

# Klimaatadaptatie in de Noordelijke IJsselvallei



## *De toepassing van het Nieuwe Waterdenken met behulp van adaptatiepaden*

### Auteurs

920325737110  
941107786060  
970127550080  
971209617040  
980311102030

Marco Schilstra  
Raoul Sooijs  
Floor van der Meer  
Sebastiaan van den Oever  
Jasper Borsje

### Caminos Futuros



**Versie:** Definitief adviesrapport v1.0

**Datum:** 03-07-2020

**Groep:** 5

### Universiteit

Wageningen University & Research  
*Master International Land and Water Management*

**Vak:** Sustainable Land and Water Management WRM60309

**Opdrachtgever:** Waterschap Vallei en Veluwe; Rozemarijn van den Berg

**Begeleiders:** Erik van Slobbe en Wouter Smolenaars

**Bron foto:** Waterschap Vallei en Veluwe, & van den Berg, R. (2020, 12 mei)



# KLIMAP



**WAGENINGEN**  
UNIVERSITY & RESEARCH

This report (product) is produced by students of Wageningen University as part of the course WRM 60309 of the MSc-programme International Land and Water Management. It is not an official publication of Wageningen University or Wageningen UR and the content herein does not represent any formal position or representation by Wageningen University.

Copyright © 2020. All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed in any form of by any means, without the prior consent of the authors.

## Voorwoord

Voor u ligt het definitieve adviesrapport van het studententeam *Caminos Futuros*. In dit rapport is de opgave, het proces, de resultaten en het uiteindelijke advies voor het Waterschap Vallei en Veluwe geschreven. De aanleiding voor dit verslag is een opdracht vanuit Waterschap Vallei & Veluwe welke graag een quickscan uitgevoerd wilde hebben over hoe hun strategie het *Nieuwe Waterdenken* geïmplementeerd kan worden met behulp van het concept adaptatiepaden.

Dit verslag was niet tot stand gekomen zonder de hulp van een aantal personen. Wij willen graag Rozemarijn van den Berg van Waterschap Vallei en Veluwe bedanken voor de mogelijkheid die zij heeft gegeven om dit onderzoek uit te voeren. En de tijd die zij genomen heeft om ons elke week weer van feedback te voorzien. Hiernaast willen wij Gerald-Jan Ellen van Deltares bedanken voor het organiseren van de workshop, het helpen met het praktisch invulling geven van het concept adaptatiepaden en het geven van feedback, dit heeft ons erg goed geholpen. Ook willen wij Erik van Slobbe en Wouter Smolenaars voor begeleiding vanuit Wageningen Universiteit bedanken. De virtuele ochtend gesprekken hebben ons in deze virtuele tijden erg geholpen.

Tijdens het onderzoek hebben wij gesproken met medewerkers van het Waterschap Vallei en Veluwe. Zij hebben ons geholpen aan de nodige gebied specifieke kennis. Hiervoor willen wij Rob Nijman bedanken voor de begeleiding die hij tijdens het veldbezoek gaf, Ans Elfrink voor het toelichten van de hydrologische informatie en Peter Duteweert voor stakeholder informatie en de geschiedenis van het gebied.

Tenslotte willen wij alle betrokken mensen van KLIMAP bedanken welke ons van vele ideeën hebben voorzien tijdens de workshop.

### Onderzoeksteam “Caminos Futuros”

Onderzoeksteam *Caminos Futuros* is een team bestaande uit een groep masterstudenten Internationaal Land en Waterbeheer. Voor het vak Academic Consultancy Training (ACT) verdiepen wij ons aan de hand van de casus Gemaal Terwolde in het werkveld van consultancy in de watersector. We kozen voor deze case, omdat het de praktische invulling is van onderwerpen die we interessant vonden tijdens onze studie; klimaatverandering, adaptatie van waterbeheer en het werkveld van het waterschap.

*Caminos Futuros* betekent ‘toekomstpaden’ in het Spaans. Dit sluit aan bij onze visie: streven naar een klimaat robuust watersysteem, voorbereid op de toekomst. Dit willen wij bereiken door het integreren van mensen met hun omgeving.

## Samenvatting

In dit rapport is in opdracht van Waterschap Vallei en Veluwe onderzocht hoe de strategie van het *Nieuwe Waterdenken* geïmplementeerd kan worden in het stroomgebied van gemaal Terwolde door middel van het concept adaptatiepaden. Gemaal Terwolde, gelegen in de Noordelijke IJsselvallei, is verouderd, wat de mogelijkheid biedt om het huidige waterbeheer te heroverwegen. Middels het concept adaptatiepaden zijn drie verschillende paden in een adaptatiepaden routekaart voorgesteld. Deze paden dienen als drie verschillende denkrichtingen voor de toekomst van de Noordelijke IJsselvallei, met daarin gemaal Terwolde en haar stroomgebied. Pad 1 illustreert de denkrichting 'gemaal is key', pad 2 illustreert de denkrichting het Nieuwe Waterdenken en pad 3 illustreert de denkrichting 'Out of the box'. Om tot deze drie paden te komen is eerst een gebiedsanalyse met probleemstelling opgesteld. Daarna is aan de hand van een workshop met experts gevolgd door een multicriteria-analyse (MCA) een set aan maatregelen geselecteerd welke gebruikt zijn in de adaptatiepaden routekaart. De drie paden zijn gemaakt met als basis het *Nieuwe Waterdenken* en een verhaallijn met daarin de socio-economische en fysische ontwikkelingen in de Noordelijke IJsselvallei beschreven. Dit onderzoek dient als 'quickscan' voor verder onderzoek naar adaptatiepaden voor gemaal Terwolde en haar stroomgebied. Het advies is om het concept adaptatiepaden verder te gebruiken om het *Nieuwe Waterdenken* te implementeren in het gebied. Hiervoor zijn onder andere de volgende stappen nodig. Een compleet model van de waterbalans is nodig om de limieten van het watersysteem in het licht van klimaatverandering te identificeren. Daarnaast is het nodig om de visies van alle verschillende stakeholders in kaart te brengen om zo een compleet beeld te krijgen van alle visies van de Noordelijke IJsselvallei en de toekomst. Tenslotte is het van belang dat door middel van samenwerking met experts mogelijke maatregelen verder worden doorgerekend en geëvalueerd.

## Summary

In this report, commissioned by water board Valley and Veluwe, we investigated how the strategy of the *Nieuwe Waterdenken* could be implemented in the Gemaal Terwolde catchment area by means of the concept of adaptation pathways. Gemaal Terwolde, located in the Northern IJssel Valley, is outdated, which offers the possibility to reconsider the current water management. By using the concept of adaptation pathways are three different paths in an adaptation paths roadmap proposed. These paths serve as different ways of thinking for the future of the Northern IJssel Valley, including Terwolde and its catchment area. Path 1 illustrates the mindset 'gemaal is key', path 2 illustrates the mindset the New Water thinking and path 3 illustrates the mindset 'Out of the box'. In order to arrive at these three paths, an area analysis with problem-setting was first stated. After that, a workshop with experts followed by performing a multi-criteria analysis (MCA) a set of measures are selected to be used in the adaptation roadmap. The three paths are created based on the *Nieuwe Waterdenken* and a storyline describing the socio-economic and physical developments in the Northern IJssel valley. This research serves as a 'quick scan' for further research into adaptation pathways for the Gemaal Terwolde catchment area. The advice is to continue to use the concept of adaptation pathways to implement the *Nieuwe Waterdenken* in the area. This requires, among other things, the following steps. A complete model of the water balance is needed to identify the limits of the water system regarding climate change. In addition, it is necessary to map the visions of all the different stakeholders in order to get a complete picture of all the visions for the Northern IJssel valley and its future. Finally, it is important that possible measures are further calculated and evaluated through cooperation with experts.

## Inhoud

<b>VOORWOORD</b> .....	<b>1</b>
<b>SAMENVATTING</b> .....	<b>2</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>2</b>
<b>1 INTRODUCTIE</b> .....	<b>4</b>
1.1 AANLEIDING.....	4
1.2 ONDERZOEKSCONTEXT .....	5
<b>2 DOEL &amp; VRAGEN</b> .....	<b>7</b>
<b>3 METHODIEK</b> .....	<b>8</b>
3.1 ADAPTATIEPADEN .....	8
3.2 QUICKSCAN.....	8
3.3 WERKWIJZE .....	8
<b>4 RESULTATEN</b> .....	<b>11</b>
4.1 GEBIEDSAFBAKENING & LANDGEBRUIK .....	11
4.2 WATERHUISHOUDING & LIMIETEN.....	11
4.3 KLIMAATSCENARIO'S.....	13
4.4 SOCIO-ECONOMISCHE VERHAALLIJN .....	14
4.5 OPLOSSINGSRICHTINGEN .....	15
4.6 ADAPTATIEPADEN ROUTEKAART .....	17
<b>5 DISCUSSIE</b> .....	<b>22</b>
5.1 GEBIEDSANALYSE/PROBLEEM ANALYSE .....	22
5.2 SCENARIO'S .....	22
5.3 WORKSHOP .....	23
5.4 MULTICRITERIA-ANALYSE .....	23
5.5 RESULTAAT ADAPTATIEPADEN .....	23
<b>6 ADVIES</b> .....	<b>25</b>
<b>7 BRONNEN</b> .....	<b>27</b>
7.1 GEPUBLICEERDE BRONNEN .....	27
7.2 INTERNE BRONNEN .....	28
<b>BIJLAGE 1: NOTULEN INTERVIEW HYDROLOOG</b> .....	<b>29</b>
<b>BIJLAGE 2: NOTULEN INTERVIEW BELEIDSADVISEUR PLANVORMING</b> .....	<b>34</b>
<b>BIJLAGE 3: KAARTEN</b> .....	<b>36</b>
<b>BIJLAGE 4: WORKSHOP POSTER</b> .....	<b>37</b>
<b>BIJLAGE 5: MULTICRITERIA-ANALYSE</b> .....	<b>38</b>
<b>BIJLAGE 6: UITWERKING MAATREGELEN</b> .....	<b>41</b>
<b>BIJLAGE 7: ADAPTATIEPADEN</b> .....	<b>43</b>

# 1 Introductie

In dit hoofdstuk is de aanleiding van het onderzoek uitgelegd in de eerste paragraaf, waarna de onderzoek context is.

## 1.1 Aanleiding

In Nederland zijn de effecten van klimaatverandering steeds vaker zichtbaar door droogte en wateroverlast. Dit jaar is de verwachting dat Nederland weer te maken krijgt met een groot neerslagtekort in de zomer (Klomp, 2020). Om de negatieve effecten van klimaatverandering op te vangen is het nodig om met een frisse blik naar het huidige waterbeheer te gaan kijken en waar nodig aan te passen. De Nederlandse regering heeft een klimaatplan opgesteld waarin staat dat maatregelen om de impact van klimaatverandering te reduceren, op regionale of lokale schaal uitgevoerd dienen te worden (MEZK, 2020).

Een regionaal gebied waar men bezig is met onderzoek doen naar het implementeren van klimaatplannen is de Noordelijke IJsselvallei, gelegen in het oosten van Nederland. Het verantwoordelijke waterschap, Waterschap Vallei en Veluwe is op dit moment bezig om daar het zogenaamde *Nieuwe Waterdenken* invulling te geven. Het *Nieuwe Waterdenken* is de strategie van de Blauwe Omgevingsvisie (BOVI) 2050 (Van Eijk et al., 2019), die is ontwikkeld door het waterschap. Bij het *Nieuwe Waterdenken* staat lange termijn denken centraal, door rekening te houden met (toekomstige) veranderingen, bijvoorbeeld in landgebruik, klimaat, stedelijke waterbeheer etc. Deze strategie heeft drie belangrijke principes: *Maximaal vasthouden en schoonhouden van water, ater als ordenend principe bij ruimtelijke ontwikkeling* en *Partnerschap als handelsmerk* (Van Eijk et al., 2019).

De aanleiding om het *Nieuwe Waterdenken* in de Noordelijke IJsselvallei in praktijk te brengen is de situatie omtrent gemaal Terwolde, welke het einde van haar levensduur bereikt heeft (Smeenk, 2020). Voor de korte termijn zal het gemaal opgeknapt worden, zodat deze in ieder geval zijn huidige functie behoudt voor de komende 20 tot 25 jaar. Deze opknappbeurt geeft het waterschap ook de tijd om aan de hand van het *Nieuwe Waterdenken* de invulling van het gebied en het bijbehorende waterbeheer (waaronder de functie van het gemaal) voor de langere termijn te heroverwegen en eventueel op een andere manier in te vullen (Smeenk, 2020).

De huidige manier van waterbeheer in de IJsselvallei is om het water tijdens piekbelastingen, kort vast te houden, te bergen, en ten slotte snel af te voeren naar de IJssel (R. van den Bergh, p.c., 12 juni 2020; R. Nijman, p.c., 16 juni 2020). Smeenk (2020) schrijft dat tijdens droge periodes het water vanuit de IJssel door middel van het gemaal Terwolde de Noordelijke IJsselvallei in wordt gepompt. Volgens Van der Bolt & Waterschap AA en Maas (2019) is het echter de vraag of deze manier van waterbeheer in de toekomst toereikend is, mede omdat het onzeker is hoe de Noordelijke IJsselvallei zich in de komende 50 tot 80 jaar ontwikkelt. Dit komt niet alleen door de onzekerheden die klimaatverandering met zich meebrengt, maar komt ook voort uit lokale ontwikkelingen, zoals de optimalisatie van landgebruik, bodemgesteldheid, de stedelijke ontwikkeling (van onder meer Apeldoorn) en bevolkingsgroei. De eerder genoemde uitdagingen zoals klimaatverandering en de lokale ontwikkelingen in de omgeving vragen om een nieuwe manier van denken (Van der Bolt & Waterschap AA en Maas, 2019). Dit is onder andere de reden dat het waterschap de BOVI 2050 met het *Nieuwe Waterdenken* heeft ontwikkeld (Van Eijk et al., 2019).

Er is nog geen verder onderzoek gedaan naar de mogelijkheden voor implementatie van het *Nieuwe Waterdenken* in het gebied. Onderzoek naar de interactie tussen mogelijke maatregelen en hoe deze samen kunnen leiden tot een duurzaam watersysteem, om zo de algehele waterbeschikbaarheid in het gebied te verbeteren, mist. Het is ook niet duidelijk wat de praktische haalbaarheid van de

maatregelen is in het licht van een onzekere toekomst wat betreft klimaatverandering en sociaaleconomische onzekerheden (Van der Bolt & Waterschap AA en Maas, 2019). Daarvoor ontbreekt er kennis over de verwachtingen van stakeholders en wat zij zien als mogelijke oplossingen voor het probleem.

In het vervolg van dit hoofdstuk lichten we de context van dit onderzoek toe. In hoofdstuk 2 beschrijven we het onderzoeksdoel en de onderzoeksvragen, waarna in hoofdstuk 3 de methode en het concept wordt uitgewerkt. In hoofdstuk 4 worden de resultaten gepresenteerd. Hoofdstuk 5 bestaat uit een discussie, waarna vervolgens ons advies volgt aan Waterschap Vallei en Veluwe in hoofdstuk 6.

## 1.2 Onderzoekscontext

Om tot een gedegen toekomstplan te komen heeft het waterschap aan ons team gevraagd om een onderzoek uit te voeren naar de mogelijkheden voor het implementeren van het *Nieuwe Waterdenken*, door middel van het gebruik van adaptatiepaden. Deze adaptatiepaden maken het mogelijk om in een onzekere toekomst beleid maken, wat het waterschap verder kan helpen met het implementeren van het *Nieuwe Waterdenken*. Het concept *adaptatiepaden* zal in hoofdstuk 3 verder worden toegelicht.

Het ontwikkelen van adaptatiepaden is gedaan met als leidraad het *Nieuwe Waterdenken* uit de BOVI 2050. Het *Nieuwe Waterdenken* voor het stroomgebied van de Noordelijke IJsselvallei is gefocust op systeemdenken (Van Eijk et al., 2019). Systeemdenken houdt in dat alle componenten in het watersysteem worden meegenomen om zo tot een overkoepelende visie te komen. Componenten in dit systeem zijn grondwater, stedelijk gebied, industrie, de hoge en lage zandgronden, landbouwgebieden, natuur en invloeden van het weer en klimaat. De processen die daarbij gepaard gaan en worden meegenomen zijn de processen die zowel de grondwaterstroming als oppervlaktewaterstroming beïnvloeden (Waterschap Vallei en Veluwe & van den Berg, 2020). Het *Nieuwe Waterdenken* is ontwikkeld door het Waterschap Vallei en Veluwe en focust zich op de volgende drie principes: (van Eijk et al., 2019).

1. *Maximaal vasthouden en schoonhouden van water.* Om problemen als gevolg van zowel droogte als wateroverlast te voorkomen, is het effectief bergen van water essentieel. Daarmee kan waterbeschikbaarheid te allen tijde worden gewaarborgd. Daarnaast worden grondgebruikers gestimuleerd om anders naar hun bodem te kijken, omdat de bodem een essentiële rol speelt in het verduurzamen van het watersysteem.
2. *Water als ordenend principe bij ruimtelijke ontwikkeling.* Door de ruimtelijk-economische ontwikkelingen (in de Noordelijke IJsselvallei) is er extra vraag naar ruimte voor woningbouw, klimaatadaptatie en duurzame energie. Water speelt hierin de centrale rol voor het ontwikkelen van een synergie tussen water, energie, natuur en economie. Water wordt gezien als de verbindende factor tussen de ruimtelijke functies van de Noordelijke IJsselvallei.
3. *Partnerschap als watermerk.* Dit principe focust zich op een open houding gericht op samenwerking met alle maatschappelijke partners. De belangen van deze partners staan centraal in de uitvoering van de visie. Ook de kennis en kunde die beschikbaar is vanuit deze partners wordt meegenomen en gebruikt. Op deze manier kan door middel van samenwerking het *Nieuwe Waterdenken* met alle partners worden geïmplementeerd.

