis van dit toetskader voor verschillende scenario's samengebracht. Uit de toetsing aan het toetskader blijkt het volgende met betrekking tot scenario 10:

- Het scenario voldoet aan de MHW van T=200.
- Omdat grondwaterstanden in de winter voornamelijk toenemen neemt het areaal stedelijk gebied wat in de winter een ontwateringsdiepte groter dan 80 cm heeft relatief af. De afname is echter kleiner dan 1%, van het totale door de Vecht beïnvloed stedelijke gebied, waardoor dit aspect neutraal scoort. Het aantal overstorten wat vrij kan lozen in een T=1 situatie neemt toe omdat het effectieve doorstroomprofiel vergroot wordt; er treden minder inundaties op. Netto scoort dit scenario een neutraal op stedelijk gebied.

- Ten aanzien van de landbouw neemt de droogschade af en de natschade neemt wat af; er ontstaat een netto positief effect. De inundatiefrequentie blijft min of meer gelijk. Netto scoort dit scenario positief op landbouw.
- De rivierdynamiek neemt toe door het toevoegen van meanders, natuurvriendelijke oevers en variatie. Doordat inundaties minder vaak en korter optreden, maar het verschil slechts beperkt is scoort het scenario neutraal op de doelen ten aanzien van stroomdalgraslanden. De grondwaterstanden en kwel naar de flanken nemen bijna overal toe waardoor dit scenario positief scoort op de doelen ten aanzien voor grondwaterafhankelijke natuur. Netto scoort dit scenario positief op de doelen ten aanzien van Natura2000 en de EHS.
- De gemiddelde stroomsnelheid in zowel de wintersituatie neemt wat toe, in de zomer treedt geen significante verandering van de stroomsnelheid op. Door meandering, ontstening en het toevoegen van natuurvriendelijke oevers neemt de variatie in de profielen, oevers en stroomsnelheden toe. Door grotendeels af te stappen van een omgekeerd peilbeheer is er een positieve verschuiving naar een natuurlijker peilbeheer. Door toevoeging van natuurvriendelijke oevers en extra beplanting ontstaat een positieve score op aanwezigheid van hoog opgaand hout. Netto scoort dit scenario een plus op de KRW doelen (zie voor uitgebreide toelichting op het toetskader Bijlage 6).
- Omdat de diepte van het profiel slechts beperkt afneemt als gevolg van de verondieping en het profiel dynamischer wordt scoort dit scenario een neutraal op het thema recreatie; de veranderingen zijn negatief maar niet in die mate dat bevaarbaarheid een knelpunt wordt.
- Qua investering levert dit scenario beperkte extra kosten op omdat het watersysteem aangepast dient te worden aan het aangepaste peilbeheer (toename van 20 cm in de zomer). Denk hierbij vooral aan de aanwezige gemalen en stuwen. Daarnaast levert ook de vergraving en inrichting kosten op.
- Het beheer en onderhoud neemt sterk toe omdat in plaats van één vecht nu twee watergangen (hoogwatergeul, nieuwe Vecht) onderhouden dienen te worden. Daarnaast ontstaan tussenliggende eilanden op het moment dat de hoogwatergeulen meestromen (4 maanden per jaar) die slecht tot niet onderhouden kunnen worden.

### *6.14.3 Conclusies scenario 10*

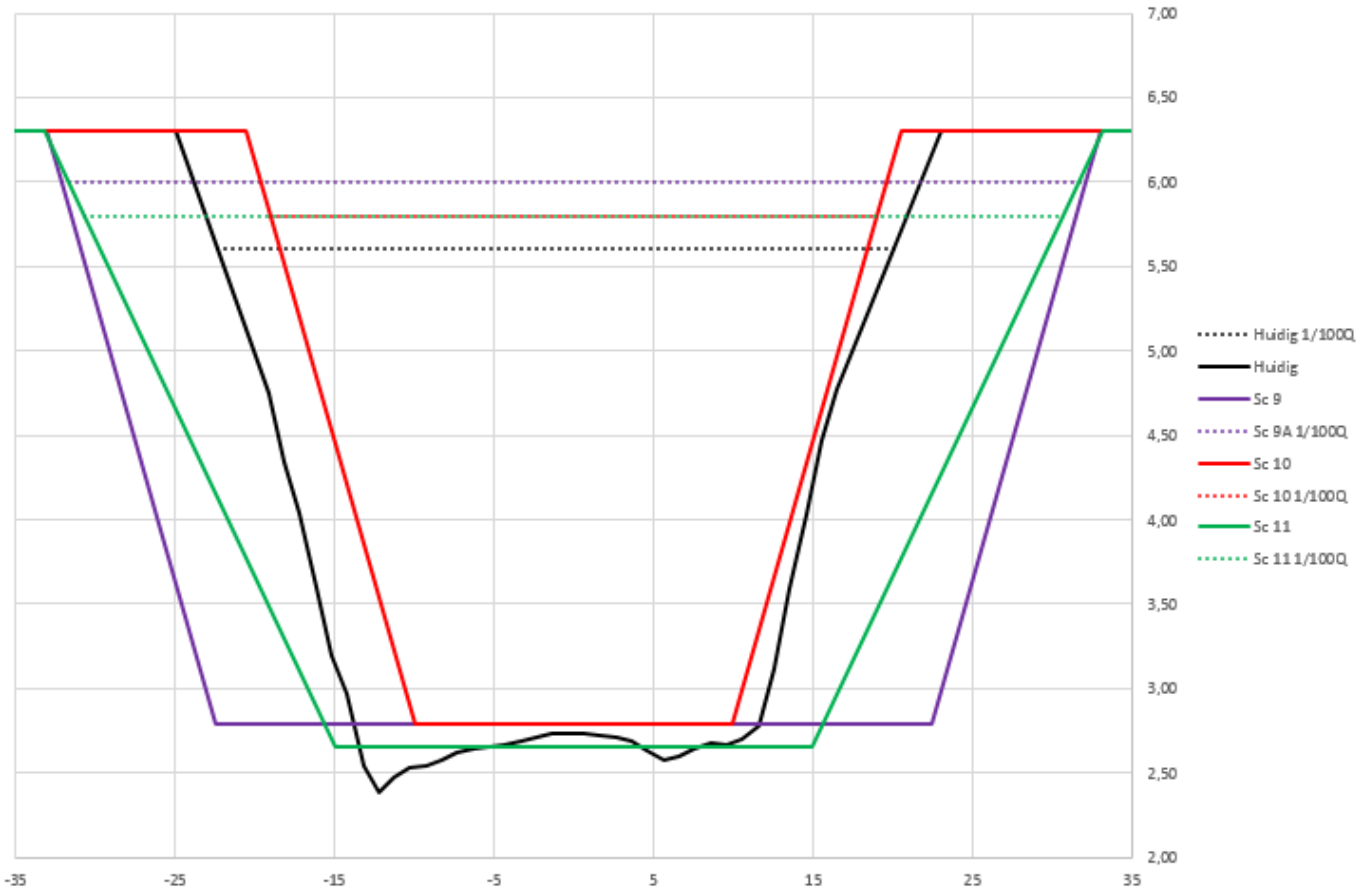
Uit de effecten van dit scenario zijn een aantal conclusies en vragen naar voren gekomen die meegenomen worden in de trechtering naar het VKA:

- Maximale toepassing van hoogwatergeulen levert een verlagend effect van ongeveer 20 cm, wat resulteert in een verondieping van de Vecht van ongeveer 50 cm. Deze verkleining van het profiel levert geen significante toename van de stroomsnelheden in de zomer. Terwijl hoogwatergeulen anderzijds veel nadelen kennen. Hoogwatergeulen hebben daarmee niet het gewenste effect.
- Ter plaatse van stuwpand Vilsteren en deels Junne liggen de zomergrondwaterstanden dieper dan de drainagebasis van de lokale ontwateringsmiddelen. Dit betekent dat lokale maatregelen in deze gebieden geen effect hebben op de zomergrondwaterstanden die waarschijnlijk wel een belangrijke rol spelen in herstel van de grondwaterafhankelijke natuur ter plaatse. Om hier in voldoende mate het doelgat te verkleinen is peilbeheer van de Vecht de belangrijkste stuurknop.
- Een peilverhoging naar ZP+20 cm ter plaatse van Mariënberg levert voor de Rheezermaten in combinatie met de lokale maatregelen een behoorlijke verkleining van het doelgat. Een extra verhoging van het peil naar zomerpeil +40 cm heeft slechts zeer beperkt meerwaarde ten opzichte van een verhoging naar zomerpeil +20 cm.

## *6.15 Scenario 11 – VKA*

Op basis van voorgaande scenario met intensief gebruik van een nevengeul is gebleken dat de winst op de stroomsnelheid zeer beperkt is ten opzichte van de negatieve bijeffecten (beheertechnisch complex, landschappelijk niet fraai etc.). Er is daarom ingezet op verdere optimalisatie van scenario 9A Vechtdalrund uit paragraaf 6.10. In deze optimalisatie is gebruik gemaakt van de kennis die is opgedaan uit voorgaande analyses.

Omdat is gebleken dat het beperken van het profiel van de Vecht voordelen heeft voor zowel de Natura2000 als KRW opgave is ingezet op minimalisatie van het profiel binnen de geldende randvoorwaarden. Hierbij is afgewogen dat het blijven hanteren van tweezijdige beplantingsstroken langs de Vecht meerwaarde heeft ten opzichte van het nog verder verkleinen van het profiel. Er is echter geen rekening gehouden met extra ooibossen ten opzichte van de huidige situatie in het stromende deel van het winterbed. Bovenstaande leidt tot een iets breder en ondieper (maar netto groter) profiel van de Vecht ten opzichte van de huidige situatie. Qua peilbeheer is gekozen voor een jaarrond vast peil op zomerpeil + 20 cm extra peilopzet. In stuwpand Vilsteren zijn geen aanpassingen voorzien. Qua profiel wordt uitgegaan van flauwe binnenbochten (1:10) en steile buitenbochten (1:1). Daar waar meanderbochten effecten hebben op grondwaterafhankelijke Natuur of habitattypen doorsnijden in het Natura2000 gebied zijn lokaal meanderbochten verlegd zodat effecten uitgesloten kunnen worden. Daarnaast zijn ook aantal meanders verplaats om aan te sluiten bij de huidige en toekomstige eigendomssituatie. Tenslotte zijn lokale maatregelen rondom Rheezermaten doorgevoerd.




*Figuur 33 Verschillen in dwarsprofiel van de Vecht ter plaatse van Rheeze/Brucht*

### *6.15.1 Beschrijving effecten*

**Oppervlaktewater**

In Figuur 34 zijn de effecten van scenario 11 op de waterstanden zichtbaar gemaakt in een lengteprofiel voor zowel de zomer- als de wintersituatie. Ook de waterstanden bij een T=200 situatie zijn weergegeven.

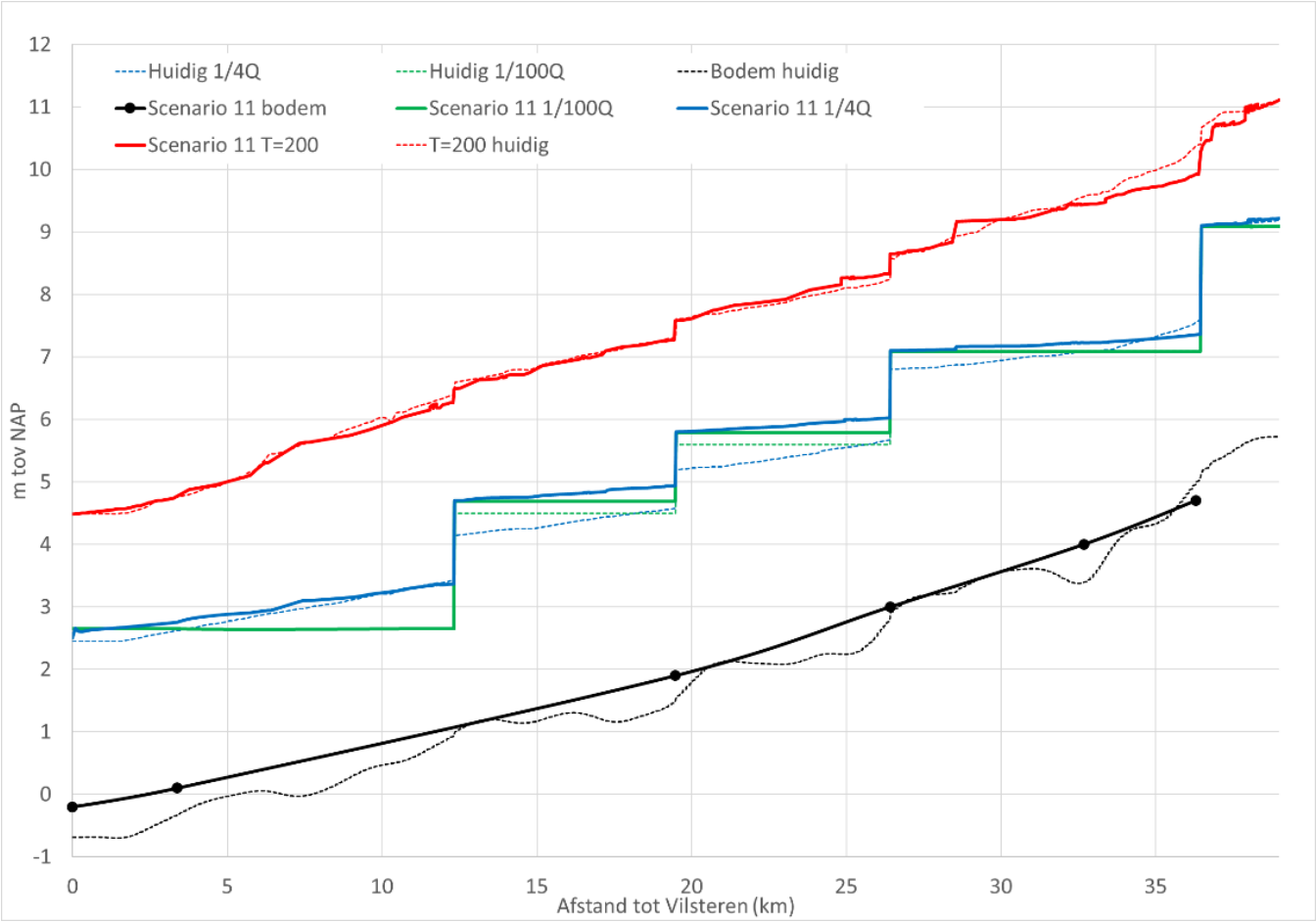
Kijkend naar de zomersituatie zijn de peilen voor de stuwpanden van stuw Junne en stuw Mariënberg 20 cm hoger dan in de huidige situatie. In beide situaties zakt het peil uit in alle stuwpanden naar het ingestelde

stuwpeil. De waterstanden in de stuwpanden van Vilsteren, Hardenberg en De Haandrik zijn gelijk aan de huidige situatie.

In de wintersituatie (1/4Q) is in alle stuwpanden met uitzondering van bovenstrooms van stuw De Haandrik sprake van andere waterstanden dan in de huidige situatie.

- In het stuwpand van stuw Hardenberg verandert de waterstand als gevolg van het hanteren van het hogere zomerpeil ook gedurende de winter. Hierdoor is het peilverloop binnen het stuwpand vlakker dan in de huidige situatie. Het verhang in dit stuwpand neemt af als gevolg van het grotere natte oppervlakte van het profiel van de Vecht ten opzichte van de huidige situatie.
- Het stuwpand van stuw Mariënberg laat een vlakker peilverloop zien als de huidige situatie als gevolg van de toename van het natter oppervlakte van het profiel. De waterstand ter plaatse van de stuw is hier circa 50 cm hoger.
- Het stuwpand van stuw Junne laat hetzelfde beeld zien als het stuwpand van stuw Mariënberg. Het verloop is kleiner en het streefpeil is ca.55 cm hoger dan in de huidige situatie. Ook hier geldt dat het verschil met de huidige situatie kleiner is bovenstrooms in het stuwpand.
- In het stuwpand van stuw Vilsteren wordt jaarrond het zomerpeil gehanteerd, waardoor het peil net bovenstrooms van deze stuw 20 cm hoger ligt. Door de verandering van het profiel neemt het verhang in het stuwpand af waardoor het peil aan het eind van het stuwpand nagenoeg gelijk is aan het peil van de huidige situatie (het peil is zelfs nog iets lager dan in de huidige situatie).

De stroomsnelheid in de 1/100Q situatie neemt af van 0,007 naar 0,004 m/s. In de gemiddelde zomersituatie (1/20Q) neemt de stroomsnelheid af van 0,06 naar 0,04 m/s. In Figuur 34 is ook het waterstandverloop voor de T=200 situatie voor de huidige situatie en scenario 11 weergegeven. Lokaal verschilt de berekende waterstand voor een T=200 situatie van scenario 9 ten opzichte van de huidige situatie, maar over het hele lengteprofiel gezien is deze nagenoeg gelijk aan de huidige situatie waarmee voldaan wordt aan de T=200 norm.




*Figuur 34 Effecten oppervlaktewater scenario 11*

**Grondwater**

In Bijlage 4 zijn de effecten op grondwater opgenomen. Naast de absolute effecten op GXG en de effecten op kwelfluxen zijn ook effecten op de landbouw met behulp van waternood in beeld gebracht. Voor alle scenario's met uitzondering van het voorkeursalternatief worden alleen de effecten op de grondwaterstanden beschreven, de kwel en waternood resultaten zijn afgeleid uit de grondwateraffecten en beschrijven vooral de effecten de functies landbouw en natuur die in de volgende paragraaf (toetskader) nader aan de orde komen. Bij beoordeling van de figuren is het belangrijk om in het achterhoofd te houden dat de GHG en GLG in de huidige situatie zijn omgedraaid voor een aantal locaties: dat betekent dat in de huidige situatie de GHG in de zomer optreedt terwijl deze in het scenario in de winter optreedt. Er worden dus geen zomers en winters vergeleken maar hoogste grondwaterstanden en laagste grondwaterstanden.

In de zomersituatie (GLG grondwaterstanden) zijn met name hogere grondwaterstanden te zien rond de stuwpanden van stuw Junne en Mariënberg. Het effect is hierbij kleiner dan scenario 9A Vechtdalrund als gevolg van een kleinere opzet van het zomerpeil. In het stuwpand van stuw Hardenberg is alleen ter plaatse van enkele meanderbochten een verhoging te zien net als in scenario 9A. Effecten groter dan 5 cm komen hier voor tot een afstand van 350-400 meter vanaf de Vecht. In het stuwpand van stuw Mariënberg zijn de effecten alleen rond Rheezermaten groter dan 50 cm (voornamelijk als gevolg van de lokale maatregelen), overige effecten zijn kleiner dan 50 cm. Effecten groter dan 5 cm komen voor in een gebied dat zich uitstrekt tot circa 800 meter van de Vecht. In het stuwpand van stuw Junne zijn de effecten tussen 30 en 50 cm beperkt tot de directe omgeving van

de loop van de Vecht. Ook het gebied rond de oude meanderloop van de Prathoek kent een dergelijke vernatting. Effecten groter dan 50 cm komen niet voor. Voor dit stuwpand geldt dat het gebied met een vernatting van meer dan 5 cm wijder verspreidt is (tot circa 1.5 km van de Vecht). In het stuwpand van stuw Vilsteren vindt geen aanpassing van het peil plaats, maar geldt wel een ander profiel voor de vecht. Opnieuw is lokaal vernatting en verdroging te zien ter plaatse van verleggingen van de Vecht. De verdroging kan lokaal tot 50 cm bedragen. De effecten groter dan 5 cm beperken zich tot een gebied van maximaal circa 800 meter van de Vecht.

In de wintersituatie is in het gebied rond alle stuwpanden (deels) sprake van hogere grondwaterstanden. De effecten zijn kleiner dan in voorgaande scenario's omdat een kleinere peilverhoging is doorgevoerd. In het stuwpand van stuw Hardenberg zijn de grondwaterstanden maximaal 10 cm hoger (op enkele zeer lokale locaties na waar dit groter is) wat aansluit bij de effecten van voorgaande scenario's. Deze effecten beperken zich tot een zone van circa 500 meter van de Vecht. De vernatting is het resultaat van het hogere peil dat gedurende de winter wordt gehanteerd. Zeer lokaal is ter plaatse van een nieuwe meanderbocht nog sprake van een verdroging.

Het stuwpand van stuw Mariënberg laat zien dat de grondwaterstandtoename groter is dan tijdens de zomer (behalve ter plaatse van Rheezematen waar het verschil in grondwaterstanden juist kleiner is). Het gebied waar een effect groter dan 5 cm wordt waargenomen is kleiner dan tijdens de zomer en is lokaal ter plaatse van nieuwe meanderbochten ook een verdroging zichtbaar.

Voor stuwpand Junne geldt dat de grondwaterstandsverandering groter is dan in de zomer (aanzienlijke gebieden met effecten tussen de 30 en 50 cm). Effecten groter dan 5 cm komen tot eenzelfde afstand vanaf de Vecht voor als in de zomer al zijn er tussen de gebieden met vernatting lokaal rond nieuwe meanders ook kleine oppervlakten waar juist sprake is van een verdroging.

Het stuwpand van Vilsteren laat net bovenstrooms van het stuwpand een vernatting zien als gevolg van het hogere winterpeil. Echter bovenstrooms in het stuwpand is het verhang wat kleiner dan in de huidige situatie, waardoor er als gevolg van het lagere peil en het grotere natte oppervlakte verdroging plaatsvind. Daarnaast is opnieuw lokaal vernatting en verdroging zichtbaar daar waar de Vecht verlegd wordt. Een verdroging van minimaal 5 cm is hierbij tot een afstand van 750 meter van de vecht nog waarneembaar.

### *6.15.2 Beschrijving toetskader*

Alle scenario's zijn getoetst aan het toetskader wat is beschreven in hoofdstuk 4. In Tabel 5 is de beoordeling op basis van dit toetskader voor verschillende scenario's samengebracht. Uit de toetsing aan het toetskader blijkt het volgende met betrekking tot scenario 11:

- Het scenario voldoet aan de MHW van T=200.
- Omdat grondwaterstanden in de winter voornamelijk toenemen neemt het areaal stedelijk gebied wat in de winter een ontwateringsdiepte groter dan 80 cm heeft relatief af. De afname is echter kleiner dan 1%, van het totale door de Vecht beïnvloed stedelijke gebied, waardoor dit aspect neutraal scoort. Het aantal overstorten wat vrij kan lozen in een T=1 situatie neemt toe omdat het effectieve doorstroomprofiel vergroot wordt; er treden minder inundaties op. Netto scoort dit scenario een neutraal op stedelijk gebied.
- Ten aanzien van de landbouw neemt de droogschade af wat een netto positief effect oplevert. Omdat de Vecht minder snel uit zijn oevers treedt neemt het aantal dagen inundaties in de zomer / groeiseizoen af, echter dit verschil is marginaal (neutrale score). Netto scoort dit scenario positief op landbouw.
- De rivierdynamiek neemt toe door het toevoegen van meanders, natuurvriendelijke oevers en variatie. Doordat inundaties minder vaak en korter optreden, maar het verschil slechts beperkt is scoort het scenario neutraal op de doelen ten aanzien van stroomdalgraslanden. De grondwaterstanden en kwel naar de flanken nemen bijna overal toe waardoor dit scenario positief scoort op de doelen ten aanzien voor grondwaterafhankelijke natuur. Netto scoort dit scenario positief op de doelen ten aanzien van Natura2000 en de EHS.

- De gemiddelde stroomsnelheid in de wintersituatie neemt wat af, in de zomer treedt geen significante verandering van de stroomsnelheid op. Door meandering, ontstening en het toevoegen van natuurvriendelijke oevers neemt de variatie in de profielen, oevers en stroomsnelheden toe. Door af te stappen van een omgekeerd peilbeheer is er een positieve verschuiving naar een natuurlijker peilbeheer. Door toevoeging van natuurvriendelijke oevers en extra beplanting ontstaat een positieve score op aanwezigheid van hoog opgaand hout. Netto scoort dit scenario een plus op de KRW doelen (zie voor uitgebreide toelichting op het toetskader Bijlage 6).
- Omdat de diepte van het profiel slechts beperkt afneemt als gevolg van de verondieping en het profiel dynamischer wordt scoort dit scenario een neutraal op het thema recreatie; de veranderingen zijn negatief maar niet in die mate dat bevaarbaarheid een knelpunt wordt.
- Qua investering levert dit scenario extra kosten op omdat het watersysteem aangepast dient te worden aan het aangepaste peilbeheer (toename van 20 cm in de zomer). Denk hierbij vooral aan de aanwezige gemalen en stuwen. Daarnaast levert ook de vergraving en inrichting kosten op.
- Het beheer en onderhoud neemt minimaal toe en wordt daarom neutraal gescoord.

# 7. Voorkeursalternatief

Op basis van de watersysteemanalyse en het toetskader is een proces doorlopen dat in het eerste kwartaal van 2017 in afstemming met de gebiedspartners is voorgesorteerd om scenario 11 uit te werken als voorkeursalternatief. In hoofdstuk 11 wordt ingegaan op de aspecten die nader onderzoek vragen om verder te detailleren en op verschillende toetsingsmomenten.

Uitgangspunten zoals in het voorkeursalternatief bepaald zijn, worden in onderstaande paragrafen per stuwpand beschreven. Deze gelden voor de lokale projecten als basis voor de nadere uitwerking. Algemeen geldt dat het voorkeursalternatief op nagenoeg alle gestelde doelen goed scoort, maar:

- Een breed ondiep profiel is niet haalbaar i.v.m. de veiligheidsnormering (=randvoorwaarde).
- Een natuurlijk peilbeheer is (vanwege de benodigde grootte van het profiel in verband met veiligheid) geen optie: dit leidt tot verlaging van de grondwaterstanden in de zomer wat nadelig is voor de grondwaterafhankelijke natuur en landbouw.
- Het KRW- doel stroming kan in een gestuwde Vecht niet over de hele lengte behaald worden. Stroming zal in situaties met lage afvoer vooral gezocht moeten worden in de stuwpasserende nevengeulen.
- Het beeld uit de visie uit 2009 t.a.v. ooibosvorming alleen buiten de stromende delen gerealiseerd worden in verband met de veiligheidsnormeringen. Extra begroeiing kan wel gerealiseerd worden in stroken langs de oevers of in plaats hiervan een maximale gelijke hoeveelheid elders in het meestromende winterbed).

In paragraaf 5.6 is het VKA op hoofdlijnen en op morfologische activiteit beschreven. In paragraaf 6.15 is het VKA in termen van effecten op grond- en oppervlaktewater beschreven. In de hierna volgende paragraven worden het VKA en de verschillen in randvoorwaarden en ontwerpuitgangspunten per stuwpand beschreven.

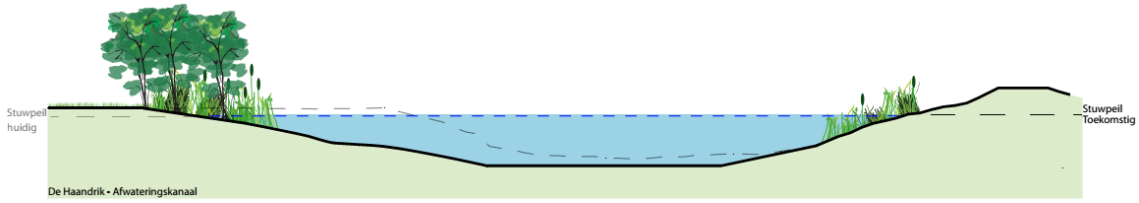
## *7.1 Stuwpand de Haandrik*

Vanaf de Duitse grens tot aan stuw de Haandrik wordt het profiel van de Vecht wat verbreed en lokaal verondiept zodat netto een wat groter profiel ontstaat. De ruimte die hiermee ontstaat (2 keer 5 meter opgaande vegetatie over 75% van de lengte) wordt benut voor vegetatieontwikkeling in de vorm van extra vegetatie in het winterbed of opgaande vegetatie langs het zomerbed. In de binnenbocht worden de taluds flauwer gemaakt (1:10) in de buitenbochten juist heel steil (1:1). In de trajecten zonder bochten wordt gekozen voor een talud van ongeveer 1:5. Langs de te handhaven landbouwpercelen wordt het profiel niet aangepast. Omdat in dit stuwpand slechts beperkte natuurdoelen (NNN) gelden zijn vooralsnog geen verdere hydrologische maatregelen ten behoeve van natuurdoelstellingen beoogde. Het stuwpeil van stuw de Haandrik wordt niet gewijzigd. Helemaal bovenstrooms in dit stuwpand wordt project de Grensmeander uitgevoerd (zie ook Bijlage 1).

## *7.2 Stuwpand Hardenberg*

Vanaf stuw de Haandrik tot aan stuw Hardenberg wordt het profiel van de Vecht wat verbreed en lokaal verondiept zodat netto een wat groter profiel ontstaat. De ruimte die hiermee ontstaat (2 keer 5 meter opgaande vegetatie over 75% van de lengte) wordt benut voor vegetatieontwikkeling in de vorm van extra vegetatie in het winterbed of opgaande vegetatie langs het zomerbed. In de binnenbocht worden de taluds flauwer gemaakt (1:10) in de buitenbochten juist heel steil (1:1). In de trajecten zonder bochten wordt gekozen voor een talud van ongeveer 1:5. Langs de te handhaven landbouwpercelen wordt het profiel niet aangepast. Omdat in dit stuwpand slechts beperkte natuurdoelen (NNN) gelden zijn vooralsnog geen verdere hydrologische maatregelen ten behoeve van natuurdoelstellingen beoogde. Het stuwpeil wordt jaarrond op huidig zomerpeil gezet. Een lager peil dan zomerpeil is niet wenselijk omdat het verhang tussen Hardenberg en Mariënberg dan te klein wordt voor correct functioneren van de kanogoot en vistrap.

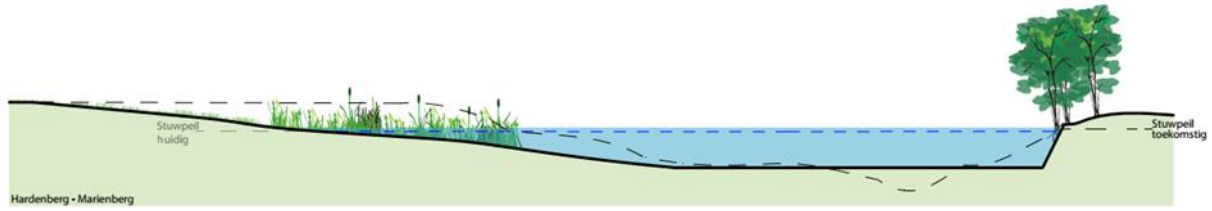
In Figuur 35 is in een principeprofiel de toekomstige gewenste inrichting van de Vecht weergegeven voor dit stuwpand.



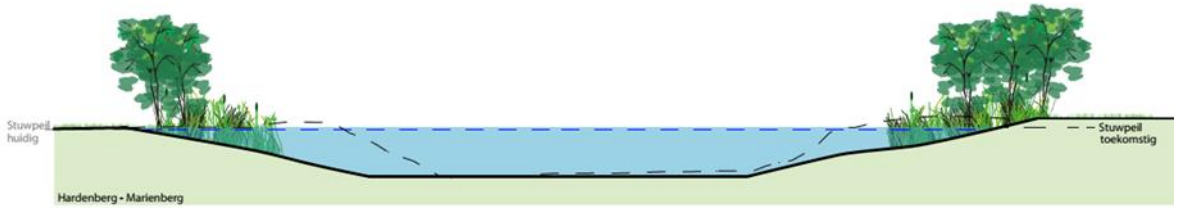

*Figuur 35 Principeprofiel inrichting stuwpand de Hardenberg*

### 7.3 Stuwpand Mariënberg

Ook voor stuwpand Mariënberg  gelden op hoofdlijnen dezelfde uitgangspunten als voor de overige stuwpanden. Er worden meanders toegevoegd, daarnaast wordt het profiel van de Vecht wat verbreed en lokaal verondiept zodat netto een wat groter profiel ontstaat. De ruimte die hiermee ontstaat (2 keer 5 meter opgaande vegetatie over 75% van de lengte) wordt benut voor vegetatieontwikkeling in de vorm van extra vegetatie in het winterbed of opgaande vegetatie langs het zomerbed. In de binnenbocht worden de taluds flauwer gemaakt (1:10) in de buitenbochten juist heel steil (1:1). In de trajecten zonder bochten wordt gekozen voor een talud van ongeveer 1:5. Dit is visueel weergeven in Figuur 36 waarin zowel het principe van een recht traject als een bocht is weergegeven. Langs de te handhaven landbouwpercelen wordt het profiel niet aangepast. In dit stuwpand bevindt zich natuurreservaat de Rheezermaten (onderdeel NNN). In dit gebied bevindt zich een zeer gevoelig trilveen wat wordt bedreigd door verdroging. Uit de uitgevoerde LESA[27] en deze in rapportage beschreven watersysteemanalyse is gebleken dat herstel van dit natuurreservaat het beste gerealiseerd kan worden door een combinatie van lokale maatregelen en maatregelen aan de Vecht. Met de lokale maatregelen wordt vooral de ontwatering van het veengebied beperkt waardoor grondwaterstanden toenemen, maar belangrijker nog de natuurlijke kwelstromen hersteld worden. Deze lokale maatregelen hebben hier een sterk positief effect door de aanwezigheid van ondoorlatende lagen in de ondergrond (zomergrondwaterstand wordt sterk beïnvloed door detailontwatering). Naast deze lokale watergangen heeft ook de Vecht een drainerende werking op het natuurreservaat. Aanvullende maatregelen die genomen worden is het zover mogelijk op afstand houden van de Vecht van deze locatie (in de praktijk blijft het huidige tracé van de Vecht hier gehandhaafd) en het verhogen van het stuwpeil naar een jaarrond vast peil op het huidige zomerpeil + 20cm. Op basis van de bestaande natuurpotenties, de grondwaterstanden en de inundatiefrequentie in het VKA kunnen kansrijke locaties aangewezen worden voor ontwikkeling van stroomdalgraslanden, grondwaterafhankelijke natuur, en ooibos (buiten de stromende delen van het winterbed)[29].




[29] *Waterschap Vechtstromen, memo uitwerking 11 stappenplan Rheezermaten, 2017*



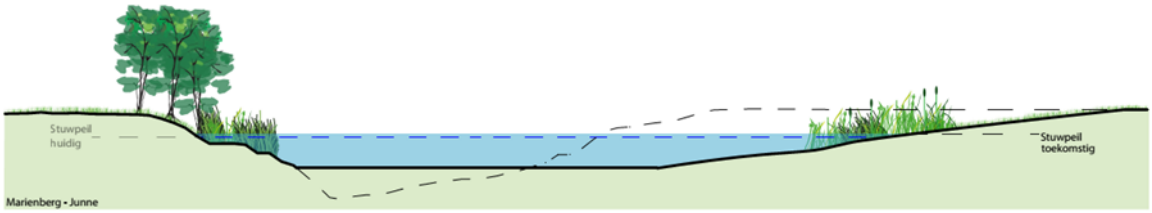

*Figuur 36 Principeprofielen inrichting stuwpand Mariënberg. Boven de situatie in een bocht, beneden de situatie langs een recht traject.*

### *7.4 Stuwpand Junne*

Vanaf stuw Hardenberg tot aan stuw Mariënberg gelden op hoofdlijnen dezelfde uitgangspunten als voor stuwpand Hardenberg. Er worden meanders toegevoegd, daarnaast wordt het profiel van de Vecht wat verbreed en lokaal verondiept zodat netto een wat groter profiel ontstaat. De ruimte die hiermee ontstaat (2 keer 5 meter opgaande vegetatie over 75% van de lengte) wordt benut voor vegetatieontwikkeling in de vorm van extra vegetatie in het winterbed of opgaande vegetatie langs het zomerbed. In de binnenbocht worden de taluds flauwer gemaakt (1:10) in de buitenbochten juist heel steil (1:1). In de trajecten zonder bochten wordt gekozen voor een talud van ongeveer 1:5. Dit is visueel weergeven in Figuur 37 waarin zowel het principe van een recht traject als een bocht is weergegeven. Langs de te handhaven landbouwpercelen wordt het profiel niet aangepast. Een aanzienlijk deel van dit stuwpand is begrensd als Natura2000 waarbij een aantal percelen zijn aangewezen in het kader van de ontwikkelopgave PAS. De belangrijkste habitattypen die zijn aangewezen en relevant zijn voor de Vecht zijn stroomdalgraslanden, een aantal grondwaterafhankelijke soorten in de Karshoek, Prathoek en de Maat, heide en zandverstuivingen en aantal niet grondwaterafhankelijke bossen. Door de aanleg van meanders, ontstening en een natuurlijker profiel is de verwachting dat er morfologische activiteit ontstaat die een beperkte bijdrage kan leveren aan de ontwikkeling van stroomdalgraslanden. Voor de aanwezige grondwaterafhankelijke natuur geldt dat deze waarschijnlijk beïnvloed worden door de drainerende werking van de Vecht (verlaging grondwaterstanden maar ook afname van kwelfluxen), in het VKA is daarom gekozen voor jaarrond vast stuwpeil op zomerpeil +20 cm. Naast aanpassingen in de Vecht zijn ook lokale maatregelen mogelijk ten behoeve van het hydrologisch herstel van grondwaterafhankelijke habitattypen. De vorm van deze maatregelen en de noodzaak van de verhoging van het stuwpeil dient nog onderzocht en onderbouwd te worden in de LESA's welke naar verwachting in het voorjaar 2018 klaar zijn.

Uit constructief onderzoek is gebleken dat de voorgestelde peilverhoging niet gerealiseerd kan worden met de huidige stuwconstructie. Bij de bouw van een nieuwe constructie dient rekening gehouden te worden met een peilopzet van zomerpeil +40. Dit biedt de nodige ontwikkelruimte voor de toekomst ten aanzien van het peilbeheer.

Voor het herstel en uitbreiding van een aantal habitattypen speelt de nutriëntenrijkdom van de bovengrond een rol. In het detailontwerp voor deze percelen dient een afweging gemaakt te worden tussen afgraven en uitmijnen afhankelijk van de invloed op de grondwaterstanden in de omgeving (opbolling intrekgebieden gevoelige natuur) versus de meerwaarde van het afgraven voor het te realiseren habitattype. Daarnaast speelt geomorfologie een rol in de vorm van de aanwezigheid van een aantal oeverwallen en stroomruggen die passen bij het natuurlijke landschap van de Vecht. Vergraving van deze historische structuren is niet gewenst. Op basis van de bestaande natuurpotenties, de grondwaterstanden en de inundatiefrequentie in het VKA kunnen naast de aangewezen locaties aanvullende kansrijke locaties aangewezen worden voor ontwikkeling van stroomdalgraslanden, grondwaterafhankelijke natuur, en ooibos (buiten de stromende delen van het winterbed. Ook voor dit gebied wordt een zogenaamd 11 stappenplan opgesteld waarin de huidige waarden, doelen en potenties voor de verschillende typen natuur gekoppeld worden.




*Figuur 37 Principeprofiel bocht stuwpand Junne.*

### 7.4 Stuwpand Vilsteren

Voor het meest benedenstroomse traject in beheer van waterschap Vechtstromen (benedenstrooms stuw Junne) gelden opnieuw op hoofdlijnen dezelfde uitgangspunten. Geadviseerd wordt om bij meandering in dit stuwpand rekening te houden met de omliggende natuurdoelen. Uit de watersysteemanalyse blijkt dat de invloed van de Vecht juist in dit gebied groot is, meandering levert al snel verlagingen van de grondwaterstanden op wat naar verwachting een negatief effect heeft op instandhouding en uitbreiding van de bestaande kwaliteiten van de aanwezige grondwaterafhankelijke natuur (Natura2000). Het profiel van de Vecht wordt wat verbreed en lokaal verondiept zodat netto een wat groter profiel ontstaat. De ruimte die hiermee ontstaat (2 keer 5 meter opgaande vegetatie over 75% van de lengte) wordt benut voor vegetatieontwikkeling in de vorm van extra vegetatie in het winterbed of opgaande vegetatie langs het zomerbed. In de trajecten zonder bochten wordt gekozen voor een talud van ongeveer 1:5. Langs de te handhaven landbouwpercelen wordt het profiel niet aangepast. Het grootste deel van de gronden langs de Vecht zijn begrensd als Naura2000 waarbij ook hier een aantal percelen zijn aangewezen in het kader van de ontwikkelopgave PAS. De belangrijkste habitattypen die zijn aangewezen en relevant zijn voor de Vecht zijn stroomdalgraslanden, grondwaterafhankelijke natuur, heide en zandverstuiving en een aantal niet grondwaterafhankelijke bossen. Door de aanleg van een natuurlijker ontsteend profiel is de verwachting dat er morfologische activiteit ontstaat die kan bijdragen aan de instandhouding en uitbreiding van de stroomdalgraslanden. Daarnaast zijn in dit stuwpand nog aanvullende maatregelen nodig om de gewenste variatie en morfologische activiteit te creëren omdat hier nagenoeg geen meanders worden aangelegd. Ook hier geldt dat de aanwezige grondwaterafhankelijke natuur zeer waarschijnlijk beïnvloed worden door de drainerende werking van de Vecht (verlaging grondwaterstanden maar ook afname van kwelfluxen). Naast aanpassingen in en rondom de Vecht zijn waarschijnlijk ook lokale maatregelen mogelijk ten behoeve van het hydrologisch herstel van grondwaterafhankelijke habitattypen. Echter uit zowel de metingen als de berekeningen met het grondwatermodel blijkt dat de zomergrondwaterstanden lager staan dan de lokale drainagebasis. Dit betekent dat het dempen en of verondiepen van lokale watergangen geen effect heeft op de zomergrondwaterstanden. Echter dit betekent niet dat lokale maatregelen hier niet mogelijk zijn; er kunnen wel degelijk positieve effecten op de natuurdoelen ontstaan door de hogere winter en voorjaarsgrondwaterstanden en daarmee langer vasthouden van water in de wortelzone. De vorm van eventuele lokale maatregelen en de noodzaak van de verhoging van het stuwpeil dient nog onderzocht en onderbouwd te worden in de LESA's welke naar verwachting in het voorjaar van 2018 klaar zijn.

Uit een eerste verkenning tussen beide waterschappen is gebleken dat aanpassing van de stuwpeilen van stuw Vilsteren (in beheergebied WDOD) niet vanzelfsprekend is. Rekening moet gehouden worden met lage delen in het beheergebied van WDOD, maar ook de veiligheid van Ommen is bepalend of en in welke mate het peilbeheer ruimte geeft voor de gewenste ontwikkeling in het kader van de N2000-opgaven. Onderzoek naar potentiele maatregelen vraagt nog de nodige aandacht.

Voor het herstel en uitbreiding van een aantal habitattypen speelt de nutriëntenrijkdom van de bovengrond een rol. In het detailontwerp voor deze percelen dient een afweging gemaakt te worden tussen afgraven en uitmijnen afhankelijk van de invloed op de grondwaterstanden in de omgeving (opbolling intrekgebieden gevoelige natuur) versus de meerwaarde van het afgraven voor het te realiseren habitattype. Daarnaast speelt geomorfologie een rol in de vorm van de aanwezigheid van een aantal oeverwallen en stroomruggen die passen bij het natuurlijke landschap van de Vecht. Vergraving van deze historische structuren is niet gewenst. Op basis van de bestaande natuurpotenties, de grondwaterstanden en de inundatiefrequentie in het VKA kunnen naast de aangewezen locaties aanvullende kansrijke locaties aangewezen worden voor ontwikkeling van stroomdalgraslanden, grondwaterafhankelijke natuur, en ooibos. Ook voor dit gebied wordt een zogenaamd 11 stappenplan opgesteld waarin de huidige waarden, doelen en potenties voor de verschillende typen natuur gekoppeld worden.

# 8. Veiligheid

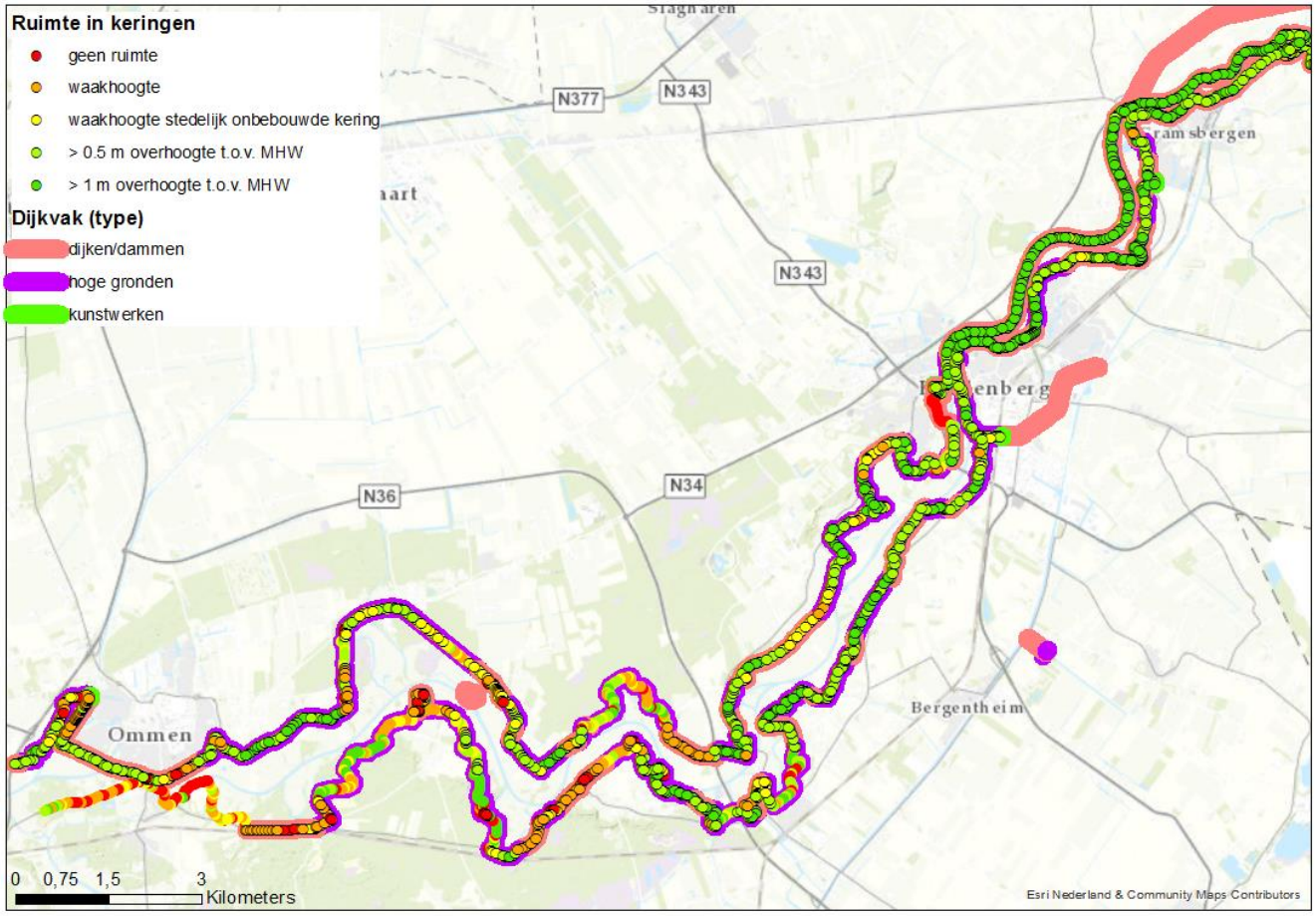
Zoals reeds beschreven in het toetskader dient de Vecht in de huidige en toekomstige situatie te voldoen aan de opgelegde veiligheidsnormeringen. In dit hoofdstuk wordt beschreven wat deze normering precies inhoudt en hoe zich dat vertaalt naar de werkelijke situatie die we vinden langs de Vecht. Vervolgens wordt beschreven hoe de grootte van het profiel uitwerkt op waterstanden en stroming. Tenslotte wordt beschreven welke aanvullende maatregelen mogelijk zijn om het veiligheidsniveau te verhogen. Uit alle berekeningen blijkt dat de meeste van de aanvullende maatregelen slechts beperkt winst opleveren. Onderstaand wordt voor verschillende maatregelen beschreven waarom deze winst beperkt is, maar ook welke maatregelen nog nader uitgewerkt kunnen worden in de toekomst (invulling van inrichtingsprojecten).

## *8.1 Huidige situatie*

De Vecht voert overtollig water uit het bijbehorende achterliggende gebied (inclusief het Duitse deel van de Vecht) af. De Vecht is een rivier die snel en heftig reageert op neerslag. In extreme neerslagsituaties is dan ook sprake van extreme afvoersituaties die stijging van de waterpeilen op de Vecht betekenen. Met het stijgen van de waterpeilen ontstaat er op een gegeven moment een situatie dat ook het winterbed inundeert (overstroomt). De situatie waarbij de Vecht overstroomt is een situatie die bij benadering ongeveer één keer per jaar optreedt (deze situatie wordt aangeduid met een T=1). Met het stijgen van de waterstanden bij een extreem hoogwater neemt de waterhoogte in het winterbed toe totdat op een gegeven moment de waterstanden op gelijke hoogte liggen met het maatgevend hoogwater (MHW). Dit is een fictieve berekende lijn die de waterstand aangeeft die mag optreden in een T=200 situatie. Dat betekent dat deze waterstand gemiddeld genomen 1 keer in de 200 jaar mag voorkomen. Hogere waterstanden zouden minder vaak dan 1 keer per 200 jaar mogen optreden. Het veiligheidsniveau van de Vecht is binnen het beheergebied van waterschap Vechtstromen op een T=200 situatie (MHW). De regionale keringen die om het winterbed heen liggen zijn gedimensioneerd op deze situatie en de bijbehorende MHW waterstanden. Hierbij wordt rekening gehouden met een aanvullende waakhoogte (extra ruimte in de keringen) variërend van 30 cm tot 50 cm. Daarnaast dient aanvullend rekening gehouden te worden met het opstuwende effect van wind (strijklengte); deze zogenoemde golfoverslaghoogte wordt opgeteld bij de waakhoogte. Met andere woorden: de hoogte van de kering dient gelijk of hoger te zijn dan de waterstand bij MHW plus het effect van wind plus de waakhoogte. Ter illustratie: de situatie in 1998 betrof ongeveer een T=100 situatie; de bijbehorende waterstanden zijn ongeveer 5 tot 10 cm lager dan een T=200 situatie.

Vele maatregelen zijn genomen om het gewenste beschermingsniveau te kunnen bieden. Het betreft ruimtelijke maatregelen waarbij ruimte is gemaakt voor water bij extremen (waaronder Grensmeander, Loozensche Linie, Vechtpark, Mollenmars, verbreding van de Vechtoevers Ommen, incl. een nevengeul), technische maatregelen waaronder het verbreden van de brug bij Hardenberg en Ommen en het lokaal op hoogte brengen de regionale keringen.

Deze benoemde maatregelen borgen het huidige vastgestelde veiligheidsniveau. Vooral langs de stedelijke kernen is wat extra ruimte gecreëerd zodat de Vecht met name langs de stedelijke gebieden robuust en veilige is. Kern van de voorliggende opgave is het realiseren van een veilige half-natuurlijke laaglandrivier. Het realiseren van voldoende veiligheid voor de omliggende gebieden en met name de stedelijke gebieden is daarmee onderdeel van de opgave. In Figuur 38 is indicatief de ruimte binnen het huidige veiligheidsniveau inzichtelijk gemaakt. De MHW waterstanden zijn geïnterpoleerd en vergeleken met de hoogte van de huidige keringen. Omdat de waakhoogte variabel is, is hier in de legenda rekening mee gehouden (klassen tot 30 cm en klassen tot 50 cm). De extra ruimte t.a.v. de golfoverslagruimte is in deze figuur niet meegenomen (ten tijde van verschijnen van deze rapportage is dit nog in onderzoek).

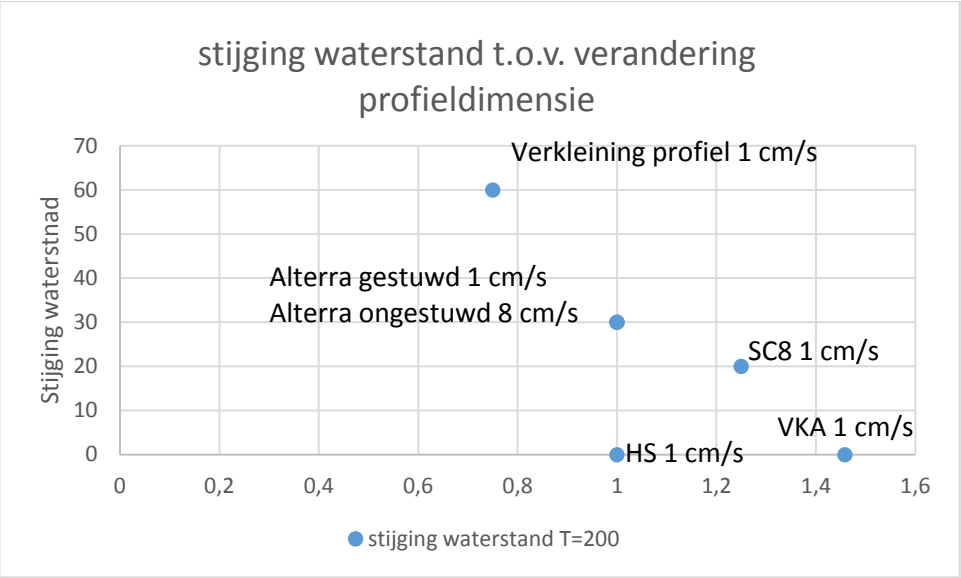



*Figuur 38 Ruimte in regionale keringen. Gekleurde bolletjes geven het verschil tussen kadehoogte en waterpeil in een T=200 situatie. De onderliggende kleuren geven aan of ergens een kade of separaat grondlichaam ligt (rood) of dat het gaat om oplopende hoge gronden*

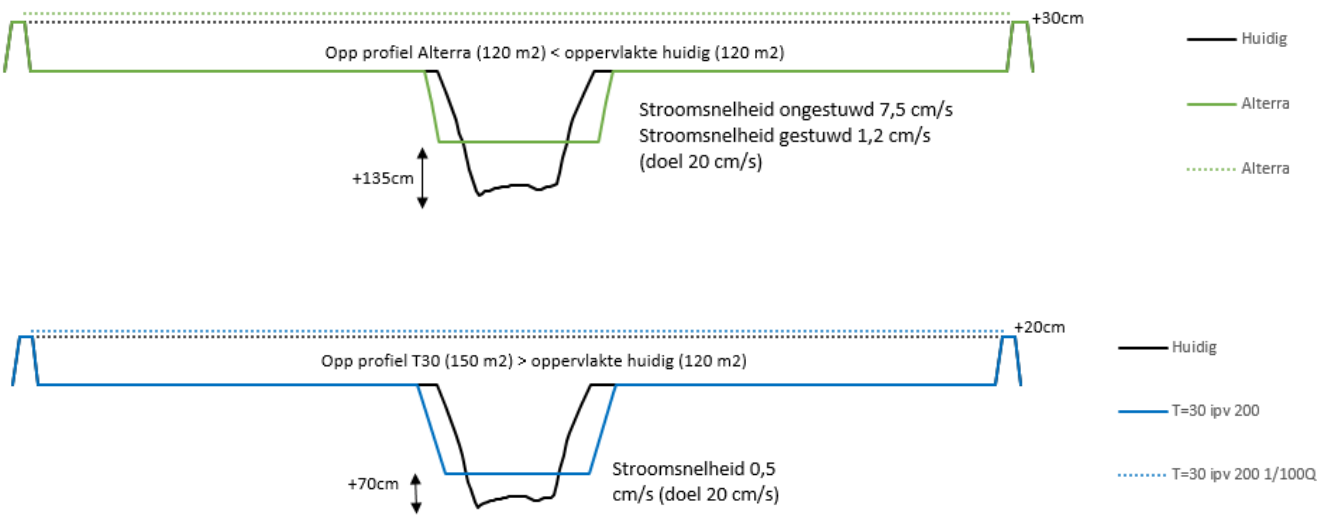
### 8.2 Benodigde ruimte

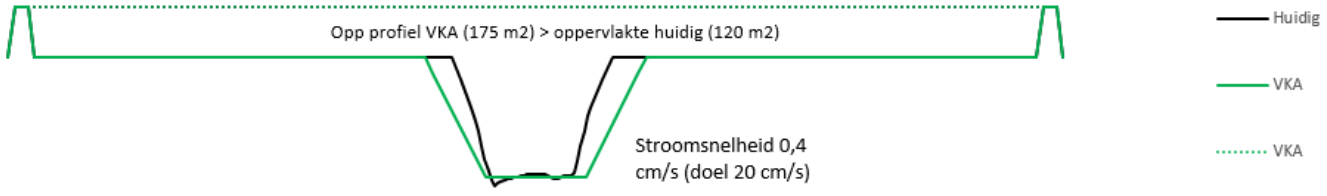
Vanuit de ontwerpopgave is gezocht naar manieren om het profiel van de Vecht te verkleinen: dit levert immers meerwaarde voor zowel de KRW als de Natura2000 opgave, met als belangrijkste doelen het creëren van meer stroming in de zomersituatie, het vergroten van de morfologische activiteit en het verkleinen van de drainerende werking van de Vecht. Echter verkleining van het profiel van de Vecht levert een hogere waterstand op in een extreem hoogwater. De verhouding van verkleining van het profiel en het effect op de waterstand is niet lineair. Daarbij is het huidige cultuurtechnische profiel hydraulisch erg efficiënt. Dit betekent dat een verkleining van het profiel niet per definitie gecompenseerd kan worden met eenzelfde verbreding of vergraving van het winterbed. Het is zelfs zo dat een verondieping en verbreding waarbij het totale oppervlakte gelijk blijft al resulteert in hogere waterstanden door de verminderde hydraulische effectiviteit. De verhouding tussen aanpassing / verkleining van het profiel en het effect op de waterstand is weergegeven in Figuur 39. Te zien is dat de aanpassing naar het Alterra profiel (gelijk totaal oppervlakte profiel) een verhoging van de waterstand van 30 cm oplevert. Een verkleining naar 75% levert een stijging van de waterstanden van 60 cm op. Daarbij is de aanvullende stroomsnelheid die hiermee gerealiseerd wordt minimaal zolang de Vecht gestuwd blijft (namelijk 1 cm/sec ten opzichte van de gewenste 20 cm/sec). Bovenstaande is in Figuur 40 grafisch nog wat verduidelijkt voor een aantal scenario's die is doorgerekend. In deze figuur is zichtbaar gemaakt hoe het profiel van de Vecht verandert en wat de invloed is op de stroomsnelheid en lijn van de MHW. Te zien is dat het Alterra scenario alleen de vorm van het profiel veranderd (netto oppervlakte is nagenoeg gelijk) wat resulteert in een verhoging van de MHW van 30 cm. De stroomsnelheid verandert door het aanpassen van het profiel nagenoeg niet; een echt significante verandering treedt pas op bij een ongestuwde situatie. Dit principe is ook zichtbaar voor beide andere

situaties: een verandering in het profiel van de Vecht heeft een behoorlijk grote invloed op de waterstanden, maar een zeer beperkte invloed op de stroomsnelheid zolang er gestuwd wordt. De gewenste stroomsnelheid in een zomersituatie is pas realiseerbaar wanneer de Vecht ongestuwd zou zijn. Echter een ongestuwde Vecht levert (met name in de zomer) een sterke verlaging van de grondwaterstanden. Om deze voldoende te compenseren zou het profiel fors verkleind moeten worden. In de verschillende figuren is te zien dat dit al snel leidt tot een stijging van de waterstanden voor buiten de huidige veiligheidsnormen. Tegelijkertijd treden nadelige effecten op ten aanzien van de overige gebruiksfuncties (toename inundatiefrequentie).




