

Droogval vermindering Stortelersbeek

Onderzoek naar mogelijke maatregelen om droogval van de Stortelersbeek te verminderen

Hoofdrapport



11 juni 2021

Hogeschool Van Hall Larenstein
Waterschap Rijn en IJssel

Auteur: S.J.P. Sloot



Waterschap  Rijn en IJssel

WATERBEHEER: VEILIG EN OP MAAT

Droogval vermindering Stortelersbeek

Onderzoek naar mogelijke maatregelen om droogval van de Stortelersbeek te verminderen

In afstudeerleeropdracht van	Hogeschool Van Hall Larenstein Larensteinselaan 26A 6882 CT Velp
Interne begeleider	Gert Jan van der Veen [REDACTED]
Opdrachtgever	Waterschap Rijn en IJssel Liemersweg 2 7006GG Doetinchem
Externe begeleider	Veronique Kaiser [REDACTED]
Auteur	Stef Slood stef.slood@hvhl.nl
Datum	11-06-2021
Plaats	Lobith

Versie beheer:

Nummer	Omschrijving	Opgesteld	Datum
1.0	Conceptversie	Stef Slood	24-05-2021
2.0	Definitieve versie	Stef Slood	11-06-2021

Voorwoord

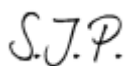
Voor u ligt het afstudeeronderzoek “Droogval vermindering Stortelersbeek”. In dit rapport staat het onderzoek omschreven naar de maatregelen voor de vermindering van de droogval van de Stortelersbeek. De bijlages voor dit onderzoek worden bijgeleverd in een op zichzelf staande rapportage. Dit onderzoek is uitgevoerd ter afsluiting van de Bachelor studie Land- en Watermanagement aan de Hogeschool van Hall Larenstein. Het onderzoek vond plaats in opdracht van Waterschap Rijn en IJssel te Doetinchem in de periode van februari 2021 tot aan juni 2021. Dit onderzoek is in samenwerking met Twan Jansen, een andere afstudeerder, uitgevoerd. Hierbij zijn er twee onderzoeken gedaan in het stroomgebied van de Stortelersbeek waarbij Twan onderzoek deed naar de waterkwaliteit en dit onderzoek zich heeft gericht op de waterkwantiteit.

Allereerst wil ik mijn dank uitspreken aan Veronique Kaiser en Louis Lansink. Zij hebben mij begeleid tijdens mijn stageperiode binnen het Waterschap. Hierbij heeft Veronique ervoor gezorgd dat het proces tijdens het onderzoek soepel is verlopen. Louis Lansink heeft mij tijdens het veldwerk geholpen en heeft zijn kennis van het gebied en zijn werk met mij gedeeld. Daarnaast heeft Louis mij ook nieuwe methodes en manier van denken bijgebracht.

Ook wil ik Twan Jansen bedanken waarmee ik deze afstudeerperiode samen heb gewerkt. Samen zijn wij druk bezig geweest naar het onderzoeken van de Stortelersbeek. Als het gaat om ruggenspraak en informatiewinning hebben wij veel aan elkaar gehad. Uiteraard wil ik ook nog Gert Jan van der Veen bedanken. Hij heeft de begeleiding vanuit school verzorgd. Hierbij heeft hij met een kritische maar rechtvaardige blik de kwaliteit van mijn onderzoek hoog weten te houden.

Tot slot wil ik alle andere, zowel intern als extern, bedanken die mee hebben geholpen aan dit onderzoek. Al gaat het om het geven van een mening of het delen van kennis. Dit heeft het onderzoek positief beïnvloed.

Ik wens u veel leesplezier,



Stef Sloot

Samenvatting

Door klimaatveranderingen vallen de beken steeds vaker droog in Nederland, zo ook de Stortelersbeek. In dit verslag staan de bevindingen van het onderzoek dat antwoord tracht te geven op de volgende hoofdvraag: “Wat zijn de meest geschikte maatregelen om de droogval van de Stortelersbeek te beperken?”.

Om het antwoord op deze hoofdvraag te vinden is er onderzoek gedaan naar de huidige staat van de Stortelersbeek. Uit dit onderzoek kan er geconcludeerd worden dat de beek over de jaren heen een verminderde toevoer van water heeft gekregen door de ontginning van het Blekkinkveen gebied en de omleiding van de Dambeek. Daarnaast is de landbouw in het gebied sterk toegenomen waardoor de ontwatering ook is toegenomen. Tevens heeft de middenloop door jaren langdurige erosie een diepe uitsnijding in het landschap gekregen waardoor er veel grondwater door de beek wordt afgevangen en er geen buffering plaatsvindt voor het grondwater gevoede watersysteem. Deze omstandigheden in combinatie met een veranderend klimaat zorgt ervoor dat de beek steeds vaker droogvalt.

De kansen in het gebied om de droogval van de beek te verminderen liggen voornamelijk in de verbetering van de grondwaterberging. Hierbij kunnen de vroegere watergangen, herstel van natte landen en het aansluiten van de Dambeek weer een belangrijke rol spelen. Daarnaast speelt het huidige beleid ook in op de verbetering van de waterhuishouding en het verminderen van de ontwatering. Het water moet zo veel mogelijk lokaal kunnen infiltreren. Hierbij dient er rekening gehouden te worden met eventuele wateroverlast en hoe dit kan worden voorkomen. Ook zijn de stakeholders in het gebied bereid om mee te werken aan maatregelen. Zij erkennen het probleem en willen ook graag bij het proces betrokken zijn. Hierbij zal vanaf het vroege begin al duidelijk moeten worden gecommuniceerd. De stakeholders willen graag betrokken zijn bij het onderzoeksproces om zo meer te leren over hun eigen gebied. De groen- blauwe diensten kunnen een belangrijke rol in spelen in de bekostiging van eventuele maatregelen. Deze diensten zorgen ervoor dat het aantrekkelijk wordt voor landeigenaren om natuur te ontwikkelen op hun land of waterberging te faciliteren.

Uiteindelijk zijn de mogelijke maatregelen die genomen kunnen worden onderzocht. Uit de Multi-criteria analyse is gebleken dat de te nemen maatregelen die wateroverlast voorkomen goed scoren. Dit zijn de mee stromende watergangen, wegnemen van obstakels en de vloeuweides. Deze zijn zonder al te veel inspanning uit te voeren. Voor de maatregelen tegen de droogval zijn het de kennisuitwisseling, boerenstuwen, dood hout, ophogen beekbodem en het aankoppelen van de Dambeek die goed scoren.

De verwachting is dat een combinatie van maatregelen nodig zal zijn om de droogval van de Stortelersbeek te verminderen. Om deze reden is de aanbeveling van dit onderzoek dat er een pakket van maatregelen nodig zal zijn. Hierbij gaat het om de aansluiting van de Dambeek in het Blekkinkveen gebied waarbij het Blekkinkveen zijn oorspronkelijke waterretentie functie terug krijgt, zoals te zien is op de historische kaarten, door de landen te vernatten. Een ophoging van de beekbodem in combinatie van houtpakketten om toekomstige erosie te kunnen verminderen zorgt voor een verminderde grondwateronttrekking van de beek. Daarbij kunnen in de zijwatergangen boerenstuwen worden geplaatst om het water op een hoger niveau te laten infiltreren. Om eventuele wateroverlast tegen te gaan kunnen oude watergangen gebruikt worden als mee stromende geulen bij hoge waterstanden om zo het water over het gebied te kunnen verspreiden. De afgekoppelde Haartse waterleiding, waar eerder de Dambeek op afstroomde, kan in nood dienen als een noodstroomgeul. Hierbij krijgt deze een andere dimensionering om de grondwateronttrekking te verminderen. Het belangrijkste bij het uitvoeren van toekomstige projecten in het stroomgebied is de betrekking van de stakeholders in het gebied. Deze stakeholders zijn in bezit van het land dat nodig is om de maatregelen succesvol uit te kunnen voeren. Zonder een goede afstemming met de stakeholders zal het moeilijk worden om de droogval van de Stortelersbeek te kunnen verminderen.

Inhoud

1. Inleiding	1
2. Methodiek.....	2
2.1 Op welke wijze kenmerkt het landschap zich in het stroomgebied van de Stortelersbeek?	3
2.2 Wat zijn de gevolgen van klimaatverandering voor de Stortelersbeek?	3
2.3 Wat zijn de kenmerken van het huidige hydrologische systeem van de Stortelersbeek?	4
2.3.1 Grondwater	4
2.3.2 Oppervlaktewater	5
2.4 Welke beleidsdoelen zijn van toepassing op de Stortelersbeek?	6
2.5 Wat zijn de gevolgen van de droogval voor de stakeholders in het stroomgebied van de Stortelersbeek?	6
2.6 Wat zijn de kansen en knelpunten met betrekking tot de waterkwantiteit in het stroomgebied van de Stortelersbeek?	7
2.7 Welke maatregelen kunnen worden toegepast om de droogval van de beek te verminderen? ...	7
3. Gebiedsomschrijving	9
3.1 Projectlocatie	9
3.2 Hoogtekaart	10
3.3 Hydrogeologie	11
3.4 Geologie	12
3.5 Geomorfologie	13
3.6 Bodem	14
3.7 Historische kaarten	14
3.8 Landgebruik	15
3.9 Eigendom Waterschap Rijn en IJssel	15
3.10 Klimaatverandering	15
3.10.1. Klimaatscenario's analyse	15
3.10.2 Klimaateffectatlas	16
3.11 Hoofdstuk analyse.....	18
4. Stroming & Structuur.....	20
4.1 Grondwater	20
4.1.1 GHG	20
4.1.2 GVG	20
4.1.3 GLG	20
4.1.4 Grondwatertrap	20
4.1.5 Grondwaterstroming.....	21
4.2 Oppervlaktewater	22
4.2.1 Oppervlaktewatersysteem.....	22
4.2.2 Herkomst oppervlaktewater	23
4.2.3 Oude Stromingen	24
4.3 Hoofdstuk analyse.....	25
5. Beleidskaders.....	27
5.1 Waterbeheerplan.....	27
5.1.1 Te droog	27
5.1.2 Te nat	28

5.2 HEN- en SED-wateren	28
5.3 Doeltype	29
5.3.1 Temporaire beek	30
5.3.2 Plateaubeeek	31
5.4 Kaderrichtlijn Water (KRW)	32
5.5 Drainage en berekening.....	33
5.6 Speciale zones/gebieden.....	33
5.7 Groene- en blauwe diensten	33
5.8 Hoofdstuk analyse.....	34
6. Stakeholder gesprekken	36
7. SWOT.....	37
8. Mogelijke maatregelen	39
8.1 Maatregelen tegen droogval	39
8.1.1 Kennisuitwisseling boeren.....	39
8.1.2 Subirrigatie	39
8.1.3 No till	40
8.1.4 Vervanging naaldbomen	40
8.1.5 Herstel 'kamelenbulten'	41
8.1.6 Herstel oude watergang	42
8.1.7 Herstel natte landen	42
8.1.8 Aankoppelen van Dambeek	43
8.1.9 Boerenstuwen	44
8.1.10 Dood hout.....	44
8.1.11 Ophogen beekbodem.....	45
8.2 Maatregelen tegen wateroverlast.....	46
8.2.1 Vloeiweides	46
8.2.2 Mee stromen oude watergangen	47
8.2.3 Wegnemen obstakels.....	48
8.3 Effecten samengevat	49
8.4 Multicriteria-analyse	50
9. Conclusie	51
10. Discussie	53
Literatuurlijst.....	55

1. Inleiding

Klimaatveranderingen zorgen voor extremer weer (KNMI, z.d.). Langere droogteperiodes en extremere piekneerslag zorgen steeds vaker voor overlast. Deze effecten zijn ook voelbaar in de Achterhoek (Hakvoort, 2020). De beken die door de Achterhoek stromen zijn de slagaders van het landschap, natuur en landbouw zijn sterk afhankelijk van de toe- en afvoer van water die deze beken verzorgen. De Stortelersbeek valt sinds 2001 al geregeld droog in de zomer, voorheen was de beek het gehele jaar door watervoerend. De laatste jaren neemt de periode van droogval alleen maar toe en bemoeilijkt het in stand houden van de HEN-functie van de beek (Provincie Gelderland, 2020).

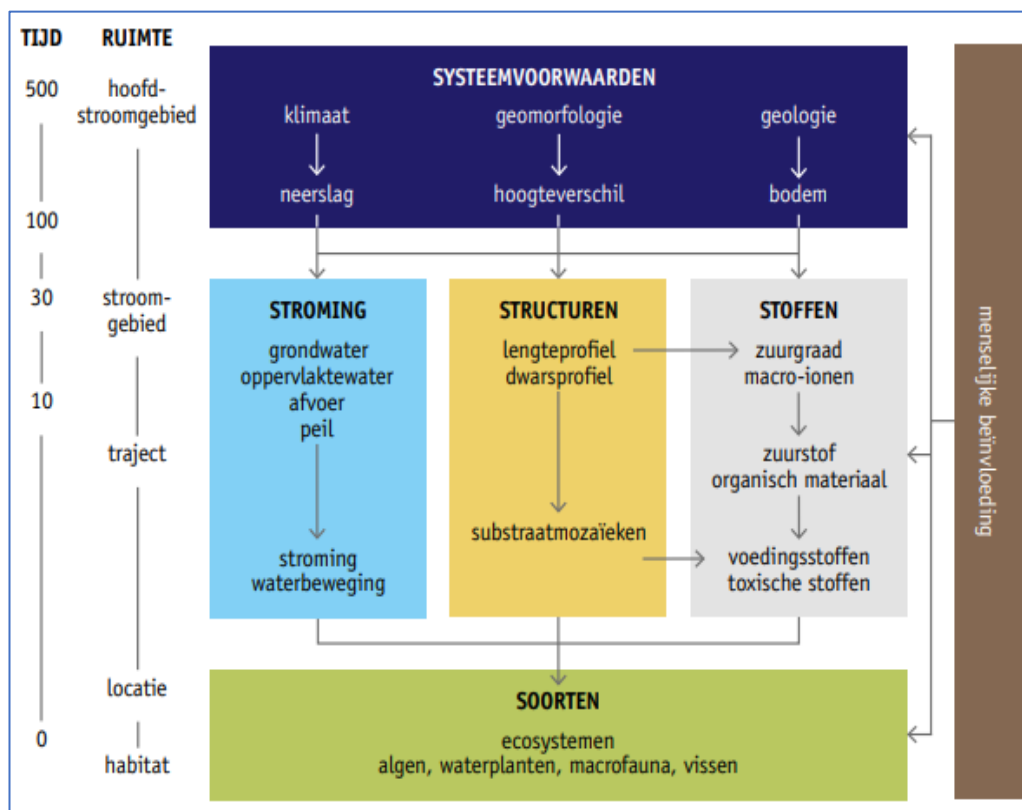
Het huidige watersysteem zorgt ervoor dat het oppervlaktewater te snel wordt afgevoerd waardoor de lokale infiltratie niet optimaal is en het watersysteem van de Stortelersbeek sneller droogvalt in de zomer. Het sporadisch droogvallen van de beek is geen probleem wanneer de natuur in- en rondom de beek de tijd krijgt om zich de jaren daarna te kunnen herstellen. Tussen 2018-2020 is de beek meerdere maandenlang in de zomer drooggefallen waardoor er geen herstel plaatsvond. Daarnaast heeft de landbouw in het stroomgebied ook vaker last van droogteschade. De laatste jaren zijn er geen maatregelen genomen door het Waterschap Rijn en IJssel in het stroomgebied. Hierdoor is er weinig bekend over de huidige staat van het gebied. Het Waterschap wil een beter beeld van het gebied krijgen en aan de hand van dit beeld maatregelen nemen die ervoor zorgen dat de droogval van de Stortelersbeek wordt verminderd. Om de problemen te kunnen verminderen en het gestelde doel te kunnen behalen is de volgende hoofdvraag opgesteld: “Wat zijn de meest geschikte maatregelen om de droogval van de Stortelersbeek te beperken?”.

Daarnaast zijn er deelvragen opgesteld waarmee onderwerpen onderzocht worden die leiden tot het antwoord op de hoofdvraag. Allereerst is de methodiek van het onderzoek omschreven waarna het stroomgebied is geïnventariseerd. Met behulp van deze inventarisatie wordt antwoord gegeven op de volgende deelvragen: “Op welke wijze kenmerkt het landschap zich in het stroomgebied van de Stortelersbeek?” en “Wat zijn de gevolgen van klimaatverandering voor de Stortelersbeek?”. Na het inventariseren van de gebiedskenmerken wordt het watersysteem geanalyseerd. Hierbij wordt onderzoek gedaan naar zowel het oppervlaktewater als het grondwater. Met deze analyse wordt getracht de volgende deelvraag te beantwoorden: “Wat zijn de kenmerken van het huidige hydrologische systeem van de Stortelersbeek?”. Hierna volgt een literatuurstudie naar het beleid dat van toepassing is op de Stortelersbeek of een rol kan spelen in de uitvoering van eventuele maatregelen. Dit zal een antwoord geven op de volgende deelvraag: “Welke beleidsdoelen zijn van toepassing op de Stortelersbeek?”. Hierna volgt een samenvatting van de gesprekken met de stakeholders uit het gebied. Hiermee kan de volgende deelvraag beantwoord worden: “Wat zijn de gevolgen van de droogval voor de stakeholders in het stroomgebied van de Stortelersbeek?”. Nu alle informatie verzameld is zal er een analyse plaatsvinden. Dit wordt gedaan met behulp van een SWOT-analyse. Deze analyse geeft antwoord op de deelvraag: “Wat zijn de kansen en knelpunten met betrekking tot de waterkwantiteit in het stroomgebied van de Stortelersbeek?”. Nu de kansen en knelpunten van het stroomgebied bekend zijn kan er onderzoek worden gedaan naar de mogelijke maatregelen die toegepast kunnen worden in het gebied. Deze maatregelen zullen betrekking hebben op de bevindingen uit de SWOT-analyse en een antwoord geven op de volgende deelvraag: “Welke maatregelen kunnen worden toegepast om de droogval van de beek te verminderen?”. Na het beantwoorden van alle deelvragen volgt de conclusie met het antwoord op de gestelde hoofdvraag. In deze conclusie wordt het meest optimale pakket van maatregelen getoond. Afsluitend volgt de discussie waarin de betrouwbaarheid van het rapport wordt besproken en er aanbevelingen voor vervolg onderzoek worden gegeven.

2. Methodiek

In dit hoofdstuk wordt de methodiek omschreven die is toegepast tijdens dit onderzoek. Hierbij zal als eerste de algemene opzet van het onderzoek omschreven worden waarna de methodiek van de deelvragen volgt.

Om het onderzoek zo overzichtelijk mogelijk te houden zal er gedeeltelijk gebruik gemaakt worden van het 5-S model (Verdonschot, 1995) te zien in figuur 1. Dit is een conceptueel model waarin een ordening is gegeven aan relevante milieufactoren. Omdat dit onderzoek zich focust op de water kwantiteit zal het 5-S model een 3-S model worden. Hierbij worden de volgende onderdelen behandeld: Systeemvoorwaarden, stroming en structuren. Het onderzoek zal volgens deze hiërarchie worden uitgevoerd.



Figuur 1: 5-S model (STOWA, 2014)

Met het verzamelen van gegevens doormiddel van interviews en veldbezoeken zal er samen worden gewerkt met Twan Jansen. Tevens kan Twan zijn onderzoek (T. Jansen, 2021) als bron gebruikt worden wanneer zijn bevindingen van belang zijn voor de onderbouwing van dit onderzoek. De samenwerking met Twan zal voornamelijk intensief zijn tijdens het uitvoeren van de eerste- en vierde deelvraag. Bij deze deelvraag worden de basiseigenschappen en beleid van het gebied verzameld en omschreven. Deze onderwerpen zijn van belang voor beide onderzoeken. Daarnaast zal het veldwerk samen uitgevoerd worden en zal elkaars werk worden gecontroleerd voor de uitwisseling van kennis en het hoog houden van de kwaliteit van het werk. Op wekelijkse basis wordt er ook via teams samengewerkt om zo ruggenspraak met elkaar te kunnen houden en het sociale contact in stand te kunnen houden tijdens de Covid-19 pandemie.

2.1 Op welke wijze kenmerkt het landschap zich in het stroomgebied van de Stortelersbeek?

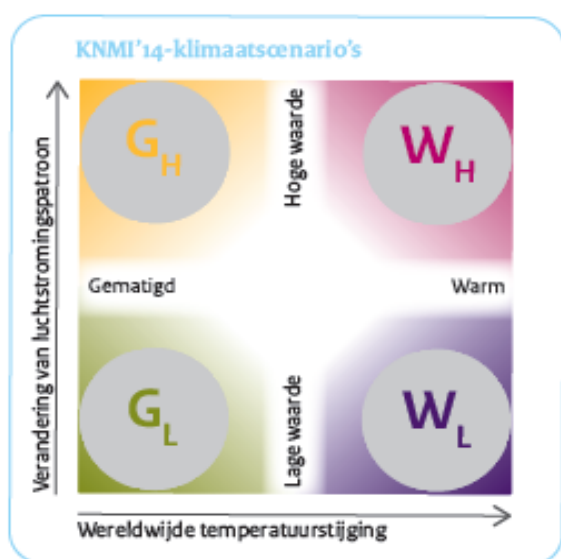
Deze deelvraag maakt onderdeel uit van de systeemvoorwaarden in het 3-S model en wordt uitgewerkt in de gebiedsomschrijving. Het onderzoek zal worden uitgevoerd doormiddel van een desktopstudie. Daarnaast zal er veldonderzoek plaatsvinden om de data die tijdens de desktopstudie vergaard zijn te kunnen onderbouwen. Dit onderdeel zal in samenwerking met Twan Jansen worden uitgevoerd.

Voor deze deelvraag zal er onderzoek worden gedaan met behulp van DINOloket (TNO, z.d.), Topotijdreis (Kadaster, z.d.), het Geoweb van Waterschap Rijn en IJssel en interne GIS-data. Hierbij zullen de hoogtekartaat (AHN 0.5m grid), hydrogeologie, geologie, geomorfologie, bodem en de historisch kaarten worden onderzocht. Daarnaast zal ook het huidige landgebruik en het eigendom van het Waterschap geanalyseerd worden. Hiervoor zal Geoweb gebruikt worden om de data te kunnen bekijken en met behulp van interne GIS-data zullen hiervan kaarten gemaakt worden voor verduidelijking. Data die is vergaard tijdens deze bureaustudie zal, waar mogelijk is, tijdens veldbezoeken worden bevestigd.

Met behulp van deze gegevens kunnen belangrijk aspecten van het stroomgebied aangewezen worden die een invloed kunnen hebben op de keuze van de mogelijke maatregelen.

2.2 Wat zijn de gevolgen van klimaatverandering voor de Stortelersbeek?

Deze deelvraag maakt onderdeel uit van de systeemvoorwaarden in het 3-S model en behandelt het klimaat en zal worden uitgewerkt in de gebiedsomschrijving. Het onderzoek zal worden uitgevoerd doormiddel van een desktopstudie.



Figuur 2: KNMI'14 (KNMI, 2014)

Voor de analyse van de klimaatscenario's zal er gebruik gemaakt worden van de KNMI'14 klimaatscenario's (KNMI, 2014).

Voor de neerslag zal gebruik gemaakt worden van de data van het KNMI-station Winterswijk (666). Voor de temperatuur zal gebruik gemaakt worden van het KNMI-station Hupsel (283).

Deze scenario's worden voor de periode van 2025-2050 uitgevoerd met de GL-, GH-, WL- en de WH-scenario's (figuur 2). Deze vier klimaatscenario's verschillen in de mate waarin de wereldwijde temperatuur stijgt en de mogelijke veranderingen in de luchtstromen die effect hebben op de aanvoer van neerslag en koude of warmtefronten. De verschillende afkortingen voor de scenario's staan voor het volgende (KNMI, z.d.-b):

Gematigd hoog	(GH)
Gematigd laag	(GL)
Warm hoog	(WH)
Warm laag	(WL)

Hierbij wordt voor de neerslag het sub-scenario 'midden' gehanteerd en zal bij de 'tijdshorizon' 2035 worden gebruikt om zo de periode van 2025-2050 te kunnen analyseren.

Voor de temperatuur geldt hetzelfde als het gaat om de 'tijdshorizon' en zal er voor de 'variable' de etmaalgemiddelde temperatuur worden onderzocht op basis van de stationslocatie.

Bij deze analyse worden de 'anomalies' onderzocht. Dit betekent dat de data die gebruikt wordt de afwijking is van de gemiddelde waarde is die geldt voor de neerslag en temperatuur. Er zal hierbij gewerkt worden met een 'seasonal time scale'. Dit betekent dat de meetdata wordt opgedeeld in de seizoenen. De seizoenen zijn als volgt opgedeeld:

December, januari en februari	(DJF)
Maart april mei	(MAM)
Juni, juli en augustus	(JJA)
September, oktober en november	(SON)

Ook zal er gebruik gemaakt worden van de Klimaat-effectenatlas (Waterschap Rijn en IJssel, z.d.-a). Hier zal data die betrekking heeft tot het stroomgebied geanalyseerd worden.

Aan de hand van deze gegevens kan er geconcludeerd worden wat de gevolgen van klimaatveranderingen kunnen zijn voor de Stortelersbeek. Volgens het KNMI zouden er dit jaar nieuwe klimaatscenario's worden uitgebracht. De scenario's die gebruikt zijn voor dit onderzoek zijn dus verouderd en kunnen in de nieuwe scenario's afwijken.

2.3 Wat zijn de kenmerken van het huidige hydrologische systeem van de Stortelersbeek?

Deze deelvraag maakt onderdeel uit van stroming en structuren in het 3-S model en wordt behandeld in het hoofdstuk stroming & structuren. Het onderzoek zal worden uitgevoerd doormiddel van een desktopstudie. Daarnaast zal met behulp van een veldbezoek bevindingen worden gecontroleerd en eventuele ontbrekende data in het onderzoek worden toegevoegd. Ook zullen er metingen gedaan worden in de beek om de oorsprong van het water te bepalen. Het veldbezoek zal in samenwerking met Twan worden uitgevoerd. Voor deze deelvraag wordt het grondwater en het oppervlaktewater geanalyseerd.

2.3.1 Grondwater

Helaas zijn er in het gebied geen bruikbare grondwatermonitoringpunten aanwezig. De punten die aanwezig zijn beschikken over zeer oude meetdata. De meest recente meetdata die in het gebied aanwezig is dateert van het jaar 2000. De overige datapunten uit het gebied zijn vaak zelfs ouder. Hierdoor is een analyse met behulp van deze data niet mogelijk doordat de data niet representatief is voor de huidige tijd. Om deze reden zal er een analyse plaatsvinden met de beschikbare kaarten van de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG), gemiddeld voorjaars grondwaterstand (GVG), gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) van de periode 2009-2016 in het stroomgebied. Daarnaast wordt ook de 1-50.000 grondwatertrappen kaart van het stroomgebied meegenomen. Hoe de GHG, GVG en de GLG zijn verkregen staat hieronder beschreven.

