

OP WEG NAAR EEN KLIMAATROBUUST BUITENGEBIED



Juni 2022

Iris Peeters, Sophia Blaauw en Daan Roos

Op weg naar een Klimaatrobuust buitengebied

HAS Hogeschool 's-Hertogenbosch

17-06-2022

Applied Geo-Information Science

Toegepaste Biologie

Management van de Leefomgeving

Studenten van de HAS Hogeschool:

Iris Peeters (AGIS)

Sophia Blaauw (TB)

Daan Roos (ML)

Begeleider van HAS Hogeschool:

Joeri de Bekker

Interne inhoudsdeskundige:

Ellen Weerman

Overige inhoudsdeskundigen:

Wouter Thijs

Maurits Dorland

Joost Rooijakkers (Waterschap Aa en Maas)

Opdrachtgever:

Irma van Riel (Gemeente Land van Cuijk)

Voor foto's in deze rapportage geldt:

Daan Roos, februari t/m juni 2022

Grafische vormgeving door:

Daan Roos



Voorwoord

Voor u ligt het onderzoeksverslag 'Op weg naar een Klimaatrobuust Buitengebied'. In dit onderzoek is onderzocht hoe het buitengebied van het Land van Cuijk klimaatrobuust ingericht kan worden, kijkend naar bodem, waterhuishouding en natuur. Dit onderzoeksverslag, dat dient als achtergronddocument, is geschreven om de gemeente Land van Cuijk handvatten te bieden voor het realiseren van een klimaatrobuust Land van Cuijk.

Het onderzoek is uitgevoerd door drie studenten van de HAS Hogeschool, in opdracht van gemeente Land van Cuijk met als contactpersoon Irma van Riel. Iris Peeters is een student van de opleiding Applied Geo-Information Science, Sophia Blaauw van de opleiding Toegepaste Biologie en Daan Roos van de opleiding Management van de Leefomgeving.

Het onderzoek is begeleid door Joeri de Bekker, projectleider en docent bij de opleiding Management van de Leefomgeving, en Ellen Weerman, inhoudsdeskundige op gebied van klimaatrobuuste landschappen en docent van de opleiding Toegepaste

Biologie. Maurits Dorlandt en Wouter Thijs zijn betrokken geweest bij het onderzoek als inhoudsdeskundigen en zijn docenten van de opleiding Applied Geo-Information Science. Graag willen wij Irma van Riel bedanken voor de mogelijkheid om dit onderzoek uit te voeren. Ook willen wij Joost Rooijackers, gebiedsadviseur bij Waterschap Aa en Maas, bedanken voor zijn input tijdens bijeenkomsten en het interview en de mogelijkheid die wij hebben gekregen om gebruik te maken van het kantoor van Waterschap Aa en Maas. Joeri de Bekker en Ellen Weerman willen wij bedanken voor de prettige begeleiding tijdens deze BO. Verder willen wij Maurits Dorlandt en Wouter Thijs bedanken voor hun inhoudelijke bijdrage als inhoudsdeskundigen. Wij willen Gijs Looijen, Kitty Westgeest, Piet Hopman, Jan van Mierlo en Frank van Kalveveen bedanken voor het delen van hun kennis over de natuurgebieden in het Land van Cuijk.

Wij hebben met genoegen dit onderzoek uitgevoerd en wensen u veel leesplezier.

Iris Peeters, Sophia Blaauw en Daan Roos
's-Hertogenbosch, 17 juni 2022



Inhoudsopgave

Samenvatting	4
1. Inleiding	5
1.1 Doelstelling en onderzoeksvragen	5
1.2 Resultaat	5
1.3 Leeswijzer	4
2. Onderzoeksmethoden	5
2.1 Het Land van Cuijk in kaart	5
2.2 Kwetsbaarheid van het buitengebied	5
2.3 Van uitdagingen naar kansen	4
2.4 De weg naar een klimaatrobuust buitengebied in 2050	5
3. Het Land van Cuijk in kaart	5
3.1 Geo(morfo)logische processen en hoogte	5
3.2 Watersysteem	5
3.3 Bodem	4
3.4 Landgebruik	5
3.5 Natuurgebieden	4
3.6 Landschapstypen	5
4. Kwetsbaarheid van het buitengebied	5
4.1 Kwetsbare landbouwgebieden	5
4.2 Grondwaterstandverhoging landbouwgebieden	5
4.3 Kwetsbare natuurgebieden	4
5. De weg naar een klimaatrobuust buitengebied in 2050	5
5.1 Maatregelen	5
5.2 Deeluitwerkingen	5
5.3 Routekaart	4
Bronvermelding	4
Bijlagen	4
1. Interview Brabants Landschap	5
2. Interview Natuurmonumenten	5
3. Interview Staatsbosbeheer	4
4. Veldbezoek onder begeleiding in Sint Anthonisbos	4

5.	Conceptueel flowdiagram	4
6.	(Meta)data	4
7.	Datakwaliteit en -preparatie	4
8.	Kwetsbare landbouwgebieden en grondwaterstandverhoging gebieden	4
9.	Kwetsbare natuurgebieden	4
10.	Knelpunten Waterschap Aa en Maas	4
11.	Kaarten – Opbrengstderving landbouwgebieden	4
12.	Kaarten – Maximale kansrijkdom natuurgebieden	4
13.	Kaarten – Zuurstof- en transpiratiestress	4
14.	Validatie, verbeterpunten en aanbevelingen analyse	4

Samenvatting

Klimaatverandering heeft invloed op de leefbaarheid van het Land van Cuijk. Het doel van deze beroepsopdracht, die binnen het lectoraat Klimaatrobuuste Landschappen van HAS Hogeschool valt, is om beleidsmakers van gemeente Land van Cuijk inzicht te geven in de huidige en toekomstige uitdagingen en vervolgens concrete ontwerpoplossingen aan te reiken voor de omvorming van het buitengebied van de gemeente naar een klimaatrobuust buitengebied. Om tot deze routekaart te komen is de volgende onderzoeksvraag opgesteld: *Hoe kan het geheel aan natuur- en landbouwgebieden in het buitengebied van gemeente Land van Cuijk medio 2050 klimaatrobuust ingericht zijn, waarbij het optimaliseren van het bodem- en watersysteem bepalend is voor het landschappelijk inpassen van maatregelen tegen verdroging en wateroverlast en tegen versnippering van natuur?*

Om een routekaart te ontwikkelen is allereerst de conditie van het buitengebied in kaart gebracht. Dit is gedaan door middel van een gebiedsanalyse op basis van de lagenbenadering en een GIS-analyse om de meest en minst kwetsbare landbouw- en natuurgebieden voor klimaatverandering te bepalen. Vervolgens zijn er, onderverdeeld in de pijlers verdroging, wateroverlast en versnippering, knelpunten vastgesteld. Als oplossing voor deze knelpunten zijn maatregelen opgesteld, onderverdeeld in de pijlers vernatten, bergen en verbinden. Eén van deze maatregelen is een grondwaterstandverhoging, waarbij met een GIS-analyse bepaald is in welke mate dit bij kan dragen aan opbrengstbehoud van landbouwpercelen. Om de weg naar een klimaatrobuust buitengebied in 2050 te visualiseren is een masterplan opgesteld voor het hele Land van Cuijk. In aanvulling op het masterplan zijn voorbeeldlocaties van hoog detailniveau uitgewerkt, waarin de maatregelen om tot deze toekomstige situatie te komen, zijn weergegeven.

De meest kwetsbare landbouw- en natuurgebieden voor klimaatverandering bevinden zich op de Peelhorst. Deze gebieden onderscheiden zich duidelijk van het

Maasterras en het gebied langs de Maas, die minder kwetsbaar zijn voor klimaatverandering. Het grootste aandeel van deze kwetsbare gebieden wordt veroorzaakt door verdroging. De sponswerking op deze hooggelegen zandgronden is verstoord en dient teruggebracht te worden door zowel het gebied te vernatten als het organisch stofgehalte terug te brengen. Ook kan het gebruik van natte teelt de opbrengstderving tegengaan in gebieden die vernat dienen te worden. Het aandeel van deze kwetsbare gebieden dat veroorzaakt wordt door wateroverlast is minder groot. Om de natuurgebieden op de Peelhorst weerbaarder te maken, is het onderling robuust verbinden van deze gebieden van belang. De natte natuurgebieden op het Maasterras kampen eveneens met verdroging en dienen daarom beschermd te worden. De routekaart, met daarin op deze op tijd gebaseerde maatregelen voor de Peelhorst, het beekdal en het Maasterras, dient als basis om in 2050 tot klimaatrobuust buitengebied van het Land van Cuijk te komen.

1. Inleiding

Wereldwijd leidt klimaatverandering tot steeds meer problemen. In Nederland komen warmere en drogere zomers vaker voor, neemt het aantal zomerse regendagen af en de hevigheid van extreme neerslag juist toe (KNMI, 2010). De gevolgen van klimaatverandering hebben invloed op natuur, watersystemen, biodiversiteit, landbouw en dus overkoepelend op de leefbaarheid van een gebied. Eén van de redenen om de Nationale Omgevingsvisie (NOVI) op te stellen is om de effecten van klimaatverandering te beperken. De NOVI stelt dat Nederland in 2050 klimaatrobuust moet zijn ingericht (Koelewijn, 2022). Het in 2022 door HAS Hogeschool opgerichte lectoraat Klimaatrobuuste Landschappen komt hieruit voort en heeft als doel om de potentie, kwaliteit en het perspectief van buitengebieden in Noord-Brabant te vergroten.

Eén van de gebieden, waar de effecten van klimaatverandering zichtbaar zijn, is de gemeente Land van Cuijk. Het grondgebied van deze gemeente vormt het plangebied van dit onderzoek en is weergegeven in figuur 1. In het buitengebied is klimaatverandering een

uitdaging voor natuurorganisaties, agrariërs en overheden. De grote hoeveelheid hevige neerslag in de zomer van 2021 zorgde voor overstroming van de uiterwaarden aan de oostelijke kant van het plangebied (Reijnen Rutten, 2021), terwijl de extreme droogte en warmte in eerdere jaren bosbrandjes en beregeningsverboden veroorzaakten (Greijn, 2018). Daarnaast is het essentieel om de natuur in het Land van Cuijk beter te verbinden en hiermee versnippering, met de afname van biodiversiteit als gevolg, tegen te gaan (Land van Cuijk, 2020). Om zowel natuur als landbouw ten goede te komen, heeft de Rijksoverheid in de NOVI een prioritering opgesteld die zich focust op toekomstbestendige ontwikkeling van het landelijk gebied en de balans tussen landgebruik, natuur en de kwaliteit hiervan (Rijksoverheid, 2022). Om het landschap in het buitengebied van gemeente Land van Cuijk klimaatrobuust te maken, zijn concrete oplossingen van belang. De uitwerking van deze beroepsopdracht levert hier een bijdrage aan.



Figuur 1 – Overzichtskartaal gemeente Land van Cuijk

1.1 Doelstelling en onderzoeksvragen

De huidige effecten van klimaatverandering zullen in de toekomst verder versterkt worden, zo ook in het Land van Cuijk (KNMI, 2022b). De mens zal hierdoor genoodzaakt zijn om anders om te gaan met het landschap. Op sommige plekken zal het huidige grondgebruik immers niet meer rendabel zijn, waardoor concrete maatregelen genomen moeten te worden. De pijlers voor het opstellen van deze maatregelen zijn verdroging en wateroverlast en tegen versnippering van de natuur. De basis hiervan en oplossing hiervoor is het terugbrengen en herstellen van de optimale samenwerking tussen hydrologie, bodem, organismen en landgebruik. Dit is landelijk bepaald in het Coalitieakkoord 2021-2025 (Rijksoverheid, 2021).