*Figuur 39 Toename van de waterstand bij verkleining van het profiel van de Vecht. De horizontale as geeft de verandering van de profieldimensie als factor ten opzichte van het huidige profiel weer (<1 = verkleining, >1= verruiming). De tekst naast de bolletjes geeft de situatie en de bijbehorende stroomsnelheid die gerealiseerd wordt.*






*Figuur 40 Verhoudingen tussen verkleining van het Vechtprofiel ten opzichte van de benodigde ruimte in het MHW voor de verschillende doorgerekende scenario's.*

### 8.3 Mitigerende maatregelen

In voorgaande paragraven is de huidige situatie ten aanzien van de veiligheid rondom de Vecht beschreven en is beschreven dat ruimte in het profiel niet één op één uit te wisselen is voor stroomsnelheid en verhoging van het waterpeil. Uit de verschillende berekeningen in hoofdstuk 5 en 6 blijkt een verkleining van de Vecht niet mogelijk is zonder te tornen aan het vastgestelde veiligheidsniveau. In de huidige situatie voldoet de Vecht juist aan het vastgestelde maatgevende hoogwater (MHW). Een verkleining van het profiel betekent dat niet meer voldaan kan worden aan het vastgestelde veiligheidsniveau. Er zijn verschillende mitigerende maatregelen mogelijk waarmee extra ruimte gezocht kan worden in het winterbed. Hieronder worden ze beschreven en wordt beschreven hoe groot de eventuele winst van deze maatregelen kan zijn.

#### 8.3.1 Inzet van berging

Bij waterberging wordt ruimte in het maaiveld gezocht waarin tijdelijk water geborgen kan worden. Berging is een goede maatregel om waterstanden te verlagen, maar het ruimtebeslag is groot. Denk aan het gecontroleerd laten volstromen van de landbouwgebieden Noord- en Zuid- Meene. De Meene is ingericht als reactie op de situatie die plaatsvond in 1998 en heeft als doel de veiligheid van het stedelijke gebied van Coevorden, Hardenberg en Ommen langer te waarborgen. De Meene heeft een grootte van ongeveer 370 ha (6 keer zo klein als het gehele winterbed) en heeft een waterniveau oplopend tot 2.2 m bij inzet. Dit levert een verlaging op de Vecht van ongeveer 26 cm. (Ter illustratie om dezelfde hoeveelheid water te bergen in het winterbed zou deze in zijn geheel ongeveer 18 cm afgegraven moeten worden.) De Meene is ingericht als noodberging (noodoverloopgebied), die enkel in uiterste nood ingezet kan worden.

Bovenstaande in ogenschouw nemende, wordt geconcludeerd dat realisatie van berging nabij de Vecht niet de benodigde ruimte kan opleveren om het profiel zodanig te verkleinen dat de natuurfuncties beter bediend worden, zonder andere gebruiksfunctie ernstig aan te tasten. Vergraven van het winterbed, waardoor in het winterbed meer bergend vermogen ontstaat, gaat ten koste van de landbouwgronden, de aanwezige natuurwaarden en de cultuurhistorisch bijzondere geomorfologie (o.a. kronkelwaarden) in het winterbed.

#### 8.3.2 Vergroten meandergeul

In scenario 10 is onderzocht in hoeverre het toevoegen van nevengeulen over de gehele lengte van de rivier kan bijdragen aan verlaging van de waterstanden waardoor er meer ontwerpruimte ontstaat. Ook hier blijken de negatieve effecten die optreden groter dan de winst die het oplevert voor het ontwerp (kleiner profiel). Uit de analyse blijkt dat over vrijwel de hele lengte van de Vecht nevengeulen toegevoegd moeten worden om het profiel van de Vecht zelf met 10% (ca. 8 meter breedte) te kunnen verkleinen. De winst in de stroomsnelheid is minimaal (stroomsnelheid nagenoeg gelijk aan de huidige situatie, zie ook paragraaf 8.2). De verklaring voor deze minimale verkleining is de aanleg van de drempels daar waar de nevengeul de Vecht kruist. Wanneer een drempel te ondiep wordt aangelegd stromen de nevengeulen te vaak mee waardoor de morfologische activiteit sterk afneemt. Hoe hoger de drempels worden aangelegd (des te hoger de morfologische activiteit) hoe kleiner de overstortende staal (waterschijf die over de drempel stroomt in een extreem) en hoe groter de weerstand en het opstuwende effect van de drempels. Bij een optimale hoogte van de drempels is de winst in het profiel slechts

10%. Daarnaast spelen nog andere nadelige effecten bij het gebruik van nevengeulen: extra ruimtebeslag, het vergroten van de drainerende werking van de Vecht, aantasting van bestaande natuurwaarden en nadelige effecten voor beheer (beheer van “eilanden” tussen nevengeul en Vecht).

### *8.3.3 Vasthouden van water in het achterland*

Naast berging en nevengeulen is het ook mogelijk de sponswerking van het landschap beter te benutten. Door regenwater beter vast te houden in het gebied stroomt het minder snel af en worden pieken kleiner. Deze maatregelen zouden genomen moeten worden in het gehele achterland van de Vecht; zowel in het Duitse als het Nederlandse deel. Met onze Duitse partners worden gesprekken gevoerd over mogelijke maatregelen in het Duitse deel. In het Nederlandse deel worden reeds maatregelen genomen in de inrichtingsplannen (vooral ten bate van de Natura2000 doelen). Daarnaast worden deze maatregelen ook meegenomen in het provinciale programma ZON (zoetwatervoorziening Oost Nederland) langer water vast te kunnen houden in droge perioden.

Echter in langdurige natte perioden (die vaker voor gaan komen) is de berging in de bodem reeds verzadigd, waardoor er nog steeds forse pieken kunnen ontstaan. Het effect op waterstandverlaging is hiermee gering. Wel leidt het vasthouden van water in het achterland tot een robuuster systeem. Eventuele ruimte die hiermee ontstaat wordt ingezet om veranderingen als gevolg van klimaat op te vangen.

### *8.3.4 Verhogen van kades / hoge gronden*

Wanneer een verlaging van de MHW niet mogelijk is, is het technisch mogelijk de keringen en inliggende kunstwerken aan te passen waardoor hogere waterstanden geaccepteerd kunnen worden. Mogelijkheden hiervoor zijn het ophogen van keringen en het verplaatsen van keringen op de hoge gronden. Immers daar waar het oplopende maaiveld de kering vormt kan de kering mogelijk wat omhoog verplaatst worden. Aandachtpunt hierbij is wel dat gestreefd wordt naar één ontwerp en Visie voor de gehele Vecht. Lokale aanpassingen dienen te passen binnen de randvoorwaarden die geschetst zijn in voorliggend achtergronddocument / het koersdocument Plan op hoofdlijnen. Om inzicht te verkrijgen is gebruik gemaakt van Figuur 38. Uit analyse van de figuur kunnen de volgende conclusies per stuwpand getrokken worden:

- Stuwpand Vilsteren: mogelijk is er lokaal rondom het Junner Koeland nog een optimalisatie mogelijk. Dit is slechts lokaal mogelijk, waarbij ook nog flink wat maatregelen getroffen moeten worden om overlast in het achterland te voorkomen. Verder in het stuwpand Vilsteren is aan de noordzijde voldoende ruimte, echter aan de zuidzijde helemaal niet.
- Stuwpand Junne: de zuidzijde bij Beerze is krap (kering bij de Beerzerweg). Daarnaast is de grote Esweg beperkend. Om deze beide locaties op te hogen is een grote investering benodigd die het effect niet rechtvaardigt.
- Stuwpand Mariënberg; op een heel groot traject lijkt er behoorlijk wat overruimte. Rondom de Rheezermaten en bij de Marsweg is er niet meer ruimte dan de waakhoogte. Bovendien betreft het 4 a 5 keringen die over een traject van ca. 2 km opgehoogd moeten worden om de benodigde ruimte te creëren. Ook hier is de benodigde investering en de impact voor de omgeving te groot.
- Stuwpand Hardenberg en stuwpand De Haandrik bestaan voor grote delen uit kades. Hier zit geen overruimte. Om deze te verkrijgen moeten op grote schaal maatregelen worden getroffen.

Uit bovenstaande analyse blijkt dat er geen mogelijkheden zijn door met beperkte ingrepen aanvullende ruimte in het ontwerp te creëren.

### *8.3.5 Verlagen veiligheidsniveau Vecht*

Zoals beschreven in hoofdstuk 4 is de provincie Overijssel voornemens een herziening door te voeren voor de regionale keringen in Overijssel. Uitgangspunt is dat het veiligheidsniveau wordt aangepast aan de economische schade die op kan treden bij inundatie. Er ligt een conceptrapport dat (nog) niet bestuurlijk is vastgesteld[30]. Hierin staat een voorstel waarin de normering voor regionale waterkering langs de Vecht wordt teruggebracht variërend naar 1/10, 1/30 tot 1/100 jaar. Dat betekent dus een aanzienlijke verlaging van de norm t.o.v. het veiligheidsniveau dat nu wordt gehanteerd. Zolang er geen bestuurlijk besluit is genomen over het huidige MHW wordt getoetst aan het geldende MHW T=200. In de scenarioberekeningen is vooruitlopend op deze herziening een scenario doorgerekend waarin is uitgegaan van een T=30 norm; scenario Kamsalamander (8). Uit de berekeningen is gebleken dat deze extra ruimte niet leidt tot een wezenlijk andere scoring op de toetstabel. Zowel voor de KRW als Natura2000 opgave is de winst beperkt.

[30] *HKV, 2013*

# 9. Klimaat

Voorliggend Plan op Hoofdlijnen geeft kaders en houvast voor de ontwikkeling van de Vecht tot 2050. Er zijn aanwijzingen dat het klimaat afgelopen periode is veranderd, maar zeker richting de toekomst is de verwachting dat het klimaat verandert en dat er vooral meer extremen gaan optreden; drogere zomers maar vooral ook heviger buien in de winter. Omdat het inpassen van het klimaat een belangrijke opgave is in de Vechtvisie en het realiseren van een robuuste Vecht in 2050 is het ontwerp getoetst aan de te verwachten klimaatopgave. Deze toetsing is uitgevoerd voor het oppervlaktewatersysteem maar ook voor het grondwatersysteem en wordt hieronder beschreven. In beide gevallen is het KNMI scenario $W_{-H}$ beschouwd[31] (meest extreme scenario, warmer met een hogere waarde van luchtstromingspatronen).

## *9.1 Klimaatrobuustheidstest oppervlaktewatersysteem*

Om te zien hoe de voorkeursvariant zich gedraagt bij gewijzigd klimaat is een klimaatrobuustheidstest uitgevoerd. De toelichting en achtergrond van de voor deze test is beschreven in Bijlage 10. Er is uitgegaan van KNMI klimaatscenario WH.

**Lage afvoer (zomer)**

De huidige zomerafvoer van de Vecht is laag (0,5 tot 0,7 $m^3/s$), maar voldoende om alle stuwvakken op peil te houden. In het verleden is al wel gebleken dat te grote lekverliezen bij stuwen leiden tot het onderuitzakken van het zomerpeil. In de voorkeursvariant worden stuwpeilen mogelijk verhoogd met als gevolg een afname van de drainerende werking van de Vecht en / of grotere infiltratie naar de ondergrond. Per saldo betekent dit dat er in de zomer meer water in het gebied “achterblijft”. Daarnaast worden bij alle stuwen sluizen gebouwd. Bij het verwachte aantal schuttingen (juist bij mooi weer en lage afvoer) is hiervoor een significant deel van de huidige basisafvoer nodig, wat een negatief effect heeft op het op peil houden van de stuwvakken. Er is vermoedelijk te weinig aanvoer mogelijk om peilbeheerste gebieden op peil te houden in een droog jaar[32]. Samen met afnemende neerslag in het zomerhalfjaar (-23%), gecombineerd met toenemende verdamping (+15%) is het zeer waarschijnlijk dat de stuwpeilen in de Vecht in een droog jaar niet gehandhaafd kunnen worden.

**Hoge afvoer**

In het gehanteerde klimaatscenario neemt de afvoer in de winter met 15% toe. Deze afvoertoename is kleiner dan de verwachte toename in 10-daags neerslagsom ’s winters van 25%. Het watersysteemgedrag bij extreem hoge afvoer is moeilijk te voorspellen, maar naar verwachting zijn er zoveel capaciteitsbeperkende kunstwerken in watergangen aanwezig dat de uiteindelijke afvoer in de Vecht minder toeneemt dan de neerslagtoename. Door de afvoertoename verschuift de herhalingstijd van de huidige extremen:

- T=800 wordt T=200
- T=200 wordt T=50
- T=25 wordt T=10
- T=10 wordt T=4
- T=1 wordt T=0,5

Een belangrijke ontwerprandvoorwaarde zijn de peilen bij T=200. Met een afvoertoename van 15% stijgen deze peilen 10 tot 20 cm. Deze peilstijging kan leiden tot keringen die niet meer voldoen aan de toetsingseisen. Het is

---

[31] *www.klimaatscenarios.nl/images/Brochure_KNMI14_NL.pdf*

[32] *Deltares, Zoetwatervoorziening in Nederland - verwachte knelpunten in de 21e eeuw, 2012*

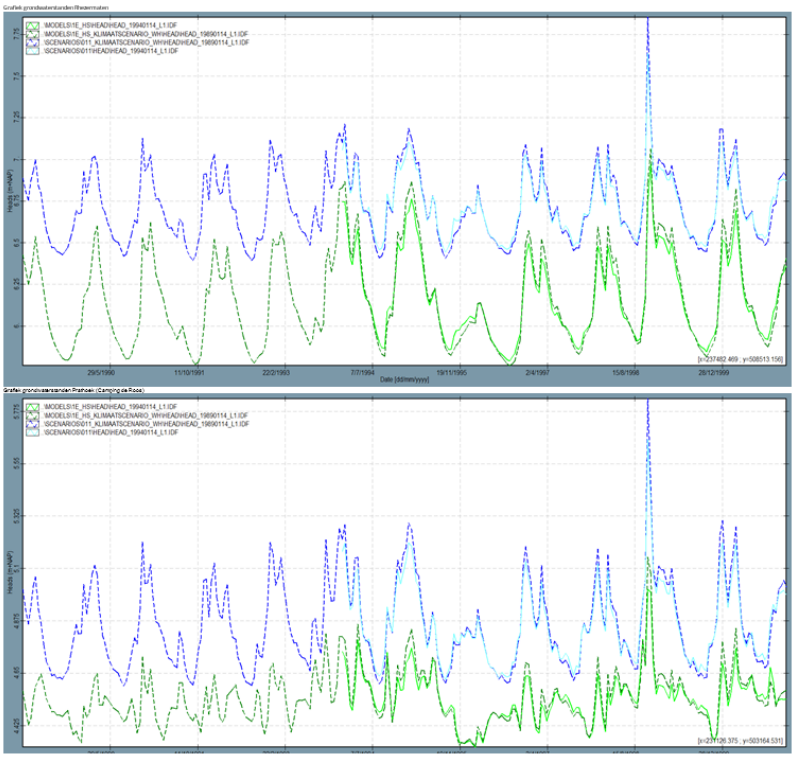
belangrijk om te anticiperen op deze toename van de afvoeren in de toekomst. Er zijn verschillende mogelijkheden om dit te doen; ophogen van de keringen, accepteren van deze extra afvoer door het afschalen van de veiligheidsmarges (wat een reële optie is zie paragraaf 4.1). Door goed te monitoren na uitvoeringen van nieuwe projecten kunnen de werkelijk optredende afvoeren in beeld gebracht worden en wordt duidelijk in hoeverre het ontwerp inderdaad voldoet aan de veiligheidsnormeringen of dat hier mogelijk nog ruimte is of dat de ruimte juist afneemt als gevolg van klimaatverandering. Op basis hiervan en de ontwikkelingen in de gehanteerde veiligheidsmarges kunnen keuzes gemaakt worden en waar nodig bijgesteld.

### *9.2 Effect klimaat op grondwater, vertaling naar functies*

Met het grondwatermodel is ook het KNMI $W_{-H}$ scenario doorgerekend. De resultaten zijn op twee manieren weergegeven: het effect van het klimaat op de huidige zomer- en winter situatie en het verschil in effecten van het VKA met of zonder klimaatseffect (zie Bijlage 4).

Uit de eerste twee kaarten blijkt dat het in de huidige situatie volgens dit klimaatscenario gebiedsdekken circa 15 tot 20 cm natter wordt in de winter. Vooral in de hogere ruggen kan het toegenomen neerslagoverschot niet zo snel tot afvoer komen waardoor de opbolling toeneemt. In de zomer is het omgekeerde zichtbaar; juist in de gebieden waar het effect in de winter minimaal is zakken de grondwaterstanden tot maximaal 20 cm. Dit zijn de gebieden die snel afvoeren en bij extra droogte ook extra verdrogen. Het effect in de zomer is minder gebiedsdekkend en over het algemeen kleiner dan in de winter. Het effect is aan de noordzijde van de Vecht het grootst en is hier gemiddeld 5 tot 10 cm.

Wanneer naar de effecten van klimaat op het voorkeursalternatief gekeken wordt (verschil huidige situatie en VKA met klimaat, versus verschil huidige situatie en VKA zonder klimaat) valt op dat de verschillen minimaal zijn. Uit analyse blijkt dat inzicht in de gemodelleerde tijdreeksen meer inzicht geeft in wat er daadwerkelijk gebeurd. In Figuur 41 zijn twee reeksen weergeven voor de Rheezermaten en de Prathoek. Wat opvalt is dat als gevolg van de maatregelen in het VKA de dynamiek (verschil tussen de hoogste en laagste grondwaterstanden) sterk afneemt. Dit is zoals toegelicht in paragraaf 3.8 een goede ontwikkeling voor de diverse natuurdoelen. Wanneer nu gekeken wordt naar het effect van het klimaat op de huidige situatie en het VKA valt op dat de klimaatverandering waarschijnlijk zorgt voor een ongewenste toename van de dynamiek. Dit verschil is ongeveer even groot bij het VKA als de huidige situatie. Wanneer de maatregelen uit het VKA niet genomen zouden worden zullen de natuurwaarden rondom het zomerbed van de Vecht steeds meer onder druk komen te staan. Echter door het inrichten van het watersysteem van de Vecht middels de maatregelen uit het VKA kan het systeem veel meer hebben en zullen de effecten als gevolg van de klimaatverandering relatief klein zijn. Het VKA zorgt er dus daadwerkelijk voor dat de robuustheid van de Vecht t.a.v. de natuur en landbouw een stuk groter wordt.



*Figuur 41 Tijdstijghoogtelijnen voor de huidige situatie (groen), de huidige situatie incl. klimaat (groen gestreept), het VKA (lichtblauw) en het VKA incl. klimaat (donkerblauw gestreept). De bovenste figuur laat een punt in de Rheezermaten zien, de onderste in de Prathoek*

# 10. Monitoring

Op basis van het programma “Masterplan voor de Vecht” wordt de komende decennia de Overijsselse Vecht over de volle lengte omgevormd tot een half-natuurlijke rivier. Het beoogde eindbeeld dient in 2050 gerealiseerd zijn. Monitoring vormt een integraal onderdeel in dit proces van plannen, uitvoeren, (meten) en aanpassen (plan-do-check-act) en dient in dit verband de volgende doelen.

- Het vaststellen of de doelen van deze rapportage beschreven opgave (zie hoofdstuk 2) zijn gehaald.
- Het genereren van informatie voor tussentijdse bijsturing.
- Het ontwikkelen van de kennis over het functioneren van het Vechtsysteem uit oogpunt van klimaatrobuustheid en ecologisch herstel.

De realisatie van deze doelen wordt langs de volgende lijnen bewerkstelligd.

## *10.1 Reguliere monitoring waterschappen*

Een deel van de informatievragen met betrekking tot de ontwikkelopgave voor de Vecht kan worden beantwoord vanuit de reguliere, meerjarige meetinspanningen van de waterschappen. Denk hierbij aan de meetnetten voor grondwater-, waterkwaliteits- en (rivier)afvoermonitoring. Deze meetnetten zijn echter niet primair ontwikkeld voor het doen van maatregel-effectonderzoek op lokaal niveau.

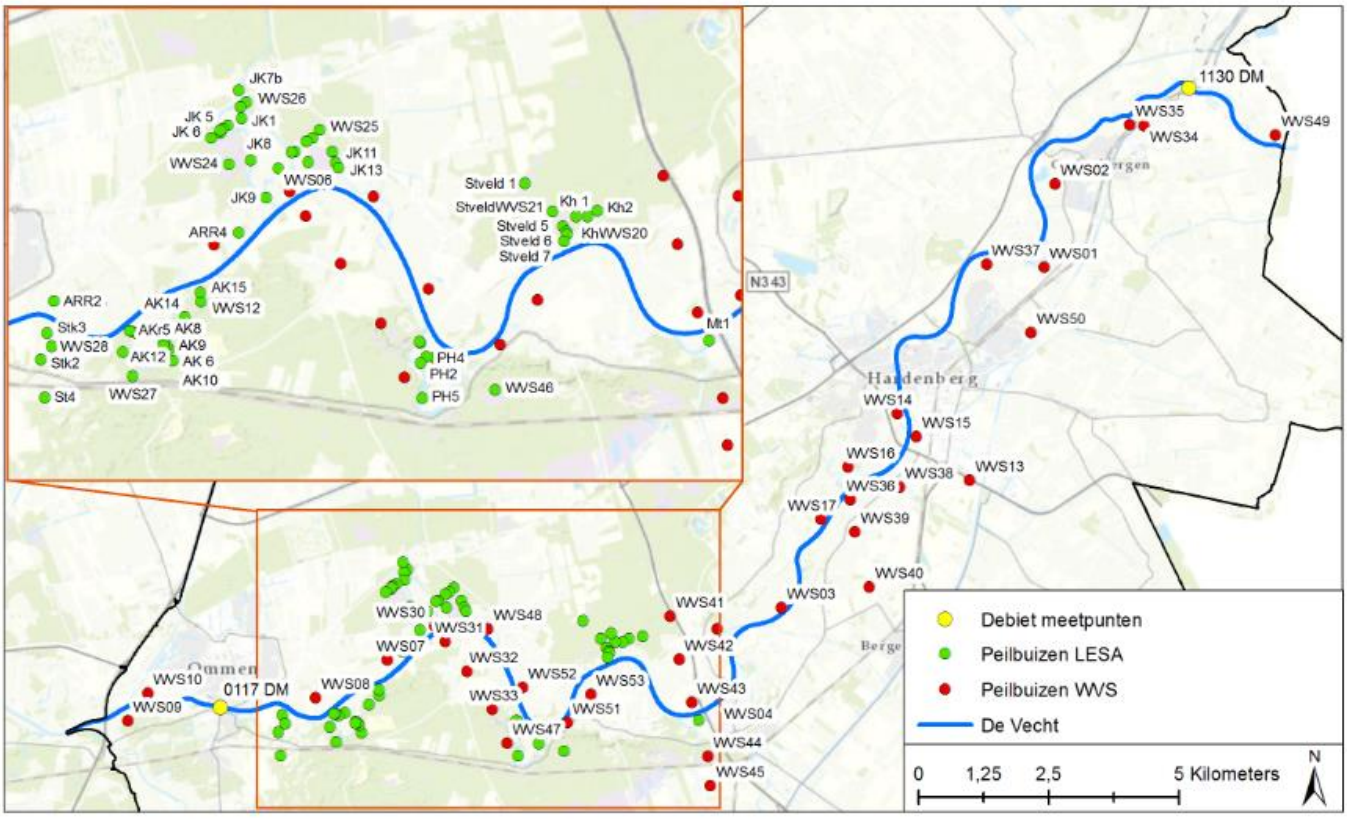
## *10.2 Integraal monitoringsplan Overijsselse Vecht 2015-2019*

In 2015 hebben de provincie Overijssel en de waterschappen Drents Overijsselse delta en Vechtstromen een monitoringsplan voor de Vecht opgesteld met een looptijd tot 2020[33]. Dit ter aanvulling op de reguliere monitoring-inspanningen van beide waterschappen. Het plan omspant een zestal deelactiviteiten, te weten:

- een tweejaarlijkse dieptepeiling van het zomerbed van de Vecht;
- een optimalisatie van de afvoermetingen van de Vecht;
- een optimalisatie van het grondwatermeetnet voor het Vechtdal;
- het inventariseren van vismigratieknelpunten in de Vecht;
- een zesjaarlijkse ecotopenkartering van het winterbed van de Vecht;
- een onderzoek naar de ontwikkeling van rivierdynamiek, rivierhabitats en rivierflora- en fauna op representatieve Vechttrajecten.

De eerste tussenproducten met aanbevelingen zijn medio 2017 voorzien.

[33] *Waterschap Vechtstomen, Waterschap Drents Overijsselse Delta, Plan van aanpak Monitoring Vecht, 2016*




*Figuur 42 Grondwatermeetnet en debietmetingen in het beheergebied van WVS. Er is onderscheid gemaakt in het reguliere meetnet en het meetnet vanuit de onderzoeksopgave Natura2000 (zie paragraaf 10.3). Nb er zijn nog twee aanvullende debietmetingen in Ohne en Emlichheim.*

### *10.3 Onderzoeksopgaven vanuit NNN/Natura2000/PAS*

Naast het Hoogwaterbeschermingsprogramma en de Europese kaderrichtlijn Water bepaalt de ontwikkelopgave NNN/Natura 2000/PAS in belangrijke mate de ontwikkelruimte voor het herstel van de Vecht. Delen van het Vechtdal tussen Mariënberg en Ommen maken deel uit van Natura 2000 gebied 39 Vecht en Beneden Regge gebied. Voor dit gebied zijn diverse instandhoudingsdoelen vastgesteld. Tegelijkertijd liggen er vanuit dit natuurdossier diverse onderzoeksopgaven voor, vooral gericht op het ontwikkelen van de kennis van lokale grondwater-oppervlaktewaterrelaties. De beantwoording van deze vragen is noodzakelijk voor een doeltreffend waterhuishoudkundig ontwerp van het Vechtdal. Daartoe worden inmiddels concrete stappen gezet. Tijdens het verschijnen van dit document wordt gewerkt aan een monitoringsplan om grondwater-oppervlaktewaterrelaties te kunnen achterhalen (samenwerking KWR en Waterschap Vechtstromen). Deze monitoring is puur voor de uitwerking van een deel van de maatregelen (M41, M9a, M22, M10, M42, M45[8]) zoals vastgesteld in de gebiedsanalyse van het Vecht Beneden Reggegebied[8] en heeft daarmee een korte doorlooptijd (circa 1 jaar). De uitkomsten van deze monitoring worden gebruikt ten behoeve van de op te stellen LESA's voor de deelgebieden Karshoek-Stegeren en Arriën. In Figuur 42 zijn de meetpunten in dit meetnet inzichtelijk gemaakt.

Daarnaast is provincie Overijssel verantwoordelijk voor het PAS-monitoringsplan Vecht-Beneden Regge, waarvoor jaarlijks een gebiedsrapportage wordt opgesteld met als doel de ontwikkeling van de stikstofgevoelige habitattypen en leefgebieden van soorten en de voortgang van de uitvoering van de herstemlaatregelen in beeld te brengen.

De verwachting is dat een deel van de meetpunten voor de maatregelen gebruikt kunnen worden in het PAS-monitoringsplan Vecht-Beneden Regge. Afstemming dient nog plaats te vinden.

### *10.4 Programma Lumbricus*

De hoofddoelstelling van het in 2016 ingezette programma Lumbricus is het ontwikkelen en implementeren van een klimaatrobuust bodem- en watersysteem door het op stroomgebiedsniveau geïntegreerd toepassen van (innovatieve) maatregelen op het gebied van bodem, ondergrond en water. Het programma kent vier thematische pijlers: (1) bewuste bodem, (2) wellend water, (3) boeiende beekdalen en (4) goede governance, waarvoor inmiddels operationele plannen zijn opgesteld. Kennisontwikkeling binnen programma Lumbricus vindt plaats in twee proeftuinen, waaronder het stroomgebied van de Vecht. Het programma Lumbricus is officieel 11 mei 2017 gestart (www.vechtstromen.nl/programmalumbricus).

### *10.5 Overig onderzoek*

De Vecht wordt in toenemende mate gebruikt als studieobject binnen onderzoeksprogramma's van kennisinstituten. Zo wordt er vanuit het Europese onderzoeksprogramma River Care door promovendi en studenten onderzoek gedaan naar de historische morfodynamiek van de Vecht. Een deel van de gegenereerde kennis is zeer bruikbaar voor ontwerp en beheer van het Vechtdal.

### *10.6 Gebruik onderzoeksdata*

Zoals gesteld in de inleiding is de inzet van monitoring primair bedoeld om de kennis van de werking van het watersysteem van de Vecht te vergroten, vooral in relatie tot de doelen en maatregelen op basis van het programma "Masterplan voor de Vecht". Hierbij is het van belang dat de cruciale bevindingen uit het monitoringprogramma tijdig breed worden gedeeld, opdat tijdig de benodigde bijstelling of aanvullende maatregelen kunnen worden getroffen teneinde uiterlijk 2050 tot een half-natuurlijke riviersysteem te komen.

# 11. Aanbevelingen

Het voorkeursalternatief geeft een duidelijke richting hoe de Vecht door ontwikkeld kan worden tot een veilige half natuurlijke rivier.. Er zijn nog verschillende aspecten die per locatie en (nieuwe) opgaven uitgewerkt wordt of waar onderzoek naar plaats vindt. Deze aspecten zijn ingedeeld op de thema's: onderzoek, ontwerp, klimaat, monitoring en evaluatie. Alle thema's zijn hieronder toegelicht.

## *11.1 Onderzoeksopgaven Natura2000*

In het N2000-beheerplan Vecht-Benedenregge is een aantal onderzoeksopgaven geformuleerd die nader uitgewerkt worden:

- M9a: Onderzoeksopgave invloed ontwatering in winterbed Vecht en aangrenzende hogere gronden (Vechtdal en flanken) op grondwaterafhankelijke habitattypen. Vanuit Natura2000 is aangegeven dat het onderzoek plaatsvind in de eerste beheerplanperiode; eenvoudige obstakelvrije maatregelen worden in de 1e beheerplanperiode uitgevoerd; andere maatregelen worden in de 2e beheerplanperiode uitgevoerd. Echter dit geldt niet voor deelgebied Karshoek-Stegeren; de Natura2000 maatregelen zijn daar onderdeel van het programma Ruimte voor de Vecht. Deze moeten uiterlijk eind 2018 gerealiseerd zijn.
- M41: Onderzoek naar effect sloot ten noorden van Junner Koeland m.b.t. ontwatering en instroom nutriëntenrijk oppervlaktewater. Eventuele maatregel op lange termijn.
- M22: Onderzoeksopgave voor Vechtdal en lokaal Reggedal: uitzoeken welke aanvullende maatregelen nodig zijn met betrekking tot verwerven en/of herinrichten landbouwpercelen binnen Natura 2000 gebied (stoppen bemesting en afgraven/uitmijnen fosfaatrijke toplaag) en welke aanvullende herstelmaatregelen in bestaande voorkomens met habitattype H6120 [Stroomdalgraslanden] nodig zijn. Vanuit Natura2000 is aangegeven dat het onderzoek plaatsvind in de eerste beheerplanperiode; eenvoudige obstakelvrije maatregelen worden in de 1e beheerplanperiode uitgevoerd; andere maatregelen worden in de 2e beheerplanperiode uitgevoerd. Echter dit geldt niet voor deelgebied Karshoek-Stegeren; de Natura2000 maatregelen zijn daar onderdeel van het programma Ruimte voor de Vecht. Deze moeten uiterlijk eind 2018 gerealiseerd zijn. In verband met de aanhoudende KDW-overschrijding in alle voorkomens van habitattype H6120 zijn aanvullende maatregelen urgent voor de 1e beheerplanperiode. Zie ook M45.
- M10: Verondiepen zomerbed aanleg meanders en toelaten morfodynamiek Vecht (Vechtdal).

Om antwoorden te krijgen op deze onderzoeksopgaven lopen een aantal onderzoeken die ten tijde van verschijnen van deze rapportage deels uitgevoerd zijn. Het doel van deze onderzoeken is te komen tot onderbouwde maatregelen voor zowel de stroomdalgraslanden als de grondwaterafhankelijke natuur in het Natura2000 gebied. Het zwaartepunt van de onderzoeken ligt op het opstellen van landschapsecologische systeemanalyses (Lesa's) voor verschillende deelgebieden. De volgende deelonderzoeken zijn of worden uitgevoerd. Tussen haakjes is de maatregel waaraan dit onderzoek bijdraagt toegevoegd:

- Bureau- en veldonderzoek ter verkenning van de opgave: KWR en Alterra, Ecohydrologische verkenning Vechtdal Ommen-Mariënberg, 2016 (M9a,M10,M41,M22). Onderzoek reeds uitgevoerd.
- Morfologisch onderzoek door de heer A. Tuijnder (riviermorfoloog Arcadis) om effecten van de te nemen ingrepen op morfologie in beeld te brengen (zie paragraaf 5.6.2. en Bijlagen 7, 8 en 9). Onderzoek reeds uitgevoerd (M10, M22).
- Opstellen monitoringsnetwerk ten behoeve van monitoren ontwikkelingen in grondwaterstanden ter plaatse van grondwaterafhankelijke vegetatie. Ten tijde van het verschijnen van deze rapportage zijn de peilbuizen

reeds geplaats. Medio 2017 en 2018 wordt een tijdreeksanalyse uitgevoerd om inzicht te krijgen in trends en functioneren van het grondwatersysteem in deze gebied (M9a, M41).

- Onderzoeksinstituut B-ware heeft een onderzoek uitgevoerd t.a.v. de fosfaatverzadiging van her in te richten landbouwpercelen (M22).
- Werksessie Stroomdalgraslanden; 22 mei 2018 wordt een sessie georganiseerd met experts t.a.v. stroomdalgraslanden en herstelstrategieën op basis waarvan de herstelstrategie voor stroomdalgraslanden in het projectgebied Karshoek-Stegeren uitgewerkt wordt (M10, M22).
- Uitvoeren Lesa's voor de deelgebieden Karshoek-Stegeren en Arriën. Het waterschap voert medio 2017 / 2018 voor alle deelgebieden een Lesa uit waarin veldgegevens worden gecombineerd met kwaliteitsmetingen, de monitoringsgegevens en de beschikbare literatuur. Op basis van deze onderzoeken worden concrete maatregelen opgesteld (M9a,M10,M41,M22).
- Met het uitwerken van de Lesa's voor deelgebieden ontstaat er een raakvlak met de PAS-beheermaatregelen of ook wel interne maatregelen genoemd (M24,26,28,31,32,35,37 voor het Vechtdal). Deze interne beheermaatregelen zijn beschreven per habitattype, maar zijn door ontbreken van verregaande analyses van de deelgebieden, niet gebied specifiek. Door het uitwerken van de Lesa's per deelgebied worden deze interne beheermaatregelen specifiek gemaakt. De verdere uitwerking van deze maatregelen ligt bij provincie en TBO.

Op basis van alle onderzoeksresultaten worden lokale maatregelen bepaald en volgt een aanvullende onderbouwing voor de peilopzet. De keuzes in dit Plan op Hoofdlijnen zijn gericht op het nemen van no regret maatregelen, welke door de tijd heen versterkt kunnen worden door lokale maatregelen bij nieuwe inzichten door onderzoek of monitoring.

### *11.2 Ontwerp*

Voorliggend achtergronddocument geeft de technische uitwerking van het Plan op hoofdlijnen voor de Vecht. Dit betekent dat de visie en het ontwerp op hooflijnen is uitgewerkt. De uitwerking en detaillering van het ontwerp volgt pas in de concrete projecten. Het vraagt goede afstemming om deze projecten integraal en in samenhang met elkaar op te pakken, om te voorkomen dat de beoogde eenheid in de Vecht niet wordt gehaald. In de deelprojecten dienen een aantal ontwerpprincipes verder uitgewerkt te worden:

- Hoe kan de gewenste variatie in oevers en variatie in stroming lokaal het best vormgegeven worden? Vooral de trajecten waar meandering niet mogelijk is zijn hier belangrijk om toch een zo hoog mogelijke doelrealisatie t.a.v. de natuurdoelen te behalen.
- In het voorkeursontwerp is voorzien in aanvullende begroeiingstroken van 5 m aan weerszijden van de Vecht over 75% van de lengte. Zoals eerder beschreven is dat vooral rekenkundig bepaald. In de verdere uitwerking van het ontwerp dient deze ruimte een plek te krijgen in de verschillende deelgebieden; de beschikbare ruimte kan ingevuld worden zowel langs de oevers als in het winterbed. Het is belangrijk om hierbij rekening te houden met de doelen t.a.v. natuur: begroeiingstroken langs de oevers leveren winst voor de KRW, maar werken ter plaatse van sommige trajecten beperkend op de ontwikkelingen van de gewenste oeverwallen en stroomdalgaslanden. Daarnaast is voor een robuuste inrichting van de Natura2000 opgave ook aanvullende begroeiing in het winterbed noodzakelijk.
- Omdat de gewenste stroomsnelheid niet te halen is binnen de hoofdgeul van de Vecht ligt er een mogelijkheid de 7 km stromend water[7] te realiseren in de stuwpasserende nevengeulen. Immers het verhang is hier groot en het profiel kan zo gekozen worden dat de gewenste stroomsnelheid hier te realiseren is. Het uitwerken van deze maatregelen kan in een later stadium uitgewerkt worden. Tegelijkertijd kan de vispasseerbaarheid van deze nevengeulen meegenomen worden en kunnen de bestaande vistrappen verwijderd of waar nodig geoptimaliseerd worden.
- Om een stijging van de grondwaterstanden ter plaatse van Arriën te realiseren is een peilscheiding bij Ommen de meest geëigende maatregelen. Een grondwaterstandstijging in dit gebied is gunstig voor zowel de landbouw als de grondwaterafhankelijke natuur in dit gebied. Wanneer uit de Lesa's blijkt (zie paragraaf 11.1)

dat een peilstijging noodzakelijk is om de doelen ten aanzien van grondwaterafhankelijke natuur te behalen bij Arriën zal een aanvullende analyse t.a.v. het toetskader maar ook de technische invulling noodzakelijk zijn.

- Uit het morfologische onderzoek (Bijlage 7, 8 en 9) zijn aanbevelingen gekomen ten aanzien van het ontwerp van de profielen en oevers van de vecht. In de uitwerking dient aandacht te zijn voor de volgende zaken:
    - Asymmetrische profielen met delen met een geringe diepte : deze maken nu al onderdeel uit van het ontwerp, met name in de nieuw aan te leggen meanders.
    - Variatie in dwarsdoorsnede kan de rivier helpen sediment af te zetten op overstromingsvlakten, maar werkt wel opstuwend : dit komt nu voor in het ontwerp, bijvoorbeeld bij De Roos waar aan beide kanten beperkt ruimte is.
    - Toepassen van dood of levend hout in de geul. Werkt ook opstuwend maar geeft stromingsluwe plekken in de rivier. Hiermee wordt al geëxperimenteerd bij Junne, ook in dit deelgebied zijn hier mogelijkheden voor, waarbij we denken aan binnenbochten gelegen binnen natuurterreinen.

### *11.3 Overige onderzoeksopgaven*

Naast onderzoeksvragen en nadere detaillering specifiek voor de projectlocaties, is er ook nog een aantal aanvullende onderzoeksvragen die vooral betrekking hebben op de afvoer van de Vecht en de klimaatopgave. Deze vragen zijn in een separate paragraaf beschreven alhoewel ze uiteraard veel raakvlakken hebben met de bovenbeschreven opgaven en onderzoeksvragen:

- Uit de morfologische studie (zie paragraaf 5.6.2. en Bijlagen 7, 8 en 9) is gebleken dat er vooral sedimenttransport plaatsvind in situatie waarin de stuwen gestreken zijn. Mogelijk is hierin nog te optimaliseren (stuwen vaker gestreken) door andere vormen van stuwbeheer toe te passen. Denk bijvoorbeeld aan debietgestuurd stuwen.
- Een groot deel van het sediment wat vanuit Duitsland getransporteerd wordt afgevangen in de zandvang bij stuw de Haandrik. In hoeverre zijn hier maatregelen mogelijk om dit sediment verder te laten transporteren door de Vecht en in hoeverre heeft dit een positieve invloed op de morfologische activiteit van de Vecht? Ten aanzien van dit punt zal afstemming gezocht worden met waterschap Drents Overijsselse Delta.
- In paragraaf 8.3.3. is beschreven dat beperken van afvoer vanuit Duitsland en het achterland van de Vecht mogelijk kan helpen in de opgave. In verschillende onderzoeksprojecten wordt hier nader onderzoek naar gedaan: Living Dinkel en Vecht, HWBP, POV, LUMBRICUS en ZON. Het is belangrijk de bevindingen uit deze programma’s te evalueren in het licht van het Plan op Hoofdlijnen. Daar waar een zinvolle maatregelen mogelijk zijn is het belangrijk goed af te stemmen en integraal af te wegen zodat steeds verder gewerkt kan worden aan een veilige en robuuste halfnatuurlijke laaglandrivier.
- De daadwerkelijke ontwikkelingen in het klimaat zijn onzeker; in dit rapport is gerekend aan het WH scenario. De daadwerkelijke verandering en het effect daarvan op de Vecht dient met behulp van monitoring regelmatig inzichtelijk gemaakt te worden en daar waar nodig dient in de toekomst geanticipeerd te worden op deze veranderingen middels ingrepen in het systeem.

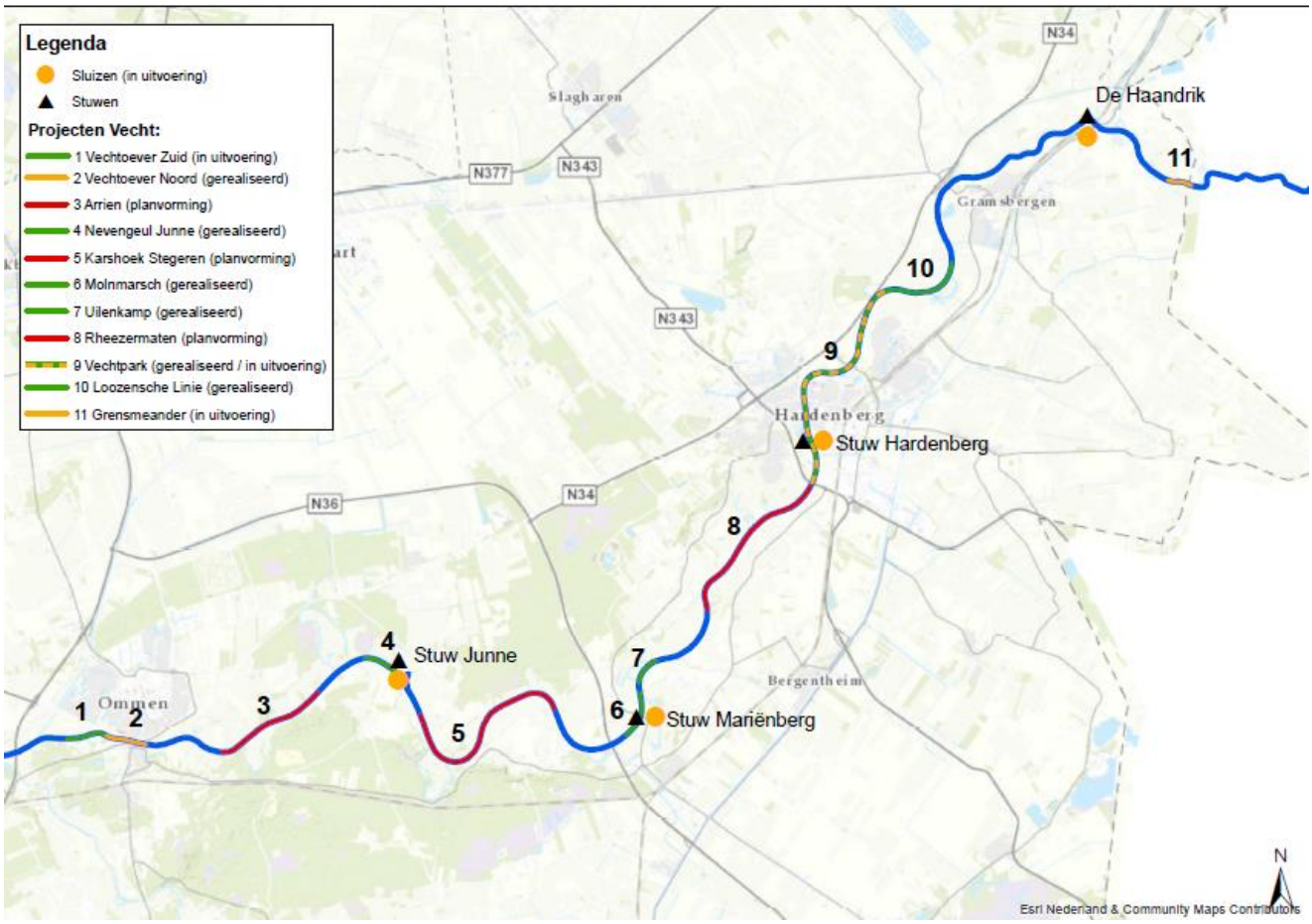
### *11.4 Evaluatie en monitoring*

De Vecht is een dynamisch systeem. Op basis van de modellen worden keuzes gemaakt om invulling te geven aan de opgaven. De ontwikkeling van het gebied moet met monitoring goed worden gevolgd en op de juiste moment geëvalueerd worden. Om dit op de juiste manier te doen en het systeem zo door de tijd heen bij te stellen en door te ontwikkelen dient een plan van aanpak te worden opgesteld. Hierin moeten de volgende onderwerpen naar voren komen:

- Monitoren op effecten grondwater (natuur, landbouw) maar ook toetsen ontwerp
- Oppervlaktewater: toetsen ontwerp, voldoet het aan de normering, hoe ontwikkeld klimaat?
- Sedimentatie: gaan de voorspelde morfologische processen daadwerkelijk plaatsvinden, op welke locaties ontstaat aanzanding en oeverwalvorming? Levert dit problemen t.a.v. veiligheid?
- Cyclus van beoordeling, voorgesteld wordt om in ieder geval jaarlijks een evaluatie uit te voeren.

# Bijlage 1 Recent uitgevoerde projecten langs de Vecht

In het beheergebied zijn verschillende projecten die in de voorgaande jaren hebben plaatsgevonden. Deze projecten hebben kaders en randvoorwaarden geschetst voor ten minste de korte termijn voor het watersysteem. Immers investeringen recent gedaan zijn niet per ommegaande afgeschreven. Daarnaast is het ook de beleving vanuit de omgeving niet wenselijk om binnen enkele jaren gedane investeringen en gemaakte keuzes teniet te doen. De projecten heeft het waterschap in nauwe samenwerking met haar partners uitgevoerd.




Uitgangspunt bij al deze projecten is lokaal invulling geven aan de doelstellingen van de Vechtvisie,

- De Vecht, een levendige, veilige rivier;
- Het winterbed - een open landschap met landbouw, natuur en toerisme;
- De Vecht als voorkant van het Vechtdal (verbeterde leefbaarheid en bevaarbaarheid van de Vecht);
- Bezoekersstromen stimuleren en organiseren; Maak de Vecht manifest.

Onderstaand worden verschillende uitgangspunten en randvoorwaarden voortkomend uit de projecten benoemd.

*Grensmeander – in planvorming, realisatie verwacht in 2017*

- Op basis van hydraulische berekeningen (HKV Lijn in water) is het oppervlak van het dwarsprofiel van de meander bepaald op 75% van het profiel van de huidige Vecht, met een bodembreedte van 20 m;
- De bodemhoogte van de meander, NAP +6,50 m, is hetzelfde als de bestaande Vecht;

- De oude Vecht ter hoogte van de meander wordt gedeeltelijk gedempt tot NAP +9,2 m. Er wordt een dam gecreëerd waar het water bij hoge afvoeren via de oude loop van de Vecht kan stromen. Deze dam is tevens voor onderhoudsdoeleinden het toegangspad naar het eiland en zal worden afgewerkt met een bekleding van klei of (stort-)steen;
- Met de werkzaamheden moet rekening worden gehouden met het Grenswaterakkoord (Grenzgewässerabkommens) uit 1974. Hierin zijn onder andere de volgende punten vastgelegd:
    - bij 107 $m^3/s$ mag het maximale waterpeil van 10,24 m +NAP niet overschreden worden (zomerhoogwater);
    - bij 321 $m^3/s$ mag het maximale waterpeil van NAP +11,58 m niet overschreden worden (winterhoogwater);
- Met de werkzaamheden moet rekening worden gehouden met stuwbeheer van stuw 'De Haandrik':
    - Sturing op bovenstrooms waterpeil van NAP +9,10 m

*Loozensche Linie - gerealiseerd in 2009*
De Vecht is hier door de aankoppeling van een meander verlengd met 1km . Het project levert 100.000 m3 extra waterberging op.
Ter plaatse is in de Vecht een drempel aangebracht (daarop ligt een fietspad) met de bedoeling om de afvoer in de zomer voor het grootste deel door de meander te sturen. De bovenzijde van de drempel van stortsteen ligt net iets onder het zomerpeil van de eerstvolgende stuw in Hardenberg (stuwpeil 7.10 m +NAP)

*Vechtpark (fase 1-5)*
1. <u>Monding Oude Radewijkerbeek:</u>
   Maaiveld is gemiddeld verlaagd naar + 7,6m NAP. Dit is ongeveer 0,5 m boven zomerpeil. Bij verhoging van het zomerpeil zal het maaibeheer van het gebied door SBB slechter of niet uitgevoerd kunnen worden.
2. <u>Monding Molengoot:</u>
   Wildwaterkanobaan is eigendom van de gemeente Hardenberg. Deze is gedimensioneerd op het huidige zomer- en winterpeil. Een verhoging van het zomerpeil met maximaal 0,1 m is op te vangen binnen de gebouwde constructie.
   De vistrap is in eigendom en beheer bij waterschap Vechtstromen. Ook deze constructie is gedimensioneerd op het huidige zomer- en winterpeil. Bij een verhoging van het zomerpeil zullen alle aanwezige drempels (17 stuks) aangepast moeten worden.
3. <u>Centrum Uiterwaard:</u>
   In dit deelgebied is tussen het deelgebied Molengoot, onder de Prins Bernhard brug door richting de Voorstraatbrug een betonnen wandelpad aangelegd op een hoogte van ca. + 7,35m NAP. Dit is 0,25 m boven het huidige zomerpeil. Verhoging van het zomerpeil kan betekenen dat het pad niet meer bruikbaar is.
   Het evenemententerrein in de uiterwaarden van de Vecht heeft een gemiddelde hoogte van +7,65m NAP. Bij verhoging van het zomerpeil zal het terrein onbruikbaar worden voor het organiseren van evenementen.

*Kern Hardenberg*
Er is langs de linkeroever van de vechttussen het Vechtpark deelgebied Oude Radewijkerbeek en de Voorstraatbrug een wandelpromenade aangelegd op een hoogte van +7,40m tot +7,60m NAP.

*Uilenkamp - gerealiseerd in 2005*
Ook hier is een bestaande meander aangekoppeld waardoor erosie- en sedimentatieprocessen kunnen plaatsvinden en de Vechtloop is verlengd.
Ter plaatse is in de Vecht een drempel aangebracht met de bedoeling om de afvoer in de zomer voor het grootste deel door de meander te sturen. De bovenzijde van de drempel van stortsteen ligt net iets onder het zomerpeil van de eerstvolgende stuw in Mariënberg (stuwpeil 5.60 m +NAP)

*Molnmarsch - gerealiseerd in 2008*

Met het project Mölnmarsch loopt langs de stuw Mariënberg een nevengeul. Belangrijk is dat deze nevengeul altijd stromend water heeft met een minimale stroming van 0,18 m/s. In de geul wordt met een vaste cascade het peilverschil overbrugd. De hoogte van de drempel in deze cascade is onderwerp van veel studie geweest. Bij lage afvoeren bepaalt de hoogte van de drempel ook het peil. Bij het bepalen van de hoogte van de drempel is gelet op peilen, afvoeren, stroomsnelheden en beheer in alle situaties. De beste ligging van de drempel is gevonden op 5.20 meter boven NAP. Dit maakt dat het streefpeil voor normale wintersituaties van 5.20 m+NAP niet gehaald wordt en dat dit 5.40 m+NAP zal moeten worden.
De nevengeul kan bij hoogwater worden afgesloten met schotten waardoor de ruimte rond de nevengeul gebruikt kan worden voor extra waterberging. Dit vindt tot nu toe plaats op basis van inschatting.
Bij laagwater gaan de schotten omlaag als de stuw Mariënberg niet meer loopt (peil 5.60 m +NAP)

*Junne – gerealiseerd in 2012*
In de meestromende nevengeul bevindt zich een cascade. De eerste drempel van deze cascade wordt uitgevoerd als een peilregulerend kunstwerk met een instelbare hoogte van NAP +3,90 m tot NAP + 4,40 m.

*Ommen – Noordoever opgeleverd in 2014*
In het centrum van Ommen is langs de vecht een wandelpad aangelegd op een hoogte van +3,25m NAP. De Hoogte van de damwand rondom de nieuwe haven is +3,15 m NAP. Verbreding van de Vecht ter hoogte van de Hessel Mulert brug om de doorstroming te vergroten.

*Sluizen*
In de periode november 2016 tot voorjaar 2018 laat waterschap Vechtstromen 2 sluizen bouwen ter hoogte van stuw Junne en stuw Mariënberg. De komst van de sluizen sluit aan bij het Masterplan Ruimte voor de Vecht. De Vecht wordt beleefbaarder en met de komst van de sluizen wordt nog meer invulling gegeven aan het sturen van bezoekersstromen.

Uitganspunten bij de sluizen zijn dat ze onbemand zijn. Ze worden alleen in de vaarperiode (1 april – 1 november) gebruikt en zijn geschikt voor kleine recreatievaart. De hoofdconstructie wordt ontworpen voor een levensduur van 100 jaar.

1. <u>Sluis Junne</u>

De diepgang bij sluis Junne is minimaal 1.30m.
De sluis is ontworpen op een stuwpeil van 4.50 bovenstrooms en 2.65 benedenstrooms. De sluis is zo ontworpen dat eventuele peilverhoging van 20 cm mogelijk is, zonder aanpassingen aan de sluis. Er is uitgegaan van een maatgevend hoogwater van 6.75
De doorvaarhoogte is 3.45m bij een stuwpeil van 2.65. De sluis is bevaarbaar voor schepen tot een afmeting van lengte 12.50, breedte 2.75, diepgang 0.50.

2. <u>Sluis Mariënberg</u>

De diepgang bij sluis Mariënberg is minimaal 1.00m.
De sluis is ontworpen op een stuwpeil van 5.60 bovenstrooms en 4.50 benedenstrooms. De sluis is zo ontworpen dat eventuele peilverhoging van 20 cm mogelijk is, zonder aanpassingen aan de sluis. Er is uitgegaan van een maatgevend hoogwater van 7.65
De doorvaarhoogte is 3.45m bij een waterpeil van 5.60. De sluis is bevaarbaar voor schepen tot een afmeting van lengte 12.50, breedte 2.75, diepgang 0.50.

| ***Doorvaarthoogtes bruggen bij huidige zomerpeilen*** | |
|---|---|
| Spoorbrug en verkeersbrug De Haandrik | 2,65 meter |
| Brug Ane | 2,90 meter |
| Alexanderbrug | 2,80 meter |
| Amaliabrug | 2,80 meter |
| Voorstraatbrug | 1,75 meter |
| Prins Bernhard brug | 2,60 meter |
| Fietsbrug sluis | 2,55 meter |
| Asjeskampbrug | 4,50 meter |
| Rheezerweg | 4,25 meter |
| N 36 | 4,35 meter |
| Brug Junnerweg | Afh. van ontwerp |
| Hessel Mullert brug | 3,25 meter |
| Varsen N 48 | 4,85 meter |

# Bijlage 2 Analyse onzekerheid oppervlaktewatermodel

Met betrekking tot de betrouwbaarheid van modeluitkomsten geldt altijd een onzekerheid. Beter inzicht in de onzekerheden van de verschillende modelparameters afzonderlijk helpt om een beter inzicht te krijgen in de betrouwbaarheid van het model en zijn uitkomsten als geheel. Dit wel in het licht van het doel van het model dat zich richt op de veranderingen ten opzichte van de huidige situatie.

In voorliggende Bijlage wordt, voor zover mogelijk, een inschatting gemaakt van de onzekerheden van de verschillende modelparameters. Hierbij is gekeken naar de volgende modelparameters:

- Meetreeksen debieten (gebruikt als modelinput en in de kalibratie);
- Vorm van de afvoergolf;
- Weerstanden;
- Profielen;
- Bergende/stromende delen – Modelconcept;
- Klimaat.

Onderstaand worden deze modelparameters behandeld.

***Meetreeksen debieten***

*Onzekerheden in het meten van debieten*

Debieten worden vaak niet direct gemeten maar afgeleid uit gemeten waterstanden, gecombineerd met klepstanden, kalibratiemetingen, stuwformules en aangenomen verbanden tussen waterstand en afvoer. Hierin kunnen de volgende onzekerheden zitten:

- Onjuiste waterstandsmetingen. Afwijkingen van minder dan 1 cm tot ruim 6 cm zijn geconstateerd. Dit leidt, vooral bij lage afvoeren (kleiner dan 1 m3/s), tot debietafwijkingen van meer dan 20%. Bij hoge afvoeren (meer dan 5 m3/s) is de afwijking verwaarloosbaar.
- Vereenvoudiging van de klepbeweging; in plaats van een cirkelvormige beweging wordt uitgegaan van een lineair verloop. Afwijkingen tot 2 m3/s bij half gestreken klep leiden tot een debietoverschatting van enkele procenten.
- Factoren in stuwformules; buiten het bereik van de klepkalibraties wordt uitgegaan van stuwformules. Hierin staan factoren die zo goed mogelijk worden ingeschat op basis van literatuur. Toch kan gemakkelijk een afwijking van 20 tot 40% optreden. Deze afwijking kan afhankelijk zijn van klepstand en waterstanden. De afwijking varieert binnen het debietbereik, omdat de invloed van de verschillende factoren dat ook doen (contractiecoëfficiënt en verdrinkingsgraad).

Uiteindelijk zal de gecombineerde onzekerheid in debietmetingen ongeveer 30% zijn, zowel in negatieve als positieve zin.

*Belangrijke modelparameter door gebruik als input en als kalibratiedoel*

De meetreeksen van de debieten hebben twee functies in de modellering. De gecorrigeerde debieten dienen als input voor het model. De bepaalde afvoeren voor zijinstroompunten zorgen voor de aanvoer van water in het model. Maar ook geldt de bepaalde relatie als een randvoorwaarde voor met name de bovenstroomse randvoorwaarde van het model. Daarnaast zijn de gecorrigeerde debieten in de modellering gebruikt als kalibratiedoel. De wandruwheid waarden in het model zijn aangepast zodat deze aansluiten bij de gevonden QH relaties bij de stuwen op de Vecht. De onzekerheid die geldt met betrekking tot deze debieten werkt dan ook in belangrijke mate door in de onzekerheid van de modeluitkomsten. Wel geldt dat dezelfde debieten worden

gebruikt in de scenarioberekeningen als in de referentiesituatie. Dus eventuele onzekerheid werkt in mindere mate door in de relatieve verschillen die volgen uit de scenarioberekeningen.