"Voor de GHG worden jaarlijks de 3 hoogste grondwaterstanden gemiddeld over de periode van 1 april tot en met 31 maart (hydrologisch jaar), het gemiddelde van deze jaarlijkse waarden over een periode van tenminste 8 jaar, waarin geen ingrepen hebben plaatsgevonden, wordt gebruikt als GHG" (Knotters, z.d.).

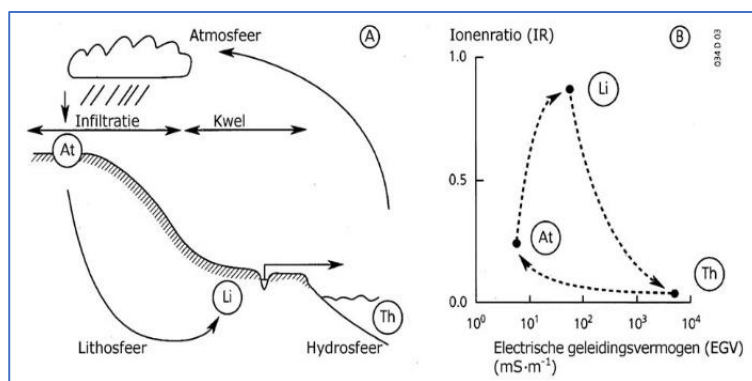
"Voor de GVG worden jaarlijks de grondwaterstanden van 14 maart, 28 maart en 14 april gemiddeld, het gemiddelde van deze jaarlijkse waarden over een periode van tenminste 8 jaar, waarin geen ingrepen hebben plaatsgevonden, wordt gebruikt als GVG" (Knotters, z.d.).

“Voor de GLG worden jaarlijks de 3 laagste grondwaterstanden gemiddeld over de periode van 1 april tot en met 31 maart (hydrologisch jaar), het gemiddelde van deze jaarlijkse waarden over een periode van tenminste 8 jaar, waarin geen ingrepen hebben plaatsgevonden, wordt gebruikt als GLG” (Knotters, z.d.).

“Voor de grondwatertrap worden de GHG en GLG in klassen ingedeeld. Typische combinaties van deze klassen vormen dan de Grondwatertrap” (Knotters, z.d.).

2.3.2 Oppervlaktewater

Doordat er incomplete tijdreeksen in de data van de meetstuw in de Stortelersbeek aanwezig zijn kan er geen kwantitatieve analyse worden uitgevoerd naar de droogval in de Stortelersbeek. Hierbij ontbrak de meetdata van meerdere jaren bij de stuw. Dit is waarschijnlijk veroorzaakt door een wisseling van meetmethodiek en energievoorziening. Tevens bevindt de meetstuw zich achter de zandvang waarbij een stuw is geplaatst. Hierdoor is de data van de meetstuw niet meer representatief voor de gehele beek. Om deze redenen zal er met de aanname moeten worden gewerkt dat de Stortelersbeek in de drogere zomerperiodes droogvalt. Dit is ook de ervaring van het Waterschap in de afgelopen jaren. Voor dit onderdeel worden de structuren van de watergangen, herkomst van het water en de oude stromingen geanalyseerd. Een voorbeeld hiervan is te vinden in figuur 3.



Figuur 3: Van Wirdum driehoek

Bij de analyse van de watergang structuren worden alle watergangen benoemd die verbonden zijn aan de Stortelersbeek en de structuren hiervan omschreven. Daarnaast worden ook de kunstwerken benoemd die aanwezig zijn. Hiervoor worden de kaarten van Geoweb gebruikt en de AHN-hoogtekaart.

Voor de bepaling van de herkomst van het oppervlaktewater wordt de Van Wirdum methode (van Wirdum, 1991) gebruikt. Met deze methode kan de typering van de verschillende watergangen worden bepaald. Dit heeft als doel het achterhalen of de watergang gevoed wordt door grondwater of regenwater. De herkomst wordt bepaald door het meten van de ionenratio (IR) en het elektrische geleidingsvermogen (EGV). Voor de IR zal het calcium (Ca^{2+}) en het chloride (Cl^-) gehalte worden opgemeten. Dit kan worden gedaan met de volgende formule:

$$IR = \frac{2[\text{Ca}^{2+}]}{2[\text{Ca}^{2+}] + [\text{Cl}^-]} \quad \begin{array}{l} \text{Ca}^{2+} \text{ in mmol/L} \\ \text{Cl}^- \text{ in mmol/L} \end{array}$$

Het EGV wordt gemeten met een draagbare meter. De kabel met sensor wordt in het water gehouden totdat de waarde in microsiemens/centimeter ($\mu\text{S}/\text{cm}$) niet of nauwelijks meer verandert. In de Van Wirdum driehoek staat de EGV in millisiemens/meter met de wetenschappelijke notatie (10^x). Daarom moet een omrekening plaatsvinden om van $\mu\text{S}/\text{cm}$ naar mS/m te gaan moet de gemeten waarde gedeeld worden door factor 10. Dit getal wordt in de wetenschappelijke notatie gezet.

Voor het opmeten van de calcium en chloride zijn er testsets gebruikt. Deze proeven zijn in het veld uitgevoerd en de methoden die in de testsets staan omschreven zijn hiervoor gehanteerd. Verdere berekeningen voor de Ionenratio worden doormiddel van de ISO-normen uitgevoerd.

Voor de analyse van de oude stromingen wordt er gebruik gemaakt van de hoogtekaart en de schaduwkaart die zijn samengevoegd met behulp van GIS. Met behulp van deze kaart kunnen de oude stromingen herkend worden die nu alleen te zien zijn als laagtes in het landschap.

Met behulp van de grondwateranalyse kan de grondwaterstroming bepaald worden en kan er geconcludeerd worden welke invloed de droogte op de grondwaterstand heeft gehad. Met behulp van de oppervlaktewateranalyse kan er een conclusie worden getrokken over de droogval in de zomer en de duur van deze droogval. Door het geringe aantal- en de geclusterde ligging van de meetpunten is het niet mogelijk om tot een conclusie te komen die representatief is voor de gehele beek.

2.4 Welke beleidsdoelen zijn van toepassing op de Stortelersbeek?

Het onderzoek in deze deelvraag zal worden uitgevoerd doormiddel van een desktopstudie.

In dit onderzoek worden relevante beleidstukken bestudeerd. Stukken die van belang zijn voor de keuze van de maatregelen worden benoemd. Hierbij wordt het waterbeheerplan van het Waterschap Rijn en IJssel onderzocht. Daarnaast wordt Kaderrichtlijn water (KRW) bestudeerd met hetzelfde doel. Ook wordt er, met behulp van Geoweb en interne GIS data, onderzocht of er specifieke natuurdoelen voor het gebied gelden. Hierbij wordt gedacht aan de speciale zones/gebieden zoals ecologische verbindingzones, groene ontwikkelingszones en ammoniakbuffergebieden. Wanneer er tijdens het onderzoek tot de conclusie wordt gekomen dat andere beleidsstukken ook van belang zijn voor het onderzoek worden deze toegevoegd.

Als alle relevante informatie met betrekking tot het beleid is verzameld wordt er een conclusie getrokken over de mogelijke invloed die het beleid kan hebben op de keuze van maatregelen. Daarnaast kunnen deze beleidstukken dienen als een onderbouwing voor de uitvoering van maatregelen in het gebied.

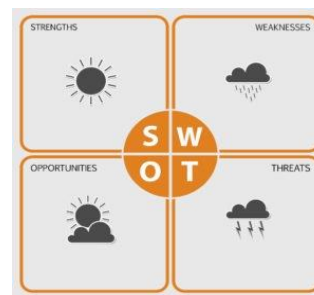
2.5 Wat zijn de gevolgen van de droogval voor de stakeholders in het stroomgebied van de Stortelersbeek?

Voor dit onderdeel is er contact opgenomen met een aantal stakeholders in het stroomgebied. Ook zal er gebruikt gemaakt worden van ervaringen uit eerder onderzoeken waarbij stakeholders binnen het stroomgebied gemoeid waren. Dit contact heeft als doel om te peilen hoe de droogte in het stroomgebied door lokale stakeholders wordt ervaren en wat de gevolgen hiervan zijn voor deze stakeholders.

Initieel was er besloten om een gestructureerd interview te houden met vaste vragen. Tijdens de interviews bleek dat de vrije vorm een betere werking had en meer informatie verstreekte. Tijdens de gesprekken met de stakeholders waren er ook punten die met elkaar overeen kwamen. Uiteindelijk zullen de belangrijkste punten die betrekking hebben tot dit onderzoek benoemd worden.

2.6 Wat zijn de kansen en knelpunten met betrekking tot de waterkwantiteit in het stroomgebied van de Stortelersbeek?

Met behulp van een SWOT-analyse zullen de getrokken conclusies worden geanalyseerd. De SWOT-analyse wordt ook wel een sterkte-zwakteanalyse genoemd. Hiermee kunnen de kansen van een gebied in een tabel overzichtelijk worden gemaakt. Dit wordt gedaan aan de hand van de Strengths (sterktes), Weaknesses (zwaktes), Opportunities (kansen) en Threats (bedreigingen). Dit is te zien in figuur 4. Deze analyse heeft als doel de punten aan te wijzen waar eventuele maatregelen het meest nut hebben (KVK, z.d.). Hier kan tijdens de keuze van de maatregelen op ingespeeld worden om zo overzichtelijk en gericht op onderzoek uit te gaan naar maatregelen die genomen kunnen worden in dit gebied.



Figuur 4: SWOT (IMU Redactie, z.d.)

2.7 Welke maatregelen kunnen worden toegepast om de droogval van de beek te verminderen?

Het onderzoek in deze deelvraag zal worden uitgevoerd doormiddel van een desktopstudie. Wanneer het mogelijk is om voorbeelden van maatregelen in de praktijk te bezoeken zal dit gedaan worden doormiddel van een veldbezoek.

In de zoektocht naar mogelijke maatregelen zal er naar voorbeelden worden gezocht die zijn toegepast in gebieden die vergelijkbaar zijn tot het stroomgebied van de Stortelersbeek. Wanneer het mogelijk is zullen ook de gemeten effecten van deze maatregelen benoemd worden. Daarnaast zal er onderzoek worden gedaan naar theoretische maatregelen. Dit zijn maatregelen die in de theorie benoemd worden maar in de praktijk nog niet zijn toegepast. Ook zal er ingespeeld worden op eventuele kansen in het gebied zelf die kunnen zorgen voor een verminderde droogval.

Een Multicriteria-analyse (MCA), is een methode die gebruikt kan worden om beslissingen te maken. Hierbij worden er factoren bepaald die belangrijk zijn voor het bepalen van de meest optimale keuze. Er is gekozen om de maatregelen te toetsen op de factoren: Kosten, effectiviteit en toepasbaarheid. Hierbij wordt aan elke factor een score gegeven tussen de 0-100. Waarbij een 0 de laagste score is (slecht) en 100 de hoogste (goed). De maatregel met de hoogste score komt uit dit onderzoek dus als beste naar voren. Een voorbeeld hiervan is te zien in tabel 1.

Maatregel	Kosten	Effectiviteit	Toepasbaarheid	Score
1	50	100	40	190
2	30	80	30	140
3	20	20	30	70
4	10	5	100	115

Tabel 1: MCA-voorbeeld

Onder de factor kosten vallen de mogelijke kosten die nodig zijn om de maatregel uit te voeren maar ook de schaal waarop de maatregel moet worden uitgevoerd. Een kleine maatregel heeft natuurlijk minder werk en tijd nodig om te worden uitgevoerd waardoor deze minder kosten met zich meebrengen. De kosten van de maatregelen zijn niet exact berekend. Hiervoor wordt een schatting gedaan van de kosten in verhouding tot de andere maatregelen.

Onder de factor effectiviteit wordt de verwachte impact van de maatregel gewogen en hoe deze kan bijdragen aan het verminderen van de droogval in het gebied of de vermindering van de wateroverlast.

Onder de factor toepasbaarheid valt de schaal waarop de maatregel kan worden toegepast in het stroomgebied en of dit direct kan worden uitgevoerd.

Er is gekozen om de factor effectiviteit een weging van 1.5 te geven en de toepasbaarheid een weging van 1.25. Dit omdat de maatregelen uiteindelijk alleen worden uitgevoerd wanneer deze effectief genoeg zijn maar ook goed toepasbaar zijn in het stroomgebied. Daarom wegen deze factoren zwaarder dan de factor kosten, aangezien er op dit moment geen eisen zijn gesteld omtrent het budget en er geen kennis is over de mogelijke kosten van de maatregelen.

3. Gebiedsomschrijving

In dit hoofdstuk wordt het gebied geïnventariseerd waarbij de projectlocatie omschreven wordt, de ondergrond wordt geanalyseerd, de cultuurhistorie wordt onderzocht, het landgebruik wordt omgeschreven en het eigendom van het Waterschap wordt benoemd. Als laatste worden de effecten van klimaatveranderingen op het stroomgebied onderzocht waarna er geconcludeerd wordt wat de belangrijkste aandachtspunten zijn in het stroomgebied van de Stortelersbeek.

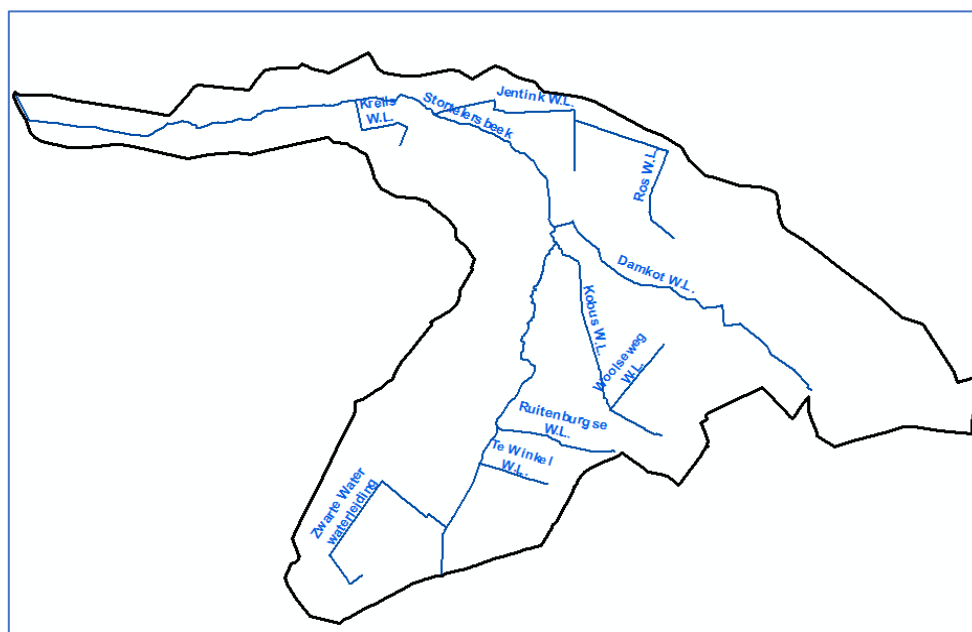
3.1 Projectlocatie

De Stortelersbeek is gelegen in het zuidoosten van de Achterhoek tussen Aalten en Winterswijk. De watergang is ongeveer 6 kilometer lang, begint aan de Duitse grens, zonder een verbinding met een andere watergang, en mondt uit in de Keizersbeek. De ligging is te zien in figuur 5. In bijlage 1 is het stroomgebied van de Stortelersbeek te zien met de watergangen die aan de Stortelersbeek zij aangesloten.



Figuur 5: Ligging Stortelersbeek

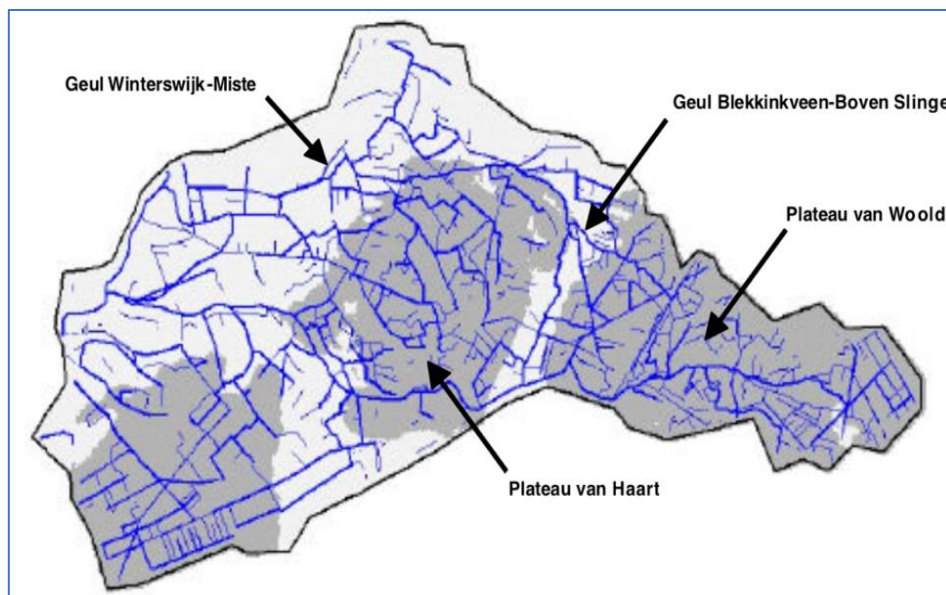
De watergangen die aangesloten zijn aan de Stortelersbeek zijn: Zwarte Water W.L., Te Winkel W.L., Ruitenburgse W.L., Kobus W.L., Damkot W.L., Ros W.L., Jentink W.L., en Kreils W.L. (W.L. = waterleiding) (Figuur 6 en bijlage 2). De Stortelersbeek komt samen met de Stuwbeek/Tappenbeek die samen de watergang Zwanenbroek Graven vormen en vervolgens uitmondt in de Keizersbeek. Vanuit de Keizersbeek stroomt het water opeenvolgend door in de Aa-strang (Voorst), Oude IJssel (Ulft), IJssel (Doesburg), Katten- en Keteldiep (Kampen), Ketelmeer (Ketelhaven), IJsselmeer (Urk) en uiteindelijk de Noordzee (Den Oever/ Kornwerderzand). De Stortelersbeek valt onder het stroomgebied van de Oude IJssel.



Figuur 6: Watergangen

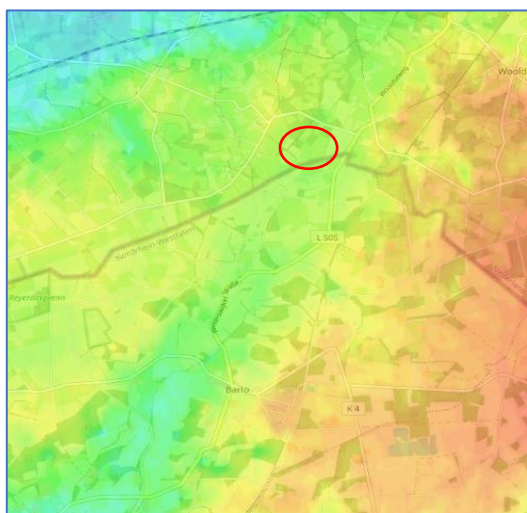
3.2 Hoogtekaart

Voor de analyse van de hoogte is de AHN-hoogtekaart gebruikt, deze is te vinden in bijlage 3. Deze bijlage wordt gebruikt voor dit hoofdstuk. Op de kaart in figuur 7 is te zien dat de Stortelersbeek tussen het plateau van Haart en Plateau van Woold stroomt in de geul van Blekkinkveen-Boven Slinge.



Figuur 7: Plateaus en geulen (Hack-ten Broeke et al., 2003)

De beek ontspringt in een laagte, in de omgeving van het Blekkinkveen, op een hoogte van gemiddeld 35.5M+NAP. Hierna vervolgt de beek zijn weg door deze laagte en wordt de beek gevoed door een aantal zijstromen uit hogere gelegen gebieden. Deze zijtakken komen voornamelijk uit het oosten waar de hoogte verschillen groter zijn. In de middenloop en benedenloop zie je een daling van de hoogte in het gebied. Deze is in de middenloop gemiddeld 31M+NAP.



Figuur 8: Hoogte kaart DE/NL (OVH SAS, z.d.)

De rode cirkel, in figuur 8, geeft het blekkinkveen gebied aan. Het gebied is een soort vlakte waarop het water stil staat en vormt een scheidingslijn tussen de afstroming richting het zuiden of het noorden. Iets verder zuidelijker stroomt het water richting het zuiden in Duitsland en iets boven het blekkinkveen loopt het water af richting het noorden verder Nederland in.

De nattere plekken in het gebied zijn waarschijnlijk te vinden bij het ontspringen van de beek, het dal in de middenloop van de beek en in het overgangsgebied waar de beek in de watergang Zwanenbroek Graven overloopt. Benedenstrooms is de hoogte gemiddeld 28m+NAP. Gemiddeld gezien is er dus een verval te zien van ongeveer 7.5m over de gehele stroom van de Stortelersbeek.

Het lijkt erop dat deze formaties sterk opgestuwd zijn. Waarschijnlijk zorgt dit ervoor dat deze formaties slecht doorlaatbaar zijn. Aan deze kaarten valt op te merken dat het bovenstroomse gebied van de Stortelersbeek een klein watervoerend pakket heeft. Daarnaast is er door de kleiige samenstelling van dit gebied een beperkte infiltratiesnelheid in het gebied. Vanaf de middenloop wordt het watervoerende pakket groter en neemt ook de doorlaatbaarheid toe.

In het stroomgebied van de Stortelersbeek ligt de formatie van Breda, eerste kleiige eenheid, aan het maaiveld. In bijlage 4F is de ligging en de dikte van de formatie van Breda met de eerste kleiige eenheid te zien. In deze afbeelding is te zien waar deze formatie zich aan het maaiveld bevindt, dit is aangegeven met de rode vlakken.

De Formatie van Breda ligt niet dieper dan 0 meter NAP en heeft een dikte van ongeveer 31 meter. In de nabije omgeving van de rode vlakken ligt deze Formatie ook erg dicht aan het maaiveld, namelijk vanaf enkele centimeters tot 2 meter diep. Hierover ligt een laagje van de formatie van Drente, laagpakket van Giet bestaand uit de derde zandige eenheid.

In bijlage 4G staat de verticale doorsnede nogmaals weergegeven, nu met acht genummerde verticale zwarte strepen. Deze strepen staan voor de appelboorprofielen die in dezelfde bijlage te vinden zijn. Wanneer er een boring gedaan zou worden op deze locaties, zouden deze naar alle waarschijnlijkheid zo opgebouwd zijn.

3.4 Geologie

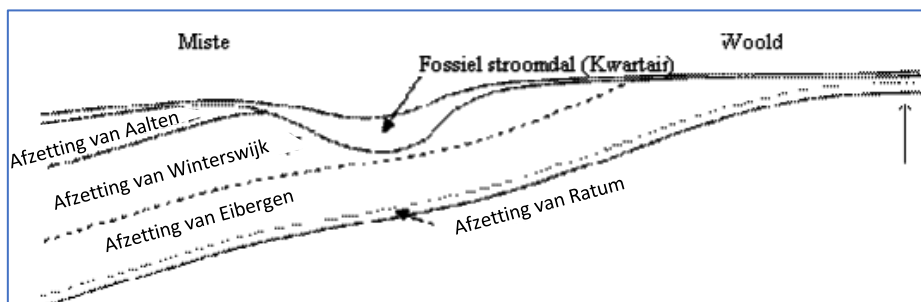
De geologische kaart is te zien in bijlage 5. De belangrijkste laag voor de geologie is de Boven Noordzee groep (NU). Deze is te vinden vanaf het maaiveld tot een diepte van -5.0 meter NAP en bestaat uit klei en fijn- tot grofkorrelig zand met lokaal grind. Op sommige locaties zijn er veenlagen aanwezig. Er is een algehele afzetting van grof- naar fijnkorrelig richting het noorden en westen. Het afzettingsmilieu in het gebied is vooral fluviatiel en glaciaal geweest. Deze afzetting is ontstaan in het Mioceen en het Holocene tijdperk.

Voor Nederlandse begrippen is de Achterhoek een geologisch zeer rijk gebied. Het gebied rond Winterwijk wordt ook wel de 'mozaïekvloer van Nederland' genoemd. Dit omdat hier afzettingen uit verschillende perioden aan het oppervlak komen.

Volgens het onderzoek van Querner, Torfs, en van Lanen (2003) zijn de oudste afzettingen in het gebied die aan de oppervlakte voorkomen van Tertiaire ouderdom. Het sediment hiervan is over het algemeen afgezet in een ondiep, marien milieu. De hydrologische basis van het gebied wordt gevormd door de afzettingen uit het Midden-Oligoceen. Deze wordt door drie afzettingen vertegenwoordigd. De oudste afzetting is de afzetting van Ratum. Deze fijnzandige tot soms kleiige afzetting is voornamelijk te vinden in het oosten van het gebied aan de oppervlakte. Boven deze afzetting zijn vervolgens de Afzettingen van Brinkheurne en Winterswijk afgezet. De afzettingen komt in het oosten van het stroomgebied, op het Plateau van het Woold aan de oppervlakte. De Afzettingen van Brinkheurne en Winterswijk bestaan voornamelijk uit zeer vette, stugge klei met een zeer laag gehalte aan fijn zand en wat meer zandige klei. In het Onder Mioceen had de zee zich ver teruggetrokken en zijn op het drooggevalen land de Boven-Oligocene afzettingen door erosie verdwenen. In het Midden-Mioceen kwam de zee weer terug en is de Afzetting van Aalten op de Midden-Oligocene klei afgezet. De Afzetting van Aalten bestaat uit een tweetal lagen, de Laag van Miste en de Laag van Stermerdink. De Laag van Miste bestaat uit zandige afzettingen met aan de basis een laag met vrij grof zand en daarboven een zandig pakket met een toenemend lutumgehalte. De dikte van de laag varieert tussen de 5 en 8 meter. De Laag van Miste kan als watervoerend worden beschouwd. De Laag van Stermerdink zet zich voort uit de laag van Miste. Deze afzettingen hebben een kleiig samenstelling. Het sediment gaat van zandige klei over in tamelijk zware klei. De dikte bedraagt 5 tot 10 meter. In het westen van

het gebied bevindt zich boven de Afzetting van Aalten, de Afzetting van Eibergen. Deze afzetting verschilt qua opbouw vrijwel niet van de Laag van Stemerding.