Naast de BOVI2050 is KLIMAP een belangrijk onderzoeksproject als achtergrond voor ons onderzoek. Klimaatadaptatie in de Praktijk (KLIMAP) heeft het doel de zandgronden van Nederland klimaatbestendig te maken (van der Bolt & Waterschap AA en Maas, 2019). Dit zal worden gedaan door handvatten te bieden voor natuur, landbouw en stedelijk gebied om voor het bodem- en watersysteem van de Nederlandse zandgronden ontwikkelpaden te creëren met het oog op

veranderend grondgebruik en klimaatverandering. Dit project bestaat uit drie pijlers: *Ontwikkelpaden*, *Toekomstverkenningen* en *Proeftuinen* (van der Bolt & Waterschap AA en Maas, 2019). Hieronder volgt een korte beschrijving van de drie pijlers.

- *Toekomstverkenningen* focust zich op de verschillende mogelijke scenario's en 'knikpunten' en 'drempelwaardes' die daarmee gepaard gaan.
- *Proeftuinen* fungeren als gebieden waarin de effecten van de maatregelen getest worden. Gemaal Terwolde kan in deze opdracht dan ook worden gezien als proeftuin.
- *Ontwikkelpaden* brengt *Toekomstverkenningen* en *Ontwikkelpaden* bij elkaar door stapsgewijs de processen te analyseren en keuzes te maken naar aanleiding van deze processen. In dit project zijn afgevaardigden van alle belangrijke actoren aangesloten: onderzoeksinstituten, bedrijven, waterschappen en provincies (van der Bolt & Waterschap AA en Maas, 2019).

## 2 Doel & Vragen

We ontwikkelen een advies aan het waterschap over de implementatie van het *Nieuwe Waterdenken* in de Noordelijke IJsselvallei, om zo het bodem- en watersysteem van de Noordelijke IJsselvallei klimaat robuust te maken. Dit advies kan het waterschap gebruiken als startpunt voor het ontwikkelen van het uiteindelijke beleid voor het stroomgebied van gemaal Terwolde. Dit zal worden gedaan met behulp van het concept adaptatiepaden. De adaptatiepaden helpen om een overzicht te krijgen van mogelijke toekomstplannen, om het stroomgebied van gemaal Terwolde klimaat robuust te maken voor de komende 50 jaar.

Aan de hand van het doel zijn de volgende onderzoeksvragen opgesteld:

### **Hoe kan de strategie van het *Nieuwe Waterdenken* worden geïmplementeerd in het stroomgebied van gemaal Terwolde door middel van het concept adaptatiepaden?**

- Hoe is de huidige waterhuishouding binnen het stroomgebied van gemaal Terwolde ingericht en wat zijn andere belangrijke invloeden op het watersysteem?
- Wat voor sociaaleconomische- en klimaatscenario's zijn er en welke impact hebben deze scenario's op het systeem?
- Welke doelen kunnen worden opgesteld aan de hand van de scenario's voor het toekomstige waterbeheer in het gebied?
- Wat zijn mogelijke maatregelen binnen de *BOVI2050* die geïmplementeerd kunnen worden in het stroomgebied van gemaal Terwolde?
- Hoe kunnen de maatregelen worden samengevoegd tot mogelijke adaptatiepaden om het stroomgebied van gemaal Terwolde klimaat robuust te maken?

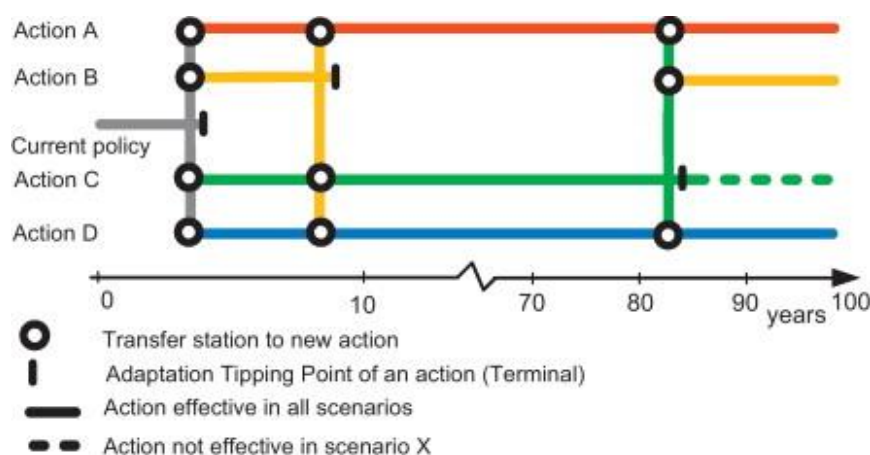


### 3 Methodiek

In dit hoofdstuk is de methode van het onderzoek omschreven. In de methode staat het concept ‘adaptatiepaden’ centraal, deze is nader toegelicht in de volgende paragraaf. In de tweede paragraaf staat een omschrijving van de quickscan en in de derde paragraaf zijn de genomen stappen toegelicht.

#### 3.1 Adaptatiepaden

Het concept adaptatiepaden van Haasnoot et al. (2013) is een manier waarop beleid ingericht kan worden waarbij rekening gehouden wordt met toekomstonzekerheden, zoals klimaatverandering, landgebruik, watervraag en wateraanbod. In dit onderzoek zijn op basis van toekomstscenario's maatregelen bedacht die kunnen worden geïmplementeerd in het stroomgebied van Gemaal Terwolde. Deze zijn geplaatst in een logische volgorde, kijkend naar wat samen kan gaan, wat eenvoudig implementeerbaar is, elkaar versterkt en elkaar niet tegenwerkt. Vaak kan geen enkele maatregel op zichzelf het probleem oplossen, waardoor je op een gegeven moment moet overstappen naar een volgende maatregel. Dit wordt bepaald door de drempelwaarde (of kantelpunt) van een bepaalde oplossing. Deze drempelwaardes worden van te voren bepaald en zijn gelinkt aan beleid, technische specificaties, en dergelijke. Door het koppelen van verschillende oplossingen kun je verschillende paden maken. Met behulp van deze paden kunnen lange termijn doelen (in dit geval het *Nieuwe Waterdenken*) gerealiseerd worden (Haasnoot et al., 2013). Een voorbeeld van een adaptatiepaden kaart is weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1: Voorbeeld van een te maken roadmap (Haasnoot et al., 2013). De cirkel betreft het moment dat een beslissing genomen dient te worden, de verticale streep betreft het kantelpunt van een oplossing, de horizontale lijn geeft de effectiviteit aan van de oplossing en de onderbroken lijn geeft aan dat een bepaalde oplossing niet effectief is in een bepaald scenario.

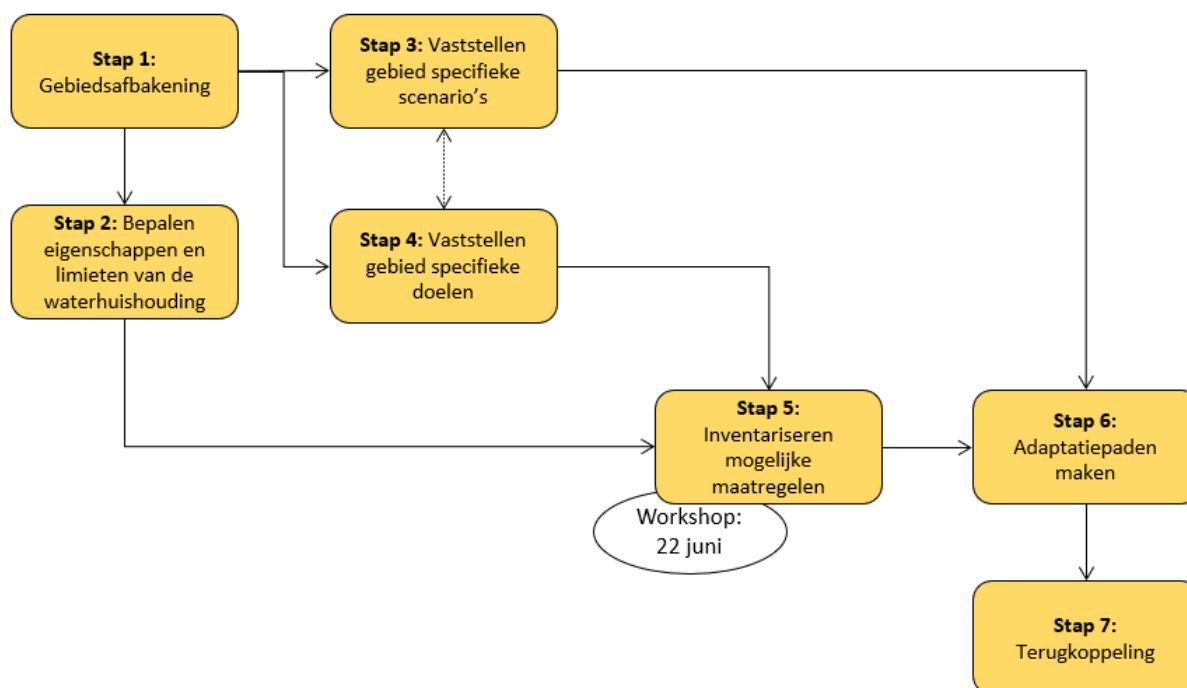
#### 3.2 Quickscan

Zoals eerder beschreven zijn in dit onderzoek mogelijke adaptatiepaden ontwikkeld voor het stroomgebied van gemaal Terwolde, voor de komende 50 jaar. Dit is gedaan door middel van een *quickscan*. De quickscan bevat een globale evaluatie van het gebied, met daarin een analyse van de knelpunten en mogelijke oplossingen voor die knelpunten. Dit vormt de basis voor de adaptatie paden. De resultaten van de quickscan zijn weergegeven in Hoofdstuk 4.

#### 3.3 Werkwijze

De quickscan is uitgevoerd door de stappen te volgen van Figuur 2. Deze stappen zijn verder toegelicht in Tabel 1. Tijdens het uitvoeren van de quickscan zijn wekelijkse vergaderingen gehouden met de opdrachtgever, de verantwoordelijke namens het KLIMAP en de team-begeleiders van Wageningen

Universiteit. Hierin werd de voortgang besproken, zijn aanvullende vragen gesteld en afspraken gemaakt.



Figuur 2: Werkwijze stappenplan (de Workshop was gehouden op 22-juni-2020)

Tabel 1: Toelichting stappenplan

Stappen	Ondernomen activiteiten	Input	Output
1 - Gebiedsafbakening	Literatuurstudie; Interview met hydroloog en beleidsadviseur planvorming	Inleidende documenten casus; Contactgegevens hydroloog en beleidsadviseur planvorming	Kaart met systeemgrens en landgebruik
2 – Bepalen eigenschappen en limieten van waterhuishouding	Vaststellen eigenschappen, dynamiek (invloeden van binnen- en buitenaf) en limieten huidige watersysteem. Door middel van interview met hydroloog en beleidsadviseur planvorming en veldbezoek. Maken kaarten watersysteem	Output Stap 1 Contactgegevens hydroloog en beleidsadviseur planvorming Veldbezoek GIS data van waterschap	Overzicht van de eigenschappen en limieten van de huidige waterhuishouding en belangen in het gebied Kaart van het watersysteem
3 – Vaststellen gebied specifieke toekomstscenario's	Bepalen grootste onzekerheid voor de toekomst; Literatuurstudie naar beschikbare scenario's voor het gebied	Output Stap 1,2; Literatuur over toekomstscenario's; Informatie van werkpakket	Gebied specifieke scenario's, welke als input dienen

		toekomstverkenningen (KLIMAP)	voor de ontwikkelpaden
4 – Opstellen gebied specifieke doelen	Schrijven verhaallijn rondom verwachte sociaaleconomische trends; Het vertalen van het onderzoeksdoel naar gebied specifieke doelen	Output Stap 1,2,3; Masterplan IJsselvallei; Documentatie BOVI 2050	Overzicht van gebiedsdoelen, welke focus geven voor de adaptatiepaden
5 – Inventarisatie mogelijke maatregelen	Workshop met interne stakeholders (waterschap en KLIMAP) met als doel om na te denken over de gedefinieerde opgave, mogelijke maatregelen en afwegingscriteria te definiëren; Multi criteria analyse (MCA) op basis van de in de workshop gedefinieerde afwegingscriteria en de principes van het <i>Nieuwe Waterdenken</i>	Output Stap 1,2,3 en 4	Lijst met maatregelen, welke als input dienen voor de adaptatiepaden
6 – Ontwerpen adaptatiepaden	Bepalen van mogelijke combinaties van maatregelen (n.a.v. stap 5); inschatten van implementatietijd en kantelpunten.	Output Stap 3,4 en 5; Literatuur	Figuur met adaptatiepaden
7 - Terugkoppeling	Terugkoppelen van het project, met nadruk op de procesmatige kant en de samenwerking met de betrokken partijen; Evaluatie van het nut van adaptatiepaden in deze setting en de mogelijkheid tot implementeren van het <i>Nieuwe Waterdenken</i>	Alle voorgaande stappen	Presentatie en eindrapport (advies)

## 4 Resultaten

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de resultaten van deze studie. Allereerst is de gebiedsafbakening, landgebruik, watersysteem en limieten beschreven. Als tweede wordt ingegaan op de resultaten van de klimaatscenario's en vervolgens de verhaallijn, waarna is ingegaan op de workshop en de maatregelen die hieruit voortgekomen zijn. Deze worden aan de hand van verschillende criteria beoordeeld. Uiteindelijk worden de routepaden die hieruit zijn gekomen geïllustreerd en beschreven.

### 4.1 Gebiedsafbakening & landgebruik

Het Masterplan IJsselvallei (De Ruyter, 2020), geeft aan dat de Noordelijke IJsselvallei in het Noorden wordt gekenmerkt door een open karakter met polders en grootschalige landbouw. Verder zijn er aan de westkant van de Veluwe sprengen die water uit de Veluwe afwateren. Dit water komt dan ook terecht in de polders. De polders waren vroeger moerasgronden. Richting het zuiden is er meer bebouwing, afgewisseld met landgoederen en landbouw. Ten slotte bestaan de westelijke, hoger gelegen gebiedsdelen vaak uit zandgronden, waarop de eerste nederzettingen waren gebouwd (De Ruyter, 2020). Daarnaast zijn er ten zuiden van Twello beken te vinden in de vallei (De Ruyter, 2020). Dit alles is een uiting van een rijke cultuurhistorie van het gebied.

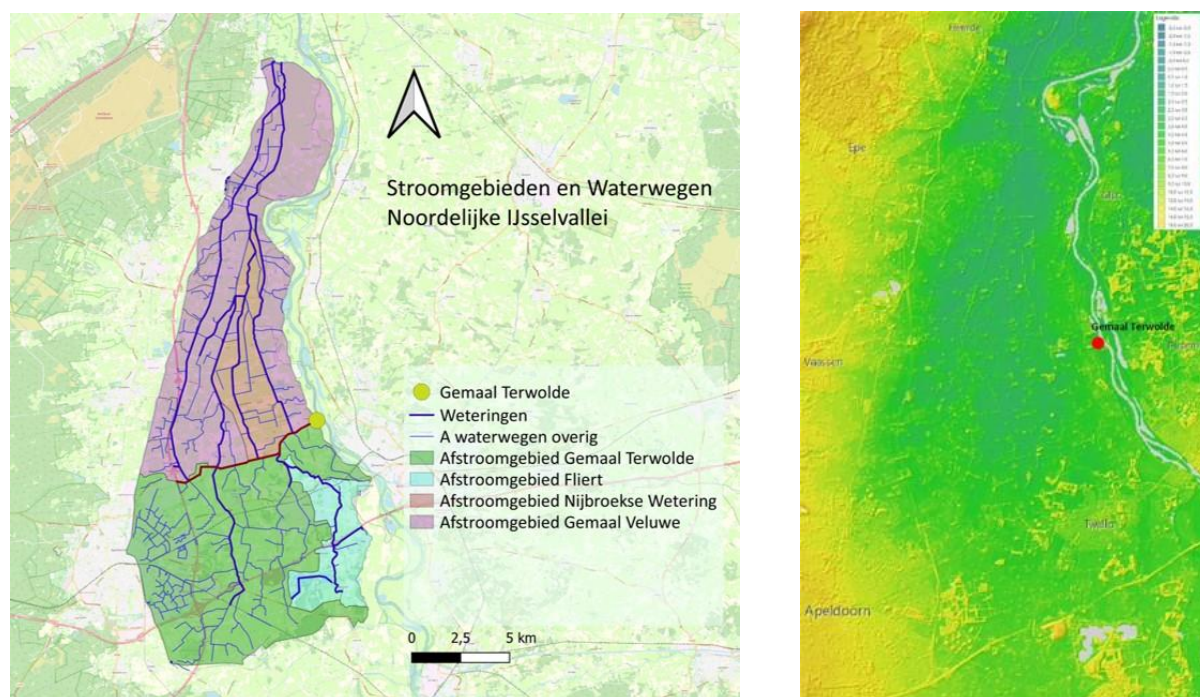
Een landgebruikskaart kan worden gevonden in bijlage 3. Deze kaart is gebaseerd op GIS-data van het waterschap. Hierop is te zien, in aanvulling op het voorgaande, dat er een aantal gebieden zijn met bebouwde kom (onder andere Apeldoorn en Twello), met daarbuiten bebouwing op kleinere schaal. Voornamelijk in het zuiden worden kleine en wat grotere gebieden gevonden met natuurfunctie. Verder wordt ervan uitgegaan dat de rest van het landgebruik bestaat uit grasland, voor boerenbedrijven. Volgens het Waterschap Vallei en Veluwe zit er verder weinig akkerbouw in het gebied. Op de hogere gronden zijn nog een aantal boomkwekerijen en fruittelers te vinden. Er is geen GIS-data beschikbaar van de exacte locatie. De boom- en fruittelers worden echter wel meegenomen in de opgave, omdat het belangrijke watergebruikers zijn (P. Duteweert, p.c., 10 juni 2020).