*Onzekerheid afzonderlijke meetpunten groot en niet gekwantificeerd*

Op het traject van de Vecht zijn diverse meetpunten met meetgegevens beschikbaar. De volgende meetpunten en meetgegevens (ook van zijinstroomlocaties) zijn bekend:

- Emlichheim: QH relatie geleverd door Duitsland. Mate van betrouwbaarheid onduidelijk. Wel een bandbreedte aangegeven voor de QH relatie. Deze bandbreedte is echter een afgeleide van de "metingen" en geeft hiermee geen goede indicatie van de debietonnauwkeurigheid
- De Haandrik: Akoestische meting en een meting bij de stuw op basis van de waterstand (formule overstortende straal). Aanwezigheid van turbine en vistrap dat zorgt voor een grotere onzekerheid in de meting (orde van 10%). De akoestische meting is een zogenaamde halve meting (de stroomsnelheid wordt tot de helft van de waterbreedte gemeten). Omdat het dwarsprofiel en de aanstroming ter plaatse niet symmetrisch is kan een afwijking ontstaan.
- Stuw afwateringskanaal (Drentse stuw): meting op basis van stuwformule. Geeft onbetrouwbare debieten die slecht aansluiten bij het achterliggende afstromende oppervlak. Ook lozen nog circa 6 gemalen na deze stuw in het afwateringskanaal voordat deze de Vecht bereikt (hiervoor is uitgegaan van de gemaalcapaciteit en het bijhorende afstromende oppervlak). Overijsselse stuw kan daarnaast handmatig omlaag worden gezet bij hoog water. Hierover zijn geen gegevens bekend.
- Akoestische meting uitmonding Afwateringskanaal.
- Stuw Hardenberg. QH relatie op basis van waterstandsmeting. Stuw bestaat uit 3 kleppen, een sluis, kanogoot, lokstroom en vistrap. Relatie op basis van waterstandsmeting is onzeker door vele parallelle stromen. Elke afvoerroute heeft daarnaast zijn eigen onzekerheidsmarge die, opgeteld, leidt tot grote onzekerheid in totale afvoer.
- Stuw Mariënberg. QH relatie op basis van waterstandsmeting. Stuw met 3 kleppen een vistrap en een omloop (incl. vistrap). Relatie op basis van waterstandsmeting is onzeker door vele parallelle stromen.
- Stuw Junne. QH relatie op basis van waterstandsmeting. Stuw met 3 kleppen een vistrap en een omloop (incl vistrap). Relatie op basis van waterstandsmeting is onzeker door vele parallelle stromen.
- Brug bij Ommen. Akoestische meting. Ook kanaal ten westen van Ommen voert water aan en debiet wordt akoestisch bepaald.
- Voor stuw Vilsteren komt de Regge bij de Vecht. Voor de Regge zijn metingen beschikbaar (meetpunt bij Archem).

Daarnaast stromen nog enkele watergangen rechtstreeks of met tussenkomst van een klein gemaal of stuw af op de Vecht. De onzekerheid van de afzonderlijke meetpunten is onbekend en moeilijk te kwantificeren. Onderling vergelijk, waarbij ook het tussenliggende afvoerende oppervlak is betrokken, laat zien dat de onzekerheid groot is. De afzonderlijke duurlijnen van de meetpunten kruizen elkaar bijvoorbeeld, wat theoretisch niet mogelijk is.

*Betrouwbaarheid vergroot door onderling vergelijk en correctie van de debietreeksen*

Er zijn drie typen metingen in de Vecht:

- Q/H-relatie
- Akoestische metingen
- Stuwformules

Door verschillend gedrag binnen het afvoerbereik zal de onzekerheid van deze metingen zich ook verschillend gedragen. Hierdoor ontstaan in eerste instantie verschillen, die bij onderlinge vergelijking echter juist gecorrigeerd kunnen worden.

Op basis van expert judgement en een analyse van de bijhorende achterliggende afwaterende oppervlakten zijn de beschikbare metingen voor geanalyseerd en aangepast. Een consistente afvoerwaarde per situatie is bepaald op basis van de afwaterende oppervlakten en de meetreeksen. Er is dus toegewerkt naar een verloop van de

afvoeren over de Vecht per situatie die aansluit bij het afwaterende oppervlak en zo dicht mogelijk blijft bij de 'logische' meetwaarden.In deze aanpassing zijn correcties toegepast oplopend tot 62% van de oorspronkelijk gemeten waarden. Deze correcties zijn twee keer zo groot dan de eerder geschatte afwijkingen in debietmetingen en hiermee niet te verklaren.

Voor het extreme bereik (T=10 tot T=200) zijn noodgedwongen extrapolaties gebruikt, omdat de meetreeksen daarvoor te kort zijn. Het veronderstelde verband tussen afvoer en herhalingstijd is hier een twijfelachtige aanname. Hoe verder buiten de meetreeks, hoe groter de onzekerheid. Bij onderlinge vergelijking van meetreeksen komt dit niet tot uiting, omdat voor alle reeksen datzelfde verband wordt veronderstelt. Uitgaande van een analyse op onzekerheid die eerder voor de Vecht is uitgevoerd wordt de bandbreedte bij T=200 ingeschat op 35%.

Door deze onderlinge aanpassing en vergelijk en de koppeling/controle aan het afwaterende oppervlak is een afvoer voor elke meetlocatie afgeleid die logisch is en consistent. Naar verwachting is de combinatie van metingen hierdoor nauwkeuriger dan de afzonderlijke delen. De grootte van de benodigde correcties (tot 62%), en de schijnnauwkeurigheid in het geëxtrapoleerde extreme bereik spreken dit echter tegen. Daarom wordt ingeschat dat de betrouwbaarheid van de afgeleide debieten nog steeds een onzekerheid heeft van +/- 40%. Bij lage afvoeren wordt dit vooral veroorzaakt door de metingen zelf, bij extremen vooral in de gebruikte statistiek. In het overgangsgebied dragen beide factoren bij aan de onzekerheid.

***Vorm van de afvoergolf***

*Het gebruik van één afvoergolf*

Door één golfverloop te kiezen wordt het rekenwerk vereenvoudigd en blijft het inzichtelijk. Tegelijk is het een forse vereenvoudiging van de werkelijkheid (echter voor de grote rivieren wordt vaak nog een veel conservatievere aanname gedaan namelijk een constante afvoer). Er is voor de Vecht uitgebreid onderzoek gedaan naar de vorm van een zogenaamde representatieve afvoergolf. Deze kennis wordt benut. Uit het onderzoek blijkt echter ook, dat maximale afvoeren en waterstanden worden beïnvloed door looptijdverschillen tussen afvoergolven uit deelstroomgebieden. Het maximum kan door het al dan niet samenvallen behoorlijk bepaald worden.

Als alternatief voor één afvoergolf kunnen tijdreeksen gebruikt worden. Vanwege de eerder geconstateerde onzekerheid in metingen, de beperkte lenge van reeksen en het ontbreken van een aantal meetpunten zal deze methode geen betere resultaten opleveren.

Het effect van looptijd en samenvallen van golven wordt verminderd door de duur van afvoergolven; pieken vallen niet exact samen, maar treden wel altijd op wanneer de andere afvoeren ook nog hoog zijn.

Vanwege de beperkte beschikbaarheid van metingen in het extreme bereik is het lastig in te schatten hoe groot de geïntroduceerde onzekerheid is door het gebruik van één representatieve afvoergolf. Een grove inschatting: +/- 30%.

*Oorsprong van de afvoergolf uit eerder onderzoek door HKV, 2011*

De gehanteerde vorm van de afvoergolf is gebaseerd op de bepaalde afvoergolven uit de HKV notitie 'Onderzoek hydraulische effecten Ruimte voor de Vecht projecten' (12 sept 2011). In deze notitie is een golfverloop voor de Vecht vastgesteld. In de notitie is niet terug te vinden hoe dit golfverloop tot stand is gekomen en wat de onderbouwing die hierbij hoort bedraagt. Mogelijk dat dit in een hier voorafgaande rapportage nader is onderbouwd.

*Onzekerheid golfverloop werkt ook door in scenarioresultaten*

In de Sobek modellering wordt voor de extreme situatie niet stationair gerekend. Afvoersituatie dienen dan ook een verloop te hebben die aansluit bij de dynamiek van de Vecht. Meetgegevens van de Vecht binnen weinig houvast voor een onderbouwing van dit verloop en vraagt aanvullende statistische analyse (die vermoedelijk is uitgevoerd door HKV in de golfbepaling) van het achterliggende gebied.

De vorm van de afvoergolf heeft invloed op de piek en de duur van de afvoergolf bij elke situatie. Wel geldt dat voor de piek van de golf is uitgegaan van de QH relaties die bij de verschillende stuwen zijn bepaald.

De onzekerheid werkt ook door in de relatieve verschillen die in de scenarioberekeningen worden bepaald. De maatregelen dragen immers ook bij aan een verandering in de afvoerrelatie door het ontstaan van meer of minder berging, of meer ruimte voor directe afvoer.

*Kwantificatie van de onzekerheid mogelijk door literatuuronderzoek*

Uit de beschikbare rapportage van HKV (2011) blijkt niet hoe de afvoergolf tot stand is gekomen. Mogelijk ligt hier een andere rapportage aan te grondslag die nu niet in beeld is. Het nazoeken en navragen van deze rapportage levert mogelijk ook inzicht op de mate van onzekerheid rond de vorm van de afvoergolf.

***Weerstanden***

Een zeer bepalende factor om van debieten tot peilen te komen is de weerstand. Voor de Vecht wordt daarbij onderscheid gemaakt in het zomer- en winterbed.

*Zomerbed*

Het zomerbed heeft een diepte van 2 tot 3 meter. Hierdoor is de plantengroei in een groot deel van het profiel beperkt. De oevers zijn redelijk eenvormig ingericht (stortsteen). Dit vereenvoudigt het bepalen van de weerstand. De weerstand is gekalibreerd voor afvoeren onder dagelijkse omstandigheden tot het moment dat de Vecht buiten zijn oevers treedt. Vanaf dat moment gaan andere processen meespelen (weerstand winterbed en ander stromingspatroon).

Debieten met een bepaalde herhalingstijd (1/4Q, 1/2Q) en peilen met diezelfde herhalingstijd zijn gebruikt. Hierbij treedt meteen het probleem op dat beide “los”van elkaar zijn bepaald, waarbij debieten ook nog consistent zijn gemaakt; passen beide dan wel bij elkaar? Toch is combinatie van beide nodig om uitspraken te kunnen doen over peilen bij deze herhalingstijden.

Bij lage afvoeren is het verhang in de Vecht (de resultante van debiet, afmetingen en weerstand) klein. Hierdoor is het moeilijk de weerstand voor zomerse omstandigheden te kalibreren. Juist in de zomer speelt begroeiing mogelijk een rol. Bij kalibratie moet erop gelet worden dat de uiteindelijke waarde zich binnen het bereik bevindt dat logisch en verklaarbaar is (kennis, literatuur). Toch is dit geen garantie dat de gekalibreerde waarde overeenkomt met de werkelijkheid. Het is mogelijk dat fouten in debieten en afmetingen worden gecorrigeerd door naar een onjuiste weerstand te kalibreren. De peilen komen dan goed overeen met de werkelijkheid, maar bij scenarioberekeningen kan dit tot onjuiste veranderingen leiden. Deze afwijkingen komen niet boven tafel. De voor de Vecht gekalibreerde waarden liggen mooi binnen het verwachte bereik. Toch is een afwijking t.o.v. de werkelijkheid met 20% goed mogelijk.

*Winterbed*

Zodra de Vecht buiten zijn oevers treedt (winterbed) gaan opeens veel andere processen meespelen:

- Landvegetatie komt onder water te staan en reageert heel verschillend op stroming (meebuigen, meevoeren, invloed op stromingspatronen).
- Het grillige maaiveld van het beekdal leidt tot allerlei mogelijke stromingspatronen.
- Bij bochtigheid van het zomerbed kan het water een kortere route door het winterbed kiezen.

- De waterdiepte begint klein en neemt toe tot ongeveer 1 meter. Juist in dit bereik bevindt zich veel begroeiing in verschillende vormen.

In een 1D model wordt dit allemaal platgeslagen tot één weerstand. Het voordeel hiervan is dat veel onzekerheden gekalibreerd kunnen worden in één waarde. Veel van de optredende processen zijn erg veranderlijk in de tijd en daardoor lastig te modelleren. Het heeft weinig zin om veel moeite te steken in het juist meenemen van bijvoorbeeld type begroeiing als tegelijk onduidelijk is welke processen beïnvloed worden door verschil in type. Er zijn alleen metingen van waterstanden aan begin en eind van de stuwvakken. Hierdoor kan geen onderscheid gemaakt worden binnen deze vakken. De gekalibreerde waarde voor de Vecht ligt binnen het verwachte bereik, alhoewel ook een bandbreedte tussen de verschillende stuwvakken wordt geconstateerd. Bij veranderingen binnen het winterbed (andere begroeiing, aanpassing maaiveld) treden mogelijk processen op die weggekalibreerd zijn in de weerstand. De gekwantificeerde onzekerheid in weerstand van het winterbed is 40%.

***Profielen***

*Profielen gebaseerd op metingen*

Het model is opgezet op basis van de profielen zoals deze in het beschikbare Fews model uit 2012 beschikbaar zijn. Wel is de wijze van schematisatie (tabulated profielen in Fews, naar Y,Z profielen in Sobek) aangepast zodat een onderscheid in weerstand binnen de dwarsprofielen mogelijk was. Het bodemverloop over het dwarsprofiel is bij deze omzetting niet veranderd. De profielen die in het Fews model zijn opgenomen zijn gebaseerd op de destijds meest recente gemeten profielen van de Vecht (vermoedelijk ingemeten in 2008). Het is dan ook de verwachting dat de profielen in het model nauw aansluiten bij de werkelijkheid.

*Veranderingen in profielen als gevolg van autonome ontwikkeling*

De gemeten profielen die de basis vormen voor het model zijn vermoedelijk de ingemeten profielen uit 2008. In de daarop volgende jaren kan het profiel veranderd zijn als gevolg van autonome ontwikkelingen. Dit kunnen ingrepen van buitenaf op het systeem betreffen, maar ook veranderingen als gevolg van de geomorfologische processen in de Vecht. Ingeschat wordt dat deze veranderingen minimaal zijn en dat de gebruikte profielen nog een goede weergave vormen van de werkelijkheid. Mogelijk is er wel sprake van een verandering van het profiel verloop, maar zal het doorstromend oppervlak wel nagenoeg gelijk zijn. Ook wordt er niet verwacht dat er sprake is van een grote verschuiving tussen winter- en zomerbed.

***Mogelijkheid om onzekerheid in profieldimensies te kwantificeren***

Het kwantificeren van de onzekerheid in de modelresultaten als gevolg van veranderingen in de profieldimensies is mogelijk wanneer er een recentere inmeting van de profielen beschikbaar is. Door een parallel model op te zetten gebaseerd op deze recentere ingemeten profielen, kan de verandering in de waterstanden voor de huidige situatie in beeld worden gebracht. Dit betreft dan het effect op de absolute waterstanden. De berekende effecten uit de scenarioberekeningen worden door een mogelijk verschil ook beïnvloed aangezien profielaanpassingen onderdeel zijn van de maatregelpakketten.

Wanneer er recentere inmetingen van de Vecht beschikbaar zijn, kan ook gekozen worden in de berekeningen uit te gaan van deze recentere inmetingen. Deze metingen zijn immers bij definitie een betere weergave van de huidige situatie dan de profielen uit de eerdere Fews modellering.

***Bergende /stromende delen - Modelconcept***

*Stromende dan wel bergende delen van het winterbed niet specifiek onderscheden*

De dwarsprofielen zijn vanuit het beschikbare Fews model omgezet naar dwarsprofielen in Sobek. Hierbij is ook het winterbed opgenomen in de dwarsprofielen. Dit is duidelijk zichtbaar in het hoogteverloop van de dwarsprofielen. Daarnaast is duidelijk onderscheid gemaakt tussen het winterbed en zomerbed door middel van verschillen in weerstand. Ook binnen het winterbed is onderscheid gemaakt in de weerstand. Met deze werkwijze wordt zoveel mogelijk aangesloten bij de situatie met stromende en juist bergende delen van het winterbed. HKV heeft in een 2D studie onderscheid gemaakt tussen het stromende en bergende deel van het winterbed ten behoeve van 1D studies. Dit onderscheid is in dit model gebruikt. Het is moeilijk de mate waarin de berekende waterstanden worden beïnvloed door deze vereenvoudiging te kwantificeren.

*Onzekerheid ook van belang voor de berekende relatieve verschillen*

Verlegging van de Vecht en ook hermeandering van de Vecht is onderdeel van de voorgenomen maatregelen. Ook wordt gekeken naar een andere inrichting van het winterbed. In de door te rekenen maatregelpakketten maken veranderingen in het bergende en stromende deel dus onderdeel uit van de maatregelen.

De onzekerheid van de gekozen schematisatiewijze in relatie tot het effect op de waterstanden als gevolg van al dan niet bergende of stromende delen van het profiel geldt dus ook in sterke mate voor de te berekenen effecten. Kijken naar relatieve effecten (ten opzichte van een referentiesituatie) vlakt deze onzekerheid niet uit, maar omdat veranderingen in het bergende/stromende deel onderdeel zijn van de maatregelpakket zijn ze juist van wezenlijk belang.

*Mogelijkheden tot kwantificeren onzekerheden*

Om de onzekerheid van deze modelonzekerheid te kwantificeren kan een vergelijkende berekening worden uitgevoerd met 2D oppervlaktewatermodellering. Bijvoorbeeld het bestaande WaQua model wordt gebruikt om een parallel berekening uit te voeren. In deze modellering dient te worden uitgegaan van dezelfde modelinvoer en van eenzelfde schematisatie van de kunstwerken. Alleen een verschil in de schematisatie van de profielen mag bestaan tussen de modellen. Hierbij worden zowel de referentiesituatie als een maatregelscenario met dit model doorgerekend. De relatieve verschillen die worden berekend met dit model worden vergeleken met de Sobek modellering. Resulteert het gebruik van 2D in andere relatieve effecten? De verhouding van de berekende effecten uit deze twee modelleringen is een kwantificatie van de onzekerheid in modelconcept (1D tov 2D). Het zegt echter weinig over de onzekerheid van welk model dan ook ten opzichte van de werkelijkheid.

***Klimaat***

*Gevolgen klimaatverandering op relatieve effecten van de maatregelen verwaarloosbaar*

Een juiste verwerking van klimaatverandering in de modelafweging betekent dat de scenario's worden afgewogen tegen de huidige situatie zoals deze in de toekomst voorkomt. Met andere woorden, ook in de referentiesituatie dient dan de klimaatverandering mee genomen te worden. De meegenomen klimaatverandering beïnvloed dus de referentiesituatie en de scenariosituatie op eenzelfde wijze. Dit betekent dat klimaatverandering het berekende effect tussen referentiesituatie en scenariosituatie nagenoeg niet beïnvloed. De vraag die kan worden gesteld is of het systeem anders gaat reageren als gevolg van de klimaatverandering, en of de voorgenomen maatregelen hierdoor een extremer (of minder extreem) effect krijgen ten opzichte van de huidige situatie.

*Wel een onzekerheid over de klimaatverandering en de gevolgen voor de Vecht*

Bovenstaande aanname heeft betrekking op de relatieve effecten van de scenario's. Wel staat vast dat klimaatverandering de afvoersituatie van de Vecht zal beïnvloeden in de toekomst. De onzekerheid over de mate van beïnvloeding is verwoord in de bandbreedte van de door het KNMI opgestelde klimaatscenario's. De verwachting is dat er vaker sprake zal zijn van piekafvoeren, maar ook dat er vaker droge perioden gedurende de zomer zullen voorkomen. Samenvattend een extremer beeld dan de huidige situatie. Deze verandering in de afvoeren van de Vecht staan echter los van de voorgenomen en doorgerekende maatregelen uit de scenario's.

*Controle aanname middels robuustheidstest*

Klimaatverandering betekent met name een verandering in de afvoeren die op de Vecht voor zullen komen in de toekomst. Bij Waterschap Vechstromen wordt gewerkt met de robuustheidstest 'Methode klimaatrobuust ontwerpen als onderdeel van een Stresstest Klimaatbestendigheid' (Memo 25 aug 2015) om eventuele gevolgen op het ontwerp als gevolg van klimaat verandering inzichtelijk te maken. Deze test wordt op het definitief ontwerp van de Vecht uitgevoerd. Daarnaast is in de modelstudie is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarbij de afvoer is gevarieerd tussen -40% en +40% en is gekeken wat de effecten van een dergelijke verandering betekenen voor de waterstanden van de Vecht. Te verwachte veranderingen in de afvoer als gevolg van klimaatverandering liggen binnen deze bandbreedte. De gevoeligheidsanalyse geeft daarmee ook een doorkijk naar mogelijke effecten van klimaatverandering op het systeem van de Vecht.

***Totaalbeeld***

Het beschrijven van onzekerheden is eenvoudig. Het kwantificeren ervan bijzonder lastig.

Er zijn een aantal bronnen van onzekerheid, onderstaande worden deze benoemd inclusief de ingeschatte onzekerheid als percentage (bandbreedte):

- Gegevens ontbreken (30%)
- De noodzaak tot gebruik van afgeleide gegevens (40%)
- Beperkt inzicht in optredende processen (30%)
- Vereenvoudigingen van de werkelijkheid tot modelconcept (20%)

Door een aantal 'vangnetten' worden onzekerheden beperkt en verkleind:

- Onderlinge vergelijking van gegevens (0,7)
- Gebruik van opgedane kennis in het verleden (0,7)
- Literatuurvergelijking, gebiedskennis, expert judgement (0,9)
- Kalibratie (0,5)
- Bandbreedteverkenning (-)

Het getal geeft aan met welke factor het de onzekerheid inperkt.

Als we de onzekerheidsbronnen "optellen", dan moeten we helaas constateren dat de onzekerheid groot is; afwijkingen van +/- 60% zijn aannemelijk. Dit percentage is gebaseerd op de eerder genoemde onzekerheden van de losse onderdelen. De 'vangnetten' verkleinen weliswaar de afwijkingen, maar reduceren die zeker niet tot 0. Op basis van voorgaande uitsplitsing is een inperking van onzekerheden tot 0,3 aannemelijk.

Uiteindelijk komen we dan uit op een globale inschatting van de onzekerheid van +/- 20%.

# Bijlage 3 Analyse onzekerheid grondwatermodel

Er zijn verschillende fasen in de modellering waar onzekerheid een rol speelt. De eerste fase is de modelbouw/kalibratie. Essentieel hierbij is dat we de modelberekening kunnen confronteren met waarnemingen en daarmee een bestaande situatie zo goed mogelijk willen beschrijven. Hebben we eenmaal een model, dan kan het model in de tweede fase gebruikt worden voor projecties en scenario's. Het model beschrijft dan een (nog) niet bestaande situatie en kan dus ook niet worden geconfronteerd met werkelijke waarnemingen. In beide fasen zijn vele bronnen van onzekerheid te onderkennen.

De bronnen van onzekerheid bij een enkelvoudig model zijn te verdelen in:

a. Modelconcept onzekerheden.
b. Input onzekerheden.
c. Parameter onzekerheden.

Als er meerdere modellen in combinatie gebruikt worden, kan er ook onzekerheid ontstaan door de conversie van het ene model naar het andere, veelal als gevolg van schaaleffecten. Dit zijn dan:

d. Conversie onzekerheden

### *Ad a Modelconcept onzekerheid*

In vrijwel alle gevallen is het model een vereenvoudiging van de werkelijkheid. Om een model hanteerbaar te houden wordt het aantal gemodelleerde processen in de regel beperkt. Verder worden numerieke wiskundige modellen vaak vereenvoudigd qua schematisatie, discretisatie, linearisatie e.d. van de werkelijkheid. Illustratief hiervoor is bijvoorbeeld een geohydrologische schematisatie van de bodemopbouw (ondergrond) in watervoerende en waterscheidende lagen, waarmee de heterogeniteit van de bodemopbouw door het beperken van het aantal modellagen vaak sterk wordt vereenvoudigd. Bovendien is het voor de kalibratie vaak noodzakelijk om additionele verbanden aan te nemen tussen parameters omdat het aantal vrijheidsgraden bij kalibratie niet te groot mag zijn. Dit is bijvoorbeeld het geval met ruimtelijk verdeelde parametervelden waarbij een zonering wordt toegepast of een geostatistisch verband wordt aangenomen. Hierbij wordt een balans gezocht tussen het detail dat met het model beschreven kan worden (en dus meer parameters) en de betrouwbaarheid van de parameters na kalibratie (zo min mogelijk parameters). Het model beschrijft vaak wel de grote lijn, maar niet de hogere orde fluctuaties. Er zijn wel methoden om modelconceptfouten expliciet te benoemen (bijvoorbeeld in het Kalman Filter[34]), maar vaak wordt modelonzekerheid niet expliciet meegenomen. Bij het gebruik van het model voor scenario-berekeningen en voorspellingen kan dit tot gevolg hebben dat de werkelijkheid (ver) buiten de berekende onzekerheidsgrenzen ligt. Bijvoorbeeld een neerslag-afvoer model waar geen overland flow in gemodelleerd wordt, dat gebruikt wordt voor scenario's met extreme neerslag.

### *Ad b Input onzekerheden*

Inputvariabelen zijn voor het model extern aangeleverde grootheden. In de kalibratie fase zijn dit vaak gemeten grootheden of resultaten van andere modelberekeningen en derhalve ook behept met onzekerheid. Omdat de onzekerheid in parameters en input altijd gekoppeld in het model voorkomen is het niet mogelijk beide onafhankelijk bij te stellen. Meestal worden de parameters bijgesteld gedurende de kalibratie. Fouten in de input kunnen daardoor worden gecompenseerd door fouten in de parameters. Voor toekomstberekeningen zijn geen waarnemingen van de input beschikbaar. Deze worden op één of andere manier gegenereerd. Onzekerheid in de input werkt direct door op de onzekerheid van de modelrespons en kan niet met kalibratie worden verkleind.

---

[34] *Het Kalman-filter is een rekenmethode waarmee reeksen van meet- of andere gegevens van willekeurige verstoringen (ruis) kunnen worden ontdaan.*

***Ad c Parameter onzekerheden***

Met parameters van het model worden hier karakteristieke eigenschappen van de te modelleren werkelijkheid bedoeld. Veelal (maar niet altijd) zijn de modelparameters constanten in de tijd, ten minste over de periode die we willen modelleren. Een voorbeeld van zo'n parameter is de doorlatendheid van de bodem. In de kalibratie fase worden de parameterwaarden zodanig bijgesteld dat de response van het model optimaal past bij de waarnemingen van de werkelijkheid, bij een gegeven modelstructuur en gegeven inputvariabelen. In sommige gevallen levert de kalibratieprocedure expliciete informatie over de parameteronzekerheid. Bedenk hierbij altijd dat deze onzekerheid geldt gegeven de modelstructuur en gegeven de set van waarnemingen van input en response. De parameteronzekerheid kan worden verkleind door informatie (waarnemingen) toe te voegen. Er zal echter altijd een parameteronzekerheid overblijven, die ook doorwerkt in de fase dat het model voor scenarioberekeningen of voorspellingen wordt gebruikt. Strikt genomen zou een model niet gebruikt mogen worden voor scenario's die buiten de range vallen waarin het is gekalibreerd en gevalideerd. Echter, zeker bij toekomstverkenningen gebeurd dit vaak wel.

***Ad d Conversie onzekerheid***

In een keten van modellen wordt de output van het ene model doorgegeven naar het andere model. In principe kan dit op twee manieren. Ten eerste kan de output van model 1 worden gebruikt als input van model 2. Dit is bijvoorbeeld het geval als er berekende waterstanden van een SOBEK-model worden gebruikt als input voor een grondwatermodel. Ten tweede kan de output van model 1 gebruikt worden als parameter bij model 2. Dit is bijvoorbeeld het geval als het resultaat van een geologisch model gebruikt wordt in een grondwaterstromingsmodel. Naast deze aspecten kunnen bij een modelketen ook fouten (ook vaak onzekerheden genoemd) optreden als gevolg van vervorming van de informatie vooral door schaling (conversie-fouten). Stel dat model 2 op een kleinere schaal werkt dan model 1, dan zal de variabele moeten worden neergeschaald. Hierbij ontstaat op het kleinere schaalniveau een extra onzekerheid. Het omgekeerde kan ook het geval zijn. Als we van een kleinere schaal naar een grotere schaal gaan, worden onzekerheden en ruimtelijke verschillen ten dele uitgemiddeld.

In het onderstaande document zijn de onzekerheden van de invoergegevens kort beschreven. In de meeste gevallen is het lastig en/of tijdrovend om de nauwkeurigheid/onzekerheid te kwantificeren. De volgende onderdelen komen daarbij aan de orde:

- Lithologie;
- Topsysteem;
  - Oppervlaktewater;
  - Buisdrainage;
  - Oppervlakkige afvoer;
- Grondwateraanvulling;
- Onttrekkingen;
- Grondwatermeetreeksen.

***Lithologie***

In grondwatermodellen is de schematisatie van de ondergrond een belangrijk onderdeel. De afwisseling in de grondsoorten (lithologie) en de daarmee samenhangende eigenschappen bepaalt mede het voorkomen, de kwaliteit en de stroming van het grondwater. Het wel of niet voorkomen van slecht doorlatende lagen speelt daarmee een belangrijke rol in de doorwerking van de grondwatereffecten. De informatie over de opbouw en eigenschappen van de ondergrond wordt geleverd door TNO – Geologische Dienst Nederland. Deze informatie

wordt geleverd in de vorm van computermodellen van de Nederlandse ondergrond. De informatie die als input dient voor de grondwatermodellen komt voort uit het regionale bodemmodel REGISII.1.

Aardlagen in de ondergrond worden gegroepeerd in geologische eenheden (formaties, laagpakketten en lagen) op basis van de aard en samenstelling van de gesteenten of grondsoorten. Het Digitaal Geologisch Model (DGM) is een lagenmodel van de geologische eenheden die in Nederland onderscheiden worden tot een diepte van grofweg 500 m. REGIS II is de hydrogeologische verfijning van het DGM in goed doorlatende zandige, en slecht doorlatende kleiige eenheden. Aan iedere zandige en kleiige eenheid worden bovendien (gemiddelde) hydrogeologische parameters toegekend, zoals doorlatendheid, zodat het bodemmodel in grondwatermodelstudies gebruikt kan worden.

In REGIS II zijn 131 zandige, kleiige, complexe (afwisselend zand-klei), venige, bruinkool- en kalksteen-eenheden in kaart gebracht, die op regionale schaal onderscheiden kunnen worden binnen de afzonderlijke geologische formaties van DGM. Deze hydrogeologische onderverdeling is gebaseerd op de lithologische samenstelling en daarmee samenhangende hydraulische eigenschappen van het sediment. Intensieve interactie tijdens de geologische en hydrogeologische interpretaties van de boringen zorgen ervoor dat DGM en REGIS II naadloos op elkaar aansluiten. REGIS II is gebaseerd op dezelfde set van 16.500 boringen als DGM.

Van elke hydrogeologische eenheid is de diepteligging van de top en basis en de dikte vastgelegd in rasters met gridcellen van 100 bij 100 m. Naast deze geometrische gegevens bevat het hydrogeologisch model voor elke eenheid ook doorlatendheidgrids en rasters met daarvan afgeleide hydraulische eigenschappen. Dit zijn geïnterpoleerde doorlatendheden uit de boringen die op hun beurt weer zijn afgeleid uit de relatie tussen lithologie, afzettingsmilieu en hydraulische eigenschappen. De gebruikte geostatistische interpolatietechniek maakt het mogelijk om naast kaartbestanden van de horizontale en verticale doorlatendheid ook de onzekerheid rond deze parameters te presenteren in de vorm van de standaardafwijking.

***Topsysteem***

Voor het topsysteem is de volgende onderverdeling gemaakt:

- Oppervlaktewater;
  - Vecht met aansluitende leggerwatergangen;
  - Overige (legger)watergangen;
  - Top10 sloten en greppels
- Buisdrainage;
- Oppervlakkige afvoer.

*Oppervlaktewater*

Voor het oppervlaktewatersysteem is de ligging en afmetingen van de Vecht en (belangrijkste) leggerwatergangen redelijk tot goed in beeld. Voor wat betreft de ligging en afmetingen van de Top10 sloten en greppels zijn er grotere onzekerheden. De ligging van greppels laat in gebieden met veel begroeiing te wensen over en is incompleet en in veel gevallen foutief ingeschat. Voor de overige gebieden gaat dit aanzienlijk beter.
Als het gaat om de drainageweerstand van het oppervlaktewater is deze lastig in te schatten. Gemiddeld genomen ligt de drainageweerstand ergens tussen de 1 en 20 dagen. Deze parameter is lastig te meten en ook nog eens uitwisselbaar met de doorlatendheid en weerstand van de deklaag. Om een goede inschatting te maken voor wat betreft de juistheid van de gekozen weerstandswaarde kan het helpen om een vergelijking te maken met gemeten afvoeren in het oppervlaktewatersysteem.

*Buisdrainage*

Voor de toekenning van buisdrainage aan vlakken is een statistische methode op basis van de grootte van het perceel, het landgebruik en het percentage gedraineerd oppervlak per bodem-GT combinatie. Omdat de

buisdrainage dus min of meer random wordt toegekend, zal het wel of niet voorkomen van buisdrainage regionaal gemiddeld overeenkomen met de werkelijkheid, maar op perceelsniveau kan het afwijken van de daadwerkelijke situatie (Hoogewoud e.a, 2011)[35] .

*Oppervlakkige afvoer*

De oppervlakkige afvoer kan op zichzelf redelijk tot goed worden berekend in het grondwatermodel, maar er vindt geen terugkoppeling plaats met het oppervlaktewatermodel. In de praktijk is het dan ook mogelijk dat door bv. het dempen van watergangen de piekafvoeren toenemen. Er kan op twee manieren oppervlakkige afvoer ontstaan. Dit kan door een teveel aan water van boven (neerslag>infiltratiecapaciteit) en een teveel aan water van onder (grondwaterstand hoger dan maaiveld).

***Grondwateraanvulling***

Voor de grondwateraanvulling wordt in het grondwatermodel gebruik gemaakt van de MetaSWAP-module. MetaSWAP is een 'meta'-model van SWAP dat gebruikt wordt om SWAP te vervangen bij het grootschalig doorrekenen van bodem-plant-atmosfeer-kolommen. In deze module worden de processen in de onverzadigde zone per kolom berekend en wordt daarmee een vertaling gemaakt van de neerslag- en verdampingsgegevens naar een grondwateraanvulling. De vochthuishouding van de onverzadigde zone en daarmee de grondwateraanvulling is echter niet of nauwelijks te calibreren of te meten.

De grondwateraanvulling is afhankelijk van het Landelijk Grondgebruik Nederland (LGN). Het LGN is een landsdekkend rasterbestand met een resolutie van 25 m waarin 39 vormen van landgebruik zijn onderscheiden. In het bestand worden de belangrijkste landbouwgewassen, een aantal natuurklassen en stedelijke klassen onderscheiden. Versie 5 (LGN5) is vervaardigd met behulp van satellietbeelden van 2004 en 2005 en andere relevante ruimtelijke informatie. Sinds 1986 wordt het bestand met een frequentie van eens per 3-5 jaar gemaakt. LGN is een product van het Centrum voor Geo-informatie dat onderdeel uitmaakt van het WageningenUniversiteit en Research centrum.

Het landgebruik wordt in het grondwatermodel gebruikt om de grondwateraanvulling te bepalen. Aanvullend wordt het LGN gebruikt voor de schade-bepaling van de landbouwgewassen. Het LGN is echter een momentopname, veranderingen van landgebruik zoals boomkap en gewasrotatie komt hier niet uit naar voren.

***Onttrekkingen***

Voor wat betreft de onttrekkingen is de onderstaande verdeling te maken:

- Drinkwaterwinning;
- Industriële onttrekkingen;
- Beregeningsputten en tijdelijke onttrekkingen

Ligging winputten voor wat betreft drinkwaterwinning wel duidelijk, maar de verdeling van onttrokken water per winput is weinig of geen inzicht. Voor wat betreft de diepte en/of verdeling van gewonnen grondwater is ook weinig tot geen inzicht.

[35] *MIPWA 2.0 Update van het topsysteem. Kenmerk: 1201954-000, Hoogewoud e.a., 2011*

Industriële onttrekkingen met vergunning zijn wel in beeld, exacte locatie en daadwerkelijk onttrokken debiet niet altijd.

Beregeningsputten en tijdelijke onttrekkingen is in het geheel weinig of geen inzicht.

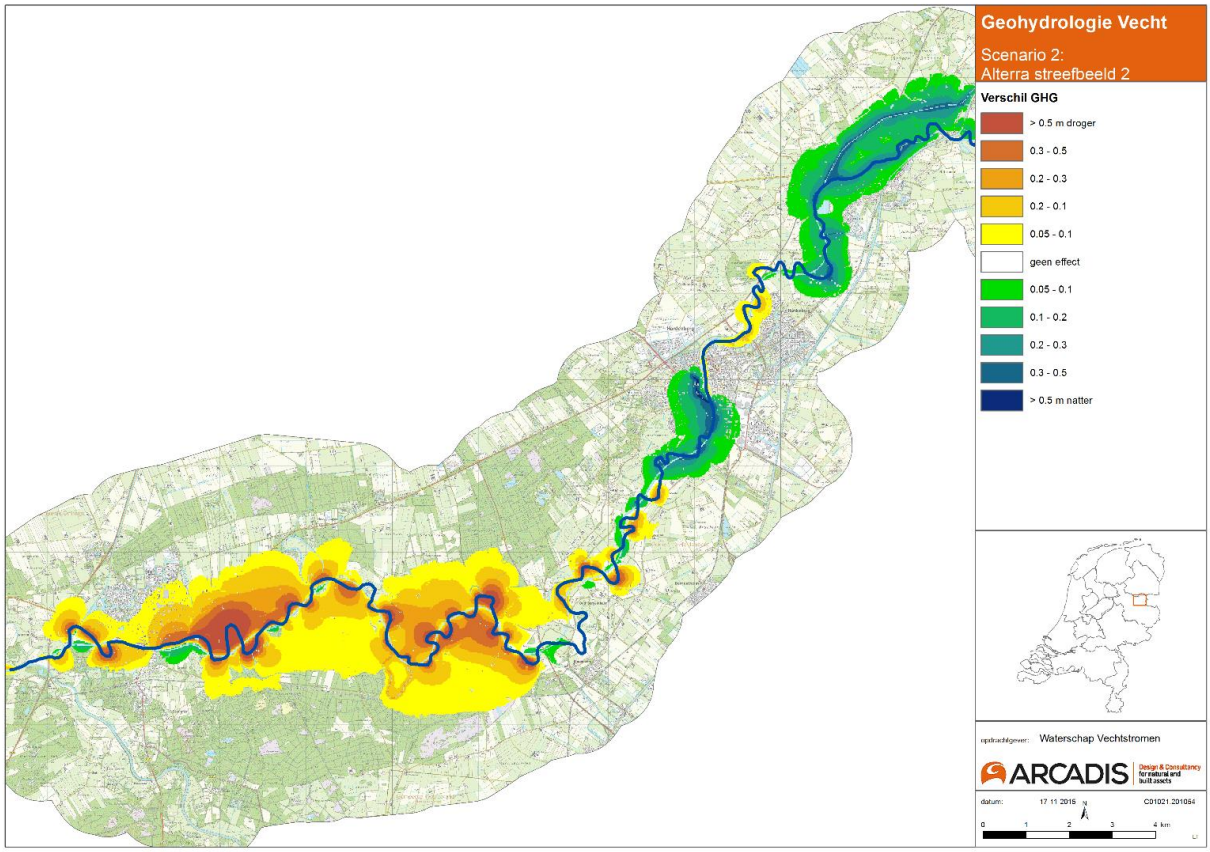
***Grondwatermeetreeksen***

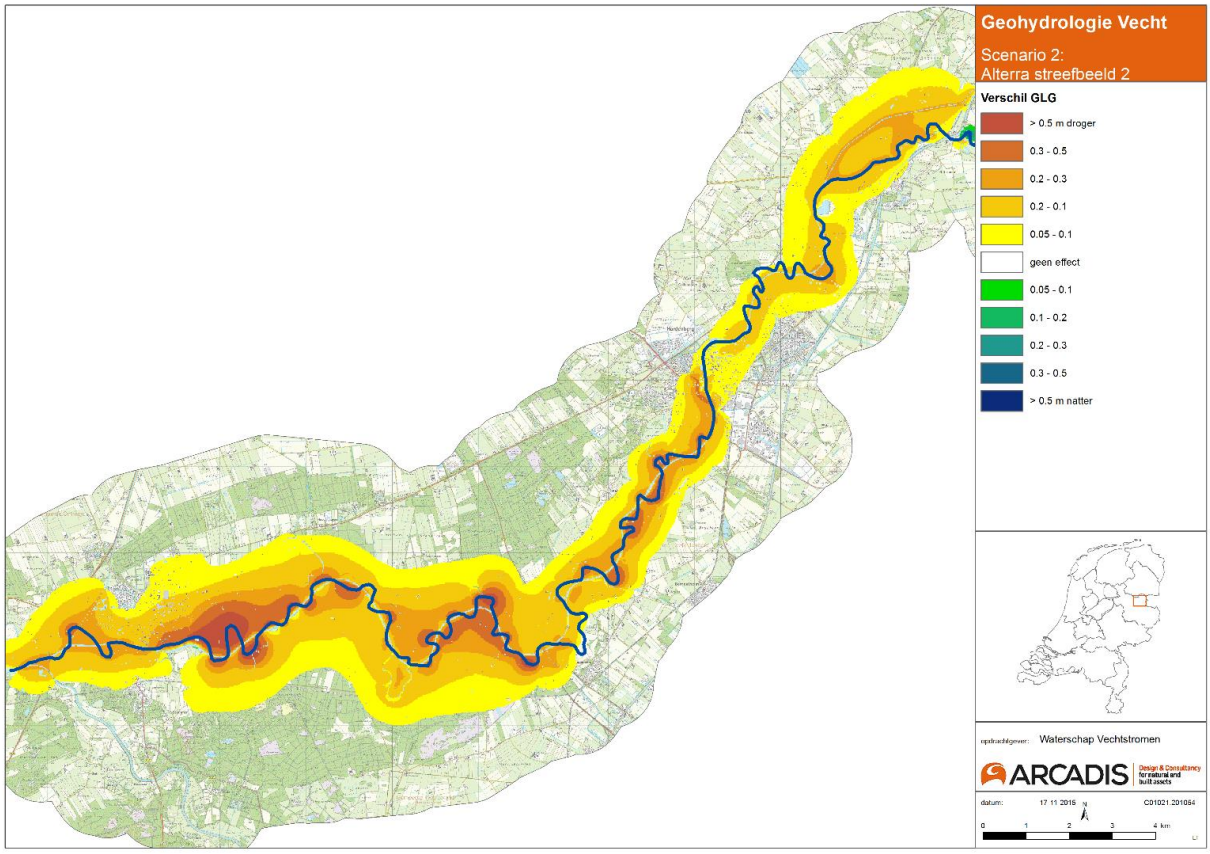
Het grootste deel van de geplaatste peilbuizen zijn geplaatst in het agrarische gebied. Echter vanuit de bereikbaarheid en (mogelijke) hinder van de peilbuizen worden peilbuizen in veel gevallen (te) dicht bij sloten/greppels geplaatst, waardoor er een systematische fout ontstaat. Wanneer deze meetgegevens worden gebruikt voor de kalibratie van het model dan worden de parameters in een kalibratie niet goed ingeschat. Bovendien moeten de meetgegevens ook worden gekalibreerd, wat in veel van de gevallen niet wordt gedaan. Er dient dan ook rekening te worden gehouden met een 'meetonnauwkeurigheid' van enkele centimeters.

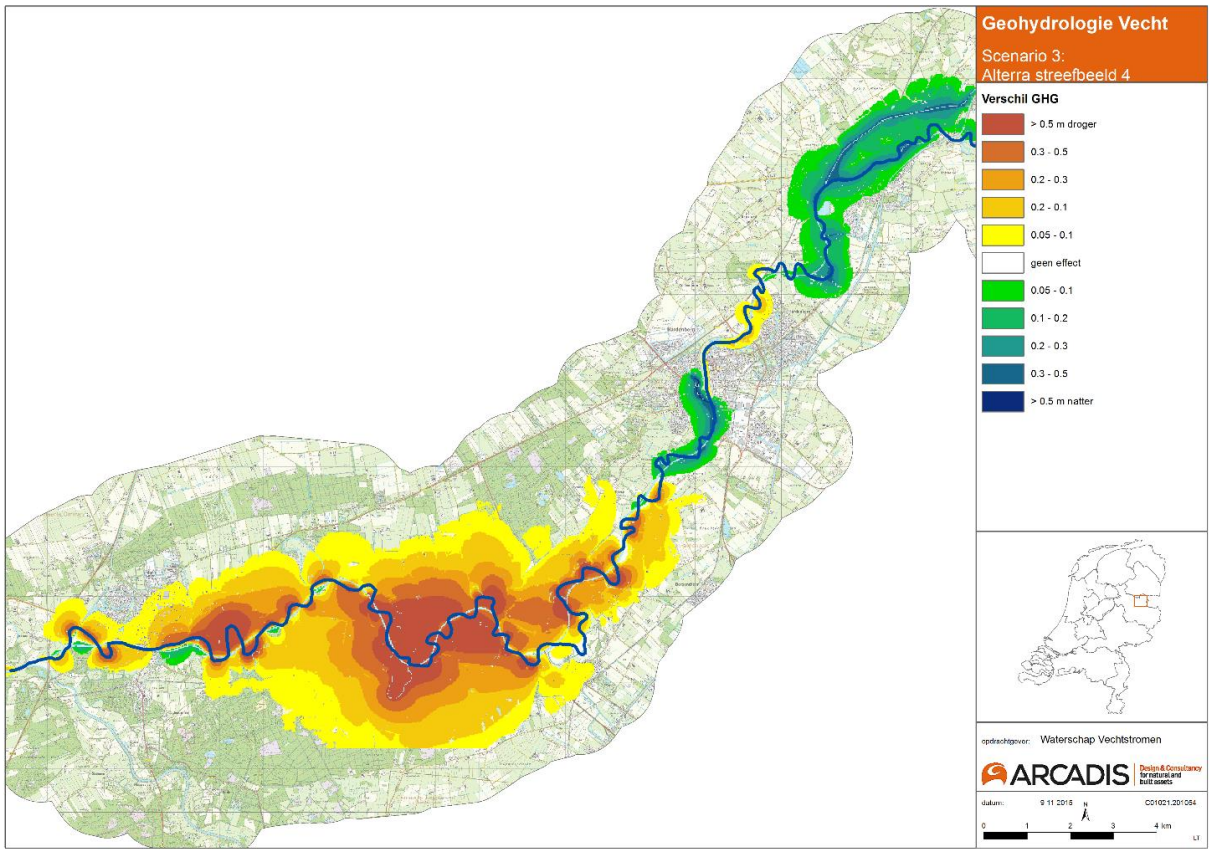
***Kalibratie***

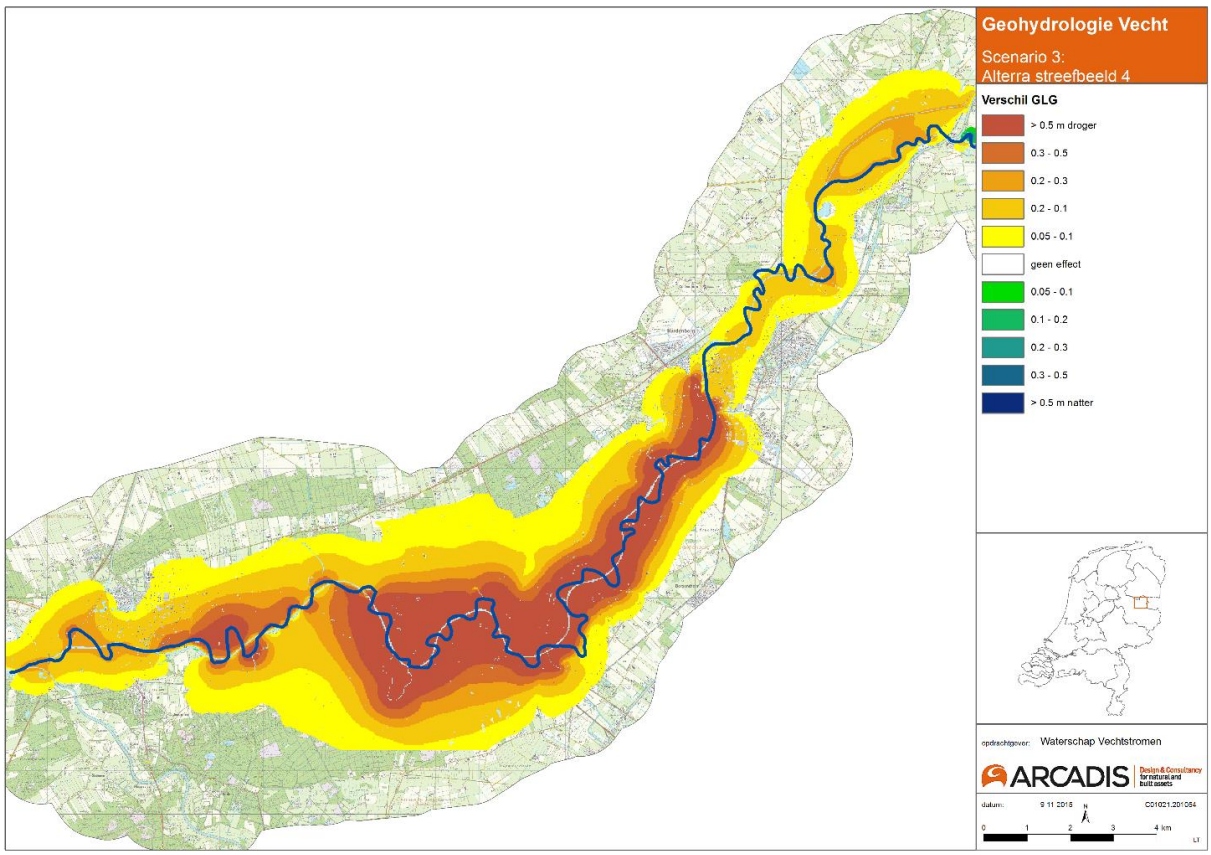
Door het model te kalibreren is het mogelijk de grootte van onzekere parameters te bepalen door de waarden systematisch te variëren en de respectieve modeluitkomsten te toetsen aan gegevens waarover meer zekerheid bestaat en daarna die waarden van de onzekere parameters te accepteren die het beste uit de toets tevoorschijn komen. Echter een (grondwater)model is en blijft een simulatie van de werkelijheid. Het verschil tussen de gemeten en berekende grondwaterstand/stijghoogte varieert per locatie. De berekende afwijking van het model is veelal kleiner dan 10 cm. De gemiddelde afwijking bedraagt 15cm.