De huidige vorm van het landschap in de Achterhoek is ontstaan in het Pleistoceen. Tijdens deze periode, waarin de zeespiegel ongeveer 100 meter lager stond dan nu, zijn door smeltwaterstroming diepe geulen in het Tertiair uitgesneden. Hierdoor ontstonden een aantal plateaus. Voorbeelden in het gebied zijn het Plateau van Woold en het Plateau van Haart. Deze plateaus worden van elkaar gescheiden door een ongeveer 10 meter diepe geul die zich vanuit Duitsland noordwaarts tot ongeveer de Boven-Slinge uitstrekt. In deze geul ligt de Stortelersbeek. Bij de Boven-Slinge komt de geul samen met een andere vrijwel even diepe geul, die loopt van Winterswijk tot Miste. Bij Miste komt de geul uit in een ongeveer 100 meter diepe geul die vanaf Dinxperlo via Aalten naar het Noordzebekken loopt. In de loop van het Pleistoceen werden de geulen vrijwel geheel met smeltwaterzand opgevuld. In de voorlaatste ijstijd (Saalien) was het gehele onderzoeksgebied bedekt met landijs. Door het ijs is over het gehele gebied een laag keileem afgezet (Formatie van Drenthe). Later is door afstroming van smeltwater het keileem in de geulen grotendeels geërodeerd. Op de plateaus is het keileem op veel plaatsen nog aanwezig. In het keileem worden uit Scandinavië afkomstige zwerfkeien gevonden. In het Weichselien zijn in het gebied dekzanden afgezet (Formatie van Twenthe). Op de plateaus zijn deze dekzanden vaak van zeer geringe dikte of zelfs afwezig. In figuur 10 is een globale doorsnede van het gebied weergegeven. (Querner et al., 2003).



Figuur 10: Globale geologische doorsnede (west-oost) (Querner et al., 2003)

3.5 Geomorfologie

De geomorfologische kaart is te zien in bijlage 6. Bij deze kaart wordt gewerkt met codes, deze staan uitgewerkt in bijlage 7. Er te zien dat het grootste deel van het stroomgebied bestaat uit dekzandruggen (3K14, 3L5, 4K14) en plateau-achtige vormen (3F12, 4H2, 5H2). Deze bevinden zich voornamelijk in het westen en centraal van het stroomgebied. In het oosten is een groot gebied van vereffingsrestwelingen (3L23) te vinden.

De beek ontspringt in een gebied waar grondmorene (3L2), verspoelde dekzanden (2M9) en dalvormige laagtes zonder veen (2R2) aanwezig zijn. De grondmorene zijn gevormd door gletsjers en bestaat voornamelijk uit keileem. Dit komt overeen met de aanwezigheid van het Blekkinkveen op deze locatie. De naam wijst uit dat dit vroeger een gebied was met veeneigenschappen. De verspoelde dekzanden en de dalvormige laagtes bestaan voornamelijk uit zand (Martens, z.d.-b).

De middenloop van de beek stroomt voornamelijk door dekzandruggen en dalvormige laagte. Op sommige plaatsen stroomt deze vlak langs de storthopen of bij een aantal zijtakken door de storthopen. Deze storthopen zijn opgehoogd terrein, waarschijnlijk door de mens (Koskhoorn, z.d.).

De Damkot W.L. stroomt voor een gedeelte door een droogdal (2R3). Dit droogdal is ontstaan door erosie van afstromend smeltwater vanaf de plateaus. Aan het eind van de middenloop tot aan het einde van het stroomgebied stroomt de Stortelersbeek door een dalvormige laagte. Opvallend is de lage dijk het noordelijke gedeelte van het stroomgebied. Dit is de verhoging waarop de spoorweg is aangelegd (Martens, z.d.-a).

Aan het eind van de middenloop tot aan het einde van het stroomgebied stroomt de Stortelersbeek door dalvormige laagste die waarschijnlijk door de uitsnijding van de beek is ontstaan.

3.6 Bodem

De bodemkaart staat in bijlage 8. Het stroomgebied kan ten aanzien van de bodem in tweeën worden gedeeld: de geul en de plateaus. Hierbij staat een tabel waarin de uitleg staat voor elke bodemcode.

Op de flanken komen voornamelijk zwak lemige, fijnzandige veldpodzolgronden (Hn) voor. Op enkele plaatsen komt zeer ondiep keileem (KX) voor. Op de randen van de plateaus en in de geulen zijn op dekzandruggen sterk lemige fijnzandige zwarte enkeerdgronden (zEZ) te vinden, die ontstaan zijn door potstalbemesting.

In de beekdalen komen voornamelijk sterk lemige, fijnzandige beekeerdgronden (pZg) en lemig tot fijn zandige vlakvaaggronden (Zn) voor. Boringen tijdens veldwerk leverde in het beekdal een beekeerd en een broekeerd grond op.

Ter plaatse van het voormalige Blekkinkveen zijn nog resten van het voormalige hoogveen te vinden in de vorm van een moerige eerdgrond met moerige tussenlaag (zWz). Tijdens het veldwerk zijn er boringen uitgevoerd ter plekke van het Blekkinkveen hierbij is moeraskalk aangetroffen en een moerige broekeerd. Aan het einde van het stroomgebied is er nog een leemarme tot zwak lemig fijn zandige laarpodzolgrond te vinden.

3.7 Historische kaarten

Voor dit deelhoofdstuk zijn de historische kaarten van Topotijdreis (Kadaster, z.d.) geanalyseerd. Hiervoor is alleen hetgeen wat belang heeft op de watergangen benoemd. Van elke tijdperiode die wordt omschreven staan de kaarten benoemd in bijlage 9. Uit deze kaarten blijkt dat de Stortelersbeek al sinds het jaar 1823 in het gebied aanwezig was, destijds onder een andere naam.

Op de kaart van 1850-1881 kreeg de Stortelersbeek een duidelijke verbinding met het Blekkinkveen. Hieraan valt op te merken dat dit destijds de enige verbinding was dus dat de beek waarschijnlijk gevoed werd door het Blekkinkveen. In deze tijd was ook de ontginning begonnen, op te merken door de steenovens die op de kaart in het gebied zijn terug te vinden.

In de periode 1881-1896 zijn de heidenvelden sterk verminderd zijn en het gebied bosrijker is geworden. De landbouwpercelen zijn in en rondom de bospercelen aanwezig.

De kaarten werden duidelijker vanaf de periode 1896-1923. Hierdoor was het makkelijker om onderscheid te maken. De kaart laat nog steeds een sterk bosrijk gebied zien met afwisselend heide en landbouw. Op deze kaart is te zien dat de Dambeek verbonden is met de Stortelersbeek. Dit was in de voorgaande kaarten moeilijk op te merken. De verwachting is dat de Dambeek aansloot aan de Stortelersbeek in de richting van de Ruitenburgse waterleiding.

Pas vanaf de periode 1929-1936 is er weer verandering te zien. De ontginning is tot zijn einde. Dit is te zien aan het verdwijnen van de steenovens in het gebied. In de periode 1936-1955 is het Blekkinkveen niet langer een veengebied maar heeft het een landbouw functie gekregen. Hiervoor is de huidige Zwarte waterleiding aangelegd die aangesloten is aan de Stortelersbeek.

Vanaf de periode 1955-1966 is de Haartsche Waterleiding aangelegd waaraan de Dambeek werd gekoppeld en deze dus niet langer meer aan de Stortelersbeek was gekoppeld. Tekenend met wat dit deed voor de hoeveelheid water dat daarna door de Stortelersbeek stroomde is de naamsverandering op de kaart in 'Het Storteler beekje'. Daarnaast is er meer bos verdwenen en vervangen voor landbouw.

Vanaf de periode 1966-1987 werd de Kobus W.L., Damkot W.L. en de Kreils W.L. aangelegd. Alle waterleidingen werden verbonden aan de Stortelersbeek. In de periode 1987-2000 is de Ruiteinburgse waterleiding aangelegd en gekoppeld aan de Stortelersbeek. In de periode van 2000-2020 is de Jentink waterleiding er ook nog bijgekomen.

3.8 Landgebruik

Voor het landgebruik zal het landgrondgebruik (LGN7) kaart worden onderzocht (bijlage 10). Dit is de meest recente kaart die aanwezig is binnen het Waterschap waarop al het grondgebruik staat vermeld. Hierbij zal het grondgebruik in het stroomgebied worden onderzocht.

Aan de LGN-kaart is te zien dat het stroomgebied voornamelijk een agrarische bestemming heeft. Ook is er om de beek heen aardig wat bos aanwezig. Dit bos bestaat uit zowel loofbomen en naaldbomen. Opvallend is de hoeveelheid naaldbossen die in het gebied aanwezig zijn. Daarnaast zijn er nog stukken land met mais, granen en aardappelen te vinden die vaak in de nabijheid van de beek te vinden zijn. Ook is er in het stroomgebied percelen met natuur grasland te vinden. Verspreid over het gebied is bebouwing te vinden, dit zijn meestal de boerenbedrijven die in het gebied aanwezig zijn.

Tevens kan aan de hand van de kaart geconcludeerd worden dat het om een kleinschalig landschap gaat. Dit wordt ook bevestigd door de observaties die zijn gemaakt tijdens het veldbezoek.

3.9 Eigendom Waterschap Rijn en IJssel

De kaart in bijlage 11 laat de stukken grond zien die in bezit zijn van het Waterschap Rijn en IJssel. Deze stukken grond liggen om de Stortelersbeek heen en hiervoor draagt het Waterschap de verantwoordelijkheid voor onderhoud van. Aan deze kaart is te zien dat niet de gehele beek eigendom is van het Waterschap is. Een groot deel van de middenloop is niet in eigendom van het Waterschap. Het onderhoud van deze stukken grond is de verantwoordelijkheid van andere organisaties. Enige veranderingen aan de beek in die gebieden moet in overleg gebeuren met alle partijen. Uiteindelijk beslist het Waterschap wat er moet gebeuren aan de onderdelen van de beek die ze niet in eigendom hebben.

3.10 Klimaatverandering

In dit deelhoofdstuk worden de effecten van klimaatveranderingen op het stroomgebied van de Stortelersbeek onderzocht. De gevolgen voor het stroomgebied in de toekomst zullen benoemd worden.

3.10.1. Klimaatscenario's analyse

In bijlage 12 staan de resultaten van het DJF-seizoen. In dit seizoen is er weinig verschil tussen de vier scenario's, zowel bij de temperatuur en de neerslag. Wel is er aan de trendlijn te zien dat er een duidelijke toename is van de neerslag en temperatuur over de data gebruikt in de periode van 2025-2050.

In bijlage 13 staan de resultaten van het MAM-seizoen. In dit seizoen is er een lichte afwijking te zien tussen de vier scenario's. Dit zijn kleine afwijkingen over de jaren heen en zorgen niet voor grote verschillen tussen de verschillende scenario's. Ook bij dit seizoen zie je een stijging in de trendlijn. Vooral bij de temperatuur is deze stijging duidelijk te zien.

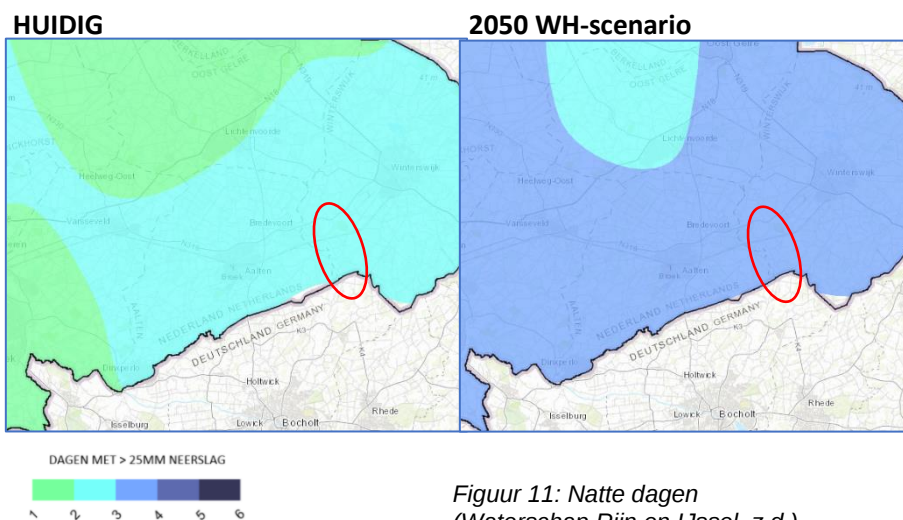
In bijlage 14 staan de resultaten van het JJA-seizoen. Ook hier zijn weer lichte afwijkingen te zien tussen de verschillende scenario's. Ook in dit seizoen stijgen de trendlijnen voor zowel de neerslag en de temperatuur. Voor de temperatuur is er ook weer een grotere stijging te zien.

In bijlage 15 staan de resultaten van het SON-seizoen. Hierbij is er weer weinig verschil te zien tussen de klimaatscenario's over de gestelde periode. Wel is er duidelijk te zien dat de trendlijn voor de

neerslag lichtelijk daalt over de periode van 2025-2050 terwijl de trendlijn van de temperatuur wel toeneemt.

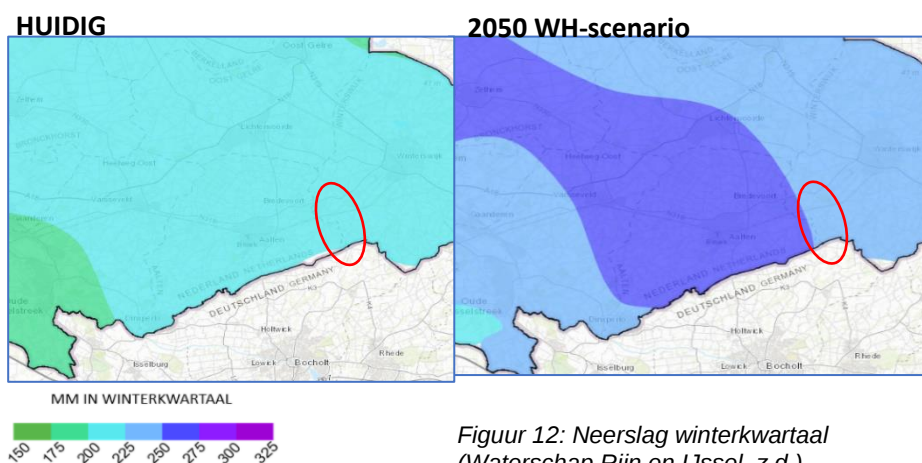
3.10.2 Klimaateffectatlas

Het wordt natter in Nederland, zo ook in de achterhoek. In het huidige klimaat is het gemiddeld 2-3 dagen per jaar dat er meer dan 25mm neerslag valt in het stroomgebied van de Stortelersbeek (rood omcirkeld), te zien in figuur 11. De verwachting van het WH-scenario is dat dit zal toenemen naar 3-4 dagen per jaar voor het jaar 2050. Ook neemt de tiendaagse neerslagsom toe. In het huidige klimaat is deze neerslagsom eens per 100 jaar 161mm. De verwachting is dat deze in de toekomst door klimaatveranderingen zal toenemen tot 179mm in 250 en in 2085 zelfs 196mm kan zijn (Waterschap Rijn en IJssel, z.d.).



Figuur 11: Natte dagen
(Waterschap Rijn en IJssel, z.d.)

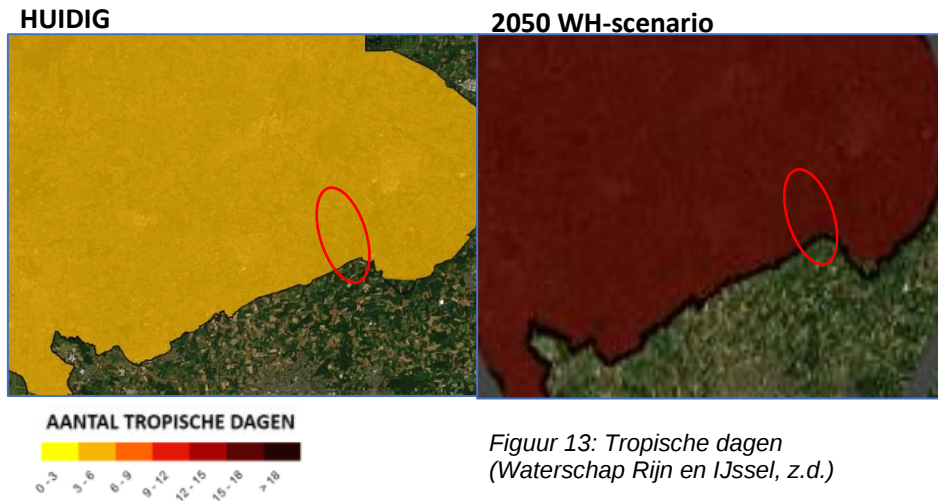
De verwachting, volgens het WH-scenario, is dat vooral het winterseizoen natter zal worden door klimaatveranderingen. Waarbij er in het stroomgebied van de Stortelersbeek in het huidige klimaat 200-225mm aan neerslag in de wintermaanden zal dit waarschijnlijk toenemen naar een hoeveelheid neerslag van 250-275mm in het winterseizoen (figuur 12).



Figuur 12: Neerslag winterkwartaal
(Waterschap Rijn en IJssel, z.d.)

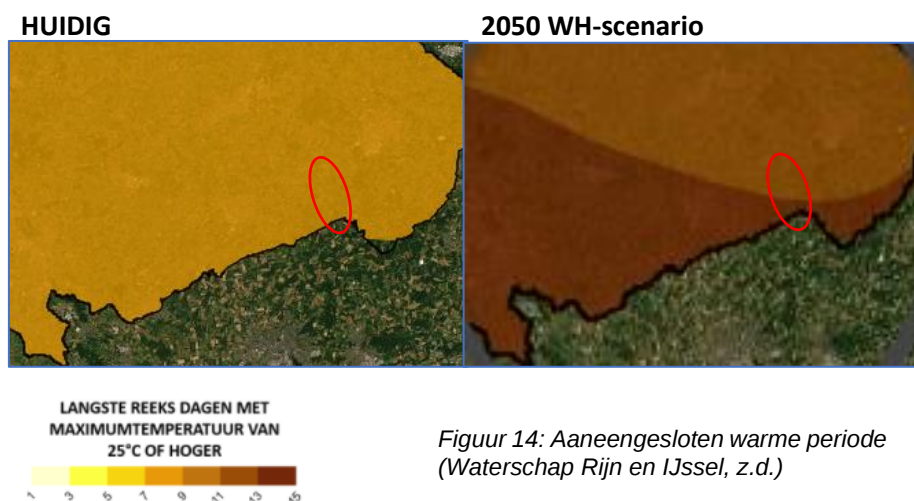
Warmer:

Ook de maximale temperaturen stijgen. Tropische dagen zullen in de toekomst steeds vaker voorkomen. Een dag wordt als tropisch gezien wanneer de temperatuur boven de 30 graden is. In het huidige klimaat komt een tropische dag gemiddeld 3 tot 6 dagen per jaar voor. De verwachting is dat dit zal toenemen tot 15-18 dagen per jaar in het stroomgebied van de Stortelersbeek. In figuur 13 zie je in de lens de verwachting van tropische dagen per jaar voor het WH-scenario in 2050. Buiten de lens staat het aantal tropische dagen voor het huidige klimaat weergegeven. In stedelijke gebieden zullen er waarschijnlijk nog meer tropische dagen zijn door klimaatverandering.



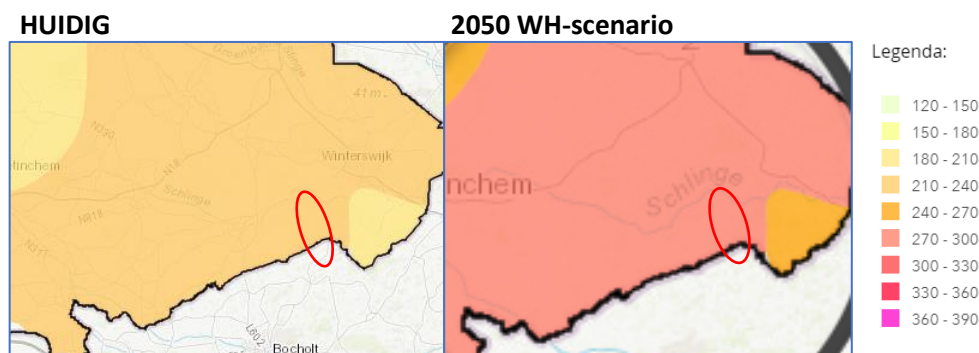
De verwachtingen voor de temperatuur is dat de extremen sneller stijgen dan de gemiddelden. In het huidige klimaat is de gemiddelde heetste zomerdag 32.5 graden. De verwachting is dat dit zal toenemen en tussen de 33.8- en 36.2 graden zal liggen. Het kan dus zijn dat er een gemiddelde temperatuurstijging van bijna 4 graden plaats zal vinden.

De periode van warme dagen zal ook toenemen, te zien in figuur 14. De langste reeks dagen met een maximumtemperatuur van 25 graden of meer is in het huidige klimaat 7 tot 9 dagen per jaar. De verwachting zal dat het in het stroomgebied van de Stortelersbeek in 2050 met een WH-scenario 13 tot 15 dagen zal zijn.



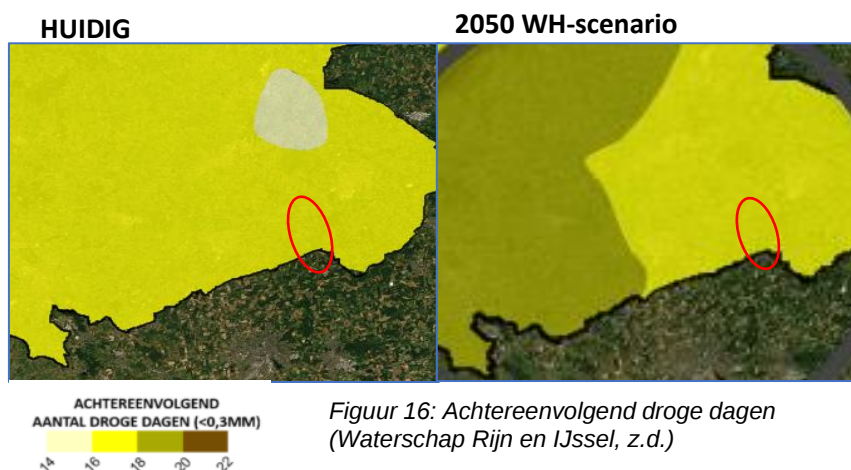
Droger:

Zowel de temperatuur als de neerslag zullen waarschijnlijk toenemen in de toekomst. Ondanks de toename in beide wordt er een hoger neerslagtekort verwacht. In figuur 15 is het maximale neerslagtekort in de zomer te zien (eens per 10 jaar). Het huidige klimaat laat een tekort zien van 180-210mm. De verwachting van het WH-scenario is dat dit in de toekomst zal toenemen naar 270-300mm. Deze droogte wordt veroorzaakt door de toename van verdamping en een afname van neerslag tijdens de zomerperiode. Bij de scenario's waar de verandering in luchstromingspatroon minder is wordt er een fractie meer neerslag verwacht in de zomer.



Figuur 15: Neerslagtekort in mm (Waterschap Rijn en IJssel, z.d.)

Het aantal achtereenvolgende droge dagen (neerslag <0.3mm) is in het huidige klimaat tussen de 16 en 18 dagen aangesloten in het stroomgebied van de Stortelersbeek. Waarbij deze waarde toeneemt voor andere gebieden in Nederland is de verwachting dat dit voor het stroomgebied van de Stortelersbeek in 2050 met het WH-scenario waarschijnlijk hetzelfde blijft of minimaal toeneemt. Dit is te zien in figuur 16.



Figuur 16: Achtereenvolgend droge dagen (Waterschap Rijn en IJssel, z.d.)

3.11 Hoofdstuk analyse

De Stortelersbeek stroomt door een geul tussen twee plateaus waardoor het hoogteverschil in het gebied redelijk groot is. In het stroomgebied verschilt de ondergrond sterk op korte afstand. Hierdoor is de ondergrond op sommige plaatsen goed doorlatend en op andere plaatsen weer slechter doorlatend. Deze vorm van het landschap is ontstaan door het pleistoceen waarin smeltwater zorgde voor het ontstaan van de geul. Door de erosie van het smeltwater is het keileem die in de geul aanwezig was voor het grootste deel geërodeerd. De achterhoek staat bekend als de 'mozaïekvloer van Nederland'. Hierdoor kan de ondergrond op korte afstand zeer sterk verschillen. Dit betekent dat er altijd nader onderzoek gedaan zou moeten worden naar de ondergrond wanneer er besloten wordt om een maatregel op een specifieke locatie toe te passen. De geomorfologie laat hetzelfde verhaal zien als de

bodemkaart. In het gebied waar de loop van de Stortelersbeek begint is lokaal een kleiige/venige ondergrond te vinden. In de beekdalen is de ondergrond meer zandig door erosie.

Aan de historische kaarten valt duidelijk te concluderen dat over de jaren heen het gebied steeds droger is gemaakt door de mens. Het begon hierbij met de ontginning van de veengebieden en later het ontwateren en sneller afvoeren van water ten behoeve van de landbouw. Hierbij is er ook landbouw ontstaan in gebieden waar eigenlijk geen landbouw mogelijk was maar mogelijk is gemaakt. Zelfs in de periode van 2000-2020 zijn er nog maatregelen getroffen voor de ontwatering met de aanleg van de Jentink waterleiding.

De LGN kaart laat een halfgesloten landschap zien met bosgebieden en veel agrarisch grond. De bosgebieden bestaan zowel uit loof- als naaldbomen. In het bosgebied zouden maatregelen plaats kunnen vinden die de waterhuishouding kunnen verbeteren. Zo is het bekend dat naaldbomen het gehele jaar door verdampen waarbij loofbos dit alleen in de zomer doet (Jansen & Olsthoorn, 2003). Zo is de totale verdamping van licht naaldhout 489mm/jaar en van donker naaldhout zelfs 692mm/jaar. Dit is veel meer in tegenstelling van loofbos dat een verdamping heeft van 458mm/jaar. Ook is er een sterk verschil in de grondwateraanvulling die ieder type bos verzorgd. Zo is deze voor licht naaldhout 331mm/jaar, donker naaldhout 331mm/jaar en voor loofbos 362mm/jaar. Het verminderen van de naaldbossen kan dus een belangrijke rol spelen in de aanvulling van het grondwater.

Aan de eigendom kaart van het Waterschap is te zien dat het Waterschap een beperkte hoeveelheid grond in bezit heeft. Dit betekent dat veel maatregelen in samenwerking met landeigenaren moeten worden uitgevoerd.

Met behulp van de klimaatscenario's kan er geconcludeerd worden dat het weer extremer wordt in de toekomst. Het zal steeds vaker voorkomen dat er te veel water is in de winter en dat er droogte is in de zomer. Om de droogval te verminderen zal er dus een dynamisch systeem nodig zijn en maatregelen gezocht moeten worden die hierbij passen. Waarbij het teveel aan water in de winter geborgen kan worden en er een buffer ontstaat voor de droge zomerse periode.

4. Stroming & Structuur

In dit hoofdstuk worden de stromingen en structuren van het watersysteem de Stortelersbeek behandeld. Hierbij worden de stromingen van het grond- en oppervlaktewater geanalyseerd. Daarnaast worden de structuren van het oppervlaktewatersysteem nader onderzocht.

4.1 Grondwater

In dit deelhoofdstuk wordt het grondwater geanalyseerd. Hierbij worden GHG, GVG en de GLG onderzocht. Daarnaast worden ook de grondwatertrappen vergeleken met gemiddelde grondwaterstanden. Ook worden de mogelijke grondwaterstromen in het gebied benoemd.