### 4.2 Waterhuishouding & limieten

De Noordelijke IJsselvallei bestaat uit verschillende stroomgebieden die onder invloed staan van twee grote gemalen in het gebied. Namelijk het gemaal Terwolde en gemaal Veluwe, bij Hattem. De stroomgebieden en hoogteverschillen zijn weergegeven in Figuur 3.

Op dit moment is het waterbeheer in het stroomgebied ingericht naar het zo snel mogelijk afvoeren van het water (A. Elffrink, p.c., 9 juni 2020). Enkel wanneer er veel regen valt en er voorspeld wordt dat er een periode van droogte aankomt, wordt het peil al deels verhoogd, tot zo ver zelfs dat het boven het wettelijke besluit zit, om water op te slaan. Overtollig water afkomstig vanuit de polders en het stedelijk gebied wordt afgevoerd naar de IJssel. Verder kan door de gemalen in tijden van droogte water uit de IJssel in het gebied gelaten worden. De IJsselvallei en de rivier de IJssel zijn gescheiden middels een rivier dijk (A. Elffrink, p.c., 9 juni 2020).

Figuur 3 geeft een overzicht van de stroomgebieden en waterwegen in de Noordelijke IJsselvallei. Een belangrijke scheidslijn in het gebied is het Toevoerkanaal. Dit kanaal loopt van Oost naar West en staat in directe verbinding met gemaal Terwolde (in Figuur 3 donker weergegeven). Het gebied is in dit onderzoek opgedeeld in twee verschillende zones: Hoog liggende gebieden en laag liggende gebieden. De hoog liggende gebieden zijn voornamelijk te vinden ten zuiden van het Toevoerkanaal (het groene gebied in Figuur 3). De laag liggende gebieden zijn over het algemeen te vinden ten noorden van het Toevoerkanaal (A. Elffrink, p.c., 9 juni 2020). Figuur 3 illustreert deze hoogteverschillen.



Figuur 3: Stroomgebied en waterwegen in Noordelijke IJsselvallei (links) en een hoogtekarte van de Noordelijke IJsselvallei (rechts) (bron: Gis data ontvangen van Waterschap Vallei & Veluwe en de GIS community en Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN))

Gemaal Terwolde heeft twee functies. De eerste functie het gebied uit te pompen richting de IJssel. Het deel van het water dat uit het zuidelijk gebied komt in het Toevoerkanaal terecht en wordt bij gemaal Terwolde in de IJssel gepompt. Het overtollige water stroomt via wateringen verder af naar het noorden (Nijbroekse Wetering, Nieuwe Wetering, Grote Wetering en de Terwoldse Wetering). Deze wateringen zijn ecologisch essentieel, en moeten voldoen aan de KaderRichtlijnen Water (Waterschap Veluwe, 2007). De tweede functie is dat in tijden van droogte er water vanuit de IJssel via In tijden van droogte wordt er water vanuit de IJssel via gemaal Terwolde naar de lager liggende polders ten noorden van het toevoerkanaal gepompt (onder andere polder Nijbroek).

In tijden van (extreme) regenval wordt via het Toevoerkanaal water afgevoerd naar de IJssel, via gemaal Terwolde (A. Elfrink, p.c., 9 juni 2020). Het afgevoerde water is afkomstig uit de hoger gelegen gebieden, ten zuiden van het Toevoerkanaal. Hieronder valt ook een deel van het stedelijk water van Apeldoorn. Een ander deel van het water wordt afgevoerd in Wateringen richting het noorden (Nijbroekse-, Nieuwe-, Grote- en Terwoldse Wetering). Dit water wordt in het noorden van de IJsselvallei de IJssel ingepompt door gemaal Veluwe (A. Elfrink, p.c., 9 juni 2020).

In tijden van droogte is het voor de boeren in de hoger gelegen gebieden niet mogelijk om oppervlaktewater te gebruiken. Om deze reden wordt er door boeren grondwater onttrokken (A. Elfrink, p.c., 9 juni 2020). Dit heeft een versterkend effect op de droogte in het jaar daarop (P. Duteweert, p.c., 10 juni 2020). Dit komt doordat er te weinig infiltreert in de winter op de Veluwe om de onttrekking van grondwater door boeren in de zomer te compenseren. De afgelopen jaren werd er steeds vroeger grondwater onttrokken wat ertoe leidt dat er ook meer kuub per jaar onttrokken wordt. Hierdoor heeft het grondwaterpeil meer tijd nodig om te herstellen van de zomers waardoor een versterkende vicieuze cirkel gecreëerd wordt (P. Duteweert, p.c., 10 juni 2020).

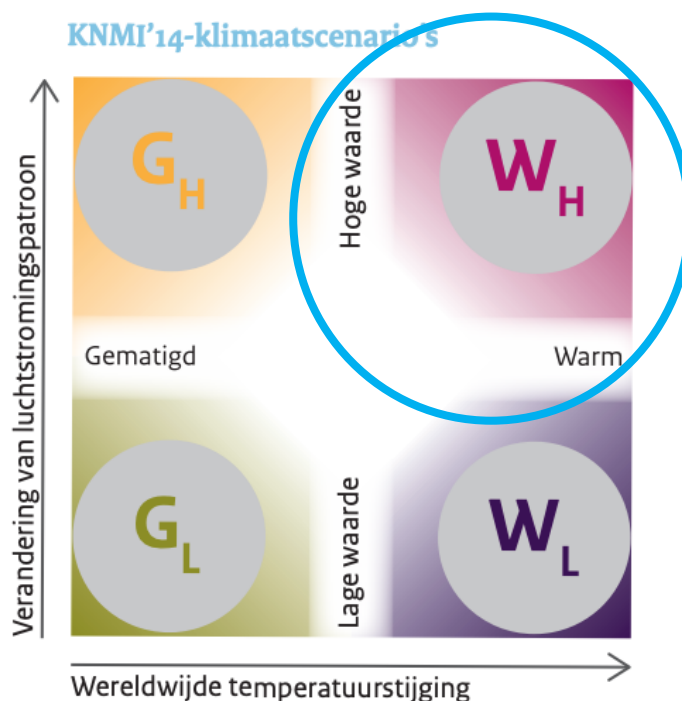
In de toekomst is de verwachting dat de lageregelegen gebieden bij piekbuien meer water te verduren krijgen. Op dit moment ervaart men in het gebied deze problemen nog niet, maar weet men wel dat er iets moet gaan gebeuren. Men ervaart geen problemen doordat overtollig water wordt

weggepompt en er bij watertekort water ingelaten wordt (P. Duteweert, p.c., 10/06/2020). Het is onzeker of dit in de toekomst nog op dezelfde manier door kan gaan. Bij een lage rivier waterstand zal de grondwaterstand in de polder ook lager zijn, waardoor er meer water moet worden binnengelaten. Echter is dit lastig doordat de rivierstand, dan juist laag is. Hierdoor ontstaat er een vicieuze cirkel.

### 4.3 Klimaatscenario's

Het maken van adaptatiepaden wordt gedaan aan de hand van verschillende klimaatscenario's. De belangrijkste trend (en tegelijkertijd onzekerheid) rondom klimaatverandering voor de Noordelijke IJsselvallei is de toename van extreme natte periodes in de winter en extreme droge periodes in de zomer. De extreme droogte zorgt op dit moment vooral voor problemen in het hooggelegen gebied in de zomer en extreme neerslag zorgt vooral voor problemen in het laaggelegen gebied in de winter (P. Duteweert, p.c. 10 juni 2020; A. Elfrink, p.c., 9 juni 2020). In de praktijk blijkt dat sommige maatregelen in het gebied mogelijk allebei de problemen kunnen oplossen. Denk hierbij aan een retentie bassin op een stuk perceel, wat overtollig water in de winter opslaat, waarbij het water gebruikt kan worden in de droge periodes. Echter is droogte in de toekomst vergeleken met wateroverlast een onzekerheid met langdurige effecten dat kan leiden tot grote economische en ecologische schade (Burke & Brown, 2008). In de toekomst zullen problemen rondom droogte moeilijker op te vangen zijn vergelijken met wateroverlast. Problemen met piekbuien zullen minder economische impact hebben, aangezien dan waarschijnlijk het land niet gebruikt wordt. De economische schade kan wel groot zijn wanneer huizen overstromen. Als meetbare indicator voor deze problemen rondom droogte is gekozen voor neerslagtekort. Vereenvoudigd geeft verdamping minus neerslag het te verachten watertekort weer.

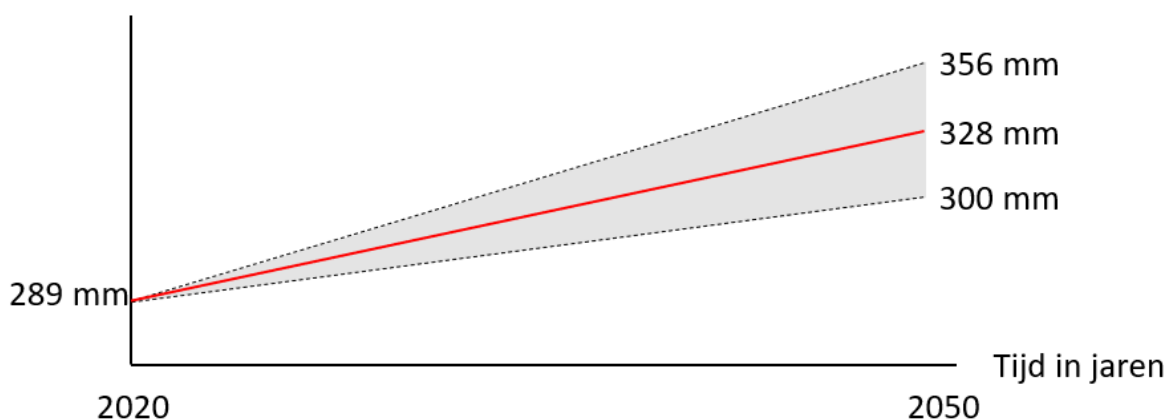
De KNMI'14 scenario's verschillen van elkaar in verandering van luchtstroming en wereldwijde temperatuurstijging. Het Wh-scenario heeft een hoge waarde voor verandering van luchtstroming en heeft een hoge wereldwijde temperatuurstijging. Daarmee is het Wh-scenario het meest extreme scenario van KNMI'14 (Attema, Bakker, Beersma, Bessembinder, Boers, Brandsma et al., 2014).



Figuur 4: KNMI'14 klimaatscenario's, het toegepaste scenario in deze studie is blauw omlijnt (Attema et al., 2014)

In Figuur 4 is het KNMI'14 Wh-scenario weergegeven met neerslagtekort als meetbare indicator. Dit neerslagtekort is specifiek voor de Noordelijke IJsselvallei. Er is gekozen om gebruik te maken van het Wh-scenario omdat dit het meest extreme KNMI'14 scenario is. Op deze manier kan de maximale flexibiliteit en robuustheid van maatregelen geanalyseerd worden.

### Neerslagtekort



\*Hoeveelheid neerslagtekort = Verdamping - Neerslag

*Figuur 5: Neerslagtekort in zomer (juni, juli, augustus) conform het WH-Klimaatscenario in Vallei en Veluwe*

Er kan gesteld worden dat in de KNMI'14 klimaatscenario's het neerslagtekort zal toenemen. Het huidige neerslagtekort is 289mm voor de maanden juni, juli en augustus. Voor het Wh-scenario, is verwacht dat het neerslagtekort extreem en snel zal toenemen. Hoeveel het neerslagtekort zal toenemen is echter onzeker en ligt tussen de 300 en 356 mm in 2050 (Klimaat-effectatlas, 2020). Dit is gevisualiseerd in Figuur 5. Deze onzekerheid ontstaat door verschillen in de modellen die samen het Wh-scenario vormen. Daarnaast is het voorspellen van extremen onzeker, waardoor de bandbreedte van onzekerheid nog groter wordt.

In dit onderzoek wordt het gemiddelde neerslagtekort van het Wh-scenario gebruikt. Dit komt neer op een gemiddeld neerslagtekort van 328 mm in de zomermaanden in 2050, een procentuele toename van 13,5 % in 2050 ten opzichte van 2020 (Klimaat-effectatlas, 2020). Dit neerslagtekort gebaseerd op het Wh-scenario zal in dit onderzoek worden gebruikt voor het berekenen en uitwerken van de haalbaarheid van de verschillende maatregelen (Attema et al., 2014).

Echter is het onzeker of dit meest extreme Wh-scenario voor de toekomst van toepassing zal zijn. De maatregelen, de volgorde en tijd van implementatie zijn enkel op dit scenario gebaseerd om zo een volledig kloppende routekaart te kunnen maken. Wanneer gewenst is rekening te houden met een ander KNMI'14 scenario (het Gh-, Gl- of Wl-scenario) zal de voorgestelde routekaart in hoofdstuk 4.7 een andere tijdschaal en vorm krijgen omdat bepaalde kantelpunten op een ander moment in tijd plaats zullen vinden.

#### 4.4 Socio-economische verhaallijn

Wanneer beleidsmakers van Waterschap Vallei & Veluwe (of de opvolger hiervan) in 2050 door het gebied rijden zien ze een ander gebied, dan wij tijdens de verkenningsstocht op 16 juni 2020 hebben gezien. Tegen die tijd zullen Apeldoorn en Twello ook water inclusiever zijn. Tussen nu en 2050 zal de bevolking groeien met 17%<sup>1</sup>, wat betekent dat er ook meer huizen gebouwd zijn (Deltares, KNMI, PBL,

<sup>1</sup> Percentages zijn gebaseerd op de *Druk* scenario uit de deltasenarios van Deltaris (Deltares et al., 2013)

CPB, 2013). De totale oppervlakte van de steden ten opzichte van de hele Noordelijke IJsselvallei zal met 2% toenemen (Deltares et al., 2013). Deze huizen worden in wijken gebouwd worden waar water een prominentere rol zal spelen dan in de wijken die er nu al staan. Een basketbalveld zal tijdens piekbuien gebruikt worden als wateropslag. Dit betekent dat er ook meer waterlichamen zullen zijn die ook voor recreatiedoelen gebruikt kunnen worden, en die ook een functie hebben voor wateropslag en waterveiligheid. Doordat de populatie toeneemt in het gebied zal er ook meer drinkwater beschikbaar moeten zijn om iedereen zijn of haar drinkwatervraag te kunnen beantwoorden. Dit drinkwater zal nog steeds opgepompt worden op de flanken van de Veluwe, alleen doordat de flanken van de Veluwe hersteld zullen zijn in de tussentijd, kan er meer water infiltreren en zo ook de grondwaterstand aanvullen. Dit zal onderdeel zijn van de strategie om genoeg drinkwater beschikbaar te hebben.

Naast de maatregelen in de stad en op de Veluwe zal er wat veranderd zijn aan het landschap van de Noordelijke IJsselvallei. Er zullen minder boeren in het gebied te vinden zijn. De mensen die in 2050 nog steeds landbouw als hun belangrijkste vorm van inkomen hebben zullen een andere manier van boeren hanteren. Vanwege het stikstofprobleem wat uiterlijk in 2030 opgelost moet zijn (R. Van den Bergh, p.c. 19 juni 2020), zullen de boeren gestimuleerd worden om hun stikstofuitstoot te beperken. Omdat de meeste boeren nog steeds vee telen, zal dit betekenen dat er overgestapt zal zijn op water inclusieve of circulaire landbouw. Dit betekent dat boeren in de winter hun land laten verzadigen, de geproduceerde koeienmest zullen gebruiken als mest op hun eigen land en zo min mogelijk nitraat op hun land zullen spuiten. De boeren die dan nog in het gebied te vinden zijn zullen ook moeten opletten op hun werkzaamheden in de zomer, wat veel water vereist. Ten tijde van extreme situaties zal er op het waterverbruik gelet moeten worden, omdat het rivierpeil van de IJssel zal in 2050 niet altijd voldoende zijn om water het gebied in te kunnen pompen. Hierom zullen fruitteelers gewasvarianten gaan verbouwen die beter bestand zijn tegen droogte. Deze keuze zal gemaakt zijn doordat er vaker periodes van droogte zijn (Deltares et al., 2013). Uiteindelijk, in 2050, zal het percentage landbouwareaal in de Noordelijke IJsselvallei afgenomen zijn met 6% (Deltares et al., 2013). Deze extra ruimte zal naast stedelijke expansie ook door 2 andere belangrijke landgebruiken in beslag genomen worden. Nederland zal in 2050 geen gebruik meer maken van fossiele energie en overgestapt zijn op natuurlijke opwekking van elektriciteit met behulp van windenergie en zonne-energie. Een deel van het agrarisch areaal zal dus veranderd zijn percelen met zonnecellen.