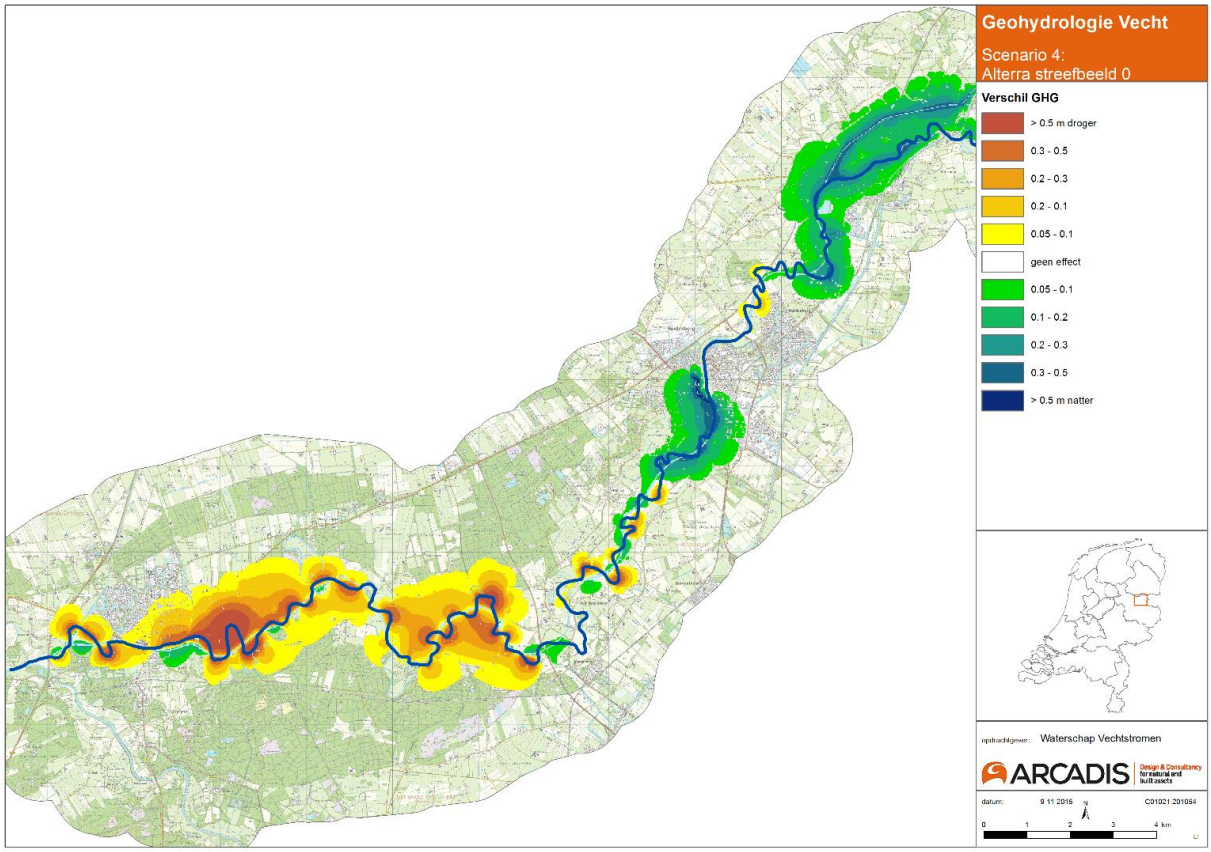
# Bijlage 4 Effecten grondwater

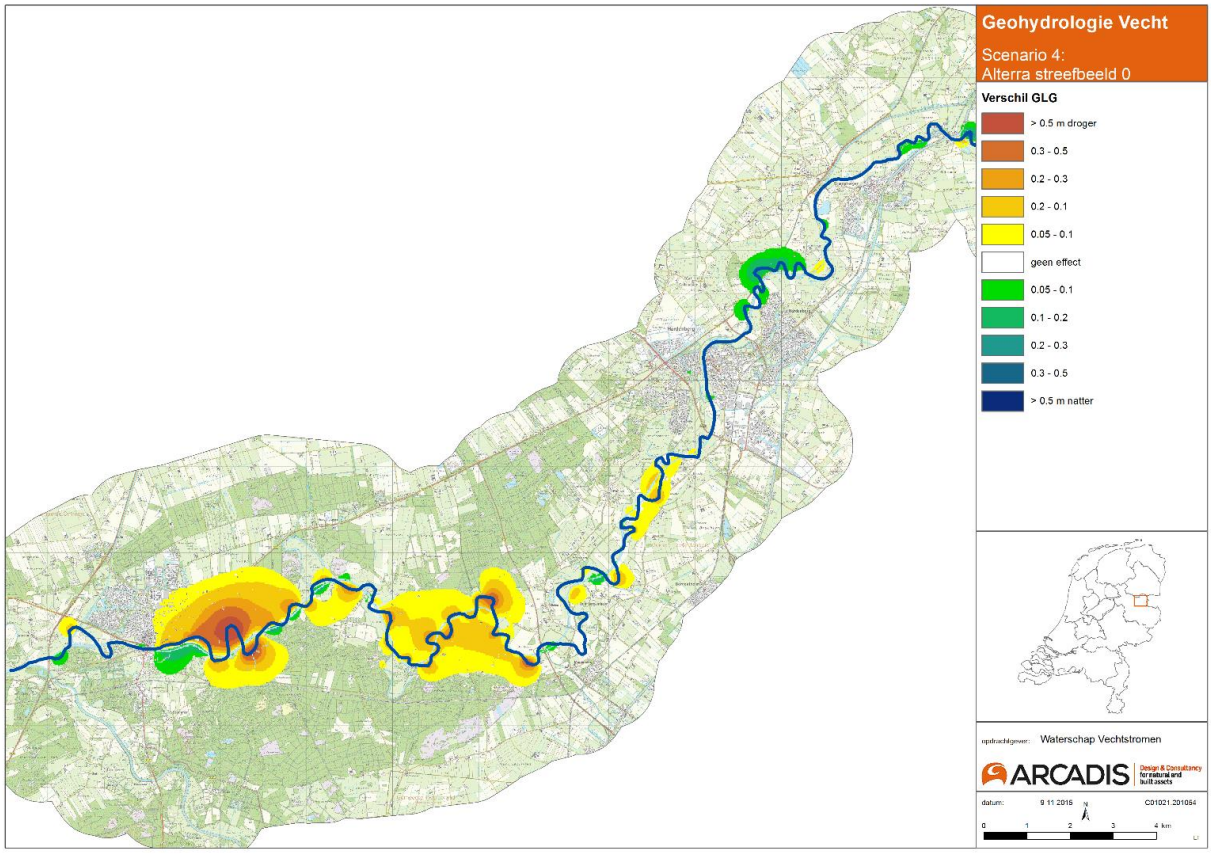

Geohydrologie Vecht
Scenario 2:
Alterra streefbeeld 2
Verschil GHG
> 0.5 m droger
0.3 - 0.5
0.2 - 0.3
0.2 - 0.1
0.05 - 0.1
geen effect
0.05 - 0.1
0.1 - 0.2
0.2 - 0.3
0.3 - 0.5
> 0.5 m natter
opdrachtgever: Waterschap Vechtstromen
ARCADIS
Design & Consultancy for natural and built assets
datum: 17 11 2016
C01021.201064
0 1 2 3 4 km

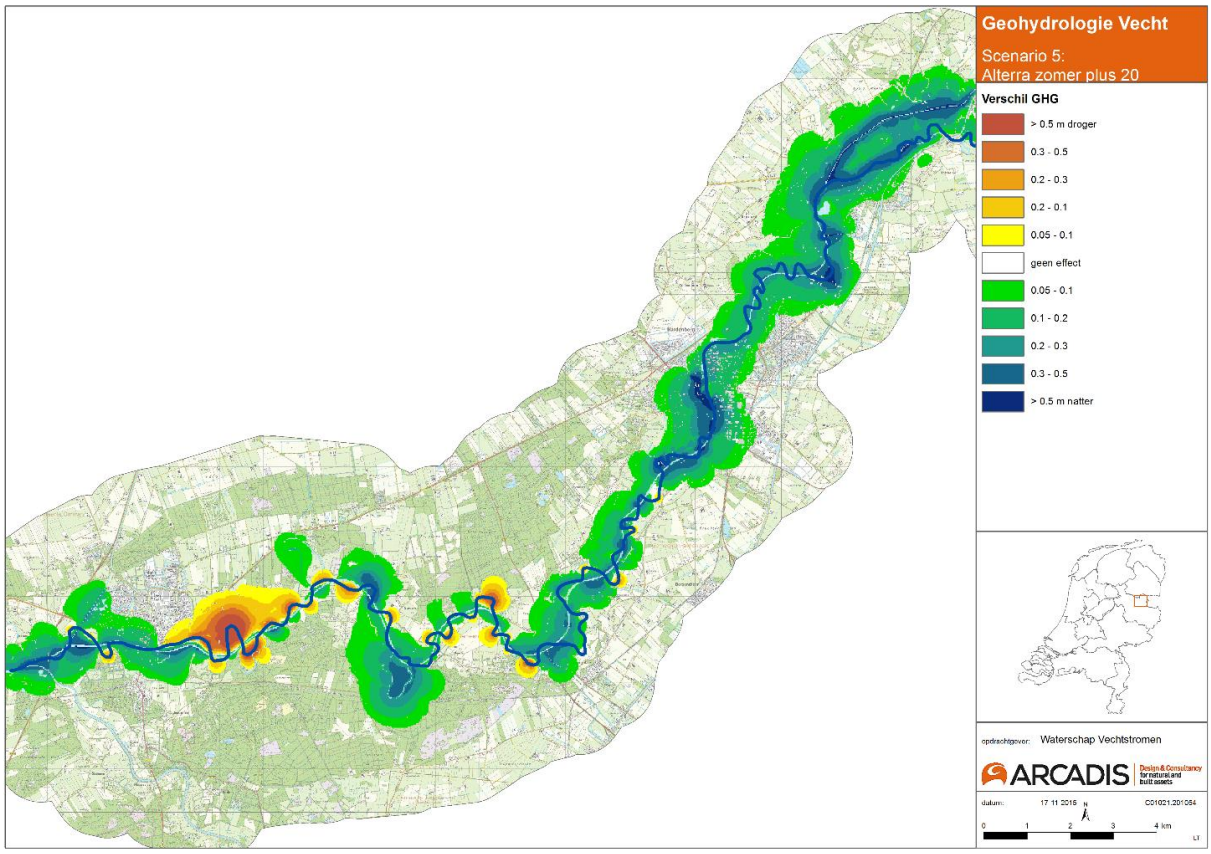

Geohydrologie Vecht
Scenario 2:
Alterra streefbeeld 2
Verschil GLG
> 0.5 m droger
0.3 - 0.5
0.2 - 0.3
0.2 - 0.1
0.05 - 0.1
geen effect
0.05 - 0.1
0.1 - 0.2
0.2 - 0.3
0.3 - 0.5
> 0.5 m natter
opdrachtgever: Waterschap Vechtstromen
ARCADIS
Design & Consultancy for natural and built assets
datum: 17 11 2016
C01021.201064
0 1 2 3 4 km

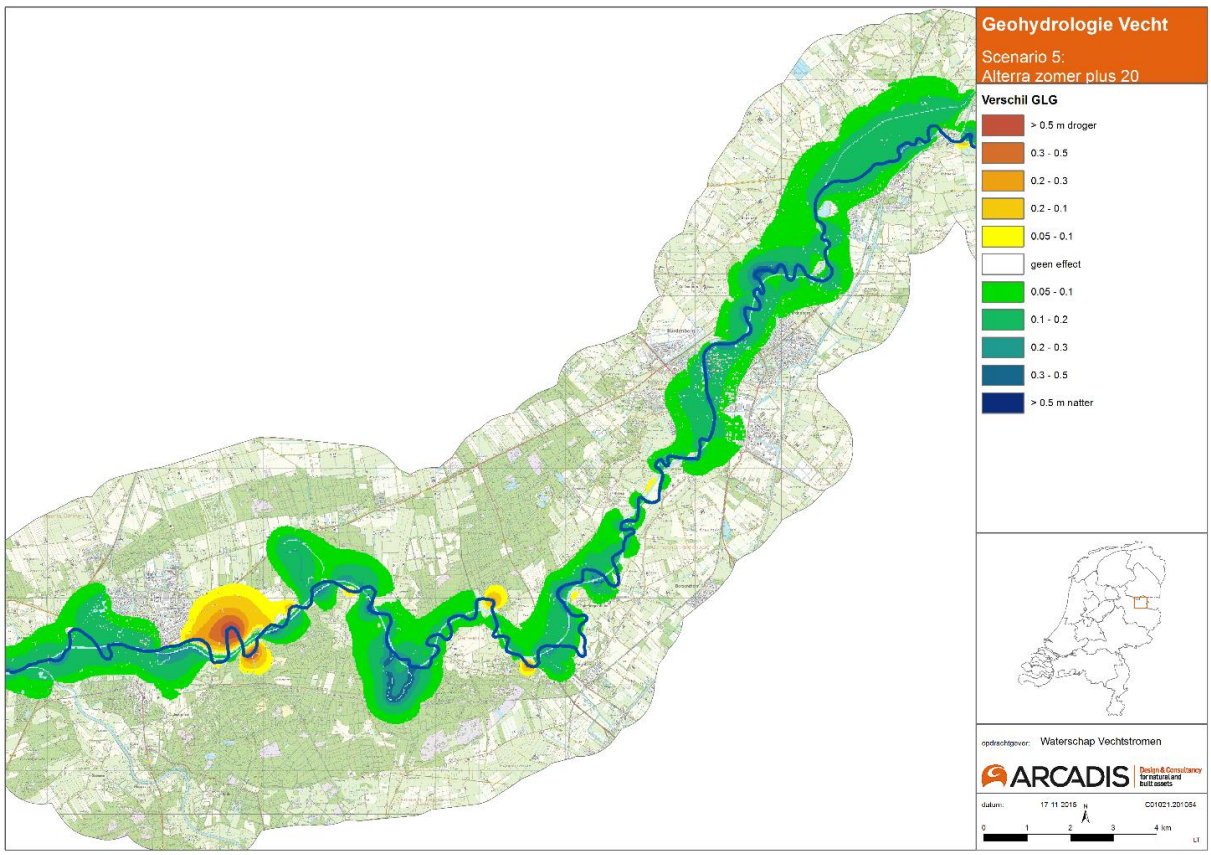

Geohydrologie Vecht
Scenario 3:
Alterra streefbeeld 4
Verschil GHG
> 0.5 m droger
0.3 - 0.5
0.2 - 0.3
0.2 - 0.1
0.05 - 0.1
geen effect
0.05 - 0.1
0.1 - 0.2
0.2 - 0.3
0.3 - 0.5
> 0.5 m natter
opdrachtgever: Waterschap Vechtstromen
ARCADIS
Design & Consultancy for natural and built assets
datum: 9 11 2015
C01021.201064
0 1 2 3 4 km

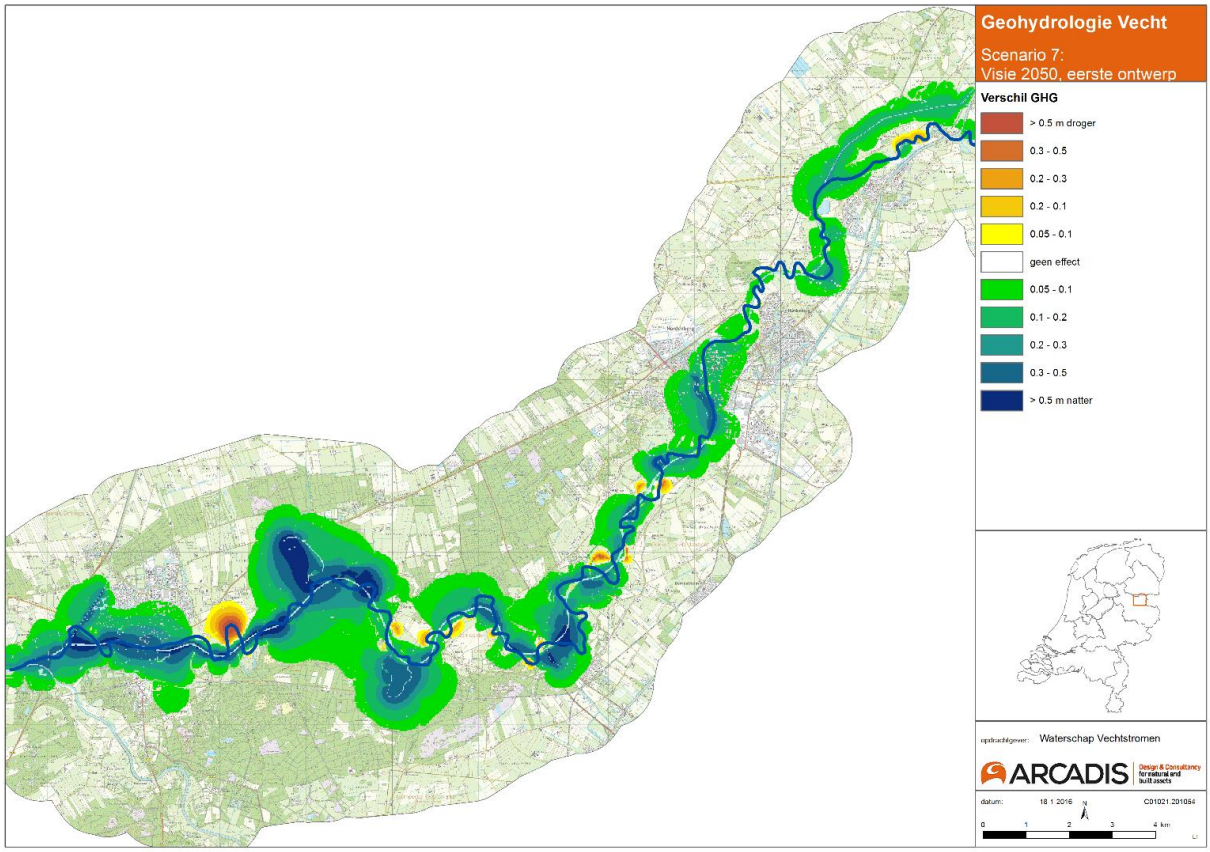

Geohydrologie Vecht
Scenario 3:
Alterra streefbeeld 4
Verschil GLG
> 0.5 m droger
0.3 - 0.5
0.2 - 0.3
0.2 - 0.1
0.05 - 0.1
geen effect
0.05 - 0.1
0.1 - 0.2
0.2 - 0.3
0.3 - 0.5
> 0.5 m natter
opdrachtgever: Waterschap Vechtstromen
ARCADIS
Design & Consultancy for natural and built assets
datum: 9 11 2015
C01021.201064
0 1 2 3 4 km

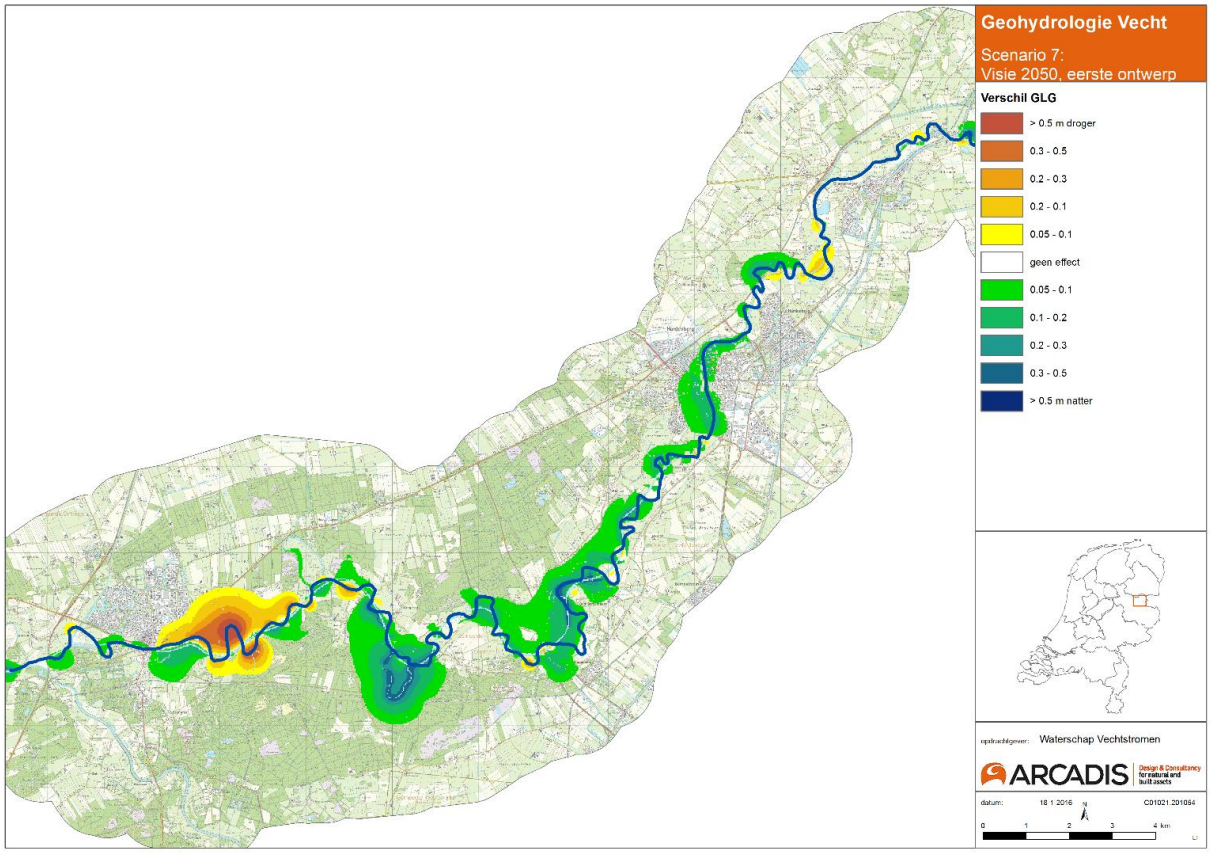

Geohydrologie Vecht
Scenario 4:
Alterra streefbeeld 0
Verschil GHG
> 0.5 m droger
0.3 - 0.5
0.2 - 0.3
0.2 - 0.1
0.05 - 0.1
geen effect
0.05 - 0.1
0.1 - 0.2
0.2 - 0.3
0.3 - 0.5
> 0.5 m natter
opdrachtgever: Waterschap Vechtstromen
ARCADIS
Design & Consultancy for natural and built assets
datum: 9 11 2016
C01021.201054
0 1 2 3 4 km

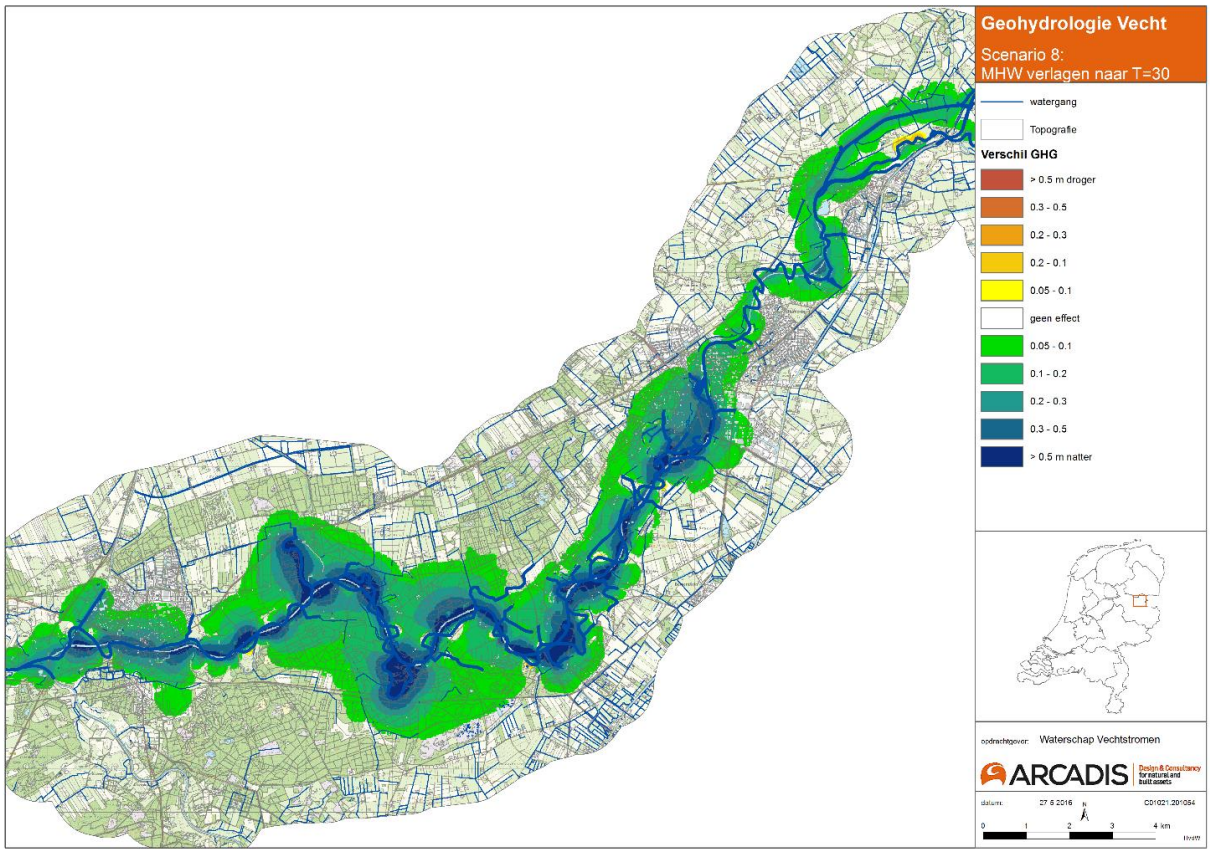

Geohydrologie Vecht
Scenario 4:
Alterra streefbeeld 0
Verschil GLG
> 0.5 m droger
0.3 - 0.5
0.2 - 0.3
0.2 - 0.1
0.05 - 0.1
geen effect
0.05 - 0.1
0.1 - 0.2
0.2 - 0.3
0.3 - 0.5
> 0.5 m natter
opdrachtgever: Waterschap Vechtstromen
ARCADIS
Design & Consultancy for natural and built assets
datum: 9 11 2016
C01021.201054
0 1 2 3 4 km

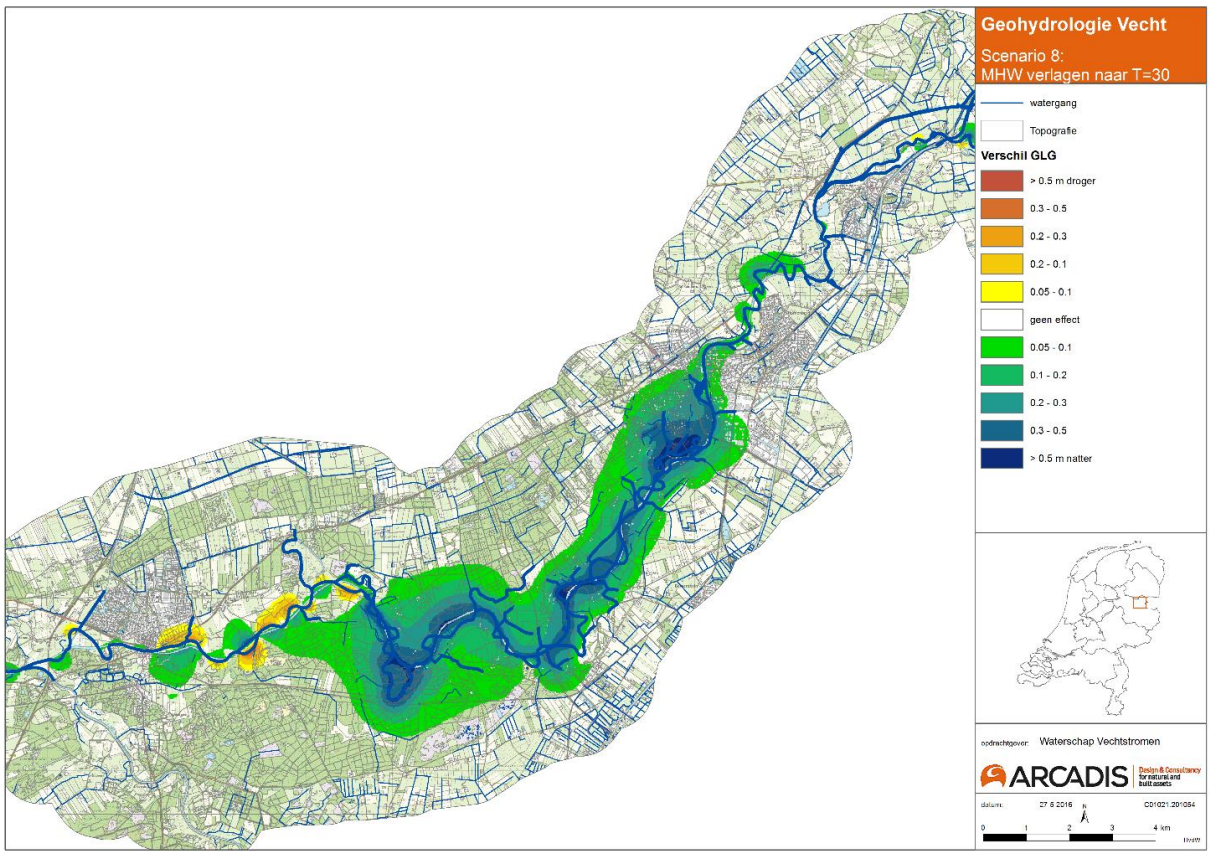

Geohydrologie Vecht
Scenario 5:
Alterra zomer plus 20
Verschil GHG
> 0.5 m droger
0.3 - 0.5
0.2 - 0.3
0.2 - 0.1
0.05 - 0.1
geen effect
0.05 - 0.1
0.1 - 0.2
0.2 - 0.3
0.3 - 0.5
> 0.5 m natter
opdrachtgever: Waterschap Vechtstromen
ARCADIS
Design & Consultancy for natural and built assets
datum: 17 11 2015
C01021.201064
0 1 2 3 4 km

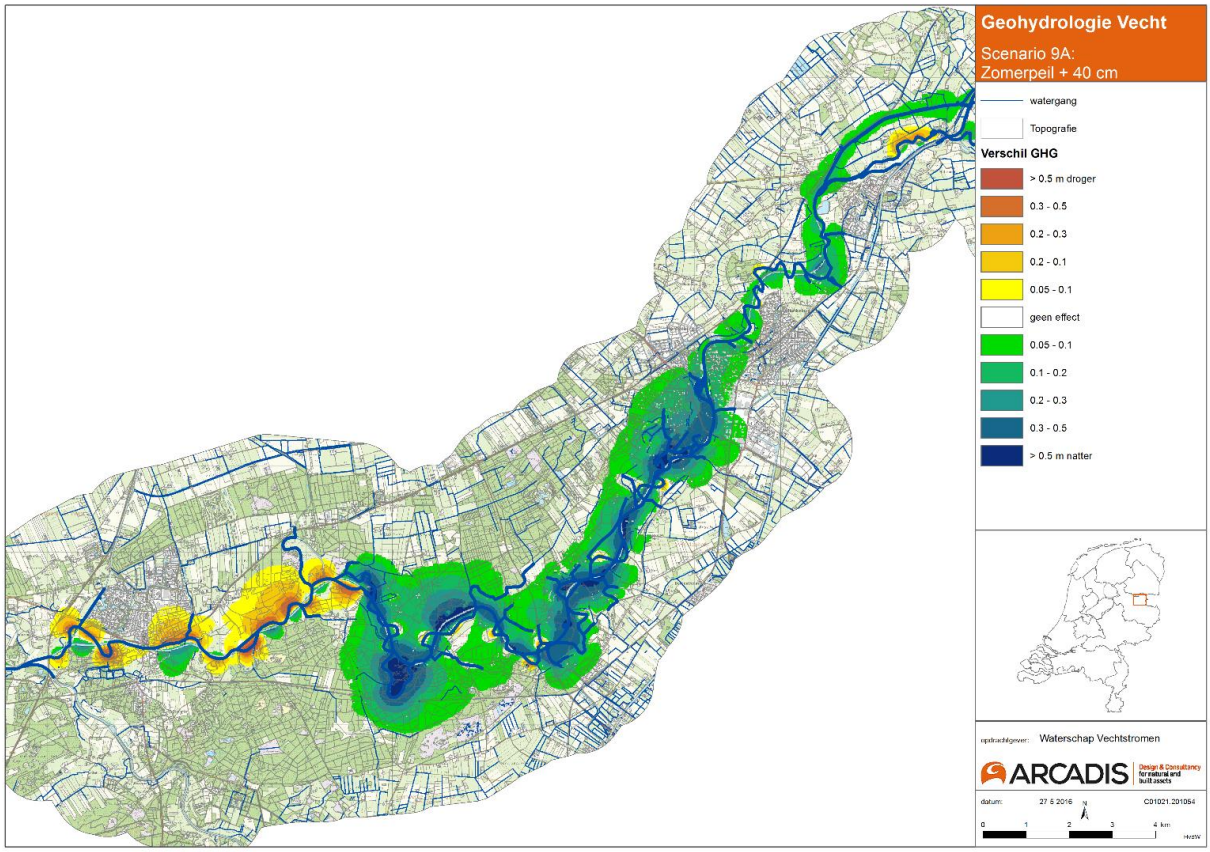

Geohydrologie Vecht
Scenario 5:
Alterra zomer plus 20
Verschil GLG
> 0.5 m droger
0.3 - 0.5
0.2 - 0.3
0.2 - 0.1
0.05 - 0.1
geen effect
0.05 - 0.1
0.1 - 0.2
0.2 - 0.3
0.3 - 0.5
> 0.5 m natter
opdrachtgever: Waterschap Vechtstromen
ARCADIS
Design & Consultancy for natural and built assets
datum: 17 11 2015
C01021.201064
0 1 2 3 4 km

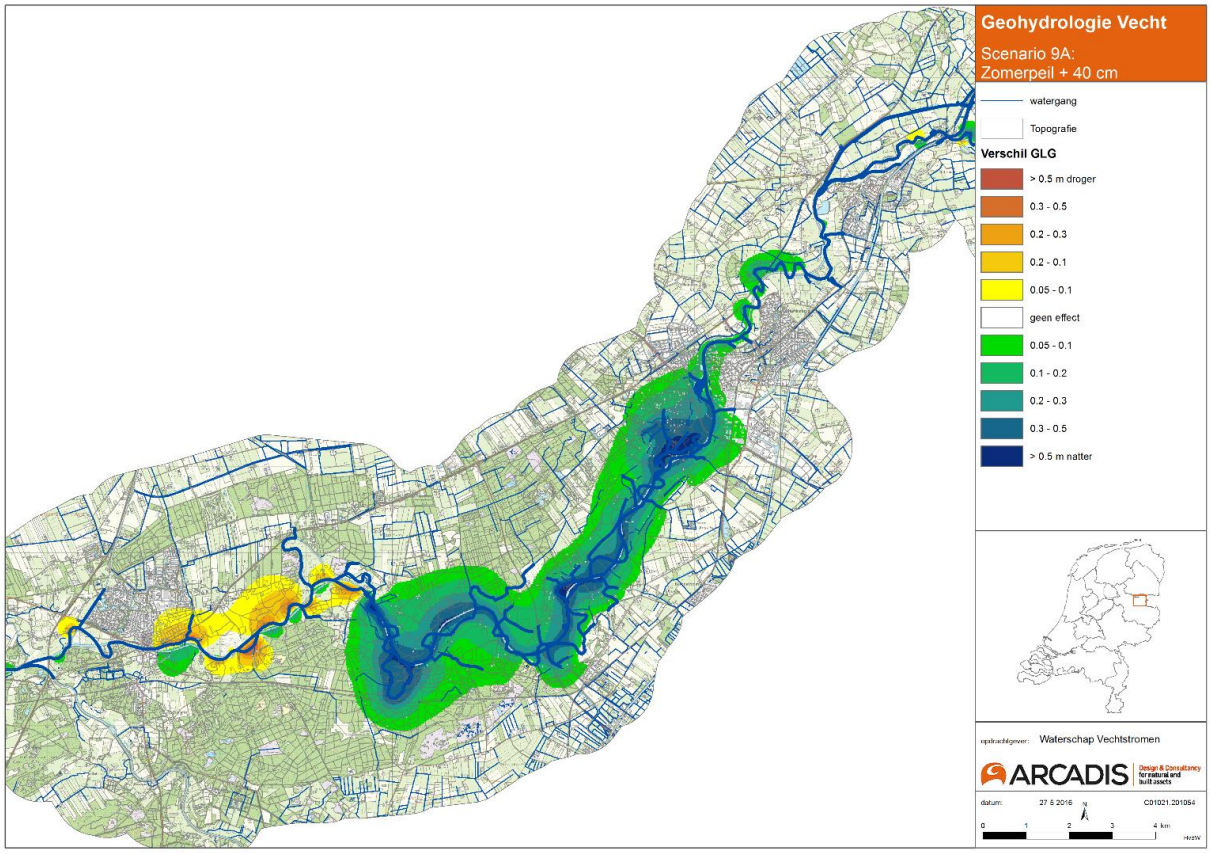

Geohydrologie Vecht
Scenario 7:
Visie 2050, eerste ontwerp
Verschil GHG
> 0.5 m droger
0.3 - 0.5
0.2 - 0.3
0.2 - 0.1
0.05 - 0.1
geen effect
0.05 - 0.1
0.1 - 0.2
0.2 - 0.3
0.3 - 0.5
> 0.5 m natter
opdrachtgever: Waterschap Vechtstromen
ARCADIS
Design & Consultancy for natural and built assets
datum: 18 1 2016
C01021.201054
0 1 2 3 4 km

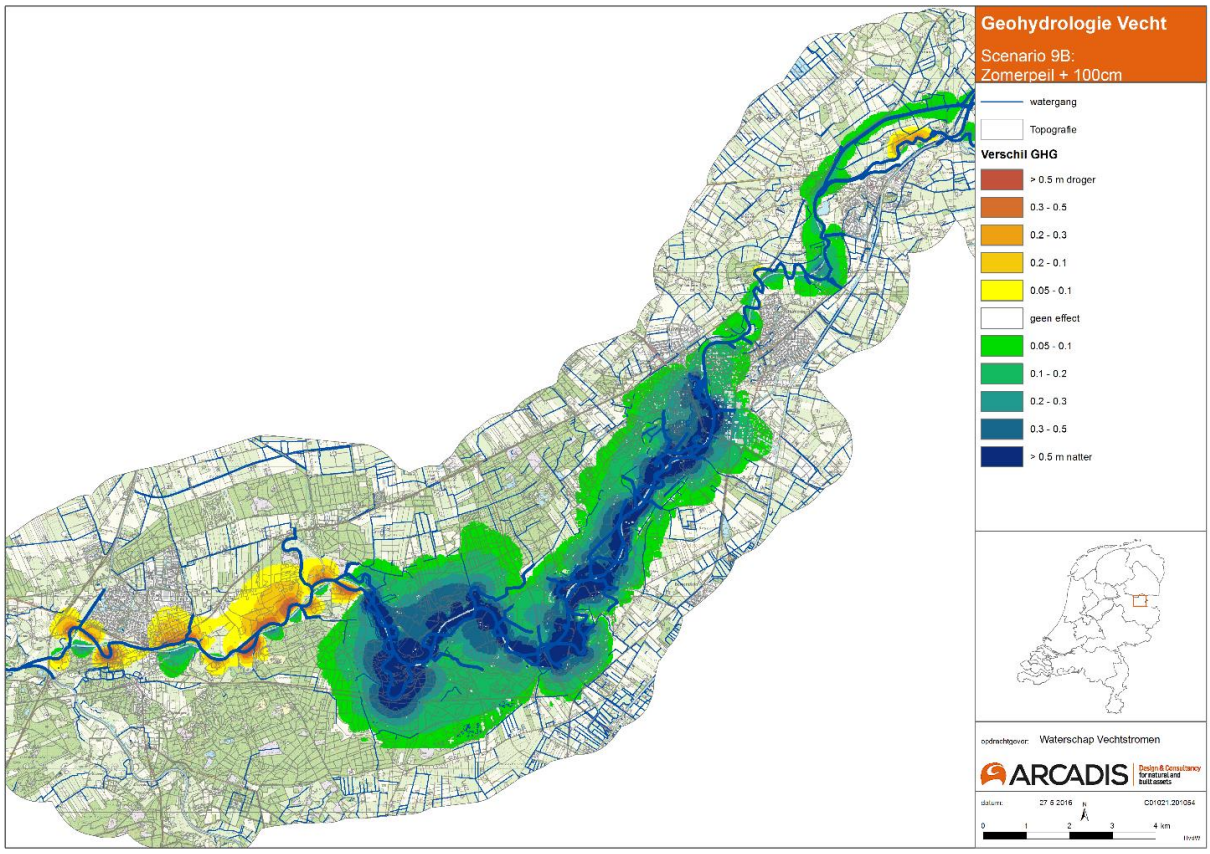

Geohydrologie Vecht
Scenario 7:
Visie 2050, eerste ontwerp
Verschil GLG
> 0.5 m droger
0.3 - 0.5
0.2 - 0.3
0.2 - 0.1
0.05 - 0.1
geen effect
0.05 - 0.1
0.1 - 0.2
0.2 - 0.3
0.3 - 0.5
> 0.5 m natter
opdrachtgever: Waterschap Vechtstromen
ARCADIS
Design & Consultancy for natural and built assets
datum: 18 1 2016
C01021.201054
0 1 2 3 4 km

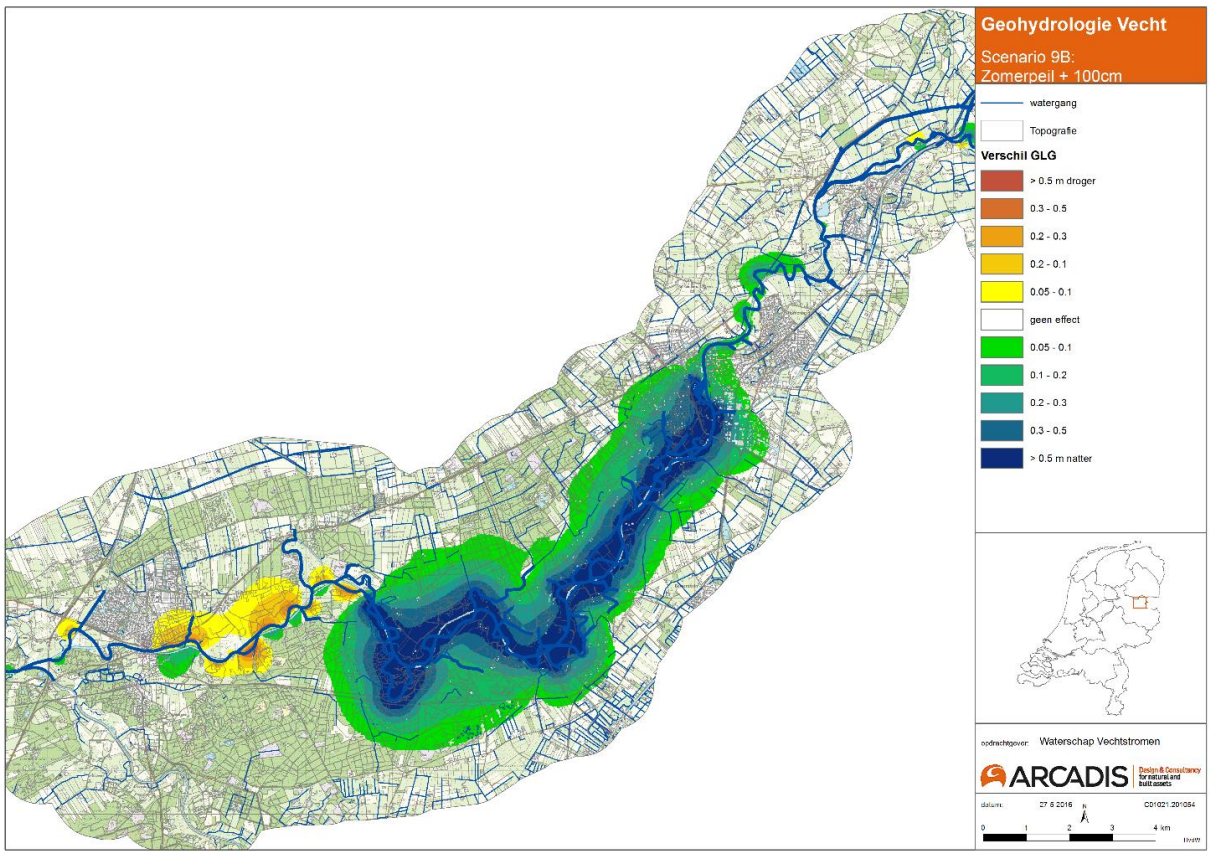

Geohydrologie Vecht
Scenario 8:
MHW verlagen naar T=30
watergang
Topografie
Verschil GHG
> 0.5 m droger
0.3 - 0.5
0.2 - 0.3
0.2 - 0.1
0.05 - 0.1
geen effect
0.05 - 0.1
0.1 - 0.2
0.2 - 0.3
0.3 - 0.5
> 0.5 m natter
opdrachtgever: Waterschap Vechtstromen
ARCADIS
Design & Consultancy for natural and built assets
datum: 27 6 2016
C01021.201054
0 1 2 3 4 km

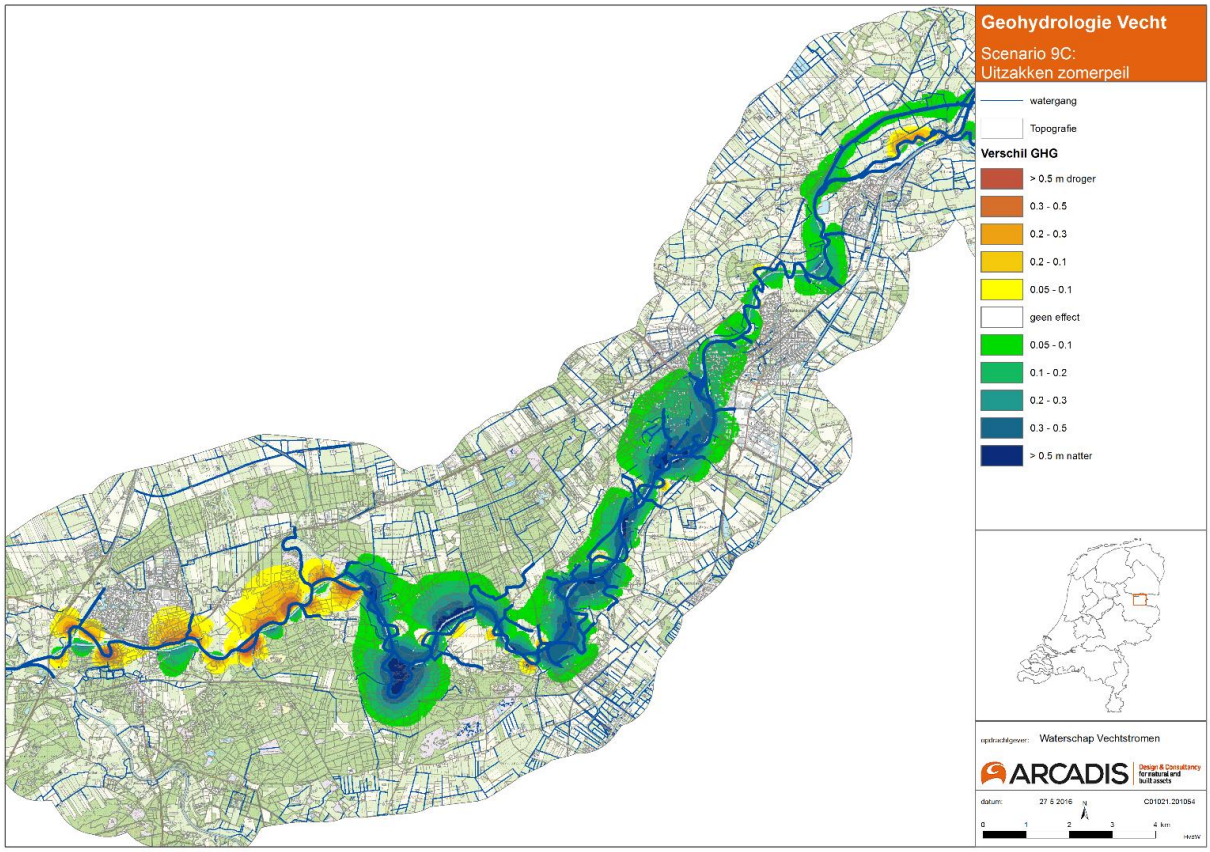

Geohydrologie Vecht
Scenario 8:
MHW verlagen naar T=30
watergang
Topografie
Verschil GLG
> 0.5 m droger
0.3 - 0.5
0.2 - 0.3
0.2 - 0.1
0.05 - 0.1
geen effect
0.05 - 0.1
0.1 - 0.2
0.2 - 0.3
0.3 - 0.5
> 0.5 m natter
opdrachtgever: Waterschap Vechtstromen
ARCADIS
Design & Consultancy for natural and built assets
datum: 27 6 2016
C01021.201054
0 1 2 3 4 km

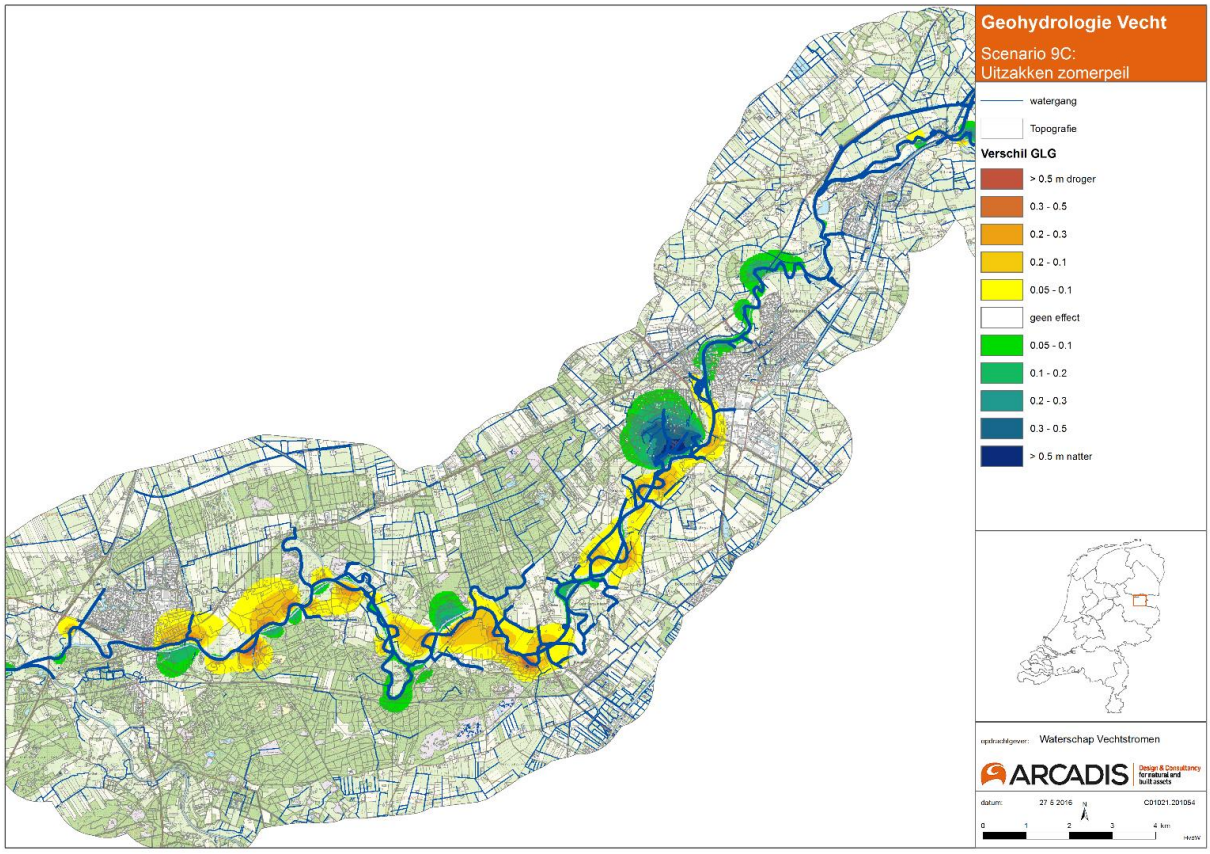

Geohydrologie Vecht
Scenario 9A:
Zomerpeil + 40 cm
watergang
Topografie
Verschil GHG
> 0.5 m droger
0.3 - 0.5
0.2 - 0.3
0.2 - 0.1
0.05 - 0.1
geen effect
0.05 - 0.1
0.1 - 0.2
0.2 - 0.3
0.3 - 0.5
> 0.5 m natter
opdrachtgever: Waterschap Vechtstromen
ARCADIS
Design & Consultancy for natural and built assets
datum: 27 6 2016
C01021.201054
0 1 2 3 4 km

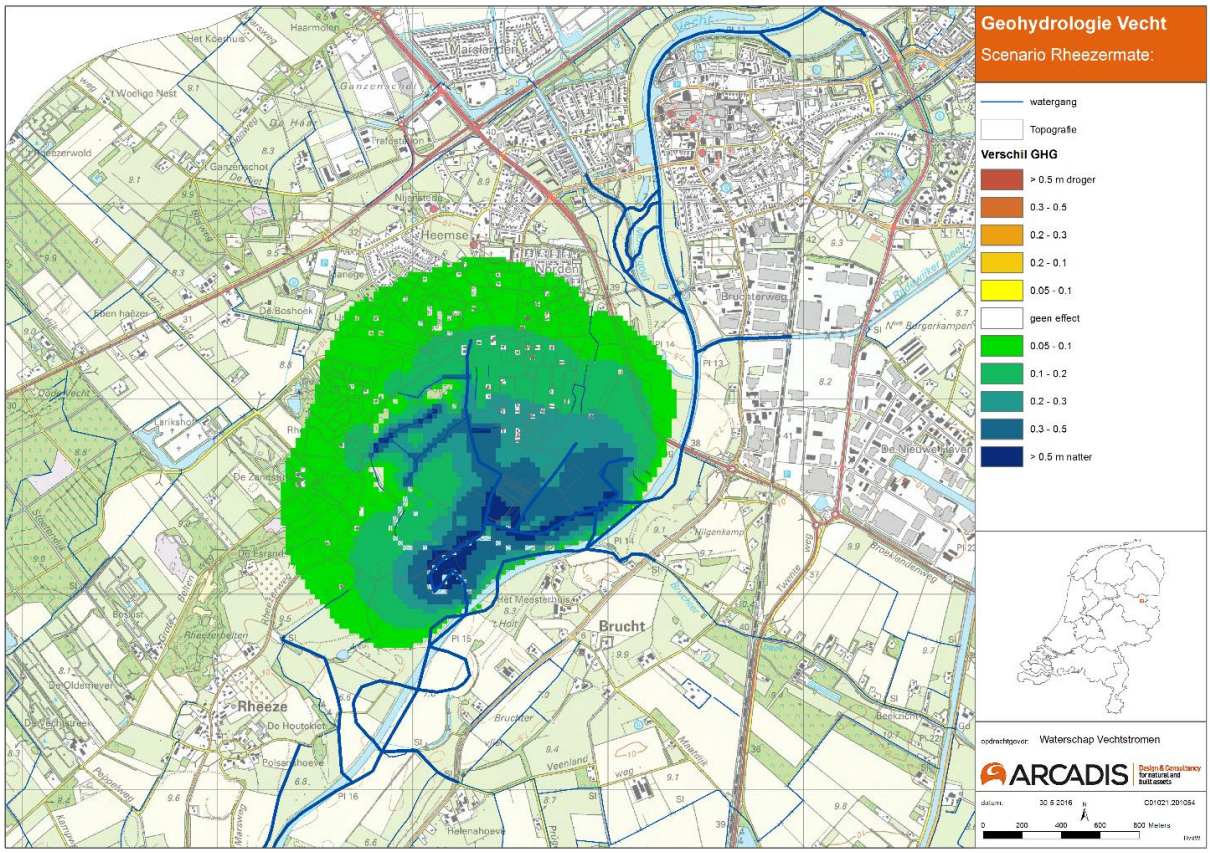

Geohydrologie Vecht
Scenario 9A:
Zomerpeil + 40 cm
watergang
Topografie
Verschil GLG
> 0.5 m droger
0.3 - 0.5
0.2 - 0.3
0.2 - 0.1
0.05 - 0.1
geen effect
0.05 - 0.1
0.1 - 0.2
0.2 - 0.3
0.3 - 0.5
> 0.5 m natter
opdrachtgever: Waterschap Vechtstromen
ARCADIS
Design & Consultancy for natural and built assets
datum: 27 6 2016
C01021.201054
0 1 2 3 4 km

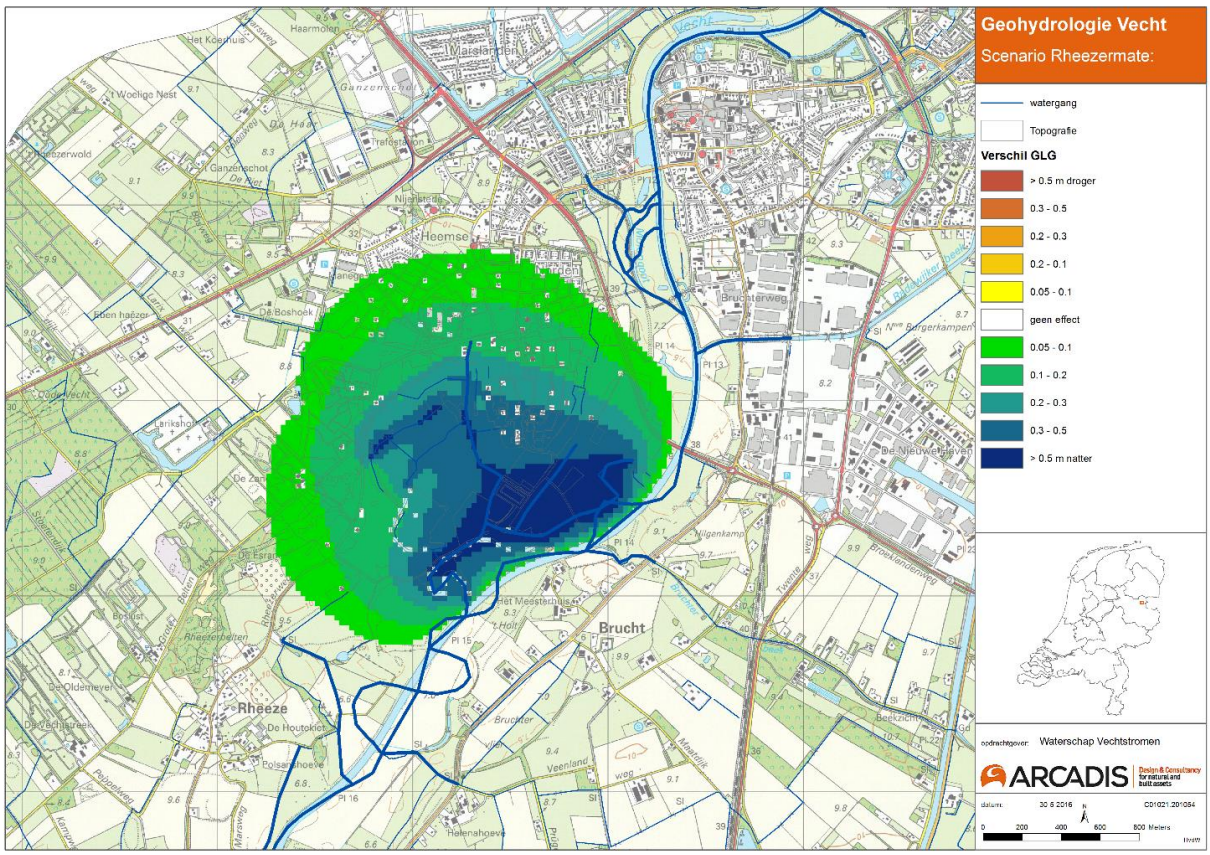

Geohydrologie Vecht
Scenario 9B:
Zomerpeil + 100cm
watergang
Topografie
Verschil GHG
> 0.5 m droger
0.3 - 0.5
0.2 - 0.3
0.2 - 0.1
0.05 - 0.1
geen effect
0.05 - 0.1
0.1 - 0.2
0.2 - 0.3
0.3 - 0.5
> 0.5 m natter
opdrachtgever: Waterschap Vechtstromen
ARCADIS
Design & Consultancy for natural and built assets
datum: 27-6-2016
C01021.201054
0 1 2 3 4 km

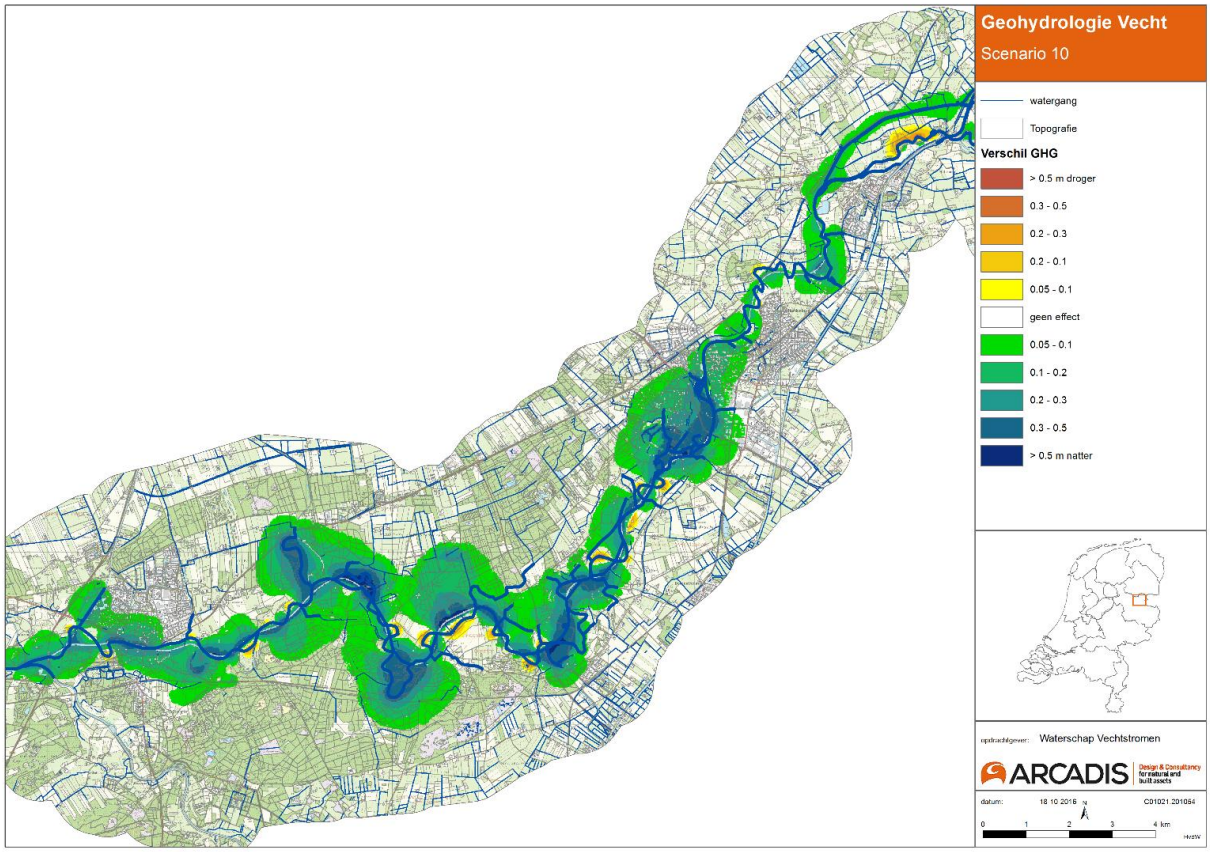

Geohydrologie Vecht
Scenario 9B:
Zomerpeil + 100cm
watergang
Topografie
Verschil GLG
> 0.5 m droger
0.3 - 0.5
0.2 - 0.3
0.2 - 0.1
0.05 - 0.1
geen effect
0.05 - 0.1
0.1 - 0.2
0.2 - 0.3
0.3 - 0.5
> 0.5 m natter
opdrachtgever: Waterschap Vechtstromen
ARCADIS
Design & Consultancy for natural and built assets
datum: 27-6-2016
C01021.201054
0 1 2 3 4 km

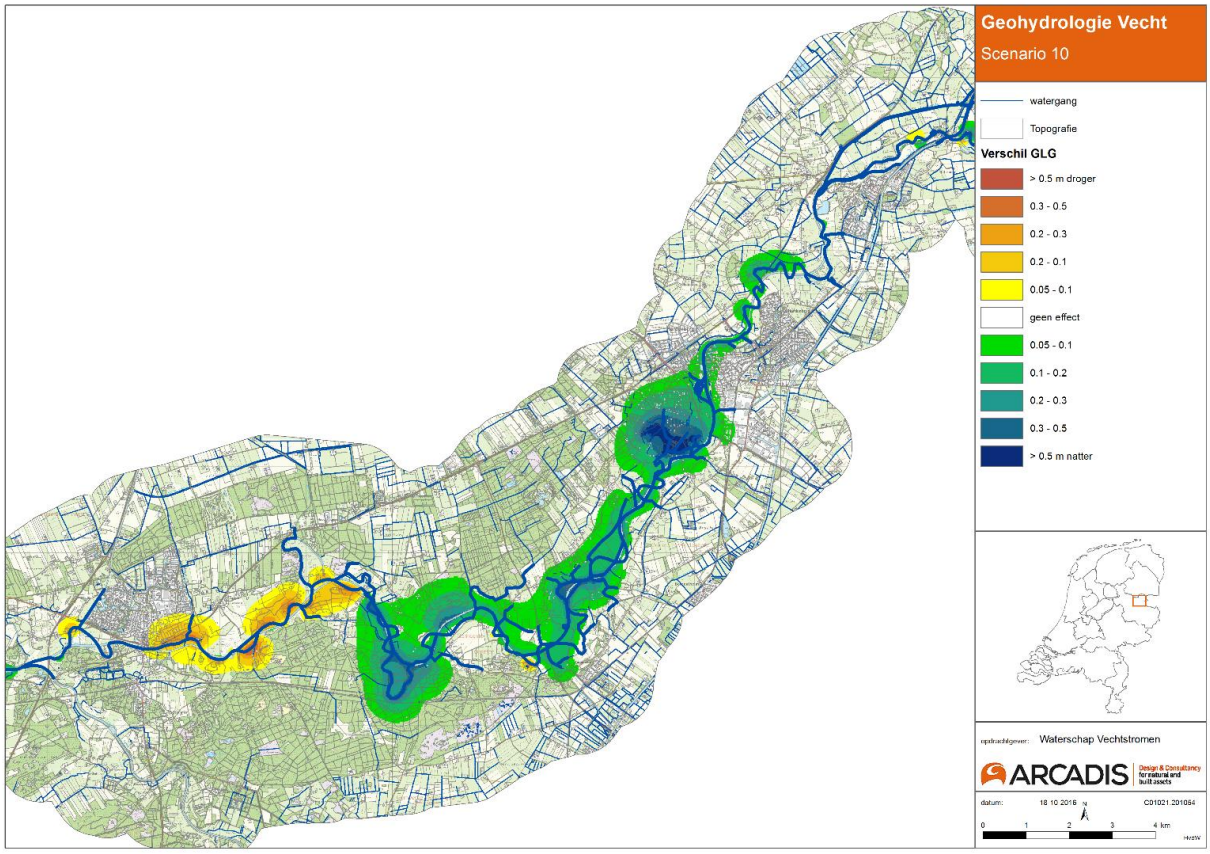

Geohydrologie Vecht
Scenario 9C:
Uitzakken zomerpeil
watergang
Topografie
Verschil GHG
> 0.5 m droger
0.3 - 0.5
0.2 - 0.3
0.2 - 0.1
0.05 - 0.1
geen effect
0.05 - 0.1
0.1 - 0.2
0.2 - 0.3
0.3 - 0.5
> 0.5 m natter
opdrachtgever:
Waterschap Vechtstromen
ARCADIS
Design & Consultancy for natural and built assets
datum:
27 6 2016
C01021.201054
0
1
2
3
4 km
Hr25V