4.1.1 GHG

De GHG-kaart is te zien in bijlage 16. Aan deze kaart is te zien dat er bij een hoge grondwaterstand inundatie plaatsvindt in het oosten van het stroomgebied. Ook in het zuiden, bij het begin van de Stortelersbeek en het Blekkinkveen zijn er plekken met grondwaterstanden die aan het maaiveld aanwezig zijn (0-25cm en 25-40cm). Hetzelfde geldt voor de benedenloop van het stroomgebied. In het dal en de middenloop van het stroomgebied zijn de grondwaterstanden lager. Een groot gebied van de middenloop heeft zelfs grondwaterstanden die 140- tot 250cm onder het maaiveld aanwezig zijn, op sommige plekken zelfs meer dan 250cm onder het maaiveld. Tussen de gebieden waar het grondwater ondiep en diep aanwezig is over het algemeen een grondwaterstand van 40-80cm onder maaiveld.

Opvallend aan de GHG-kaart is dat er grote verschillen te zien zijn in het gebied als het gaat om de grondwaterstand. In een aantal gebieden is de grondwaterstand boven het maaiveld aanwezig en op andere locaties is deze op meer dan 1.40 centimeter diepte aanwezig. Dit kan komen doordat het keileem op de plateaus op plekken nog aanwezig is en in de geulen geërodeerd is door smeltend gletsjerwater waardoor de infiltratie van de ondergrond beter is in de geulen.

4.1.2 GVG

De GVG-kaart is te zien in bijlage 17. Aan deze kaart is te zien dat in het oosten, in mindere maten, nog steeds inundatie plaatsvindt. Bij het Blekkinkveen en het begin van de Stortelersbeek is deze grondwaterstand minder dicht aan het maaiveld aanwezig. Deze is gezakt naar een diepte van 40-80cm beneden maaiveld. Een aantal kleine plekken heeft nog een grondwaterstand die aan het maaiveld aanwezig is (25-40cm). Het laatste gedeelte van het stroomgebied zijn de hogere grondwaterstanden verdwenen en heeft het gebied over het algemeen een grondwaterstand van 40-80cm beneden maaiveld. In de middenloop is het gebied met een lagere grondwaterstand vergroot en zijn er vaker grondwaterstanden te vinden die 250cm beneden maaiveld liggen. De meeste natte plekken in het gebied zijn verdwenen. Het oostelijke gebied heeft nog steeds vrij hoge waterstanden.

4.1.3 GLG

De GLG-kaart is te zien in bijlage 18. Aan deze kaart is te zien dat de grondwaterstanden in het gebied erg laag kunnen staan. Op veel plekken is de grondwaterstand op een diepte van 140-250cm beneden maaiveld aanwezig en op meerdere locaties zelfs op een diepte van meer dan 250cm beneden maaiveld. Een aantal locaties heeft nog een grondwaterstand van 40-80cm beneden maaiveld. In het oosten is nog een klein plekje te zien waar de grondwaterstand nog dicht onder het maaiveld aanwezig is met een stand van 25-40cm beneden maaiveld.

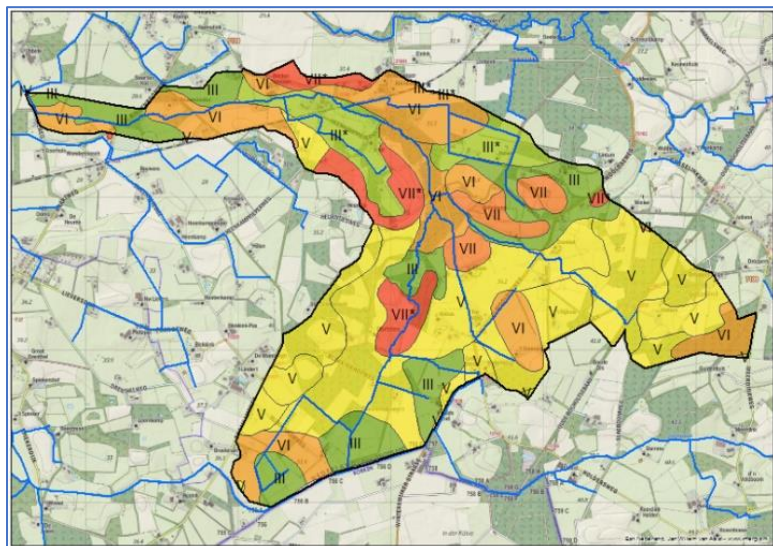
4.1.4 Grondwatertrap

Aan de kaart in figuur 17 (bijlage 19) is te zien dat het grondwater over het algemeen vrij diep in de grond aanwezig is. Grondwatertrap V of hoger is over het algemeen veel aanwezig in het gebied. Een aantal plaatsen heeft een grondtrap III.

De grondwatertrappen in het oosten van het gebied komen niet helemaal overeen met de GLG en de GHG kaart. Vooral de GHG kaart geeft locaties aan waar het grondwater kort onder of zelfs op het

maaiveld staat. De indeling van het oostelijke gedeelte in grondtrap V heeft waarschijnlijk te maken met de GLG die in dit gebied voornamelijk 80-140cm en 140-250cm beneden maaiveld ligt.

Over het algemeen wijken de grondwatertrappen lichtelijk af van de GHG- en GLG-kaart. Dit kan komen door de indeling van de polygonen waardoor de waardes binnen deze polygonen gebieden met hoge en lage waardes meenemen en dus een vertekend beeld geven. Voor een meer preciezer beeld op de grondwaterstanden is het dus verstandig om van de GHG-, GVG- en de GLG-kaart als maatgevend voor het gebied worden gezien.



Grondwatertrap	GHG (cm-maaiveld)	GLG (cm-maaiveld)
I	-	<50
II	-	50-80
II*	>25	50-80
III	<40	80-120
III*	25-40	80-120
IV	>40	80-120
V	<40	>120
V*	25-40	>120
VI	40-80	>120
VII	>80	>120
VII*	>140	>120

Figuur 17: Gemiddelde grondwatertrap (Dijksman, 2009)

4.1.5 Grondwaterstroming

De grondwaterstroming wordt bepaald aan de hand van de geohydrologische dwarsdoorsnede kaart in bijlage 20. Deze kaart is al eerder behandeld in hoofdstuk 3.3 en zal in dit hoofdstuk gebruikt worden om de meest waarschijnlijke stroomrichting van het grondwater in het gebied te bepalen. De kaart in bijlage 20A laat de ondergrond zien die aanwezig is onder de loop van de Stortelersbeek (zuid naar noord). De kaart in 20B laat de dwarsdoorsnede zien van de bovenloop van oost naar west. De kaart in bijlage 20C laat de doorsnede van de middenloop zien van oost naar west. De kaart in Bijlage 20D laat de dwarsdoorsnede zien van de benedenloop van oost naar west. De kaarten hebben pijlen die de mogelijke stromingsrichting van het grondwater laten zien.

Aan bijlage 20A is te zien dat vooral bovenstrooms een beperkte mogelijk is voor grondwaterstroming. Deze bevindt zich voornamelijk aan de oppervlakte en kan door langzame infiltratie doorsijpelen naar de diepere ondergrond. Door de aanwezigheid van klei dicht aan het oppervlak infiltreert het water minder goed in dit gebied. Richting de middenloop is een gedeelte waar de kleilaag dicht aan het maaiveld aanwezig is. In dit gebied komt het grondwater waarschijnlijk op aan het oppervlak doormiddel van kwelstromen. Benedenstrooms is de zandige formatie van Bortel aanwezig. Deze zorgt ervoor dat het grondwater dieper kan wegzakken en er waarschijnlijk ook meer water geborgen kan worden.

Aan bijlage 20B, -C en -D is te zien dat over het gehele stroomgebied het watervoerende vrij dun is. Ook zullen er locaties zijn waar klei dicht aan het oppervlak aanwezig is waardoor infiltratie van water langzaam verloopt en de stroming van grondwater dicht aan het maaiveld blijft. In de bovenloop en de middenloop kan duidelijk worden gezien dat de beek door een dal stroomt. Dit zorgt ervoor dat het grondwater zich verzamelt in het midden van het dal. Op beide plateaus, waartussen de Stortelersbeek stroomt, is een goed doorlaatbare laag te zien die als buffer zou kunnen dienen (20C en 20D). In de benedenloop stroomt het grondwater van oostelijke richting naar het westen en volgt het de loop van de Stortelersbeek.

Door de sterk wisselende ondergrond kunnen de grondwaterstromen in het gebied ook sterk wisselen. Deze stromen zijn nog niet eerder onderzocht en daardoor ook nog niet in kaart gebracht. Hierdoor is het niet mogelijk om een definitief antwoord te geven over de grondwaterstromingen in het gebied.

4.2 Oppervlaktewater

In dit deelhoofdstuk wordt het oppervlaktewatersysteem geanalyseerd met de kunstwerken die in de Stortelersbeek aanwezig zijn. Ook worden de structuren van de watergangen onderzocht. Daarnaast wordt met behulp van een analyse van de hoogte- en schaduwkaart voormalige watergangen geïdentificeerd en de rol die deze kunnen spelen ter verbetering van het huidige systeem. Daarnaast wordt de herkomst van het oppervlaktewater bepaald met behulp van de data die is verzameld tijdens het veldwerk.

4.2.1 Oppervlaktewatersysteem

In bijlage 21 is het watersysteem van de Stortelersbeek te zien. Aan deze kaart is te zien dat de Stortelersbeek vanuit zuidelijke richting naar het noorden stroomt en uiteindelijk in noordwestelijke richting het stroomgebied verlaat.

De bovenloop van de Stortelersbeek heeft vrij lineaire ontwateringsstructuren. Die geldt ook voor de zijtakken zoals de Zwarte W.L., Te Winkel W.L. en de Ruitenburgse W.L..

De middenloop van de Stortelersbeek stroomt meanderend door een bosrijk gebied heen. De zijtakken die op de middenloop zijn aangesloten (Kobus W.L., Woolseweg W.L. en de Damkot W.L.) hebben een lineaire ontwateringstructuur. Op de kaart in bijlage 22 is te zien dat de middenloop van de Stortelersbeek diep in het land is ingesneden. Dit was ook op te merken uit het veldbezoek. Te zien in figuur 18.



Figuur 18: Diepe insnijding

De Stortelersbeek loopt vanuit de middenloop geleidelijk over naar een meer lineaire ontwatering. De zijtakken die aangesloten op de benedenloop zijn ook lineaire (Jentink W.L., Ros W.L. en Kreils W.L.).

De lineaire ontwateringsstructuren zijn ten behoeve van de landbouw die in het gebied aanwezig is. Deze structuren moeten zorgen voor een snelle ontwatering waardoor de landbouwgronden niet te nat zijn en bewerkbaar blijven. Doordat de middenloop van de Stortelersbeek in bosrijk gebied ligt krijgt het hier meer de vrijheid om zijn eigen pad te kiezen en te meanderen. Hierdoor benaderd de middenloop het meest de natuurlijke situatie van de beek.

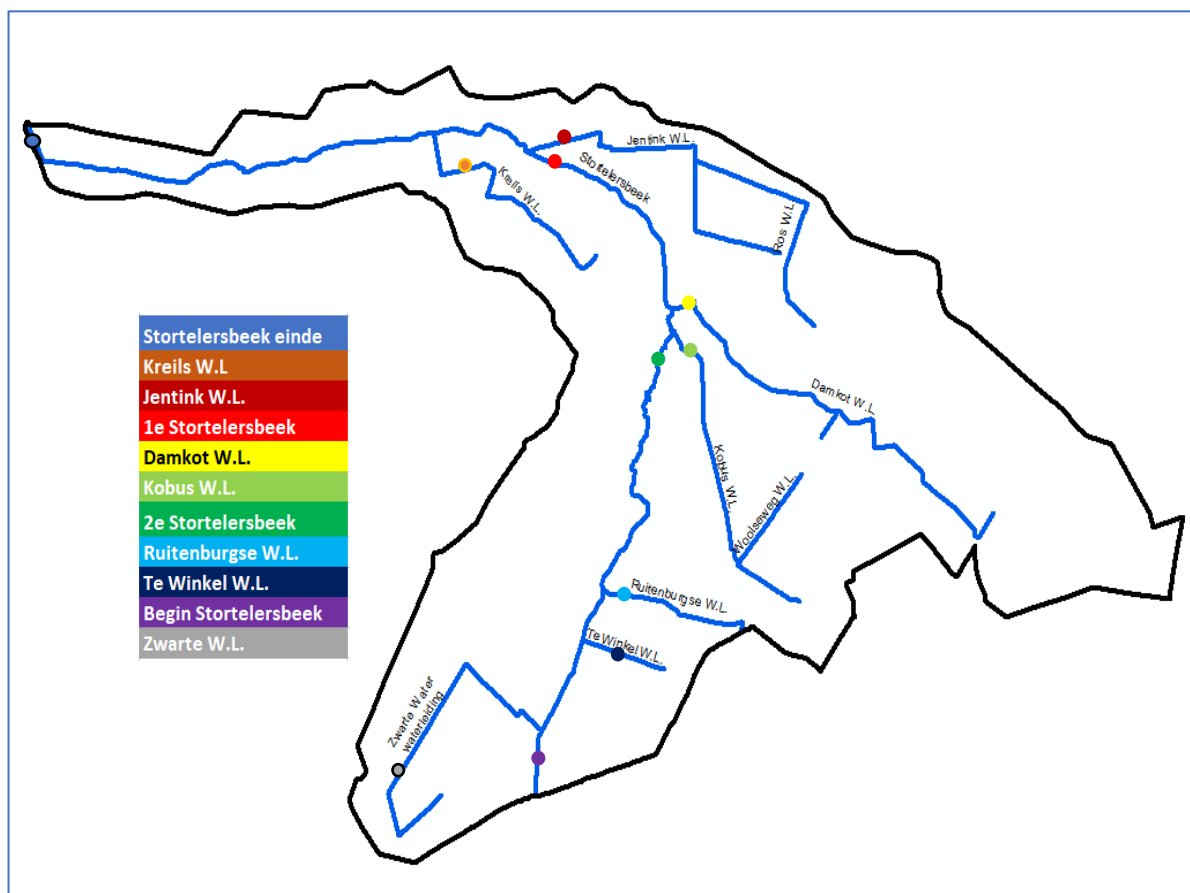
In het oosten van het stroomgebied zijn er een tweetal zijtakken waarin meerdere stuwen aanwezig zijn. Dit komt door het grote verval dat in dat gebied aanwezig is. Deze stuwen zorgen dat het water niet te snel wegstroomt maar wat langer in het gebied aanwezig blijft. Ook zijn er nog twee stuwen benedenstrooms aanwezig, deze liggen bij de zandvang (Kreil) en het oppervlaktewater meetpunt aan het einde van de beek.

Verspreid over het gebied zijn bruggen te vinden die voornamelijk bij de grotere wegen te vinden zijn. Op andere locaties is ervoor gekozen om met duikers het water onder de wegen door te begeleiden. Deze zijn verspreid over het gebied aanwezig.

Aan de hoogte- en schaduwkaart in bijlage 22 is te zien dat de Stortelersbeek vrij diep uitgesneden in het landschap ligt. Vooral de midden- en benedenloop zijn diep uitgesneden door erosie. Dit is goed te zien door de donkerblauwe kleur die de watergang op de kaart heeft. Vooral in vergelijking met de watergangen in het oosten en het zuiden.

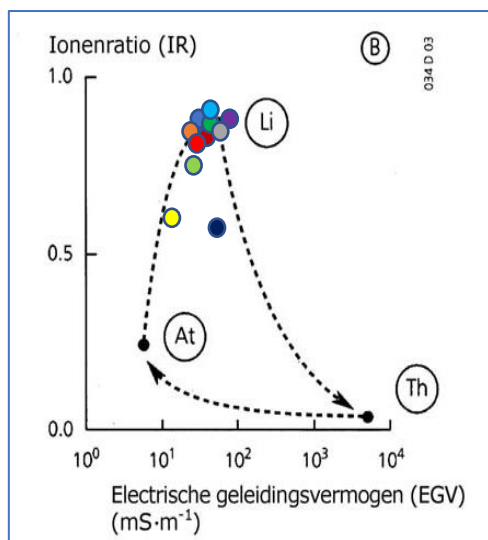
4.2.2 Herkomst oppervlaktewater

De locaties van de meetpunten zijn te zien in figuur 19. De eerste metingen zijn uitgevoerd tijdens het veldbezoek dat heeft plaatsgevonden op 17 maart 2021. De tweede meting is uitgevoerd op 3 mei 2021 tijdens een veldbezoek. In bijlage 23A- en B is de neerslag van de voorgaande dagen te zien. Deze data zijn afkomstig van het weerstation in Hupsel. Het had wel geregend de dagen voor het eerste veldbezoek. De verwachting was dat deze neerslag de meetdata zou beïnvloeden en een regenwater gevoed systeem zou aangeven. De resultaten van de metingen zijn te vinden in bijlage 24.

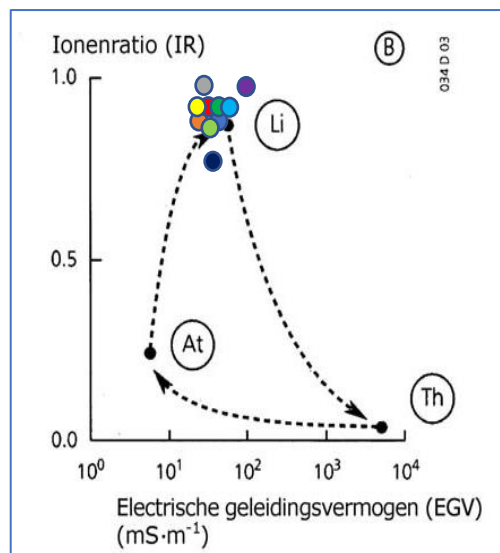


Figuur 19: Meetpunten

Aan de resultaten in figuur 20 en 21 is te zien dat meeste watergangen door grondwater worden gevoed. Dit werd tevens bevestigd tijdens de veldbezoeken door de aanwezigheid van de Dotterbloem, waterviolier en de aanwezigheid van een ijzer vliesje. Alleen de watergangen Damkot W.L. en te Winkel W.L. vertonen in de eerste meting kenmerken die toebehoren aan regenwater. Het is opvallend dat de meeste watergangen nog duidelijk laten zien dat ze door grondwater gevoed te worden ondanks de regen van de dagen ervoor. Het watersysteem in het gebied lijkt dus sterk afhankelijk te zijn van het grondwater in het gebied. De Jentink W.L. stond tijdens het tweede veldbezoek droog. In een aantal andere watergangen stroomde nog maar weinig water.



Figuur 20: Van Wirdum driehoek (17-03-21)



Figuur 21: Van Wirdum driehoek (03-05-21)

4.2.3 Oude Stromingen

Met behulp van de hoogte- en schaduwenkaart kunnen locaties van oude stroomgeulen van de Stortelersbeek worden bepaald. Deze mogelijke stroomgeulen zijn in GIS ingetekend en hiervan is een kaart gemaakt, te zien in bijlage 25. Deze kaart laat niet alleen de geulen zien van de Stortelersbeek maar ook van de omliggende beeksystemen. In figuur 22 zijn de huidige watergangen met rood aangegeven en de mogelijke vroegere watergangen met blauw. De huidige watergangen zijn gegraven van de periode na de oorlog tot heden. De oude watergangen stammen waarschijnlijk uit die tijd daarvoor of zijn op een natuurlijke manier gevormd.

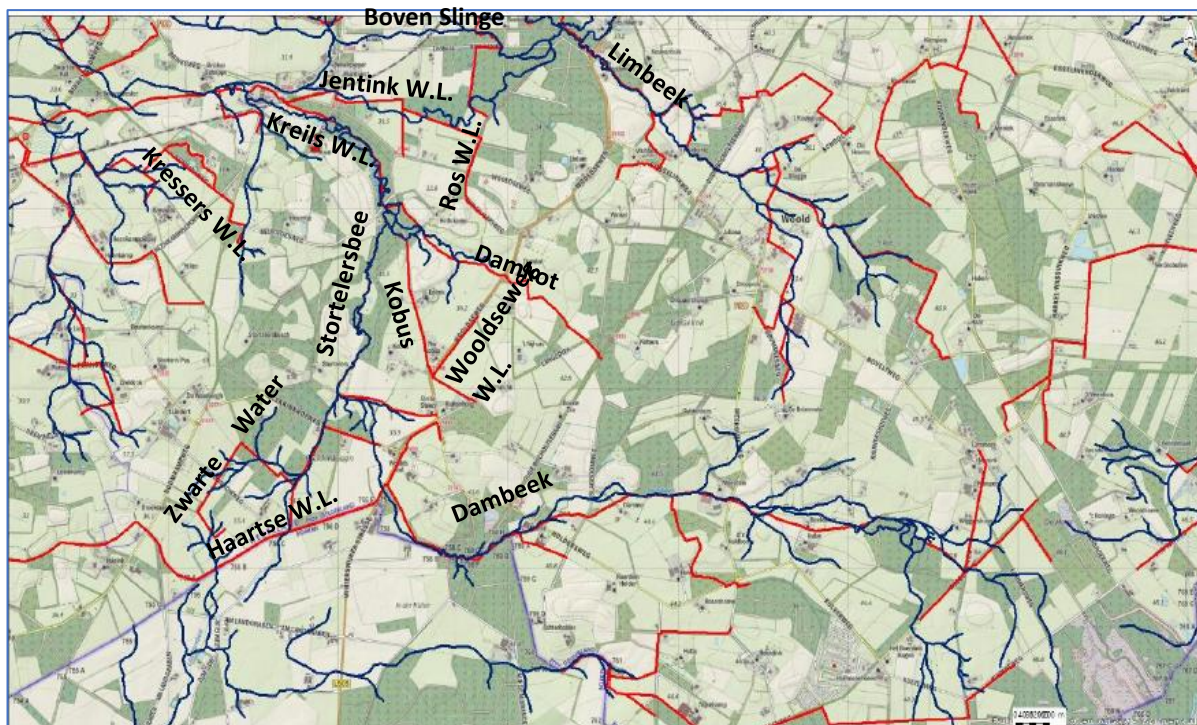
In figuur 22 (bijlage 26) is de oude watergangen kaart over de huidige watergangen kaart gelegd. In bijlage 27 is een vergelijkbare kaart te zien alleen is deze gefocust op de middenloop. Aan deze kaart is te zien dat er op een aantal plekken de oude watergangen flink zijn veranderd.

Zoals eerder genoemd, in de analyse van de historische kaarten, heeft de afkoppeling van de Dambeek plaatsgevonden.

Daarnaast zijn er ook nieuwe lineaire watergangen gegraven ter verbetering van de afvoer. Ook in gebieden waar geen oude watergangen te vinden zijn. Zoals de verlenging van de Damkot W.L. en de Kobus- en Wooldseweg W.L..

De Kressers W.L. had eerder de afvoer naar het noorden toe, richting de Stortelersbeek. Deze watert nu richting het westen af, naar Zwanenbroek Graven. Dit is ook bevestigd tijdens het veldwerk. Hierbij was met behulp van deze kaart in figuur 22 de oude stroomgeul opgezocht. Tijdens een grondboring werd hier een beekerdgrond aangetroffen.

De Zwarte Water W.L. had eerder een meer meanderend verloop uit het Blekkinkveen gebied. Later heeft deze een meer lineaire ontwatering gekregen ter bevordering van de landbouw. De Jentink en Ros W.L. stonden eerder in verbinding met de Limbeek en Boven-Slinge.



Figuur 22: Huidige en oude watergangen

Een groot gedeelte van de middenloop van de Stortelersbeek, dat door bosrijk gebied stroomt, is nog in de natuurlijke staat aanwezig. Hierin zijn maar kleine veranderingen te vinden zoals oude meanderingen die nu hoger liggen dan de huidige watergang of niet meer actief zijn.

Op de kaart in bijlage 28 is de bodemkaart te zien. Deze kaart laat de hoge enkeerdgronden goed zien (bruin). Deze gronden kunnen ook wel omschreven worden als 'kamelenbulten'. Waarbij deze locaties de potentie hebben om water op te zuigen en deze later weer vrij te laten als een spons. Op de kaart is ook te zien hoe een aantal van de huidige watergangen door deze 'kamelenbulten' snijden waardoor deze als het ware 'lek' zijn gestoken. De oude watergangen kronkelde meer langs deze 'kamelenbulten' op en benutte op die manier de spons functie van deze locaties. Deze 'kamelenbulten' zijn ook in het klein aanwezig op sommige locaties en zijn daardoor niet vermeld op de kaart.

Over de jaren heen zijn er veel maatregelen getroffen die ervoor zorgen dat het water in de Stortelersbeek sneller wordt afgevoerd of dat er zelfs minder water door de Stortelersbeek stroomt. Door de grotere hoeveelheden water die eerder door de Stortelersbeek stroomde was de stroomsnelheid hoger waardoor er meer erosie plaatsvond. Ook was deze diepe uitsnede nodig om de piekafvoer aan te kunnen. Dit verklaart ook de diepe uitsnijding van de middenloop (hoofdstuk 4.2.1) van de Stortelersbeek.

4.3 Hoofdstuk analyse

Het grondwater in het stroomgebied verschilt sterk van hoogte. In het dal is deze op grote diepte terug te vinden, terwijl op het plateau in het oosten en bij de bovenloop deze kort aan het maaiveld aanwezig. Dit komt waarschijnlijk door de beperkte grote van het watervoerende pakket. Hierdoor is de mogelijkheid tot opslag van grondwater beperkt en vindt infiltratie vrij langzaam plaats. Waarschijnlijk is er om die reden in het verleden gekozen voor een snelle afvoer van water uit deze gebieden.

Door de geërodeerde kleilaag in het dal is de infiltratie verbeterd. Daarnaast heeft de snelle stroming van water de watergangen in het dal diep uitgesneden. Hierdoor is er in het dal een veel lagere waterstand aanwezig.

Uit het veldwerk blijkt dat de beek voornamelijk gevoed wordt door grondwater, zelfs wanneer het regenachtig is geweest. Dit betekent dat eventuele maatregelen om droogval van de Stortelersbeek te verminderen gericht moeten zijn op de verbetering bufferingscapaciteit van het grondwater. Door deze constatering is het ook van belang om de grondwaterstromen in het gebied in kaart te brengen. Dit kan gedaan worden door het in beeld te brengen van eventuele zand- of grindbanen die in de ondergrond aanwezig zijn. Met de kennis over deze ondergrondse waterstromingen kan er ook onderzocht worden of mogelijke maatregelen in de ondergrond effect kunnen hebben op het verminderen van de droogval. Daarnaast kan hiermee ook bepaald worden of andere gebieden een invloed hebben op de toevoer van water in het stroomgebied van de Stortelersbeek.

De analyse van de oude watergangen laat zien dat het stroomgebied van de Stortelersbeek een grotere afvoer van water had in het verleden. Door het afkoppelen van de Dambeek en de herinrichting van een aantal beekstromen ter bevordering van de waterafvoer stroomt er minder en sneller water door de beek. Hoogstwaarschijnlijk wordt door de nabijheid van de Dambeek ook het grondwater uit het blekkinkveen gebied afgevangen die normaliter in de Stortelersbeek terecht zou komen. De analyse van de oude watergangen laat zien dat de diepe insnijding van de middenloop van de beek waarschijnlijk is veroorzaakt door de grotere hoeveelheid water die vroeger door het gebied stroomde. Deze oude watergangen bieden ook kansen voor maatregelen. Zo kunnen de oude watergangen gebruikt worden als hoogwater geulen zodat overlast door piekbuien verminderd wordt. Mogelijk herstel van de oude watergangen kan ervoor zorgen dat de sponswerking van een aantal locaties in het gebied kan worden verbeterd die een positieve invloed kan hebben de vermindering van de droogte in het gebied.