De derde landgebruiksvorm dat op een groter oppervlakte in de Noordelijke IJsselvallei te vinden zal zijn in 2050 is natuur. Natuurontwikkelaars zullen het laatste deel van het verdwenen landbouwareaal gebruiken om natuur te ontwikkelen waarbij water een belangrijke rol zal spelen.

#### 4.5 Oplossingsrichtingen

Als input voor de routekaart met adaptatiepaden is een workshop georganiseerd voor de interne stakeholders van deze casus. Tijdens de workshop waren experts van KLIMAP en Waterschap Vallei en Veluwe aanwezig. Het doel van deze workshop was het verkennen van mogelijke maatregelen aansluitend bij het *Nieuwe Waterdenken* aansluitend bij of als vervanging voor gemaal Terwolde. Door middel van een brainstormsessie werden mogelijke maatregelen aangedragen. Deze maatregelen werden aangedragen door middel van de volgende structuur:

- **Schalen:** perceel, bedrijf, systeem, regio
- **Thema's:** Bodem, gewas, water, gebied/ruimte, stedelijk/bebouwd gebied
- **Gebieden:** Hooggelegen gebied van de Noordelijke IJsselvallei, laaggelegen gebied van de Noordelijke IJsselvallei



Daarnaast werd een indicatie gedaan hoe de deelnemers de toekomst van het gemaal Terwolde zien, en wat belangrijke criteria zijn voor het selecteren van maatregelen. Zie Bijlage 4 voor de uitkomsten van de workshop.

De aangedragen maatregelen van de workshop zijn gecategoriseerd op oplossingsrichting. In Tabel 2 zijn de verschillende oplossingsrichtingen beschreven.

Tabel 2: Beschrijving van oplossingsrichtingen

Oplossingsrichting	Beschrijving
<b>Landbouw</b>	Maatregelen die genomen kunnen worden in de landbouwsector (veeteelt, akkerbouw en tuinbouw) in de Noordelijke IJsselvallei. Deze oplossingsrichting bevat maatregelen die van perceel niveau tot bedrijfsniveau kunnen worden toegepast in de landbouw.
<b>Beheer watergangen</b>	Maatregelen die genomen worden op in en rond de watergangen in de Noordelijke IJsselvallei. Hierbij horen zowel de weteringen en A-watergangen als B-watergangen in de Noordelijke IJsselvallei.
<b>Natuur</b>	Maatregelen die genomen worden om de Noordelijke IJsselvallei meer natuur inclusief te maken. Hierbij horen ook maatregelen die meer ruimte voor water geven.
<b>De Veluwe en de oostflank van de Veluwe</b>	Maatregelen die genomen worden op de Veluwe en op de oostflank van de Veluwe. De gebieden liggen deels niet in de Noordelijke IJsselvallei maar hebben wel invloed op de waterbeschikbaarheid in de Noordelijke IJsselvallei.
<b>Grondwater in de vallei</b>	Maatregelen die genomen worden in de Noordelijke IJsselvallei en bijdragen aan grondwateraanvulling in het gebied.
<b>Stedelijke retentie</b>	Maatregelen die genomen worden in stedelijke gebieden om water vast te houden en lokaal te bergen om zo lokaal voor grondwateraanvulling te zorgen.
<b>Institutioneel</b>	Maatregelen die genomen worden op institutioneel niveau en daarmee bijdragen aan het stimuleren van verandering in gedrag met betrekking tot watergebruik.

De aangedragen maatregelen zijn per gebied (hooggelegen en laaggelegen deel van de Noordelijke IJsselvallei) en per oplossingsrichting gestructureerd. Zie Bijlage 6 voor de uitwerking van de maatregelen.

Met behulp van een Multicriteria-analyse (MCA) is een selectie gemaakt van alle aangedragen maatregelen. De criteria in deze MCA zijn gebaseerd op de principes van het *Nieuwe Waterdenken* en de aangedragen criteria tijdens de workshop. De criteria zijn beschreven in Tabel 3.

Tabel 3: MCA criteria en weging

Criterium	Beschrijving	Weging:
<b>Water als ordenend principe</b>	Volgt functie peil of peil functie? / Hoeveel verschillende systemen worden beïnvloed door de maatregel In hoeverre staat de maatregel in dienst van het systeem?	0.1
<b>Kansen voor samenwerking</b>	In hoeverre is deze maatregel top-down of bottom-up?	0.08
<b>Impact op watertekort</b>	Hoeveel impact heeft deze maatregel op het watertekort ten tijde van droogte?	0.3

<b>Impact op wateroverschot</b>	Hoeveel impact heeft deze maatregel op het wateroverschot in de natte periodes?	0.25
<b>Stikstofaanpak</b>	In hoeverre leidt de maatregel tot een verminderd stikstofoverschot?	0.05
<b>Acceptatie</b>	In hoeverre zou de maatregel geaccepteerd worden door de relevante actoren in het gebied?	0.08
<b>Oplevertijd</b>	Hoelang duurt het tot de maatregel effectief is?	0.05
<b>Opschaalbaarheid</b>	Op hoeveel areaal kan deze maatregel toegepast worden?	0.09

Uit de MCA kwamen verschillende maatregelen. Per categorie maatregelen en locatie is een top 3 geselecteerd. Aangezien sommigen op elkaar aansluiten of bij elkaar passen, zijn deze samengevoegd tot één maatregel. De uiteindelijke maatregelen die in de adaptatiepaden gebruikt worden zijn terug te vinden in Tabel 4. In bijlage 5 is de volledige MCA met alle scores te vinden. Een beschrijving van de maatregelen is terug te vinden in bijlage 6.

Tabel 4: Geselecteerde maatregelen

Categorie	Locatie	Maatregel	Score	Uiteindelijke maatregel
<b>Landbouw</b>	Hoog + Laag	Regenwormen	3.25	Verbeteren bodemstructuur
		Maaisel	3.36	
<b>Landbouw</b>	Hoog	Wateropslag op perceel in de winter	4.38	Wateropslag op perceel in de winter
<b>Landbouw</b>	Hoog + Laag	Water inclusieve landbouw	3.675	Water inclusieve landbouw + Droogte tolerante gewassen
		Droogte tolerante gewassen	3.24	
<b>Stedelijke retentie</b>	Hoog	Stedelijke retentie	4.23	Stedelijke Retentie
<b>Natuur</b>	Hoog	Water vasthouden in Beken + Waterfabriek	3.4	Water vasthouden in Beken + Waterfabriek
		Gezuiverd water infiltreren (Waterfabriek)	3.28	
<b>Grondwater in de Vallei</b>	Laag	Zandbanen isoleren IJssel	3.55	Zandbanen isoleren van de IJssel + Grondwater aanvullen met restwater (bv met water uit waterfabriek)
		Grondwater aanvullen met restwater (bv met waterfabriek)	3.09	
<b>Veluwe &amp; Flank</b>	Hoog	Water vasthouden in de beken, kanalen en (oude) vennen	3.53	Water vasthouden in de beken, kanalen en (oude) vennen + Veluwe flank herstellen
		Veluwe flank herstellen	3.42	

## 4.6 Adaptatiepaden routekaart

In deze paragraaf zijn de adaptatiepaden geïllustreerd in een routekaart. Eerst is de opzet en lay-out van de routekaart toegelicht. Na deze beschrijving zijn drie voorbeelden van mogelijke paden uitgelegd.

### 4.6.1 Het lezen van de routekaart

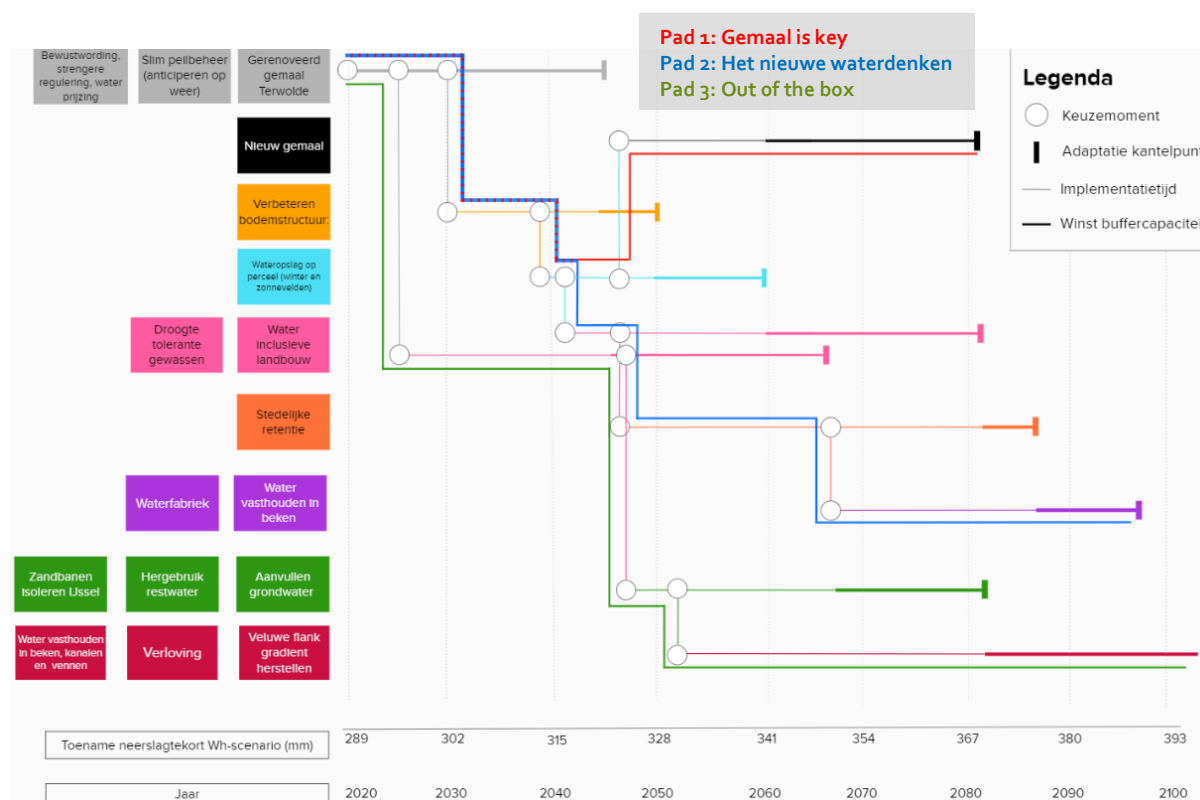
De adaptatiepaden routekaart in Figuur 6 geeft drie paden weer. Puntsgewijs wordt toegelicht hoe de routekaart moet worden gelezen en geïnterpreteerd.

- De drie paden zijn aangegeven in verschillende kleuren (**pad 1: Gemaal is key**, **pad 2: het Nieuwe Waterdenken**, **pad 3: Out of the box**) en zijn alle drie combinaties van verschillende maatregelen die genomen kunnen worden.
- Op de **Y-as** van routekaart zijn de maatregelen weergegeven. Uit elke oplossingsrichting (beschreven in hoofdstuk 4.5) is een combinatie van verschillende maatregelen gekozen en op de y-as weergegeven. De verschillende gekleurde boxen op de y-as zijn gekoppeld aan de corresponderend gekleurde verticale lijnen in de grafiek (de winst buffercapaciteit).
- Op de **X-as** van de routekaart is de grootste onzekerheid weergegeven. Neerslagtekort is gekozen als grootste onzekerheid voor het gebied. De waardes hiervan zijn gebaseerd op het KNMI'14 Wh-scenario, zoals beschreven in paragraaf 4.3. Het neerslagtekort dat in deze paragraaf is beschreven is doorgetrokken van 2050 tot aan 2100.
- De **keuzemomenten** zijn aangegeven met cirkels. Een keuzemoment betreft het moment in tijd waarop een keuze gemaakt dient te worden voor een vervolgoplossing. Deze keuzes moeten al gemaakt worden voordat het kantelpunt van de huidige maatregel is bereikt, zodat er tijdig kan worden overgestapt naar een maatregel, of een set van maatregelen, die voor een langere periode toereikend zijn.
- De **kantelpunten** zijn aangegeven met een verticaal eindstreepje. Een keuzemoment geeft aan wanneer een bepaalde maatregel niet meer toereikend genoeg is er en overgestapt moet zijn naar een andere maatregel.
- De **implementatietijd** is aangegeven met de dunne gekleurde verticale lijnen. De implementatietijd betreft de geschatte tijd welke nodig is om een oplossing volledig te implementeren. Dit betreft bouwtijd en beslissingstijd van de maatregel (zie Bijlage 6 voor het overzicht van de maatregelen).
- De **winst buffercapaciteit** is in de figuur aangegeven met de dikgedrukte gekleurde verticale lijnen. De winst buffercapaciteit geeft de hoeveelheid extra buffercapaciteit (in mm) weer die een bepaalde maatregel kan waarborgen. Wanneer er een pad gevolgd wordt, is zichtbaar dat een bepaalde maatregel individueel minder toereikend is dan wanneer de maatregel gecombineerd is met een andere maatregel. Deze capaciteit is gekoppeld aan de jaartallen op de 'x-as'.

#### 4.6.2 Introductie van de drie paden

Het selecteren van uiteindelijke adaptatiepaden is gedaan aan de hand van de verhaallijn beschreven in hoofdstuk 4.4. In deze verhaallijn staan de trends in het gebied beschreven, wat de basis geeft voor de drie voorbeeldpaden. De drie paden dienen als voorbeelden van richting waarin nagedacht kan worden als het gaat om het maken van keuzes omtrent maatregelen.

In de adaptatiepaden routekaart zijn drie paden voorgesteld met verschillende combinaties aan maatregelen. De paden illustreren drie verschillende denkwijzen, met betrekking op de toekomst van de Noordelijke IJsselvallei. De drie denkwijzen behorende bij de drie paden zijn alle drie mogelijke richtingen, en hebben alle drie hun eigen kansen, limieten en onzekerheden. Deze drie paden dienen niet als specifieke stappenplannen maar zijn een startpunt voor het gebruik van het concept adaptatiepaden. Middels de routekaart kunnen de drie paden met elkaar vergeleken worden. Op deze manier kunnen de kansen en limieten van de paden afzonderlijk van elkaar worden onderscheiden. De drie paden worden hieronder verder toegelicht.



Figuur 6: Adaptatiepaden (een grote versie van de adaptatiepadenkaart is opgenomen in Bijlage 7)

#### 4.6.3 Gemaal staat centraal

Pad 1, waarbij het gemaal centraal staat, wordt gezien als het meest conservatieve pad. Dit pad bestaat uit de volgende maatregelen:

- Gemaal renoveren, slim peilbeheer *anticiperen op het weer*, focus op bewustwording watergebruik
- **Verbeteren bodemstructuur**
- **Wateropslag op perceel**
- Nieuw gemaal

In dit pad wordt het huidige beleid zo lang mogelijk doorgezet. Het huidige gemaal op zichzelf is tot 2045 effectief. Echter is in 2030 is een keuzepunt bereikt waarop bepaald moet worden wat men na 2045 wil. Als een nieuw gemaal gewenst is, omdat er verwacht wordt dat het neerslagtekort boven de effectiviteit van het huidige gemaal (320 mm) zal stijgen, kan de keuze gemaakt worden over te gaan naar een nieuw gemaal. Echter, om de implementatietijd van het nieuwe gemaal te kunnen overbruggen, dienen er andere maatregelen geïmplementeerd te worden. Eerst wordt de bodemstructuur verbeterd. Gedurende de implementatietijd van het verbeteren van de bodemstructuur (2030-2045), is het huidige gemaal effectief. Wanneer van 2045 tot 2050 het verbeteren van de bodemstructuur effectief is, moet ondertussen de implementatie van wateropslag op perceel zijn ingezet (van 2040 tot 2050). Op deze manier kan in 2050 de implementatie van het nieuwe gemaal worden gestart, zodat het nieuwe gemaal van 2060 tot 2080 effectief is.

Het voordeel van dit pad, is dat de maatregelen relatief makkelijk te implementeren zijn. Weinig aanpassingen hoeven te worden gedaan in het gebied en daardoor zijn er weinig risico's te nemen. Het nadeel van pad 1 is dat in 2040 al gekozen moet zijn of het nieuwe gemaal geïmplementeerd gaat worden. Dit is een relatief vroeg punt in de tijd en hierdoor is deze keuze erg definitief: Als blijkt dat

het neerslagtekort uiteindelijk boven de capaciteit van het gemaal reikt, 'is er geen weg meer terug'. Omdat de keuze is gemaakt geen andere maatregelen te implementeren die flexibel zijn, zal dit pad in huidige vorm in 2080 eindigen, wanneer er wordt uitgegaan van het meest extreme scenario. Echter kan er halverwege dit pad (in 2040) voor gekozen worden toch nog over te stappen naar pad 2, omdat tegen die tijd blijkt dat het neerslagtekort boven de effectiviteit van het nieuwe gemaal (367 mm) zal reiken. Pad 2 is meer toereikend als het gaat om neerslagtekort en past daarnaast ook beter bij het *Nieuwe Waterdenken*. Er kan ook gekozen worden om andere maatregelen achteraf dit pad op te laten volgen.