Het doel van deze beroepsopdracht is om beleidsmakers van gemeente Land van Cuijk inzicht te geven in de huidige en toekomstige uitdagingen en vervolgens concrete ontwerpoplossingen aan te reiken voor de omvorming van het buitengebied van de gemeente naar een klimaatrobuust buitengebied. Deze ontwerpoplossingen dragen bij aan bewustwording van gemeente Land van Cuijk over de kansen die gelden voor een klimaatrobuust buitengebied per 2050.

Op dit moment zijn er nog geen concrete inrichtingsplannen gemaakt om het buitengebied van het Land van Cuijk minder kwetsbaar te maken voor klimaatverandering. De uitdaging voor dit project luidt: Hoe kan het geheel aan natuur- en landbouwgebieden in het buitengebied van gemeente Land van Cuijk medio 2050 klimaatrobuust ingericht zijn, waarbij het optimaliseren van het bodem- en watersysteem bepalend is voor het landschappelijk inpassen van maatregelen tegen verdroging en wateroverlast en tegen versnippering van natuur?

Om de hoofdvraag te beantwoorden zijn verschillende deelvragen opgesteld.

Buitengebied in kaart

- Wat is de huidige conditie van het buitengebied?
- Welke landschapstypen zijn in het gebied aanwezig?

- Welke gebieden zijn het meest en minst kwetsbaar voor klimaatverandering en wat zijn de oorzaken hiervoor?
 - o Wat is de huidige en toekomstige opbrengstderving van landbouwpercelen?
 - o Wat is de huidige en toekomstige maximale kansrijkdom van natuurgebieden?

Van uitdagingen naar kansen

- Welke knelpunten kennen de verschillende pijlers kijkend naar bodem, water, landbouw en natuur?
- Welke kansen kennen de verschillende pijlers kijkend naar bodem, water, landbouw en natuur?
- Hoe kunnen maatregelen bijdragen aan het klimaatrobuust inrichten van het buitengebied en welke profijt hebben landbouw en natuur hiervan?
- In welke mate kan het verhogen van de grondwaterstand bijdragen aan opbrengstbehoud van landbouwpercelen?

De weg naar een klimaatrobuust buitengebied in 2050

- Hoe ziet het klimaatrobuuste masterplan van gemeente Land van Cuijk eruit in 2050?
- Welke procesmatige stappen dienen op welke locatie gezet te worden en welke maatregelen moeten genomen worden om tot deze toekomstige situatie in 2050 te komen?

1.2 Resultaat

Het eindresultaat van dit onderzoek is een routekaart die bestaat uit een informatief tijdschrift en een achtergronddocument. Deze routekaart bevat een inventarisatie van de status-quo van het Land van Cuijk, een analyse van de huidige en toekomstige kwetsbare landbouw- en natuurgebieden, een masterplan voor een klimaatrobuust Land van Cuijk in 2050 en de procesmatige stappen die gezet dienen te worden om tot dat klimaatrobuuste Land van Cuijk te komen. De doelgroep van deze routekaart zijn de beleidsmakers van gemeente Land van Cuijk. Om de toegankelijkheid voor de doelgroep te vergroten, is gekozen voor een informatief tijdschrift. Dit tijdschrift vormt de basis voor een goed koffietafelgesprek over een klimaatrobuust buitengebied.

weergegeven in hoofdstuk 5.1. De deelgebieden op hoog detailniveau vullen het strategische masterplan aan en worden weergegeven in hoofdstuk 5.2. De op tijd gebaseerde routekaart van deze te treffen maatregelen wordt weergegeven in hoofdstuk 5.3.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 – Onderzoeksmethoden

In dit hoofdstuk worden de gebruikte onderzoeksmethoden beschreven.

Hoofdstuk 3 – Het Land van Cuijk in kaart

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de gebiedsanalyse weergegeven. Hierbij is gebruik gemaakt van een lagenbenadering.

Hoofdstuk 4 – Kwetsbaarheid van het buitengebied

In dit hoofdstuk wordt de kwetsbaarheid van het buitengebied van het Land van Cuijk weergegeven. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de landbouw- en natuurgebieden. Ook worden de resultaten van de grondwaterstandverhoging-analyse weergegeven.

Hoofdstuk 5 – De weg naar een klimaatrobuust buitengebied in 2050

In dit hoofdstuk wordt het masterplan voor de weg naar een klimaatrobuust buitengebied in 2050 weergegeven. Dit masterplan is gebaseerd op de knelpunten uit hoofdstuk 3 en 4. De concrete maatregelen worden

2. Onderzoeksmethoden

Om een routekaart voor een klimaatrobuust buitengebied van het Land van Cuijk medio 2050 te ontwikkelen, is kaartenstudie en literatuuronderzoek gedaan, zijn interviews gehouden, GIS-analyses uitgevoerd en veldbezoeken gedaan en is ontwerpend onderzoek verricht. Deze methoden worden toegepast in de verschillende fases van het onderzoek, dat gericht is op de drie knelpuntenpijlers: verdroging, wateroverlast en versnippering, zie figuur 2.



2.1 Het Land van Cuijk in kaart

De eerste fase van dit onderzoek richt zich op het in kaart brengen van de huidige conditie van het buitengebied en de verschillende landschapstypen die aanwezig zijn. Dit is gedaan door middel van kaartenstudie, literatuuronderzoek en interviews.

2.1.1 Kaartenstudie

Door gebruik te maken van een lagenbenadering is de vorming van het landschap van het Land van Cuijk onderzocht. Dit is gedaan door een uitsplitsing te maken in geomorfologie, reliëf, watersysteem, bodem, landgebruik en natuurtypen. Hierbij is, met uitzondering van de door Waterschap Aa en Maas aangeleverde data, gebruik gemaakt van openbaar beschikbare ruimtelijke data. Deze kaarten zijn geïmporteerd en waar nodig bewerkt in ArcGIS Pro versie 2.9 (ESRI, 2021). Vervolgens zijn de kaarten opgemaakt in Adobe Illustrator versie 2022 (Adobe, 2022).

2.1.2 Literatuuronderzoek

Op basis van de kaartenstudie is een literatuuronderzoek uitgevoerd, waarbij de kaarten uit hoofdstuk 3 zijn geïnterpreteerd. Hierbij zijn opvallende resultaten uit de kaarten nader onderzocht en verklaard welke processen het landschap hebben gevormd. Naast wetenschappelijke rapportages over klimaatrobuuste landschappen van Wageningen University & Research (WUR) en HAS Hogeschool, is ook gebruik gemaakt van historisch-geografische boeken.

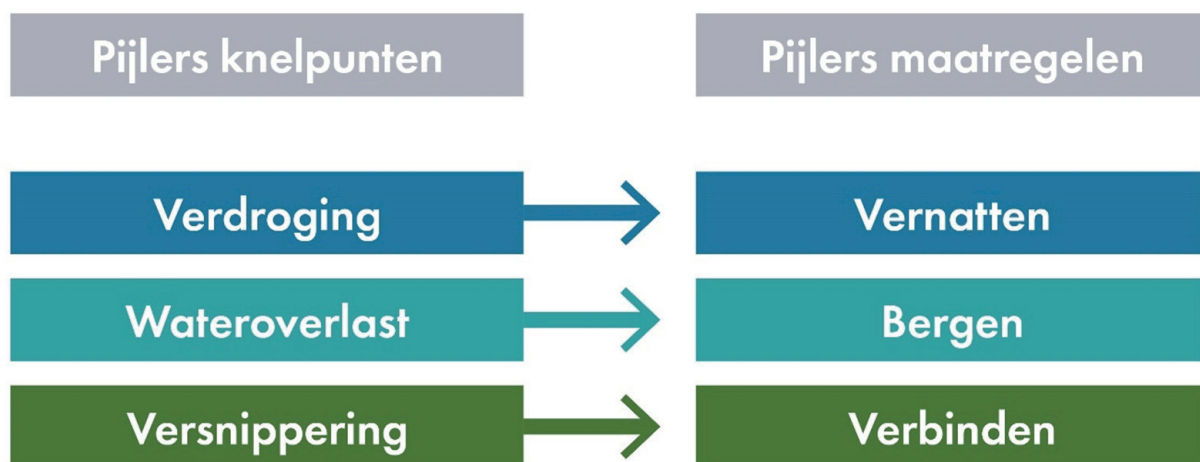
2.1.3 Interviews

Gebiedsexperts hebben specifieke kennis over het Land van Cuijk. Om meer te weten te komen over de huidige staat van de natuurgebieden zijn er interviews gehouden met de drie natuurorganisaties die de natuurgebieden in het Land van Cuijk beheren; Brabants Landschap, Natuurmonumenten en Staatsbosbeheer. In deze interviews is besproken welke natuurtypen en organismen in de gebieden voorkomen. Er is gesproken met de volgende personen:

- Gijs Looijen, beheerder Noordoost bij Brabants Landschap
- Kitty Westgeest en Piet Hopman, beide werkzaam als projectleider bij Staatsbosbeheer
- Jan van Mierlo, boswachter ecologie bij Natuurmonumenten

Een volledige uitwerking van de interviews, met de daarbij opgestelde vragen, staat weergegeven in bijlage 1 tot en met 3.

Ook heeft er een veldbezoek plaatsgevonden in het Sint Anthonisbos onder begeleiding van Frank van Kalveveen, oud boswachter van dit gebied bij Staatsbosbeheer. Ook hierbij is gefocust op de voorkomende natuurtypen en organismen en is het onderscheid gemaakt tussen de beschreven informatie en de situatie in de praktijk. Een uitwerking van dit veldbezoek staat weergegeven in bijlage 4.



Figuur 2 – Pijlers knelpunten en maatregelen

2.2 Kwetsbaarheid van het buitengebied

De door klimaatverandering veroorzaakte verschuivingen in ondergrond en grondwaterstanden maken sommige gebieden, in combinatie met het landgebruik dat hierop van toepassing is, kwetsbaarder voor klimaatverandering dan andere gebieden. Om de kwetsbaarheid van het buitengebied van het Land van Cuijk te bepalen, is een GIS-analyse uitgevoerd. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen landbouw- en natuurgebieden. Ook is onderzocht in welke mate het verhogen van de grondwaterstand kan bijdragen aan het opbrengstbehoud van landbouwpercelen. Dit komt tot uiting in de volgende stappen:

1. Kwetsbaarheid landbouwgebieden: bepalen van het effect van een veranderend klimaat en veranderende waterhuishouding op de gewasopbrengst van landbouwgebieden, onderscheid makend in opbrengstderving door indirecte en directe effecten.
2. Grondwaterstandverhoging landbouwgebieden: bepalen van het effect van een grondwaterstandverhoging van 10, 20 en 30 centimeter op de gewasopbrengst van landbouwgebieden.
3. Kwetsbaarheid natuurgebieden: bepalen van het effect van een veranderend klimaat en veranderende waterhuishouding op de maximale kansrijkdom van natuurgebieden, op basis van de geschiktheid van optimale ecotoopgroepen.

Het volgens de PPDAC-methodiek opgestelde conceptueel flowdiagram dat gebruikt is voor uitvoering van de GIS-analyses wordt weergegeven in bijlage 5. Het totaal aan databestanden, inclusief gedetailleerde beschrijving van de keuzes hiervoor en metadata, dat en software die gebruikt is voor uitvoering van de analyses worden weergegeven in bijlage 6. Ook zijn de data, voorafgaand aan het uitvoeren van de analyses gecontroleerd en geprepareerd. Een overzicht van de hiervoor uitgevoerde stappen, met de gebruikte parameters en toelichting van keuzes, wordt weergegeven in bijlage 7. De GIS-analyses zijn gevalideerd door literatuuronderzoek uit te voeren.