5. Beleidskaders

In dit hoofdstuk worden de relevante beleidstukken omschreven die betrekking hebben tot het stroomgebied van de Stortelersbeek en de mogelijke kwantitatieve maatregelen die benodigd zijn om de droogval te verminderen. Hiervoor is het Waterbeheerplan, de Kaderrichtlijn Water (KRW), drainage- en beregeningsbeleid en de speciale gebieden/zones die gelden voor het stroomgebied. Ook wordt er onderzoek gedaan naar het doeltypen van de Stortelersbeek omdat er nog onenigheid is wat nu de exacte doeltypen zijn voor de Stortelersbeek. In de conclusie worden de beleidstukken die van invloed zijn op de mogelijke uitvoering van maatregelen benoemd en wordt er bepaald wat het doeltypen van de Stortelersbeek volgens de inzichten die zijn verkregen tijdens dit onderzoek zou moeten zijn.

5.1 Waterbeheerplan

In het waterbeheerplan worden de volgende thema's behandeld: water veiligheid, voldoende water en schoon water. Met betrekking tot de droogteproblematiek wordt er extra aandacht besteed aan het thema: 'voldoende water' (Waterschap Rijn en IJssel, z.d.-b).

Het veranderende klimaat leidt tot nieuwe problemen. Het waterschap neemt nu al maatregelen om wateroverlast in de toekomst te voorkomen of de gevolgen te beperken. Hierbij wordt ingespeeld op de vaker voorkomende extremen. Zo wordt er naast de normale situatie rekening gehouden met 'te nat' en 'te droog'.

De inrichting van het watersysteem en het onderhoud zijn gericht om in normale weersomstandigheden de ruimtelijke functies en de gebruikers van het gebied zo goed mogelijk te bedienen. Hierbij worden de natuurlijke kenmerken van het watersysteem en de gewenste waterkwaliteit in acht genomen.

Om dit te bereiken zijn de volgende doelen opgesteld door het Waterschap:

1. In normale omstandigheden werken aan doeltreffend en doelmatig waterbeheer gericht op optimaal functiegebruik.
2. In droge omstandigheden willen we droogteschade zo lang mogelijk voorkomen.
3. In natte omstandigheden willen we wateroverlast en natschade zoveel mogelijk voorkomen.



Figuur 23: Verdringingsreeks (Rijkswaterstaat, z.d.)

Een principe dat van belang is voor de besluitvorming is de verdringingsreeks. Hierin is bepaald welke functies een groter belang hebben ten aanzien van andere. Deze reeks geeft dus aan welke functie eerder beschermd moet worden ten koste van de andere functies.

In de omgeving van de Stortelersbeek komen maar paar soorten functies voor die in deze verdringingsreeks benoemd wordt. Hierbij gaat

het om de natuur en landbouw. Ook kan er in bepaalde gebieden gedacht worden aan klink en zetting. Hierbij valt natuur in zowel de 1^{ste} categorie als de 4^{de} categorie. Hierbij is natuur belangrijk wanneer het gebonden is aan de bodemgesteldheid of als er onomkeerbare schade optreedt. Wanneer dit niet zo is zal de natuur de laagste prioriteit hebben. Landbouw valt ten alle tijden in de laagste categorie. Klink en zetting is vaak onomkeerbaar. Hierbij is het dus van belang dat in gebieden waar hierdoor schade kan optreden het voorkomen wordt. Het is dus op te merken dat het belang van de natuur en mogelijke zetting de belangen van de landbouw overtreft.

5.1.1 Te droog

De strategie van het Waterschap als het gaat om waterbeheer in te droge omstandigheden is als volgt: sparen – aanvoeren – adapteren – accepteren. Allereerst worden maatregelen voor het vasthouden van grond- en oppervlaktewater en het zuinigere omgaan met water toegepast. Daarna zal er

onderzocht worden of er water aangevoerd kan worden uit andere stroomgebieden. Wanneer beide niet mogelijk zijn zal het gebruik aangepast moeten worden en het tekort aan water geaccepteerd moeten worden.

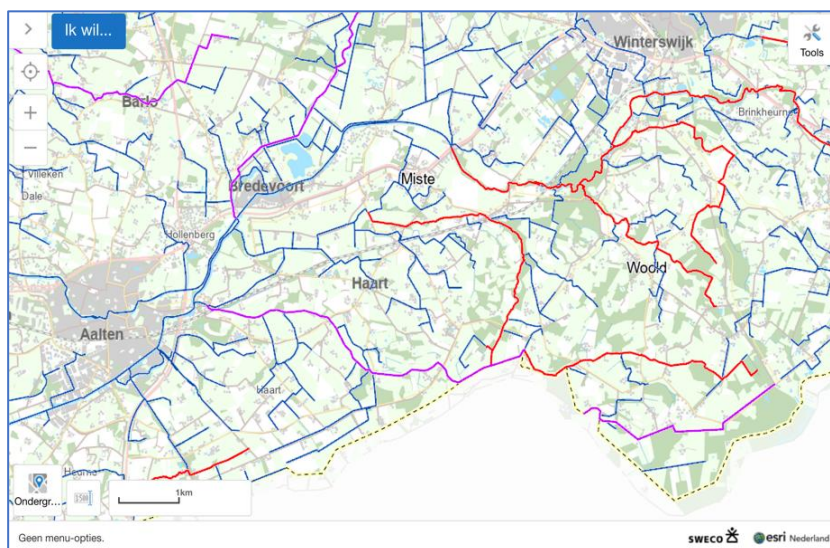
5.1.2 Te nat

De strategie van het Waterschap als het gaat om te natte omstandigheden is om eerst te toetsen op wateroverlast. Hiervoor zijn landelijke normen opgesteld. Deze normen zeggen iets over de mate van toelaatbaarheid dat een oppervlaktewater buiten zijn oevers treedt. Hiervoor is er onderscheidt gemaakt tussen landelijke gebieden en bebouwde gebieden. Doordat de Stortelersbeek alleen door landelijk gebied stroomt worden die normen aangehouden. Deze normen stellen dat een er een toelaatbare overschrijdingskans van 1:10 jaar met 5% maaiveld criterium geldt. Het maaiveld criterium geeft aan dat er 5% van de omliggende percelen mag inunderen zonder dat er sprake is van overlast.

Aan de hand van het toepassen van deze toetsing in het verleden is gebleken dat de meeste locaties voldoen door over dimensionering. Hierdoor wordt ook in te natte situaties uitgegaan van de volgende systematiek: vasthouden – bergen – afvoeren.

5.2 HEN- en SED-wateren

De Stortelersbeek valt onder de zogenaamde HEN-wateren als temporaire beek. In figuur 24 zijn de, in de omgeving Aalten-Winterswijk, HEN-wateren in het rood en de SED-wateren in het paars weergegeven.



Figuur 24: HEN- en SED-wateren

De provincie en Waterschappen streven samen naar herstel en behoud van natuurrijke watersystemen (Provincie Gelderland, 2021). Dit vanwege de grote betekenis van waternatuur voor de variatie in het landschap, de beeldkwaliteit en voor het behoud van soorten van aquatische ecosystemen. De wateren met het hoogste ecologisch niveau, de HEN-wateren, worden beschermd. In HEN-wateren komen zeldzame tot zeer zeldzame soorten voor en de ecologische processen zijn er het meest natuurlijk. Ook worden de wateren met een specifiek ecologische doelstelling, de SED-wateren, beschermd. SED-wateren kennen enige menselijke beïnvloeding, maar zijn ecologische gezien veel waardevoller dan wateren van het basisniveau.

De HEN- en SED-wateren stellen hoge eisen aan met name morfologie, waterkwaliteit, watervoerendheid en stroming. Er wordt gestreefd naar het ontwikkelen en veiligstellen van de HEN- en SED-wateren. De HEN-wateren zijn opgenomen in het Gelders Natuurnetwerk. De SED-wateren

liggen daar grotendeels buiten. Samen met Waterschappen voert de provincie al jaren beleid voor herstel van de morfologie, de hydrologie en verbetering van de chemische en biologische waterkwaliteit.

De provincie vraagt de waterschappen het waterkwaliteits- en kwantiteitsbeheer, voor zowel de HEN- als de SED-wateren, af te stemmen op de natuurfunctie. De inrichting en het beheer van het waterhuishoudkundige systeem is voor de HEN- en SED-wateren gericht op:

- het veiligstellen en ontwikkelen van de abiotische en biotische kwaliteit:
 - conform de streefbeelden uit de Waterwijzers voor HEN-wateren en de doeltypen uit de kernkwaliteiten van het Gelderse Natuurnetwerk.
 - conform de streefbeelden uit de Waterwijzers voor SED-wateren en de doeltypen uit de kernkwaliteiten van het Gelderse Natuurnetwerk en de Groene Ontwikkelingszone.
- het minstens handhaven van de huidige waterhuishoudkundige situatie. Dit betekent ten minste 'standstill' van het totaalbeeld van de huidige situatie.
- het uitsluiten van nadelige effecten op waternatuur van het oppervlaktewaterbeheer en het grondwaterbeheer bovenstrooms en in de omgeving van de aangewezen wateren.
- het afstemmen van het oppervlaktewaterbeheer in en bovenstrooms van deze waardevolle wateren en in de omgeving daarvan op de natuurwaarden en doelen.
- het bewerkstelligen van een minimale nadelige invloed van menselijk handelen op de ecologie, kwaliteit en kwantiteit van het oppervlaktewater en grondwater (voor zover relevant).
- het realiseren van de waterkwaliteit in de HEN-wateren en SED-wateren behorend bij de kernkwaliteit natuur, streefbeeld of doeltype.
- het herstel met aandacht voor behoud van aanwezige cultuurhistorische waarden in en/of directe nabijheid van deze wateren.

Een nieuwe bedreiging zijn de gevolgen van klimaatverandering: hogere watertemperaturen, droogval of hoge piekafvoeren, die steeds vaker zullen optreden. Bij herstelmaatregelen van waternatuur zullen daarom, waar mogelijk, inrichtingsvormen moeten worden gekozen die de negatieve gevolgen van de klimaatverandering beperken. Ook het voorkomen van negatieve effecten van onttrekking en infiltratie is van belang. Bij een onttrekking of infiltratie moeten negatieve effecten op de functies van het oppervlaktewatersysteem zo veel mogelijk worden voorkomen.

Voor wateren die onderdeel zijn van een waterlichaam met HEN- of SED-functie (Waterschap Rijn en IJssel, z.d.-c), zoals de Stortelersbeek, zijn ecologische doelen op grond van de KRW-systematiek vastgesteld. Voor de HEN- en SED-wateren die géén KRW-waterlichaam zijn, en ook voor alle overige wateren die niet zijn aangewezen als KRW-waterlichaam, zijn nog geen ecologische doelen bepaald. Het waterschap gaat voor deze wateren, samen met de provincies, doelen opstellen. Als hulpmiddel hiervoor zijn de waterwijzers beschikbaar. Maatregelen ter verbetering van de HEN- en SED-wateren zijn opgenomen in het KRW-programma. Echter zijn er voor de beken rondom Winterswijk (dus ook de Stortelersbeek) nog aanvullende maatregelen nodig om het gewenste ecologische niveau van de HEN- en SED-wateren te bereiken.

5.3 Doeltype

De doeltype van een beek geeft aan welke vegetatie hier wenselijk is en hoe het systeem er in de meest optimale manier eruit moet zien. Deze doeltype is ook belangrijk voor de HEN/SED. De omschrijving van de doeltype is het streefbeeld van de gestelde HEN of SED beek. In verschillende documentatie wordt een andere doeltype aan de Stortelersbeek gegeven. Het ene onderzoek zegt dat de beek een temporaire beek is (Provincie Gelderland 2020) terwijl een ander onderzoek ervan uitgaat dat het doeltype voor de beek een plateaubek is (Royal HaskoningDHV, 2020). Er zit dan ook nog wat verschil tussen deze twee doeltypes. Allereerst worden alle eigenschappen van beide doeltypes onderzocht. Met behulp van veldwerk en eigen inzichten zal er bepaald worden welke doeltype het beste bij de beek past.

5.3.1 Temporaire beek

Een temporaire beek (figuur 25) komt van nature voor in situaties met ondiepe tot zeer ondiep stagnerende lagen. Waarbij door verdamping in de zomer de voeding van de beek sterk afneemt. Deze type beken zijn terug te vinden in het oosten van Nederland en in het stuwwalgebied.

Een temporaire beek wordt over het algemeen getypeerd door het periodiek droogvallen, en slingerende waterloop en wordt gezien als een bijzondere type laaglandbeek. Bij dit soort beken is er nauwelijks beekvegetatie aanwezig en een beperkte visgemeenschap. Een temporaire beek is daarnaast zeer gevoelig voor verdroging en verandering in waterkwaliteit.

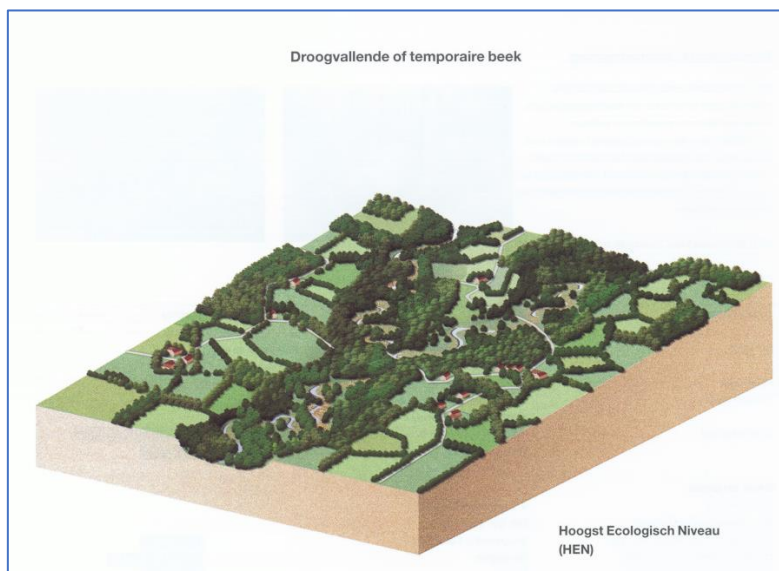
Een temporaire beek heeft over het algemeen een verval van minder dan 1m/km en een stroomsnelheid tussen de 0 tot 0.5m/sec. Hierdoor vindt er een matige erosie en afzetting van sedimentatie plaats. In de zomer staat een temporaire beek droog, in de winter heeft de beek een gevarieerde stroming en waterpeil ook reageert de beek zeer snel op neerslag. Hierdoor is er in de beek voornamelijk een slibbedekking van minder dan 10% van de beekbodem te vinden.

Het water in de temporaire beek is matig zuur tot neutraal afhankelijk van het grote aandeel van afstromend regenwater en ondiep grondwater ten opzichte van de bodemsamenstelling. Het water is matig voedselrijk en heeft een relatief hoog ammoniumgehalte in het najaar (gemineraliseerde droge beekbedding). In het najaar is er sprake van verhoogde ammoniakconcentraties door mineralisatie van organisch materiaal in de droge beekbedding.

In de temporaire beek groeit nauwelijks beekvegetatie omdat de beek in de zomer droogvalt. De vegetatie bestaat uit soorten die zich vroeg in het voorjaar ontwikkelen als er nog wel water in de beek staat. De oevers zijn begroeid met bomen of struiken.

Het beekdallandschap wordt getypeerd door een bosrijke omgeving met een beperkte insnijding van de beek en heeft een halfgesloten landschap met een beperkt overstromingsgebied.

Voor de temporaire beek staat als enige maatregel het maximaal inperken van onderhoud.



Figuur 25: Temporaire beek HEN

5.3.2 Plateaubeeek

Plateaubeken zijn te vinden in oost-Nederland, ten oosten van Aalten. Deze beken worden beschouwd als een bijzonder type laaglandbeek. Delen van zij- of bovenlopen kunnen behoren tot het type temporaire beek of het type veen-/heidebeek. Trajecten van de plateaubeeek waar een gering verval aanwezig is zijn te ontwikkelen naar het type moeraslandbeken om zo meer waterretentie te creëren.

Een plateaubeeek wordt over het algemeen getypeerd als een permanent watervoerende laaglandbeek met relatief veel verval. De beek is meanderend met oeverwallen, steilranden, holle oevers en oude beekarmen. Als gevolg van de grote variatie in stroming en substraat is de beekfauna zeer soortenrijk. Een plateaubeeek is daarnaast matig gevoelig voor veranderingen in waterkwaliteit en voor verdroging.

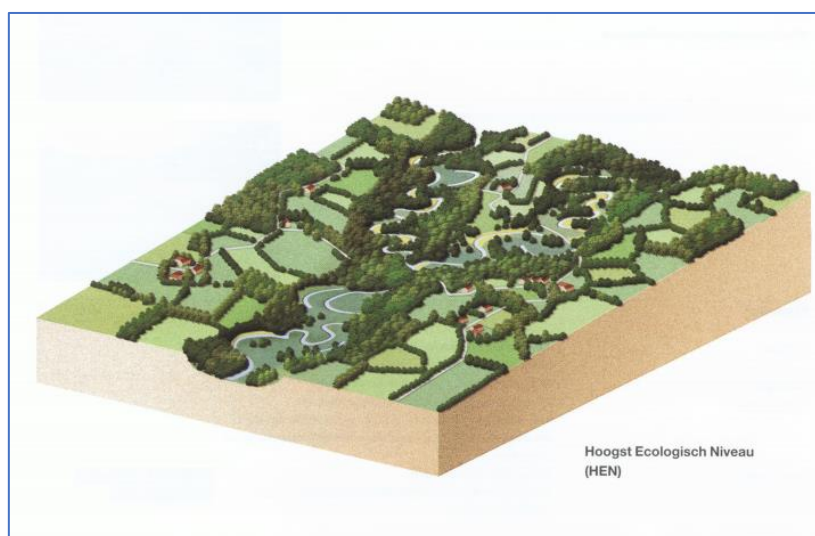
De plateaubeeek heeft over het algemeen een verval van 1-2m/km en een stroomsnelheid van 0.5-1.0m/sec. Hierdoor is de variatie in sedimentatie en het voorkomen van erosie vaak voorkomend. Ook reageert de beek ook zeer snel op neerslag. Door dit is er een grote variatie van stroming en waterpeil. In de plateaubeeek komt voornamelijk grof tot fijn zand voor met geen organisch materiaal in de stroomdraad.

Het beekdallandschap van een plateaubeeek wordt gekenmerkt door smalle dalen, gevuld met beekafzettingen en natuurlijke begroeiing (elzen en essen) en heeft een geheel tot halfgesloten landschap. In de laagtes is er plaats voor overstromingsgebieden.

De algemene maatregelen die opgesteld zijn voor een beek voor een plateaubeeek met een HEN waarde zijn te vinden in tabel 2. Een visueel voorbeeld van dit landschap is te zien in figuur 26.

Maatregelen	HEN
Aansluiten meanders of hermeanderingen	Vrije meandering in gehele beekdal
Verwijderen stuw	Ja, tenzij historisch
Verwijderen profielverdediging	Vrije erosie langs gehele beek
Ontwikkelen beek begeleidende begroeiing	Min 80% op zuidoever, max. 90% op beide oevers
Inperken onderhoud	Maximaal inperken
Verwijderen drainage in beekdal	Geen drainagemiddelen in beekdal
Aanleggen hydrologische buffer/inundatiezone	Niet bij natuurlijk reliëf of loop
Aanpak overstorten, lozingen RWZI	Overstorten en/of lozingen saneren

Tabel 2: HEN maatregelen



Figuur 26: Plateaubeeek HEN

5.4 Kaderrichtlijn Water (KRW)

De KRW is in 2000 van kracht gegaan en heeft als doel de kwaliteit van oppervlakte- en grondwater in Europa te waarborgen. Hierin worden de eisen benoemd waaraan specifieke watervallen aan moeten voldoen (RIVM, z.d.).

De KRW gaat uit van een aanpak waarin alle wateren in internationale stroomgebieden centraal staan. Tot het internationale stroomgebied van een rivier behoort niet alleen het water van de rivier zelf, maar al het water in de betreffende regio, dus ook bijvoorbeeld vertakkingen, meertjes en grondwater. De Nederlandse wateren behoren tot de stroomgebieden van de Eems, Rijn, Maas en Schelde. Nederland heeft voor elk van deze stroomgebieden aparte beheersplannen opgesteld, met alle milieudoelstellingen voor het grond- en oppervlaktewater en de beschermde gebieden. Hierin staan ook de maatregelen om deze doelstellingen te bereiken, zoals verwijderen van waterbodems en hermeanderen van waterlopen, zuiveringsvermogen van rioolwaterzuiveringsinstallaties verbeteren en gebruik van bestrijdingsmiddelen verminderen. In 2009 zijn de eerste beheersplannen afgerond. Deze plannen worden elke zes jaar herzien.

De Stortelersbeek heeft in de KRW zelf geen specifieke eisen. Hier valt de Stortelersbeek onder het stroomgebied van de Keizersbeek (figuur 27). Indirect heeft de kwaliteit van het water in de Stortelersbeek dus effect op de score van de Keizersbeek, aangezien het water daar uiteindelijk terecht komt. De Keizersbeek voldeed in 2020 over het algemeen aan de eisen die in de KRW zijn opgesteld. Op drie punten scoort de Keizersbeek onder de opgestelde eisen. Deze punten zijn: vis, fosfor en stikstof. Deze punten moeten verbeterd worden.

Biologische en chemische waterkwaliteit		
Ecologische toestand	Toestand 2020	Doel
Biologie		GE
Fytoplankton (EKR)		N.v.t.
Macrofauna (EKR)	0.37	0.35
Overige waterflora (EKR)	0.57	0.55
Vis (EKR)	0.08	0.1
Algemeen fysische chemie		GE
Fosfor totaal (zomergem.) (mg P/l)	0.15	0.11
Stikstof totaal (zomergem.) (mg N/l)	2.49	2.3
Zoutgehalte (zomergem.) (mg Cl/l)	44.8	150
Zuurgraad (zomergem.) (-)	7.78	5.5-8.5
Zuurstofverzadiging (zomergem.) (%)	89.5	70-120
Specifieke verontreinigende stoffen (SVS)	Normoverschrijdend	
Overige normoverschrijdende stoffen	ammonium, zilver, arseen, barium, kobalt, selenium, uranium, zink	
Chemische toestand	Normoverschrijdend	
Prioritaire stoffen	geen stoffen	

Figuur 27: GEP-resultaten Keizersbeek 2020

Om deze punten te kunnen verbeteren in de Keizersbeek zijn er in de KRW een aantal maatregelen opgesteld. Deze maatregelen worden hieronder benoemd.

Maatregelen WRIJ:

1. Bovenlopen van Keizersbeek met HEN- of SED-functie (Dambeek-Haartsche W.L., Schaarsbeek, Stortelersbeek- Stuwbeek en Wooldseweg W.L.) natuurlijker inrichten en voorzien van ten minste 10 meter brede beboste bufferstroken.
2. In het hele stroomgebied maatregelen nemen die leiden tot minder en tragere afvoer van water via oppervlaktewatersysteem zodat de afvoerdynamiek vermindert en periode van basisafvoer langer wordt.
3. De kwaliteit van het effluent verder verbeteren zodat de rioolwaterzuiveringsinstallatie bij Aalten niet zorgt voor normoverschrijding van fosfor en ammonium.

Maatregelen andere partijen:

1. De stoffen die norm overschrijdend worden aangetroffen, zijn afkomstig uit de landbouw (zware metalen, ammonium), vanaf wegen en uit het bebouwde gebied (zware metalen). De aanpak van deze diffuse bronnen vergt generiek beleid van het Rijk.

Doordat het waterlichaam van de Keizersbeek in landbouwgebied ligt en een belangrijke afvoer functie voor water heeft benoemd de KRW de beperkte mogelijkheden voor verdere natuurontwikkelingen.

5.5 Drainage en berekening

In augustus 2020 heeft het Waterschap het drainage- en beregeningsbeleid aangepast. De belangrijkste aanpassingen zijn de veranderingen in de begrenzing van de beschermingszones. Hierbij wordt nu aangesloten op de begrenzingen van natuurgebieden uit de omgevingsvisie Gelderland 2015.

Het aantal drainage beschermingsgebieden is verminderd en de breedte van de beschermingszones is maximaal 200 meter. Er zijn geen beschermingszones rond bestaande gebieden bijgekomen. Wel enkele kleine gebieden in het kader van de Natura 2000. De al legale aangelegde drainage mag gehandhaafd worden en dus ook vervangen worden. Voor vervanging van de bestaande drainage in de beschermde gebieden geldt wel een maximale ontwateringsdiepte op 80 cm. Hierdoor kan men nog steeds draineren maar wordt het invloedgebied en dus de effecten op kwetsbare natuur kleiner. Voor het gehele stroomgebied van de Stortelersbeek geldt dat er een vergunningsplicht is voor het hebben van een drainagesysteem (bijlage 29). Deze plicht is aangegeven met de gele strepen. Voor het roodgele gestreepte gebied geldt hetzelfde maar heeft dit als doeleinde om de natte landnatuur te bevorderen.

Voor een aantal gebieden vervalt de beperking voor een nieuwe grondwateronttrekking voor berekening en voor een klein aantal nieuwe gebieden gaat een beperking gelden. Voor de nieuwe gebieden waarvoor de beperking komt te gelden worden nieuwe ontrekkingen niet toegestaan. Voor geregistreerde bestaande ontrekkingen geldt dit verbod niet. Wanneer het water voor berekening afkomstig is uit oppervlaktewater of grondwater buiten de beschermingszone zijn er geen beperkingen voor berekening. Op de kaart is bijlage 30 is te zien dat voor een aantal locaties in het stroomgebied nieuwe onttrekking voor berekening niet toegestaan is. Deze locaties zijn met rood aangegeven. Het gestreepte gebied geeft aan dat het verbod natuurdoeleinde heeft.

5.6 Speciale zones/gebieden

De Stortelersbeek is bijna compleet gelegen in een zogenaamd ammoniakbuffergebied (bijlage 31A). Dit zijn gebieden in een zone van 250 meter rondom zeer gevoelige natuur in het Gelders natuurnetwerk waar de emissie van ammoniak niet mag toenemen bij uitbreiding van niet-grondgebonden veehouderij. Niet grondgebonden veehouderij is een vorm van intensieve veehouderij waarbij op een bedrijf wel een stal met dieren staat, maar waar op het bouwland geen ruimte is voor het verbouwen van veevoeder en het uitrijden van mest ergens anders moet worden gedaan (Centraal Bureau voor de Statistiek, 2016).