#### 4.6.4 Het nieuwe water denken

In pad 2 staat het *Nieuwe Waterdenken* centraal. Dit pad bestaat uit een combinatie van maatregelen die deze strategie in de omgeving implementeert. Hierin is het uitgangspunt dat gemaal Terwolde in de loop van de tijd een minder prominente functie krijgt. Dit pad bestaat uit de volgende maatregelen:

- Gemaal renoveren, slim peilbeheer *anticiperen op het weer*, focus op bewustwording watergebruik
- Verbeteren bodemstructuur
- Wateropslag op perceel
- Droogte tolerante gewassen + water inclusieve landbouw
- Stedelijke retentie

In deze route wordt het gemaal eerst gerenoveerd, zodat deze voor de jaren daaropvolgend zijn functie kan blijven behouden. In de tijd dat het gemaal gerenoveerd wordt kan er over nieuwe oplossingen gedacht worden die vallen binnen het *Nieuwe Waterdenken*. Tot en met de keuze van wateropslag op perceel is dit pad identiek aan pad 1. Vlak na de keuze van het implementeren van wateropslag op perceel in 2040, zal er een nieuw keuzemoment zijn voor het starten van de implementatie van droogte tolerante gewassen en water inclusieve landbouw. In combinatie met wateropslag op perceel heeft droogte tolerante gewassen + water inclusieve landbouw een effectiviteit tot 2080. Ondanks deze lange effectiviteit, moet in 2045 al de keuze worden gemaakt voor de implementatie van stedelijke retentie, omdat de implementatietijd van stedelijke retentie relatief lang is. In 2065 is het keuzemoment voor het implementeren van water vasthouden in beken + de waterfabriek. Omdat in dit gehele pad water vasthouden in het gebied centraal staat, is de uiteindelijk totale werking van dit pad tot 2095, uitgaande van het (extreme) Wh-scenario.

Het voordeel van dit pad is dat water vasthouden centraal staat. Daarmee is dit pad een klimaat robuuste keuze. Dit pad past goed bij het *Nieuwe Waterdenken* en biedt veel mogelijkheid voor een verhoogde effectiviteit, omdat de maatregelen elkaar versterken. Echter, in dit pad volgen veel verschillende maatregelen elkaar op. Veel verschillende keuzes moeten worden gemaakt. Dit is een risico, omdat de toekomst voor het gebied (op zowel fysisch als sociaaleconomisch niveau) onzeker is.

#### 4.6.5 "Out of the box"

In pad 3 wordt gekozen voor een set aan maatregelen die "out of the box" zijn. Dit pad bestaat uit de volgende maatregelen:

- Gemaal renoveren, slim peilbeheer *anticiperen op het weer*, focus op bewustwording watergebruik
- Droogte tolerante gewassen + water inclusieve landbouw
- Zandbanen isoleren IJssel, hergebruik restwater, aanvullen grondwater
- Water vasthouden in beken, kanalen en vennen, verloving, Veluwe flank gradiënt herstellen

Ook in dit pad wordt eerst het huidige gemaal gerenoveerd. Al snel, in 2025, zal de keuze moeten worden gemaakt om over te gaan op droogte tolerante gewassen en water inclusieve landbouw. Om op deze manier de implementatietijd van droogte tolerante gewassen en water inclusieve landbouw tegelijkertijd met de werking van het huidige gemaal tot 2045. Wanneer in 2045 droogte tolerante gewassen en water inclusieve landbouw effectief worden, zal meteen de keuze moeten worden gemaakt om de maatregel zandbanen isoleren, hergebruiken restwater en aanvullen grondwater te implementeren. Ook snel na deze implementatie in 2050 moet de keuze worden gemaakt voor de meest extreme maatregel: namelijk het vasthouden van water in beken, kanalen en vennen, verloving en Veluwe flank gradiënt herstel. Uiteindelijk zal deze set aan maatregelen volgens het (extreemste) Wh-scenario tot na 2100 reiken.

Het voordeel van dit pad, is dat deze maatregelen samen zullen leiden tot een klimaat robuust systeem in de Noordelijke IJsselvallei. Maar dit pad is dan ook erg ingrijpend en bevat lange implementatietijden. Dit pad is minder flexibel omdat er moeilijk nog kan worden overgegaan naar andere maatregelen. Daarnaast is complete verandering van het gebied vereist, en bij onzekerheid rondom landgebruik in de toekomst is niet zeker of dit mogelijk (en gewenst) zal zijn binnen het gebied.

## 5 Discussie

In dit hoofdstuk reflecteren we op het proces en resultaat van ons onderzoek. Dit wordt grotendeels gedaan in de volgorde van het uitgevoerde stappenplan. Daarbij wordt gekeken op welke manier *Nieuwe Waterdenken* terugkomt.

### 5.1 Gebiedsanalyse/probleem analyse

De eerste stap van ons was het analyseren van het gebied en het in kaart brengen van de problemen in het gebied. Gedurende dit proces hebben wij met verschillende stakeholders binnen het waterschap gepraat (interne stakeholders) om een compleet beeld te krijgen over het gebied en de problemen. Echter kwamen we erachter dat er verschillende visies zijn over het gebied, de toekomst ervan en de huidige en toekomstige problemen. We hebben de huidige beschreven gebiedsanalyse als 'waarheid' genomen. Daarnaast hebben we de probleemstelling versimpeld door het gebied in te delen in het hooggelegen deel en het laaggelegen deel en voor deze delen het grootste probleem te beschrijven. Dit is echter een versimpelde versie van de werkelijkheid. Het voordeel hiervan is geweest dat we tijdens de workshop een duidelijke opgave hebben kunnen formuleren met een duidelijk eenduidig doel. Het nadeel hiervan is geweest dat deze versimpelde versie van de werkelijkheid niet concreet was en de aangedragen maatregelen in praktijk niet passen binnen het systeem.

### 5.2 Scenario's

Wij hebben gekozen om neerslagtekort aan te nemen als grootste onzekerheid in het gebied. Daarbij is enkel gebruik gemaakt van het meest extreme KNMI'14 scenario: het Wh-scenario. Omdat dit het meest extreme scenario is, geeft de routekaart de maximale flexibiliteit en effectiviteit van de maatregelen weer wanneer zij gekoppeld zijn aan neerslagtekort. Echter, bij het gebruik van maar één scenario, is het effect van de verschillende maatregelen niet meetbaar wanneer er een ander scenario gebruikt wordt. Om dat te voorkomen is het gebruik van meerdere scenario's op de x-as gewenst.

Bovendien, bij gebruik van neerslagtekort als indicator, zijn verschillende aspecten van de waterbalans niet meegenomen, terwijl deze wel erg belangrijk zijn bij de aan- en afvoer van water. Een voorbeeld van zo'n aspect dat wij missen uit de waterbalans is de grondwaterstroming. Om een volledig overzicht te hebben krijgen van het watertekort in het gebied, is een volledig model over de dynamische waterbalans van het gebied nodig, waarbij ook grondwateraanvulling en invloed van de IJssel en de Veluwe zijn meegenomen.

Naast neerslagtekort zijn er meerdere onzekerheden in het gebied die een belangrijke rol hebben als het gaat om toekomstscenario's voor het gebied. Hoe het landgebruik zich in de toekomst ontwikkelt zich onzeker en is dit is een belangrijke factor in het gebied: hoe het landgebruik er in de toekomst uitziet beïnvloed immers de keuze voor bepaalde maatregelen en de keuze of het gemaal wel of niet in gebruik blijft. Een belangrijke factor in de ontwikkeling rondom landgebruik is het veranderende landelijke stikstofbeleid. Omdat de Noordelijke IJsselvallei een pilot gebied wordt omtrent de transitie rondom het stikstofbeleid, zal dit van hoge invloed zijn gedurende het landgebruik. In onze huidige routekaart hebben wij verandering in landgebruik als gegeven aangenomen: we gaan ervanuit dat verstedelijking toeneemt, dat er meer ruimte komt voor natuur en dat de landbouw afneemt. Het voordeel hiervan is geweest dat wij een duidelijk en eenduidige routekaart hebben kunnen maken met enkel neerslagtekort als onzekerheid. Echter, in realiteit kunnen deze onzekerheden omtrent landgebruik als vast gegeven gezien worden. Een meerwaarde zou zijn om meerdere routekaarten te maken, waarbij elke routekaart een andere x-as heeft.

### 5.3 Workshop

Tijdens de workshop binnen het onderzoek met experts van het KLIMAP en het waterschap zijn veel mogelijkheden geïdentificeerd om het *Nieuwe Waterdenken* te implementeren. Dit gezamenlijke proces met het waterschap en met de betrokkenen van het KLIMAP heeft enorm geholpen in het proces van het ontwerpen van de adaptatiepaden. Dit laat de meerwaarde zien van het bundelen van kennis, vanuit verschillende disciplines. Gericht op verschillende schalen en in verschillende oplossingsrichtingen kon worden nagedacht over mogelijkheden.

De workshop leverde niet alleen een lijst op met mogelijk maatregelen, maar bracht ook een discussie op gang. Onder andere over de rol van het gemaal in het gebied en belangrijke criteria voor het selecteren van maatregelen. Dit laat zien dat het format van deze workshop nuttig is voor verder gebruik binnen het project van KLIMAP en het waterschap of soortgelijke projecten. Eerst wordt een opgave gepresenteerd, waarna er met de betrokkenen wordt nagedacht over mogelijke oplossingen.

In ons geval is er maar één keer een workshop georganiseerd, waarna de resultaten werden verwerkt in een eindproduct. Na de workshop bleek dat er nog veel achtergrondinformatie mistte, bijvoorbeeld over de geïnventariseerde maatregelen. Het zou een waardevolle toevoeging zijn wanneer er met een iteratief proces wordt gewerkt. Nadat de resultaten van workshop 1 zijn verwerkt kan workshop 2 worden gehouden, waarin de resultaten worden teruggekoppeld en er verder wordt gedacht, bijvoorbeeld over kennis die nog mist. Dit iteratieve proces kan op die manier het resultaat steeds een stukje specifiek maken en naar een hoger niveau brengen.

Het concept van adaptatiepaden leent zich uitstekend voor dit format van werken. Het concept draagt bij om een discussie op gang te brengen over oplossingen en oplossingsrichtingen. Hier komen we later nog verder op terug.

### 5.4 Multicriteria-analyse

Door middel van de MCA hebben we keuzes gemaakt wat betreft de maatregelen om in de routekaart te verwerken. Zoals eerder beschreven waren de output uit de workshop en principes van het *Nieuwe Waterdenken* leidend voor het opstellen van de MCA. De criteria, wegen van de criteria en waarden die zijn ingevuld voor de maatregelen zijn grotendeels gebaseerd op 'expert judgement' en eigen interpretatie. Wellicht mist hier dus een stukje wetenschappelijke objectiviteit, omdat er veel aannames zijn gemaakt. Echter geeft de bijgevoegde informatie omtrent de MCA wel inzicht in en openheid over de manier waarop maatregelen zijn gekozen. Daarnaast geeft de manier waarop criteria en wegen zijn gekozen een voorbeeld van de manier waarop de mening van experts (betrokkenen) en principes van het *Nieuwe Waterdenken* kunnen worden vertaald in een MCA. Deze MCA draagt er dan aan bij om een representatieve selectie van maatregelen te kiezen.

### 5.5 Resultaat adaptatiepaden

Zoals beschreven in hoofdstuk 4.6 dienen de uiteindelijk voorgestelde paden als denkrichtingen voor de toekomst van het de Noordelijke IJsselvallei. Deze routekaart is een beginpunt van een discussie die kan worden gehouden omtrent de toekomst van de Noordelijke IJsselvallei. De verschillende paden hebben verschillende kansen en limieten. Welke kansen en limieten als meest belangrijk worden geacht, zijn leidend voor welk pad (en dus welke denkrichting) wordt gekozen.

Bij het creëren van de adaptatiepaden routekaart zijn veel aannames gedaan als het gaat om de implementatietijd, effectiviteit, opschaalbaarheid en mogelijkheid tot combineren van de verschillende maatregelen, in relatie tot neerslagtekort. Deze aannames zijn voornamelijk gedaan op



basis van de schaal en schaalbaarheid van de specifieke maatregelen en berusten deels op eigen interpretatie.

Om het *Nieuwe Waterdenken* verder te implementeren en te bepalen of voorgestelde adaptatiepaden werkelijk haalbaar zijn en effect hebben is vervolgonderzoek nodig. Meer informatie is nodig over implementatietijd, effectiviteit, opschaalbaarheid en de mogelijkheid tot combineren van de maatregelen. Zoals we bij de discussie over scenario's al schreven is het opstellen van een waterbalans model hiervoor belangrijk. Daarnaast geeft het tekort aan kennis ook het belang weer van de samenwerking van het waterschap met onder andere KLIMAP. Wanneer KLIMAP een database beschikbaar zou hebben met gedetailleerde informatie, zou bij een soortgelijke workshop als in ons onderzoek de kaart met adaptatiepaden naar een hoger detailniveau gedragen kunnen worden.

De belangrijkste toegevoegde waarde van de ontworpen kaart met adaptatiepaden is dat deze discussie op gang brengt. Tijdens presentaties en in gesprekken binnen het team hebben we dat inmiddels al vaak ervaren. De kaart geeft mensen de mogelijkheid om op een andere manier naar Noordelijke IJsselvallei te kijken dan dat ze gewend zijn. Daarnaast maakt het concept van adaptatiepaden het ook mogelijk om te laten zien hoe maatregelen gecombineerd problemen op kunnen lossen. Verder kan er een indicatie worden gegeven van de benodigde beslissings- en implementatie tijd per maatregel. Dit maakt daardoor duidelijk dat de implementatie van het *Nieuwe Waterdenken* en proces is, dat constant monitoring nodig heeft en niet van de een op de andere dag kan worden geïmplementeerd. Het principe 'partnerschap als handelsmerk' is terug te zien in het feit dat de maatregelen in de kaart met paden grotendeels zijn gebaseerd op basis van input van de betrokken partijen van KLIMAP, de 'interne stakeholders'. Een volgend punt van discussie en onderzoek is in welke mate 'externe stakeholders', zoals belangenverenigingen betrokken kunnen worden in het proces van adaptatiepaden. Het betrekken van externe stakeholders is belangrijk voor het creëren van draagkracht voor de maatregelen.

## 6 Advies

*Hoe kan de strategie van het Nieuwe Waterdenken worden geïmplementeerd in het stroomgebied van gemaal Terwolde door middel van het concept adaptatiepaden?*

Het advies aan Waterschap Vallei en Veluwe is om adaptatiepaden verder te gaan gebruiken in het implementeren van het *Nieuwe Waterdenken* en bij het zoeken naar oplossingen en alternatieven voor het gemaal. Het onderzoek heeft laten zien dat adaptatiepaden een goed startpunt zijn om het *Nieuwe Waterdenken* te implementeren, vanuit zowel procesmatig als inhoudelijk oogpunt. Vanuit procesmatig oogpunt, is adaptatiepaden een concept welke een discussie op gang brengt en het maakt om kennis bij elkaar te brengen. De ideeën die voortkomen uit de discussies kunnen worden gebruikt om adaptatiepaden steeds specifieker te maken. Traditionele en ‘out of the box’ oplossingen en visies werden samengebracht op een pragmatische manier. Daarnaast maakt het concept adaptatiepaden het mogelijk om gebied overkoepelend te kijken naar het waterbeheer. Deze punten sluiten aan bij de principes van het *Nieuwe Waterdenken*.

Daarbij komend maken vanuit inhoudelijk oogpunt adaptatiepaden het mogelijk om het probleem te definiëren in een gebied, met daarbij de grootste onzekerheid voor de toekomst. Wanneer toekomstscenario's beschikbaar zijn, kan vervolgens worden geïnventariseerd welke maatregelen effectief zijn op de problemen op te lossen, tot wanneer (jaartal) en hoe maatregelen gecombineerd een versterkend effect hebben.

Wij adviseren het Waterschap Vallei & Veluwe de volgende stappen om naar aanleiding van deze quickscan het *Nieuwe Waterdenken* te implementeren met behulp van het concept adaptatiepaden.

Stappen passend bij het principe *Partnerschap als watermerk*:

- Het in kaart brengen van de visies van alle “interne” en “externe” stakeholders over (de toekomst van) het gebied om zo een compleet overzicht te krijgen van verschillende mogelijkheden voor de toekomst van het gebied. Wanneer alle visies worden meegenomen bij het uiteindelijk ontwikkelen van adaptatiepaden, kan er meer draagkracht worden gecreëerd bij de stakeholders. Daarnaast kan hierdoor alle aanwezige lokale kennis worden gebruikt voor het maken van de adaptatiepaden.
- Onderzoek naar specifieke kennis over de werking van maatregelen in het gebied specifiek. Dit onderzoek dient specifiek te gaan over de effectiviteit, opschaalbaarheid en implementatietijd van de verschillende maatregelen. Binnen het waterschap en binnen KLIMAP is veel kennis aanwezig over de werking van voorgestelde maatregelen. Essentieel is om ervoor te zorgen dat deze kennis op de juiste plek op het juiste moment is. Dit kan door middel van het organiseren van meerdere workshops waarbij de uitwerking van maatregelen steeds geëvalueerd wordt.

Stappen die passen bij het principe *Maximaal vasthouden en schoonhouden van water*:

- Het continue monitoren van de werking van de maatregelen na implementatie kan de werking van maatregelen. Hierdoor kunnen maatregelen continue geëvalueerd worden. Op deze manier zal de kennis over de werking van de maatregelen steeds meer verrijkend worden. Daarnaast is dit een middel om te controleren of de maatregelen werken en of er niet meer nodig.
- Het gebruik van een MCA met als criteria de drie verschillende waterprincipes. Op deze manier zal het *Nieuwe Waterdenken* centraal blijven staan als het gaat om het voorstellen van maatregelen.