2.2.1 Kwetsbare landbouwgebieden

Om de kwetsbaarheid van de landbouwgebieden in het Land van Cuijk te bepalen is gebruik gemaakt van het model Waterwijzer Landbouw Tabel (Werkgroep Waterwijzer Landbouw, 2018). Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de huidige en de toekomstige opbrengstderving. Aan de hand van het bodemtype, de gemiddeld hoogste en laagste grondwaterstanden en klimatologische omstandigheden is voor perioden 1981–2010, referentieperiode voor de huidige situatie, en 2036–2065, referentieperiode voor de toekomstige situatie, berekend wat de gemiddelde opbrengstderving is. Een gedetailleerde uitleg over uitvoering van de analyse, met daarbij horende flowdiagram en keuzes staat weergegeven in bijlage 8.

Bij het bepalen van de kwetsbaarheid van de landbouwgebieden is de aanname gemaakt dat de opbrengstderving van een perceel in het Land van Cuijk bestaat uit de gemiddelde opbrengstderving van de vier gewassen snijmais, consumptieaardappel, gras beweiding en gras maaien. Er is voor deze gewassen gekozen, omdat dit de vier meest voorkomende landbouwgewassen in het Land van Cuijk zijn en 70,4 procent van het totaal aantal landbouwgebieden in 2010 uit deze vier gewassen bestond (ArcGIS Pro, 2021). Daarnaast wordt, door deze aanname te maken, vermeden dat de opbrengstderving tussen de huidige en toekomstige situatie niet met elkaar vergeleken kan worden, doordat het type gewas op een perceel mogelijk niet overeenkomend is.

Het model Waterwijzer Landbouw Tabel houdt geen rekening met de lokale klimatologische omstandigheden van een gebied. Er is daarom de aanname gemaakt dat de dagelijkse weersomstandigheden van weerstation De Bilt, het dichtstbijzijnde door het model gebruikte weerstation, overeenkomen met de omstandigheden in het Land van Cuijk. De toekomstige situatie is hierbij gebaseerd op KNMI'14-klimaatscenario WH. In dit scenario wordt rekening gehouden met een sterke

temperatuurstijging en hoge waarde in verandering van luchtstromen. Er is gekozen voor dit klimaatscenario, omdat de wereldwijde temperatuurstijging van anderhalve graden tien jaar eerder wordt bereikt dan verwacht en deze stijging waarschijnlijk doorgaat zetten (KNMI, 2021) (KNMI, 2022a). Ook houdt het model geen rekening met de veranderingen die optreden in de bodem bij een grondwaterstandverandering in de toekomst. Er is daarom de aanname gemaakt dat de bodemeigenschappen van de toekomstige situatie overeenkomen met die van de huidige situatie. Verder is de opbrengstderving berekend op basis van de natuurlijke huidige en toekomstige situatie, waarbij de invloed van irrigatie niet is meegenomen.

Op basis van de gemiddelde huidige en toekomstige opbrengstderving en het verschil hiertussen is de mate van kwetsbaarheid van de landbouwpercelen voor klimaatverandering toegekend. Afhankelijk van de mate van verschil tussen de huidige en toekomstige situatie is hierbij gesteld dat de conditie van een landbouwperceel statisch of dynamisch kan zijn. In combinatie met de hoogte van de opbrengstderving in de toekomstsituatie bepaalt dit het kwetsbaarheidstype van het perceel.

2.2.2 Grondwaterstandverhoging landbouwgebieden

Het effect van een grondwaterstandverhoging op de gewasopbrengst van landbouwgebieden is bepaald aan de hand het landbouwgewas snijmais. De uitkomsten van de analyse met de huidige en toekomstige opbrengstderving van snijmais met behulp van Waterwijzer Landbouw Tabel, zoals beschreven in hoofdstuk 2.2.1, dienen als input voor het toepassen van de grondwaterstandverhoging scenario's. Op basis van de toekomstig gemiddeld hoogste en laagste grondwaterstanden is namelijk berekend wat de toekomstige opbrengstderving voor het gewas snijmais is bij een grondwaterstandverhoging van 10, 20 en 30 centimeter. Hierbij is de aanname gemaakt dat deze scenario's voor grondwaterstandverhoging de praktisch mogelijk uitvoerbare scenario's

zijn. Ook voor deze analyse staat een gedetailleerde uitleg over uitvoering van de analyse, met daarbij horende flowdiagram en keuzes, weergegeven in bijlage 8.

2.2.3 Kwetsbaarheid natuurgebieden

Om de kwetsbaarheid van de natuurgebieden in het Land van Cuijk te bepalen gebruik gemaakt van het model Waterwijzer Natuur (KWR Water, 2022). Hierbij is onderscheid gemaakt tussen huidige en toekomstige kansrijkdom van natuurgebieden. De maximale kansrijkdom geeft op basis van de optimale ecotoopgroep weer hoe goed deze ecotoopgroep binnen de abiotische omstandigheden kan functioneren. Aan de hand van het bodemtype, de gemiddeld hoogste en laagste grondwaterstanden, de gemiddelde voorjaars grondwaterstand en de gemiddelde grondwaterstand, klimatologische omstandigheden, N-depositiefactor en vegetatiestructuur is voor de jaren 1995, referentiejaar voor de huidige situatie, en 2050, referentiejaar voor de toekomstige situatie, berekend wat de maximale kansrijkdom is. Een gedetailleerde uitleg over uitvoering van de analyse, met daarbij horende flowdiagram en keuzes staat weergegeven in bijlage 9.

Ook in het model Waterwijzer Natuur wordt het klimaat van de toekomstige situatie gebaseerd op KNMI'14-klimaatscenario WH, waarbij rekening wordt gehouden met een sterke temperatuurstijging en hoge waarde in verandering van luchtstromen (KNMI, 2022a).

Op basis van de huidige en toekomstige maximale kansrijkdom en het verschil hiertussen in de mate van kwetsbaarheid van de natuurgebieden voor klimaatverandering toegekend. Afhankelijk van de mate van verschil tussen de huidige en toekomstige situatie is hierbij gesteld dat de conditie van een natuurgebied statisch of dynamisch kan zijn. In combinatie met de hoogte van de maximale kansrijkdom in de toekomstsituatie bepaalt dit het kwetsbaarheidstype van het natuurgebied.

2.3 Van uitdagingen naar kansen

De volgende fase in het onderzoek is om de kansen en knelpunten van het buitengebied van het Land van Cuijk te inventariseren. De kansen en knelpunten voor de natuurgebieden zijn onderzocht doormiddel van het houden van interviews met natuurorganisaties en het Waterschap Aa en Maas. De knelpunten van de landbouwgebieden zijn onderzocht doormiddel van het interpreteren van de resultaten uit de GIS-analyse, uit hoofdstuk 2.2, en het interview met Waterschap Aa en Maas. Vervolgens is met behulp van literatuuronderzoek onderzocht welke maatregelen kunnen worden toegepast. Deze maatregelen zijn gevalideerd aan de hand van veldbezoeken

2.3.1 Interviews

Naast het bespreken van de natuurtypen en organismen die in de gebieden voorkomen, zijn ook de kansen en knelpunten, die volgens de gebiedsexperts in de gebieden aanwezig zijn, besproken. Dit is gedaan in dezelfde interviews als benoemd in hoofdstuk 2.1.3. In deze interviews is gefocust op knelpunten van de pijlers verdroging, wateroverlast en versnippering. Hiermee zijn de maatregelen en kansen voor deze knelpunten als volgt gecategoriseerd: vernatten, bergen en verbinden.

Daarnaast is ook een interview gehouden met Joost Rooijakkers, gebiedsadviseur bij Waterschap Aa en Maas. In dit interview is de samenwerking tussen Waterschap Aa en Maas, de natuurorganisaties en agrariërs besproken. Doel van dit interview is om inzicht te krijgen in de vraag van deze partijen gericht op de waterhuishouding. Verder zijn de knelpunten met betrekking tot de drie pijlers, de reeds getroffen maatregelen en mogelijke toekomstige maatregelen besproken. Een volledige uitwerking van dit interview, met de daarbij opgestelde vragen, staat weergegeven in bijlage 10.

2.3.2 Literatuuronderzoek

Op basis van de knelpunten is literatuuronderzoek uitgevoerd, waarbij is onderzocht welke maatregelen genomen kunnen worden voor een klimaatrobuust

buitengebied van het Land van Cuijk. Hierbij is gebruik gemaakt van afstudeerverslagen van eerdere onderzoeken gericht op klimaatrobuuste landschappen, afkomstig van WUR en HAS Hogeschool.

2.3.3 Veldbezoek

Om de opgestelde maatregelen te valideren hebben drie veldbezoeken plaatsgevonden. Hierbij zijn de kwetsbare gebieden, locaties voor mogelijk toekomstige maatregelen en locaties waar al maatregelen genomen zijn, bezocht.

2.4 De weg naar een klimaatrobuust buitengebied in 2050

Tot slot is in de laatste fase van het onderzoek een masterplan opgesteld voor een klimaatrobuust buitengebied van het Land van Cuijk. Ook is in kaart gebracht welke procesmatige stappen op welke locatie gezet dienen te worden om tot deze toekomstige situatie te komen. De hiervoor gebruikte methoden zijn ontwerpend onderzoek en literatuuronderzoek.

2.4.1 Ontwerpend onderzoek

Op basis van de kansen en knelpunten uit hoofdstuk 3 en 4 is aan de hand van schetsend en strategisch ontwerp voor het volledige gebied een masterplan ontworpen. In sommige delen van het Land van Cuijk zijn specifieke gebieden aangewezen waarvoor de maatregelen op kleine schaal zijn uitgewerkt. Deze specifiekere uitgewerkte locaties, ook wel inzoomtegels genoemd, betreffen gebieden waarin meerdere maatregelen getroffen kunnen worden. Op de inzoomtegels wordt de klimaatrobuuste toekomstvisie, toepasbaar binnen de huidige vorm van landgebruik, weergegeven.