In bijlage 31B zijn de huidige ecologische verbindingsszones te zien en in bijlage 31C staan de groene ontwikkelingszones. Aan de hand van deze twee kaarten is het goed voor te stellen dat zuidwestelijke verbindingsszones in de toekomst gekoppeld zal worden met de noordoostelijke verbindingsszone. De Stortelersbeek ligt precies in de overgang en kan hier dus een belangrijke rol in gaan spelen.

In het Gelders Natuurnetwerk komt natte landnatuur voor, te zien in bijlage 31D (Provincie Gelderland, 2017). Binnen deze gebieden wordt er verlangd naar het op orde brengen en houden van de waterhuishoudkundige omstandigheden om zo de ecologische diversiteit van de natte landnatuur in het Gelders Natuurnetwerk duurzaam in stand te houden. De provincie beschermt de natte landnatuur door hydrologische beschermingszones aan te wijzen in bijlage 31E

5.7 Groene- en blauwe diensten

Groene- en blauwe diensten worden ondernomen door particuliere grondeigenaren en gebruikers. Deze diensten hebben als doel maatschappelijke wensen op het terrein van natuur, landschap, waterbeheer en recreatief medegebruik te realiseren (STOWA, z.d.). Waarbij groene diensten zich richten op het landschap, natuur en de toegankelijkheid van het landelijk gebied en blauwe diensten een bijdrage leveren aan een gezond en robuust watersysteem.

Deze diensten bieden particuliere grondeigenaren en gebruikers het perspectief om hun inkomensbasis te behouden of te verbreden en vragende partijen zoals het Waterschap de kans om sneller en kosten effectiever de doelstellingen op gebiedsniveau te realiseren. De randvoorwaarden hiervoor zijn lange termijn overeenkomsten, duidelijke afspraken, betrekking van aanbieder en vragen vanaf het begin, gebiedsgericht en een geïntegreerde aanpak, goede organisatie, voldoen aan Europese wetgeving en zorg voor een evenwicht in de belangen. Wanneer een regeling wordt gebaseerd op de in de Catalogus groen- blauwe diensten voorkomende regelingen hoeft deze niet meer getoetst te worden door de Europese commissie.

Dit principe is nog vrij nieuw en het goed op waarden kunnen schatten van ecosysteem diensten is nog in ontwikkeling. In de meeste gevallen is het kosteneffectief gebleken omdat de landbouwactiviteiten vaak onder normale omstandigheden door kunnen gaan.

5.8 Hoofdstuk analyse

Het waterbeheerplan laat zien dat het Waterschap tijdens hun projecten zich meer bezighoudt met de extremen en niet alleen de normaal situatie. Het systeem moet zo ingericht zijn dat het tijdens droogte maar ook te natte omstandigheden niet voor langdurige overlast zorgt. Hierbij is het principe van vasthouden-bergen-afvoeren van groot belang tijdens de nattere tijden. Dit zorgt ervoor dat in nattere tijden meer buffering plaatsvindt die in drogere tijden van belang is om droogteschade te verminderen. In de droge tijden gaat het om sparen-aanvoeren-adapteren-accepteren. Hierbij gebeurt het sparen dus al in nattere tijden. Het aanvoeren vindt plaats wanneer het gebied zelf niet genoeg mogelijkheden heeft om water langere tijd vast te houden. Het adapteren vindt plaats wanneer het systeem niet langer in de huidige staat gehouden kan worden zullen de functies die er in dit systeem worden gebruikt aangepast moeten worden. Als laatste, als al het andere niet werkt, heb je het accepteren van de omstandigheden. De verdringingsreeks laat zien dat natuur die van belang is voor de bodemgesteldheid voor gaat op andere functies zoals landbouw. Wanneer het om de 'normale' natuur gaat staat het belang van landbouw en natuur op dezelfde hoogte als het gaat om de besluitvorming in de maatregelen.

De Stortelersbeek is een HEN-watgang. Hierdoor moet deze voldoen aan het hoogste ecologisch niveau. Om dit te kunnen bereiken zijn er doormiddel van de KRW-eisen gesteld waaraan deze beek moet voldoen. De beek is hierdoor dus van belang voor hoogwaardige natuur en valt daardoor ook in een hoge categorie als het gaat om de verdringingsreeks. Verder wordt er aan de hand van de gestelde doeltipe bepaalt over welke eigenschappen de beek moet beschikken.

De KRW laat zien dat de GEP-resultaten van de Keizersbeek, waar de Stortelersbeek onderdeel vanuit maakt, op velen vlakken voldoet aan de gestelde eisen met uitzondering van de EKR, fosfor en stikstof. Deze onderdelen vereisen nog een verbetering. Op de fosfor en stikstof zou de Stortelersbeek een rol kunnen spelen maar doordat er geen vis in de beek aanwezig is kan het geen rol spelen op de EKR. Verder valt het op te merken dat de gestelde doelen niet erg hoog zijn en dus verbetering ten aanzien van deze doelen altijd goed is. Maatregel twee die door het Waterschap gesteld is ter verbetering van de KRW is ook van toepassing op dit onderzoek en zal daarom ook op die manier worden meegenomen in de maatregelen. Het gaat hierbij om de volgende maatregel: "In het hele stroomgebied maatregelen nemen die leiden tot minder en tragere afvoer van water via oppervlaktewatersysteem zodat de afvoerdynamiek vermindert en periode van basisafvoer langer wordt."

Op het huidige moment heeft de Stortelersbeek kenmerken van zowel een temporaire als een Plateabeek. Door de droogval in de zomer lijkt de beek eerder op een temporaire beek. Uit onderzoek blijkt dat de Stortelersbeek voor het grootste gedeelte door grondwater gevoed wordt waardoor het meer eigenschappen heeft van een plateabeek. Ook het feit dat de beek in een dal ligt laat het meer op een plateabeek lijken. Een plateabeek en een temporaire beek komen op veel vlakken redelijk overeen. Om deze reden is het dus moeilijk te zeggen welke doeltipe nu het beste past bij de beek. De verwachting is dat de beek in minder droge tijden het hele jaar door watervoerend was. Maar door

maatregelen van de mens en klimaatveranderingen zijn er eigenschappen van de plateaubeek weggenomen en is er een mindere afvoer van water. Met deze kennis wordt er aangenomen dat de doeltypes plateaubeek het beste bij de beek past. Dit betekent dat de beek in de huidige staat niet voldoet aan dit doeltypes aangezien de beek in de zomer voor langere tijd droogvalt.

Het drainage- en beregeningsbeleid is strenger geworden. In veel locaties van het stroomgebied moet er een aanvraag bij het Waterschap plaatsvinden voordat er drainage en beregening mag worden toegepast. Dit zal waarschijnlijk in de meeste gevallen niet toegekend worden aangezien de droogte steeds vaker voorkomt. De huidige drainagesystemen mogen nog gebruikt worden en vernieuwd worden maar niet uitgebreid, hetzelfde geldt voor beregening.

De Stortelersbeek heeft ook locaties toegewezen gekregen voor natte natuur. Deze zijn in de huidige omstandigheden nog niet terug te zien in het landschap. Deze locaties kunnen van belang zijn voor de waterberging. Het feit dat het stroomgebied is aangewezen als ammoniakbufferingsgebied betekent dat er minder druk van de landbouw komt op de natuur. Dit is ook ten goede van de waterhuishouding. Als laatste is te zien dat de huidige ecologische verbindingzones in de nabijheid van de Stortelersbeek liggen. Op de kaarten 31B en 31C is te zien dat bij mogelijke verbinding het stroomgebied een belangrijke rol kan gaan spelen. Aan deze zones/gebieden is te zien dat de natuur in de toekomst een steeds belangrijke rol moet gaan spelen volgens het beleid. Om deze reden zou de waterhuishouding ook meer ten behoeve van de natuur ingericht moeten worden.

De groene- en blauwe diensten bieden de mogelijkheid om stakeholders in het gebied nieuwe inkomstenbronnen te geven voor de ontwikkeling van natuur of berging van water. Dit kan het mogelijk maken om projecten in het gebied makkelijker van de grond te krijgen.

6. Stakeholder gesprekken

Tijdens het veldwerk is er contact geweest met bewoners van het stroomgebied daarnaast zijn er nog geplande gesprekken aangegaan met stakeholders in het gebied. Vanuit privacy wetgeving zullen specifieke namen niet genoemd worden. Uit deze verschillende gesprekken kwam wel een algemeen beeld naar voren.

De stakeholders in het gebied ervaren de ernst van het probleem en staan wel degelijk open voor de aanpak van de problemen. Langere tijd is er dan ook weinig gedaan om dit te doen en is er op moment alleen over gepraat. De laatste maanden zijn er wel kleinere maatregelen in het gebied getroffen zoals het op enkel locaties plaatsen van regelbare stuwtjes. Hier zijn ze blij mee maar om de grotere problematiek aan te pakken willen ze graag maatregelen, op grotere schaal, die het probleem bij de bron zullen aanpakken. Dit is volgens hun inzien de enige manier om echt het probleem te kunnen aanpakken.

Ook geven ze aan niet direct een probleem te zien in natuurontwikkeling als hierbij zoveel mogelijk de dubbelfunctie wordt gezocht en landbouw en natuur elkaar aanvullen. Hierbij speelt een behoud van inkomsten ook een belangrijke rol. De boeren in het gebied, die grote delen van het land bezitten, hebben het de laatste jaren zwaar door nieuwe wetgeving die vragen om meer investeringen. Het treffen van maatregelen die de inkomsten van de boeren verder beperken zullen dan ook niet in goede aarde vallen. Hierbij dragen ze aan dat ze vanaf het begin een overzicht willen hebben van de kosten en de nieuwe mogelijke bronnen van inkomens.

Graag willen ze ook vanaf het begin betrokken zijn bij onderzoek naar maatregelen die getroffen kunnen worden en niet pas aan het eind geïnformeerd worden. Deze betrokkenheid kan doormiddel van inspraak of door het meehelpen aan onderzoeken doormiddel van dataverzameling bij bijvoorbeeld grondwatermonitoring of op andere manieren, mocht dit zich voor doen. Onderzoeken die in het verleden in het gebied zijn uitgevoerd dragen dit punt ook aan als een reden waarop een project is spaak gelopen. "Betrokkenen dienen in een zo vroeg mogelijk stadium te worden geïnformeerd. Er is nu vaak gewacht met communiceren tot er concreet iets gemeld kon worden, maar dit is wellicht niet optimaal. Het zou waarschijnlijk beter zijn geweest om mensen in het gebied te betrekken bij het proces, voorafgaand aan de modelberekeningen, waar impliciet toch vaak keuzes aan ten grondslag liggen." (Hack-ten Broeke et al., 2003, p. 43).

Opvallend was dat uit meerdere gesprekken de maatregelen uit het Wooldse Veen naar voren kwamen. De stakeholders hadden het idee dat de droogte zich eerder inzet sinds de maatregelen die genomen zijn in het Wooldse Veen. Ook zouden huizen last hebben gehad van zettingsschade. De gedachte hierachter is dat het waterkerende foliescherm, dat is aangebracht (NatureToday.com, 2019), de grondwaterstroom heeft beïnvloed die normaliter in het stroomgebied van de Stortelersbeek uitkomt. Ook wordt het water van het Wooldse Veen nu de andere richting afgevoerd. Uit dit onderzoek is al gebleken dat de Stortelersbeek een sterk grondwaterafhankelijke beek is. Dus wanneer deze grondwaterstromen van het Wooldse Veen daadwerkelijk richting de Stortelersbeek leiden zal dit zeker invloed hebben op een eerdere droogval van de beek.

7. SWOT

In onderstaande tabel 3 staan de sterktes, zwaktes, kansen en bedreigingen van de Stortelersbeek beschreven die uit dit onderzoek naar voeren zijn gekomen.

Sterktes	Zwaktes
- o Ingericht op ontwatering - o Veel ruimte voor water in de beek - o Sterk wisselende ondergrond - o Beleid ter ondersteuning van waterhuishouding	- o Ingericht op ontwatering - o Diepe insnijding - o Waterbergende capaciteiten bovenloop - o Naaldbossen - o Weinig eigendom WRIJ
Kansen	Bedreigingen
- o Vroegere watergangen - o 'Kamelenbulten' - o Ecologische zones - o Grondwater gevoed systeem - o Groen- blauwe diensten - o Bereidheid stakeholders	- o Klimaatveranderingen (droogte/wateroverlast) - o Sterk wisselende ondergrond

Tabel 3: SWOT

Aan de hand van deze analyse kunnen er verbanden worden gelegd. Hierbij wordt er geanalyseerd hoe de zwakke punten kunnen worden weggenomen met behulp van de kansen en sterktes. Daarnaast wordt ook benoemd hoe mogelijke zwaktes aangepakt kunnen worden

- Doordat het weer steeds extremer wordt door klimaatveranderingen zal er niet alleen rekening moeten worden gehouden met de droogval van de beek maar ook met een periodieke extreme afvoer. Hiervoor zullen ook maatregelen moeten worden bedacht.
- Door middel van de veldtesten van het oppervlaktewater kan er geconcludeerd worden dat het watersysteem voor het grootste gedeelte grondwater gevoed is. Het is dan ook belangrijk om voor maatregelen te kiezen die ervoor zorgen dat het grondwater wordt bijgevuld waarmee in de winter een buffer wordt opgebouwd die langzaam het water loslaat in de zomer.
- Doordat er veel ruimte voor water is en het de waterhuishouding is ingericht op de ontwatering van het gebied wordt overlast van water in het huidige systeem geminimaliseerd. Dit zorgt er ook voor dat er minder tijd is voor het water om lokaal te infiltreren. Doormiddel van een minder sneller afvoer zou er meer water geborgen kunnen worden. Om wateroverlast in nattere tijden te kunnen voorkomen zou er gebruik gemaakt kunnen worden van oude watergangen als eventuele mee stroomgeulen.
- Herstel van een aantal oude watergangen en het aanpassen van de huidige watergangen zodat de 'kamelenbulten' weer functioneren kan de waterbergende capaciteiten in het gebied vergroten.
- Door het verminderen van de naaldbossen zal er ook een vermindering van verdamping plaatsvinden. Hiermee wordt de druk op de huidige waterberging verminderd.
- Het huidige beleid dat van toepassing is voor de Stortelersbeek laat zien dat de natuur in het gebied belangrijk is en ontwikkeld moet worden. Voor deze ontwikkeling van natuur is er een betere waterhuishouding nodig waarbij er meer water in het stroomgebied vastgehouden moet worden. Dit betekent dat de droogval van de Stortelersbeek zo veel mogelijk verminderd moet worden.

- Uit de gesprekken is gebleken dat de stakeholders open staan voor mogelijke maatregelen. Hierbij willen ze wel vanaf het begin betrokken zijn met het project en geen grote inkomst verliezen lijden door de uitvoering van mogelijke maatregelen. De groene- en blauwe diensten kunnen hierbij een belangrijke rol spelen. Wanneer er een maatregel moet worden uitgevoerd die tot mogelijke inkomsten verliezen kunnen lijden voor de landeigenaren kan er door het gebruik van deze diensten een nieuwe inkomstenstroom voor de landeigenaren gecreëerd worden om dit te compenseren.

Aan de hand van deze punten zal in het volgende hoofdstuk onderzocht worden welke maatregelen kunnen worden toegepast. De maatregelen die benoemd worden hebben als doel om zo goed mogelijk op de SWOT-analyse in te spelen.

8. Mogelijke maatregelen

In dit hoofdstuk worden alle mogelijke maatregelen omschreven. Hierbij wordt ingespeeld op de SWOT-analyse. Met behulp van deze analyse kan er gericht onderzoek gedaan worden naar mogelijke maatregelen die de droogval van de Stortelersbeek kunnen verminderen. Om te voorkomen dat door het oplossen van een probleem een nieuw probleem ontstaat worden ook de mogelijke maatregelen benoemd die wateroverlast kunnen verminderen. Dit met het oog op het feit dat klimaatveranderingen voor extremer weer zorgt en dus voor meer droogte en wateroverlast kan gaan zorgen in de toekomst. Uiteindelijk zullen de mogelijke effecten worden samengevat en wordt er voor alle maatregelen een Multicriteria-analyse uitgevoerd.

8.1 Maatregelen tegen droogval

In dit deelhoofdstuk worden de mogelijke maatregelen omschreven die de droogval van de Stortelersbeek kunnen verminderen. Hierbij wordt uitgelegd hoe deze maatregelen uitgevoerd kunnen worden en welk positieve en negatieve effecten deze maatregelen kunnen hebben.

8.1.1 Kennisuitwisseling boeren

Landbouw is een belangrijk onderdeel van het Nederlandse landschap, ook in dit gebied. Een groot gedeelte van het land dat aanwezig is in het stroomgebied wordt gebruikt voor landbouw. Door kennis uit te wisselen met de boeren kan ervoor gezorgd worden dat er effectiever wordt omgegaan met water.

Dit kan gedaan worden door boeren in de praktijk te laten zien hoe ze werkzaamheden kunnen aanpassen om efficiënter met water om te gaan. Ook is het belangrijk dat boeren hun eigen ondergrond beter leren kennen, vooral in het Achterhoeks mozaïek landschap. Hier kan de ondergrond op zeer korte afstand sterk verschillen. Wanneer de boeren zelf de tools in handen krijgen om hun ondergrond beter in kaart te brengen en te begrijpen, kunnen ze hier effectiever mee omgaan en hun productiviteit verbeteren, zelfs in een veranderend klimaat.

Daarnaast verzorgt de kennisuitwisseling voor een beter contact met de stakeholders in het gebied. Hierdoor kan het Waterschap een beter inzicht krijgen van het draagvlak voor maatregelen in het gebied en waar de stakeholders voor open staan. Bij toekomstige projecten in het gebied kunnen stakeholders dan ook direct betrokken worden.

Een uitgelezen kans hiervoor is een actievere samenwerking van het Waterschap met De Marke (De Marke, 2021). De Marke is een boerencoöperatie waarbij onderzoek wordt gedaan en wordt geëxperimenteerd op het gebied van natuur inclusieve- kringlooplandbouw. Dit is ontstaan uit een samenwerking van de Wageningen Universiteit en de proefboerderij De Marke. Een verbeterde samenwerking vanuit het Waterschap met deze organisatie betekent dat er kortere lijntjes zullen ontstaan met de stakeholders waarmee het Waterschap vaak samenwerkt. De contacten en kennis die tijdens deze samenwerking worden opgedaan kunnen worden aangedragen als voorbeelden voor andere locaties en daarnaast kan het Waterschap hun stem op een breder niveau laten horen.

8.1.2 Subirrigatie

Subirrigatie maakt gebruik van een bestaand drainagesysteem alleen heeft subirrigatie het tegenovergestelde doel. Hierbij wordt het water niet afgevoerd maar aangevoerd. Op percelen waar een drainagesysteem aanwezig is maar in de droge tijden van het jaar ook beregend wordt kan dit systeem gebruikt worden om effectiever om te gaan met het water.

Doordat het water via het drainagesysteem door de ondergrond wordt verspreid neemt dit de factor van verdamping weg. Daarnaast voedt dit water gelijk het grondwater weer aan waardoor beregening minder belastend wordt voor de grondwaterstand. Irrigatie met deze methode betekent dat er minder water voor beregening nodig is maar ook dat er meer water in de ondergrond blijft.

Uit onderzoek van Bartholomeus, van den Eertwegh, & van Huijgevoort, (2018) is gebleken dat deze methode effectief is en laat een directe stijging in het grondwater zien. Bij een veldproef in America, te Limburg, is een dergelijk systeem getest. Hierbij is grondwater gebruikt voor de bewatering. Tijdens deze proef was een directe grondwaterstijging op te merken. Door het gebruik van deze methode gebruikt het gewas alleen het water dat het nodig heeft en het overig zal het grondwater weer aanvullen. Een deel van het water wordt ook afgevoerd via de afwateringssloot.

Het gebruik van een dergelijk systeem kan alleen gedaan worden op percelen die een vergunning hebben voor een drainagesysteem en beregening. De huidige wetgeving laat niet toe dat er nieuwe drainagesystemen worden geplaatst in gebieden waar dit niet toegestaan is en waar ze nog niet aanwezig waren. Ook zijn er geen nieuwe beregeningsvergunningen toegestaan in het stroomgebied van de Stortelersbeek. Deze gebieden zijn in hoofdstuk 5.5 omschreven. Het is ook onbekend welke percelen in het stroomgebied gebruik maken van een drainagesysteem. Hierdoor is het moeilijk om de schaal waarop deze maatregel kan worden uitgevoerd te bepalen.

8.1.3 No till

No till is het verbouwen van gewassen zonder het land daarvoor om te ploegen. Het beschermt de bodem en verbetert de kwaliteit van de ondergrond. Daarnaast zorgt deze methode er ook voor dat het regenwater wat op het land valt niet gelijk afstroomt maar infiltreert op het land zelf. Dit komt doordat de bodem bij ongeploegde grond nog vol zit met organisch materiaal en wortels. Door deze wortels kan het water makkelijker de grond insijpelen. Bij geploegde grond is de bodemlaag verstoord waardoor deze verdicht wanneer er water op valt en er dus zorgt dat het water snel afstroomt naar de sloten.

Hiervoor zijn verschillende methodes van beplanten van gewassen mogelijk. Dit betekent overigens niet dat niet ploegen die meeste ideale optie is (Heselmans, 2015). Vaak is het ondieper ploegen al voldoende. Zo is gebleken dat deze methode van landbewerking vooral gunstig is voor droge, niet geïrrigeerde akkers. In natte gebieden daalde juist de opbrengst door niet ploegen.

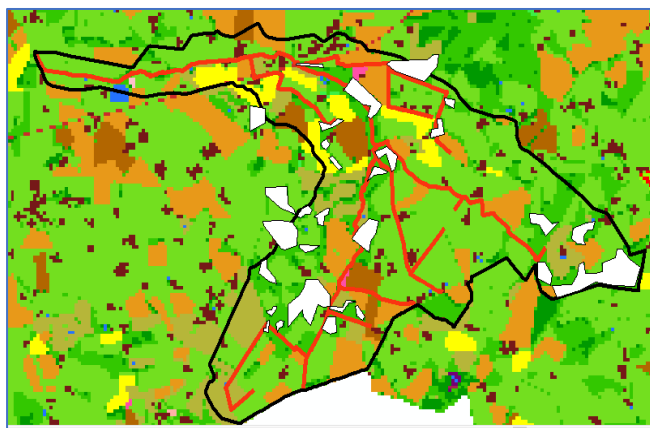
Deze methode is bevorderend voor de bodemkwaliteit en daarmee ook de gewasproductie op droge akkers. Daarnaast is het gebleken dat in deze akkers, door de verbeterde bodemkwaliteit, vaak minder bestrijdingsmiddelen nodig zijn door de grotere biodiversiteit die als natuurlijke bestrijding werkt. Bij het hanteren van deze methode wordt vaak ook brandstof bespaart. Dit betekent dat een verlies in gewasopbrengst in nattere gebieden kan worden gecompenseerd door deze besparing.

Het minder ploegen of het ondieper ploegen kan zeker een positieve invloed hebben op de infiltratie van de akker. Daarnaast kan het in sommige gevallen zelfs de opbrengst van deze akker verbeteren en de kwaliteit van de gewassen.

8.1.4 Vervanging naaldbomen

Het stroomgebied heeft een redelijk groot oppervlakte aan bos, vooral rondom de beek. Ongeveer 50 hectare van dit bos, in en rondom het stroomgebied, bestaat uit naaldbomen. Dit is te zien in figuur 28. In deze figuur zijn de watergangen ingetekend met rood en de gebieden met naaldbomen zijn weergegeven als witte vlakken.

Naaldbomen hebben over het algemeen een grotere verdamping dan loofbomen. Zo is de totale verdamping van licht naaldbos



Figuur 28: Oppervlakte naaldbos

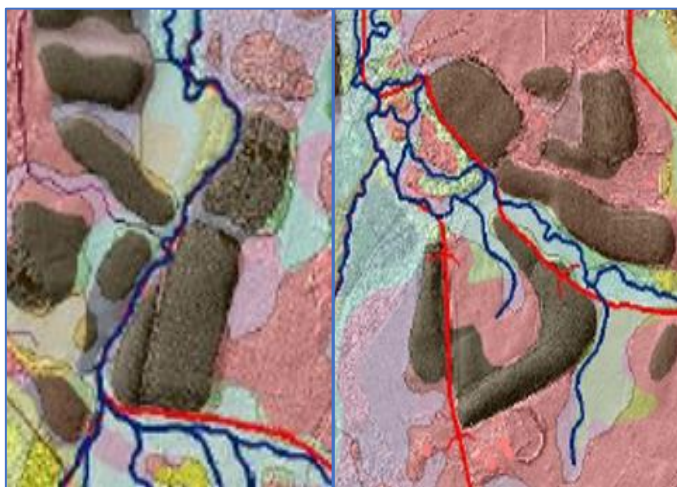
489mm/jaar en van donker naaldhout zelfs 692mm/jaar. Dit is veel meer dan de verdamping van loofbos, dat een verdamping heeft van 458mm/jaar. Ook is er een sterk verschil in de grondwateraanvulling die ieder type bos verzorgd. Zo is deze voor licht naaldhout 331mm/jaar, donker naaldhout 129mm/jaar en voor loofbos 362mm/jaar (Jansen & Olsthoorn, 2003).

Het verminderen van de naaldbossen kan dus een rol spelen in de vermindering van verdamping en de verbetering van de aanvulling van het grondwater.

Deze maatregel kan worden uitgevoerd door voor nieuwe aanplant niet langer naaldbomen te gebruiken maar loofbomen. Op deze manier kunnen de naaldbossen langzaam uit gefaseerd worden. Daarnaast kan er ook voor gekozen worden om naaldbomen te kappen en nieuwe loofbomen te planten om dit proces te versnellen. Loofbomen zijn niet alleen beter voor de waterhuishouding maar ook voor de biodiversiteit (Bosgroep Noord-Oost Nederland, 2018) in het gebied en zijn ze minder brandgevaarlijk in vergelijking met naaldbomen. Uiteraard hebben naaldbomen ook een functie, voornamelijk in de opbrengst van bosbouw, en is totale omvorming niet bevorderlijk. Welke soort loofbomen hiervoor in de plaats zouden moeten komen zal per gebied onderzocht moeten worden.

8.1.5 Herstel 'kamelenbulten'

In het stroomgebied zijn vele hoge enkeerdgronden aanwezig. Deze gronden kunnen ook als 'kamelenbulten' worden gezien. Ze hebben de capaciteit om water op te zuigen in nattere tijden door de opbolling van het grondwater wat hier plaats vindt. Het actief maken van deze 'kamelenbulten' zou de waterbergende capaciteit van het gebied vergroten. Niet alleen de hoge enkeerdgronden maar ook de gooreerdgronden kunnen hiervoor dienen.



Figuur 29: Kamelenbulten

In figuur 29 is ook te zien hoe een aantal van de huidige watergangen (rode lijnen) door deze 'kamelenbulten' (donker bruin) snijden waardoor deze als het ware 'lek' zijn gestoken. De oude watergangen (blauwe lijnen) kronkelde meer langs deze 'kamelenbulten' op en benutte op die manier de spons functie van deze locaties.