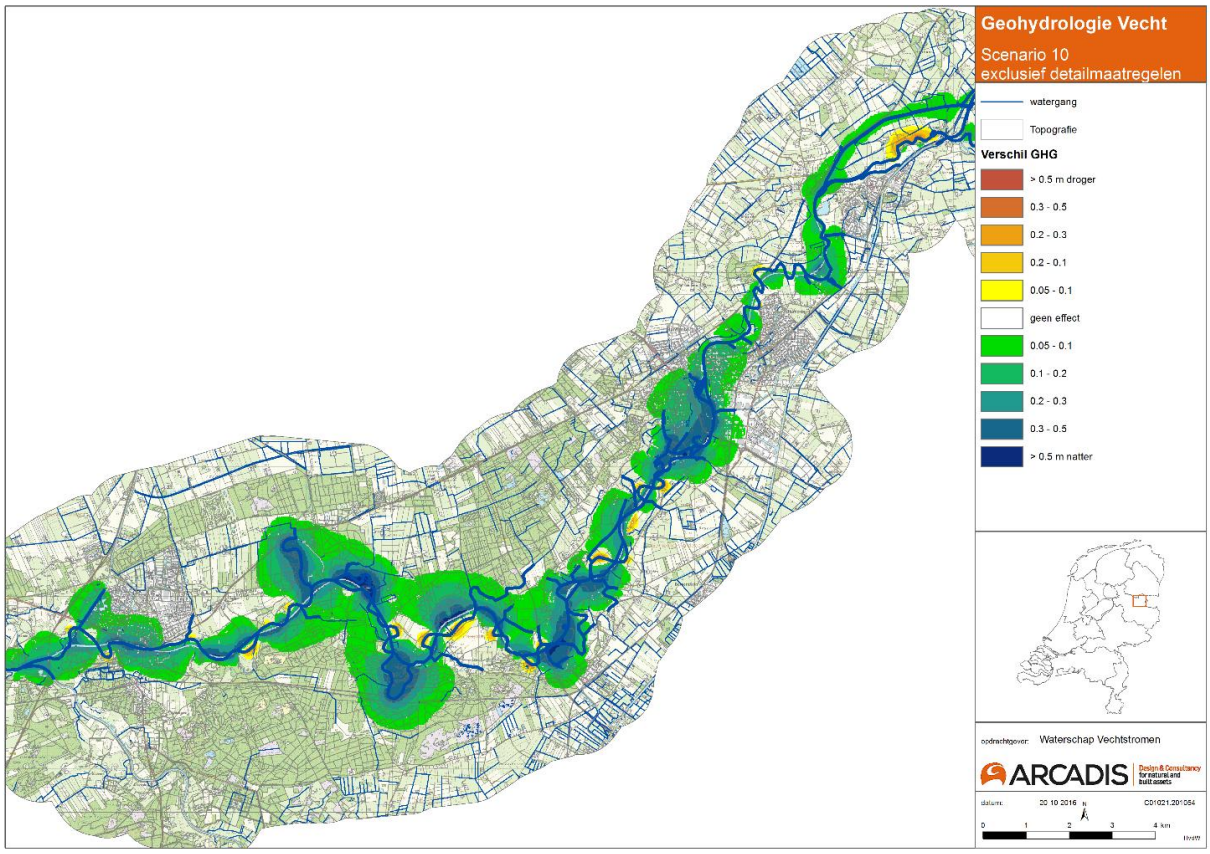

Geohydrologie Vecht
Scenario 9C:
Uitzakken zomerpeil
watergang
Topografie
Verschil GLG
> 0.5 m droger
0.3 - 0.5
0.2 - 0.3
0.2 - 0.1
0.05 - 0.1
geen effect
0.05 - 0.1
0.1 - 0.2
0.2 - 0.3
0.3 - 0.5
> 0.5 m natter
opdrachtgever:
Waterschap Vechtstromen
ARCADIS
Design & Consultancy for natural and built assets
datum:
27 6 2016
C01021.201054
0
1
2
3
4 km
Hr25V

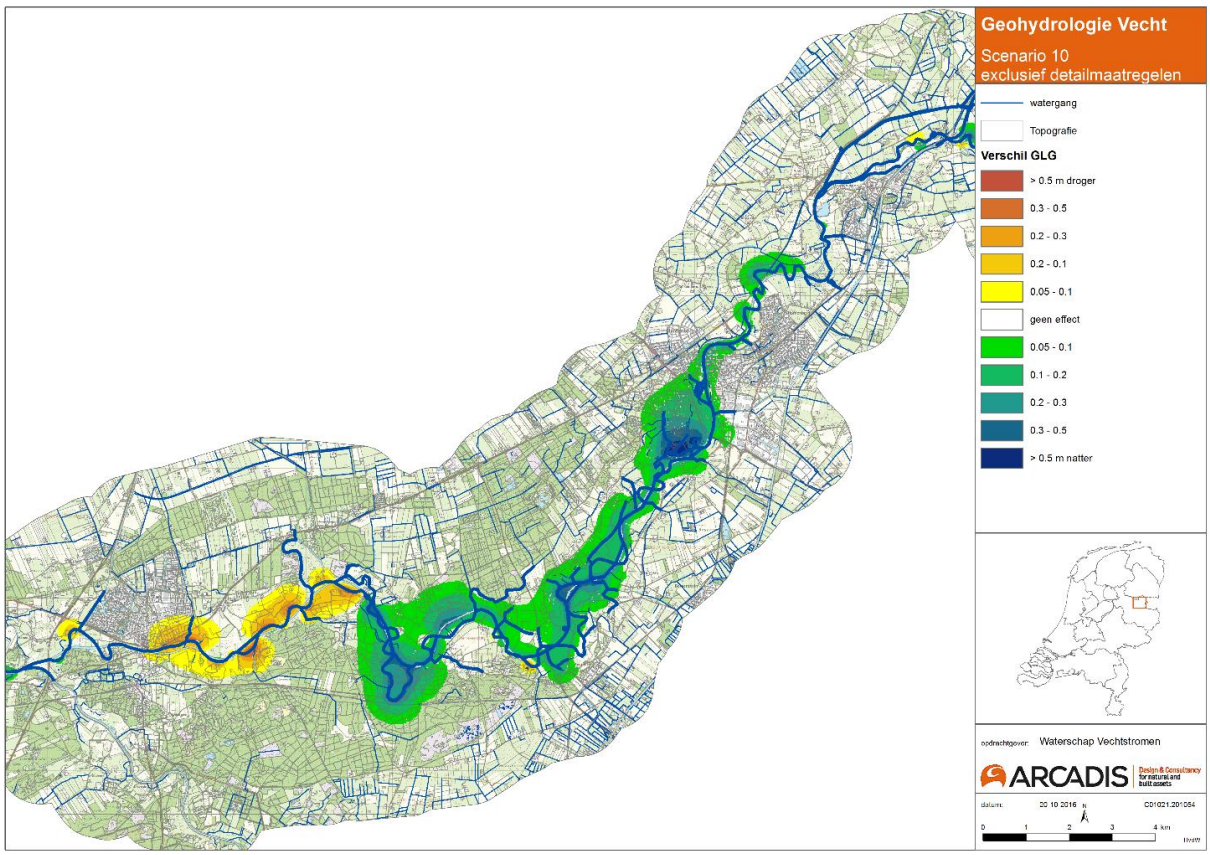

Geohydrologie Vecht
Scenario Rheezermate:
watergang
Topografie
Verschil GHG
> 0.5 m droger
0.3 - 0.5
0.2 - 0.3
0.2 - 0.1
0.05 - 0.1
geen effect
0.05 - 0.1
0.1 - 0.2
0.2 - 0.3
0.3 - 0.5
> 0.5 m natter
opdrachtgever: Waterschap Vechtstromen
ARCADIS
Design & Consultancy for natural and built assets
datum: 30 8 2016
C01021.201054
0 200 400 600 800 Meters
Heemse
Nijverdal
Marslanden
Brucht
Rheeze
Bruchterweg
De Nieuwe Heuven
Haarmolen
Het Koenhuis
Ganzenschot
Trefestation
De Boshoek
Larikshof
De Esrand
Het Meesterhuis
Mulgenkamp
Brocklandenweg
Tuinse weg
Veenland
Maestenik
Helenshoeve
Polsenshoeve
De Houtokiet
De Oldemeyer
De Echtsteen
Rheezerwolden
Bruchter
Vecht

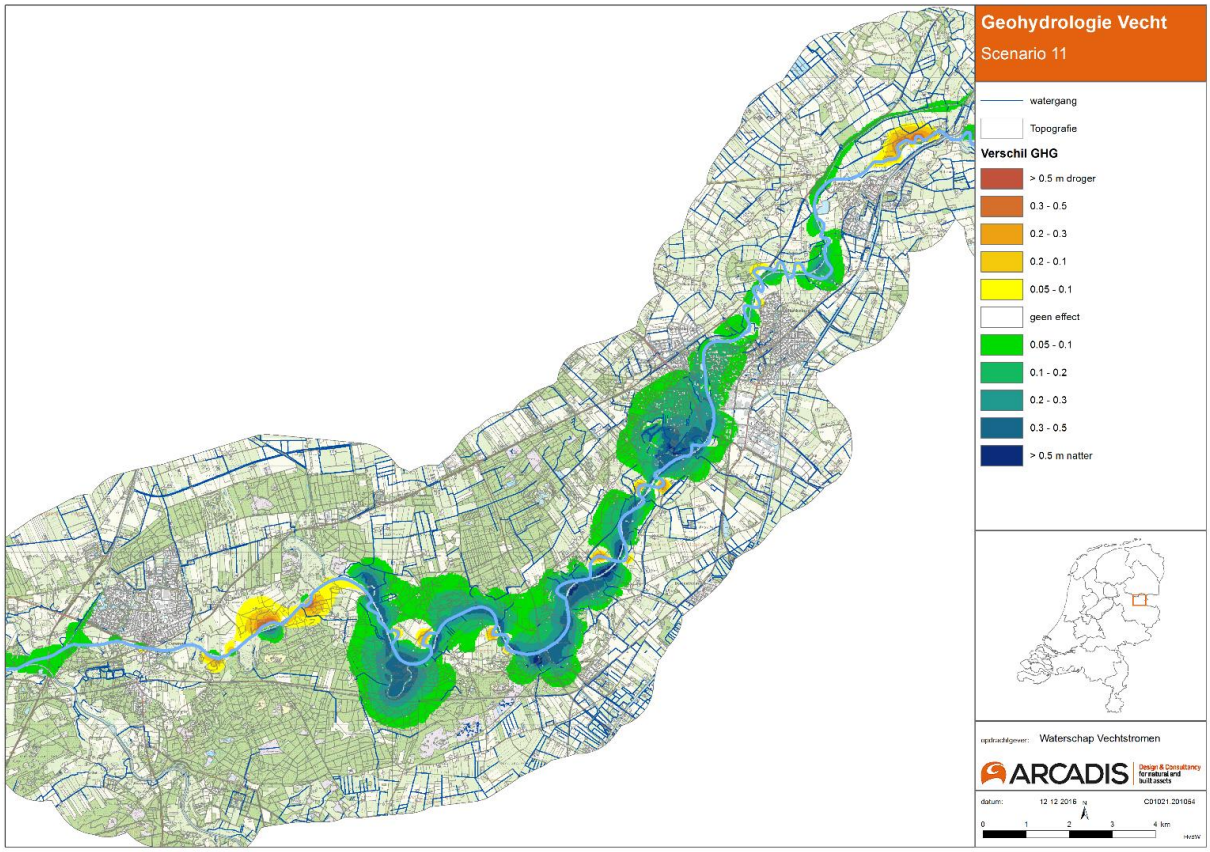

Geohydrologie Vecht
Scenario Rheezermate:
watergang
Topografie
Verschil GLG
> 0.5 m droger
0.3 - 0.5
0.2 - 0.3
0.2 - 0.1
0.05 - 0.1
geen effect
0.05 - 0.1
0.1 - 0.2
0.2 - 0.3
0.3 - 0.5
> 0.5 m natter
opdrachtgever: Waterschap Vechtstromen
ARCADIS
Design & Consultancy for natural and built assets
datum: 30 8 2016
C01021.201054
0 200 400 600 800 Meters
Heemse
Nijverdal
Marslanden
Brucht
Rheeze
Bruchterweg
De Nieuwe Heuven
Haarmolen
Het Koenhuis
Ganzenschot
Trefestation
De Boshoek
Larikshof
De Esrand
Het Meesterhuis
Mulgenkamp
Brocklandenweg
Tuinse weg
Veenland
Maestenik
Helenshoeve
Polsenshoeve
De Houtokiet
De Oldemeyer
De Echtsteen
Rheezerwolden
Bruchter
Vecht

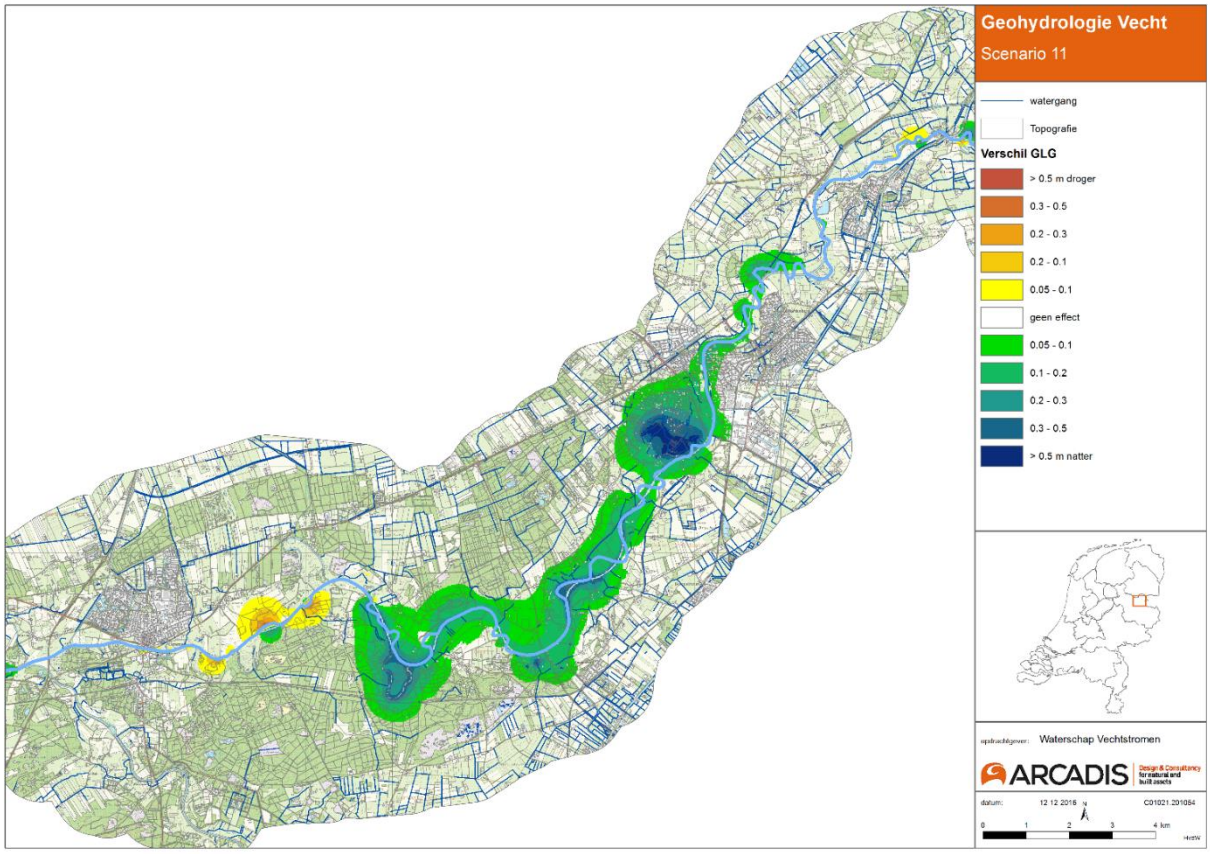

Geohydrologie Vecht
Scenario 10
watergang
Topografie
Verschil GHG
> 0.5 m droger
0.3 - 0.5
0.2 - 0.3
0.2 - 0.1
0.05 - 0.1
geen effect
0.05 - 0.1
0.1 - 0.2
0.2 - 0.3
0.3 - 0.5
> 0.5 m natter
opdrachtgever: Waterschap Vechtstromen
ARCADIS
Design & Consultancy for natural and built assets
datum: 18 10 2016
C01021.201084
0 1 2 3 4 km

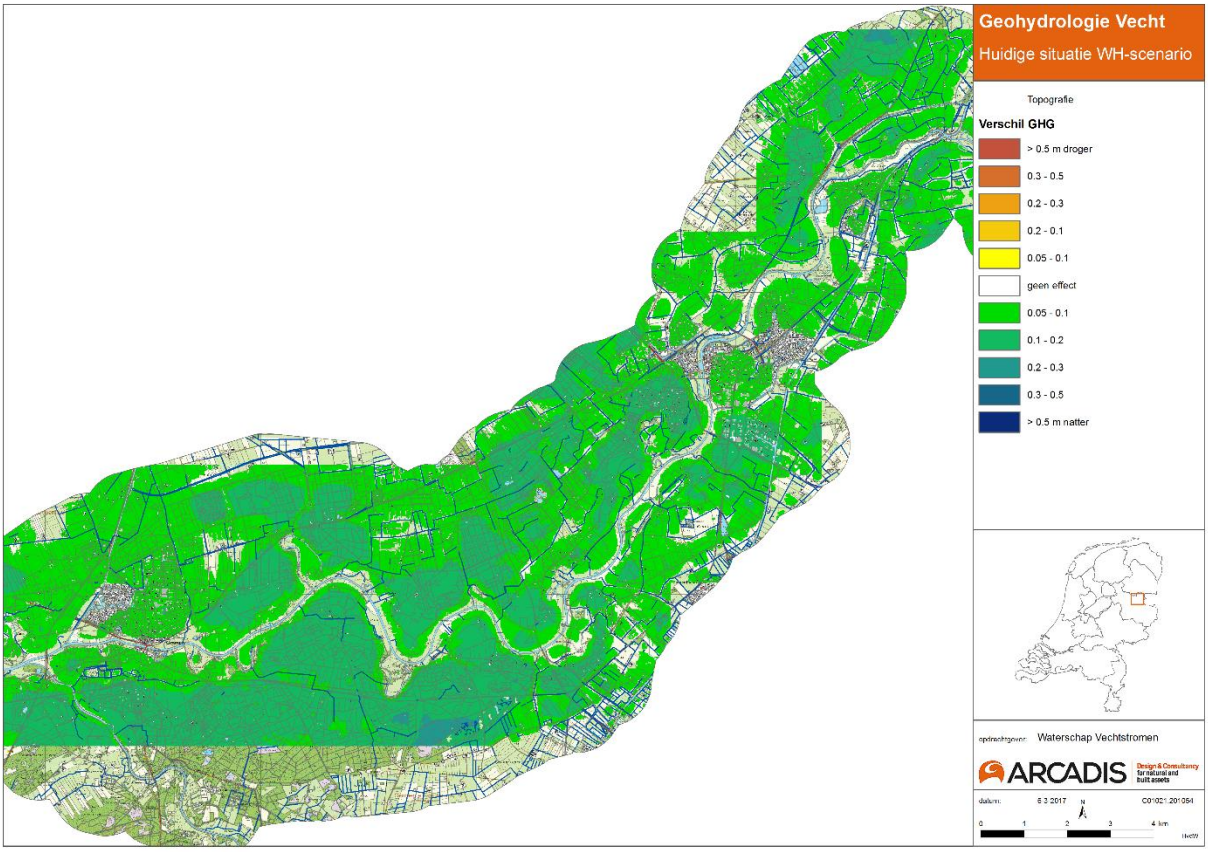

Geohydrologie Vecht
Scenario 10
watergang
Topografie
Verschil GLG
> 0.5 m droger
0.3 - 0.5
0.2 - 0.3
0.2 - 0.1
0.05 - 0.1
geen effect
0.05 - 0.1
0.1 - 0.2
0.2 - 0.3
0.3 - 0.5
> 0.5 m natter
opdrachtgever: Waterschap Vechtstromen
ARCADIS
Design & Consultancy for natural and built assets
datum: 18 10 2016
C01021.201084
0 1 2 3 4 km

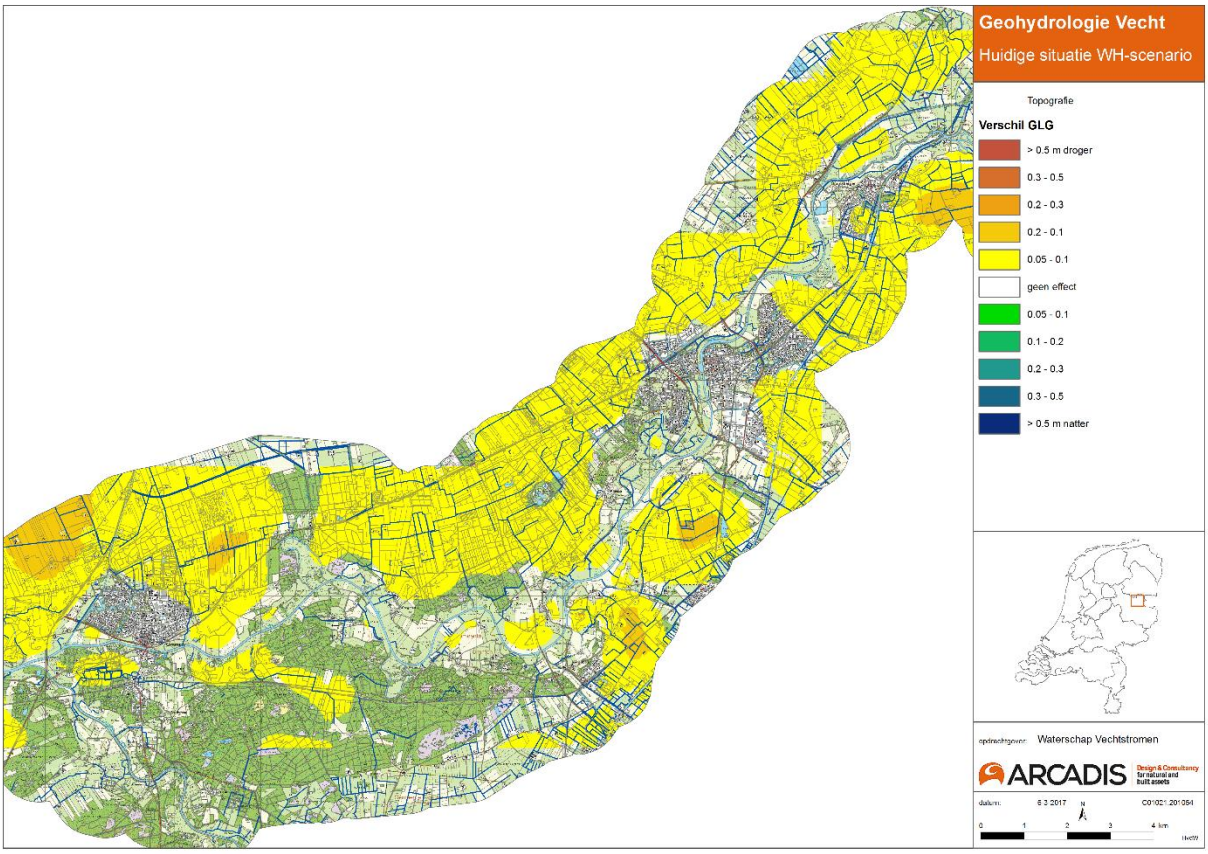

Geohydrologie Vecht
Scenario 10
exclusief detailmaatregelen
watergang
Topografie
Verschil GHG
> 0.5 m droger
0.3 - 0.5
0.2 - 0.3
0.2 - 0.1
0.05 - 0.1
geen effect
0.05 - 0.1
0.1 - 0.2
0.2 - 0.3
0.3 - 0.5
> 0.5 m natter
opdrachtgever: Waterschap Vechtstromen
ARCADIS
Design & Consultancy for natural and built assets
datum: 20 10 2016
C01021.201054
0 1 2 3 4 km

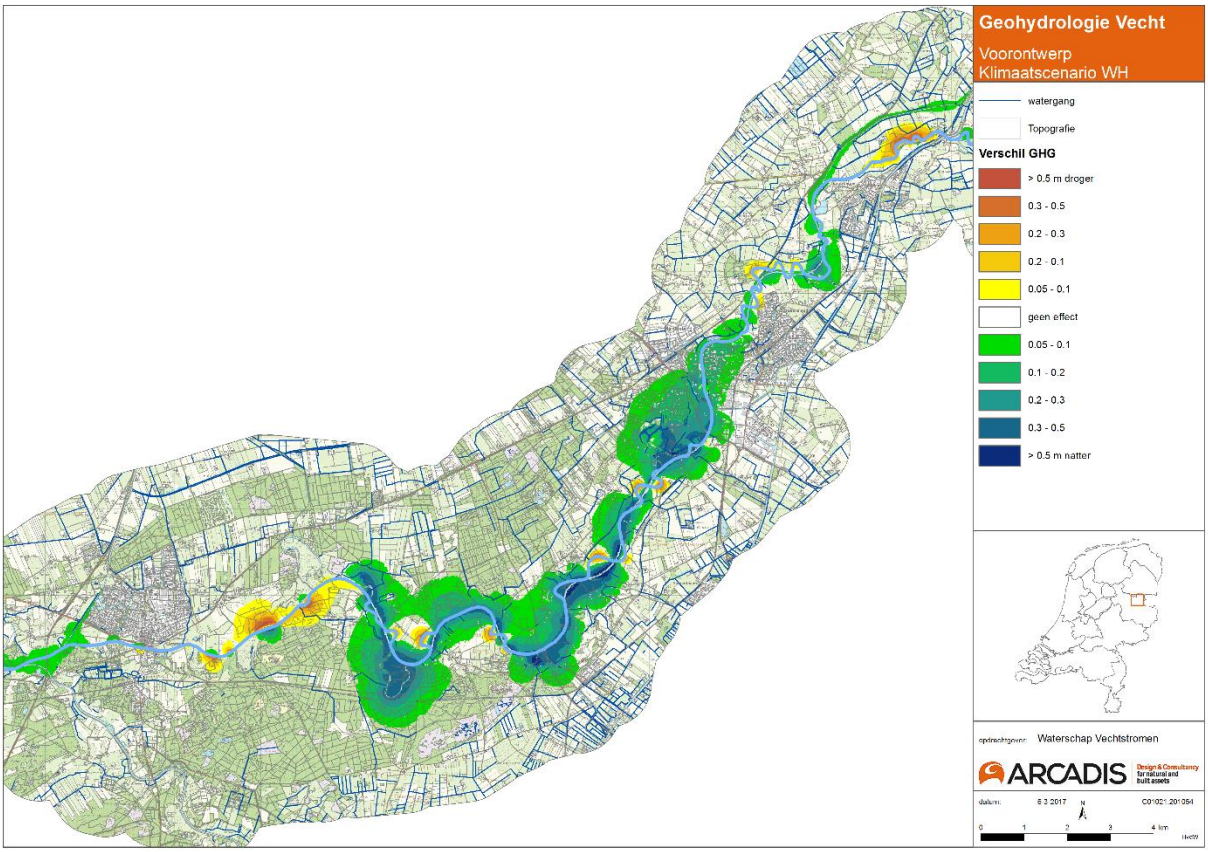

Geohydrologie Vecht
Scenario 10
exclusief detailmaatregelen
watergang
Topografie
Verschil GLG
> 0.5 m droger
0.3 - 0.5
0.2 - 0.3
0.2 - 0.1
0.05 - 0.1
geen effect
0.05 - 0.1
0.1 - 0.2
0.2 - 0.3
0.3 - 0.5
> 0.5 m natter
opdrachtgever: Waterschap Vechtstromen
ARCADIS
Design & Consultancy for natural and built assets
datum: 20 10 2016
C01021.201054
0 1 2 3 4 km

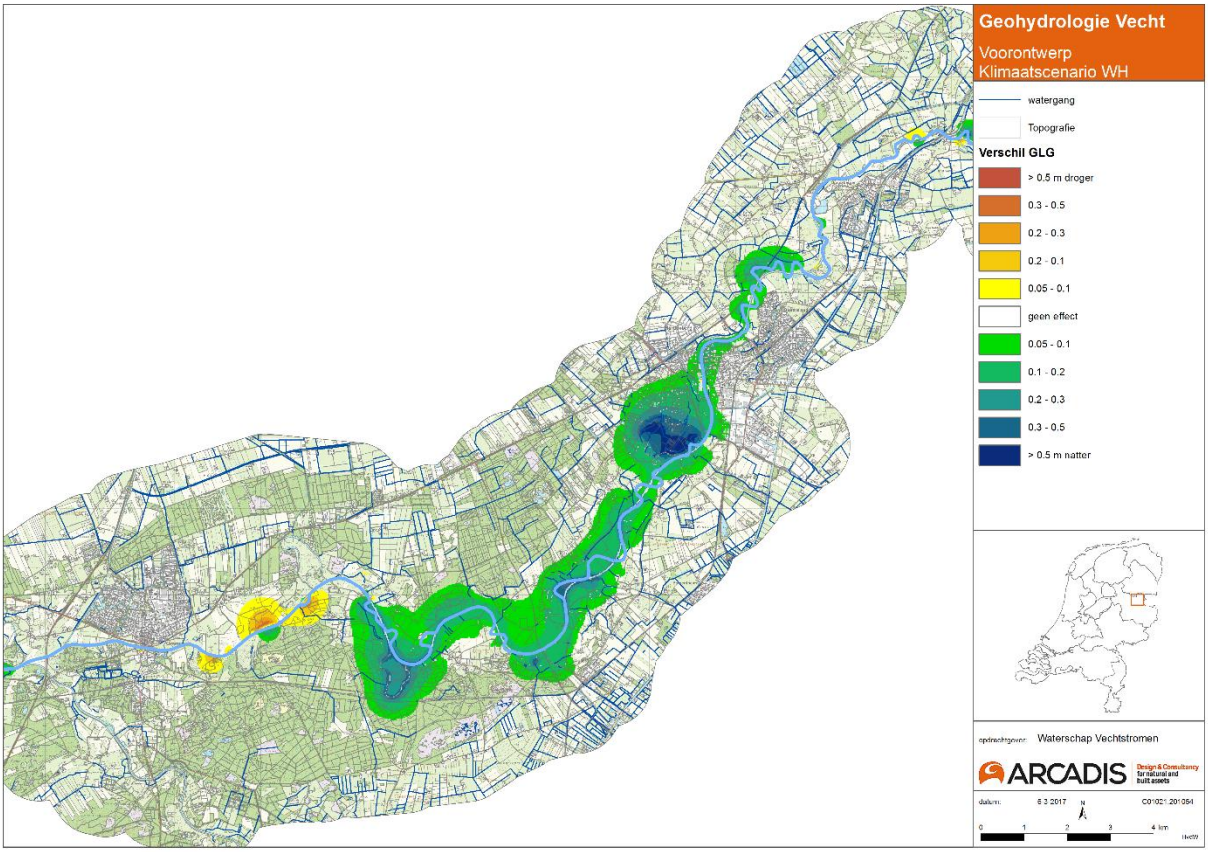

Geohydrologie Vecht
Scenario 11
watergang
Topografie
Verschil GHG
> 0.5 m droger
0.3 - 0.5
0.2 - 0.3
0.2 - 0.1
0.05 - 0.1
geen effect
0.05 - 0.1
0.1 - 0.2
0.2 - 0.3
0.3 - 0.5
> 0.5 m natter
opdrachtgever: Waterschap Vechtstromen
ARCADIS
Design & Consultancy for natural and built assets
datum: 12 12 2016
C01021.201084
0 1 2 3 4 km


Geohydrologie Vecht
Scenario 11
watergang
Topografie
Verschil GLG
> 0.5 m droger
0.3 - 0.5
0.2 - 0.3
0.2 - 0.1
0.05 - 0.1
geen effect
0.05 - 0.1
0.1 - 0.2
0.2 - 0.3
0.3 - 0.5
> 0.5 m natter
opdrachtgever: Waterschap Vechtstromen
ARCADIS
Design & Consultancy for natural and built assets
datum: 12 12 2016
C01021.201084
0 1 2 3 4 km


Geohydrologie Vecht
Huidige situatie WH-scenario
Topografie
Verschil GHG
> 0.5 m droger
0.3 - 0.5
0.2 - 0.3
0.2 - 0.1
0.05 - 0.1
geen effect
0.05 - 0.1
0.1 - 0.2
0.2 - 0.3
0.3 - 0.5
> 0.5 m natter
opdrachtgever: Waterschap Vechtstromen
ARCADIS
Design & Consultancy for natural and built assets
datum: 6-3-2017
C01021.201054
0 1 2 3 4 km


Geohydrologie Vecht
Huidige situatie WH-scenario
Topografie
Verschil GLG
> 0.5 m droger
0.3 - 0.5
0.2 - 0.3
0.2 - 0.1
0.05 - 0.1
geen effect
0.05 - 0.1
0.1 - 0.2
0.2 - 0.3
0.3 - 0.5
> 0.5 m natter
opdrachtgever: Waterschap Vechtstromen
ARCADIS
Design & Consultancy for natural and built assets
datum: 6-3-2017
C01021.201054
0 1 2 3 4 km


Geohydrologie Vecht
Voorontwerp
Klimaatscenario WH
watergang
Topografie
Verschil GHG
> 0.5 m droger
0.3 - 0.5
0.2 - 0.3
0.2 - 0.1
0.05 - 0.1
geen effect
0.05 - 0.1
0.1 - 0.2
0.2 - 0.3
0.3 - 0.5
> 0.5 m natter
opdrachtgever: Waterschap Vechtstromen
ARCADIS
Design & Consultancy for natural and built assets
datum: 6 3 2017
N
0 1 2 3 4 km


Geohydrologie Vecht
Voorontwerp
Klimaatscenario WH
watergang
Topografie
Verschil GLG
> 0.5 m droger
0.3 - 0.5
0.2 - 0.3
0.2 - 0.1
0.05 - 0.1
geen effect
0.05 - 0.1
0.1 - 0.2
0.2 - 0.3
0.3 - 0.5
> 0.5 m natter
opdrachtgever: Waterschap Vechtstromen
ARCADIS
Design & Consultancy for natural and built assets
datum: 6 3 2017
N
0 1 2 3 4 km

# Bijlage 5 Huidige Fysisch chemische en biologische waterkwaliteit

***Huidige toestand fysisch-chemische kwaliteit***

Voor de waterflora, macrofauna en vissen zijn biologische doelen (normen) opgesteld, die uiterlijk in 2027 gehaald moeten zijn. De biologische kwaliteit van de waterflora, macrofauna en vissen wordt bepaald aan de hand van maatlatten van de Kaderrichtlijn Water (KRW) en uitgedrukt in de Ecologische Kwaliteit Ratio (EKR). De maatlatten kennen 5 kwaliteitsklassen:

- slecht (score < 0,2)
- ontoereikend (0,2 – 0,4)
- matig (0,4 – 0,6)
- goed (0,6 – 0,8)
- zeer goed (>0,8)

Voor de natuurlijke wateren is de goede of zeer goede ecologische toestand het beleidsdoel, wat overeenkomt met een EKR van 0,6 of hoger. Voor 'sterk veranderde' waterlichamen als de Vecht geldt het Goed Ecologisch Potentieel (GEP) als doel. Dit is de norm waar het waterschap naartoe werkt. De hoogte van het GEP is afhankelijk van de gewenste en haalbare fysieke veranderingen van het waterlichaam. Voor de Vecht is het GEP voor zowel de waterflora als de macrofauna vastgesteld op 0,6 en voor de vissen op 0,5.

Tevens zijn voor fysisch-chemische parameters (werk)normen opgesteld, daarbij is het onderscheid tussen biologie ondersteunende stoffen en overige stoffen relevant.

Binnen de KRW wordt verder nog onderscheid gemaakt tussen specifiek verontreinigende stoffen en prioritaire stoffen. Voor beide stofgroepen geldt een resultaatverplichting voor 2027.

*Biologie ondersteunende stoffen*

De 'normen' voor de biologie ondersteunende stoffen worden op rijksniveau vastgesteld en zijn watertype-specifiek. Onderstaande tabellen geven een indicatie van de huidige fysisch-chemische waterkwaliteit met nadruk op de nutriënten stikstof (N) en fosfor (P). Zoals te zien voldoet totaal-stikstof ($N_{totaal}$ zomer) niet aan de eisen van de KRW, hetgeen vooral het gevolg is van de hoge nitraatwaarden. Daarentegen voldoet totaal-fosfaat wel aan de KRW-norm. Dat neemt niet weg dat in de Vecht incidenteel hoge tot zeer hoge totaal-fosfaatconcentraties worden gemeten. Hoewel de zuurstofgehalten voldoen aan de KRW-norm, zijn de zuurstofcondities niet optimaal. De waterkwaliteit op beide meetlocaties verschilt weinig. Het Vechtwater kan worden gekarakteriseerd als (zeer) voedselrijk, ionenrijk en weinig organisch belast.

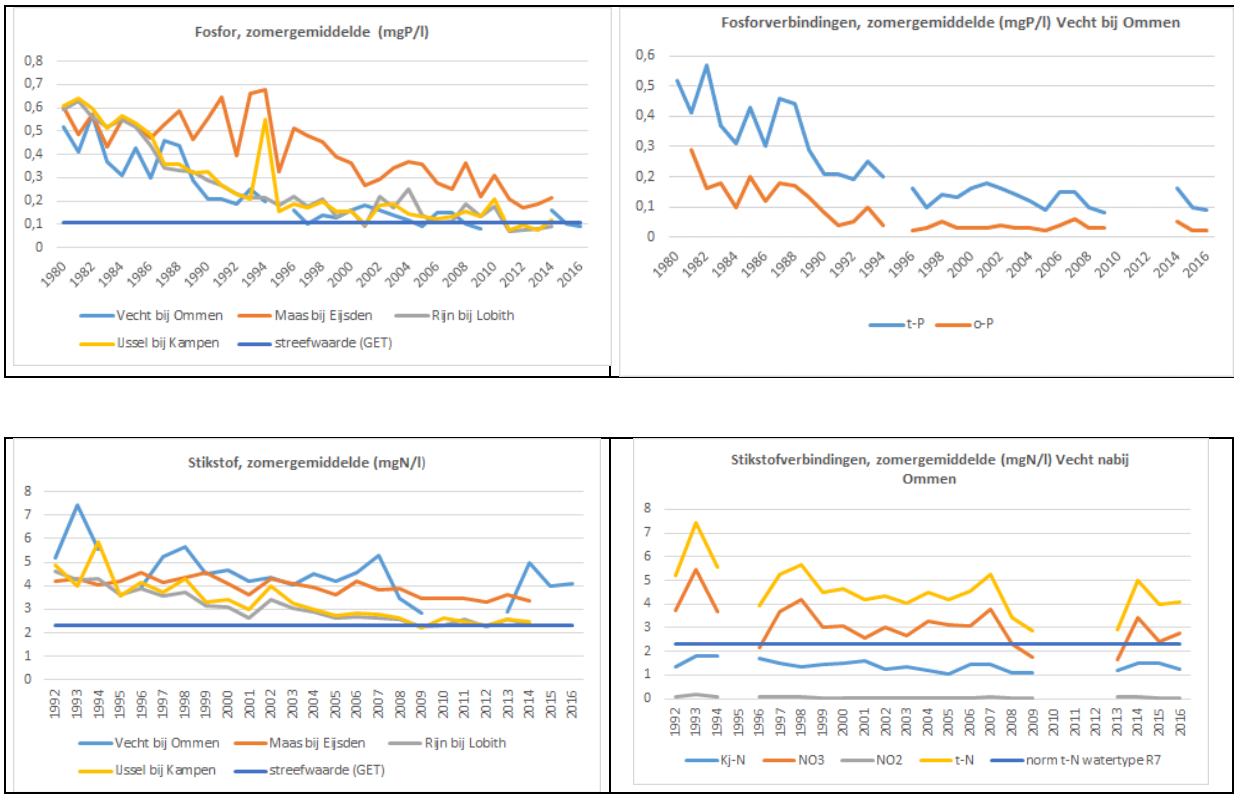
| parameter | | KRW-norm | Toetswaarden | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | (watertype R5) | MVCE00 | | MVCE55 | |
| | | | *2015* | *2016* | *2015* | *2016* |
| **Stikstof totaal (zomergemiddelde)** | **mgN/l** | **« 2.3 mg/l** | **4.5** | **4.8** | **3.9** | **4.2** |
| *Ammonium (zomergemiddelde)* | *mgN/l* | | *0.13* | *0.14* | *0.34* | *0.28* |
| *Kjehldal (zomergemiddelde)* | *mgN/l* | | *1.4* | *1.4* | *1.4* | *1.3* |
| *Nitraat (zomergemiddelde)* | *mgN/l* | | *3.1* | *3.4* | *2.4* | *3.9* |
| **Fosfor totaal (zomergemiddelde)** | **mgP/l** | **« 0,11 mg/l** | **0.11** | **0.10** | **0.09** | **0.09** |
| *Orthofosfaat (zomergemiddelde)* | *mgP/l* | | *0.02* | *0.02* | *0.02* | *0.02* |
| **Zoutgehalte (zomergemiddelde)** | **mgCl/l** | **« 150 mg/l** | **66** | **41** | **-** | **-** |
| **Temperatuur (max. waarde)** | **gr. C** | **« 25 °C** | **20,1** | **24,2** | **18,1** | **21** |
| **Zuurgraad (zomergemiddelde)** | | **» 5.5 en « 8.5** | **7.8** | **7.8** | **6.9** | **7.5** |
| **Zuurstofverzading (zomergemiddelde)** | **%** | **» 70 en « 120** | **95** | **92,2** | **96,2** | **78,8** |

| Parameter | | Oordeel | | | MVCE00 | | MVCE55 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Goed | Matig | Slecht | 2015 | 2016 | 2015 | 2016 |
| Stikstof totaal (hoogste jaarwaarde) | mgN/l | ≤ 4,6 | 4,6 - 6,9 | > 6,9 | 8,4 | 7,9 | 8 | 7,1 |
| Fosfor totaal (hoogste jaarwaarde) | mgP/l | ≤ 22 | 0,22 - 0,33 | > 0,33 | 0,21 | 0,4 | 0,27 | 0,23 |
| Ammonium (hoogste jaarwaarde) | mgN/l | ≤ 1,0 | 1,0 - 1,5 | > 1,5 | 0,64 | 0,44 | 0,88 | 0,65 |
| Zuurstof (laagste jaarwaarde) | mgN/l | > 8 | 8,0 - 4,0 | ≤ 4,0 | 5,6 | 6,4 | 7 | 6,2 |

*Tabel 3: Indicatie waterkwaliteit Vecht op basis van biologie ondersteunende stoffen*

| | |
|---|---|
| MVCE00 - Vecht ter hoogte van grens DLD - NL | |
| MVCE55 - Vecht ter hoogte van brug centrum Ommen | |

De concentraties van stikstof en fosfor zijn sinds 1980 gedaald. De huidige gemiddelde fosforconcentraties in de Vecht zijn overeenkomstig met die in de Rijn en IJssel. De stikstofconcentraties in de Vecht zijn, ten gevolge van de hoge nitraatconcentraties, hoger ten opzichte van die in de Rijn, IJssel en Maas.




*Figuur 16: Ontwikkeling gemiddelde zomerconcentraties fosfor en stikstof in de Vecht, Maas, Rijn en IJssel vanaf 1980*

*Overige stoffen*

Voor de toestandsbeoordeling 2016 zijn recent alle resultaten uit de periode 2011 tot en met 2015 getoetst. Er zijn in deze periode 5 stoffen in de Vecht aangetroffen die de KRW-norm overschrijden. Dit zijn de prioritair gevaarlijke stoffen benzo[b]fluoranteen **(BbF)**; benzo(ghi)peryleen (BghiPe) en fluorantheen (Flu) en de specifiek verontreinigende stoffen kobalt (Co) en koper (Cu).

*Waterbodem*

Recente informatie over de kwaliteit van de waterbodem is niet voorhanden. Er is geen aanleiding om te veronderstellen dat er sprake is van (grote) problemen met betrekking tot de waterbodemkwaliteit.

***Huidige toestand biologische waterkwaliteit***

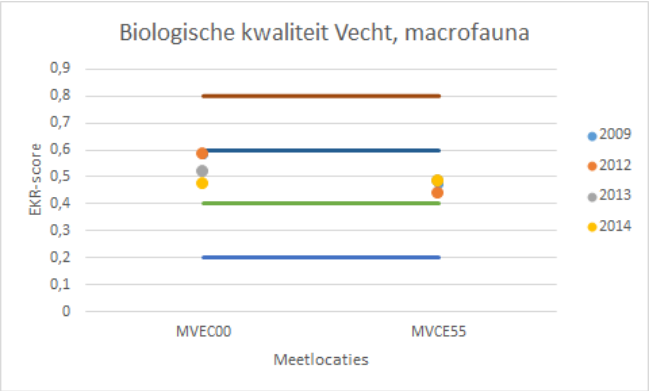
*Macrofauna*

De macrofauna-maatlat omvat drie deelmaatlatten. Met de scores van de deelmaatlatten wordt in de volgende formule de EKR uitgerekend:

*EKR=(200*(KM%/KMmax) + 2*(100-DN%) + (KM%+DP%))/500, waarbij KMmax = 33.*

| | |
|---|---|
| *Deelmaatlat 3.1:* | *KM% + DP% (abundantie); het percentage individuen behorende tot de kenmerkende en positief dominante indicatoren op basis van abundantieklassen* |
| *Deelmaatlat 3.2:* | *DN % (abundantie); het percentage individuen behorende tot de negatief dominante indicatoren op basis van abundantieklassen* |
| *Deelmaatlat 3.3:* | *KM% (aantal taxa): het percentage kenmerkende indicatoren* |

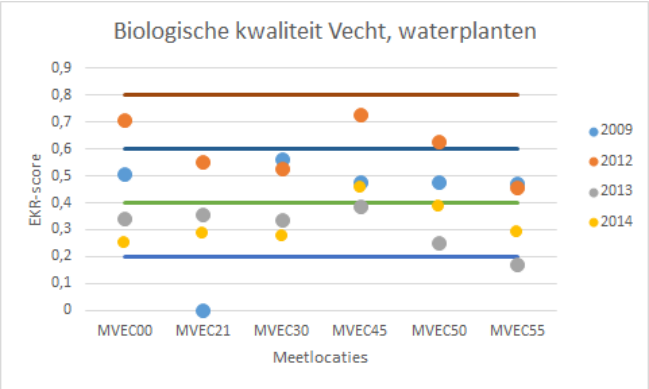
De biologische kwaliteit van macrofauna op basis van de EKR-score is matig. Dit is met name het gevolg van relatief lage scores voor de deelmaatlatten 3.1 en 3.3.




De Vecht voldoet niet aan de KRW-norm (het GEP) van 0,60 voor macrofauna.

*Waterflora*

De maatlat voor waterplanten bestaat uit de onderdelen *abundantie groeivormen* en *soortensamenstelling waterplanten* die beide even zwaar worden gewogen voor de eindbeoordeling. De maatlat voor abundantie bestaat uit zijn beurt uit 6 deelmaatlatten voor respectievelijk submerse vegetatie, drijfbladplanten, emerse vegetatie (moerasplanten), kroos, flab (draadwier) en oevervegetatie. De biologische kwaliteit van waterplanten op basis van de EKR-score varieert van ontoereikend tot matig met enkele uitschieters naar goed. De verschillen in de hoogte van de EKR-scores zijn, met name in de tijd, aanzienlijk. Kroos en flab vormen geen probleem, daarentegen zijn van 'diep naar hoog' de zones submerse vegetatie, drijfbladplanten veelal matig - en aansluitend de emerse vegetatie en oevervegetatie veelal slecht ontwikkeld. Het percentage kenmerkende rivierflora (maatlat soortensamenstelling) is beperkt.




De Vecht voldoet niet aan de KRW-norm (het GEP) van 0,60 voor waterflora.

*Vissen*

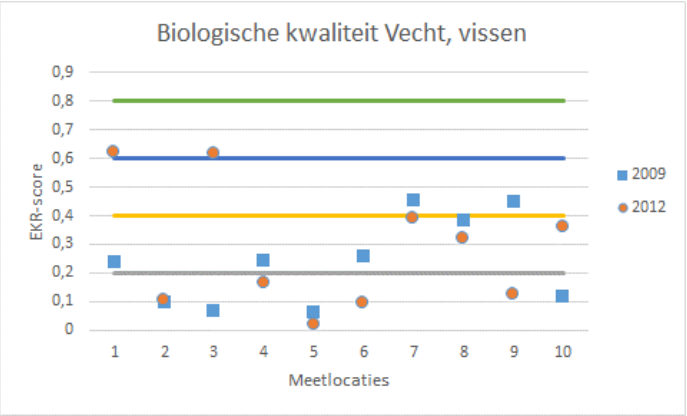
De vismaatlat omvat de volgende drie deelmaatlatten:

| Onderdeel | Deelmaatlat | Weging |
|---|---|---|
| Soortensamenstelling | Rheofiele soorten | 0.5 |
| Abundantie | Migratie regionaal/zee | 0.25 |
| | Habitat gevoelig | 0,25 |

De deelmaatlat soortensamenstelling is gebaseerd op het aandeel rheofiele (stromingsminnende) soorten. Voor langzaam stromende riviertjes (watertype R6) geldt de regel dat bij een aandeel van 10% of minder de EKR 0 is en bij een aandeel van 50% of meer is de EKR 1.0.

Bijgaande tabel geeft geldend voor R6-wateren per groep een overzicht van de verdeling van de scores over de aantalspercentages. De score verloopt binnen de klassen lineair en de aantalsaandelen voorbij de buitengrens van de klasse 'zeer goed' krijgen score 1.

| | Zeer goed | Goed | Matig | Ontoereikend | Slecht |
|---|---|---|---|---|---|
| Migratie regionaal/zee | 70-90 | 50-70 | 30-50 | 20-30 | 5-20 |
| Habitat gevoelig | 95-100 | 90-95 | 60-90 | 20-60 | 0-20 |




De gemiddelde EKR-score van 20 visbemonsteringen op 10 verschillende Vechtlocaties in de periode 2009-2012 is 0.260 (beoordeling: ontoereikend). Deze lage beoordeling is veelal een combinatie van het ontbreken van voldoende rheofiele soorten, het schaars of niet aanwezig zijn soorten met bovenregionaal migratiegedrag, het ondervertegenwoordigd zijn van habitatgevoelige soorten en het domineren van algemene vissoorten zonder uitgesproken voorkeur voor stromend water (eurytoop) als blankvoorn en baars.
De relatief hoge EKR-scores in 2012 voor de locaties '1' en '2' zijn het gevolg van incidentele vangsten van respectievelijk grote aantallen kopvoorn (rheofiel, habitat gevoelig en migratie regionaal/zee) en paling (habitat gevoelig en migratie regionaal/zee).

De Vecht voldoet niet aan de KRW-norm (het GEP) van 0,50 voor vissen.

***Verklarende (sleutel)factoren biologische waterkwaliteit***
Door een stapeling van ingrepen voldoet de Vecht in de huidige situatie niet aan de gestelde KRW-doelen voor de kwaliteitselementen macrofauna, vissen en waterplanten. Primair moet de oorzaak worden gezocht in de beperkte rivierdynamiek die sterk wordt belemmerd door een te lage gemiddelde stroming van het water en bijna stagnatie in de hoogzomer. Daarnaast beperken de aanwezigheid van oeververdediging en de vorm en omvang van de riviergeul de Vecht in haar natuurlijk meandergedrag. De resterende harde oevers hinderen bovendien de verbinding tussen de hoofdstroom en ondiepe habitats (nevengeulen, (moeras-)oeverzones en inundatiegebieden) die verschillende soorten vissen en macrofauna nodig hebben om de verschillende stadia in hun levenscyclus te voltooien. Daarnaast verhindert het omgekeerde peilbeheer de aanwezigheid van vitale moerasverlandingsvegetaties op de oever en beïnvloedt de sterke ondervertegenwoordiging van rivierbegeleidend bos in negatieve zin diverse ecosysteemprocessen in de hoofdstroom van de Vecht.

Hoewel de waterkwaliteit van de Vecht de laatste decennia sterk is verbeterd is met name het voedselrijke karakter een aandachtspunt. Langdurige stagnatie van de hoofdstroom in combinatie met hoge watertemperaturen – mede door het ontbreken van rivierbegeleidend bos – kan resulteren in ongewenste eutrofiering van de waterlaag met onder meer algenbloei en te lage zuurstofconcentraties als gevolg.

# Bijlage 6 Toetsing effecten op KRW streefbeeld

De KRW vormt een belangrijk onderliggend dossier voor het lopende programma 'Ruimte voor de Vecht'. Het kunnen voldoen aan de KRW-eisen vereist een natuurlijker en bochtiger Vecht met voldoende stroming. In deze Bijlage wordt meer in detail de hydraulische effecten van de verschillende gepasseerde ontwerpvarianten geëvalueerd, en wel vanuit het perspectief van de KRW-doelen voor de Vecht.

***Toetscriteria***

Bij de toetsing zijn de volgende criteria gehanteerd.

| Parameter | Toets | Eenheid | Goed | Matig | Slecht | Beinvloedbaar | Bron |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sinuositeit, meandering | lengte rivierloop/lengte rivierdal | - | ≥ 1,25 | 1,06 - 1,25 | < 1,06 | + | 1 |
| Ruimte voor vegetatie/dood hout | bedekking waterplanten (submers/drijvend) | % | > 25 | 10 - 25 | < 10 | + | 3 |
| Stroomsnelheid | gemiddelde snelheid hoogzomer (0,01Q) | cm/s | ≥ 10 | 5 - 10 | < 5 | + | 1 |
| | gemiddelde snelheid zomer (0,05Q) | cm/s | ≥ 20 | 10 - 20 | < 10 | + | 1 |
| | gemiddelde snelheid winter (0,25Q) | cm/s | ≥ 30 | 30 -20 | < 20 | + | 3 |
| Verstuwing | % waterdeel o.i.v. verstuwing | % | 0 | 0 - 25 | > 25 | + | 1 |

*Sinuositeit, meandering*

Een actief meanderende Vecht waarbij het stroombed zich verplaatst is voor de aquatische ecologie van de Vecht geen must! Enige slingering over een zekere lengte van het rivierdal is wel gewenst. Dit resulteert – bij voldoende stroming – in variatie in beddingvorm (bijvoorbeeld flauwe en steile oevers) en in variatie in beddingsubstraat (zand, grind, leem, detritus). Bovendien belemmert een bochtig tracé bij piekafvoeren het wegspoelen van de bodem met alles wat leeft ('catastrophic drift').

*Ruimte voor vegetatie/dood hout*

Veel waterdieren hebben belang bij structuur in de vorm van vegetatie en/of door hout. De bedekking en soortensamenstelling van watervegetatie wordt onder andere bepaald door het lichtklimaat onder water. Om pragmatische reden wordt de ondergrens van het begroeibare areaal in de Vecht gesteld op een vaste waterdiepte van één meter (dit is ongeveer 1,5x de gemiddelde zichtdiepte). Ook het inbrengen van dood hout is uit rivier-ecologisch oogpunt het meest effectief op een waterdiepte van maximaal 1,5x de gemiddelde zichtdiepte. Een gewenst minimumareaal voor wortelende waterplanten (en dood hout) in de Vecht van circa 25% stelt eisen aan het (detail)ontwerp.

*Verstuwing*

De mate van verstuwing bepaalt in belangrijke mate het stromingskarakter van de Vecht en de aanwezigheid van biota, zuurstofhuishouding e.d.

*Stroomsnelheid*

Stroming brengt zuurstof in het water en veroorzaak diversiteit in vegetatie en substraat door erosie en sedimentatie. In stromende wateren kunnen andere soorten leven dan in stilstaand water. Voor het kunnen voldoen aan de biologische doelen voor Vecht is permanente stroming een vereiste. De stroomsnelheid is afhankelijk van de afvoer, het verhang, de beddingdimensies en de weerstand van de bedding. De weerstand van de bedding is afhankelijk van met name de aanwezigheid van planten, de sinuositeit, de vorm van het dwarsprofiel en de mate van verstuwing. Dit betekent dat een toename van sinuositeit en/of ruimte voor vegetatie/dood hout gecompenseerd moet worden in verkleining van de beddingdimensies om tenminste de huidige stroming te kunnen continueren.

**Afvoersituaties**

De hydraulische effecten van de ontwerpvarianten zijn onderzocht voor vier afvoersituaties:

| Situatie | Uren per jaar | Debiet (m3/s) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Emlichheim | De Haandrik | Hardenberg | Mariënberg | Junne | Ommen | Uitstroompunt Vechtstromen |
| T=1 | 10 | 115 | 116 | 150 | 160 | 165 | 169 | 239 |
| 1/4Q | 1920 | 23 | 23 | 30 | 32 | 34 | 35 | 53 |
| **1/20Q** | **6480** | **4** | **4** | **5** | **5** | **5** | **6** | **10** |
| 1/100Q | 8322 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 2,4 |

- Bank-full afvoer ($Q_{bf}$ = bij benadering T=1),
- wintergemiddelde afvoer 1/4Q, wordt gemiddeld 80 dagen per jaar overschreden,
- zomergemiddelde afvoer 1/20Q, wordt gemiddeld 90 dagen per jaar onderschreden,
- hoogzomergemiddelde afvoer 1/100Q, wordt gemiddeld 18 dagen per jaar onderschreden.

**Representatieve dwarsprofiellocatie**

In de huidige situatie is er een gradiënt in peildynamiek binnen de stuwpanden. Met name de bij hoge afvoeren nemen de peilen in bovenstroomse richting sterk toe. Ook de maaiveldhoogtes kunnen sterk variëren. Tegelijkertijd kent de Vecht – ook binnen een stuwpand – een sterke variatie in bodemdiepte, met name in de bochten. Voor het vergelijken van de hydraulische effecten van de verschillende ontwerpvarianten is daarom gekozen voor een representatieve locatie. Dit betreft locatie Rheeze/Brucht, gesitueerd halverwege het pand Junne – Mariënberg.

***Toetsing inrichtingsvarianten***

*Variant 0 (Huidige situatie)*

De taluds zijn steil en zijn deels besteend.

| Stuwbeheer | De Haandrik | Hardenberg | Mariënberg | Junne | Vilsteren | Vechterweerd |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ZP/WP | ZP/WP | ZP/WP | ZP/WP | ZP/WP | n.v.t. |

*Resultante*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Lengte riviergeul | 39,1 km (betreft tracé grens – Vilsteren) | | | |
| Verhouding breedte/diepte | Breedte bij 0,5bank full = 40 m | Waterdiepte bank-full = 2-4 m | | Quotiënt = 20 -10 |
| Natte oppervlak | Bank-full = 120 m2 | 0,25Q = 100m2 | 0,05Q = 90 m2 | 0,01Q = 90 m2 |
| Gemiddelde stroomsnelheid | Bank-full = 0,9 m/s | 0,25Q = 0,3 m/s | 0,05Q = 6 cm/s | 0,01Q = 0,7 cm/s |
| Waterdiepte (m) | 2,0 – 4,0 | 2,5 | 2,3 | 2,3 |

| Parameter | Toets | Eenheid | Goed | Matig | Slecht |
|---|---|---|---|---|---|
| Sinuositeit, meandering | lengte rivierloop/lengte rivierdal | - | ≥ 1,25 | 1,06 - 1,25 | **< 1,06** |
| Ruimte voor vegetatie/dood hout | bedekking waterplanten (submers/drijvend) | % | > 25 | 10 - 25 | **< 10** |
| Stroomsnelheid | gemiddelde snelheid hoogzomer (0,01Q) | cm/s | ≥ 10 | 5 - 10 | **< 5** |
| | gemiddelde snelheid zomer (0,05Q) | cm/s | ≥ 20 | 10 - 20 | **< 10** |
| | gemiddelde snelheid winter (0,25Q) | cm/s | ≥ 30 | **30 -20** | < 20 |
| Verstuwing | % waterdeel o.i.v. verstuwing | % | 0 | 0 - 25 | **> 25** |

*Variant Alterra 2*

Graven meanders (conform Alterra 2009). Aanpassen dwarsprofiel met verkleining geulcapaciteit (verbreden en verondiepen). Aanleg hoogwatergeulen in restanten oude loop. De profielen hebben een talud van 1:2. Beoogde vegetatieontwikkeling: oeverzone (20 m breed): met name extra zachthout struweel , rest meestromende uiterwaard: toename pioniersvegetatie en verruigd grasland.