2.4.2 Literatuuronderzoek

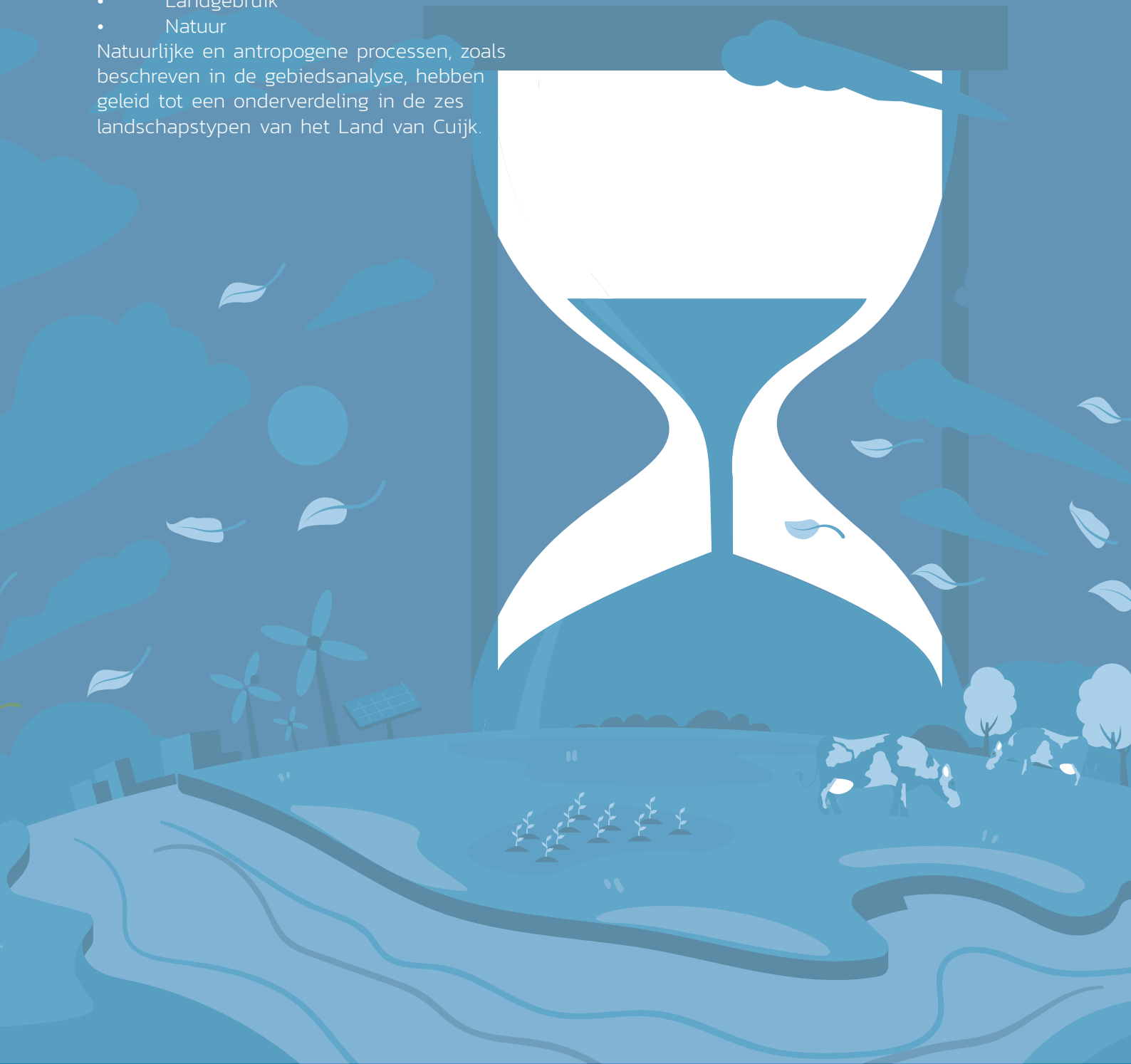
Twee van de maatregelen zijn gedetailleerder uitgewerkt in de vorm van procesmatige stappen. Bij deze stappen is rekening gehouden met de verschillende acties die ondernomen moeten worden om het gewenste klimaatrobuuste eindresultaat te bereiken en in welk tijdspad dit gepland moet worden. Dit is gedaan aan de hand van eerdere onderzoeken gericht op klimaatrobuuste landschappen en rapportages over overeenkomende maatregelen in andere gebieden, afkomstig van WUR en HAS Hogeschool.

3. Het Land van Cuijk in kaart

Om de huidige conditie van het buitengebied van gemeente Land van Cuijk in kaart te brengen is een gebiedsanalyse uitgevoerd. Dit hoofdstuk bevat deze gebiedsanalyse, die is opgedeeld in de volgende onderdelen:

- Geomorfologie
- Hoogte
- Watersysteem
- Bodem
- Landgebruik
- Natuur

Natuurlijke en antropogene processen, zoals beschreven in de gebiedsanalyse, hebben geleid tot een onderverdeling in de zes landschapstypen van het Land van Cuijk.



3.1 Geo(morfo)logische processen en hoogte

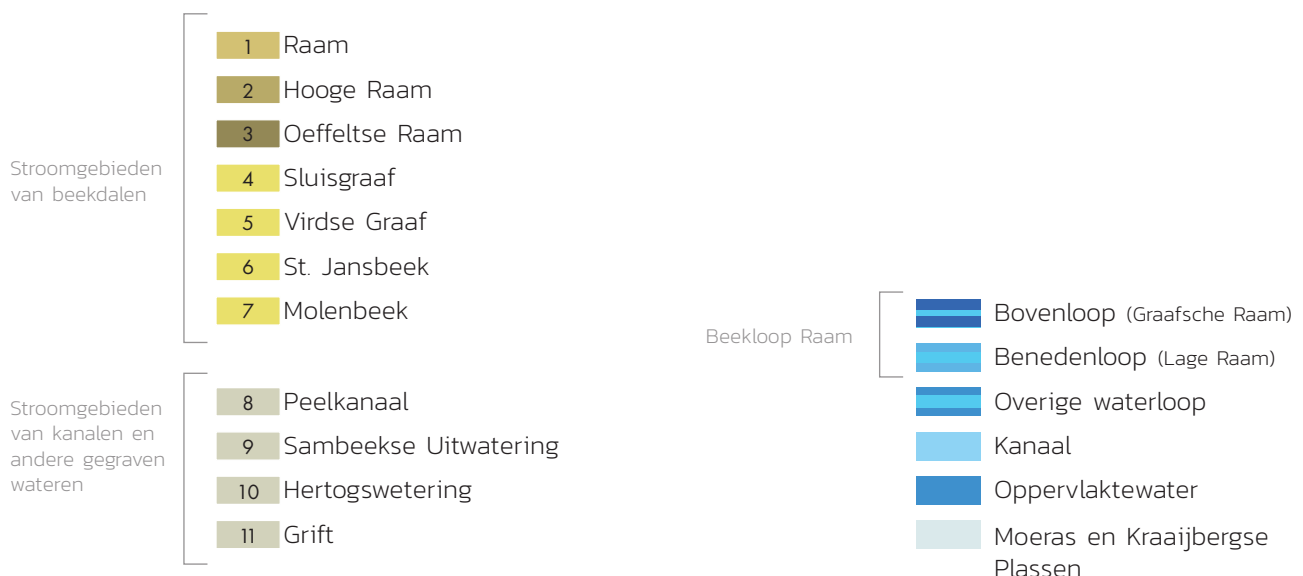
Geo(morfo)logische processen die in het verleden hebben plaatsgevonden, zijn tegenwoordig nog in het landschap van het Land van Cuijk zichtbaar (figuur 3). Het zuidwestelijke deel van de gemeente wordt gekenmerkt door een plateau-achtige horst: de Peelhorst (PDOK, 2017a). In de laatste ijstijd, het Weichselien, zijn er breuken in de aardkorst ontstaan. Een deel van het landschap kwam hoger te liggen en hierdoor is een horst ontstaan (IVN, 2022). Deze horst is duidelijk zichtbaar op de hoogtekaart van figuur 4 en heeft een hoogte van 19 tot 26 meter boven NAP (PDOK, 2022b). De landduinen die op de horst liggen zijn ontstaan door zandverstuivingen. Dit zand is afkomstig van onbegroeide plekken en verzamelde zich waardoor duinen zijn gevormd (Natura2000, 2022).

Het noordoostelijke gedeelte dat zich dichterbij de Maas bevindt, is een terrasvlakte. Deze terrasvlakte bevindt zich op 7 tot 13 meter boven NAP (PDOK, 2022b). In de terrasvlakte zijn restgeulen van ingesneden beken zichtbaar (PDOK, 2022b). Het hoogteverschil tussen het ingesneden beekdalsysteem en de terrasvlakte maakt dat er terrasrest-ruggen zijn ontstaan. Op de overgang van de horst naar de terrasvlakte komen dekzandwelingen en een horstglooiing voor. Tussen de terrasvlakte

en de Maas bevindt zich een vlakte. Deze vlakte bestaat uit de rivierdalbodem en dalvlakteterras, beide gevormd onder invloed van de Maas (Pers. comm. Wouter Thijs, 2022).

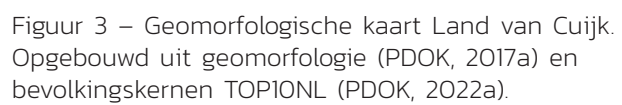
Legenda

Stroomgebieden in Land van Cuijk



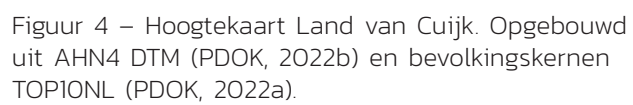
De geomorfologische processen van Land van Cuijk

The map illustrates the geomorphological processes of Land van Cuijk. It shows a large area with a complex network of rivers and canals. The land is divided into three main color-coded regions: green (high-lying), yellow (intermediate), and brown (low-lying). The Rijn river is prominent, flowing through the area. Various settlements are marked, including Oude, Nieuw, and Oude. The map also shows the course of the Rijn river and the locations of various settlements.



Legenda

	25 - 22,5 m boven NAP
	22,5 - 17,5 m boven NAP
	17,5 - 15 m boven NAP
	15 - 10 m boven NAP
	10 - 7,5 m boven NAP

[illegible]

3.2 Watersystemen

Het reliëf van het landschap heeft invloed gehad op de vorming van het watersysteem in het Land van Cuijk. Het hoogteverschil tussen de Peelhorst en de terrasvlakte resulteert in afstromend regenwater van de oostelijke kant van de Peelhorst richting de Maas. Dit gebeurt via de beken in de terrasvlakte (figuur 5). Behalve het reliëf hebben geomorfologische processen ook invloed gehad op het watersysteem. Natuurlijke beken hebben het landschap uitgediept waardoor de Raam, de Hooge Raam, de Oeffeltse Raam, de Sluisgraaf, de Virdse Graaf, de Molenbeek en de St. Jansbeek zijn ontstaan.

Naast beken zijn er ook kanalen en andere gegraven wateren in het gebied aanwezig. Gegraven wateren in het Land van Cuijk zijn het Peelkanaal, de Sambeekse Uitwatering, de Hertogswetering en de Grift. Deze zijn mede aangelegd om water versneld af te voeren ten behoeve van de ontwatering van landbouwgrond.

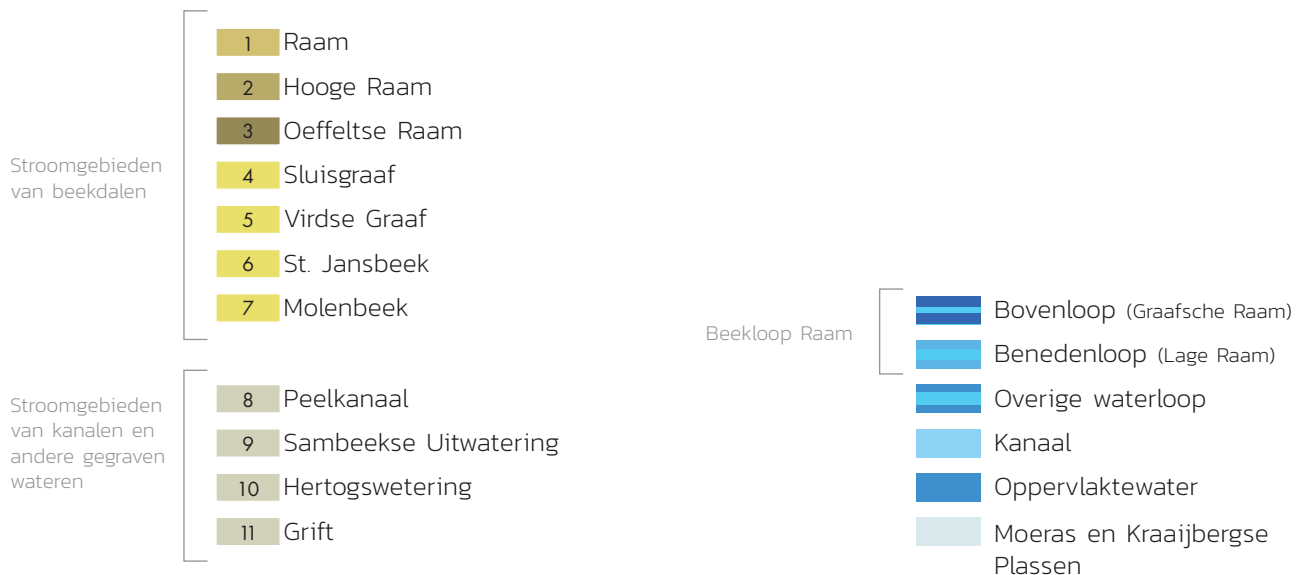
In het interview met Waterschap Aa en Maas legt Joost Rooijakkers uit dat er regelmatig maatregelen genomen worden tegen wateroverlast. Het Land van Cuijk voldoet aan de norm voor de winterse piekbuien. "In Grave is er wel nog een waterberging nodig", aldus Joost Rooijakkers. Er zijn al plannen gemaakt