Herstel van deze 'kamelenbulten' zorgt voor een verbetering grondwateropslag. Deze opslag is van belang voor de toevoer van water in drogere tijden.

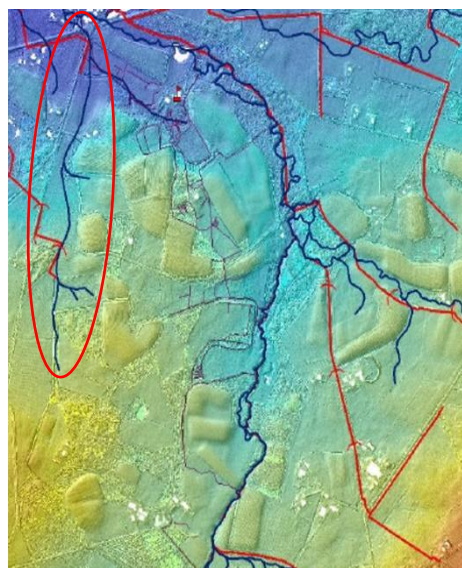
Het aanpassen van de huidige watergangen zodat deze niet meer door de 'kamelenbulten' snijden heeft de potentie om deze sponzen te herstellen. Dit zorgt ervoor dat er in drogere tijden een toevoer van water is door het langzaam leeg sijpelen van deze sponzen. Hiervoor moeten de gaten die door de watergangen in deze 'kamelenbulten' zijn gemaakt worden afgedicht met materiaal dat vergelijkbaar is tot het materiaal in de 'kamelenbult'.

Daarnaast kan er nog gezocht worden naar deze kamelenbulten in kleinere vorm in gebieden waar gooreerdgronden voorkomen (bijlage 8). Deze bulten zijn in de gooreerdgronden vaak in kleinere vorm aanwezig. Bij het uitvoeren van andere beekherstel maatregelen zou er onderzocht kunnen worden hoe deze betrokken kunnen worden. Aan de kaart in bijlage 8 is ook te zien dat de enkeerdgronden en gooreerdgronden veelal om de beek liggen en dit dus kansen geeft voor betrekken bij andere maatregelen.

8.1.6 Herstel oude watergang

Over de jaren heen is er veel veranderd in het stroomgebied van de Stortelersbeek. Zo zijn er verschillende watergangen aangelegd maar ook gedempt, aangekoppeld of afgekoppeld. In figuur 30 is een watergang te zien die vroeger onderdeel uitmaakte van het stroomgebied van de Stortelersbeek. Nu is daar de Kressers W.L. gegraven die het water afvoert naar het westen (rode lijn).

Deze watergang zorgt ook voor een andere grondwaterstroming in het gebied en vangt grondwater van de waterhuishouding van de Stortelersbeek af. Een herstel van de oude watergang (blauwe lijn), die rood omcirkeld, is zorgt ervoor dat er meer water in de waterhuishouding van de Stortelersbeek aanwezig blijft door de parallellen loop aan de Stortelersbeek. Deze watergang stroomt ook weer langs enkele hoge enkeerdgronden op met een juiste inrichting ervoor zorgen dat er meer water in gebied geborgen kan worden en de grondwatertoevoer in de Stortelersbeek mogelijk zal toenemen.



Figuur 30: Voormalige watergang

8.1.7 Herstel natte landen

Uit de historische analyse kwam naar voren dat de voormalige veengebieden bij het Blekkinkveen een belangrijke rol hebben gespeeld voor de toevoer van water in de Stortelersbeek. Deze zijn in het verleden ontgonnen en het materiaal daarvan is gebruikt voor het maken van bakstenen. Op de locatie van deze oude veengebieden wordt nu landbouw bedreven. Dat deze gebieden nu nog steeds nat kunnen zijn is te zien aan de aan de vele sloten die voor de ontwatering moeten zorgen (figuur 31).



Figuur 31: Voormalig veengebied (Google, 2009)

Het weer natter maken van deze landen kan ervoor zorgen dat er toevoer van water is voor de Stortelersbeek in drogere tijden. Hierbij kan het gebied een natuurfunctie krijgen waarbij er minder landbouw zal plaatsvinden en de huidige boeren een nieuwe inkomstenbron aangeboden moet worden. Uiteraard kan er ook gezocht worden naar een oplossing die de natuurontwikkeling in het gebied bevordert maar landbouw in andere vorm mogelijk maakt.

De vraag is dan ook of de aanwezige boeren in het gebied hun gronden willen opgeven. Mogelijke kavelruil kan hierbij een rol spelen. Doordat de percelen op voormalige veengronden liggen wordt landbouw ook moeilijker gemaakt omdat ze van nature natter zijn. Een kavelruil met gronden die minder nat zijn kan dan ook aantrekkelijk zijn voor de boeren die nu in het gebied aanwezig zijn.



Figuur 32: Diepe ligging Haartse waterleiding

het veel grondwater afvangt. Eventuele demping van de Haartse waterleiding zou deze afvang sterk verminderen en het gebied natter maken wat ten goede komt voor de natte natuur en de toevoer van water in de Stortelersbeek.

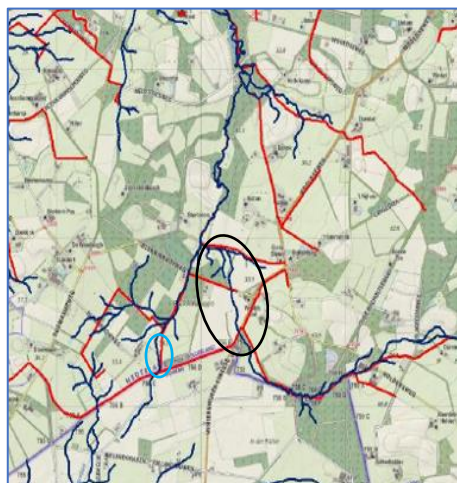
De huidige ligging van de Haartse waterleiding kan ervoor zorgen dat het herstel van deze natte landen een verminderd effect heeft op de hoeveelheid water die door de Stortelersbeek stroomt. Zoals in figuur 31 te zien is stroomt de Haartse waterleiding kort langs de natte landen op en zal dus hoogstwaarschijnlijk een groot deel van het grondwater van de omliggende percelen afvangt. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de grote dimensionering van deze watergang. Dit is te zien in figuur 32. De watergang heeft een diepe ligging waardoor

8.1.8 Aankoppelen van Dambeek

Uit de inventarisatie en de analyse is gebleken dat de Dambeek vroeger verbonden was aan de Stortelersbeek. Dit was voornamelijk op te merken aan de historische kaarten. Hieraan was te zien dat er eerst een diffuus watersysteem in het gebied was zonder duidelijke watergangen. Voornamelijk omdat het gebied in die tijd nat moerasland was. Later was er ook een verbinding doormiddel van een vaste watergang die ook terug is te zien op de oude watergangen kaart. Door de toename van landbouw in het gebied en de ontwatering die daarvoor benodigd was is deze afgekoppeld en om het gebied heen geleid via de 'nieuw' gegraven Haartse waterleiding.

In vergelijking tot de Stortelersbeek vervoert de Dambeek vele malen meer water door haar watergang. Dit water werd oorspronkelijk door de Stortelersbeek geleid en een gedeelte stroomde af via Duitsland. Nu heeft deze stroom van water een belang in een ander stroomgebied ten westen van de Stortelersbeek. De Haartse waterleiding heeft wel een SED kenmerk waardoor het op lagere waarde wordt geschat dan de Stortelersbeek met haar HEN kenmerk. Er wordt dan ook voorkeur gegeven aan een totale afkoppeling waardoor het watersysteem van de Stortelersbeek de mogelijkheid krijgt om zich tot de hoogst mogelijke waarde te ontwikkelen. Daarnaast valt ook de Dambeek droog in de zomer dus om te voorkomen dat beide beken een net niet verhaal worden is het aan te raden om op een beek te focussen. In combinatie met een sterk verbeterde waterbergende capaciteit zou dit de meest ideale optie zijn. Wanneer er door later onderzoek ingezien wordt dat een totale afkoppeling niet mogelijk is kan gedeeltelijke afkoppeling ook bevorderlijk zijn.

Om deze beslissing te kunnen maken zal er eerst een analyse moeten worden gemaakt van wat de mogelijke effecten zullen zijn voor beide watersystemen. Aan de hand van deze analyse kan er besloten worden hoeveel water er door de Stortelersbeek geleid zou moeten worden. Er kan gekozen worden om de aansluiting volgens de oude natuurlijke route te laten lopen, zoals te zien in figuur 33. Waarbij de rode lijnen de huidige watergangen zijn en de blauwe lijnen de waarschijnlijke oude watergangen zijn. De oude natuurlijke verbinding is aangegeven met een zwarte cirkel. Een andere mogelijke optie is om de aansluiting in het Blekkinkveen gebied te laten plaatsvinden (blauwe cirkel). Dus waar de Stortelersbeek op het huidige moment 'ontspringt'. Dit zal dan in combinatie moeten zijn met de ontwikkeling van natte natuur omdat het boerenland met de



Figuur 33: Locatie aansluiting

extra toevoer van water te nat kunnen worden om productief te zijn. Hiervoor moeten dan ook de gevolgen voor de landbouw in het gebied onderzocht worden waarbij de landeigenaren in het gebied gecompenseerd worden voor de inkomsten derving. Deze aansluiting heeft wel als voordeel dat er een waterbergende locatie kan worden gecreëerd die tevens bevorderend is voor de ontwikkeling van de natuur in het gebied. Wanneer er gekozen wordt om de Dambeek aan te koppelen aan de Stortelersbeek kan de Haartse waterleiding, met een andere dimensionering, bij piekbuien het overtollige water op zich nemen om ze de druk van de Stortelersbeek af te nemen.

8.1.9 Boerenstuwen

Boerenstuwen zijn stuwen die boeren zelf kunnen reguleren. Hierbij kunnen ze op perceelhoogte bepalen waar ze het water vasthouden door bijvoorbeeld de stuwen dicht te zetten na een hevige piek bui. Met behulp van deze stuwen kan er meer water worden vastgehouden.

Daarnaast krijgen boeren ook meer invloed op hun eigen waterhuishouding waardoor ze hier beter over gaan nadenken en eerder zullen kiezen voor het vasthouden van water aangezien ze het directer en snel kunnen sturen.



Figuur 34: Boerenstuw (LLTB, z.d.)



Figuur 35: Huidige stuwen

Er zijn meerdere manieren om deze stuwen te plaatsen. Als goedkope optie kan er gebruik worden gemaakt van zandzakken die door de boeren zelf geplaatst kunnen worden. Maar er kan ook gekozen worden voor een kleine stuw zoals deze te zien is in figuur 34. Deze stuw is regelbaar doormiddel van het in- en uitschuiven van platen waarmee de hoeveelheid water wordt bepaald die doorgelaten wordt.

Deze maatregel zou een goed oplossing zijn voor een zijtak als de Damkot en de Kobus die een hoog verval hebben en waar al stuwen aanwezig zijn, zoals te zien is in bijlage 21. In figuur 35 is het soort stuw te zien die in het gebied aanwezig is. Deze stuwen zijn niet regelbaar en hebben alleen als functie dat deze het verhang lichtelijk verminderen. Verder hebben ze bijna geen stuwende functie omdat de stuw gelijk is aan de bodem van de watergang.

Het plaatsen van een boerenstuw betekent dat het water vastgehouden kan worden op een hoger niveau en daar het grondwater aangevuld kan worden en zich via de ondergrond kan verspreiden over het stroomgebied.

8.1.10 Dood hout

Het inbrengen van dood hout in de beek is een kosteneffectieve maatregel die voor een verbetering zorgt voor zowel de ecologische waterkwaliteit als de hydromorfologische processen (Verdonschot & Besse-Lototskaya, z.d.).

Het dood hout wordt vaak in houtpakketten ingebracht en heeft een licht stuwende werking (figuur 36). Hierdoor wordt de stromingssnelheid verlaagd waardoor het water langer in het gebied aanwezig blijft en kan infiltreren. Het vertragen van de stroomsnelheid is ook een van de maatregelen die in de KRW was opgesteld. De inbreng van het dode hout heeft de volgende positieve effecten:

- Verhoging ecologische waarde
- Vergroting retentie
- Verhoging van beekbodem
- Diepe uitsnijding wordt tegengegaan
- Kosten arm



Figuur 36: Dood hout (van Dijk, 2018)

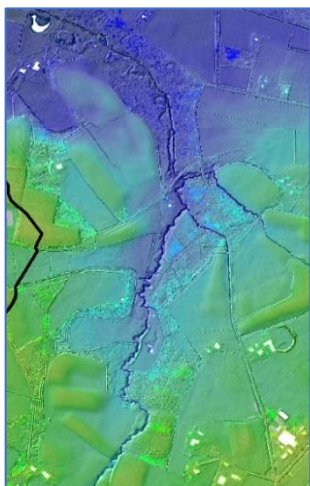
Het eroderen van beekoevers en het opstuwen of verstopt raken van de beek treden niet op wanneer het volgens het opgestelde protocol door Verdonschot en Besse-Lototskaya (z.d.) wordt uitgevoerd. Deze maatregel is alleen effectief wanneer deze in samenwerking met andere maatregelen worden uitgevoerd.

8.1.11 Ophogen beekbodem

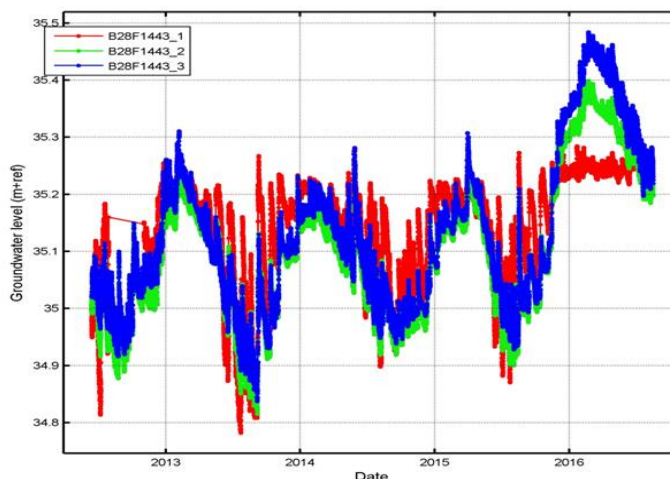
Zoals in hoofdstuk 4.2.1 wordt beschreven is de Stortelersbeek in de middenstroom diep ingesneden. Dit is ook te zien in figuur 37. Door de diepe insnijding van de beek vangt het veel grondwater af en vervoert deze uit het gebied. Rondom het gebied waar er een diepe insnijding is ook een lage grondwaterstand te vinden.

Het ophogen van de beekbodem is ook eerder al eens toegepast in de Springendalsebeek (Ecogroen Advies Ingenieursbureau, z.d.). Het effect hiervan was direct merkbaar. Deze effecten zijn ook gemeten en de resultaten zijn te zien in figuur 38. De grafiek laat zien dat vanaf november 2015 (net na de herstelmaatregelen) de grondwaterspiegel (rode lijn) zelfs in de droge periode een paar centimeter boven maaiveld staat. Ook de kwelwaterdruk (groene en blauwe lijn) is spectaculair gestegen.

Een maatregel van deze orde kan de grondwaterstand in de middenloop van de Stortelersbeek sterk verhogen en zorgen voor een verbeterde waterbergende capaciteit van het gebied. Doordat de Stortelersbeek sterk grondwater gevoed is, is de verwachting dat deze maatregel ook de droogval van de beek zal verminderen. De betere opslag van water kan een stuwend effect hebben voor het



Figuur 37: Diepe insnijding



Figuur 38: Effect beekbodem verhoging

grondwater in andere delen van het stroomgebied waardoor droogte sterk verminderd kan worden. Dit betekent ook dat er in de natte periodes sommige locaties ook natter kunnen zijn dan normaal waardoor er mogelijk overlast kan plaatsvinden voor de landbouw in het gebied. Deze maatregel kan samen met de boerenstuwen en het aanbrengen van dood hout worden uitgevoerd. Met het ophogen van de beekbodem in de zijtakken kan het verval worden verminderd waardoor het water minder snel afstroomt. Hierdoor krijgt het meer tijd om te infiltreren en zijn er minder stuwen nodig dan het aantal dat op het huidige moment aanwezig is.

De bodemophoging kan op twee manieren worden uitgevoerd. Hierbij kan gekozen worden voor het direct ophogen van de bodem met behulp van zand. Hierdoor zal het effect binnen korte termijn te merken zijn. De tweede methode is het toepassen van zandsuppletie, dit is een proces die meerdere jaren in beslag zal nemen. Hiermee wordt de bodem op een natuurlijk manier opgehoogd. Uit onderzoek (R. C. M. Verdonschot, Dekkers, Besse-Lototskaya, & Verdonschot, 2016) is gebleken dat zandsuppletie in beken alleen effectief is wanneer er gebruik gemaakt wordt van houtpakketten benedenstrooms die het zand opstuwt. Deze pakketten bepalen de maximaal haalbare bodemhoogte. De beeklengte die door de suppletie wordt beïnvloed is relatief klein. Deze methode vereist dus meer werk, controle en bijsturing, waar nodig wordt geacht. Voor de controle zullen er meerdere grondwatermonitoringspunten om de beek moeten worden geplaatst. Hiermee zal het effect gemeten worden van de aanpassingen om te bepalen of het grondwater op het vooraf gestelde niveau komt. Wanneer deze te laag of te hoog is kan er nog worden bijgestuurd door het verlagen van de beekbodem of verder te verhogen.

8.2 Maatregelen tegen wateroverlast

Door maatregelen te nemen die de droogval verminderen van de beek kan het zijn dat de kans op wateroverlast tijdens extremer weer toeneemt. In dit deelhoofdstuk wordt omschreven welke maatregelen genomen kunnen worden om deze overlast tegen te gaan of te kunnen verminderen. Hierbij wordt uitgelegd hoe deze maatregelen uitgevoerd kunnen worden en wat de voor- en nadelen van deze maatregelen kunnen zijn.

8.2.1 Vloeiweides

Vloeiweides (figuur 39) kunnen gehanteerd worden bij het verminderen van wateroverlast. Vloeiweides worden ook wel wateringen genoemd. Hierbij worden er landbouwpercelen uitgekozen waarvan geaccepteerd wordt dat deze voor een korte periode onder water zullen staan.

Deze percelen kunnen een piekafvoer van de beek verminderen waardoor overlast in andere locaties afneemt. Het voordeligst is wanneer vloeiweides bovenstrooms aanwezig zijn waardoor het water direct afgevangen kan worden.



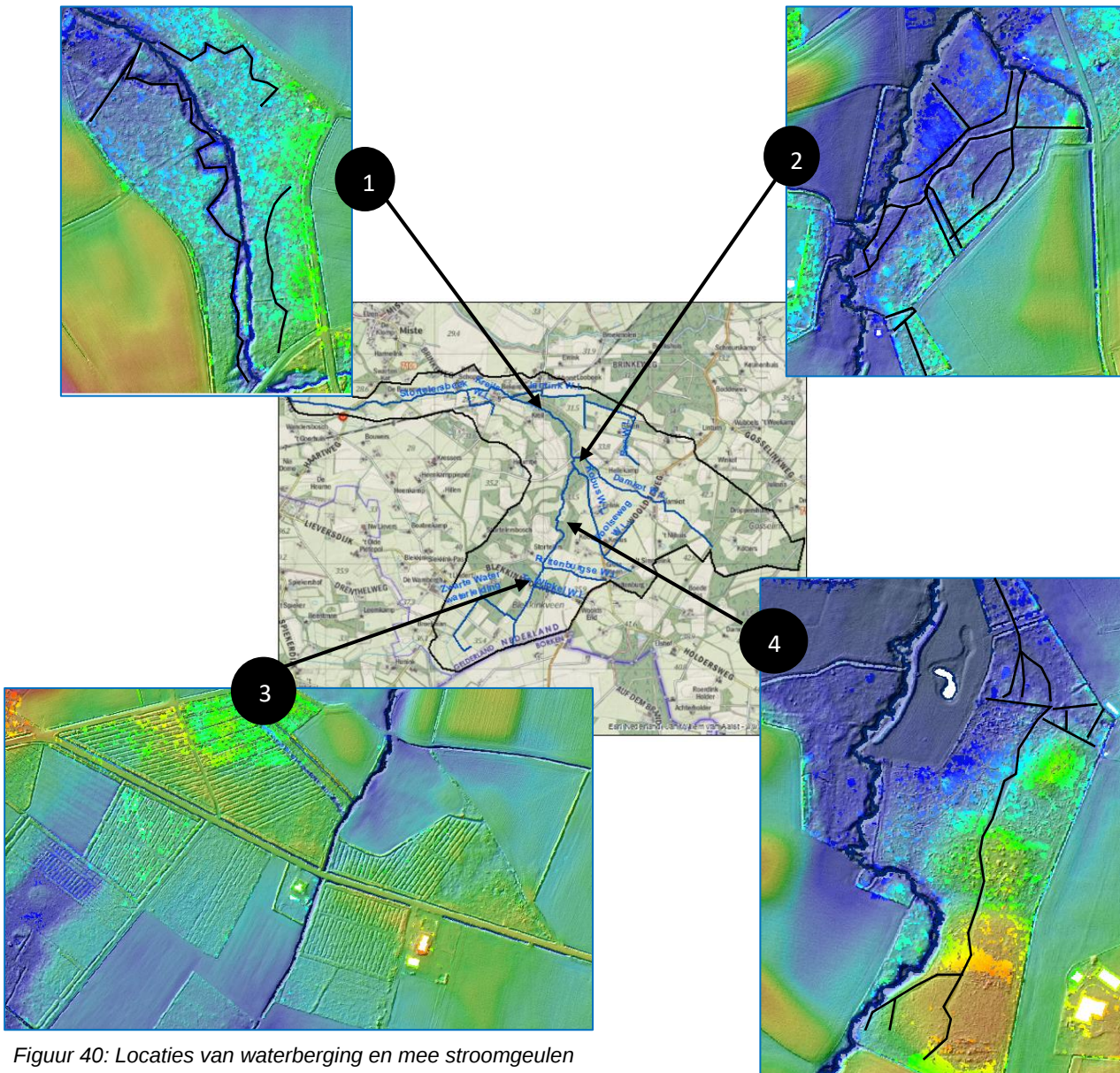
Figuur 39: Vloeiweide
(Kenniscentrum Immaterieel Erfgoed Nederland, 2019)

Het effect van deze maatregel is dat de locaties die als vloeiweides aangewezen zijn over het algemeen natter zullen zijn waardoor het moeilijker wordt om het land te bewerken met zwaar materieel. Het kan ook een positief effect hebben voor de landbouw. Wanneer de pieken in de zomer en winter worden opgevangen en voor het groeiseizoen weer worden afgevoerd kan het kalkrijke water en slib de opbrengst zelfs verbeteren (STOWA, 2004).

“ ”

0 0 0 , 0 0

11	9	9
----	---	---



Figuur 40: Locaties van waterberging en mee stroomgeulen

Het gebruik van deze oud watergangen en structuren van rabatten bossen kunnen de ideale oplossing zijn voor periodes met een extreem hoge afvoer. Hierdoor wordt overlast zowel bovenstrooms als benedenstrooms verminderd en wordt het water in het gebied gehouden waardoor er weer infiltratie kan plaatsvinden. Deze oude watergangen liggen veelal hoger in het gebied, zoals te zien is op de hoogtekarta. Deze oude watergangen kunnen bereikbaar gemaakt worden door de huidige watergang te verhogen. Daarnaast zal er in de bosrijke gebieden de oude watergangen vrij gemaakt moeten worden van organisch materiaal die nu in deze watergangen dik opgehoopt liggen.

8.2.3 Wegnemen obstakels

Obstakels kunnen een stuwend effect geven bij een hoge afvoer. In figuur 41 is een van deze obstakels te zien. Deze brug ligt in de middenloop van de beek en zorg voor een overgang voor bestemmingsverkeer.

Hierbij wordt gebruik gemaakt van een duiker om het water door te laten. Bij een hogere toevoer van water heeft dit natuurlijk een stuwend effect. Hierbij kan wateroverlast gepaard gaan in de bovenloop van de beek.

Een oplossing voor deze locatie zou een doorrijdbare voorde kunnen zijn (Provincie Gelderland, 2019). Een voorde is een doorwaadbare plaats (figuur 42). Hierbij wordt de brug weggehaald en krijgt de beek meer stromingsvrijheid. Om de locatie toch toegankelijk te houden voor verkeer wordt de bodem verhard op die locatie van oversteek waardoor verkeer door het water naar de overkant kan komen. Deze maatregel geeft de mogelijkheid voor het water om sneller door het gebied te kunnen stromen bij extreme piekafvoer. Bij extreme afvoer kan de weg tijdelijk niet toegankelijk zijn.



Figuur 41: Obstakel

Deze maatregel zal maar een kleine invloed hebben op het verminderen van de wateroverlast. Het is dan ook het best om deze maatregel in samenwerking met andere maatregelen uit te voeren wanneer dit zich voordoet.



Figuur 42: Voorde (Dempfle, 2018)

8.3 Effecten samengevat

Na het omschrijven van alle maatregelen die genomen kunnen worden tegen zowel vermindering van droogval en wateroverlast zijn de mogelijke positieve en negatieve effecten samengevat in tabel 4.

Maatregel	Positief	Negatief
Kennisuitwisseling	• Contact met stakeholders • Betrokken boeren	
Subirrigatie	• Gebruikt alleen wat nodig is	• Niet overal toepasbaar
No till	• Verbetering bodem • Minder pesticide • Betere infiltratie	• Niet overal toepasbaar
Vervangen naaldbomen	• Betere biodiversiteit • Brandrisico vermindering • Vermindering verdamping	• Niet overal toepasbaar • Ook naaldbomen hebben hun een functie
Herstel kamelenbulten	• Verbetering wateropslag	• Aantal locaties toepasbaar
Herstel oude watergang	• Water langer in stroomgebied • Verbetering aanvulling grondwater	• Land nodig
Herstel natte landen	• Verbetering infiltratie • Langdurige toevoer water voor beek • Verbetering biodiversiteit	• Veel land nodig • Haartse W.L. vangt water af
Aankoppeling Dambeek	• Meer water in de beek • Verandering in watersamenstelling	• Alleen effectief samen met andere maatregelen • Wateroverlast • Effecten op ander stroomgebied • Verandering in watersamenstelling
Boerenstuw	• Betrokken boeren • Werken op perceelniveau	• Mogelijk slecht gebruik
Dood hout	• Vermindering stroomsnelheid • Afnemen erosie • Natuurlijke stuw • Verbetering biodiversiteit	• Minimaal negatieve impact wanneer goed toegepast
Ophogen beekbodem	• Verhoging grondwaterstand • Mogelijke vermindering stroomsnelheid	• Mogelijke toename van wateroverlast • Meer water in de beek of minder?
Mee stromen oude watergang	• Vermindering wateroverlast	• Meer onderhoud • Sommige locaties tijdelijk niet toegankelijk
Wegnemen obstakels	• Vermindering wateroverlast	• Snellere afvoer van water • Toegankelijkheid verminderd
Vloeiweide	• Vermindering wateroverlast • Waterberging in gebied • Kalkrijk water	• Boeren kunnen land niet gebruiken

Tabel 4: Positieve en negatieve effecten

8.4 Multicriteria-analyse

Alle benoemde maatregelen zijn verwerkt in de MCA. De resultaten hiervan zijn te zien in tabel 5. Aan deze resultaten is te zien dat alle maatregelen die ervoor zorgen dat de wateroverlast verminderd wordt goed scoren. De maatregelen die voor de vermindering van de droogval goed scoren zijn: kennisuitwisseling, dood hout, boerenstuw en het ophogen van de beekbodem. Het aankoppelen van de Dambeek is een van de maatregelen die waarschijnlijk het meeste effect zou kunnen hebben. Deze maatregel scoort lager dan de eerder genoemde maar heeft nog wel een goede score. Dit wordt vooral veroorzaakt door het feit dat het een maatregel is die alleen effectief is een samenwerking met andere maatregelen. Daarnaast is het een dure maatregel waarvan de effecten op het stroomgebied, en andere stroomgebieden, nog niet te definiëren zijn. Hiervoor is meer meetdata nodig en een specifiek onderzoek naar de effecten van deze maatregel.