Stappen die passen bij het principe *Water als ordenend principe bij ruimtelijke ontwikkeling*:

- Het in kaart brengen van de volledige waterbalans van het dynamische systeem. Dit model moet alle componenten die de waterbeschikbaarheid in het gebied beïnvloeden, bevatten. Wanneer dit model aanwezig is, kan gedetailleerd bepaald worden welke maatregelen gewenst zijn en wat de effectiviteit van de maatregelen zijn met betrekking tot het watersysteem.
- Het betrekken van huidige ruimtelijke projecten bij het creëren van de adaptatiepaden. Voorbeelden hiervan zijn het project rondom het Apeldoorns Kanaal als klimaatkanaal en de waterfabriek in Wilp. Er liggen veel kansen bij het combineren van deze projecten als het gaat om water als ordenend principe.
- Het creëren van een 'model' over landgebruik, welke gebruikt kan worden als grootste onzekerheid op de x-as van de routekaart. Meerdere routekaarten kunnen ontwikkeld worden, elk gefocust op een andere grote onzekerheid in het gebied. Omdat landgebruik een grote onzekerheid is, is focus hierop belangrijk. Echter, het is wel belangrijk dat er wel gehandeld blijft worden naar 'functie volgt peil' en niet naar 'peil volgt functie'. Dit kan namelijk een valkuil zijn wanneer landgebruik centraal komt te staan op een routekaart.

## 7 Bronnen

### 7.1 Gepubliceerde bronnen

Attema, J., Bakker, A., Beersma, J., Bessembinder, J., Boers, R., Brandsma, T., ... & Hazeleger, W. (2014). Knmi'14: Climate change scenarios for the 21st century—A netherlands perspective. *KNMI: De Bilt, The Netherlands*.

Bhadoria, T., & Saxena, K. G. (2010). Role of earthworms in soil fertility maintenance through the production of biogenic structures. *Applied and environmental soil science, 2010*.

Boosten, M., & van Benthem, M. (2011). Herstel van historische boselementen op de veluwe. *De Levende Natuur, 112*(6), 225-227.

Burke, E. J., & Brown, S. J. (2008). Evaluating uncertainties in the projection of future drought. *Journal of Hydrometeorology, 9*(2), 292-299.

Deltares, KNMI, PBL, & CPB. (2013). *Deltascenario's voor 2050 en 2100*. PBL.

<https://www.pbl.nl/publicaties/deltaprogramma-dit-zijn-de-toekomstscenario%E2%80%99s-voor-2050-en-2100>

Van Eijk, P., Swenne, A., Afman, L., van den Berg, R., Neuteboom Spijker, R., Tekelenburg, M., ... Eisenga, R. (2019, 15 februari). IJsselvallei en Oostflank van de Veluwe. Geraadpleegd op 22 mei 2020, van <https://bovi2050.nl/gebied/oost-Veluwe-en-ijsselvallei/>

van Engelenburg, J., de Jonge, M., Rijpkema, S., van Slobbe, E., & Bense, V. (2020). Hydrogeological evaluation of managed aquifer recharge in a glacial moraine complex using long-term groundwater data analysis. *HYDROGEOLOGY JOURNAL*.

Florke, M. F., Wimmer, F., Laaser, C., Vidaurre, R., Trolzsch, J., Dworak, T., ... & Swart, R. (2011). *Climate adaption-modelling water scenarios and sectoral impacts. Final report ClimWatAdapt project*. CESR—Center for Environmental Systems Research.

Gemeente Apeldoorn. (2015). Gemeentelijk rioleringsplan 2015-2020: Apeldoorn Waterproof. Geraadpleegd van <https://apeldoorn.begroting-2020.nl/assets/docs/p3d3rioleringsplanapeldoornwaterproof2016020.pdf>

Haasnoot, M., Kwakkel, J. H., Walker, W. E., & ter Maat, J. (2013). Dynamic adaptive policy pathways: A method for crafting robust decisions for a deeply uncertain world. *Global environmental change, 23*(2), 485-498.

Jeuken, A., & te Linde, A. (2011). Werken met knikpunten en adaptatiepaden: handreiking. Deltares. Geraadpleegd van: [https://ruimtelijkeadaptatie.nl/publish/pages/114675/handreiking\\_knikpuntanalyse\\_2.pdf](https://ruimtelijkeadaptatie.nl/publish/pages/114675/handreiking_knikpuntanalyse_2.pdf)

Klomp, C. (2020, 20 mei). Zorgen om dijken door zeldzame droogte in Nederland. Algemeen Dagblad. Geraadpleegd van <https://www.ad.nl>

Logeman, D. (2020). Ruimte voor de Rivier. Geraadpleegd op 22 mei 2020, van <https://www.ijsselpad.nl/ruimte-voor-de-rivier/>

Lloyd, S. D., Wong, T. H., & Chesterfield, C. J. (2002). Water sensitive urban design: a stormwater management perspective.

Kater, E., Maas, G. J., & Ottburg, F. G. W. A. (2010). *Raamplan Voorsterbeek* (No. 2042). Alterra.

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. (2020). Klimaatplan 2021-2030 (0220-068). Geraadpleegd van

<https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/klimaatverandering/documenten/beleidsnotas/2020/04/24/klimaatplan-2021-2030>

Rioolwaterzuiveringen en gemalen. (z.d.). Geraadpleegd op 5 juni 2020, van <https://www.vallei-Veluwe.nl/over-ons/contact/fotobox/fotobox/gemalen/>

*Viewer - Klimateffectatlas*. (2020). Geraadpleegd op 11 juni 2020, van <https://www.klimateffectatlas.nl/nl/>

Waterschap Veluwe. (2007, maart). *Stroomgebieduitwerkingsplan Noordelijke IJsselvallei 2007 – 2010*. [https://www.vallei-Veluwe.nl/publish/pages/22614/peilbesluit\\_terwolde-toelichting.pdf](https://www.vallei-Veluwe.nl/publish/pages/22614/peilbesluit_terwolde-toelichting.pdf)

H.A Wolters, G.J. van den Born, E. Dammers, S. Reinhard, 2018, *Deltascenario's voor de 21e eeuw, actualisering 2017*, Deltares, Utrecht

## 7.2 Interne bronnen

*Deze bronnen zijn niet officieel gepubliceerd en komen uit de databank van onder andere het waterschap en KLIMAP, tevens betreft dit interviews.*

De Ruyter, P. (2020). Masterplan "IJsselvallei" (concept en voor intern gebruik). E-mail ontvangen op 26-05-2020

Smeenk, A. (2020, 10 april). Stand van zaken - Gemaal Terwolde. Geraadpleegd op 5 juni 2020. E-mail ontvangen op 14-05-2020

Van der Bolt, F., & Waterschap AA en Maas. (2019). Projectvoorstel: Klimaatadaptatie in de Praktijk (KLIMAP). E-mail ontgaven op 14-05-2020.

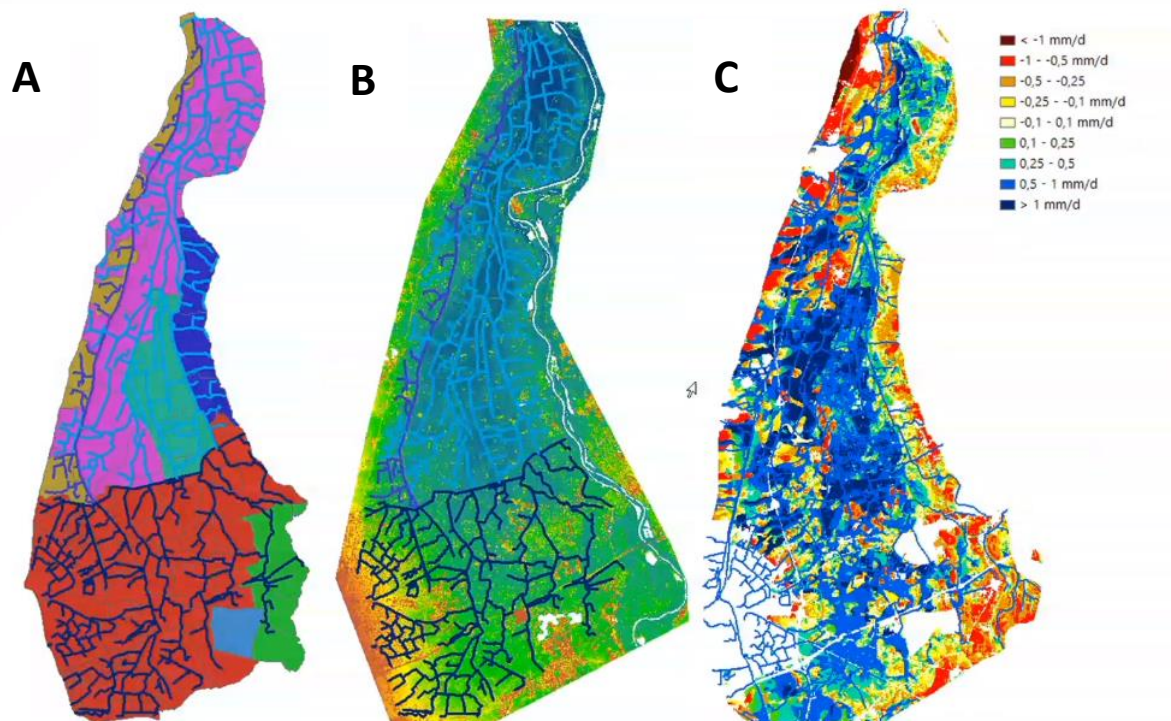
Waterschap Vallei en Veluwe, & van den Berg, R. (2020, 12 mei). KLIMAP: Introductie op casus Terwolde [PowerPoint]. E-mail ontvangen op 14-05-2020

*Waterberging | Zeeuwsbodenvenster*. (2019). Geraadpleegd op 22 juni 2020, van <https://www.zeeuwsbodenvenster.nl/themas/water/waterberging>

## Bijlage 1: Notulen interview hydroloog

Ans Elffrink (09-06-2020)

### Het gebied



Ans lichtte aan de hand van kaarten toe hoe het gebied en het watersysteem eruitziet.

#### Kaart A

Een groot deel van de Noordelijke IJsselvallei, voornamelijk het noorden, bestaat uit hooilanden en is normaal gesproken relatief nat. Onder normale omstandigheden stroomt een groot deel van het water dat uit het zuiden komt via Weteringen af richting het noorden. Gemaal Terwolde met het Toevoerkanaal zijn eigenlijk puur voor piekbelastingen. De Korte wetering stroomt veel af op gemaal Terwolde, daarnaast ook de Terwoldse wetering.

Het zuidstuk van het gebied ligt vrij hoog. Midden in de Noordelijke IJsselvallei een grote badkuip (nijbroekse wetering). In die gebieden is veel kwel. Veel grondwater van zuid (Apeldoorn en Twello gaat naar noorden). In de Noordelijke IJsselvallei zitten bijna geen sprengkoppen.

Het stroomgebied begint met het Toevoerkanaal -> ook wel het Verbindingskanaal genoemd. In de kaart is het afstroomgebied van Terwolde met rood aangegeven. Onderdeel daarvan is Busslo en stroomgebied de Vliert. Aan de Westkant: Apeldoorn, daar loopt ook Apeldoornskanaal

Boven het toevoerkanaal ligt het stroomgebied van de Grote Wetering. De bruine vlakjes zijn verbonden met de Nieuwe Wetering. Het Toevoerkanaal is pas later gegraven. Vroeger ging alles door naar boven (richting het Noorden). Maar met hoogwater krijg je een lange afvoer richting het Noorden. Dat wil je niet, dus is het Toevoerkanaal gegraven.

De Grote wetering heeft groot stroomgebied, wordt echter in het afwateringskanaal snel weer smal. Verder valt er nog het volgende te zeggen over de weteringen:

- Terwoldse wetering -> stukje in gebruik genomen door het toevoerkanaal.

- Nijbroekse wetering en Terwoldse wetering komen samen, watert uit in de uiterwaarden via Gemaal Veluwe, in het Noorden
- Nieuwe Wetering heeft zijn eigen uitwatering.

Op de website van Topotijdreis kan je de geschiedenis van het Toevoerkanaal terugvinden.

### Kaart B. - Hoogtekaart

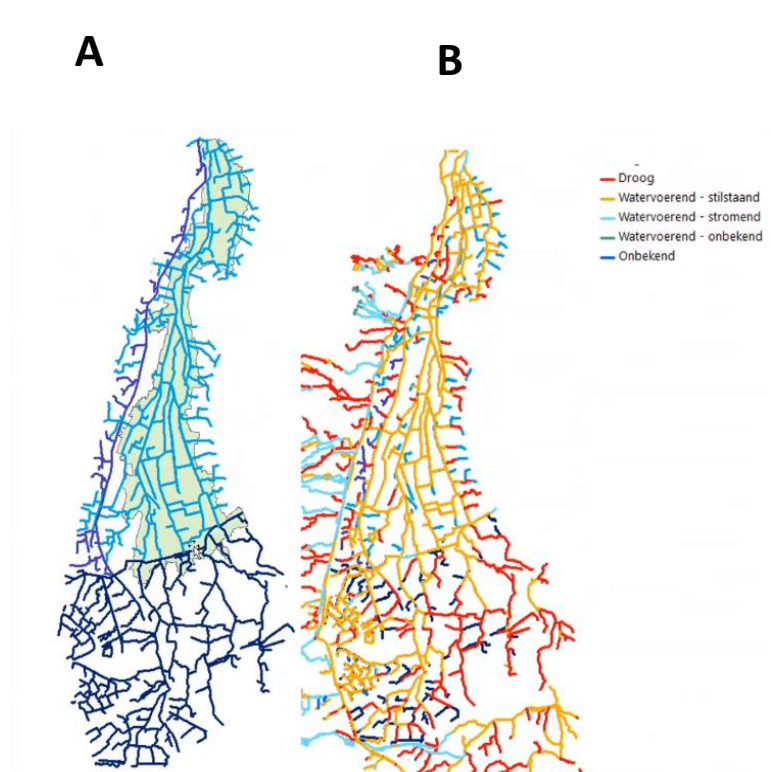
Op de hoogtekaart te zien dat kan je zien dat Zuidstuk van IJsselvallei nog redelijk hoog ligt. Richting het noorden krijg je een laagte in de vallei. Verder valt te zien dat de Nijbroekse wetering de badkuip is van de Noordelijke IJsselvallei

### Kaart C – Kwelkaart

In het Zuiden is het erg nat, daar haalt de Broeksche wetering zijn water vandaan. Naast Gemaal Terwolde is er geen inwateringsfunctie voor het bijbehorende gebied. Langs de rivier zijn rivierduinen te vinden.

Aan de maaivoogte kan je vaak zien hoe grondwater stroomt -> het stroomt van hoog maaiveld naar laag maaiveld. Verder zijn in de vallei zelf niet echt sprengkoppen te vinden. Die zitten meer op de flank van de Veluwe.

## Water stromen



De waterstromen en problemen in het gebied werden uitgelegd aan de hand van bovenstaande kaartjes.

### Kaart A

Het groene gebied (kaart links) is gebied waar watertoevoer vanaf gemaal Terwolde terecht komt (de "badkuip"). In tijden van droogte stopt hier de toevoer van kwel. Tijdens de afgelopen zomers die extreem droog waren, was er ook geen water toevoer vanuit IJssel, want die stond ook al te laag door de lage waterstand in de IJssel. Verder was er te weinig infiltratie in de Veluwe wat ervoor zorgt dat de druk niet hoog genoeg is om kwel te veroorzaken (samen met bovenstaande)

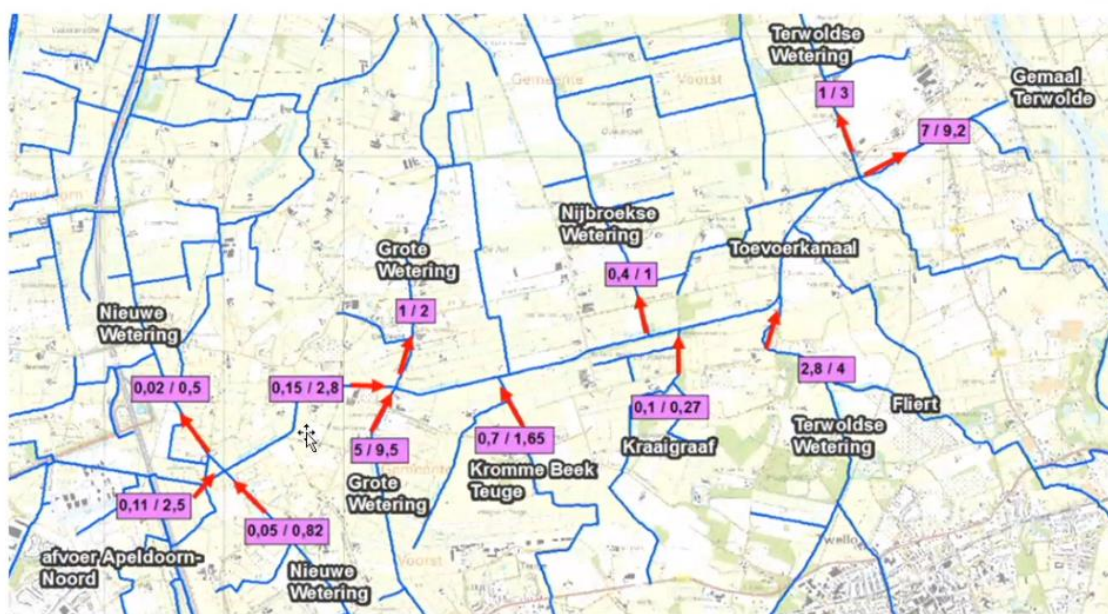
Ten zuiden van gemaal is voornamelijk extreme droogte, men is daar op dit moment ook bezig om de Waterfabriek te bouwen. Die moet afvalwater gaan zuiveren en gebruiken als water in watergangen. Dit is ook nodig, omdat de watergangen aan regels van flora en fauna moeten voldoen.