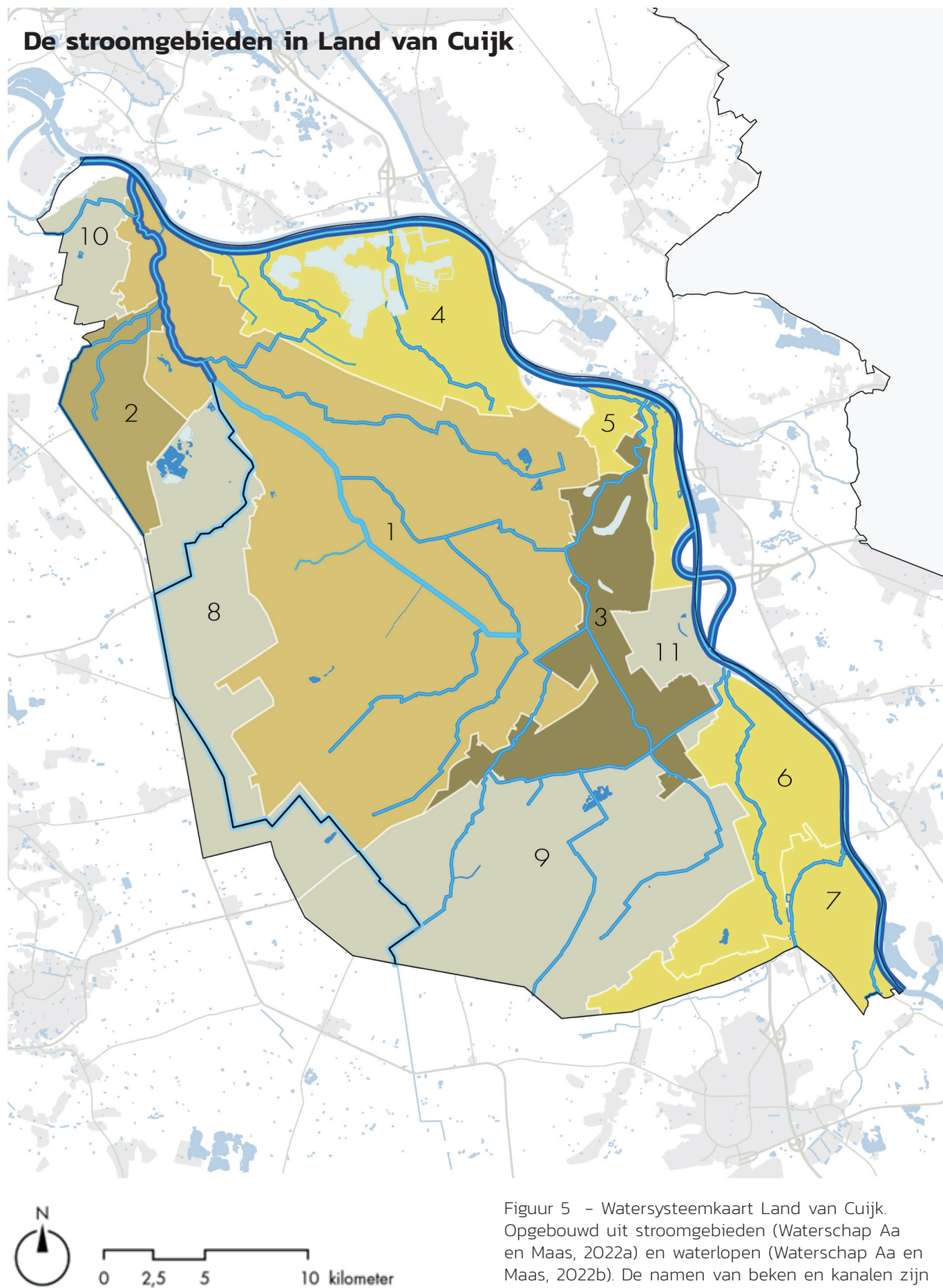
om deze waterberging te realiseren (Waterschap Aa en Maas, 2019). "Er bestaat geen norm voor wateropvang van zomerpiekbuien, maar met berekeningen kan steeds meer worden bepaald. Vanaf Boxmeer tot het westen van Land van Cuijk kwamen in het verleden flinke regenbuien voorbij. Op deze plekken zijn maatregelen genomen zodat het gebied de hoge piekenbuien aankan", aldus Joost Rooijakkers.

Ook is er sprake van verdroging in het Land van Cuijk. Dit geldt voor de hele gemeente, maar speelt met name een rol op de Peelhorst. "De Peelhorst is enorm droogtegevoelig, is gelegen op zandgronden en heeft daardoor het meeste te lijden onder klimaatverandering", aldus Joost Rooijakkers.

Legenda

Stroomgebieden in Land van Cuijk





Figuur 5 – Watersysteemkaart Land van Cuijk. Opgebouwd uit stroomgebieden (Waterschap Aa en Maas, 2022a) en waterlopen (Waterschap Aa en Maas, 2022b). De namen van beken en kanalen zijn afkomstig uit Topotijdreis

3.3 Bodem

Zowel geomorfologische processen, waaronder het ontstaan van de Peelhorst, als menselijke invloeden hebben het ontwikkelen van de bodemtypen in het Land van Cuijk beïnvloed. In figuur 6 is de bodemkaart weergegeven met daarin de voorkomende bodemtypen.

Op de Peelhorst komen schrale en droge bodems voor. Deze bodems zijn hydropodzolgronden, die voornamelijk bestaan uit veld- en gedeeltelijk uit laarpodzolgrond, en zijn ontstaan door de horst in combinatie met het plaggen van de toplaag. Veldpodzolgronden worden gekenmerkt door zandige podzolbodems waar sterke uitlogingsverschijnselen hebben plaatsgevonden. Laarpodzolgronden zijn zandige podzolgrond met een 30–50 centimeter dik plaggendek (de Bakker & Schelling, 1966). Op de lagere delen van de Peelhorst komen gooreerdgronden voor. De landduinen op de Peelhorst bestaan uit duinvaaggrond. Dit is een xerovaaggrond opgebouwd uit lagen zand, die afkomstig zijn uit zandverstuivingen (de Bakker & Schelling, 1966).

Op de overgang van Peelhorst en terrasvlakte komen dikke eerdgronden voor, genaamd dikke enkeerdgronden. De goede watervoorziening heeft ertoe geleid dat deze overgangszone voor landbouw werd gebruikt. De eerdergenoemde toplaag was de basis voor het pot-

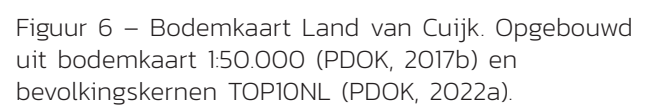
stalsysteem. Deze heideplaggen werden in de stallen gelegd en vermengd met stalmest om vervolgens over de akkers uitgereden te worden. Door dit landgebruik is de bodem gedurende eeuwen humusrijk geworden (Baas, et al., 2005).

In het oude beekdalsysteem van de Raam is de bodem natter dan op de horst. Hier komen poldervaaggronden voor, die vallen onder de hydrovaaggronden. Poldervaaggronden zijn kleigronden waar terugkerend hoge grondwaterstanden voor kunnen komen (de Bakker & Schelling, 1966). Deze gronden zijn ontstaan door het afwisselende vlechtende en meanderende watersysteem. Naast de Maas liggen ooivaaggronden. Dit zijn xerovaaggronden waarin een laag rivierklei aanwezig is (de Bakker & Schelling, 1966). Deze rivierklei is afgezet tijdens overstromingen van de Maas. In het zuidoosten van het Land van Cuijk grenzen deze ooivaaggronden aan hoge enkeerdgronden die zijn ontstaan door het gebruik van grasplaggen gemengd met mest (Baas, et al., 2005).

Legenda



Aanwezige bodemtypen in Land van Cuijk



3.4 Landgebruik

Gemeente Land van Cuijk bestaat grofweg uit de grotere dorpskernen Grave, Mill, Cuijk, Boxmeer en Sint Anthonis. Het buitengebied bestaat voornamelijk uit landbouwgrond en natuurgebieden. In de landgebruikskaart (figuur 7) is een onderverdeling gemaakt tussen ker-
nen, wegen, waterlopen, landbouw en natuur.

Het agrarisch gras kan worden uitgesplitst in beweiden, het houden van vee op agrarische grond, en maaien, ten behoeve van veevoer. De veehouderijen die zich in het Land van Cuijk bevinden zijn geiten-, kalver-, melkvee-, pluimvee-, vleesvee- en varkenshouders (Land van Cuijk boert bewust, 2022).

3.4.1 Landbouw

Het Land van Cuijk bestaat voor het grootste deel uit landbouwgrond. De landbouwgrond wordt voornamelijk gebruikt voor agrarisch grasland (Engels raaigras), snijmais en aardap-
pelen (ArcGIS Pro, 2021). Deze gewassen komen voor op droge tot vochtige bodems, waarbij Engels raaigras op een nattere bodem kan groeien dan snijmais en aardappelen (Alterra, 2022). In tabel 1 zijn de gemiddeld hoogste en laagste grondwaterstanden weergegeven waar-
bij deze gewassen optimaal groeien.

Gewas	Gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) in cm onder maaiveld	Gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) in cm onder maaiveld
Engels raaigras	68-95	12-35
Snijmais	92-118	29-57
Aardappel	95-170	37-77

Tabel 1 – Geschikte grondwaterstanden voor de gewassen Engels raaigras, snijmais en aardappel (Alterra, 2022)

3.4.2 Natuur

In het Land van Cuijk liggen diverse natuurgebieden. Deze natuurgebieden liggen op de horst en naast de Maas. De op de horst liggende gebieden strekken zich uit van Langenboom tot Overloon en zijn aangelegd als productiebos. Kenmerkend is dat deze locaties, bij in gebruik name door de mens, minder geschikt bleken voor agrarische activiteiten. Men vestigde zich daarom op de overgangszone van de droge horst naar de natte beekdalen (Pers. comm. Wouter Thijs, 2022).