Maatregel	Kosten	Effectiviteit	Toepasbaarheid	Totaal
Kennisuitwisseling	100	105	125	330
Subirrigatie	80	90	38	208
No till	80	90	50	220
Vervangen naaldbomen	50	90	50	190
Herstel kamelenbulten	60	90	50	200
Herstel oude watergang	60	90	63	213
Herstel natte landen	30	105	50	185
Aankoppeling Dambeek	40	105	75	220
Boerenstuw	80	60	100	240
Dood hout	100	60	125	285
Ophogen beekbodem	20	150	62	232
Mee stromen oude watergang	70	135	125	330
Wegnemen obstakels	70	105	100	275
Vloeiweide	80	120	100	300

Tabel 5: Resultaten MCA

9. Conclusie

Het doel van dit onderzoek is het beantwoorden van de volgende hoofdvraag:

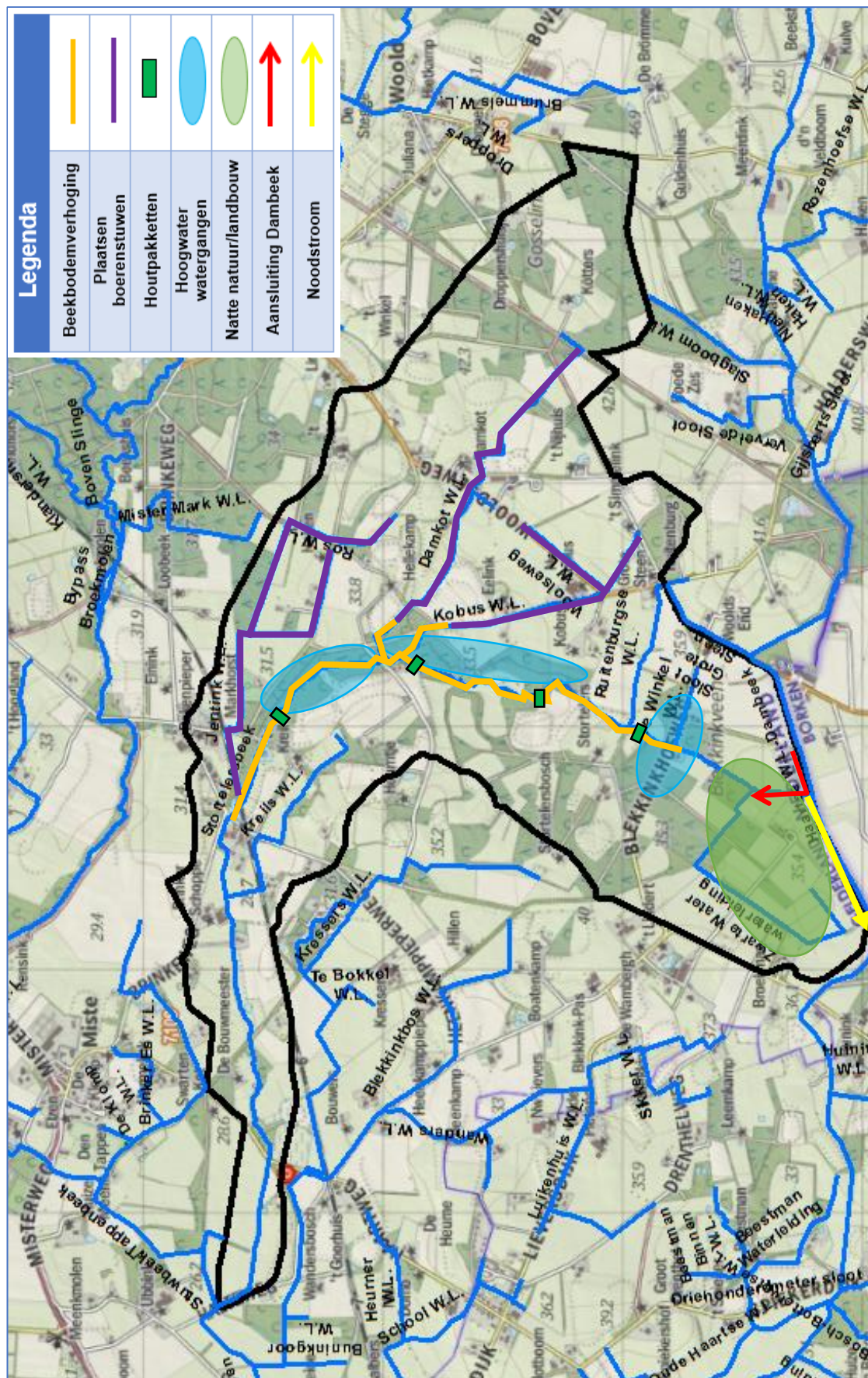
“Wat zijn de meest geschikte maatregelen om de droogval van de Stortelersbeek te beperken?”

De resultaten die zijn voortgekomen uit de deelvragen maken het mogelijk om een onderbouwd antwoord te geven op de hoofdvraag. Het onderzoek toont aan dat er verschillende maatregelen kunnen worden toegepast om de droogval van de Stortelersbeek te kunnen verminderen. Het belangrijkste is om de waterberging in het gebied te verbeteren. Hierbij voldoet geen enkele maatregel op zichzelf maar is een combinatie van verschillende maatregelen nodig om tot het optimale effect te komen. Zo werkt een toevoer van meer water in het stroomgebied alleen wanneer het kan worden vastgehouden en kan infiltreren. Hierbij moeten ook maatregelen genomen worden die de eventuele wateroverlast kan beperken.

Om deze redenen is het dan ook aan te raden om meerdere maatregelen te gelijk uit te voeren. Hierbij zal het gaan om maatregelen die meer water in het gebied brengt, de waterberging verbeteren en het water over het gebied kan verspreiden om overlast tegen te gaan. De beste maatregelen hiervoor zijn het verhogen van de beekbodem, aankoppelen Dambeek, het aanbrengen van dood hout en het mee laten stromen van oude watergangen.

In figuur 43 is het meest optimale maatregelenpakket in kaart gebracht. De aankoppeling van de Dambeek is geplaatst bij het Blekkinkveen gebied. Dit gebied zal worden omgevormd in natte natuur of een dubbel functie krijgen van natte natuur en landbouw. In de middenloop van de beek vindt er een algehele beekbodem verhoging plaats om de waterbergende capaciteit van de middenloop te verhogen en ook de grondwaterstand. Deze beekbodemverhoging gaat in combinatie met het plaatsen van houtpakketten. Deze pakketten zorgen ervoor dat de stroomsnelheid wordt verminderd maar ook dat het aangebrachte verhogingsmateriaal niet erodeert en in het gebied aanwezig blijft. In een aantal van de zijtakken worden boerenstuwen geplaatst. Hierdoor kunnen de landgebruikers in het gebied ervoor zorgen dat er grondwateraanvulling plaatsvindt op de hoger gelegen gebieden en deze aanvulling niet alleen in het dal plaatsvindt. In combinatie met de beekbodem verhoging kunnen er nog oude watergangen worden aangesloten. Deze watergangen hebben als doel om bij hoogwater de overlast te verminderen maar wel zo veel mogelijk het water in het gebied te behouden door het te verspreiden. Daarnaast kan bij extreem hoogwater de Haartsche waterleiding dienen als hoogwatergeul. Hierbij krijgt deze waterleiding een andere dimensionering zodat deze geen grondwater meer zal afvangen van het Blekkinkveen gebied maar bij extreme afvoer nog wel voldoende water kan afvoeren zodat er geen wateroverlast plaatsvindt. Wanneer het zich toelaat en het aansluit bij de eerder genoemde maatregelen kunnen er nog ‘kamelenbulten’ worden hersteld of vloeiveides worden toegepast. Het uitvoeren van dit maatregelenpakket zal het meest optimaal zijn en zal leiden tot een verminderde droogval van de Stortelersbeek. Met minder maatregelen of maatregelen op andere locaties kan er ook progressie worden geboekt maar dit zal waarschijnlijk minder optimaal zijn.

Wat het belangrijkste is om eventuele projecten in dit stroomgebied in de toekomst te laten slagen, is door vanaf de start van het project contact te hebben met de stakeholders in het gebied en om samen aan een oplossing te werken. Dit zal zorgen voor meer medewerking van belangrijke stakeholders in het gebied. Daarnaast zal er door afwezigheid van meetdata in het gebied nog verder onderzoek moeten worden gedaan om de effecten van de benoemde maatregelen te kunnen kwantificeren. Hierbij kunnen landgebruikers en landeigenaren een belangrijke rol spelen. Wanneer er door maatregelen een derving van inkomsten kan plaatsvinden is het bevorderend voor het proces wanneer er met behulp van een andere methode nieuwe inkomstenbronnen gecreëerd kunnen worden. Naar alle waarschijnlijk zal dit zorgen voor een betere medewerking wanneer de betreffende stakeholders weten dat ze er financieel niet op achteruit zullen gaan.



Figuur 43: Optimale maatregelen pakket

*definitieve locatie houtpakketten moet nader onderzocht worden

10. Discussie

De resultaten uit dit onderzoek zijn goed onderbouwd met behulp van betrouwbare bronnen en inzichten die zijn opgedaan uit het veldwerk. Daarnaast zijn alle resultaten herleidbaar en zullen deze bij uitvoering door een ander de zelfde resultaten opleveren, met eventuele uitzondering van de gegeven meningen. Een voorbeeld van deze uitzondering is de MCA.

Voorafgaand was de verwachting dat de invloed van klimaatverandering de grootste oorzaak was van de droogval van de Stortelersbeek. De daadwerkelijke oorzaak hiervan bleek een combinatie van klimaatverandering en de vele aanpassingen aan het watersysteem die zijn gedaan door de mens, in het verleden, ten behoeve van de landbouw in het gebied.

Uit het onderzoek blijkt dat er een mogelijkheid is om de droogval van de Stortelersbeek te verminderen doormiddel van een samenhang van maatregelen. Om de exacte effecten van deze maatregelen op het gebied in beeld te brengen is er meer onderzoek nodig. Voornamelijk het gebrek aan meetdata in het stroomgebied maakt het niet mogelijk om dit te kwantificeren.

Door het gehele onderzoek heen is er rekening gehouden met de duurzaamheid van het gebied en is er getracht om duurzame maatregelen te nemen die het evenwicht tussen mens en milieu weer in balans brengt en voor langere tijd in balans houdt.

Het zou bevorderlijk zijn dat bij een vervolgonderzoek de volgende punten worden meegenomen:

- De gebruikte klimaatscenario's voor dit onderzoek zijn verouderd en kunnen daardoor minder betrouwbaar zijn. Het KNMI geeft aan in 2021 met de KNMI'23-klimaascenario's uit te brengen (KNMI, z.d.). Het is dan ook aan te raden om deze scenario's te gebruiken in een vervolg onderzoek.
- Het niet aanwezig zijn van recente meetdata voor het grond- en oppervlaktewater maakt het moeilijk om de effecten van de droogte op deze twee onderdelen in kaart te brengen. Het is dan ook aan te raden om meer grondwatermonitoringspunten in het stroomgebied te plaatsen.
- Uit het onderzoek is gebleken dat de grondwatertoevoer belangrijk is voor de beek. Het is dan ook bevorderend om de grondwaterstroming van het gebied in beeld te brengen om zo opzoek te gaan naar eventuele maatregelen die in de grond kunnen worden genomen.
- Het is onbekend hoe belangrijk het Wooldse Veen is ten aanzien van de grondwatertoevoer voor het stroomgebied van de Stortelersbeek. Hiervoor is extra onderzoek nodig. Uit dit onderzoek kan bijvoorbeeld blijken dat de genomen maatregelen om het Wooldse Veen te vernatten een negatief effect heeft gehad voor veel van de omliggende gebieden.
- De vraag is of de huidige doeltypes, die opgesteld zijn voor beken, nog wel relevant zijn. In deze doeltypes staat bijvoorbeeld dat een plateaubeek permanent watervoerend is maar met de huidige klimaatveranderingen kan het zo zijn dat geen enkele beek in de toekomst permanent watervoerend kan zijn. Er is dan ook een herziening van de doeltypes nodig of er moet wat ruimer met de voorschriften worden omgegaan.
- De huidige wetgeving voor bijvoorbeeld drainage en beregening zorgen ervoor dat nieuwe toepassingen niet mogelijk zijn. In sommige gevallen zou een nieuwe toepassingen misschien zelfs bevorderend kunnen zijn voor een watersysteem. Het is dan ook aan te raden om soms af te wijken van de wetgeving wanneer er duidelijke onderbouwing is dat een toepassing een significant positief effect heeft.

- De huidige ligging van de meetstuw zorgt ervoor dat de metingen die worden uitgevoerd niet representatief zijn voor de beek. Op korte afstand voor deze meetstuw is een zandvang geplaatst die ook beschikt over een stuw. Wanneer de waterstand de stuwhoogte bij dat punt heeft behaald valt de sloot bij de meetstuw als eerste droog terwijl er in de Stortelersbeek zelf nog water kan staan.
- De huidige zandvang die geplaatst is in de Stortelersbeek brengt extra kosten met zich mee. Daarnaast heeft deze zandvang ook niet direct een positieve meerwaarde voor de beek. Het gebruik van houtpakketten op verschillende locaties in de beek kan geërodeerd materiaal al vasthouden en zorgen voor minder diepe uitsnijding van de beek in de toekomst. Hierdoor kunnen ook kosten worden verminderd.

Literatuurlijst

Bartholomeus, R., van den Eertwegh, G., & van Huijgevoort, M. (2018). *Subirrigatie met grondwater*. KWR. Geraadpleegd van <https://edepot.wur.nl/448148>

Bosgroep Noord-Oost Nederland. (2018, 2 maart). *40 hectare naaldbos wordt loofbos*. Geraadpleegd op 21 april 2021, van <https://bosgroepen.nl/bosgroep-noordoost-nederland/40-hectare-naaldbos-wordt-loofbos/#:%7E:text=Waarom%20loofbos%3F,bij%20aan%20een%20betere%20bodemkwaliteit>.

Centraal Bureau voor de Statistiek. (2016, 23 maart). *Niet grondgebonden veehouderij*. Geraadpleegd op 30 maart 2021, van <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2016/02/fosfaatplafond-overschreden-door-toename-mestproductie/niet-grondgebonden-veehouderij>

De Marke. (2021, 23 maart). *Home*. Geraadpleegd op 7 mei 2021, van <https://demarke.eu/>

Dempfle, M. (2018). *KLCN Beeldverslag - vrijdag doorwaadbare plaats*. Geraadpleegd op 19 april 2021, van https://www.klcn.nl/twg24/index.php?twg_album=KLCN+Ardennen+2018+Anton&twg_show=vrijdag+doorwaadbare+plaats.JPG#18

Dijksman, R. (2009). *Aardrijkskunde Olympiade 2009*. Geraadpleegd op 22 maart 2021, van https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fslideplayer.nl%2Famp%2F2121700%2F&psig=AOvVaw1ZXdZVZer5nIN6rnhuhk1&ust=1616506657902000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCMiV_d2CxO8CFQAAAAAAdAAAAABAD

Ecogroen Advies Ingenieursbureau. (z.d.). *Indrukwekkende effecten door bodemverhoging Springendalsebeek*. Geraadpleegd op 14 april 2021, van <https://ecogroen.nl/projecten/indrukwekkende-effecten-bodemverhoging-springendalsebeek/#:%7E:text=Ophoging%20beekbodem&text=Daardoor%20vangt%20de%20beek%20al,van%20de%20beekbodem%20met%20zand>.

Google. (2009). *Google maps*. Geraadpleegd op 12 mei 2021, van <https://www.google.nl/maps>

Hack-ten Broeke, M., Querner, E. P., Groenendijk, M., Cirkel, D. G., Geerts, R. H. E. M., & Korevaar, H. (2003). *Het Stortelersbeekproject: een poging tot samenbrengen van waterconservering en multifunctioneel landgebruik* (860). Alterra. Geraadpleegd van https://www.researchgate.net/publication/40126182_Het_Stortelersbeekproject_een_poging_tot_samenbrengen_van_waterconservering_en_multifunctioneel_landgebruik

Hakvoort, H. (2020, 9 september). *Droogte in de Achterhoek?* Geraadpleegd op 1 maart 2021, van <https://www.linkedin.com/pulse/droogte-de-achterhoek-hans-hakvoort/?trackingId=F1YE3yLOTg2yNxMzoC6x9A%3D%3D>

Helicon. (2018). *Theoriebundel Onderzoek Natuur*. Geraadpleegd van <https://maken.wikiwijs.nl/bestanden/877030/IBS%208%20Lesbundel%20Natuuronderzoek%20versie%2020190111.docx>

Henkens, R. J. H. G., de Molenaar, J. G., & Ottburg, F. G. W. A. (2007). *Recreatief medegebruik van EVZ, HEN en SED in Waterschap Rijn en IJssel*. Alterra. Geraadpleegd van <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/35293>

Heselmans, M. (2015, 28 april). *Bekijk: Even nadenken voor het ploegen*. Geraadpleegd op 16 april 2021, van <https://www.nemokennislink.nl/publicaties/even-nadenken-voor-het-ploegen/>

IMU Redactie. (z.d.). *Wat is een SWOT Analyse? | SWOT Uitleg & Voorbeelden*. Geraadpleegd op 11 maart 2021, van <https://imu.nl/internet-marketing-kennisbank/begrippen/swot-analyse/>

Jansen, A. J. M., & Olsthoorn, A. F. M. (2003). *Relatie bos en waterwinning*. Geraadpleegd van <https://edepot.wur.nl/114339>

Jansen, T. (2021). *Inrichtingsmaatregelen Stortelersbeek*. Geraadpleegd van https://hvhl-my.sharepoint.com/personal/stef_sloot_hvhl_nl/_layouts/15/onedrive.aspx?id=%2Fpersonal%2Fstef%5Fsloot%5Fhvhl%5Fnl%2FDocuments%2FStortelersbeek%2FTwan

Kadaster. (z.d.). *Topotijdreis: 200 jaar topografische kaarten*. Geraadpleegd op 13 april 2021, van <https://www.topotijdreis.nl/>

Kenniscentrum Immatérieel Erfgoed Nederland. (2019 november). *Traditional irrigation of grassland*. Geraadpleegd op 19 april 2021, van <https://www.immaterieelerfgoed.nl/en/graslandbevloeiing>

KNMI. (2014, 19 augustus). *Transformatie tijdreeksen KNMI'14*. Geraadpleegd op 1 maart 2021, van http://climexp.knmi.nl/scenarios_knmi14_form.cgi

KNMI. (2021, 18 maart). *Weerstatistieken KNMI - Actuele weergegevens*. Geraadpleegd op 18 maart 2021, van <https://weerstatistieken.nl>

KNMI. (z.d.-a). *KNMI - Extreem weer*. Geraadpleegd op 1 maart 2021, van <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/extreem-weer>

KNMI. (z.d.-b). *Uitleg KNMI-klimaatscenario's*. Geraadpleegd op 10 maart 2021, van <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/knmi-klimaatscenario-s>

Knotters, M. (z.d.). *Parameters Grondwaterdynamiek*. Geraadpleegd op 23 maart 2021, van <https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksinstituten/Environmental-Research/Faciliteiten-tools/Software-en-modellen/Grondwaterdynamiek/Parameters.htm>

Koskhoorn, M. (z.d.). *Dekzand - Geologie van Nederland*. Geraadpleegd op 16 maart 2021, van <https://www.geologievannederland.nl/landschap/landschapsvormen/dekzand>

KVK. (z.d.). *SWOT-analyse maken*. Geraadpleegd op 12 april 2021, van https://www.kvk.nl/advies-en-informatie/marketing/swot-analyse-maken/?gclid=Cj0KCQjw38-DBhDpARIsADJ3kIjKZvNxxIRs6BLWX73p5k0vICJ4THhTJJfL1cJqj6694DR15-itSAUaAnmgEALw_wcB

LLTB. (z.d.). *Meld je aan voor een boerenstuw*. Geraadpleegd op 13 april 2021, van <https://www.lltb.nl/nieuwsberichten/website/2021/01/meld-je-aan-voor-een-boerenstuw>

Martens, A. (z.d.-a). *Droog dal - Geologie van Nederland*. Geraadpleegd op 16 maart 2021, van <https://www.geologievannederland.nl/landschap/landschapsvormen/droog-dal>

Martens, A. (z.d.-b). *Grondmorene - Geologie van Nederland*. Geraadpleegd op 16 maart 2021, van <https://www.geologievannederland.nl/landschap/landschapsvormen/grondmorene>

NatureToday.com. (2019, 23 augustus). *Laatste fase natuurherstel Wooldse Veen in uitvoering*. Geraadpleegd op 7 mei 2021, van <https://www.naturetoday.com/intl/nl/nature-reports/message/?msg=25430>

OVH SAS. (z.d.). *Topografische kaart Noordrijn-Westfalen, hoogte, reliëf*. Geraadpleegd op 8 april 2021, van <https://nl-nl.topographic-map.com/maps/ffc6/Noordrijn-Westfalen/>

Provincie Gelderland. (2002). *Basisdocument Waardevolle Waternatuur*. Geraadpleegd van <https://edepot.wur.nl/324564>

Provincie Gelderland. (2017, 2 maart). *Omgevingsverordening- Beschermingszones natte landnatuur*. Geraadpleegd op 30 maart 2021, van <https://data.overheid.nl/dataset/6812-omgevingsverordening--beschermingszones-natte-landnatuur--provincie-gelderland>

Provincie Gelderland. (2019 november). *Werk uitvoeren voor natuur in Bekendelle*. Geraadpleegd op 19 april 2021, van <https://www.gelderland.nl/Bekendelle-nieuwsbrief-november-2019>

Provincie Gelderland. (2020). *Waterwijzer deel A Stromende wateren*. Provincie Gelderland, Arnhem. Geraadpleegd uit interne data.

Provincie Gelderland. (2021). *Regionaal Waterprogramma Gelderland*. Geraadpleegd van https://www.gelderland.nl/bestanden/Documenten/Gelderland/04Ruimte/190228_Regionaal_Waterprogramma_Gelderland.pdf

Querner, E., Torfs, P. J. J. F., & van Lanen, H. (2003). *Effecten van verdrogingsbestrijdende maatregelen en klimaatverandering op extreem hoge afvoeren*. Alterra. Geraadpleegd van https://www.researchgate.net/publication/40127388_Effecten_van_verdrogingsbestrijdende_maatregelen_en_klimaatverandering_op_extreem_hoge_afvoeren

Rijkswaterstaat. (z.d.). *Verdringingsreeks bij watertekort*. Geraadpleegd op 16 maart 2021, van <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/handboek-water/thema-s/watertekort/verdringingsreeks/>

RIVM. (z.d.). *Kaderrichtlijn Water (KRW) | RIVM*. Geraadpleegd op 16 maart 2021, van <https://www.rivm.nl/kaderrichtlijn-water-krw>

Royal HaskoningDHV. (2020). *Factsheet KRW Waterlichamen Waterschap Rijn en IJssel*. Provincie Utrecht, Amersfoort. Geraadpleegd uit interne data.

STOWA. (2004). *Waterberging en Natuur* (16). Geraadpleegd van <https://edepot.wur.nl/118817>

STOWA. (2014). *Eenvoud in samenhang*. Geraadpleegd van <https://edepot.wur.nl/329737>

STOWA. (2018). *Ecologische sleutelfactoren voor stilstaande en stromende wateren* (2018–24). Geraadpleegd van <https://www.stowa.nl/publicaties/ecologische-sleutelfactoren-voor-stilstaande-en-stromende-wateren-informatiebladen>

STOWA. (z.d.). *Blauwe diensten*. Geraadpleegd op 7 mei 2021, van <https://www.stowa.nl/deltafacts/zoetwatervoorziening/droogte/blauwe-diensten>

TNO. (z.d.). *Ondergrondmodellen | DINOloket*. Geraadpleegd op 16 maart 2021, van <https://www.dinoloket.nl/ondergrondmodellen>

van Dijk, J. (2018). *Beekherstel door kleinschalige maatregelen*. Geraadpleegd op 20 april 2021, van <https://www.landschap.nl/wp-content/uploads/2018-1-beekherstel.pdf>

van Wirdum, G. (1991). *Vegetation and hydrology of floating rich-fens*. Geraadpleegd van <https://www.scribd.com/document/51589352/Vegetation-and-hydrology-of-floating-rich-fens>

Verdonschot, P. (1995). *Beken stromen. Een leidraad voor ecologisch beekherstel*. Geraadpleegd van <https://www.stowa.nl/publicaties/beken-stromen-een-leidraad-voor-ecologisch-beekherstel>

Verdonschot, P., & Besse-Lototskaya, A. (z.d.). *Protocol 'inbrengen dood hout in de beek'*. Geraadpleegd op 19 april 2021, van https://www.wur.nl/upload_mm/4/5/c/aa5bf127-f4f7-4fee-8b64-91e896be9e0c_Protocol%20inbrengen%20dood%20hout.pdf

Verdonschot, R. C. M., Dekkers, D. D., Besse-Lototskaya, A. A., & Verdonschot, P. F. M. (2016). *Zandsuppletie in de Leuvenumse beek*. Alterra. <https://doi.org/10.18174/378701>

Waterschap Rijn en IJssel. (z.d.-a). *Klimaat-effectenatlas Oost-Nederland*. Geraadpleegd op 16 maart 2021, van <https://wrij.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=615e7ef0f448e884bd8ccaa707bfa5>

Waterschap Rijn en IJssel. (z.d.-b). *Voldoende Water*. Geraadpleegd op 16 maart 2021, van <https://www.wrij.nl/waterbeheerplan/strategie-beleid/voldoende-water/>

Waterschap Rijn en IJssel. (z.d.-c). *Werken aan kwaliteit voor specifieke wateren*. Geraadpleegd op 30 maart 2021, van <https://www.wrij.nl/waterbeheerplan/strategie-beleid/schoon-water/werken-kwaliteit/>