Een peilbesluit heeft effect daar waar je waterpeil kan garanderen voor groot deel van het jaar. Dat kan alleen als je een teveel aan water kunt afvoeren in natte situatie. Ook in droge tijden moet je water kunnen aanvoeren. Voor het lager gelegen gebied is dit mogelijk door gemaal Terwolde. Daar zitten bijv. Ook boeren. De hogere gebieden langs de rivier (verder naar het noorden) is niet haalbaar om daar water te krijgen. Omdat het hoog ligt. In de Nieuwe Wetering kan bijvoorbeeld ook geen water worden ingelaten. Ook Zuidelijke deel van het stroomgebied ligt hoger. Het is moeilijk om hier water naartoe te krijgen.

### Kaart B

Deze kaart geeft de situatie weer tijdens extreme droogte (zomer 2018?). De Noordelijke IJsselvallei had toen niet genoeg toevoer. Tijdens droogte wordt Water vooral ingelaten voor de boeren en soms voor de ecologische verbindingzones. Dit gebeurt zo vaak dat ze al jaren aan het kijken zijn naar wat we kunnen doen aan de droogte. Het meest indrukwekkende en innovatieve is de waterfabriek bij Twello.

### Piekbelastingen & problemen





Bovenstaande afbeelding geeft afvoer in het Toevoerkanaal weer in Kuub/s. Het eerste getal komt eens per jaar voor. Het tweede getal geeft een piek weer van een herhalingstijd van tien jaar. In tijden van piekenbelasting wordt stedelijk water vanuit Apeldoorn afgevoerd via gemaal Terwolde

**Probleemstelling:**

*Hoe kunnen we in tijden van droogte het water zo goed mogelijk te krijgen en in tijden van nattigheid het zo goed mogelijk te verdelen?*

**Oplossingen voorgedragen door Ans (gecombineerd met nog wat extra uitleg over de problemen):**

- Natte (laag liggende) gebieden langer nathouden om na te leveren, wat op dit moment ook al gebeurt.
- In Apeldoorn is men op dit moment bezig een peil op te zetten om kwel weg te drukken en ervoor zorgen dat er minder kwel naar boven komt in de vijvers. Doordat het kwel/grondwater is krijgt het water een bruine kleur (roest). Als daar bacterien bij komen komt er ook een olieachtig laagje op. Die versterken het idee dat het water vies is.
- Meer kwel opwekken in gebieden in het oosten. Oplossing is te vinden wanneer je verder kijkt dan alleen het probleemgebied (effecten van buiten en of buiten). Daarvoor is het belangrijk om te weten hoeveel water in de Veluwe infiltreert.
- Grondwatermodellen en oppervlaktemodellen zijn binnen het waterschap beschikbaar.
- Water uit kanalen halen kan niet, want die hebben ook problemen met droogte in tijden van droogte.
- Als je het goed speelt (winter vasthouden en in zomer inzetten) is gemaal alleen nog nodig in tijden van extreme pieken.
- Andere manieren van landbouw bedrijven, zoals bijvoorbeeld natuur inclusieve landbouw toepassen
- Organische stof in bodem verbeteren. Dit leidt tot hogere infiltratiecapaciteit, waardoor je meer water kunt bergen.
- Een deel van het probleem ligt ook in het feit dat er te veel drinkwaterwinning in de Veluwe is (of misschien wel te weinig infiltratie). Als dit meer gebalanceerd zou zijn, zou het probleem met grondwater en kwel ook kunnen worden opgelost.

**Wat aanvullende informatie over de stuwen en waterwegen:**

- Gebied is zo ingericht dat als er veel water komt (voornamelijk vanuit Apeldoorn) de stuwen zo ingesteld staan dat het water via het Toevoerkanaal wordt afgevoerd.
- Grote Wetering -> Als 1 kuub/s is bereikt gaat de stuw optrekken, om te voorkomen dat er minder water de Grote Wetering ingaat en juist het Toevoerkanaal in. Dan is de watergang korter, omdat water niet richting het Noorden weg hoeft.
- Stuw Nijbroekse Wetering -> Staat op zijn hoogste stand. Dus er stroomt in eerste instantie geen water in, maar op een gegeven moment wordt het zo hoog dat hij toch richting het noorden gaat. Strategie is: zo min mogelijk water door laten gaan naar het Noorden, in het geval van wateroverschot.
- Twello heeft nog steeds vrij veel riool overstorten in de watergang die door Twello loopt. Wanneer er overstort optreed, wordt water uit de Vliert gebruikt om de watergang door te spoelen.

**Wat heeft afkoppelen in Apeldoorn voor invloed?**

Ans hoort niet veel vragen over afkoppeling. Een vraag die je wel kunt stellen is: hoe kan je water afkoppelen gebruiken om meer water beschikbaar te maken? Ook wordt er nagedacht over het winnen van uit het Apeldoorns kanaal .

- 2018 heeft ons met de neus op de feiten gedrukt. Ook de hydrologen. Zulke dingen gaan veel meer spelen. We kijken nu nog heel erg naar specifieke gebieden, maar het is belangrijker om meer naar de omgeving te gaan kijken in de toekomst. De manier van vragenstellen gaat dan ook veranderen.
- Bijv. Twello -> je probeert heel lokaal oplossingen te zoeken door bijv. Uit watergangen water te halen. Maar het gaat om een grote oplossing.

**Overige opmerkingen over mogelijke oplossingen:**

- Je kunt de vraag stellen of landbouw in sommige gebieden nog wel handig is. Voornamelijk in de badkuip. Is landbouw daar nog wel nodig? Aan de andere kant ook logisch dat daar veel landbouw is. Want er is daar vaak veel water.
- Het gekke van het verhaal: alles loopt evenwijdig aan de IJssel, je wilt het andersom hebben, dat is handiger. Van de bult af richting de IJssel. Van de bult af – badkuip – IJssel. Je moet een lange weg afleggen. Waar laat je dan je piek als je water opvangt? Moet er bijv. niet in het noorden van de vallei nog een toevoerkanaal komen om water directer af te voeren?
- Als er een piek komt moet het terug naar de IJssel, maar dan voer je het snel af. Je kunt ook accepteren dat het dan even blank komt te staan. 1 of 2 dagen water op het grasland maakt niet uit. Maar 2 weken grasland onder water is lastiger. Dus dan moet je ervoor zorgen dat het onder water staan niet te lang duurt. Dan is het geen probleem.
- In het gebied: voornamelijk grasland. Akkerbouw en tuinders heb je er weinig. In het noorden een aantal boomkwekers. Veeboeren dus.
- Het is belangrijk om met boeren in conclaaf te gaan over het onder water zetten van land (bijvoorbeeld in de winter en vroege voorjaar). Gevolg is dan dat je je land niet op kunt. Dus het gaat erom om een akkoord te maken met boeren. Er speelt daarbij nog meer. Wanneer gaan boeren bijv. voor de eerste keer maaien? Hoeveel snede willen ze eraf? Hoe is de mestwetgeving? Hoe vaak moet je het land op om van je mest af te komen? In de laatste jaren was het voorjaar vaak erg droog, waardoor het opgeslagen water zo weer verdwenen was.
- Omzetten kost tijd. Bijv. In de afgelopen jaren zijn boeren bijvoorbeeld vaak met zware machines op het land geweest. Als je dit wilt herstellen ben je al 10 jaar bezig om dat weer goed te maken. Ga op zoek naar alternatieve technieken, die het bodemleven weer op gang brengen. Breng organisch materiaal in de bodem. Dat houdt water vast, kan water weer de bodem in trekken. Het waterschap is ook al een aantal jaar bezig om dit op te starten.
- De watergangen zijn van het waterschap, alles wat daaromheen ligt niet. Dus je moet 'goodwill' kweken bij grondeigenaren. Daar is waterschap nu ook mee bezig. Kan helpen om verdroging tegen te gaan. Ook in de hogere delen houd je zo meer water vast.
- In Brabant zijn veel boeren bijvoorbeeld al bezig om met stuwtjes lokaal water vast te houden. Dan kunnen ze zelf bepalen hoe lang ze water vasthouden. Boeren gaan dan ontdekken dat je lang beregenen kunt voorkomen door te gaan spelen met stuwtjes.

## Bijlage 2: Notulen interview beleidsadviseur planvorming

Peter Duteweert (10-06-2020)

Peter werkt 20 jaar bij het waterschap en houdt zich bezig met waterkwaliteit, ecologie en ruimtelijke ontwikkeling. Sinds 2012 is Peter accountmanager van gemeenten in deze vallei, hierbij hoorden de gemeentes Heerde, Epe, Voorst en Nijbroek.

Peter kent het stroomgebied van Gemaal Terwolde vanuit de beheerkant. Hij houdt zich bezig met problemen rondom bedrijfsvoering en wensen rondom renovatie van Gemaal Terwolde. Hij kent mensen van buiten het Waterschap en kan daardoor makkelijk connecties maken. Hij kent de verschillende projecten die spelen in het gebied, maar is zelf niet inhoudelijk betrokken bij de projecten: hij “loopt er een beetje doorheen”, en weet van alles wat. Wat betreft het gemaal Terwolde: hij heeft contact met verschillende stakeholders en kent daardoor de culture/historische waarde en de functionele waarde. Kennis van het verleden is belangrijk voor de ontwikkeling in de toekomst.

Al het water waterde vroeger (in de middeleeuwen) af in het moerasgebied onder invloed van zuiderzee, via de IJssel: de IJsselvallij was het afvoerputje. Polder Nijbroek is daar ontstaan. In dit gebied werd de werking van water voor het eerst ‘beïnvloed’: het water moest om deze polder heen worden geleid zodat landbouw in de polder mogelijk was, en dorpen daar konden zijn. Er werden dijken aangelegd om te voorkomen dat water de polder in zou stromen. Hiervoor kwamen er watergangen. Dat was de aanzet tot groter beheer van het water. Dus voor de komst van de polder werd het water van west (Veluwe) naar oost geleid, en na komst van de polder van zuid naar noord (om de polder heen). In 1800 werd het nogmaals op de schop genomen. Toen wilde men het water van zuid naar noord, met als toevoeging dat het toevoerkanaal gegraven werd om het water van west naar oost te voeren. En toen kwam het gemaal Terwolde. Water uit de zuidelijke kant werd dus snel afgevoerd naar het oosten, dit was destijds een pragmatische oplossing.

Wateroverlast was er vroeger niet, want in de winter werd er niks verbouwd. Nu voedt het stedelijk gebied van Apeldoorn (als bron) het toevoerkanaal. Nu wil men eigenlijk het water langer vasthouden in de Zuidkant. Dan is de vraag of het gemaal de huidige functie houdt. Men wil dus de zuid noordelijke route “herstellen”. De zuid-oost kant van Apeldoorn is een wijk die diep ligt. Daar gaat elk jaar miljoenen liters water naar het toevoerkanaal. Als je een andere functie geeft van die bron, dan verandert het doel van het gemaal en dit betekent een hoop voor de omgeving.

Het waterschap kent verschillende waarden toe aan het gemaal. Elk mens heeft zijn eigen waarden: bewoners, technische, beleidsmaker, cultuur-historisch en erfgoed. Het waterschap kent er voornamelijk een waterhuishoudkundige waarde aan toe. Maar andere partijen kan er veel cultuurhistorische en emotionele waardes aan.

M.b.t. stakeholder analyse: Deze is op dit moment gaande. Er vindt nu een verkenning plaats met het waterschap en gemeente Voorst. Om een verkenning te doen naar het erfgoed. Waaronder een stakeholder analyse. Verkennen om subsidie te krijgen, voor aandacht van het pand en erfgoed. Nu verkenning of het watersysteem gekoppeld kan worden in historisch perspectief met de polder of het gemaal in respect tot cultuurhistorie en erfgoed.

Op korte termijn (20-25 jaar) gaat er geïnvesteerd worden in renovatie, om tijd te winnen om zo na te kunnen denken over de functie van het gemaal in de toekomst. De vraag is of een grote investering (alles vervangen) slim is ten aanzien van het watervraagstuk.

Er zijn ontwikkelingen omtrent het landgebruik. Het gebied is ingericht hoofdzakelijk voor landbouw. Er zijn ook fruit- en boomtelers in het gebied. Waarschijnlijk ook voor een deel in de toekomst, maar het is onduidelijk hoe de toekomst wordt: De blauwe omgevingsvisie stelt bijvoorbeeld vragen over type landbouw. Misschien verandert de landbouw van groot naar kleinschalig: men is op zoek naar een nieuw dynamisch evenwicht. Transitie zal in de noordelijke IJssel vallei in elk geval plaats vinden: minder landbouw op de flanken en minder in de vallei, zodat er meer ruimte komt voor water.

In de polder vindt men de huidige gang van zaken prima: Te veel water wordt weggepompt, bij te weinig zal er water worden ingelaten van de IJssel. Tijdens droogte mogen sommige boeren wel onttrekken (water wordt namelijk ingelaten) maar andere boeren niet, dat komt door de locatie. Dus de huidige water onttrekkers maken zich niet zoveel zorgen. Echter, de zuidelijke IJsselvallei valt snel droog, dus men kan niet onttrekken. Men heeft er mee leren leven en ze gaan over op grondwateronttrekking. Dat ook problemen geeft: dit betekent namelijk onttrekking van water uit de Veluwe. De kringlopen haken in elkaar. Dus het valt eerder droog, en het duurt langer voordat het herstelt, wanneer er extra gepompt wordt. Hierdoor ontstaat een vicieuze cirkel.

Het waterschap is veranderd van oplossen van problemen, naar weten dat er een probleem is. Vervolgens wordt dit afgestemd binnen het gebied: Soms wordt wateroverlast niet ervaren als overlast. Er zal een manier gezocht moeten worden om op de langer termijn de problemen aan pakken. En hier kan nu al op voorgesorteerd worden, bijvoorbeeld door water plaatselijk vast te houden. Dat gaat iets betekenen voor de wateraanvoer naar het toevoerkanaal en naar het gemaal.

Polder Nijbroek heeft een visie gemaakt: Zij zien opgaven als klimaatverandering en behouden van biodiversiteit. Dat geeft ruimte voor projecten of processen. Maar er mist een toekomstperspectief als verbindende factor. Binnen de polder zijn er mensen die weten waar ruimte is om water omhoog te laten gaan of water te bergen. Dus er is bereidheid voor meer water in de winter. Maar hoe ga je dit regelen? Voor nu geeft dit dus een opening om ermee te praten. Het gaat erom om hun leven toekomstbestendig te maken.

De twee grote dilemma's in het gebied zijn:

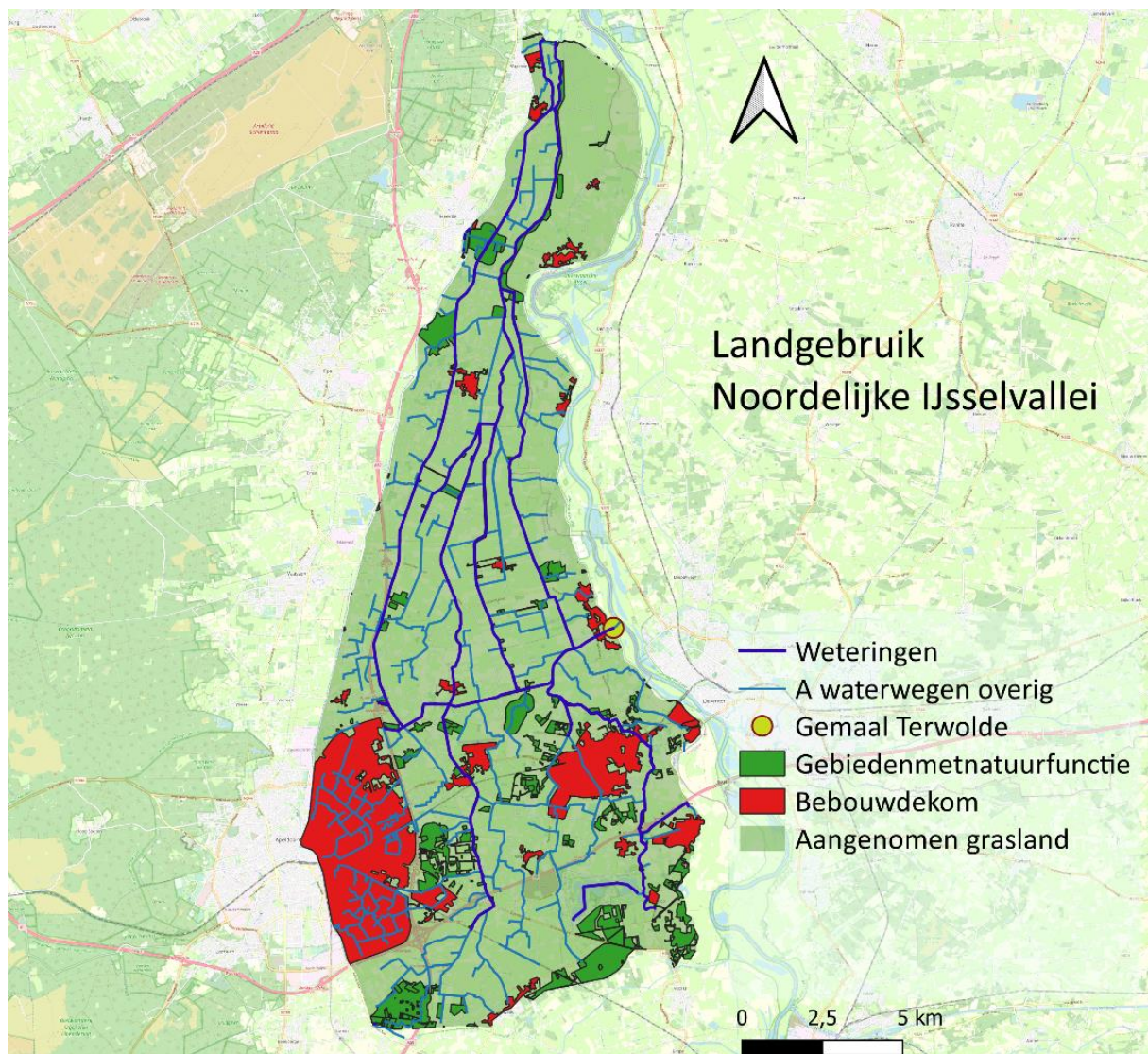
- Hoe ga je het watersysteem nog enigszins terugbrengen naar de vorm van de tijd dat de noordelijke IJsselvallei het afvoerputje was, dus dat het water plaatselijk geborgen wordt?
- Hoe ga je om met de landbouw? Hoe ontwikkelt dit zich? Hoe ga je hiermee om? Wat wordt functie van de landbouw en op wat voor manier (kringloop/water inclusief) wordt dit dan ingevuld?