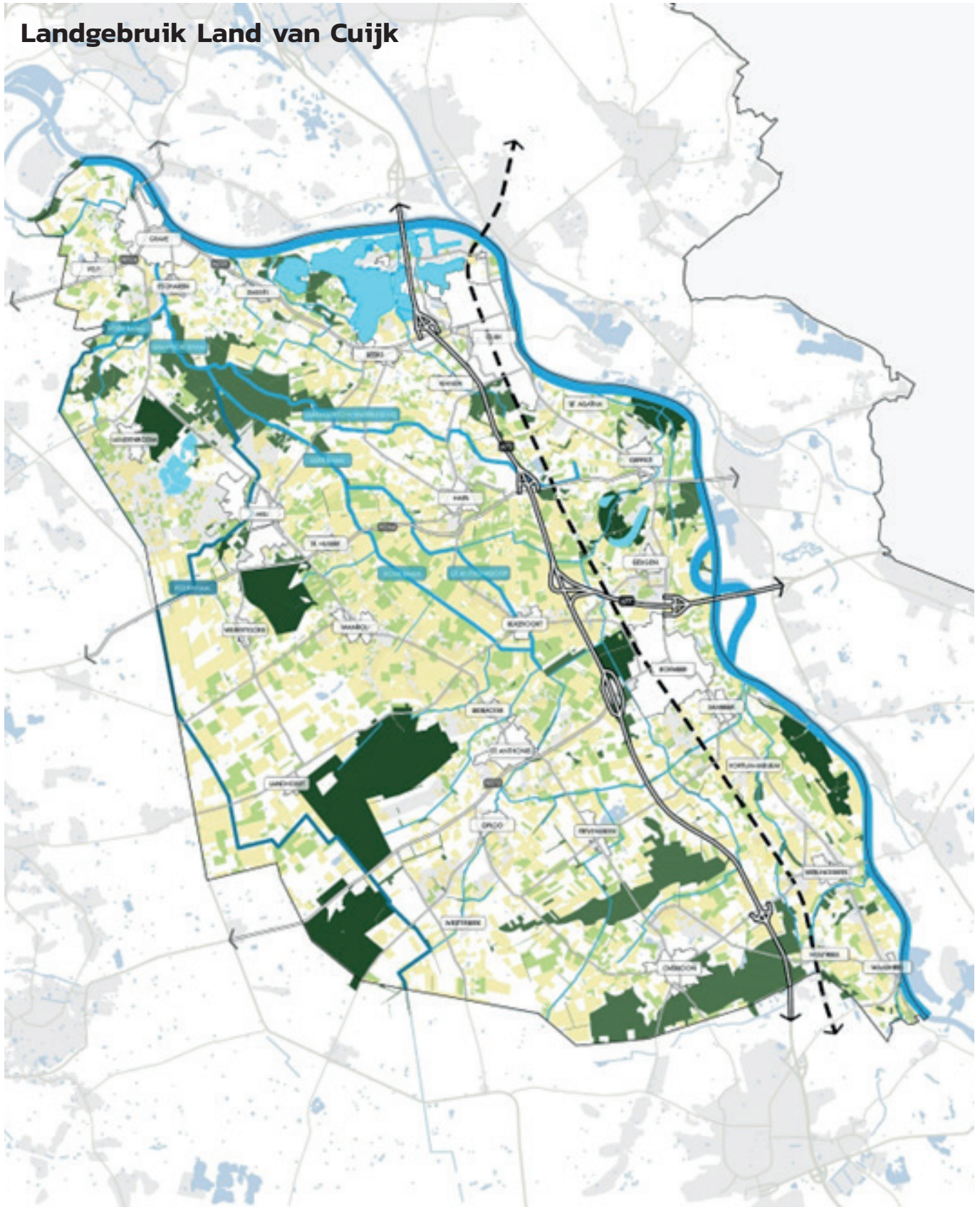
In de natuurgebieden grenzend aan de Maas komt natte natuur voor. In deze gebieden kan het periodiek nat zijn. Eén van deze gebieden, de Vilt, is een natte natuurparel: een uniek gebied dat wordt gevoed met voldoende grondwater van goede kwaliteit. De andere natte natuurparel is het beekdallandschap rondom de Hooge Raam. Tevens komt er een Unescogebied voor, genaamd de Maasheggen, met daarin een Natura2000 gebied: Oeffelter Meent.

Verder liggen er smalle groenstructuren in het landschap. Tussen de landbouwpercelen bevinden zich vaak bomenrijen en bermen, die essentieel zijn voor diersoorten die afhankelijk zijn van lijnvormige structuren. Een verdere uitwerking van de voorkomende natuurtypen en organismen wordt gegeven in hoofdstuk 3.5.

Legenda



Landgebruik Land van Cuijk



Figuur 7 – Landgebruik kaart Land van Cuijk. Opgebouwd uit beheertypen (Provincie Noord-Brabant,), Natura2000 gebied (Kaartbank Brabant, 2022a), Natte Natuurparels (Kaartbank Brabant, 2022b), Basisregistratie Percelen (ArcGIS Pro, 2021), waterlopen (Waterschap Aa en Maas, 2022b), infrastructuur TOPIONL (PDOK, 2022a), waarbij de spoorweg handmatig is ingetekend op basis van Topotijdreis, en bevolkingskernen TOPIONL (PDOK, 2022a).

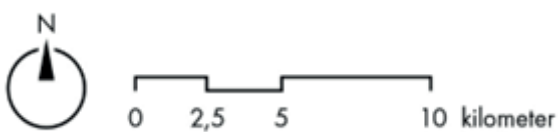
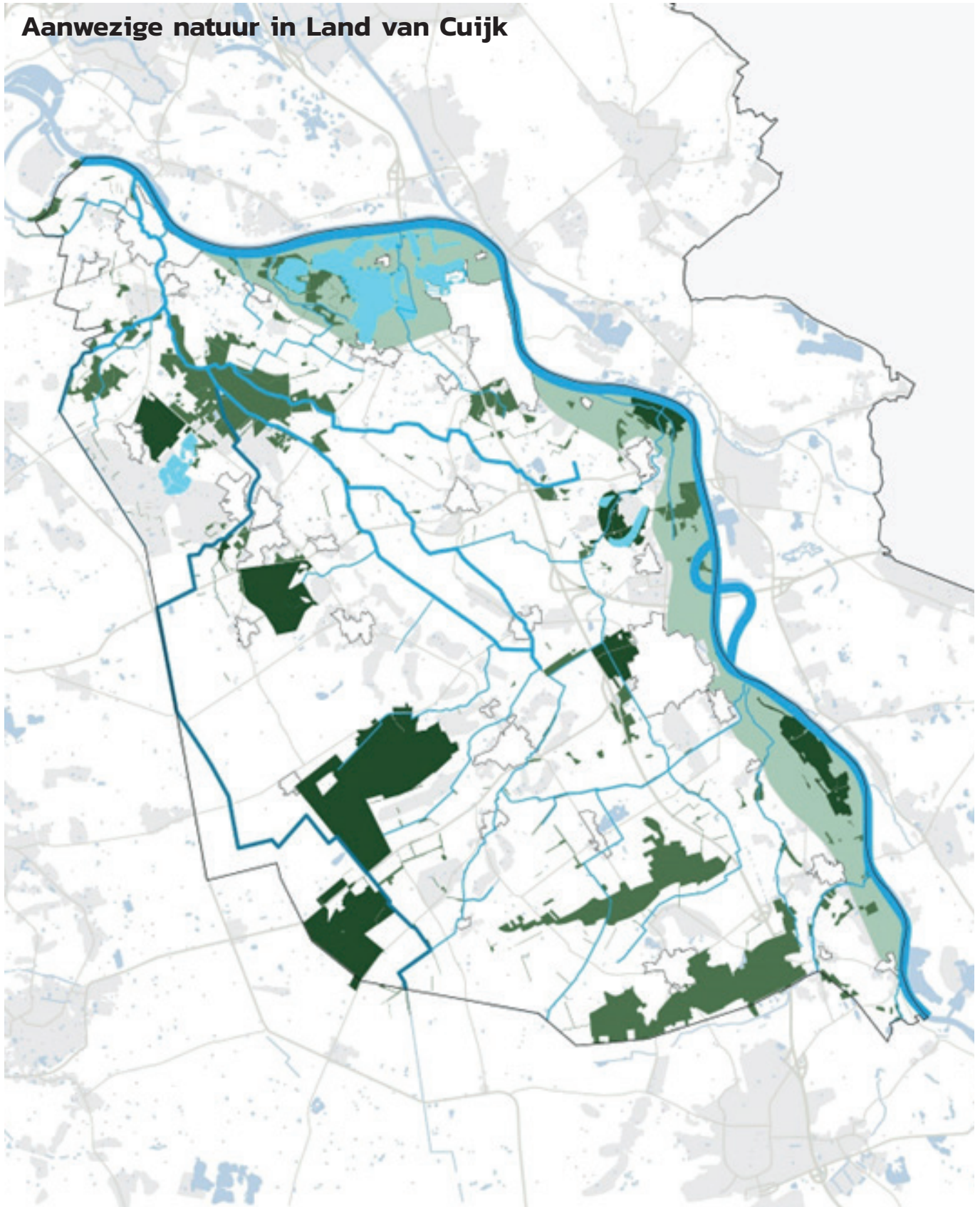
3.5 Natuurgebieden

De natuurgebieden bestaan uit verschillende natuurtypen (figuur 8). In het Land van Cuijk zijn droge natuurtypen aanwezig zoals droge heide, dennen-, eiken- en beukenbos en droog productiebos, maar ook natte natuurtypen zoals hoog- en laagveenmoeras, vochtig productiebos en nat schraalland (Provincie Noord-Brabant,). De natuurgebieden worden door verschillende natuurorganisaties beheerd. Brabants Landschap is eigenaar van De Vilt, Groote Slink, Brestbos en het beekdal van de Raam, Staatsbosbeheer is eigenaar van de Groeningse en Vortumse Bergen, Oeffelter Meent en het Sint Anthonisbos en Natuurmonumenten is eigenaar van Molenheide en Langenboomse bossen (Waterschap Aa en Maas, 2022c). Gedetailleerde kaarten van de natuurgebieden worden weergegeven in figuur 9 tot en met 17.

Legenda

-  Natuurgebied
-  Natuurareaal
-  Maasheggengebied
-  Rivier-, beek- en kanaalloop
-  Bevolkingskern

Aanwezige natuur in Land van Cuijk



Figuur 8 – Natuurkaart Land van Cuijk. Opgebouwd uit beheertypen (Provincie Noord-Brabant,), Natura2000 gebied (Kaartbank Brabant, 2022a), Natte Natuurparels (Kaartbank Brabant, 2022b), Maasheggengebied (Staatsbosbeheer, 2019), waterlopen (Waterschap Aa en Maas, 2022b) en bevolkingskernen TOPIONL (PDOK, 2022a).

3.5.1 Brabants Landschap

De Vilt

Groote Slink



De Groote Slink, figuur 9, ligt in het zuidwesten van het Land van Cuijk. Het gebied bestaat voor het grootste deel uit droog productiebos, waarin reeën, hazen, dassen en konijnen voorkomen (Looijen, 2022). Verder komt er kruiden- en faunairijk grasland en dennen-, eiken- en beukenbos voor, met daarin onder andere dopheide en klokjesgentiaan (Provincie Noord-Brabant,). Tijdens droge zomers vergeelt en verdroogt het bos. "Bossen kunnen veel hebben, maar als het bos integraal begint te lijden dan zit er iets goed mis", aldus Gijs Looijen, beheerder Noordoost van Brabants Landschap (Looijen, 2022).



De Vilt, figuur 10, ligt ten noordoosten van Beugen en kent een variatie aan natuurtypen, waaronder nat schraalland, bos- en beekbegeleidend bos, veenmoeras en hoog- en laagveenbos (Provincie Noord-Brabant,). In het verleden is er maaiveldverlaging toegepast en is de rijke toplaat verwijderd. Hierdoor wordt het natter en schraler. De voorkomende orchideeën zullen verdwijnen als het gebied verdroogt. In het gebied bevindt zich een hoogveenmoeras met daarin veenmos. Het onder water staan van dit gebied zorgt voor bevordering van hoogveenontwikkeling. Het open water in De Vilt trekt veel vogels aan. Verdroging van De Vilt leidt niet tot een afname in de vogelpopulaties, omdat het water niet volledig verdwijnt (Looijen, 2022).