*Aanpassen dwarsprofiel met vergroten geulcapaciteit rond steden. Aanleg stuwpasserende nevengeulen om de stuwen Hardenberg, Mariënberg, Junne , Vilsteren en Vechterweerd.*

| Stuwbeheer | De Haandrik | Hardenberg | Mariënberg | Junne | Vilsteren | Vechterweerd |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ZP/WP | jaarrond WP | | | | n.v.t. |

*Resultante*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Lengte riviergeul | 51,9 km (huidig 39,1 km). Betreft tracé grens – Vilsteren. | | | |
| Verhouding breedte/diepte | Breedte bij 0,5bank full = 50 m | Waterdiepte bank-full = 2,1 m | | Quotiënt = 23,8 |
| Natte oppervlak | Bank-full = 100 m2 | 0,25Q = 60m2 | 0,05Q = 50 m2 | 0,01Q = 50 m2 |
| Gemiddelde stroomsnelheid | Bank-full = 0,8 m/s | 0,25Q = 0,5 m/s | 0,05Q = 0,1 m/s | 0,01Q = 1,2 cm/s |
| Waterdiepte (m) | 2,1 | 1,2 | 1,0 | 1,0 |

| Parameter | Toets | Eenheid | Goed | Matig | Slecht |
|---|---|---|---|---|---|
| Sinuositeit, meandering | lengte rivierloop/lengte rivierdal | - | **≥ 1,25** | 1,06 - 1,25 | < 1,06 |
| Ruimte voor vegetatie/dood hout | bedekking waterplanten (submers/drijvend) | % | > 25 | 10 - 25 | < 10 |
| Stroomsnelheid | gemiddelde snelheid hoogzomer (0,01Q) | cm/s | ≥ 10 | 5 - 10 | **< 5** |
| | gemiddelde snelheid zomer (0,05Q) | cm/s | ≥ 20 | **10 - 20** | < 10 |
| | gemiddelde snelheid winter (0,25Q) | cm/s | **≥ 30** | 30 -20 | < 20 |
| Verstuwing | % waterdeel o.i.v. verstuwing | % | 0 | 0 - 25 | **> 25** |

*Variant Alterra 4*

Variatie in peilbeheer, overig idem aan streefbeeld Alterra 2.

| Stuwbeheer | De Haandrik | Hardenberg | Mariënberg | Junne | Vilsteren | Vechterweerd |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ZP/WP | jaarrond WP | verwijderd | | jaarrond WP | n.v.t. |

*Resultante*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Lengte riviergeul | 51,9 km (huidig 39,1 km). Betreft tracé grens – Vilsteren. | | | |
| Verhouding breedte/diepte | Breedte bij 0,5bank full = 50 m | Waterdiepte bank-full = 2,1 m | | Quotiënt = 23,8 m |
| Natte oppervlak | Bank-full = 100 m2 | 0,25Q = 50 m2 | 0,05Q = 25 m2 | 0,01Q = 8 m2 |
| Gemiddelde stroomsnelheid | Bank-full = 0,8 m/s | 0,25Q = 0,6 m/s | 0,05Q = 0,2 m/s | 0,01Q = 7,5 cm/s |
| Waterdiepte (m) | 2,1 | 1,0 | 0,5 | 0,2 |

| Parameter | Toets | Eenheid | Goed | Matig | Slecht |
|---|---|---|---|---|---|
| Sinuositeit, meandering | lengte rivierloop/lengte rivierdal | - | **≥ 1,25** | 1,06 - 1,25 | < 1,06 |
| Ruimte voor vegetatie/dood hout | bedekking waterplanten (submers/drijvend) | % | > 25 | 10 - 25 | < 10 |
| Stroomsnelheid | gemiddelde snelheid hoogzomer (0,01Q) | cm/s | ≥ 10 | **5 - 10** | < 5 |
| | gemiddelde snelheid zomer (0,05Q) | cm/s | **≥ 20** | 10 - 20 | < 10 |
| | gemiddelde snelheid winter (0,25Q) | cm/s | **≥ 30** | 30 -20 | < 20 |
| Verstuwing | % waterdeel o.i.v. verstuwing | % | **0** | 0 - 25 | > 25 |

*Variant 8 ("Kamsalamander")*

Normering op T=30. Graven meanders. Aanpassen dwarsprofiel met verkleining geulcapaciteit (verondiepen, ca 1 m ondieper dan huidig*)*. Aanleg flauwe oevers (1:3). Beoogde vegetatieontwikkeling: tweezijdige beplantingsstroken (2x5m) en ooibos in het meestromende deel van het winterbed.

*Aanpassen dwarsprofiel met vergroten geulcapaciteit rond steden. Aanleg stuwpasserende nevengeulen om de stuwen Hardenberg, Mariënberg, Junne , Vilsteren en Vechterweerd.*

| Stuwbeheer | De Haandrik | Hardenberg | Mariënberg | Junne | Vilsteren | Vechterweerd |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ZP/WP | ZP/WP | jaarrond ZP + 40 cm | | ZP/WP | n.v.t. |

*Resultante*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Lengte riviergeul | 48,9 km (huidig 39,1 km). Betreft tracé grens – Vilsteren. | | | |
| Verhouding breedte/diepte | Breedte bij 0,5bank full = 55 m | Waterdiepte bank-full = 2,7 m | | Quotiënt = 20,4 |
| Natte oppervlak | Bank-full = 150 m2 | 0,25Q = 130 m2 | 0,05Q = 120 m2 | 0,01Q = 120 m2 |
| Gemiddelde stroomsnelheid | Bank-full = 0,7 m/s | 0,25Q = 0,2 m/s | 0,05Q = 4 cm/s | 0,01Q = 0,5 cm/s |
| Waterdiepte (m) | 2,7 | 2,4 | 2,2 | 2,2 |

| Parameter | Toets | Eenheid | Goed | Matig | Slecht |
|---|---|---|---|---|---|
| Sinuositeit, meandering | lengte rivierloop/lengte rivierdal | - | **≥ 1,25** | 1,06 - 1,25 | < 1,06 |
| Ruimte voor vegetatie/dood hout | bedekking waterplanten (submers/drijvend) | % | > 25 | 10 - 25 | < 10 |
| Stroomsnelheid | gemiddelde snelheid hoogzomer (0,01Q) | cm/s | ≥ 10 | 5 - 10 | **< 5** |
| | gemiddelde snelheid zomer (0,05Q) | cm/s | ≥ 20 | 10 - 20 | **< 10** |
| | gemiddelde snelheid winter (0,25Q) | cm/s | ≥ 30 | 30 -20 | < 20 |
| Verstuwing | % waterdeel o.i.v. verstuwing | % | 0 | 0 - 25 | **> 25** |

*Variant 9A ("Vechtdalrund")*

Normering op T=200 (huidige norm). Graven meanders. Aanpassen dwarsprofiel met vergroting geulcapaciteit (verbreden en verondiepen – *ca 0,5 m ondieper dan huidig*-). Aanleg flauwe oevers (1:3). Aanleg hoogwatergeulen in restanten oude loop (drempel T1, beperkt aantal, ondiep). Beoogde vegetatieontwikkeling: tweezijdige beplantingsstroken (2x5m) en ooibos in het meestromende deel van het winterbed.

*Aanpassen dwarsprofiel met vergroten geulcapaciteit rond steden. Aanleg stuwpasserende nevengeulen om de stuwen Hardenberg, Mariënberg, Junne , Vilsteren en Vechterweerd.*

| Stuwbeheer | De Haandrik | Hardenberg | Mariënberg | Junne | Vilsteren | Vechterweerd |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ZP/WP | jaarrond ZP | jaarrond ZP + 40 cm | | ZP/WP | n.v.t. |

*Resultante*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Lengte riviergeul | 48,9 km (huidig 39,1 km). Betreft tracé grens – Vilsteren. | | | |
| Verhouding breedte/diepte | Breedte bij 0,5bank full = 65 m | Waterdiepte bank-full = 3,1 m | | Quotiënt = 21,0 |
| Natte oppervlak | Bank-full = 200 m2 | 0,25Q = 190 m2 | 0,05Q = 180 m2 | 0,01Q = 180 m2 |
| Gemiddelde stroomsnelheid | Bank-full = 0,6 m/s | 0,25Q = 0,2 m/s | 0,05Q = 3 cm/s | 0,01Q = 0,3 cm/s |
| Waterdiepte (m) | 3,1 | 2,9 | 2,8 | 2,8 |

| Parameter | Toets | Eenheid | Goed | Matig | Slecht |
|---|---|---|---|---|---|
| Sinuositeit, meandering | lengte rivierloop/lengte rivierdal | - | **≥ 1,25** | 1,06 - 1,25 | < 1,06 |
| Ruimte voor vegetatie/dood hout | bedekking waterplanten (submers/drijvend) | % | > 25 | 10 - 25 | < 10 |
| Stroomsnelheid | gemiddelde snelheid hoogzomer (0,01Q) | cm/s | ≥ 10 | 5 - 10 | **< 5** |
| | gemiddelde snelheid zomer (0,05Q) | cm/s | ≥ 20 | 10 - 20 | **< 10** |
| | gemiddelde snelheid winter (0,25Q) | cm/s | ≥ 30 | 30 -20 | < 20 |
| Verstuwing | % waterdeel o.i.v. verstuwing | % | 0 | 0 - 25 | **> 25** |

*Variant 9B*

Zie variant 9A

| Stuwbeheer | De Haandrik | Hardenberg | Mariënberg | Junne | Vilsteren | Vechterweerd |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ZP/WP | jaarrond ZP | jaarrond ZP + 100 cm | | ZP/WP | n.v.t. |

*Resultante*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Lengte tracé | 48,9 km (huidig 39,1 km). Betreft tracé grens – Vilsteren. | | | |
| Verhouding breedte/diepte | Breedte bij 0,5bank full = 65 m | Waterdiepte bank-full = 3,1 m | | Quotiënt = 21,0 |
| Natte oppervlak | Bank-full = 200 m2 | 0,25Q = 200 m2 | 0,05Q = 200 m2 | 0,01Q = 200 m2 |
| Gemiddelde stroomsnelheid | Bank-full = 0,6 m/s | 0,25Q = 0,2 m/s | 0,05Q = 3 cm/s | 0,01Q = 0,3 cm/s |
| Waterdiepte (m) | 3,1 | 3,1 | 3,1 | 3,1 |

| Parameter | Toets | Eenheid | Goed | Matig | Slecht |
|---|---|---|---|---|---|
| Sinuositeit, meandering | lengte rivierloop/lengte rivierdal | - | **≥ 1,25** | 1,06 - 1,25 | < 1,06 |
| Ruimte voor vegetatie/dood hout | bedekking waterplanten (submers/drijvend) | % | > 25 | 10 - 25 | < 10 |
| Stroomsnelheid | gemiddelde snelheid hoogzomer (0,01Q) | cm/s | ≥ 10 | 5 - 10 | **< 5** |
| | gemiddelde snelheid zomer (0,05Q) | cm/s | ≥ 20 | 10 - 20 | **< 10** |
| | gemiddelde snelheid winter (0,25Q) | cm/s | ≥ 30 | 30 -20 | < 20 |
| Verstuwing | % waterdeel o.i.v. verstuwing | % | 0 | 0 - 25 | **> 25** |

*Variant 9C ("Vechtotter")*
Zie variant 9A

| Stuwbeheer | De Haandrik | Hardenberg | Mariënberg | Junne | Vilsteren | Vechterweerd |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ZP/WP | jaarrond ZP | WP + 40 cm, ZP – 10 cm | | ZP/WP | n.v.t. |

*Resultante*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Lengte tracé | 48,9 km (huidig 39,1 km). Betreft tracé grens – Vilsteren. | | | |
| Verhouding breedte/diepte | Breedte bij 0,5bank full = 65 m | Waterdiepte bank-full = 3,1 m | | Quotiënt = 21,0 |
| Natte oppervlak | Bank-full = 200 m2 | 0,25Q = 170 m2 | 0,05Q = 150 m2 | 0,01Q = 150 m2 |
| Gemiddelde stroomsnelheid | Bank-full = 0,6 m/s | 0,25Q = 0,2 m/s | 0,05Q = 3 cm/s | 0,01Q = 0,4 cm/s |
| Waterdiepte (m) | 3,1 | 2,6 | 2,3 | 2,3 |

| Parameter | Toets | Eenheid | Goed | Matig | Slecht |
|---|---|---|---|---|---|
| Sinuositeit, meandering | lengte rivierloop/lengte rivierdal | - | **≥ 1,25** | 1,06 - 1,25 | < 1,06 |
| Ruimte voor vegetatie/dood hout | bedekking waterplanten (submers/drijvend) | % | > 25 | 10 - 25 | < 10 |
| Stroomsnelheid | gemiddelde snelheid hoogzomer (0,01Q) | cm/s | ≥ 10 | 5 - 10 | **< 5** |
| | gemiddelde snelheid zomer (0,05Q) | cm/s | ≥ 20 | 10 - 20 | **< 10** |
| | gemiddelde snelheid winter (0,25Q) | cm/s | ≥ 30 | 30 -20 | < 20 |
| Verstuwing | % waterdeel o.i.v. verstuwing | % | 0 | 0 - 25 | **> 25** |

*Variant 10*
Normering op T=200 (huidige norm). Graven meanders. Aanpassen dwarsprofiel met verkleinen geulcapaciteit (verondiepen (50 cm) en versmallen t.o.v. 9A). Aanleg kale (!) flauwe oevers (1:3). Aanleg hoogwatergeul over vrijwel hele lengte (drempel 1/4Q). Verdiepen hoogwatergeul t.o.v. 9A (nagenoeg naar huidige Vecht). Geen aanvullende beplanting t.o.v. de huidige situatie.

*Aanpassen dwarsprofiel met vergroten geulcapaciteit rond steden. Aanleg stuwpasserende nevengeulen om de stuwen Hardenberg, Mariënberg, Junne , Vilsteren en Vechterweerd.*

| Stuwbeheer | De Haandrik | Hardenberg | Mariënberg | Junne | Vilsteren | Vechterweerd |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ZP/WP | jaarrond ZP | jaarrond ZP + 20 cm | | jaarrond ZP | n.v.t. |

*Resultante*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Lengte tracé | xxx km (huidig 39,1 km). Betreft tracé grens – Vilsteren. | | | |
| Verhouding breedte/diepte | Breedte bij 0,5bank full = 30 m2 | Waterdiepte bank-full = 3,1 m2 | | Quotiënt = 9,7 |
| Natte oppervlak | Bank-full: 90 m2 | 0,25Q = 85 m2 | 0,05Q = 80 m2 | 0,01Q = 80 m2 |
| Gemiddelde stroomsnelheid | Bank-full = 0,8 m/s | 0,25Q = 0,4 m/s | 0,05Q = 6 cm/s | 0,01Q = 0,8 cm/s |
| Waterdiepte (m) | 3,1 | 2,9 | 2,8 | 2,8 |

| Parameter | Toets | Eenheid | Goed | Matig | Slecht |
|---|---|---|---|---|---|
| Sinuositeit, meandering | lengte rivierloop/lengte rivierdal | - | **≥ 1,25** | 1,06 - 1,25 | < 1,06 |
| Ruimte voor vegetatie/dood hout | bedekking waterplanten (submers/drijvend) | % | > 25 | 10 - 25 | < 10 |
| Stroomsnelheid | gemiddelde snelheid hoogzomer (0,01Q) | cm/s | ≥ 10 | 5 - 10 | **< 5** |
| | gemiddelde snelheid zomer (0,05Q) | cm/s | ≥ 20 | 10 - 20 | **< 10** |
| | gemiddelde snelheid winter (0,25Q) | cm/s | **≥ 30** | 30 -20 | < 20 |
| Verstuwing | % waterdeel o.i.v. verstuwing | % | 0 | 0 - 25 | **> 25** |

*Variant 11 ("Vechtdalrund+")*

Normering op T=200 (huidige norm). Graven meanders. Aanpassen dwarsprofiel met vergroting geulcapaciteit (profielen tussen 9A en 10). Aanleg variërende oevers (gemiddeld 1:5). Geen hoogwatergeulen. Beoogde vegetatieontwikkeling: oeverzone tweezijdige beplantingsstroken (2x5m), rest meestromende uiterwaard: geen extra begroeiing, bergend deel uiterwaard: op één locatie extra ooibos.

*Aanpassen dwarsprofiel met vergroten geulcapaciteit rond steden Aanleg stuwpasserende nevengeulen om de stuwen Hardenberg, Mariënberg, Junne , Vilsteren en Vechterweerd.*

| Stuwbeheer | De Haandrik | Hardenberg | Mariënberg | Junne | Vilsteren | Vechterweerd |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ZP/WP | jaarrond ZP | jaarrond ZP + 20 cm | | jaarrond ZP | n.v.t. |

*Resultante*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Lengte tracé | 47,0 km (huidig 39,1 km). Betreft tracé grens – Vilsteren. | | | |
| Verhouding breedte/diepte | Breedte bij 0,5bank full = 60 m2 | Waterdiepte bank-full = 3,2 m2 | | Quotiënt = 18,8 |
| Natte oppervlak | Bank-full = 190 m2 | 0,25Q = 160 m2 | 0,05Q = 140 m2 | 0,01Q = 140 m2 |
| Gemiddelde stroomsnelheid | Bank-full = 0,6 m/s | 0,25Q = 0,2 m/s | 0,05Q = 4 cm/s | 0,01Q = 0,4 cm/s |
| Waterdiepte (m) | 3,2 | 2,7 | 2,4 | 2,4 |

| Parameter | Toets | Eenheid | Goed | Matig | Slecht |
|---|---|---|---|---|---|
| Sinuositeit, meandering | lengte rivierloop/lengte rivierdal | - | **≥ 1,25** | 1,06 - 1,25 | < 1,06 |
| Ruimte voor vegetatie/dood hout | bedekking waterplanten (submers/drijvend) | % | > 25 | 10 - 25 | < 10 |
| Stroomsnelheid | gemiddelde snelheid hoogzomer (0,01Q) | cm/s | ≥ 10 | 5 - 10 | **< 5** |
| | gemiddelde snelheid zomer (0,05Q) | cm/s | ≥ 20 | 10 - 20 | **< 10** |
| | gemiddelde snelheid winter (0,25Q) | cm/s | ≥ 30 | **30 -20** | < 20 |
| Verstuwing | % waterdeel o.i.v. verstuwing | % | 0 | 0 - 25 | **> 25** |

***Conclusie***

Binnen de set van ontwerpvarianten beïnvloedt de mate van verstuwing in belangrijke mate het stromingskarakter van de Vecht. Op basis van de gemiddelde stroomsnelheid zomer (0,05Q) en de gemiddelde stroomsnelheid hoogzomer (0,25Q) voldoet alleen de variant Alterra 4 (nagenoeg) aan de KRW-eisen, de overige varianten voldoen in de 'verste verten' niet aan het gewenste stromingsbeeld. In strikte zin verslechtert de voorkeursvariant (11) de optredende stroomsnelheden ten opzicht van de huidige situatie (variant 0). Van alle beschouwde varianten is alleen bij variant Alterra 4 sprake van verwijdering van stuwen (locaties Mariënberg en Junne). Echter deze variant, met een waterdiepte van 20 cm in de hoogzomersituatie tegenover 2,3 m in de huidige situatie, raakt teveel andere functies in het Vechtdal.

De resultante van de variant 11 – en vergelijkbaar met de varianten 8, 9ABC en 10 - is een zeer langzaam stromende tot nagenoeg stilstaande rivier, tenminste gedurende de zomermaanden. Daarentegen komen bij piekafvoeren hoge tot zeer hoge stroomsnelheden voor.

| Afvoer | Doel | Ontwerpvarianten | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (cm/s) | 0 | Alt. 2 | Alt. 4 | 8 | 9A | 9B | 9C | 10 | 11 |
| 0,05Q | ≥ 20 | 6 | 10 | 20 | 3 | 3 | 3 | 3 | 6 | 4 |
| 0,01Q | ≥ 10 | 0,7 | 1,2 | 7,5 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,8 | 0,4 |
| 0,25Q | ≥ 30 | 30 | 50 | 60 | 20 | 20 | 20 | 20 | 40 | 20 |
| $Q_{bf}$ | - | 90 | 80 | 80 | 70 | 60 | 60 | 60 | 80 | 60 |

Belangrijke vragen die zich nu opwerpen zijn:

- Kunnen met kleinschalige maatregelen als bijvoorbeeld het inbrengen van dood hout gezorgd worden voor stromingsvariatie?
  *Voorlopige reactie: gezien de diepte van de waterkolom en de beperkte stroming in het zomerhalfjaar lijkt dit een brug te ver. Vanuit aanvullende ecologische motieven – groeiplaats voor algen (epiphyton) en*

*wortelende waterplanten – is het bovendien gewenst om het inbrengen van dood hout tot op maximaal 1 meter waterdiepte (= circa 1,5x de zichtdiepte) te beperken.*

- Kan het gewenste dwarsprofiel met ondiepten/banken tot maximaal 1 meter waterdiepte (areaalwens wortelende onderwater- en drijfbladvegetatie van circa 25%) door natuurlijke erosie- en sedimentatieprocessen ontstaan of moet bij aanleg gewenste bedding/geulreliëf worden voorgevormd?
  *Voorlopige reactie: geen 'voorvorming' toepassen. Eerste flush in maagdelijk profiel resulteert in snelle initiële respons. Bij voorkeur profiel aanleggen in (zeer) zwakke V-vorm, waarbij de as van de V in rivierbochten van een centrale ligging afbuigt naar de buitenbocht. Hellingshoek buitenbocht steil, binnenbocht bedding zeer flauw oplopend. Rechte stukken beide beddinghelften flauw oplopend.*
  ***Voorwaarde: het voorkomen van piekafvoeren kort na oplevering.***
  ***Optie: stuwen bij hoge(re) afvoeren eerder strijken. Sowieso: Leren van geomorfologische respons. Dus monitoren en nieuwe kennis inzetten in vervolgfasen.***
- Welk type aquatische natuur kunnen we verwachten onder de hydraulische condities van voorkeursvariant 11?
  *In het zomerhaljaar domineert sedimentatie van fijn materiaal. Daarbij zullen de zuurstofcondities vermoedelijk bij deze situatie niet optimaal zijn. De rivierflora en -fauna zal waarschijnlijk bestaan uit vrij algemeen voorkomende soorten van stilstaande en langzaam stromende wateren. Meer kritische stromingsminnende soorten zullen waarschijnlijk ontbreken.*
- En zijn de huidige KRW-doelen voor de Vecht daarmee haalbaar?
  *Voorlopige reactie: Nee. Maar dit ontslaat ons niet om binnen de (nieuwe) randvoorwaarden tot een optimaal ecologisch ontwerp te komen!!!*

| Parameter | Toets | Eenheid | Goed | Matig | Slecht |
|---|---|---|---|---|---|
| Afvoerdynamiek | T =1/0.25Q | - | ≤ 4 | **4 - 6** | > 6 |
| | 0,25Q/0,01Q | - | ≤ 25 | 25 - 50 | **> 50** |
| Sinuositeit, meandering | lengte rivierloop/lengte rivierdal | - | **≥ 1,25** | 1,06 - 1,25 | < 1,06 |
| Ruimte voor vegetatie/dood hout | bedekking waterplanten (submers/drijvend) | % | **> 25 ???** | 10 - 25 | < 10 |
| Stroomsnelheid | gemiddelde snelheid hoogzomer (0,01Q) | cm/s | ≥ 10 | 5 - 10 | **< 5** |
| | gemiddelde snelheid zomer (0,05Q) | cm/s | ≥ 20 | 10 - 20 | **< 10** |
| | gemiddelde snelheid winter (0,25Q) | cm/s | ≥ 30 | **30 -20** | < 20 |
| Verstuwing | % waterdeel o.i.v. verstuwing | % | 0 | 0 - 25 | **> 25** |
| Actieve sedimentatie/erosie zomer | aanwezig over lengte | % | **≥ 25** | **25 - 10** | **< 10** |
| Dwarsprofiel | profieltype | % | **natuurlijk** | **tussenvorm** | **cultuurtechnisch** |
| Oeververdediging | lengte kunstmatig oevermateriaal | % | **≤ 15** | **15 - 75** | **> 75** |
| Peilregime | gehanteerd peilregime | | **natuurlijk** | **vast** | **tegennatuurlijk** |
| Landgebruik oeverzone (20 m) | onnatuurlijk landgebruik oever | % | **≤ 15** | **15 - 35** | **> 35** |
| Beschaduwing | beschaduwing | % | **≥ 40** | **40 - 20** | **< 20** |

*Toetsing ontwerpprofiel 11*

# Bijlage 7 Morfologische activiteit Vecht Hardenberg - Junne

MEMO

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

**ONDERWERP**
Morfologische activiteit Vecht Hardenberg-Junne

**PROJECTNUMMER**
C01021.201008

**DATUM**
**5-4-2017**

**ONZE REFERENTIE**
079360401 A

**VAN**
Arjan Tuijnder MSc PhD

**AAN**
Provincie Overijssel

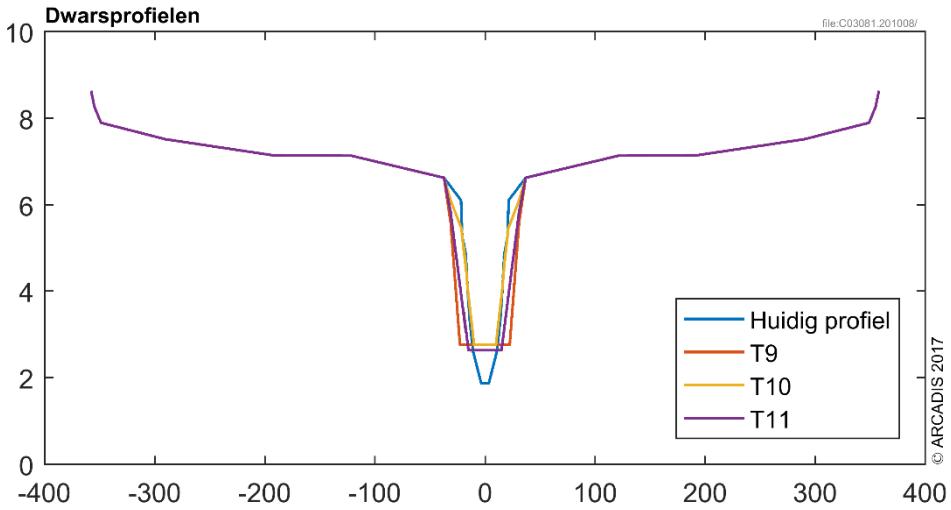
# Inleiding

De Overijsselse Vecht wordt in het stroomgebied van Waterschap Vechtstromen over 2 trajecten van enkele kilometers gehermeanderd. Hierbij wordt een nieuw hydraulisch ontwerp gemaakt (zie rapportage waterschap Vechtstromen voor toelichting). Doelstellingen van het project zijn o.a. het realiseren van een half natuurlijke rivier. Hierbij moet ruimte zijn voor erosie en sedimentatie en eventueel het migreren van bochten. In dit memo wordt gekeken wat de gevolgen zijn van de drie meest recente dwarsdoorsneden (T9,T10,T11 - zie Figuur 1) die overwogen zijn in dit project, en dan met name voor morfologische processen.

De grootte van de dwarsdoorsnede voor het ontwerp is (door Waterschap Vechtstromen) bepaald door uit te rekenen hoe groot de dwarsdoorsnede moet zijn om aan hoogwaterveiligheidseisen te voldoen. Het niveau dat bereikt wordt bij een maatgevend hoogwater (MHW) is dus bij benadering gelijk voor alle ontwerpen. Iteratief zijn door het waterschap opeenvolgende ontwerpen gemaakt om te voldoen aan de diverse randvoorwaarden, zoals waterveiligheid, voorkomen verdroging e.d. Vanuit stroming bezien zijn 3 randvoorwaarden aangepast:

- De oevers worden ruwer,
- Het verhang neemt af,
- De rivier wordt verondiept (bodemniveau wordt verhoogd), en dan ook verbreed (veiligheid)

Al deze veranderingen hebben tot gevolg dat de stroming vertraagt; bij een gelijke afvoer is een grotere dwarsdoorsnede nodig is om een gelijke (MHW) waterstand te handhaven. Wanneer de (MHW) waterstand vastligt en de bodem wordt verhoogd moet de “bak” dus breder worden. Deze procedure heeft er dus toe geleid dat de dwarsdoorsnede van het ontwerp groter is dan de huidige dwarsdoorsnede.




*Figuur 1 Dwarsprofielen van de Vecht in de huidige situatie en in 3 scenario’s*

In de huidige situatie is de rivier niet erg dynamisch, morfologische veranderingen spelen zich grotendeel op grote diepte af; slechts op enkele plekken kan een oever aanzanden of eroderen. Het vergroten van de dwarsdoorsnede betekent dat het waterpeil bij een verhoogde afvoer minder stijgt waardoor de rivier nog langer

gestuwd is en dus kortere tijd vrij afstroomt. Kijkend naar het doel van een meer natuurlijke Vecht zou het logischer zijn om de dwarsdoorsnede te verkleinen en de rivier de ruimte te geven om zich morfologisch te ontwikkelen. Doordat veiligheid leidend is, moet de dwarsdoorsnede echter groter worden, omdat de veiligheid niet mag verslechteren. In de huidige situatie is de Vecht het grootste deel van het jaar gestuwd, waardoor stroomsnelheden zeer gering zijn. Het vergroten van de dwarsdoorsnede versterkt deze situatie. Hiermee is het duidelijk dat de doelstellingen voor een permanent stroomvoerend zomerbed op deze manier niet gehaald zullen worden. Hier is uitgebreid over gediscussieerd in diverse bijeenkomsten en de consensus is dat het behalen van stromingsdoelstellingen zo ver weg ligt dat dit doel (voorlopig?) verlaten wordt in het ontwerp. Op dit punt wordt in deze memo dan ook niet verder ingegaan. Alleen in een stuwpasserende nevengeul is het mogelijk om in de zomer voldoende stroming te handhaven. De hoofdvraag die wel beantwoord wordt in dit memo is in hoeverre er dan nog wel sprake zal zijn van morfologische processen in de Vecht.

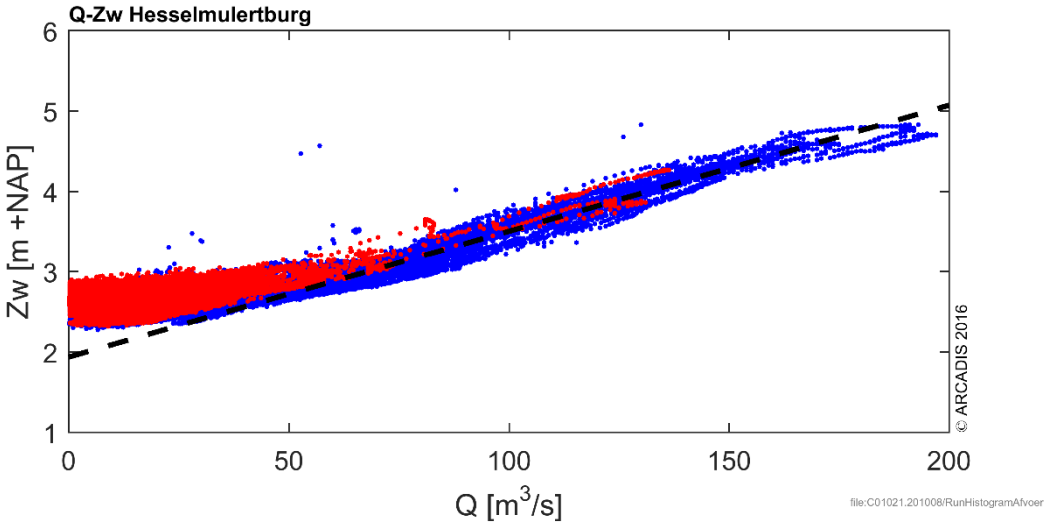
In dit memo beschouwen we de volgende vragen:

- In welk regime zitten we? Is er sprake van marginale activiteit of juist veel?
- Kunnen we actieve meandering verwachten? Gaan de bochten zich (snel) verplaatsen?
- Vind voldoende suspensief transport plaats om zandafzettingen te mogen verwachten in het winterbed? Hoe vaak?
- Welk afvoerbereik zorgt voor het grootste sediment transport?
- Wat is de kans op het onderschrijden van de vaardiepte, door lage waterstanden of overmatige sedimentatie?

Als laatste onderdeel is het profiel aangegeven voor de voorkeursvariant T11.

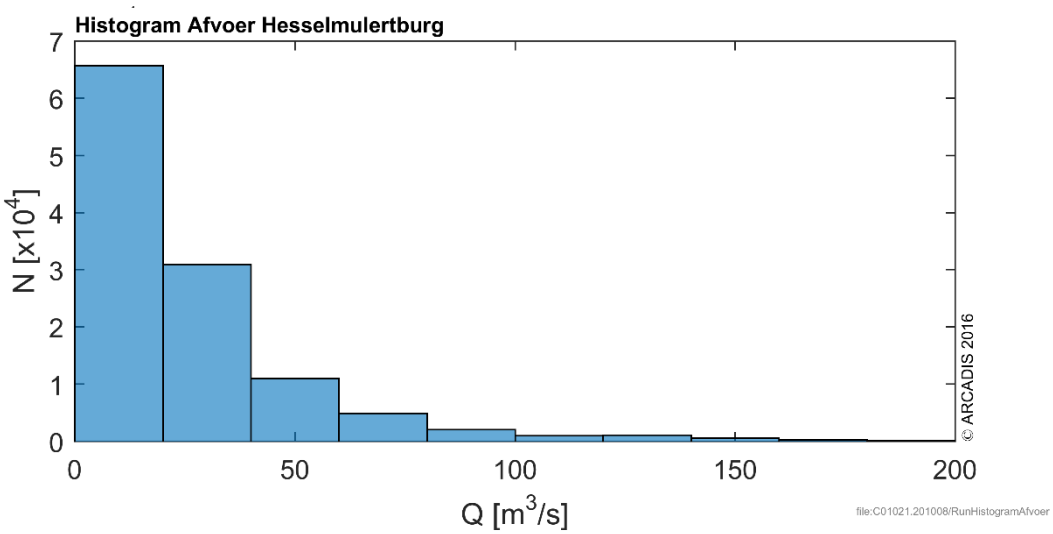
## Werkwijze

Om inzicht te krijgen in het transportregime in de Vecht is (voor deze memo/ werkzaamheden) gebruik gemaakt van een analyse van de evenwichtsstroming en de bijbehorende transport parameters op een enkel punt. Voor een representatief dwarsprofiel wordt dan aangenomen dat er evenwichtsstroming heerst en worden de hydraulische parameters als diepte en gemiddelde stroomsnelheid bepaald. Omdat de Vecht een groot deel van het jaar gestuwd is kan dat model niet altijd worden toegepast. Figuur 2 toont een plot van de gemeten waterstand tegen de afvoer bij de Hessel Mulertbrug in Ommen. Ondanks de beperkte meetreeks, is de verwachting dat dit voldoende basis biedt voor de analyse. Zie ook figuur 7 verderop, waaruit blijkt dat het aandeel van de hogere afvoeren in het transport afneemt.
Hierin is zichtbaar dat de rivier vrij afstroomt bij hoge afvoeren en gestuwd is bij de lage afvoeren; het omslagpunt ligt ongeveer bij 70 $m^3/s$. Omdat in het puntmodel geen rekening wordt gehouden met de stuwen is in de hierna volgende resultaten de lijn beneden de 70 $m^3/s$ gestippeld. De berekening geeft daar een lagere waterstand en een hogere stroomsnelheid dan in werkelijkheid zal optreden. Door het stuwen vindt bij lage afvoeren nog minder transport plaats dan berekend in deze analyse, zie ook de toelichting hieronder bij figuren 3 en 4.

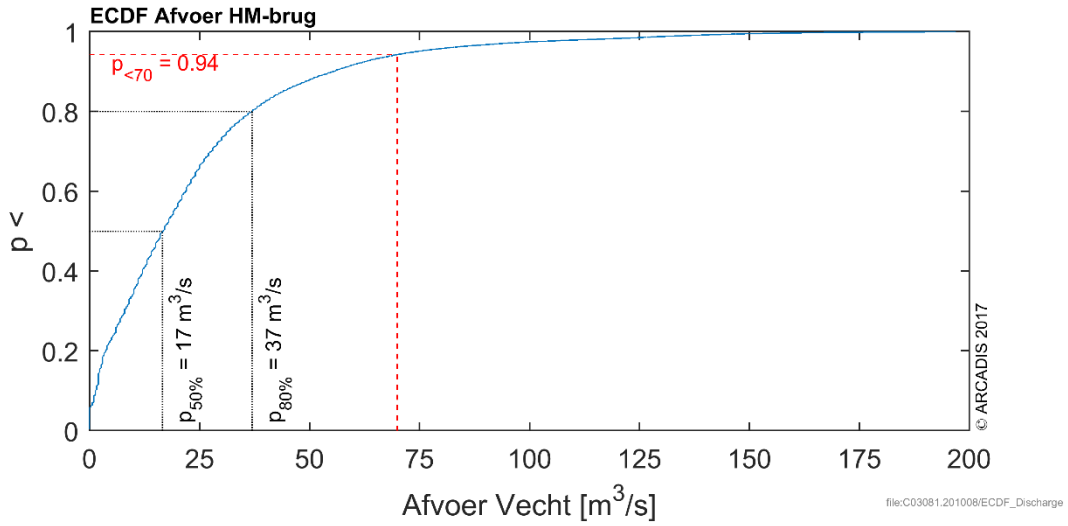


*Figuur 2 Relatie tussen afvoer en waterstand bij Ommen (meetreeks 17 jaar). In rood de droogste maanden (juni t/m september)*

Figuur 3 en 4 tonen de verdeling van de afvoeren bij de HM-brug in Ommen van 1 jan 1999 tot 9 april 2016. Figuur 3 toont het aantal uren dat de afvoer in een bepaalde klasse viel. Figuur 4 is gebaseerd op dezelfde data, maar toont de empirische cumulatieve kansverdeling (ECDF) voor de afvoer bij de brug bij Ommen (figuur 3 toont het histogram van de afvoeren). Hier kun je zien hoe lang een afvoer optreedt; een afvoer van 70 $m^3/s$ wordt 94% van de tijd niet overschreden. Onder de 70 $m^3/s$ wordt de waterstand door de stuwen kunstmatig verhoogd en is de diepte te groot voor de afvoer, en de stroomsnelheid dus te laag voor de afvoer. Het gevolg is dat de hoeveelheid sedimenttransport snel afneemt onder de 70 $m^3/s$.




*Figuur 3*

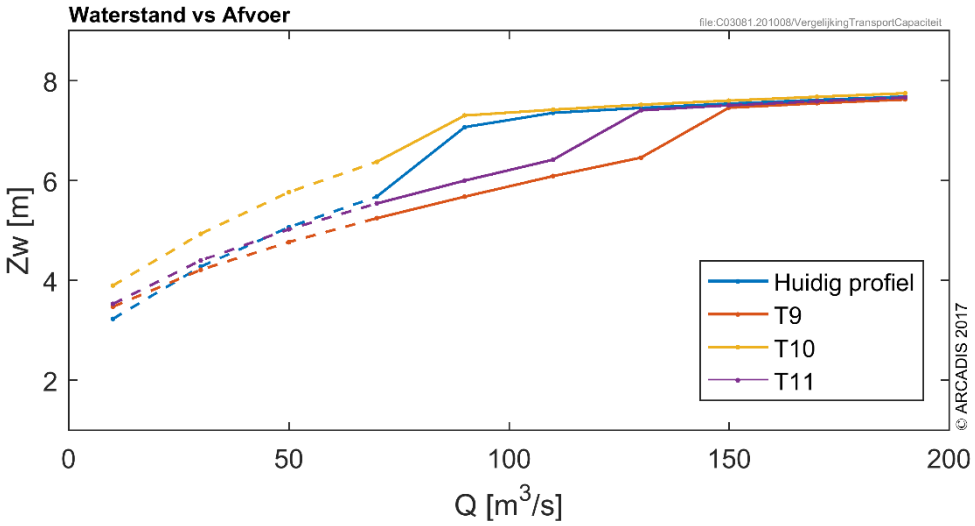



*Figuur 4*

## Resultaten

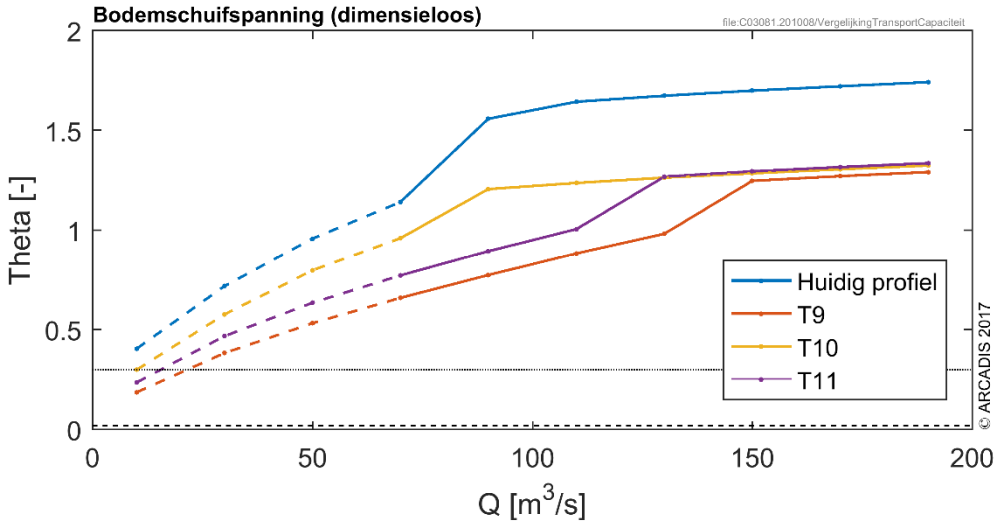
Met het puntmodel voor evenwichtsstroming zijn de waterstanden en stroomsnelheden en de resulterende sediment transporten uitgerekend. Figuur 5 toont het effect van de verschillende ontwerpen van de dwarsdoorsneden voor de waterstand. T9 is het ruimste profiel en kan daarom het grootste debiet afvoeren bij een bepaalde waterstand, het duurt dus het langst voor deze buiten zijn oevers treedt. T10 is het krapste profiel;

dit profiel is ontworpen om zoveel mogelijk stroming en morfologische activiteit te krijgen in de Vecht. Dit profiel treedt dus als eerste buiten zijn oevers. T11 is het huidige profiel van het voorkeursontwerp.




*Figuur 5*

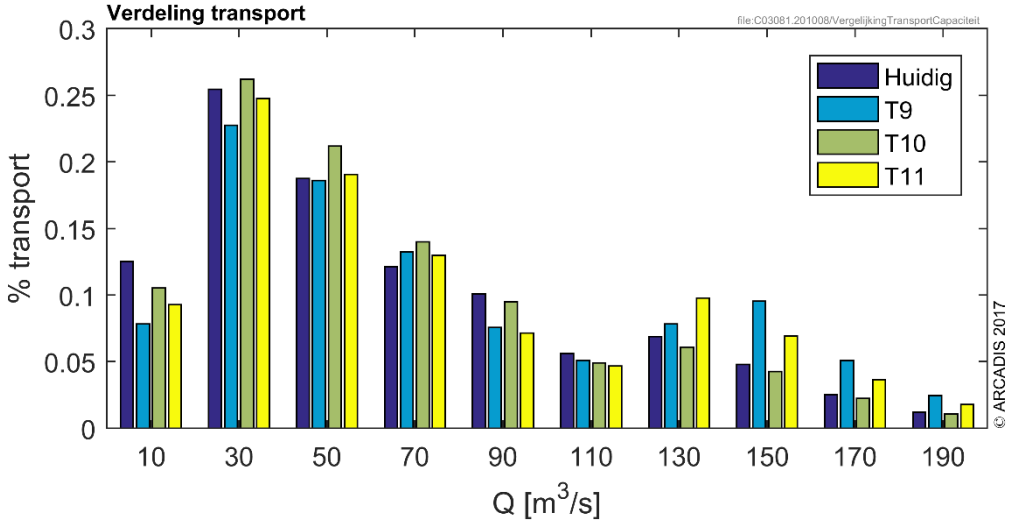
Op basis van de waterstanden, stroomsnelheden en het verhang is de dimensieloze bodemschuifspanning (Theta of θ) uitgerekend. Dit is de aandrijvende kracht voor sedimenttransport. Deze wordt weergegeven in Figuur 6. Dit figuur laat 2 horizontale stippellijnen zien bij θ = 0.02 en 0.3, dit zijn de waarden waarbij het bodemmateriaal (Zand $d_{50}$ = 0,3 mm) in beweging komt als bodem transport en als suspensief transport. Alle lijnen komen ruim boven deze waarden uit. Er is dus in alle gevallen sprake van een duidelijke hoeveelheid sediment transport. Het huidige profiel geeft de grootste transporten. De afname in de transportcapaciteit wordt veroorzaakt door het hermeanderen van het zomerbed. Door het hermeanderen neemt de lengte van de rivier toe en daardoor neemt het verhang af. Hierdoor neemt de bodemschuifspanning af.




*Figuur 6*

Voor het sediment transport is het transportmodel van Engelund en Hansen (1967) gebruikt omdat dit geschikt is voor het transport van fijn zand als bodemtransport en in suspensie. Sediment transporten zijn erg moeilijk te voorspellen en dergelijke modellen kunnen alleen na zorgvuldige kalibratie en validatie worden gebruikt. Daarom is hier niet de absolute hoeveelheid gegeven, maar de verdeling van het transport over de opgetreden debieten. Dit geeft inzicht in de vraag of de morfologie nu voornamelijk wordt bepaald door de lage afvoeren die vaak voorkomen of de hoge afvoeren die zelfden voorkomen maar veel transport veroorzaken.

Figuur 7 laat zien dat de lage afvoeren in principe een groter deel van het transport veroorzaken. Voor alle scenario's is de verdeling ongeveer gelijk en vindt het grootste gedeelte van het transport plaats bij 30 – 50 $m^3/s$. Echter, dit valt in de praktijk in het regime waarin de stuwen actief zijn. Zeker bij 30 $m^3/s$ is de verwachting dat er niet veel transport meer zal plaatsvinden. De conclusie die hieruit getrokken kan worden is dat het meeste transport zal plaatsvinden wanneer de stuwen gestreken zijn of bijna gestreken zijn (ca. 50-70 $m^3/s$). Deze omstandigheden komen regelmatig voor; ondanks dat het transport dan geringer is dan bij bijvoorbeeld 130 $m^3/s$, wordt er in totaal dan toch meer sediment getransporteerd.




*Figuur 7 Relatieve verdeling van sedimenttransport*

***Ad figuur 7: wat is het meest gunstige scenario en bij welk debiet ?***
Figuur 7 laat alleen de relatieve verdeling zien, niet de absolute hoeveelheden. De reden daarvoor is beschreven direct onder figuur 6. De relatieve aandelen verschillen niet veel tussen de 4 varianten (huidig + 3 scenario's). Daarnaast blijkt uit figuur 6 en de toelichting daarop, dat er in alle gevallen sprake is van een duidelijke hoeveelheid sediment transport, maar dat die drie scenario's alle lager liggen dan de huidige situatie. Dus puur daarnaar kijkend is de huidige het meest gunstig. Uit figuur 6 blijkt ook dat de bodemschuifspanning als drijvende kracht afneemt c.q. optreedt bij lagere afvoeren in de volgorde: Huidig > T10 > T11 > T9. Vanaf 150 $m^3$/sec vallen de drie scenario's samen. Maar T10 leidt tot hogere waterstanden dan de huidige (zie figuur 5). Belangrijker lijkt echter dat in de nieuwe ontwerpen er veel meer sprake is van variatie in stroomsnelheden e.d. binnen het profiel. Er zijn zeer flauwe oevers en zeer steile oevers, er zijn inundatiezones/ plas dras en oevers zijn ontsteend. Verwacht mag worden dat de scenario's alle veel meer "ecologisch relevante sedimentatie en erosie" bevatten dan de huidige. De vraag welk scenario het meest gunstig is, kan niet los worden gezien van het ontwerp c.q. inrichting (en beheer).

## Antwoorden op vragen

In de zoektocht naar een voorkeursalternatief leefde er een aantal vragen bij de Provincie Overijssel en het Waterschap Vechtstromen. Onderstaand wordt een aantal van deze vragen besproken. Een aantal vragen kunnen nog niet worden beantwoord, deze worden in de volgende sectie besproken.

**In welk regime zitten we? Marginale activiteit of juist veel?**
De Vecht is nu een sterk actieve rivier, er vindt veel sediment transport plaats zodra een hoogwatergolf optreedt. De mate van activiteit neemt iets af door hermeandering, maar blijft groot.

Actief sediment transport kan zorgen voor een diversiteit aan habitats maar dat geldt voornamelijk wanneer dit transport ook op ondiepe plekken plaatsvindt. Een groot transport over de bodem van een kanaal met steile oevers is alleen maar onwenselijk. Er zijn dan weinig schuilmogelijkheden voor flora en fauna. Een bochtige rivier met diepe en ondiepe plekken is daarentegen wel wenselijk. Op ondiepe plekken kan wel sediment worden afgezet waardoor er een zekere dynamiek blijft bestaan, wat voor pioniersoorten wenselijk is. Tegelijk zijn er zones met lage stroomsnelheden waar niet alle 'leven' wordt weggevaagd tijdens de hoge stroomsnelheden en

transporten. Flauwe taluds in de oeverzones zijn dus belangrijk voor sedimentatie. Een iets minder actieve rivier, met een grotere morfologische diversiteit is ecologisch gezien gunstig.

**Zullen bochten actief gaan migreren zoals in het verleden?**
Dat is niet waarschijnlijk. In de huidige Vecht laten ervaringen bij ontsteningen en aanleg meanders slechts beperkte activiteit zien, terwijl de Vecht wel veel sedimenttransport kent. Omdat de ontwerpen qua hydraulisch regime niet veel afwijken van de huidige situatie is het niet de verwachting dat daar veel verandering in komt.

Het ontwerp van de dwarsdoorsnede in de bocht is hierbij wel van belang. In de huidige Vecht is in de bochten geen ondiepe binnenbocht en diepe buitenbocht aanwezig. Er is sprake van een trapezoïde profiel. Wanneer de binnenbocht ondieper en de buitenbocht dieper aangelegd wordt kan de stroomdraad meer naar de buitenbocht verlegd worden, wat mogelijk leidt tot een sterkere erosie van de buitenbocht. In de binnenbocht neemt de stroomsnelheid dan af en kan zich sediment afzetten.

Om actieve meandering te realiseren zou de rivier weer kunnen worden hersteld naar de situatie voor de normalisering, met een grotere lengte (meanders), een veel kleinere dwarsdoorsnede en zonder stuwen. Omdat actieve meandering geen doel op zich is en het verkleinen en ontstuwen wegens uiteenlopende randvoorwaarden geen optie zijn, is het herstellen van actieve meandering daardoor niet mogelijk. Wanneer het sediment transport in de nieuw te ontwerpen Vecht voor een beperkte dynamiek zorgt in de ondiepe delen en op de overstromingsvlakten, is dat al winst voor de ecologie.

**Vind voldoende suspensief transport van zand plaats om zandafzettingen te mogen verwachten? Hoe vaak?**
Uit figuur 6 blijkt dat er “heel vaak” (minimaal) zandtransport plaatsvindt. Uit figuur 7 + toelichting blijkt dat er tot $30m^3$/sec niet veel transport zal plaatsvinden. Uit figuur 4 blijkt dat er 80% van de tijd minder dan 37m3/sec afvoer is. Er is zeker jaarlijks sprake van afvoeren boven de 50-70m3/sec, dus ook zeker jaarlijks zandtransport van serieuze omvang.

Er vindt zeker voldoende transport plaats, de vraag is of het op zinvolle plaatsen wordt afgezet. Hiertoe moet het op ondiepe plaatsen in de bedding of op overstromingsvlakten worden afgezet. Dit is met een puntmodel zoals hier gehanteerd, of een 1D of 1D/2D Sobek model niet te beantwoorden. Om het met een model aan te tonen zou een 3D model moeten worden gehanteerd en dat vergt een vrij grote inspanning. Het aanleggen van meanders met verschillende bochtstralen, ook met krappe bochten, en de flauwe oevers scheppen de juiste omstandigheden voor sediment afzettingen.

Er zijn twee typen locaties die kansrijk zijn voor sediment afzetting: binnenbochten en plaatsen waar de rivier de overstromingsvlakte (winterbed) op stroomt:
- Een binnenbocht kan alleen maar (zinvol) sedimenteren wanneer er sprake is van een natuurlijk dwarsprofiel. Wanneer het trapezoïde dwarsprofiel wordt vastgelegd op een legger en door baggeren op diepte wordt gehouden, is er geen sprake van nuttige sedimentatie die bijdraagt aan een natuurlijkere rivier. In het ontwerp zijn nu diverse natuurlijke dwarsprofielen voorzien, die kansrijk zijn voor sedimentatie.
- Plaatsen waar de rivier de overstromingsvlakte op stroomt, ontstaan daar waar de dwarsdoorsnede van het zomerbed kleiner wordt en waar de stroomdraad richting een overstroomde oever stroomt. Het sediment wordt dan daar neergelegd waar de stroming vertraagd. In het ontwerp zijn dit plekken als bij Karshoek (overloop op perceel Kremers, richting Karshoek) of bij Stegeren (versmalling ter hoogte van De Roos)

**Welk afvoerbereik zorgt voor het grootste sediment transport?**
Bovenstaande analyse heeft laten zien dat de grootste totale transporten plaatsvinden bij afvoeren waarbij de stuwen net gestreken zijn omdat deze vaker voorkomen dan hogere afvoeren. De hoogste transportintensiteit vindt plaats tijdens de absoluut grootste afvoer, maar deze is veel zeldzamer.

Het heeft een aantal voordelen dat de morfologisch relevante afvoer regelmatig voorkomt:
- De morfologie ontwikkelt zich geleidelijker omdat er vaak een kleine verandering plaatsvindt in plaats van zelden een grote.
- Hierdoor wordt het beheer makkelijker: knelpunten ontstaan geleidelijker waardoor er meer tijd is om ze op te merken en in te grijpen.

- De flora en fauna krijgen regelmatig te maken met sediment transport op sommige plaatsen waardoor deze zich kunnen aanpassen aan de omstandigheden.

**Hoe groot is de kans dat in de heringerichte Vecht de afgesproken vaardiepte van 0,5 meter lokaal of over grotere lengte onderschreden gaat worden door morfologische activiteit?**
Door het ruime profiel dat ontworpen is en het feit dat de waterstanden gestuwd blijven is er een zeer kleine kans op ondieptes over de hele breedte. Wanneer in bochten asymmetrische profielen worden gerealiseerd met een diepe buitenbocht en een ondiepe binnenbocht, wordt lokaal de breedte van 'vaargeul' iets kleiner. Echter, voor de kleine bootjes met een diepgang van < 0,5 m die gebruik kunnen maken van de Vecht blijft de breedte royaal.

De kans op lage waterstanden is bijna nihil, of in ieder geval gelijk aan de huidige. De Vecht blijft immers gestuwd en wordt nauwelijks ondieper. "Overmatige sedimentatie" is over grote lengtes zeer onwaarschijnlijk, gezien de waterpeilen, ontwerpprofielen en het "zandgebrek" van de Vecht. De bodemschuifspanning (zie figuur 6) ligt in het ontwerp lager dan de huidige. Lokaal kan er wel sprake zijn van een "drempel" of "verdieping", zoals in scherpe bochten of de uitmonding van een meander.

## Vervolg

Niet alle vragen kunnen momenteel geheel worden beantwoord, onderstaand wordt hier kort uitleg bij gegeven.

**Identificatie van de plaatsen waar sedimentatie en erosie te verwachten is en waar mogelijk kwalitatief/kwantitatief beschrijven van transportcapaciteit en daadwerkelijke beschikbaarheid van sediment.**

In algemene zin is het zo dat sedimentatie te verwachten is op (relatief stroomluwe delen van) het winterbed, op de flauwe binnen oevers van een meander, en erosie in de buitenbocht, ook als de bodem zich daar wat insnijdt. Deze gebieden zijn dus "bekend". Concrete identificatie van plekken sedimentatie en erosie langs de oevers vraagt om een gedetailleerd beeld van de stroming, dit is er nu niet. Daarvoor moet een 2D of 3D model worden gemaakt. Op een wat hoger abstractieniveau kan op basis van een 1D model wel longitudinale erosie en sedimentatie worden bepaald.

Wat betreft het verschil tussen transportcapaciteit en daadwerkelijk transport: we hebben geen aanwijzingen dat de bodem over significante afstanden afgedekt / afgepleisterd zou zijn door grover sediment of eventueel klei of veenafzettingen in de bodem. We gaan ervan uit dat de transportcapaciteit daadwerkelijk optreedt, afgezien van de gebruikelijke foutenmarge in het voorspellen van sedimenttransport.

**Met welke (lokale) maatregelen in het profiel van de Vecht is het mogelijk om meer stromingsdynamiek, een gunstigere sedimentatie en/of geomorfologische effecten te verkrijgen?**
Dit is mogelijk met variatie in het profiel in lengte- en dwarsrichitng, wat leidt tot variatie in stroomsnelheid, wat weer leidt tot erosie en sedimentatie:
- Asymmetrische profielen met delen met een geringe diepte : deze maken nu al onderdeel uit van het ontwerp, met name in de nieuw aan te leggen meanders.
- Variatie in dwarsdoorsnede kan de rivier helpen sediment af te zetten op overstromingsvlakten, maar werkt wel opstuwend : dit komt nu voor in het ontwerp, bijvoorbeeld bij De Roos waar aan beide kanten beperkt ruimte is. Of de opstuwing optreedt en ongewenst is, moet nog worden doorgerekend.
- Toepassen van dood of levend hout in de geul. Werkt ook opstuwend maar geeft stromingsluwe plekken in de rivier. Hiermee wordt al geëxperimenteerd bij Junne, ook in dit deelgebied zijn hier mogelijkheden voor, waarbij we denken aan binnenbochten gelegen binnen natuurterreinen.