De vraag is hoe deze twee dilemma's op elkaar aansluiten of op elkaar aangesloten kunnen worden.

De twee belangrijkste externe factoren voor het gebied zijn:

- De IJssel. Deze komt steeds dieper te liggen, waardoor het waterpeil ook zakt. De IJssel is economisch erg belangrijk.
- De Veluwe en de Veluwe flank. Nu wordt daar volop ingezet op sponsvorming. Wat geeft dit voor effect op het gebied?

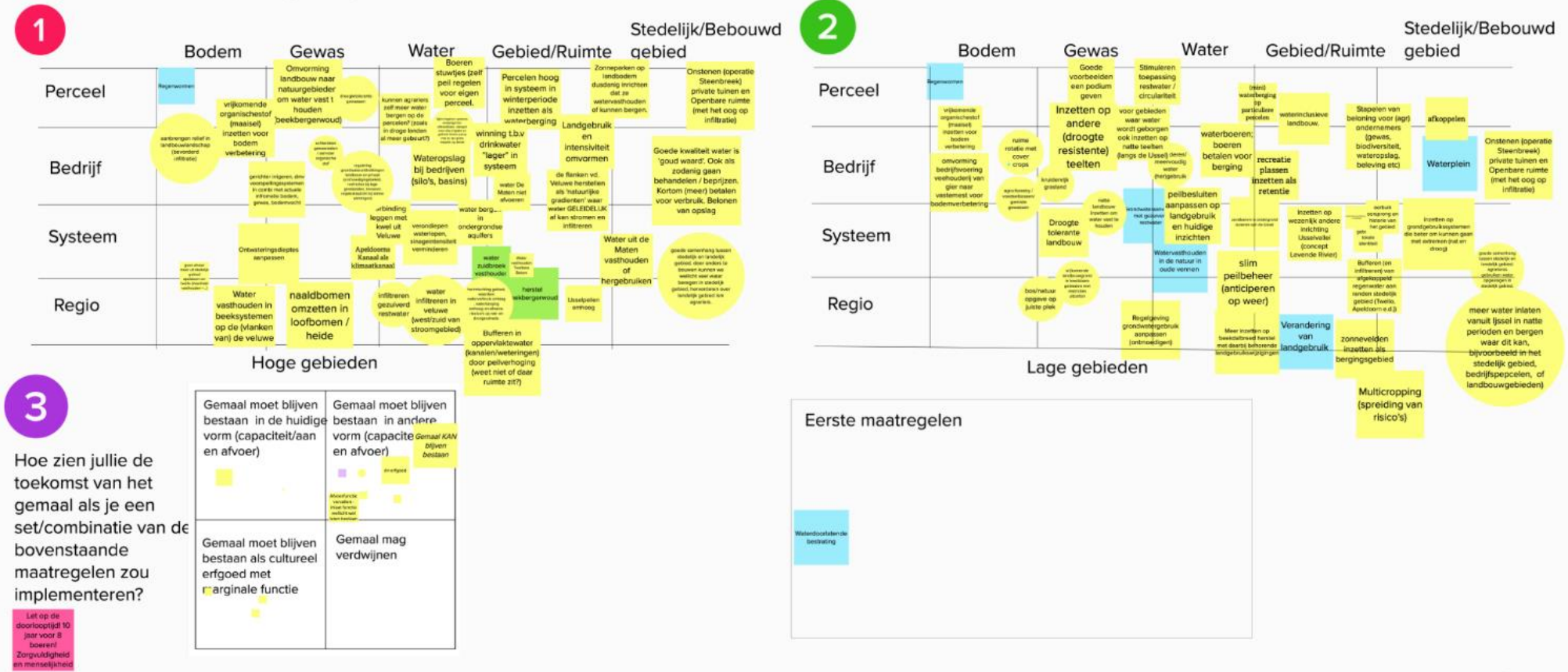
## Bijlage 3: Kaarten



De kaart is gebaseerd op GIS data van het waterschap en de GIS community.

### Bijlage 4: Workshop poster

#### Maatregelen Identificatie - Invloedsgebied gemaal Terwolde



Poster is online beschikbaar via: <https://app.mural.co/t/must0400/m/must0400/1592382600306/6e6d090bf472800bc9332286710fd9afbc2bf3a0>

## Bijlage 5: Multicriteria-analyse

## Oplossingsrichting Laag

Oplossingsrichting	Maatregel:	Ordenend principe = Water:	Kansen voor samenwerking:	Impact op watertekort:	Impact op wateroverschot:	Stikstofaanpak:	Acceptatie:	Opschaalbaarheid:	Oplevertijd:	Totaal:
Landbouw	Regenwormen	3	2	3	2	2	4	5	5	3,0
	Organische stof (maaisel) inzetten voor bodemverbetering (gewassen achter laten)	4	3	3	3	3	4	3	3	3,2
	Omvorming bedrijfsvoering veehouderij van gier naar vaste mest voor bodemverbetering	3	2	3	2	3	1	5	1	2,4
	Agro-forestry/voedselbossen/gemixte gewassen	4	4	4	4	4	4	2	1	3,6
	Ruime rotatie met cover crops	3	2	3	3	3	3	5	1	2,8
	Inzetten op andere (droogte resistente) teelten	4	3	4	3	3	3	3	1	3,2
	Water inclusieve landbouw (o.a. langs de IJssel)	5	5	5	4	3	4	3	1	4,1
	Multicropping (spreiding risico's)	3	3	3	3	3	3	5	1	2,9
	Kruidenrijk grasland	3	2	3	2	2	3	3	1	2,4
	Natte landbouw inzetten om water vast te houden (ook op systeemniveau)	5	5	5	4	3	3	2	1	4,0
	Slim peilbeheer: aanpassen op landgebruik en huidige inzichten	4	4	4	4	2	5	5	2	3,4
	Beheer waterwegen									
Natuur in de vallei	Bos/natuur opgave op de juiste plek	4	4	3	3	3	4	2	2	3,1
	Beekdalbreed herstel met daarbij horende landgebruikwijzigingen	5	3	3	3	2	4	4	3	3,3
		3	3	4	4	2	3	4	3	3,6
Grondwater in de vallei	Zandbanen in ondergrond isoleren van de IJssel									
	Grondwateraanvulling met gezuiverd restwater	3	3	4	2	2	3	3	4	3,1
Stedelijke retentie	Minder stenen in tuinen en openbare ruimte	3	3	2	2	2	3	5	4	2,6
	Regenwater niet meteen wegvoeren in de stad door riolering (afkoppelen)	3	3	3	2	2	4	5	3	2,9
	Water opslag op bedrijf percelen	4	3	4	4	2	4	4	4	3,8
Institutioneel (soft)	Vrijkomende landbouwgrond in kwetsbare gebieden met restricties uitzetten	3	3	3	3	3	3	3	3	3,0
	Toekomstperspectief bewoners en bedrijven (?)	2	2	2	3	2	2	3	2	2,3
	Gebruik oorsprong en historie van het gebied en Goede voorbeelden een podium geven	4	3	2	2	2	2	2	2	2,3
		4	4	2	2	3	3	2	2	2,5
		4	4	3	3	3	3	2	1	3,0
	Stapelen voor beloning voor ondernemers (subsidie)									
	Regelgeving grondwatergebruik aanpassen	5	3	4	2	2	3	2	1	3,0
	Boeren worden betaald voor berging	3	5	5	5	2	4	4	4	4,4
Overig/gebiedsoverkoepelend	Samenhang stedelijk en landelijk gebied	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Stimuleren toepassing restwater/circulariteit (cascaderen waterhergebruik)	3	5	4	4	2	5	3	1	3,6
	Mini waterberging op particuliere percelen	3	4	5	5	3	5	4	3	4,4
	Recreatieplannen inzetten als retentie	4	4	4	4	2	5	2	1	3,6
	Zonnevelden inzetten als bergingsgebied	3	5	4	4	2	5	3	2	3,7
	Levende Rivier: inzetten op wezenlijk andere	5	5	4	4	3	4	4	1	3,9
	Verandering van landgebruik (grondgebruiksystemen die beter om kunnen gaan	3	3	3	3	3	3	3	1	2,8

## Oplossingsrichting Hoog

Oplossingsrichting:	Maatregel:	Ordenend principe = Water:	Kansen voor samenwerking:	Impact op watertekort:	Impact op wateroverschot:	Stikstofaanpak:	Acceptatie:	Opschaalbaarheid:	Oplevertijd:	Totaal:
Landbouw	Opslag op perceel (winter)	5	5	5	4	4	1	5	5	4,4
	Organische stof toevoegen	3	3	4	3	4	3	5	4	3,5
	Regenwormen	3	3	4	3	2	4	5	4	3,5
	Droogtetolerante gewassen	3	4	5	1	2	2	5	4	3,2
	adaptieve irrigatiesystemen (drip irrigation)	2	4	4	2	4	3	2	4	3,1
	Gerichter irrigeren	2	4	4	2	4	4	2	3	3,1
	Aanbrengen reliëf landbouwlandschap	5	3	4	2	2	2	4	2	3,1
Adpeldoorns kanaal --> klimaatkanaal		5	2	4	5	2	4	3	1	3,8
	slim peilbeheer	5	3	4	4	2	3	3	3	3,7
Beheer waterwegen	oppervlaktewater verhogen	5	2	4	1	3	2	5	2	2,9
	omvorming landbouw --> Natuur	5	2	5	5	5	1	5	1	4,1
Natuur	water vasthouden in Twellose beken	5	3	5	2	2	4	3	1	3,4
	water infiltreren in Veluwe	3	4	5	4	2	4	2	3	3,9
Veluwe & Flank	water vasthouden in beeksystemen flank	5	2	4	4	2	3	3	2	3,5
	gradiënt Veluwe flank herstellen	2	3	4	5	2	3	2	1	3,4
Grondwater Vallei	naaldbomen --> heide / loofbomen	2	3	4	3	2	3	2	1	2,9
	infiltreren gezuiverd afvalwater	4	4	4	3	2	4	2	1	3,3
	Water berging in aquifer	2	2	3	3	2	3	4	3	2,8
Stedelijke retentie	verbinding leggen met kwel in Veluwe	3	2	3	2	2	3	2	4	2,7
	water in stedelijk gebied vasthouden	5	4	5	5	2	4	3	1	4,2
institutioneel	wateropslag silo's	3	4	4	4	2	1	4	4	3,6
	Regulering grondwateronttrekking	4	3	5	2	3	2	4	5	3,6
Overig	drinkwater pompen lager in het systeem	4	3	4	2	2	4	2	2	3,0
	prijs water verhogen	2	3	4	2	3	2	4	5	3,1
	minder stenen in tuinen en openbare ruimte	3	5	2	4	2	4	4	2	3,1



**MCA Scores**

	1	2	3	4	5
Ordenend principe = Water:	Water dient alleen zichzelf	water dient minder functies dan heden	Water dient huidige functies	Water dient bijna alle functies	Water verbindt alle ruimtelijke functies
Kansen voor samenwerking:	Geen samenwerking met andere partijen	nauwelijks samenwerking met andere partijen	Samenwerking met andere partijen	Goede samenwerking met andere partijen	Perfekte samenwerking met andere partijen
Impact op watertekort	Zorgt voor toenemend watertekort	Heeft geen impact op watertekort	Heeft beperkte positieve impact op watertekort	Heeft positieve impact op het watertekort	Heeft extreem positieve impact op het watertekort
Impact op wateroverschot	Zorgt voor toenemend wateroverschot	Heeft geen impact op wateroverschot	Heeft beperkte positieve impact op wateroverschot	Heeft positieve impact op het wateroverschot	Heeft extreem positieve impact op het wateroverschot
Stikstofaanpak:	Zorgt voor toename aan stikstofproblematiek	Heeft geen impact op stikstofproblematiek	Heeft beperkte positieve impact op stikstofproblematiek	Heeft positieve impact op de stikstofproblematiek	Heeft extreem positieve impact op de stikstofproblematiek
Acceptatie:	Geen relevante stakeholders accepteren de maatregel	Enkelen relevante stakeholders accepteren de maatregel	De helft van alle relevante stakeholders accepteren de maatregel	Op enkele na accepteren alle relevante stakeholders de maatregel	Alle relevante stakeholders accepteren de maatregel
Oplevertijd:	Binnen 10 jaar opleverbaar	Binnen 7 jaar opleverbaar	Binnen 5 jaar opleverbaar	Binnen 3 jaar opleverbaar	Binnen een jaar opleverbaar
Opschaalbaarheid:	Niet mogelijk oplossing op te schalen	Toepasbaar in 25% van onderzoeksgebied	Toepasbaar in 50% van onderzoeksgebied	Toepasbaar in 75% van onderzoeksgebied	Toe te passen in heel onderzoeksgebied

## Bijlage 6: Uitwerking maatregelen

Nr.	Maatregel	Werking	Implementatietijd (jaar)	Effectiviteitsduur (Jaar)	Schaal van implementatie	Sluit andere maatregelen uit	Bronnen
1	Gemaal renoveren	Gemaal verbeteren, meer capaciteit, minder storingen	1-3	20-25	Bij Terwolde (complete stroomgebied van het gemaal)	Nee	(P. Duteweert, p.c. 10 juni 2020; A. Elffrink, p.c., 9 juni 2020)
2	Nieuw Gemaal	Groter gemaal, meer capaciteit, geen storingen	15	25-50	Bij Terwolde (complete stroomgebied van het gemaal)	Nee	Beoordeling Caminos Futuros
3	Verbeteren bodemstructuur	Maaisel strooien, regenwormen permanent heterogeen doorlopen poriënstelsel laten maken > verbeterde infiltratie	10 jaar	5-20	Op boerengrasland. In theorie 100% van het grasland.	Nee	(Bhadoria & Saxena, 2010) Judgement Caminos Futuros
4	Wateropslag op perceel	Water opslaan op perceel wanneer deze niet gebruikt wordt voor landbouwgebruik zodat dit later gebruikt kan worden	5-10	10-20	Perceel niveau 50% in polder grasland	Nee	(Waterberging   Zeeuwsbodenvenster, 2019) (Florke et al, 2011)
5	Droogte tolerante gewassen + Water inclusieve landbouw	Landbouwworm waarbij beschikbaarheid van water een meer prominente rol heeft	5-10	20	Toepasbaar in hoge en lage gebieden.	Nee, maar bij droogtetolerante gewassen wordt optie 4 uitgesloten	(Kumar et al, 2008)

<b>6</b>	Stedelijke retentie	Wateropslag in steden, bijvoorbeeld in sloten, plassen of groene parken	5-25	5	5% van het gebied	Nee	(Lloyd et al., 2002)
<b>7</b>	Water vasthouden in beken	Water niet snel afvoeren, maar vasthouden in de beken. Verhoogt infiltratie en kan later gebruikt worden in tijden van droogte	10-15	10		Nee	(Kater, Maas & Ottburg, 2010)
<b>8.1</b>	Waterfabriek en geschoond water infiltreren in de bodem	Afvalwater uit de steden schoonmaken en terug laten stromen naar beken en laten infiltreren in de bodem	10-15	10	Afhankelijk van andere maatregelen	Nee	(Van Engelenburg et al., 2020)
<b>8.2</b>	Zandbanen isoleren IJssel	Zandgronden isoleren van IJssel zodat grondwater niet wegstroomt naar de IJssel.	5-10	10-15	Schaal onduidelijk	Nee	Gesprekken tijdens Workshop en Judgement Caminos Futuros
<b>9.1</b>	Water vasthouden in Beken, kanalen en vennen	Water niet snel afvoeren, maar vasthouden in de beken. Verhoogt infiltratie en kan later gebruikt worden in tijden van droogte	15-25	25-30	Alleen mogelijk in hoge gebieden, en/of op de flank	Nee	Gesprekken tijdens Workshop en beoordeling Caminos Futuros
<b>9.2</b>	Verloving	Naaldbomen in de Veluwe vervangen voor Loofbomen resulteert in minder verdamping	30	30+	Betreft oplossing buiten het gebied, in de hoge Veluwe	Nee	Gesprekken tijdens Workshop en beoordeling Caminos Futuros
<b>9.3</b>	Veluwe flank gradiënt herstellen	Gradiënt van de Veluwe herstellen dat resulteert in betere infiltratie	15-25	25-30	Alleen mogelijk in hoge gebieden, en/of op de flank	Nee	(Boosten & Benthem, 2011)

### Bijlage 7: Adaptatiepaden