Brestbos



Het Brestbos, figuur 11, ligt ten westen van Boxmeer en bestaat uit dennen-, eiken- en beukenbos, kruiden- en faunairijk grasland en vochtig productiebos. In het Brestbos komen bijvoorbeeld de echte koekoeksbloem en kamgras voor. Voorkomende diersoorten zijn het grootdikkopje, het hooibeestje, de fluitier en de Sijs (Waarneming, 2022b). "Van oudsher is het Brestbos nat; het is een rabattenbos. Ironisch genoeg is het nu hartstikke verdroogd", aldus Gijs Looijen (Looijen, 2022).

Legenda

	Dennen-, eiken- en beukenbos
	Droog bos met productie
	Kruiden- en faunairijk grasland
	Droge heide
	Droog schraalland
	Haagbeuken- en essenbos
	Zoete plas
	Vochtig productiebos
	Overige natuurtypen

3.5.2 Staatsbosbeheer

Sint Anthonis bos

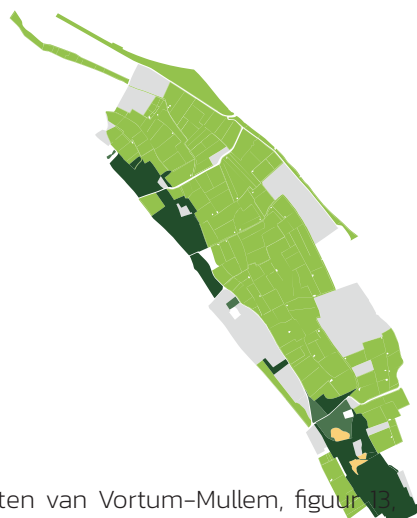


Het Sint Anthonisbos, figuur 12, ligt ten westen van Sint Anthonis. Dit natuurgebied bestaat uit droog productiebos en droge heide (Provincie Noord-Brabant,). Op de droge heide komen onder andere vogelsoorten voor zoals de roodborsttapuit, draaihals en geelgors en vlindersoorten zoals de heivlinder, het hooibeestje en de kommavlinder. Plantensoorten die hier voorkomen zijn bijvoorbeeld de jeneverbes, heidespurrie en dwergviltkruid. In het droge productiebos komen vogelsoorten voor zoals de appelvink, boomklever en verschillende soorten spechten (Waarneming, 2022a).

Legenda

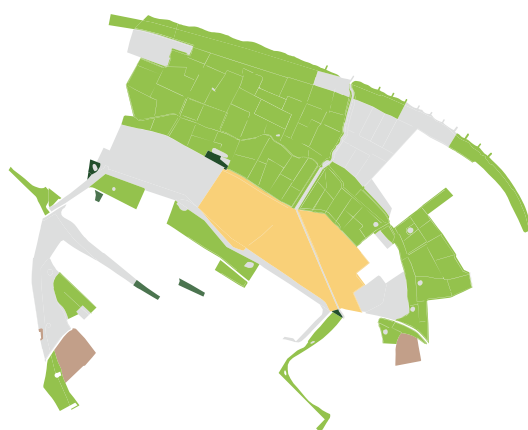
- Dennen-, eiken- en beukenbos
- Droog bos met productie
- Kruiden- en faunarijck grasland
- Droge heide
- Droog schraalland
- Haagbeuken- en essenbos
- Zoete plas
- Vochtig productiebos
- Overige natuurtypen

Groeningse en Vortumse bergen



Ten oosten van Vortum-Mullem, figuur 13, ligt het Unescodegebied de Maasheggen. Dit cultuurhistorische landschap bestaat uit een mozaïek van heggen, weides en drinkpoelen (Unesco, 2022). Vroeger bouwden boeren heggen en houtwallen rondom hun landbouwgronden om het land te beschermen tegen wilde dieren. Ook zorgden deze heggen ervoor dat water deels werd tegengehouden bij overstromingen. Tegenwoordig zijn deze groene structuren essentieel voor de biodiversiteit (Minkjan, 2007). Het gebied bestaat voornamelijk uit kruiden- en faunarijck grasland. Rondom dit grasland komt dennen-, eiken- en beukenbos voor (Provincie Noord-Brabant,). Toename van overstromingen kan een bedreiging voor de Maasheggen zijn. Het gebied kan slechts tijdelijk onder water staan, omdat er anders schade aan de natuur optreedt (Westgeest & Hopman, 2022).

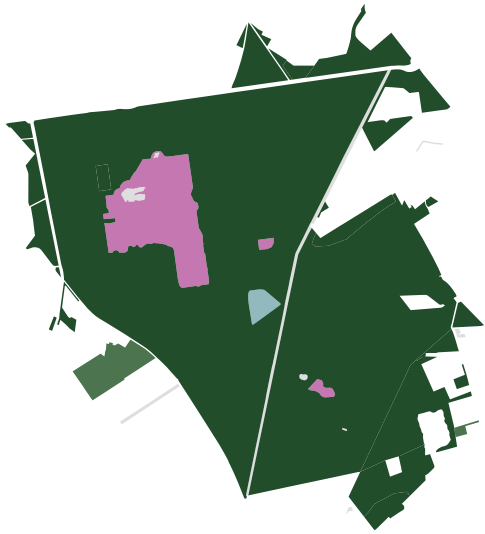
Oeffelter Meent



Oeffelter Meent, figuur 14, ligt ten noorden van Oeffelt. Het gebied bestaat voornamelijk uit kruiden- en faunarijck grasland, maar ook uit glanshaverhooiland en droog schraalgrasland (Provincie Noord-Brabant,). In dit gebied komt de kamsalamander voor. Het overstroom van de Maas kan een bedreiging vormen voor deze soort, doordat er vissen het gebied binnendringen (Westgeest & Hopman, 2022).

3.5.3 Natuurmonumenten

Molenheide



Groespeel



Langenboomse Bossen



De Langenboomse bossen, figuur 15, en de Molenheide met daarbij de Groespeel, figuur 16 en 17, zijn soortgelijke natuurgebieden. De Langenboomse bossen liggen ten oosten van Langenboom en de Molenheide ligt ten zuiden van Mill. In deze natuurgebieden komen dennen-, eiken- en beukenbos en droge heide voor (Provincie Noord-Brabant,). Volgens Jan van Mierlo, boswachter ecologie van Natuurmonumenten, zijn beide bossen arm qua soortenrijkdom. In de bossen komen roofvogels zoals de buizerd en sperwer voor. Op de heide komen in open biotopen de blauwvleugelsprinkhaan en in dichte biotopen pionierssoorten zoals struikbrem, stekelbrem en tandjesgras voor. Duits viltkruid en dwergviltkruid zijn soorten die kunnen groeien op droge plekken op de heide. Diersoorten die kenmerkend zijn voor dit natuurtype zijn de nachtzwaluw en levendbarende hagedis. Verder komt er in de Langenboomse bossen ook kruiden- en faunarijk grasland voor, waarin vlinders zoals het bruin blauwtje, zandoogje en verschillende soorten dikkopjes voorkomen (van Mierlo, 2022).

Legenda

- Dennen-, eiken- en beukenbos
- Droog bos met productie
- Kruiden- en faunarijk grasland
- Droge heide
- Droog schraalland
- Haagbeuken- en essenbos
- Zoete plas
- Vochtig productiebos
- Overige natuurtypen

3.6 Landschapstypen

Het Land van Cuijk kan aan de hand van natuurlijke en antropogene factoren in vijf landschapstypen worden onderverdeeld, namelijk: het Maasdallandschap, Maasterraslandschap, beekdal- en broekontginningslandschap, oud zandontginningslandschap en jong zandontginningslandschap (figuur 18).

3.6.1 Maasdallandschap

Het Maaslandschap wordt getypeerd door de invloed van de Maas. Wanneer deze buiten zijn oevers treedt wordt sediment afgezet. Een opstapeling van dit sediment heeft ertoe geleid dat er een rivierkleibodem is ontstaan (Trikt & Ahrens, 2022). Verder is het Maasheggengebied kenmerkend voor dit landschapstype. Dit gebied bestaat uit kruiden- en faunarijke graslanden omringd door groenstructuren bestaande uit heggen en bomenrijen. Dit cultuurhistorische landschap was vroeger landbouwgrond maar heeft zich tegenwoordig ontwikkeld tot een natuurgebied met een hoge biodiversiteit (Staatsbosbeheer, 2022).

3.6.2 Maasterraslandschap

Het Maasterraslandschap is gelegen tussen de Peelhorst en het Maasdal. Dit landschapstype bestaat uit een terrasvlakte, waar onder andere de Biestgraaf, Oeffeltse Raam, Tochtsloot en Balkloop doorheen stromen, en een oud restgeulenlandschap dat uitsluitend in het noorden voorkomt. Typerend voor het oude restgeulenlandschap is het kantelende reliëf, wat heeft geleid tot de verschuiving van de ligging van de beken door de tijd heen. Dit is nog te herkennen in het landschap aan de ingesneden geulen en bijbehorende stroomruggen, bijvoorbeeld de Laarakkersche Waterleiding (Scherrenburg, Südmeier, Jansen, & Hartman, 2011). Deze minimale hoogteverschillen hebben ertoe geleid dat er een wisseling tussen vlecht- en meanderstructuren is ontstaan (Pers. comm. Wouter Thijs, 2022). Langs de restgeulen ligt de landgoederenzone, bestaande uit kastelen Tongelaar, Ossenbroek, Hiersenhof en Barendonk. Landschappelijke elementen in

deze zone zijn beken, boomgaarden, bossen, weilanden en wielen (Land van Cuijk, 2022).

3.6.3 Beekdal- en broekontginningslandschap

In Land van Cuijk wordt met het beekdal- en broekontginningslandschap de Raamvallei bedoeld, waar de Graafsche Raam, Hooge Raam en Lage Raam onder vallen. Het landschapstype wordt gekenmerkt door beken, beekbegeleidende (broek)bossen en de broekgronden (Isselman, 2021). Broekgronden zijn van oorsprong drassige gronden, die door invloed van de beken bij een hoge waterstand onderwater kunnen lopen (Stichting Landschapsbeheer Gelderland, 2022). De wateraanvoer in een broekgebied kan afkomstig zijn van kwelwater of van overstromingen van beken (Verdonk, 2016). In de loop van de twintigste eeuw zijn de waterlopen in de Raamvallei in het kader van ruilverkavelingen en verbetering van de waterhuishouding genormaliseerd en doorgetrokken. Een voorbeeld hiervan is de Lage Raam die is doorgetrokken om het Wanroijse Broek, een kwelgebied op de grens tussen Maasterras en Peelhorst, te ontwateren (Maas, Delft, & Mol, 2018). Boeren konden de gronden in het beekdal oorspronkelijk niet gebruiken voor landbouw, maar door onder andere bemesting en het plaatsen van grasplaggen zijn deze gronden in cultuur gebracht voor akkerbouw en hoogwaardig grasland (Baas, et al., 2005) (de Bont, 1993).