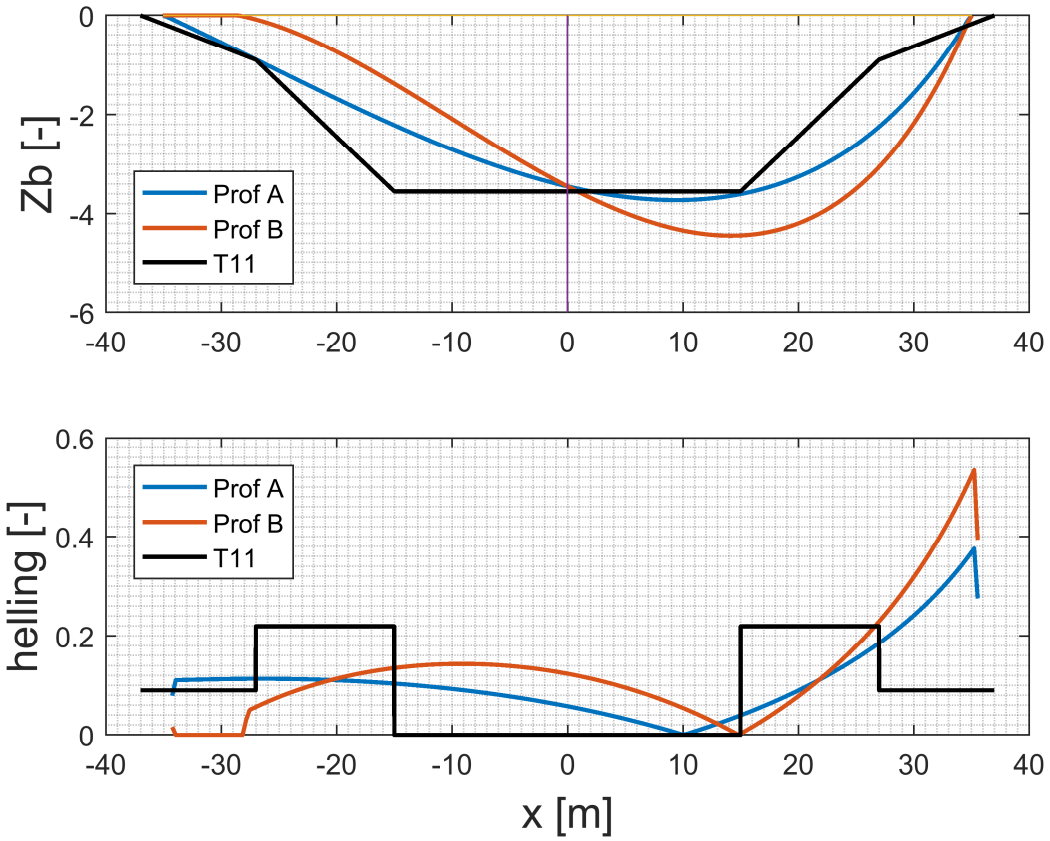
Een andere maatregel die te overwegen is:
- Het stuwregime is momenteel gericht op het handhaven van waterstanden. Door het stuwregime te veranderen, kan bij matige afvoeren (bijvoorbeeld 20-50 m3/s, dit moet uitgezocht worden) de stroomsnelheid in de Vecht langer gehandhaafd blijven. Dit zorgt bovenstrooms van een stuw voor meer stroming hierdoor vindt het sedimenttransport bij lagere afvoeren nog plaats. Het zorgt ook tijdelijk voor een wat lagere waterstand direct boven de stuwen. Tijdens lage afvoeren moet gewoon op waterstand gestuwd blijven worden. De haalbaarheid hiervan moet nader beschouwd worden in relatie tot andere doelstellingen die rand voorwaardelijk zijn voor de te hanteren stuwpeilen.

## Ontwerp dwarsdoorsneden o.b.v. Scenario 11

Op basis van het huidige theoretisch ontwerp voor scenario 11 langs de Vecht (T11 in onderstaande figuur) zijn er dwarsprofielen gemaakt, die aangeven hoe de rivier zich zou kunnen gaan ontwikkelen, gegeven de randvoorwaarden.

In onderstaande figuur zijn daarvan twee profielen gegeven: voor een meanderbocht (prof B, in onderstaande figuur) en voor de meer rechte trajecten (prof A). De overige profielen bewegen zich tussen deze twee extremen in. Echt rechte stukken zijn er niet.
In het ontwerp voor de nieuwe Vecht zal geen verdieping aangebracht worden, zoals profiel B aangeeft, zodat verdrogende effecten voorkomen worden.

Om een nieuw ontwerp voor de dwarsprofielen te maken op basis van het huidige ontwerp is uit gegaan van een doorstroom oppervlak van 169 $m^2$. Dit doorstroom oppervlak is gebaseerd op het gewenste basis dwarsprofiel voor Scenario 11 dat beschreven staat in figuur 27 in het rapport 'Scenariobeschrijving plan op hoofdlijnen Vecht'. Voor elk profiel dat is getekend is rekening gehouden met het doorstroom oppervlak (169 $m^2$), gewenste rivier breedte (70 meter), gewenste bochtstraal (huidige ontwerp), het maatgevende hoogwaterstand T200, flauwe binnenbochten van het rivierprofiel (1:10) en steile buitenbochten van het rivierprofiel (1:1).



# Bijlage 8 Resultaten controle effect verhang winterbed

MEMO

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

**ONDERWERP**
Resultaten controle effect verhang winterbed

**PROJECTNUMMER**
C03011.000702

**DATUM**
**17-5-2017**

**ONZE REFERENTIE**

**VAN**
Arjan Tuijnder MSc PhD

**AAN**
Waterschap Vechtstromen

# Inleiding

Langs de Vecht in het beheersgebied van het waterschap Vechtstromen worden projecten uitgevoerd waarmee invulling wordt gegeven aan de half-natuurlijke laaglandrivier, de KRW en Natura2000 opgave en de Vecht veilig moet blijven. Momenteel worden de ontwerpen van de deelprojecten Rheezermaten en Karshoek-Stegeren gemaakt. In deze projecten wordt de ligging van het zomerbed bochtiger gemaakt (hermeanderen), worden er natuurlijkere profielen toegepast en wordt er ruwere vegetatie op de oevers toegestaan. Deze veranderingen hebben in principe tot gevolg dat de waterstand bij een bepaalde afvoer toeneemt. Om hiervoor te compenseren is besloten het doorstroomoppervlak van het zomerbed te vergroten. Het waterschap heeft de grootte van de dwarsdoorsnede bepaald door in SOBEK de MHW-waterstand af te regelen op het huidige niveau door de grootte van deze dwarsdoorsnede te variëren.

In Sobek wordt gewerkt met dwarsprofielen waarin het winterbed en zomerbed zijn samengenomen in één profiel. Bij hermeandering neemt de lengte gemeten tussen twee punten, bijvoorbeeld de stuwen in de Vecht, langs het zomerbed toe, terwijl de lengte langs het winterbed gelijk blijft. In het Sobek-model zijn de bestaande dwarsprofielen verschoven langs het zomerbed. Door de koppeling van het verhang van het winterbed aan dat van het zomerbed is met het hermeanderen van het zomerbed ook het verhang van het winterbed afgenomen. Dit heeft in principe tot gevolg dat de voorspelde waterstand in het model hoger is, wat gecompenseerd is door het verder vergroten van de dwarsdoorsnede van het winterbed van het voorkeursontwerp. Dit betekent eventueel meer grondverzet en kosten. Verder nemen de stroomsnelheden af naarmate de dwarsdoorsnede toeneemt, terwijl verhoging van de stroomsnelheden bij lage waterstanden juist wenselijk zou zijn in het kader van de KRW.

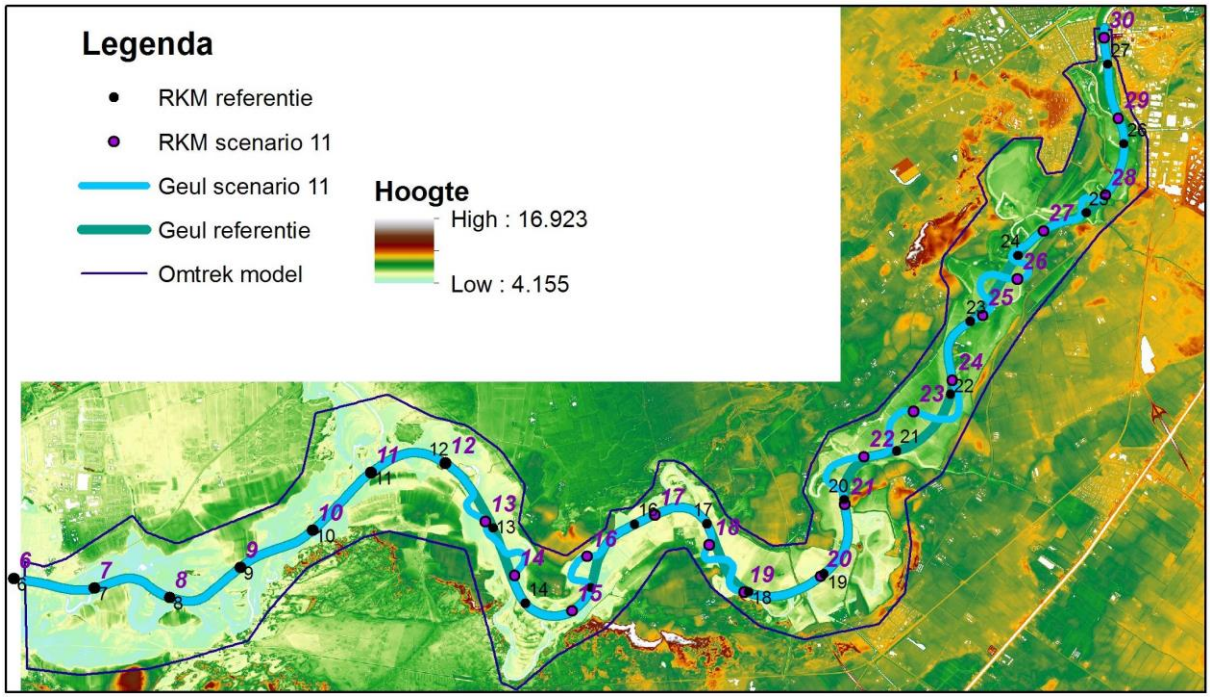
Om te controleren of de koppeling van het verhang in het 1D SOBEK model de bepaalde grootte van de dwarsdoorsnede significant beïnvloedt zijn de berekeningen van de waterstanden herhaald met een 2D stromingsmodel. In een 2D stromingsmodel verandert het verhang van het winterbed niet wanneer het zomerbed wordt verlegd. Het (virtuele) water bepaalt zelf langs welke route het stroomt. Het was natuurlijk ook mogelijk geweest om in het 1D model de dwarsprofielen opnieuw op te stellen voor de situatie na hermeandering, maar dit zou meer werk hebben gekost om te realiseren en bovendien biedt het 2D stromingspatroon in het gebied aanvullende inzichten.

Dit werk is geen volledige validatie van het 1D Vechtmodel en de resultaten hieruit. Het model is opgesteld met als enig doel om te controleren of de bovengenoemde ongewenste koppeling van winterbed en zomerbed verhang de resultaten dusdanig kan hebben beïnvloed dat het dwarsprofiel onnodig veel groter wordt aangelegd. De resultaten van deze studie kunnen dan ook niet gebruikt worden voor verdere ontwerpvragen en of kwantificering van effecten.

# Modelopzet

Het model is opgezet in het pakket Delft3D Flexible Mesh 2017 (versie 1.2.2.36603). Alle berekeningen zijn 2D (dieptegemiddeld) uitgevoerd. De bodemhoogte input is afkomstig van het bodemniveau AHN2 met een 5 m resolutie. De bodemhoogte is zichtbaar als achtergrond in Figuur 1. De begrenzing van het domein is gekozen op basis van het AHN; de grens loopt over de hoge gronden en door niet-meestromende lage gebieden. De bovenstroomse rand ligt in Hardenberg, de benedenstroomse rand in Ommen. Figuur 1 toont de rivierkilometers vanaf stuw Vilsteren voor zowel de huidige als de gehermeanderde geul volgens scenario 11. Tussen rkm 12 en

28 vinden lokaal verleggingen plaats. De lengte van het zomerbed neemt daardoor over het traject met ca. 2,7 km toe.



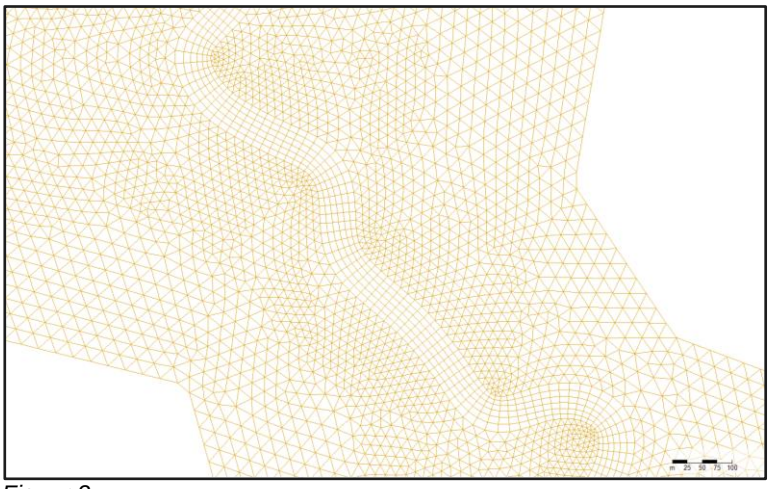

*Figuur 1*

Ter plaatse van de huidige geul van de Vecht bevat het AHN bestand geen data, omdat water geen waarde krijgt in het AHN. Deze gaten zijn eerst opgevuld met een algoritme dat vanaf de randen van het grid gaat interpoleren. Hierdoor ontstaat ter hoogte van de huidige geul een ondiepe geul met een diepte van ca 1 – 1,5 m ten opzichte van het omliggende maaiveld. Deze wordt vervolgens overschreven met het op te leggen theoretische dwarsprofiel van de Vecht. Alleen waar de geul verlegd wordt blijft de restgeul achter in het model. Door middel van een controle-berekening is gekeken of dit van invloed kan zijn op de conclusie uit de berekeningen.

Hoe de geul die over het hoogtemodel wordt gelegd wordt in de onderstaande secties beschreven. Daarvoor moeten eerst het grid, de dwarsprofielen en de langsprofielen worden geïntroduceerd.

**Grid**

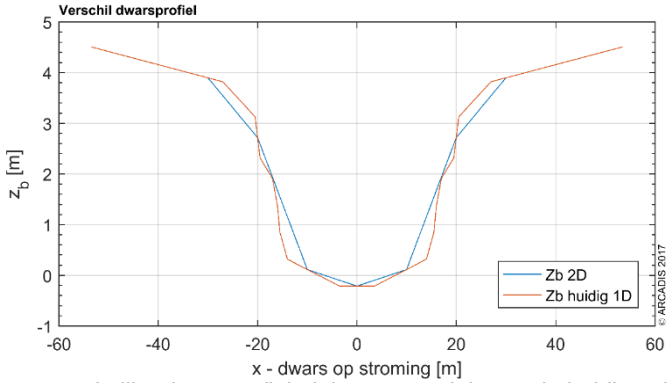
Er is gebruik gemaakt van een gecombineerd curvi-lineair rooster en een onregelmatig driehoeksrooster. Het curvi-lineaire deel volgt de geul en is efficiënter voor de geul, het driehoeksrooster is beter geschikt voor het opvullen van delen waar de stromingsrichting niet op voorhand vaststaat (het winterbed). De geul van de rivier heeft een curvi-lineair rooster, de uiterwaarden zijn opgevuld met het driehoekige rooster. In Figuur 2 is een detail uit het rooster te zien. De resolutie varieert van ca. 6 – 12 m in en rond het zomerbed tot maximaal 30 m in het winterbed.



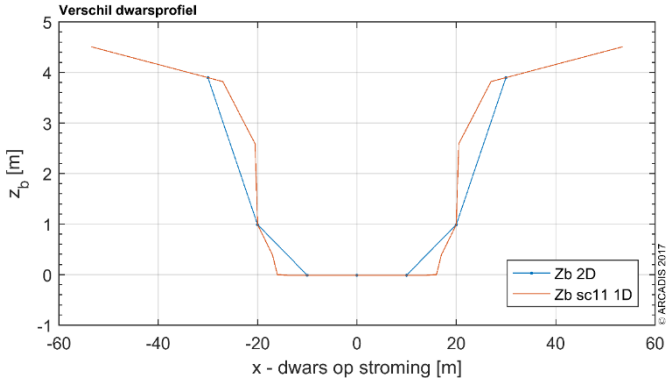
*Figuur 2*

**Dwarsprofielen**

Er zijn twee dwarsprofielen gebruikt in deze studie, het profiel dat representatief is voor de huidige Vecht en het dwarsprofiel dat is afgeleid om de veranderingen aan de Vecht te compenseren, (Scenario 11). Door projectie van het dwarsprofiel op het rekenrooster verandert het dwarsprofiel van vorm. Figuur 3 toont een voorbeeld het effect van deze projectie voor het profiel van de referentie situatie, Figuur 4 voor het profiel van Scenario 11. Deze projectie geldt voor een rechte sectie, in bochten verschuiven de bodempunten wat heen en weer waardoor het gemiddelde bodemprofiel meer lijkt op het opgelegde bodemprofiel. De aanname is dan ook dat het doorstroomoppervlak gemiddeld het doorstroomoppervlak van het 1D profiel benadert.

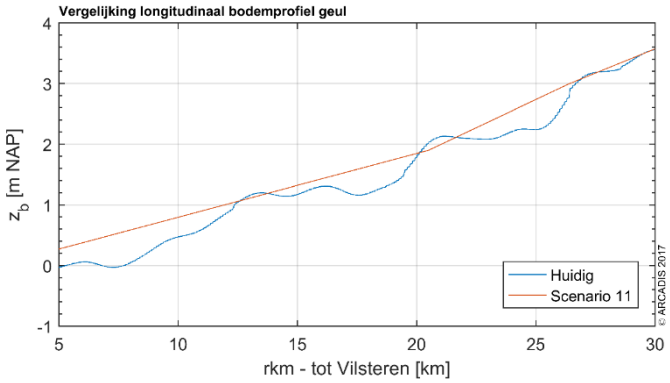



*Figuur 3 Rode lijn: dwarsprofiel uit het 1D model voor de huidige situatie, blauwe lijn: het resultaat van de projectie op het 2D-grid.*

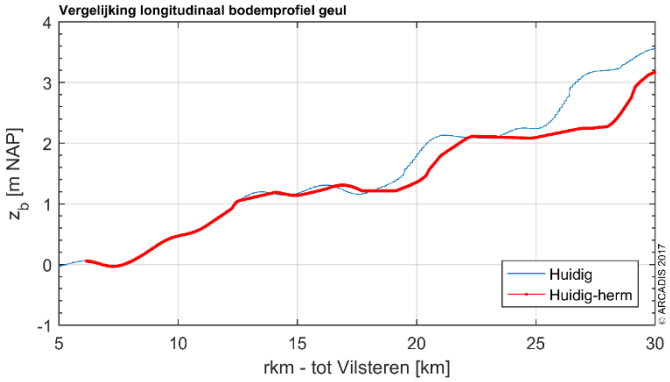



*Figuur 4 Rode lijn: dwarsprofiel uit het 1D model voor de scenario 11, blauwe lijn: het resultaat van de projectie op het 2D-grid.*

**Langsprofielen**
Er is in deze studie gerekend met 3 langsprofielen: het huidige langsprofiel zoals door het waterschap gehanteerd als diepste punt van de dwarsprofielen in het 1D model. Deze wordt in Figuur 5 en Figuur 6 getoond als de lijn 'Huidig'. De lijn Scenario 11 geeft het bodemprofiel weer uit de 1D som van Scenario 11. Het hele stuk van Hardenberg naar Ommen is in dit scenario qua hoogte aangepast. De rivierkilometers zijn in dit figuur volgens de huidige vechtligging gedefinieerd. De lijn 'Huidig-herm' geeft de bodemhoogte aan wanneer alleen lokaal bij plaatsen waar gehermeanderd wordt de bodemhoogte wordt aangepast. Hier is over een geulverlegging lineair geïnterpoleerd tussen het begin en het eind van de verlegging. In Figuur 6 hebben beide lijnen een verschillende as-ligging, (zie Figuur 1). Deze lokaal geïnterpoleerde bodemligging wordt verder in deze studie afgekort als profiel 'huid*'.

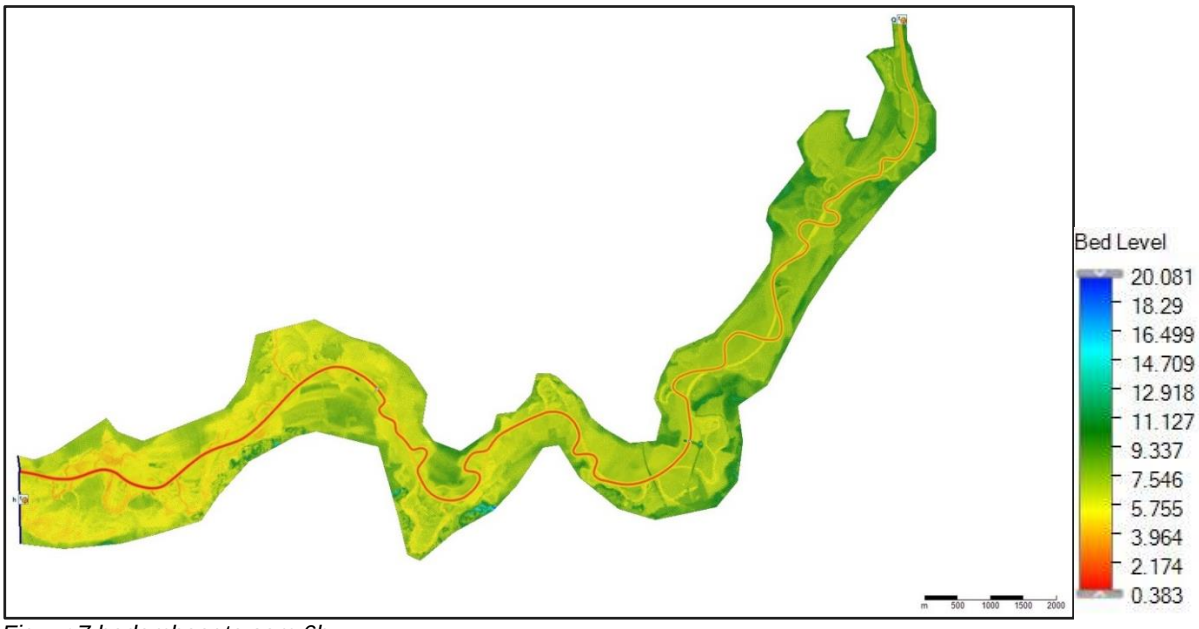


*Figuur 5*



*Figuur 6, het gehermeanderde langsprofiel met lokale verhangaanpassingen.*

Uit de verschillende combinaties van ruimtelijke ligging, langsprofiel en dwarsprofiel zijn hoogtemodellen voor de ligging van de geul gemaakt. Deze zijn over het AHN gelegd om tot het hoogtemodel voor de berekening te komen. Figuur 7 toont een voorbeeld van een bodemhoogte bestand voor het model.



*Figuur 7 bodemhoogte som 6b*

## Ruwheid en kalibratie

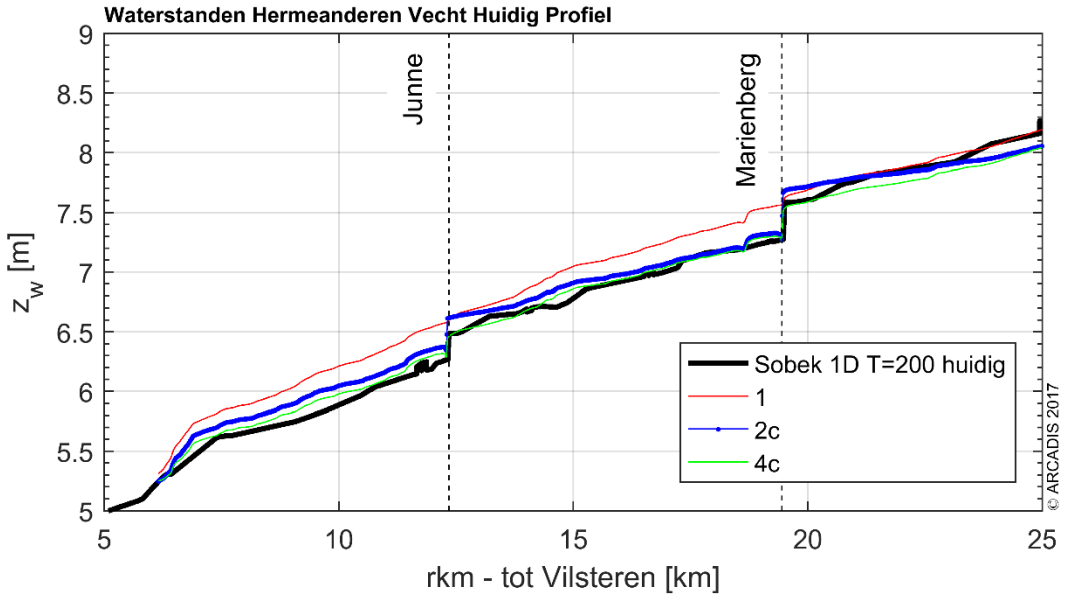
Het model is gekalibreerd aan de T = 200 berekening met het 1D Sobek model van de huidige ligging van de Vecht. Als alternatief waren 2 waterstanden beschikbaar bij de stuwen Junne en Mariënberg. Deze twee punten bieden vrij weinig houvast om het model te kalibreren zeker als wordt bedacht dat naast de ruwheid ook de stuwstand of overlaatcoëfficiënt moet worden gekalibreerd. In eerste instantie is getracht een aparte kalibratie te maken voor zomer en winterbed, door eerst te kalibreren op een T = 1 situatie waarbij de ruwheid van het zomerbed overheersend is. Omdat bij MHW alleen zinvolle resultaten werden gevonden wanneer deze waarden dicht bij elkaar lagen is het onderscheid tussen zomer en winterbed niet verder gemaakt.

Een aantal illustratieve langsprofielen uit de kalibratie wordt getoond in Figuur 8, de belangrijkste kalibratieparameters worden getoond in Tabel 1. In de eerste berekening is begonnen met een ruwheid van C = 25 $m^{1/2}/s$, analoog aan de Sobek berekening voor de T = 200 situatie. Dit resulteerde in waterstanden die duidelijk te hoog waren. Dit is in algemene zin ook te verwachten: in een 2D model worden processen opgelost die ruwheid veroorzaken die in een 1D model ontbreken, het belangrijkste proces is hier bochtstroming. Het vertragen en versnellen rond de bochten heeft een vertragende werking en verhoogd dus de waterstand. In Sobek gebeurt dit niet en wordt dit proces meegekalibreerd wat tot een hogere ruwheid leidt. Bij het verlagen van de ruwheid werd de invloed van de stuwen van belang. Daardoor kan dus niet enkel de ruwheid worden gekalibreerd maar wordt een combinatie van ruwheid en stuwstand gekalibreerd. De bovenkant van een stuwpand wordt voornamelijk door ruwheid gedomineerd en de benedenstroomse kant door de stuwstand of afvoercoëfficiënt.

| Som | Ruwheid C | Stuw Junne Z | Stuw Mariënberg Z |
|---|---|---|---|
| 1 | 25 $m^{1/2}/s$ | n.v.t. | n.v.t. |
| 2c | 40 $m^{1/2}/s$ | 4,50 m +NAP | 4,85 m +NAP |
| 4c | 40 $m^{1/2}/s$ | 3,50 m +NAP | 4,20 m +NAP |

*Tabel 1*

De stuwen zijn in het model geïmplementeerd met één enkele kruinbreedte van 27 m, terwijl de stuwen in werkelijkheid 3 x een opening van 9 m hebben. Bij T = 200 zouden de stuwen geheel gestreken moeten zijn, waarbij de kruinhoogte bij Junne 2,67 m +NAP zou zijn en bij Mariënberg 3,88 m + NAP. Om het waterstandsverval over de stuwen vergelijkbaar te maken aan de Sobek MHW som kan worden gekozen uit een combinatie van het kalibreren van de laterale contractiecoëfficiënt, de afvoercoëfficiënt en de kruinhoogte. Omdat dit na kalibratie verder geen verschil uitmaakt is voor de kruinhoogte gekozen; deze is stapsgewijs verlaagd tot het energieverlies overeenkwam met die in de Sobek 1D som. De gekalibreerde kruinhoogtes zijn wat hoger dan de minimum kruinhoogte van de stuw (zie Som 4c). Dit is deels verklaarbaar uit het gebruik van de enkele grote opening waardoor de contractiecoëfficiënt minder waterstandsverhoging veroorzaakt.

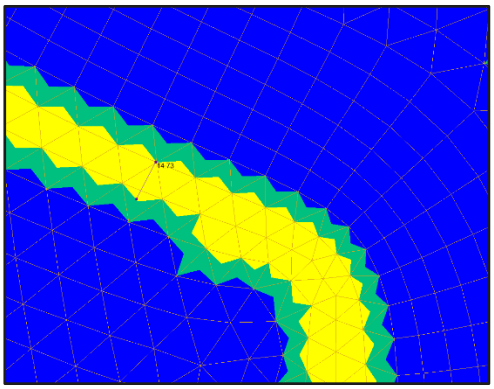



*Figuur 8*

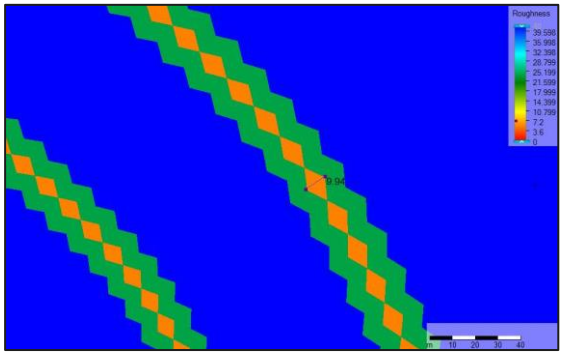
## Oeverruwheid

In Sobek is voor het verruwen van de oevers gerekend met een verruwde vegetatie over een breedte van 2x 6 m langs 75% van het traject waarbij ter plekke van de verruwing is gerekend met een ruwheid van C = 5 $m^{1/2}/s$, wat representatief is voor een dichte doorstroomde vegetatie.

De onderstaande figuren tonen de ligging van de verruwde vegetatie op de oever. Door de gekozen resolutie is het moeilijk exact de schematisatie uit Sobek te reproduceren. De breedte van de oevervegetatie valt breder uit dan in Sobek wanneer een van de 3 hoekpunten van een driehoekige cel worden geselecteerd (Figuur 9). De breedte valt smaller uit wanneer een rij hoekpunten wordt geselecteerd (zie Figuur 10). De gemiddelde breedte is dan ca. 4,5 m ipv 6 m. Omdat het oppervlak van de brede selectie ca. 4x groter is uitgevallen is gerekend met een Chézy-waarde van 10 $m^{1/2}/s$ in plaats van 5 $m^{1/2}/s$. De schuifspanning is omgekeerd evenredig met het kwadraat van de Chézy-waarde; daarom compenseert een verdubbeling van de Chézy een 4x groter oppervlak. In de smalle selectie is wel de waarde van 5 $m^{1/2}/s$ gehanteerd.

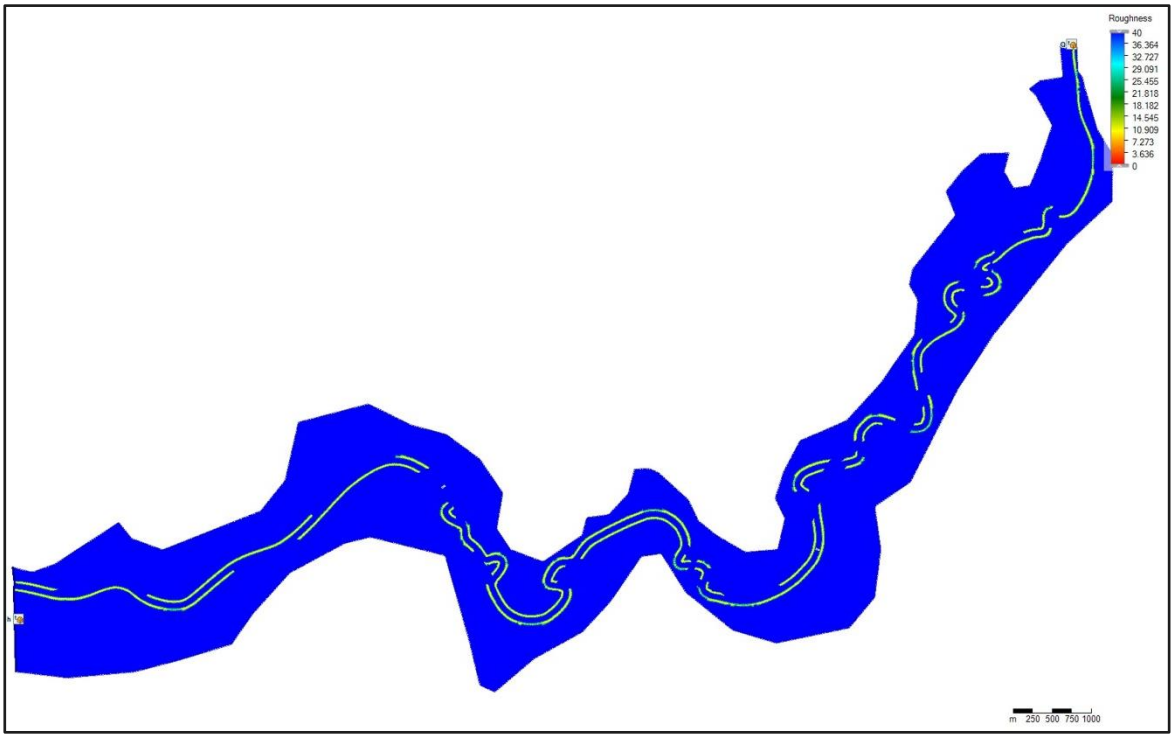


*Figuur 9*




*Figuur 10*

Bij het verdelen van de vegetatie langs het traject is gekozen de plaatsen waar de grootste stroomsnelheden voorkomen te vermijden. De toegepaste vegetatieruwheid wordt getoond in Figuur 11.




*Figuur 11*

# Resultaten

## Overzicht berekeningen

Tabel 2 toont de samenstelling van de verschillende sommen en de gebruikte parameters. De kolommen Ligging Geul, Verhang en Dwarsp Geul verwijzen het hoofdstuk Modelopzet waar de ligging, het verhang en het dwarsprofiel in de huidige situatie en in scenario 11 worden beschreven. De kolom C (Chézy) geeft de bodemruwheid buiten eventuele oevervegetatie.

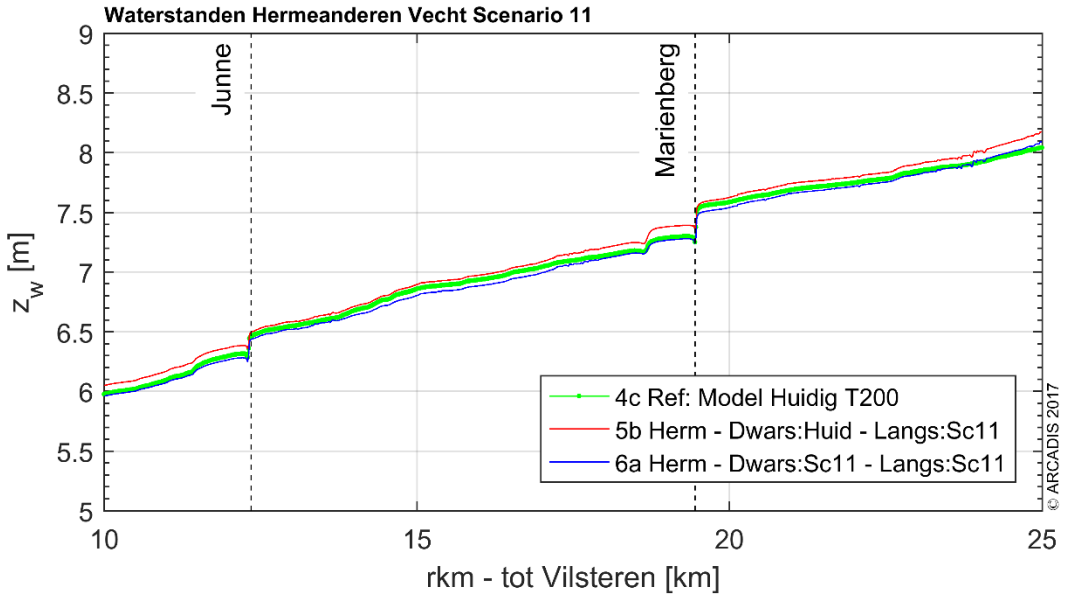
Som 1 en 2c zijn twee voorbeelden uit het kalibratieproces dat heeft geleid tot som 4c. Som 4c geldt in deze studie als de referentiewaterstand, wanneer de beschouwde scenario's leiden tot duidelijk lagere waterstanden kan worden geconcludeerd dat de dwarsdoorsnede te groot is gekozen.
Som 5b en 7b zijn gedraaid om het effect van het hermeanderen vast te stellen, hier zijn alleen de ligging en het verhang aangepast t.o.v. Som 4c. Som 6a laat zien wat het effect van het vergroten van het dwarsprofiel is. Som 6b voegt het effect van de verruwing van de oevervegetatie toe.
Som 6d is gedraaid omdat er twijfels bestonden over twee keuzen in de schematisatie: het niet opvullen van de restgeul en de oeverruwheid schematisatie. Daarom is in Som 6d de restgeul opgevuld en de oeverruwheid versmald zodat deze meer lijkt op de ruwheid in Sobek.

| Som | Ligging Geul | Verhang | Geul | Hoogte in stroom dal | C $m^{1/2}s^{-1}$ | Oever-vegetatie | Stuw Junne [m +NAP] | Stuw Marienberg [m +NAP] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Huidig | Huidig | Huidig | AHN | 25 | | | |
| 2c | Huidig | Huidig | Huidig | AHN | 40 | | 4.5 | 4.85 |
| 4c | Huidig | Huidig | Huidig | AHN | 40 | | 3.5 | 4.20 |
| 5b | Sc11 | sc11 | Huidig | AHN | 40 | | 3.5 | 4.2 |
| 6a | Sc11 | sc11 | sc11 | AHN | 40 | | 3.5 | 4.2 |
| 6b | Sc11 | sc11 | sc11 | AHN | 40 | Breed C = 10 $m^{1/2}/s$ | 3.5 | 4.2 |
| 6d | Sc11 | sc11 | sc11 | AHN restgeul opgevuld | 40 | Smal C = 5 $m^{1/2}/s$ | 3.5 | 4.2 |
| 7b | Sc11 | Huidig* | Huidig | AHN | 40 | | 3.5 | 4.2 |

*Tabel 2*

## Hermeanderen volgens lineair longitudinaal profiel

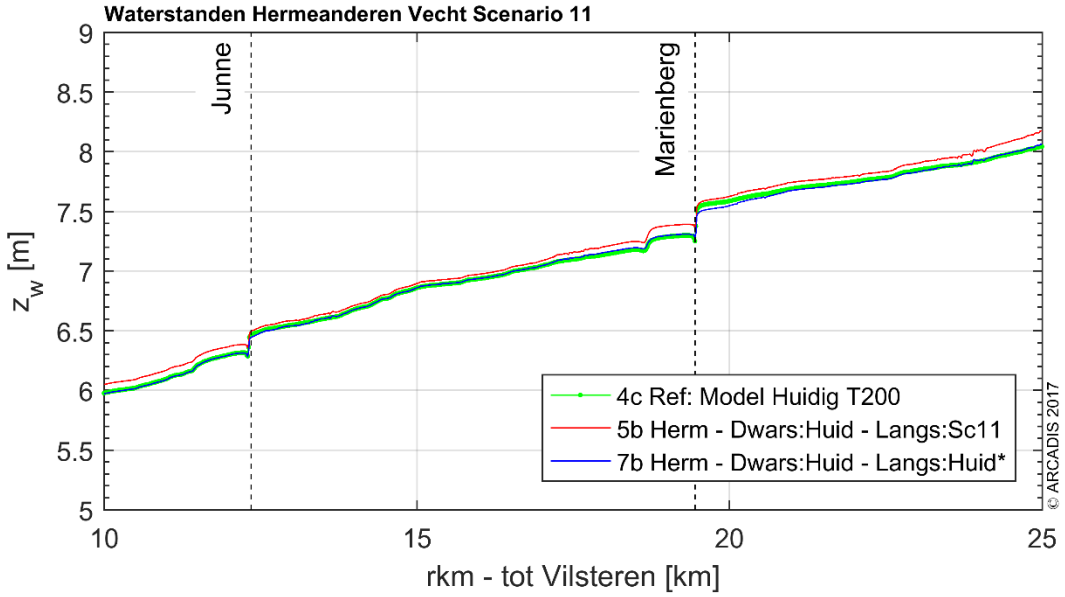
Figuur 12 toont het effect van het hermeanderen met twee verschillende dwarsprofielen. In Som 5b is gerekend met het huidige dwarsprofiel, het lineaire langsprofiel tussen Hardenberg en stuw Vilsteren en een constante ruwheid van C = 40 $m^{1/2}s^{-1}$. Dit resulteert in een verhoogde waterstand ten opzichte van de referentie situatie doordat de bochten extra stromingsweerstand introduceren. (zie Figuur 18). In model 6a is gerekend met het bredere dwarsprofiel van scenario 11. Dit model resulteert, ondanks het hermeanderen in een verlaging van de waterstand t.o.v. het referentiemodel. Dit dwarsprofiel is echter ontworpen om ook te compenseren voor verruwing van de oevervegetatie. Daarom is het logisch dat er enige overcompensatie optreedt.




*Figuur 12*

## Hermeanderen met huidig longitudinaal profiel

Het hermeanderen van de Vecht is met twee langsprofielen doorgerekend, het lineaire profiel Sc11 en het profiel dat is gebaseerd op het huidige profiel (Huid* in Figuur 13). In dit profiel is het huidige profiel zoveel mogelijk gehanteerd alleen waar een verlenging van de geul plaatsvindt is het profiel verlengd door lineair te interpoleren tussen het bodemniveau aan het begin en eind van de verlegging (zie Figuur 6). In Som 5b is het langsprofiel van scenario 11 gebruikt; in som 7b is het huidige profiel met extra meanders toegepast (huid*). Het lineaire profiel is representatief voor de situatie waarin langs het hele traject projecten zijn uitgevoerd, het profiel huid* is relevant in de situatie na uitvoering van de huidige projecten.

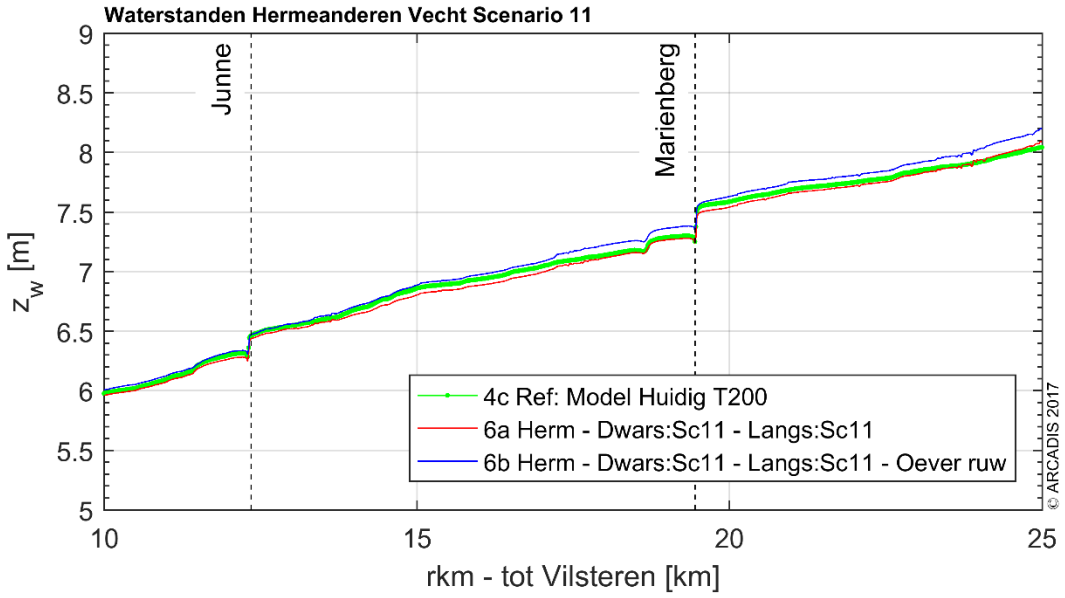



*Figuur 13*

Figuur 13 laat zien dat het lineaire profiel hogere waterstanden oplevert. Het verschil is maximaal ca. 10 cm. Het lineair profiel is geïntroduceerd in Sobek om de verondieping te schematiseren. Door het huidige langsprofiel zoveel mogelijk te handhaven wordt dit kan een aantal cm worden gewonnen, maar feitelijk gaat dit te koste van de verondieping.

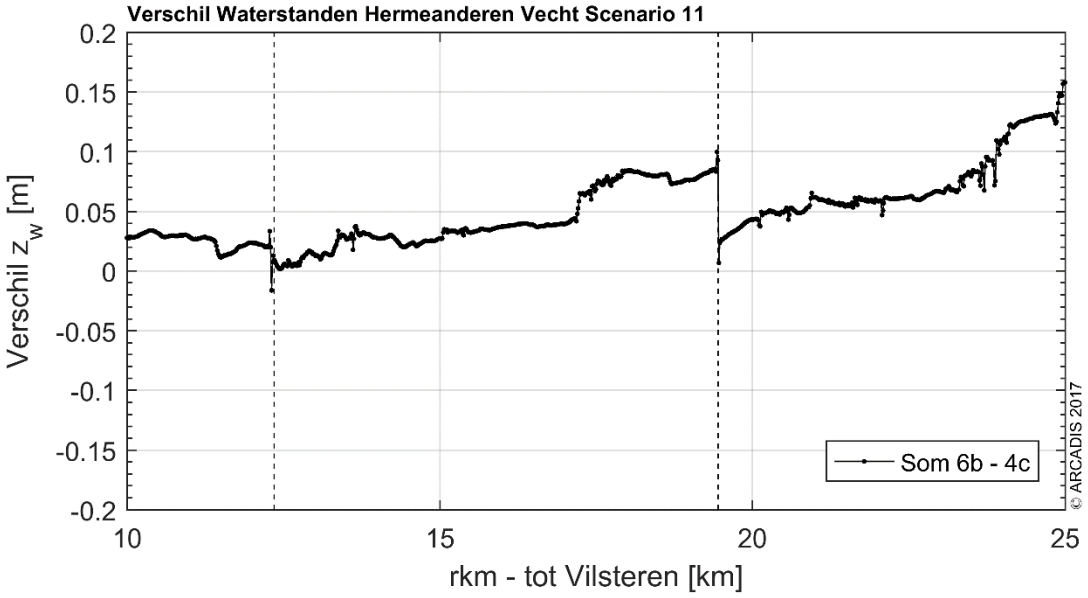
## Effect Oeverruwheid

In Figuur 14 wordt het effect van het introduceren van oeverbegroeiing getoond. In zowel som 6a als 6b is de schematisatie volgens scenario 11 gevolgd, alleen het toepassen van de oeverruwheid verschilt. In som 6b is de brede strook oeverbegroeiing toegepast. Het is zichtbaar dat de oevervegetatie ervoor zorgt dat de waterstand boven de referentie waterstand stijgt. Dit maakt duidelijk dat een vergroting van het dwarsprofiel nodig is om de ruwheid te compenseren en niet achterwege kan blijven. Figuur 14 laat zien dat de vergroting van het dwarsprofiel in Sc11 nog onvoldoende is om de hier toegepaste ruwheidstoename op te vangen.




*Figuur 14*

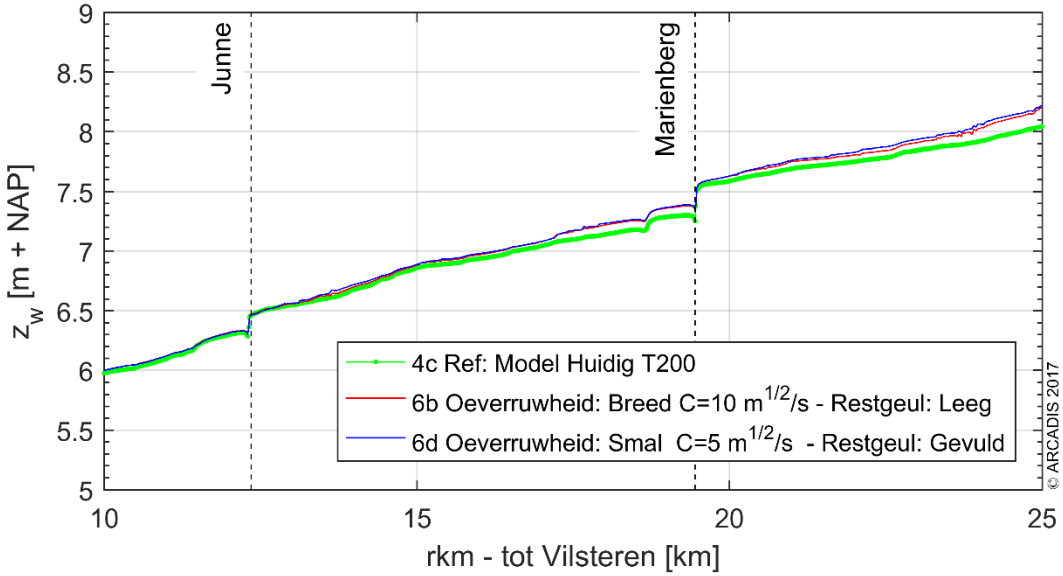
Figuur 15 laat het verschil tussen som 6b en de referentiesom zien. Het verschil is ca. 5 cm.



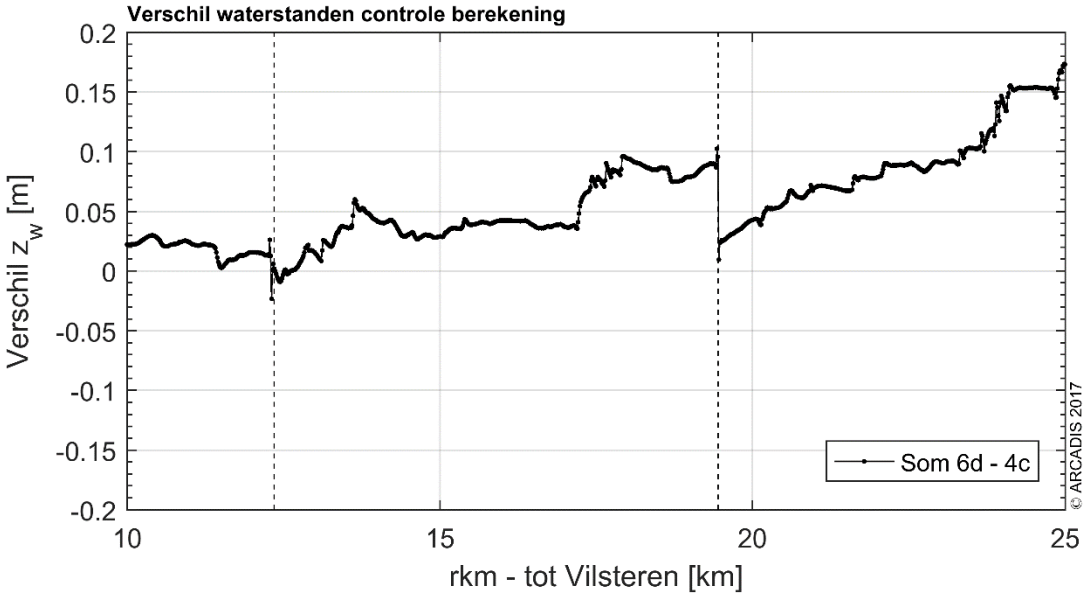

*Figuur 15*

## Controle berekening

Som 6d is gedraaid omdat er twijfels bestonden over twee keuzen in de schematisatie: het niet opvullen van de restgeul en de oeverruwheid schematisatie. Daarom is in Som 6d de restgeul opgevuld (vergelijk Figuur 18 en Figuur 19) en de oeverruwheid versmald zodat deze meer lijkt op de ruwheid in Sobek. Het resultaat is in het stuwpand Junne zeer vergelijkbaar, in het stuwpand Mariënberg zorgt het opvullen van de geulen voor iets hogere waterstanden. Op basis van beide berekeningen kan worden geconcludeerd dat er geen ruimte is voor het verkleinen van de dwarsdoorsnede.



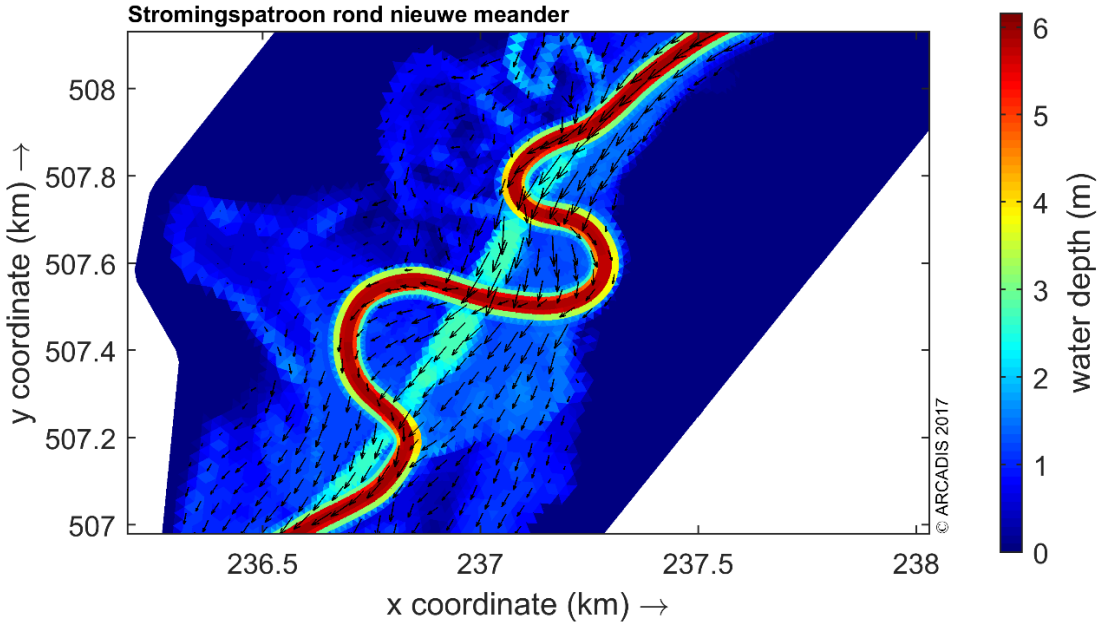

*Figuur 16*



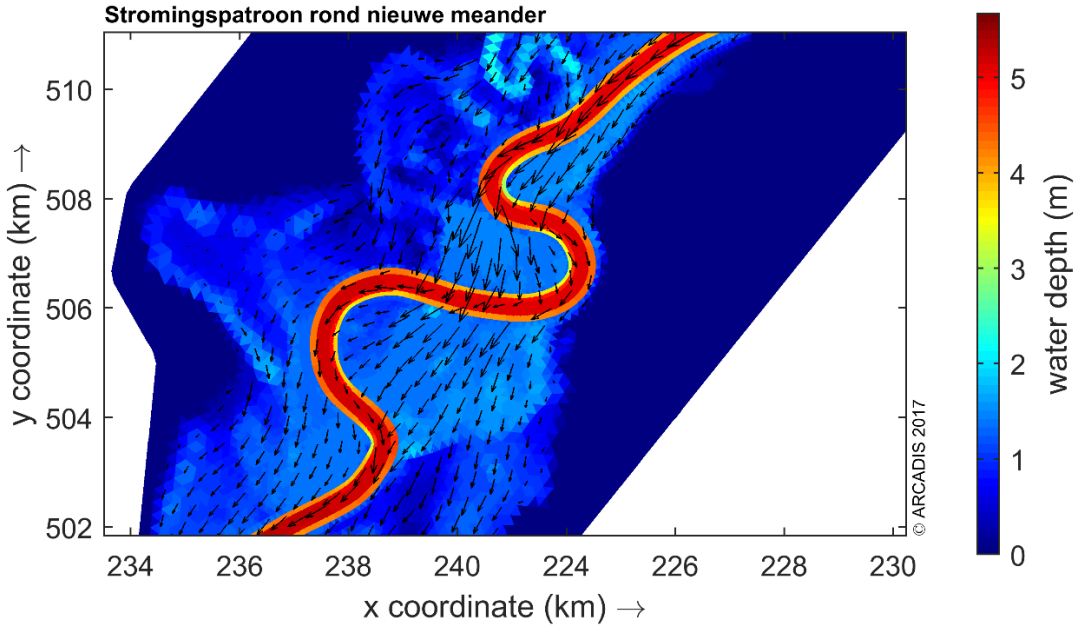

*Figuur 17*

## Stromingspatroon in bochten

De hier geintroduceerde meanders hebben een geulrichting tot meer dan loodrechtop de algemene stromingsrichting van de Vecht. Onder de maatgevende omstandigheden die hier beschouwd worden volgt het water nog in beperkte mate de geul. Het debiet in de bochten neemt enorm af in vergelijking met de delen van de geul waar de geul parallel aan de stromingsrichting staat. Zie de figuren 18 en 19. De stroomsnelheid in de geul voor de bocht is hoog. De stroming 'botst' loodrecht op de buitenbocht van de meanders steekt voor een significant deel recht over de meanders over. De stroomsnelheid in de bochten is vrij gering. Onder deze omstandigheden is het te verwachten dat er zich sediment op de oevers gaat afzetten. Hierbij moet echter worden aangetekend dat we hier een T = 200 situatie beschouwen die dus zeer zeldzaam is. Of er ook bij lagere afvoeren sediment afzetting op de oevers plaats zou kunnen vinden moet worden bepaald in een studie waarin een T = 1 en T = 10 wordt doorgerekend.




*Figuur 18 Som 6b, T=200, met niet opgevulde restgeul*




*Figuur 19 Som 6d, T=200, met opgevulde restgeul*

## Discussie en Conclusie

De voorliggende studie is uitgevoerd om te controleren of de aanname geldig is dat de ongewilde aanpassing van het verhang van het winterbed in het Sobek model van de hermeandering van de Vecht niet bepalend is voor het resultaat.

De resultaten laten zien dat hermeandering zorgt voor een vrij kleine stijging van de waterstand. Dit kan in principe worden opgevangen door een geringe vergroting van het dwarsprofiel, of door eventueel maatregelen te nemen die stroming in het winterbed verbeteren (zie som 7b). Wanneer echter gekozen wordt de Vecht te verondiepen is een verbreding noodzakelijk (zie som 5b). Dit zorgt netto voor een vergroting van de dwarsdoorsnede, omdat een diepere geul grotere stroomsnelheden oplevert. Het toestaan van oevervegetatieverruwing maakt het noodzakelijk de dwarsdoorsnede groter te kiezen zoals is gedaan bij het ontwerp van Scenario 11. In de huidige resultaten valt de waterstand wat hoger uit dan de referentiewaterstand.

De conclusie die kan worden getrokken is dat het hier niet is gebleken dat het dwarsprofiel van scenario 11 te groot gekozen is door het (ongewild) verlagen van het winterbedverhang in Sobek. Ook in de huidige 2D modellering blijkt een vergelijkbare vergroting van de dwarsdoorsnede nodig. De huidige resultaten wijzen er zelfs op dat de bochtruwheid, veroorzaakt door het hermeanderen, groter uitpakt dan gedacht, waardoor de waterstand nog wat boven de referentiewaterstand uitkomt. Dit is echter het resultaat van een vereenvoudigd model, waarin een constante afvoer wordt gebruikt met een constante dwarsdoorsnede. Het model is met een eenvoudige methode gekalibreerd aan de MHW model resultaten uit SOBEK. In die zin hoeven stijgingen niet representatief te zijn voor de werkelijkheid.

# Bijlage 9 Potentieel voor oeverafzettingen hermeandering Vecht

MEMO

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

**ONDERWERP**
Potentieel voor oeverafzettingen Hermeandering Vecht Hardenberg Junne

**DATUM**
**30-5-2017**

**PROJECTNUMMER**
C03011.000702

**ONZE REFERENTIE**
079434070

**VAN**
Arjan Tuijnder MSc PhD

**AAN**
Waterschap Vechtstromen t.a.v. Linda van der Toorn

# Inleiding

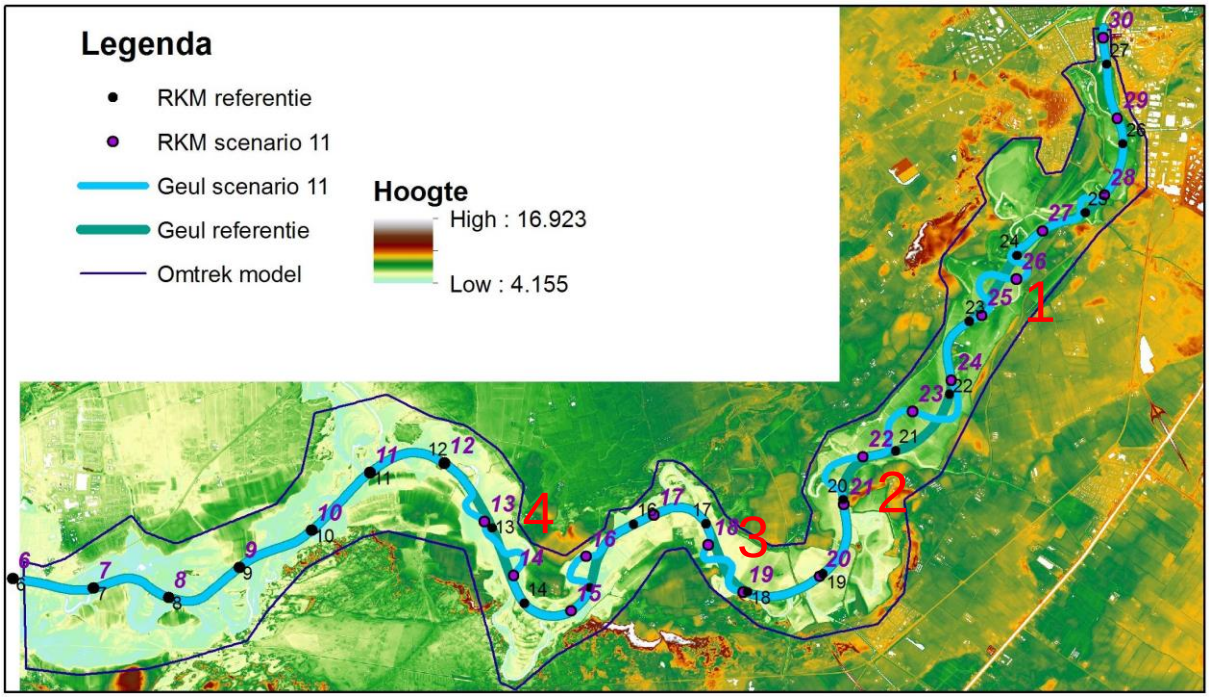
Langs de Vecht in het beheersgebied van het waterschap Vechtstromen worden projecten uitgevoerd waarmee de Vecht een natuurlijker karakter moet krijgen. Momenteel worden de ontwerpen van de deelprojecten Rheezermaten en Karshoek-Stegeren gemaakt. In deze projecten wordt de ligging van het zomerbed bochtiger gemaakt (hermeanderen), worden er natuurlijkere profielen toegepast en wordt er ruwere vegetatie op de oevers toegestaan. Een belangrijk natuurdoel dat in het kader van Natura2000 / PAS behouden en eventueel verder ontwikkeld moet worden is het ‘stroomdalgrasland’. De huidige stroomdalgraslanden in het Vechtdal zijn voornamelijk oude stroomdalgraslanden. Ontwikkeling van nieuwe stroomdalgraslanden, of verjonging van een deel, zou bijdragen aan het behalen van de natuurdoelen van dit gebied. Stroomdalgraslanden ontwikkelen zich onder meer op oeverwallen. De vraag van het waterschap Vechtstromen was of de geplande hermeandering potentieel lijdt tot oeverwalvorming. In dit memo wordt deze vraag onderzocht aan de hand van een 2D stromingsmodel.

Voor het ontstaan van oeverwallen moet sediment vanuit de rivier de oever op worden getransporteerd. Hiervoor is dus voldoende stroomsnelheid nodig voor sediment transport, maar ook een stroming die vanuit de geul (zomerbed) het winterbed instroomt. Het uitgangspunt voor dit memo is dat er voldoende sediment transport aanwezig is, zie bijvoorbeeld het memo ‘Morfologische activiteit na hermeanderen Vecht’. De conclusie is dat de stroomsnelheid en daarmee het transport door de geplande verondieping en het afnemende verhang in beperkte mate afneemt. De nieuwe ligging met meer bochten en variatie in dwarsdoorsneden verbetert daarentegen de mogelijkheden voor sediment afzettingen in het winterbed. Dit aspect wordt in dit memo beschouwd. Ter validatie van het ontwerp van de dwarsdoorsnede is vereenvoudigd 2D-model gemaakt van de Vecht. De vereenvoudiging zit hem daarin dat de afvoer en het dwarsprofiel langs het beschouwde traject constant worden verondersteld en dat omlopen, vistrappen en nevengeulen niet expliciet zijn meegenomen in het model. Uit de resultaten van dit model bleek dat bij een maatgevend hoogwater (MHW) er in de hermeandering potentieel locaties ontstaan waar zich oeverwallen kunnen vormen. Echter, een MHW komt (hopelijk) zeer zelden voor waardoor dit voor het ontstaan van oeverwallen geen interessante afvoer is. Daarom is in deze studie gekeken of deze locaties ook bij regelmatig optredende hoogwaters nog potentieel gunstig zijn. Er wordt in deze studie gekeken of bij een jaarlijks of een tienjaarlijks optredend hoogwater potentieel gunstige locaties bestaan voor het afzetten van sediment op het winterbed.

Het beoordelen van het bestaan van potentieel gunstige locaties gebeurt hier enkel op basis van het 2D stromingspatroon, met een enkel uitstapje naar een 3D doorsnede. Waar de stroming vanuit de geul het winterbed instroomt en daar afremt bestaat er potentieel voor oeverwal vorming. Waar de stroming juist in de geul blijft of naar de geul toestroomt is er geen kans op oeverwal vorming. In grove lijnen valt op deze manier wel te zeggen waar er potentieel gunstige plaatsen zijn. *We hebben verder geprobeerd een interpretatie te geven van wat zou kunnen ontstaan qua afzetting, maar dit is hoogst speculatief en niet meer dan een voorstelling van wat zou kunnen gebeuren, dit is cursief weergegeven in het volgende hoofdstuk.*

Het model dat is gebruikt wordt beschreven in het memo ‘Resultaten controle effect verhang winterbed’ (Arcadis 25-4-2017). In dit model wordt de hermeandering volgens scenario 11 geschematiseerd. De ligging van de hermeander locaties is weergegeven in Figuur 1. De cijfers in dit figuur verwijzen naar de verderop

gepresenteerde locaties van de resultaten. Het model is gedraaid met 3 afvoeren: de T = 200 afvoer is 347 $m^3/s$, de T = 10 afvoer is 272 $m^3/s$, de T = 1 afvoer is 165 $m^3/s$.




Figuur 1 Hermeanderingslocaties

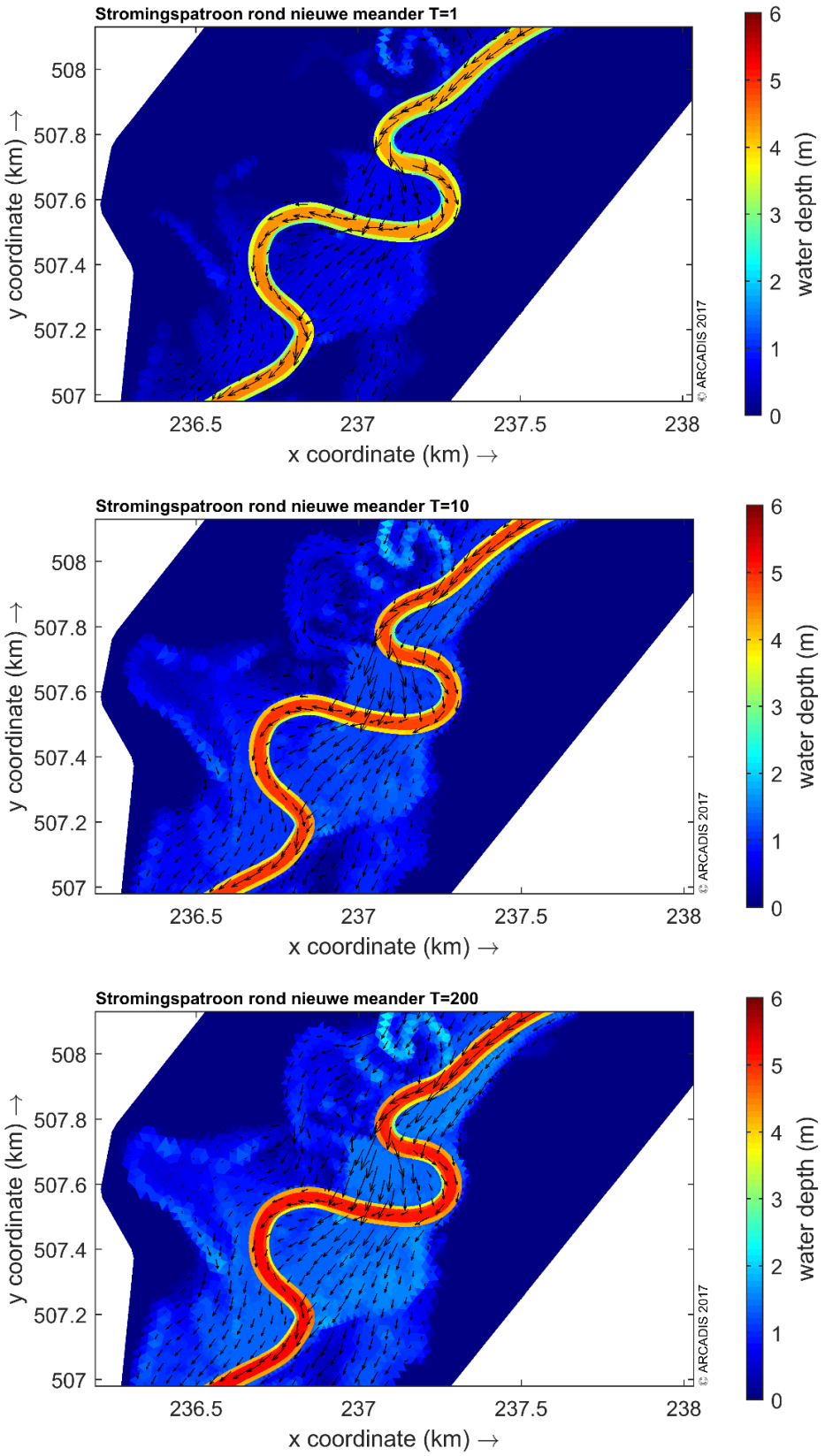
## Resultaten

**Locatie 1**

Figuur 2 toont de stromingspatronen voor locatie 1 voor de verschillende afvoeren. In alle volgende figuren zijn de zelfde schaal gebruikt voor de diepte (kleur) en schaling van de stromingsvectoren (pijltjes). Figuren met dezelfde schaal kunnen dus wat betreft relatieve stroomsnelheid worden vergeleken. De diepte kan tussen alle figuren worden vergeleken.

Bij locatie 1 zijn de bochten scherp en stroomt het water zelfs licht terug tegen het algemene verhang van het dal.

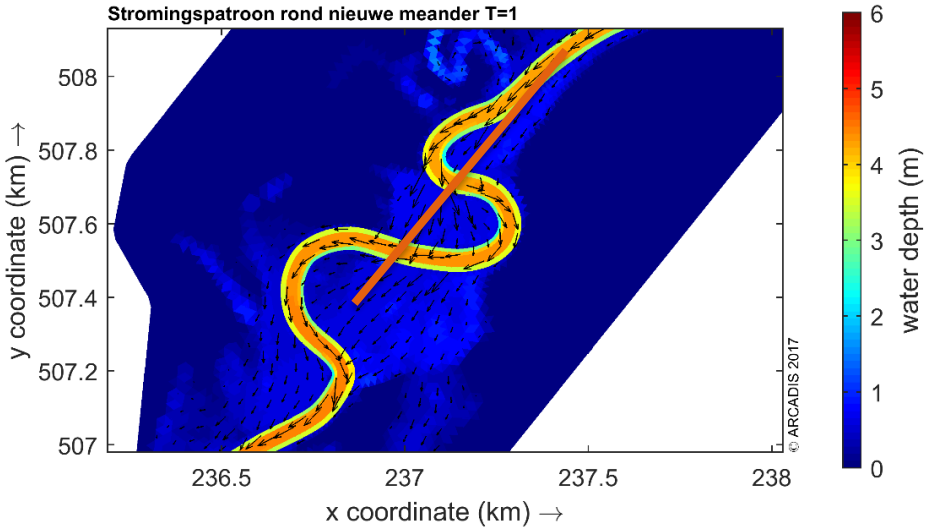
Figuur 2 laat zien dat onder alle omstandigheden een deel van het water rechtdoor schiet over de binnenbochten. Het water stroomt vanuit de eerste bocht deels rechtdoor over de oevers en deels volgt het de bocht. Bij T = 1 volgt een relatief groter deel van het water de bocht, de stroomsnelheid in de bocht is groter en de waterdieptes zijn kleiner. In vergelijking tot de T=1 voert de bocht bij de T = 200 situatie relatief weinig water af. Over de binnenbocht bestaan grote stroomsnelheden (ca. 1 m/s). We verwachten dat hier sediment kan worden afgezet in de binnenbochten.



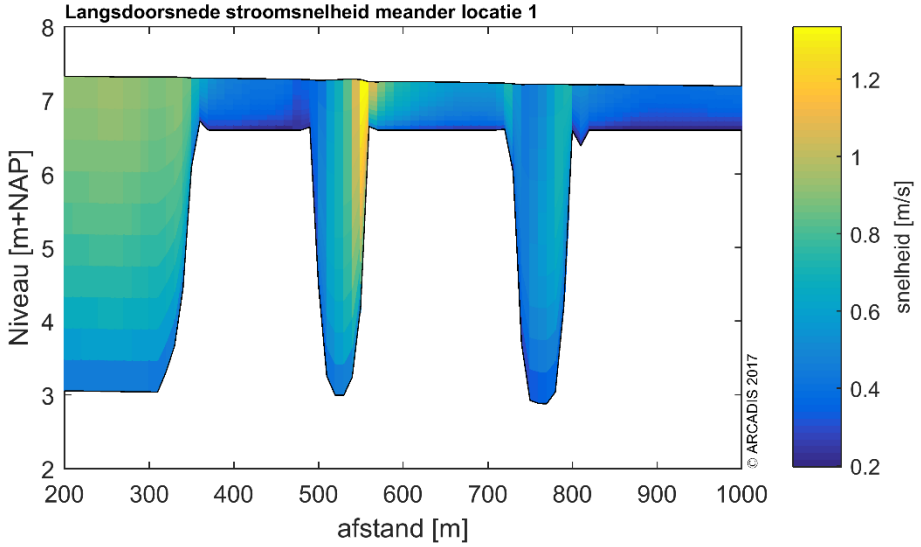

Figuur 2 Stromingspatronen locatie 1 bij T =1, T = 10 en T = 200

Om een beter inzicht te krijgen in de potentie voor sediment afzetting op de oevers is het model voor T = 1 ook een keer 3D gedraaid met 10 lagen over de diepte (alle lagen 10% waterdiepte). Voor locatie 1 is een dwarsdoorsnede gemaakt van de absolute stroomsnelheid over de doorsnede die is aangegeven in Figuur 3 is aangegeven met de oranje lijn. In Figuur 4 is de stroomsnelheidsverdeling over de diepte te zien. Dit figuur toont duidelijk een accelererende stroming waar de stroming op de oever van de 2 meander botst (bij 500 m). Juist een accelererende stroming is in staat sediment mee te nemen de oever op. De stroming vertraagt daarna weer, wat depositie mogelijk zou moeten maken.

*Omdat de stroomsnelheden hier hoog blijven over de binnenbocht kan het materiaal ver worden meegenomen en verspreid worden afgezet. Wellicht blijft het deels hangen in de vegetatie, het zou zich ook aan de randen van de stroombaan kunnen afzetten waar de stroomsnelheid lager is.*



Figuur 3 locatie doorsnede door meanders.



Figuur 4 doorsnede stroomsnelheid

**Locatie 2 (Figuur 5)**
De meanders bij locatie 2 zijn veel ruimer qua bochtstraal en stromen niet tegen het verhang van het dal in zoals bij locatie 1. De stroming volgt de geul in de bochten veel beter dan bij locatie 1.

*Bij de eerste binnenbocht is een geleidelijke divergentie te zien richting de binnenbocht. Wanneer het sediment voldoende in suspensie is kan het hier als een oeverwal langs de bocht worden afgezet. De stroomsnelheid neemt hier af boven de oever wat gunstig is voor depositie.*

*Tussen de eerste en tweede bocht is ook een duidelijke aftakking van de stroming zichtbaar die de over de binnenbocht stroomt. Dit is een potentieel gunstige locatie voor afzettingen. Ook tussen bocht 3 en 4 is een dergelijke divergentie zichtbaar.*

De stroming verlaat hier niet zo abrupt de geul als bij locatie 1 maar er is hier zeker ook potentie voor oeverwal afzettingen. Bij de T = 1 afvoer is er duidelijk minder afvoer over het zomerbed, het is onzeker of er bij deze afvoer al significante hoeveelheden sediment zullen worden afgezet.

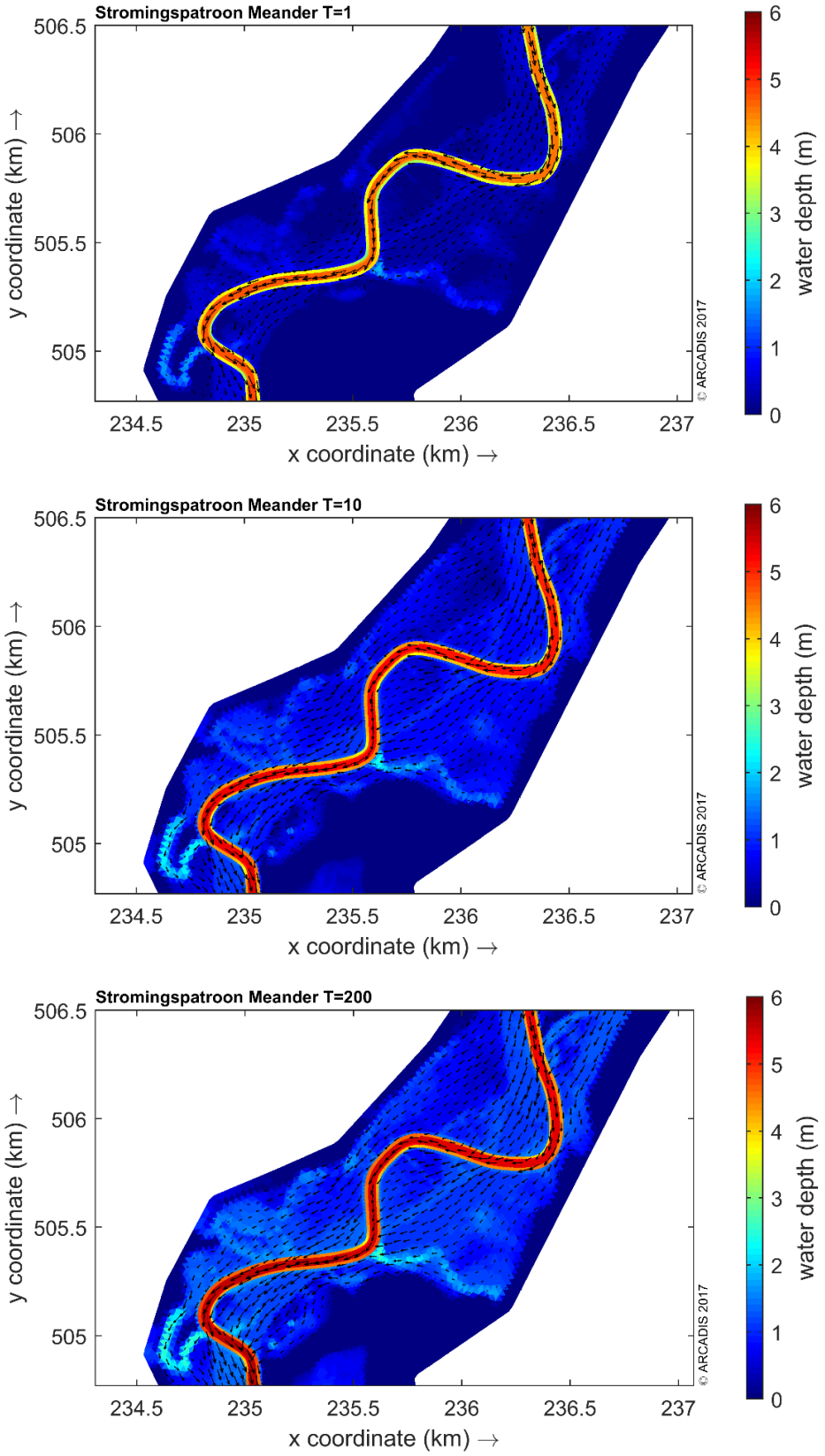
**Locatie 3 (Figuur 6)**
Op deze locatie liggen kleine meanders waarbij met name op de rechter oever potentie bestaat voor afzetting van sediment. Bij de T = 1 situatie gaat er vrij weinig afvoer over het winterbed. *Wellicht kan er wat sediment worden meegenomen en afgezet, dit lijkt beperkt. Bij grotere afvoeren lijkt er wel potentieel te bestaan in deze bochten.*

Bij T = 5 is de N36 als flessenhals zichtbaar. Na deze vernauwing divergeert de stroming sterk richting de binnenbocht. Dit is potentieel een locatie voor afzettingen in de binnenbocht.

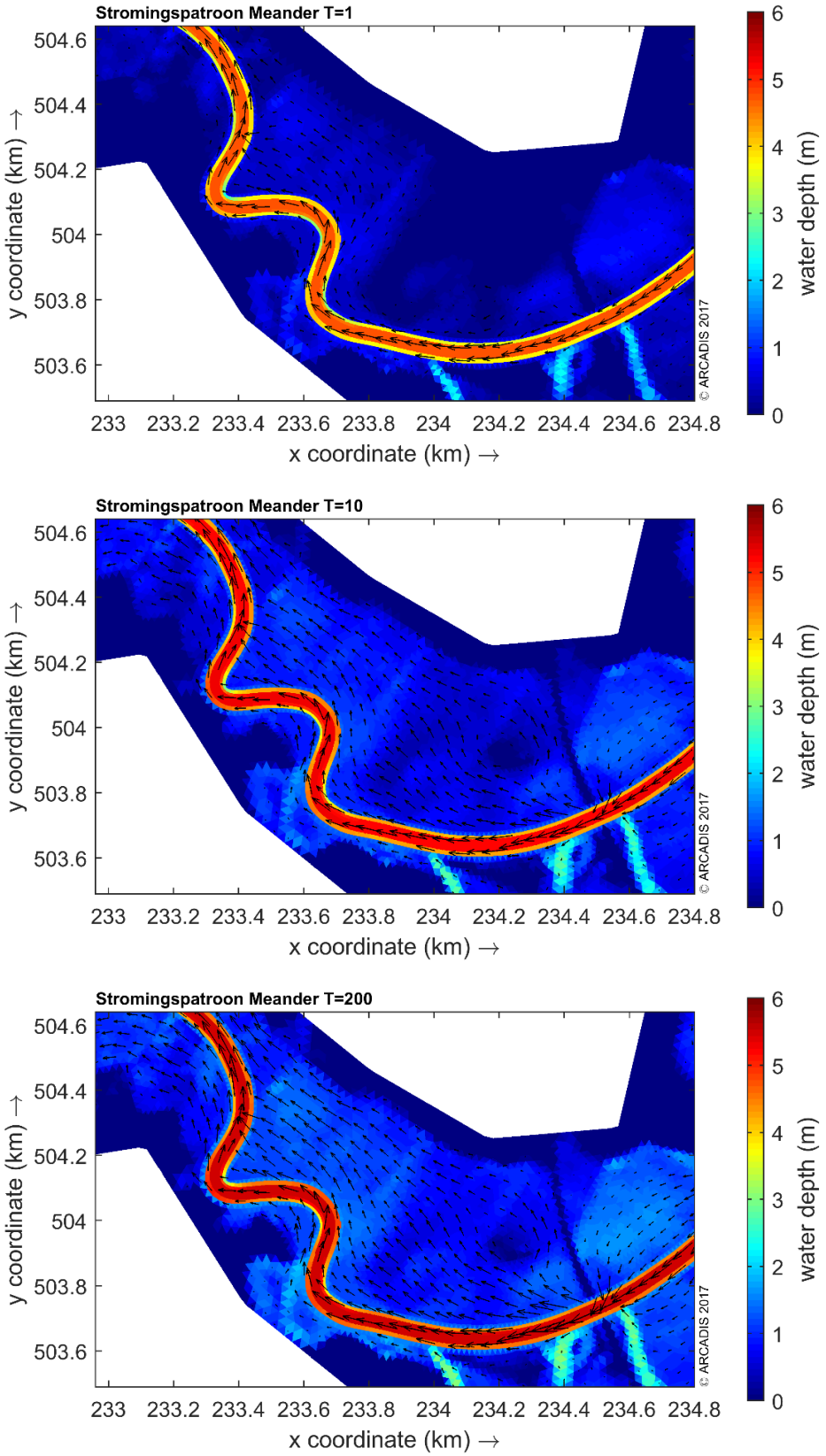
**Locatie 4 (Figuur 7)**
Ook bij locatie 4 zien we dat op enkele plaatsen het water met hoge snelheid op een buitenbochtoever stoot en rechtdoor stroomt. Het is minder prominent van bij locatie 1 maar er zijn zeker potentieel gunstige locaties rond de nieuwe meanders bij rkm 14 en 16 (rkm volgens scenario 11, zie figuur 1).

## Conclusie

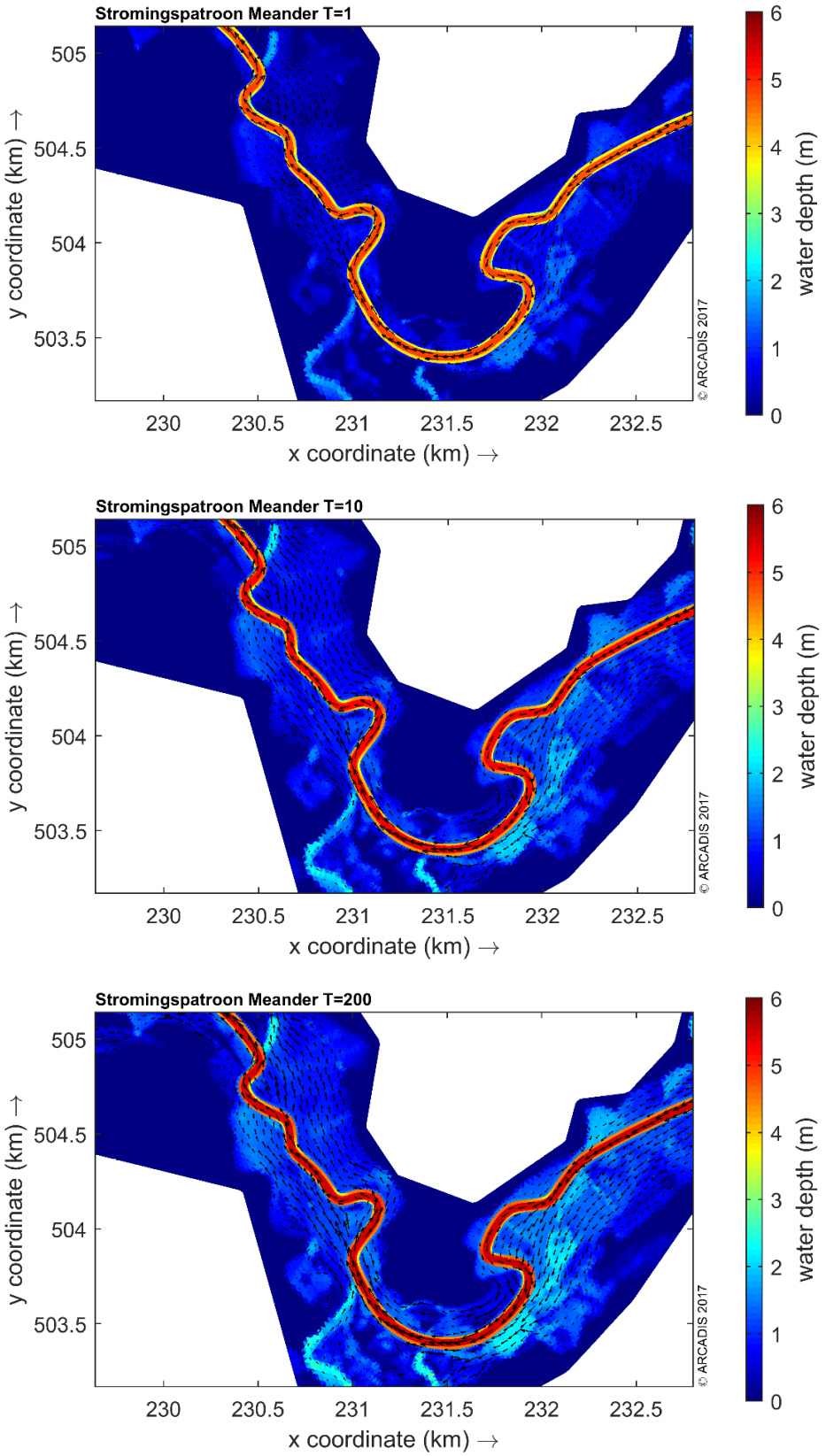
Uit bovenstaande resultaten concluderen we dat ook bij regelmatige hoogwaters (T = 1 – T = 10) er locaties zijn waar potentieel is voor oeverwalvorming, of andere sediment afzettingen in het winterbed. De snelheid waarmee dit gaat plaatsvinden en de frequentie waarop er sediment wordt afgezet zijn uit de huidige modelresultaten niet te bepalen, hiervoor zou een studie met een gedetailleerd 3D stromingsveld met suspensief transport nodig zijn. Daarmee kunnen de omstandigheden worden vastgesteld waarbij sedimentatie op de oevers optreedt. Wel is hiermee duidelijk geworden dat zich regelmatig gunstige omstandigheden voordoen waarbij afzettingen kunnen optreden.



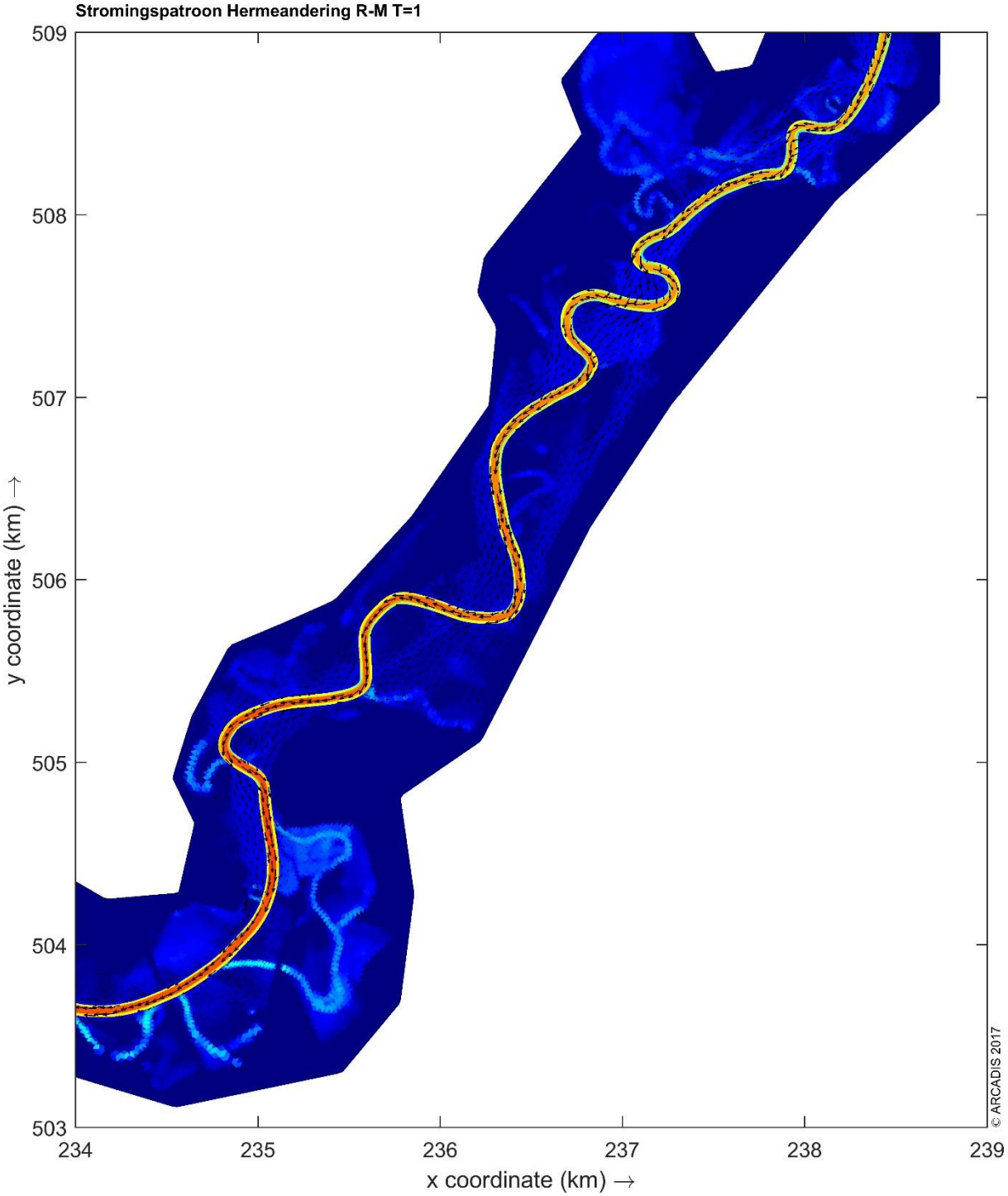

Figuur 5 Stromingspatronen locatie 2 bij T =1, T = 10 en T = 200



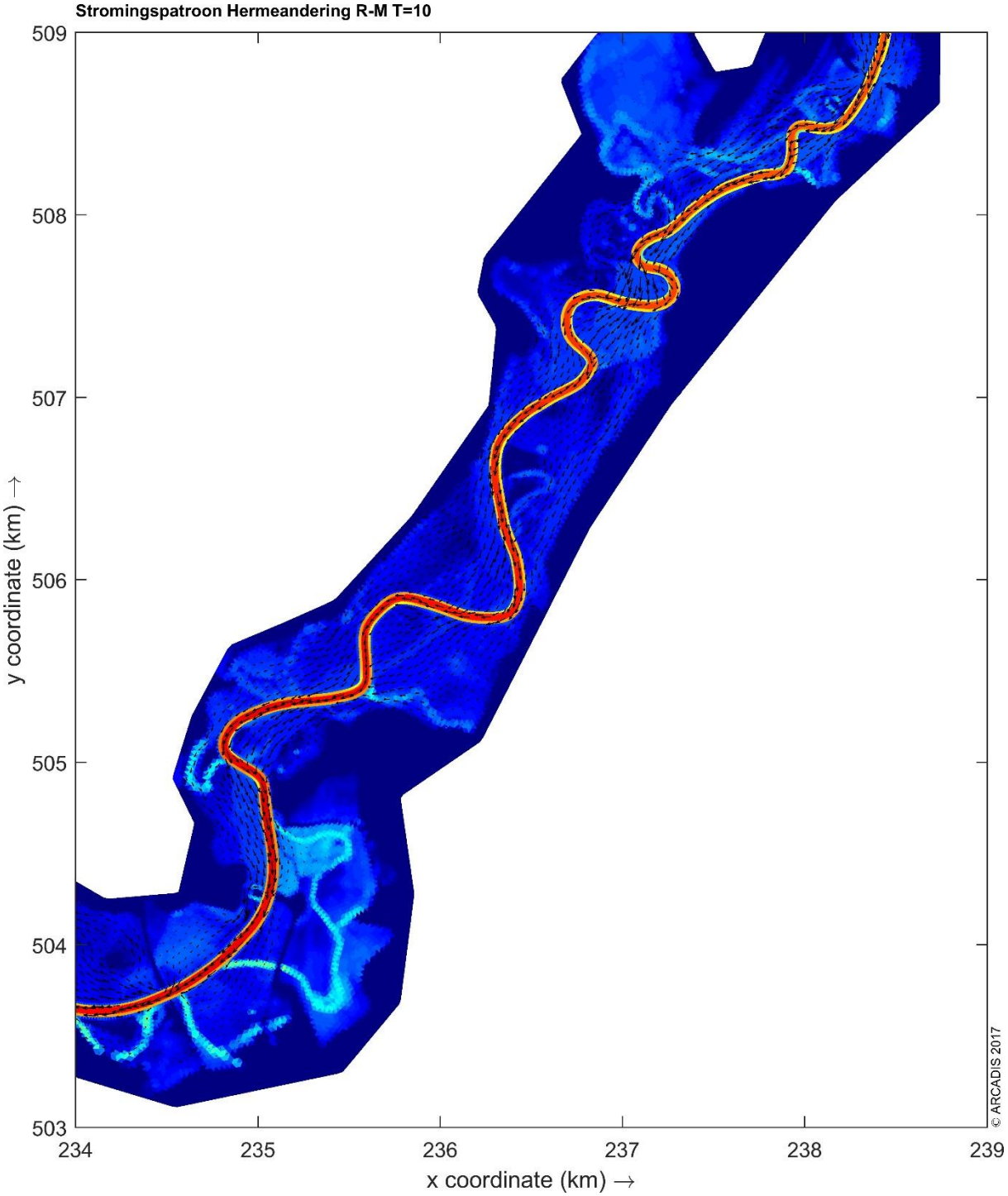

Figuur 6 Stromingspatronen locatie 3 bij T =1, T = 10 en T = 200



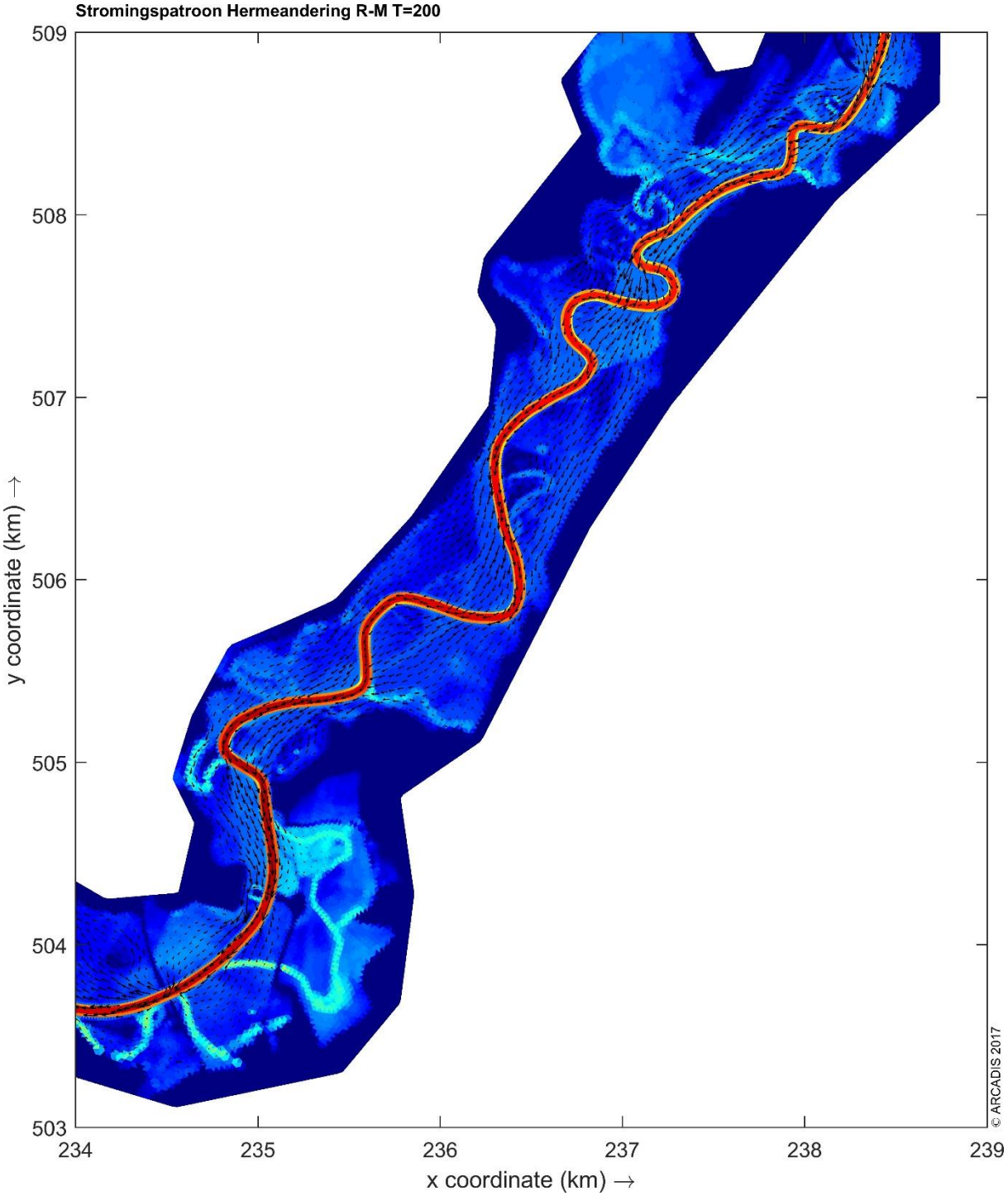

Figuur 7 Stromingspatronen locatie 4 bij T =1, T = 10 en T = 200


Stromingspatroon Hermeandering R-M T=1
509
508
507
506
505
504
503
y coordinate (km) →
234
235
236
237
238
239
x coordinate (km) →
© ARCADIS 2017

Figuur 8


Stromingspatroon Hermeandering R-M T=10
509
508
507
506
505
504
503
y coordinate (km) →
234
235
236
237
238
239
x coordinate (km) →
© ARCADIS 2017

Figuur 9


Stromingspatroon Hermeandering R-M T=200
509
508
507
506
505
504
503
y coordinate (km) →
234
235
236
237
238
239
x coordinate (km) →
© ARCADIS 2017

Figuur 10

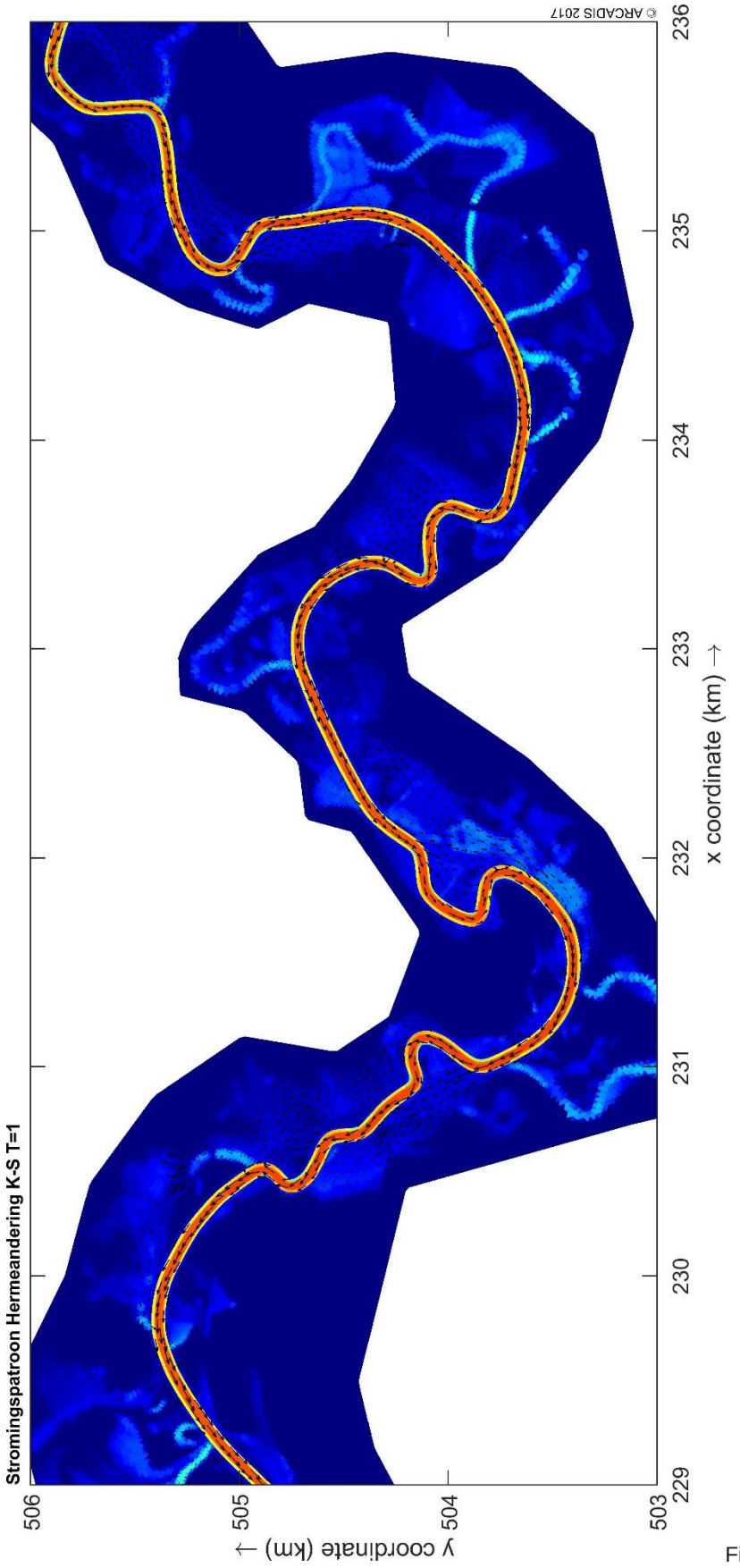

Stromingspatroon Hermeandering K-S T=1
506
505
504
503
y coordinate (km) →
229
230
231
232
233
234
235
236
x coordinate (km) →
© ARCADIS 2017

Fig 11

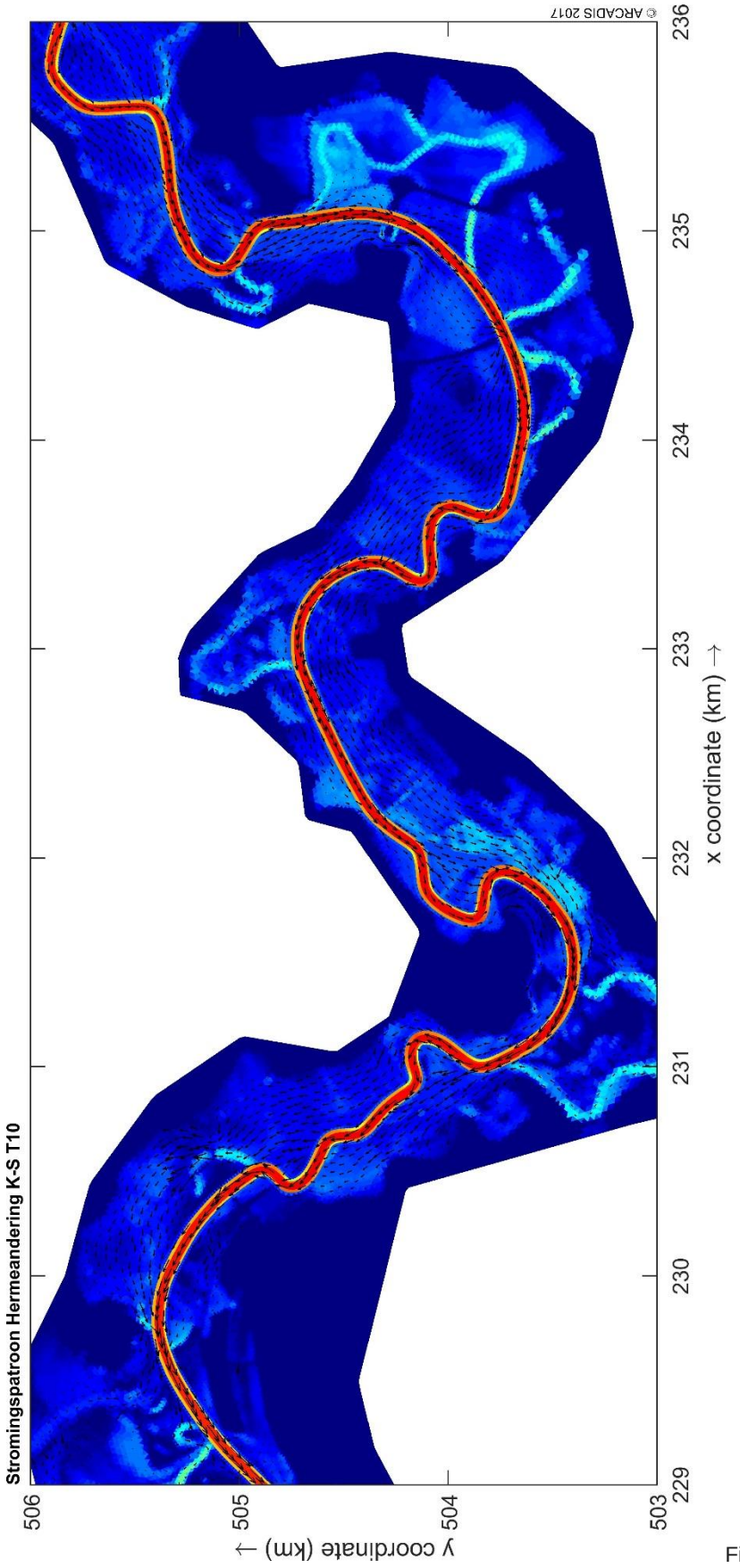

Stromingspatroon Hermeandering K-S T10
© ARCADIS 2017
y coordinate (km) →
x coordinate (km) →
506
505
504
503
229
230
231
232
233
234
235
236

Fig 12

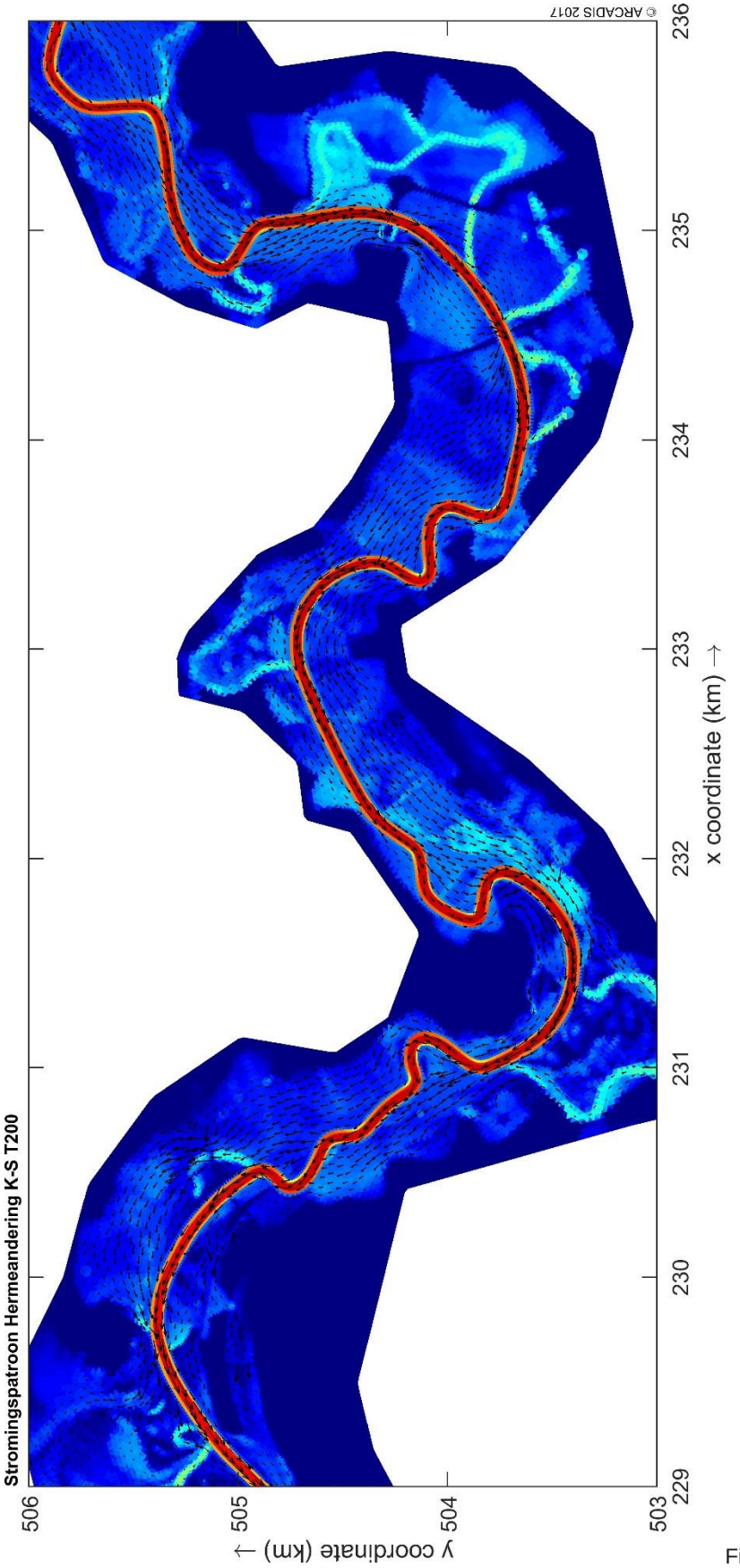

Stromingspatroon Hermeandering K-S T200
© ARCADIS 2017
y coordinate (km) →
x coordinate (km) →
506
505
504
503
229
230
231
232
233
234
235
236

Fig 13

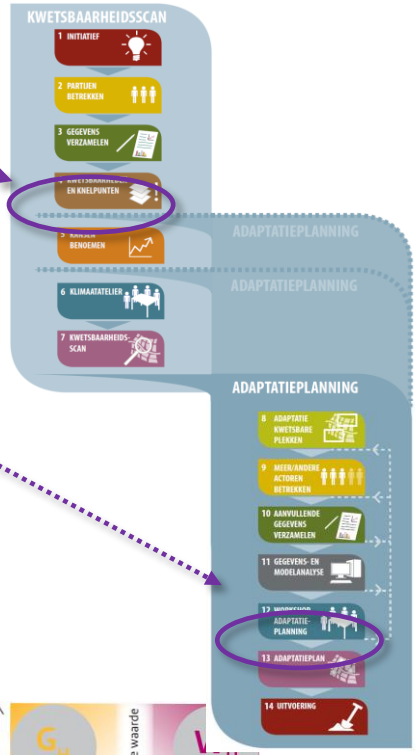
# Bijlage 10 Toelichting Robuustheidstest

Een hydrologisch ontwerp wordt gemaakt op basis van statistiek van het klimaat over de afgelopen jaren. Een ontwerp moet echter ook functioneren bij gewijzigde klimatologische omstandigheden; omdat de verwachte klimaatveranderingen nog een grote bandbreedte hebben en niet eenduidig zijn worden ze niet rechtstreeks in de ontwerpmethode verwerkt. Een robuustheidstest is onderdeel van de Stresstest Klimaatbestendigheid, zoals verwoord in de handreiking Ruimtelijke Adaptatie (Deltaprogramma).

**Hoe uitgebreid is de robuustheidstest?**

De test wordt zo minimaal mogelijk ingestoken om de benodigde tijdsinspanning beperkt te houden (kwetsbaarheidsscan).

Mochten de eerste resultaten aangeven dat de effecten op het ontwerp groot zijn, dan moet een uitgebreidere toetsing plaatsvinden, mogelijk gevolgd door ontwerpaanpassing (adaptatieplanning).



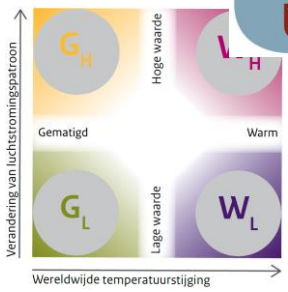

**Onderdelen van de ontwerpmethode en robuustheidstest**

In de ontwerpmethode wordt gekeken naar verschillende situaties:

- Normale beheersituatie; grondwaterstanden;
  - GLG (zomer).
  - GHG (winter).
- Extreem natte situatie (wateroverlastnormen); oppervlaktewaterpeilen en inundaties.
- Grond- en oppervlaktewaterstanden worden vertaald naar de effecten op grondgebruiksfuncties.

**KNMI klimaatscenario's 2014**

De KNMI'14 klimaatscenario's tonen vier hoekpunten waarbinnen de klimaatverandering in Nederland zich waarschijnlijk zal voltrekken.




Voor de robuustheidstest gaan we uit van de meest extreme verandering:

- Zichtjaar 2085.
- WH-scenario.

**Vertaling van klimaatscenario naar ontwerpveranderingen**

Vanuit de onderdelen van de ontwerpmethode zijn bijpassende veranderingen uit het klimaatscenario gezocht die vervolgens vertaald zijn naar veranderingen in ontwerpparameters. Onderstaande tabel biedt de mogelijkheid om de robuustheidstest op drie manieren in te vullen:

- Verandering van invoergegevens als neerslag en verdamping.
- Veranderingen in (tussen)resultaten zoals grondwaterstanden en afvoer.
- Verandering van herhalingstijd van gebeurtenissen.

Hiermee staat het de ontwerper methodisch vrij om de robuusheidstest uit te voeren.

| Ontwerp | | | Klimaatscenario | | Verandering | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Situatie** | **Parameter** | **Verandering** | **Indicator** | **Verandering** | **Parameter** | **Herhalingstijd** |
| **Normaal beheer** | **GLG** | **Afnemende neerslag in het zomerhalfjaar, gecombineerd met toenemende verdamping** | **Gemiddelde hoeveelheid neerslag (zomer)** | **-23%** | **GLG + 20 cm[36] (droger)** | |
| | | | **Gemiddelde potentiële verdamping (zomer)** | **+15%** | | |
| | **GHG** | **Toenemende neerslagsom winter** | **Gemiddelde neerslag-hoeveelheid (winter)** | **+30%** | **GHG - 10 cm (natter)** | |
| **Extreem nat** | **T=1 tot T=200** | **Toenemende langdurige neerslagperioden in het winterhalfjaar** | **10-daagse neerslagsom (winter) die eens per 10 jaar wordt overschreden** | **+25%** | **Afvoer + 15%** | **T=200 wordt T=50<br>T=100 wordt T=25<br>T=50 wordt T=15<br>T=25 wordt T=10<br>T=10 wordt T=4<br>T=1 wordt T=0,5** |
| | | **Toenemende kortdurende neerslaggebeurtenissen in het zomer- of winterhalfjaar** | **Maximum uurneerslag per jaar (zomer)** | **+5% tot +40%** | | |

**Beoordeling resultaten robuustheidstest**
De resultaten hoeven niet te voldoen aan de ontwerpeisen; het gaat immers om een robuustheidstest. In eerste instantie leidt de robuustheidstest niet tot ontwerpaanpassingen. Pas bij onaanvaardbare gevolgen komt aanpassing van het ontwerp aan de orde.

[36] *Veranderingen GLG en GHG zijn losjes gebaseerd op de beelden uit het Deltares rapport Zoetwatervoorziening in Nederland –verwachte knelpunten in de 21ste eeuw, blz. 94-97.*