3.6.4 Oud zandontginningslandschap

Oude zandontginningen worden ook wel het kampenlandschap genoemd. Een kamp is een kleine individuele akker, waar aan de randen verspreid boerderijen lagen. Om de akkers af te schermen, werden houtsingels- en wallen aangelegd. Hierdoor is dit landschapstype van oudsher kleinschalig (Landschapsbeheer Gelderland, 2022). De eerder genoemde broekgronden van het beekdal- en broekontginningslandschap waren ongeschikt voor de landbouw. De eerste nederzettingen

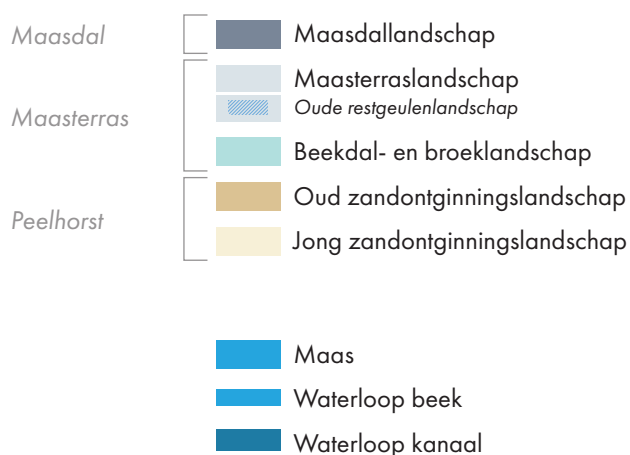
in Land van Cuijk ontstonden dan ook op de grens tussen de natte gronden in de beekdalen en de droge zandgronden op de Peelhorst. Hier bevinden zich ook nu nog de meeste huidige dorpen en steden. Kenmerkend voor dit landschapstype zijn de bolle akkers uit het potstalsysteem, die een onregelmatige verkavelingsstructuur hebben en rondom de dorpskernen liggen. Deze akkers hebben ervoor gezorgd dat er een dikke humusrijke enkeerdlaag op het dekzand is ontstaan (Isselman, 2021) (Lagrouw & Munnen, 2021).

landschap een halfopen karakter door het gebrek aan onderbegroeiing bij de houtsingels (Isselman, 2021). Vandaag de dag worden de percelen in dit landschapstype intensief bemest en sterk ontwaterd ten behoeve van de landbouw, wat resulteert in (zeer) droge bodems (Lagrouw & Munnen, 2021).

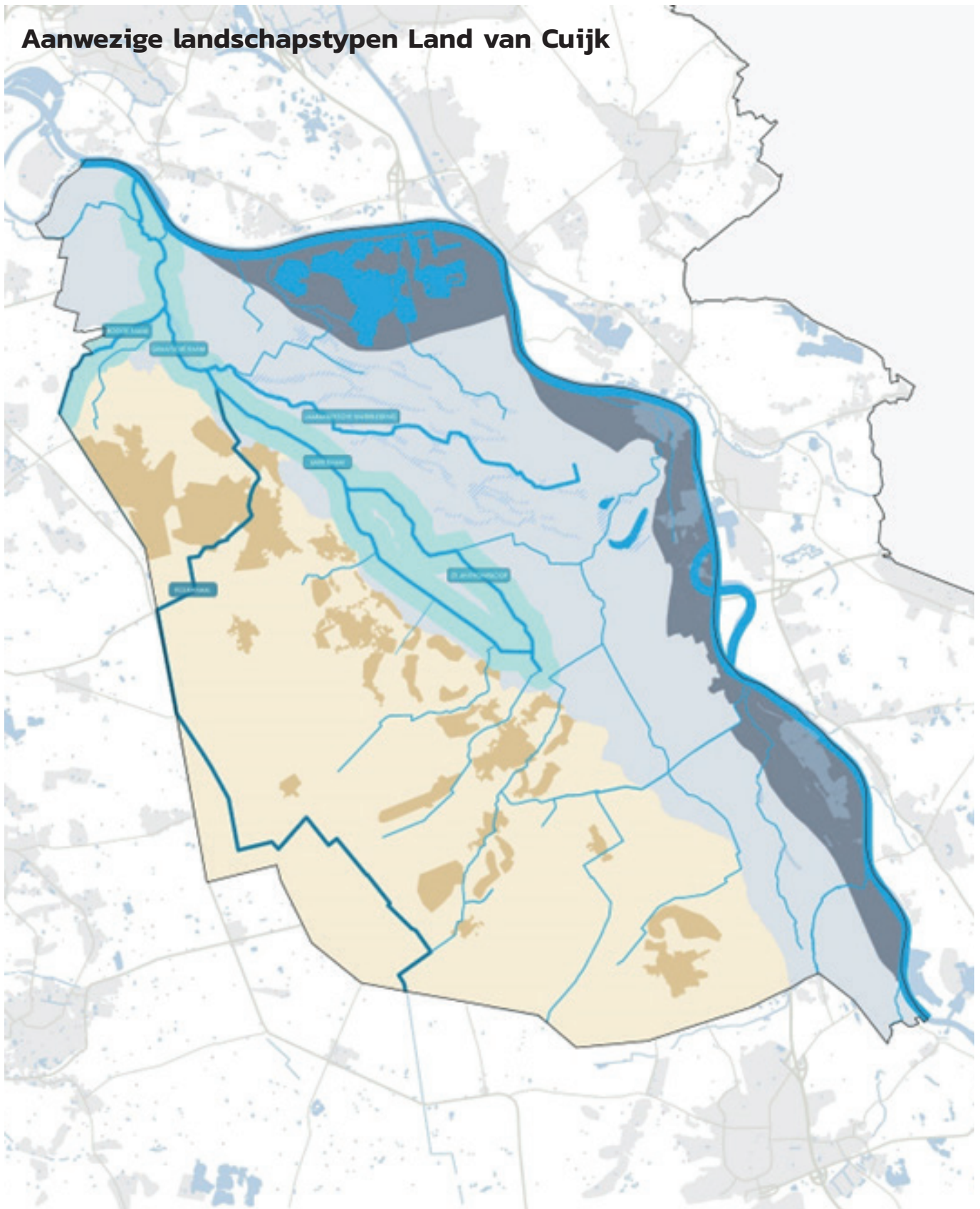
3.6.5 Jong zandontginningsland- schap

Het jonge zandontginningslandschap is grootschaliger en minder kenmerkend dan het oude zandontginningslandschap. Dit landschapstype is gelegen op dekzandvlakten van sinds 1850 ontgonnen heidegronden en grootschalig aangelegde productiebossen. Deze bossen zijn gesitueerd op de minst vruchtbare plekken op de Peelhorst, (podzol)bodems van hogere kwaliteit werden gebruikt ten behoeve van de landbouw. In korte tijd zijn zo veel open gebieden ontstaan, die in tegenstelling tot het oude zandontginningslandschap een rationele verkavelings- en wegenstructuur kennen met grote percelen. Ook heeft het

Legenda



Aanwezige landschapstypen Land van Cuijk



Figuur 18 – Landschapstypenkaart Land van Cuijk. Opgebouwd uit waterlopen (Waterschap Aa en Maas, 2022b), oude restgeulen uit geomorfologie (PDOK, 2017a), grens tussen de horst en het maasterras uit AHN4 DTM (PDOK, 2022b) en geomorfologie (PDOK, 2017a) ten behoeve van scheiding zandontginnings- en Maasterraslandschap en de begrenzing van het Maasdallandschap (Staatsbosbeheer, 2019).

4. Kwetsbaarheid van het buitengebied

In dit hoofdstuk wordt de kwetsbaarheid van het buitengebied van het Land van Cuijk weergegeven. Voor zowel de landbouw- als de natuurgebieden zijn de resultaten en bijbehorende conclusies en discussiepunten per uitgevoerde analyse beschreven. Ditzelfde geldt ook voor de grondwaterstandverhoging-analyse.

4.1 Kwetsbare landbouwgebieden

4.1.1 Resultaten

De kwetsbaarheid van alle landbouwgebieden van het Land van Cuijk wordt weergegeven in figuur 19. De landbouwpercelen aan de westelijke kant van de gemeente zijn dynamisch en zullen tussen de periode 1981–2010 en 2036–2065 in de natuurlijke situatie een afname in opbrengstderving ondergaan. De grootte van deze afname en kwetsbaarheid varieert van heel erg kwetsbaar in het gebied rondom Landhorst tot kwetsbaar ten westen van Wilbertoord. In het geografische midden van het Land van Cuijk, tussen de dorpen Beers, Haps, Mill, Wanroij, Sint Anthonis en Oploo, zijn afwisselend zowel kwetsbare als heel erg kwetsbare landbouwpercelen aanwezig. Geen enkel landbouwperceel maakt in de toekomst een positieve verandering door naar een groter percentage opbrengstbehoud.

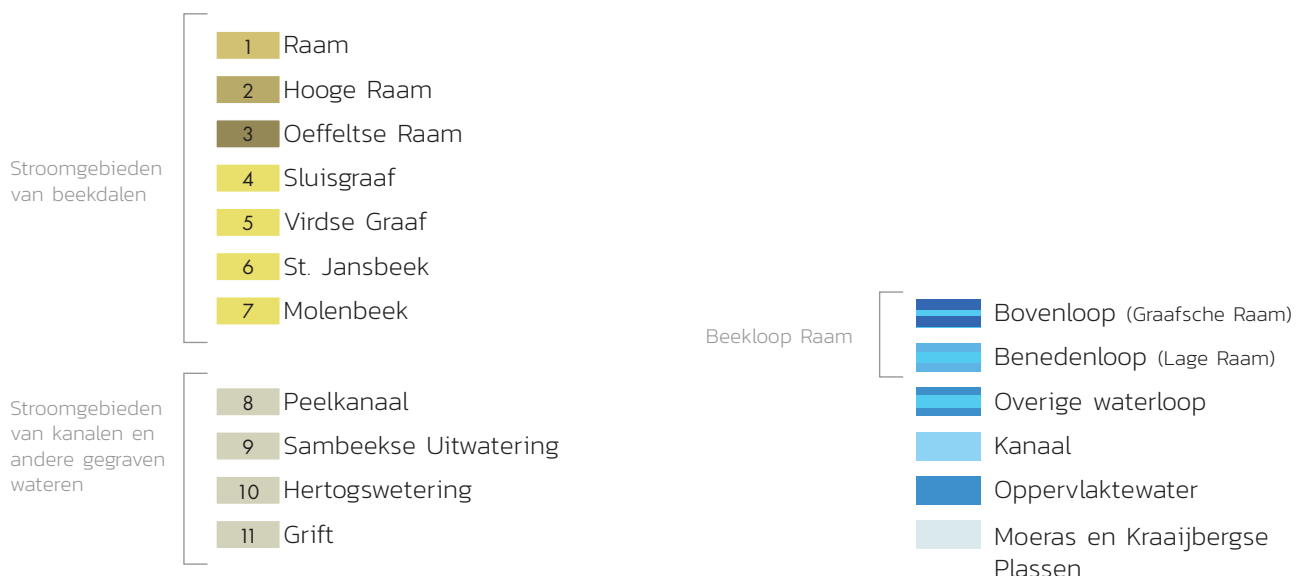
De landbouwpercelen die meer aan de oostelijke en zuidoostelijke kant van het Land van Cuijk zijn gelegen zijn statisch en zullen de periode 1981–2010 en 2036–2065 in de natuurlijke situatie geen verschil in opbrengstderving ondergaan. Deze gebieden zijn minder kwetsbaar voor klimaatverandering en variëren van weinig, naar matige, tot veel opbrengstderving. De landbouwpercelen waar

hoge opbrengstderving is en geen verdere afname zal plaatsvinden, bevinden zich voornamelijk rondom Overloon en ten zuiden van Grave en Escharen. De landbouwpercelen waar matige opbrengstderving is en geen verdere afname zal plaatsvinden, bevinden zich langs de Maas en rondom Rijkevoort. De landbouwpercelen waar weinig opbrengstderving is en geen verdere afname zal plaatsvinden, bevinden zich voornamelijk rondom de dorpen Cuijk, Oeffelt, Boxmeer, Vierlingsbeek en Maashees.

De gemiddelde huidige opbrengstderving van de gewassen snijmais, consumptieaardappel, gras maaien en gras beweiding wordt weergegeven in figuur 40 van bijlage 11. De gemiddelde toekomstige opbrengstderving van deze gewassen, wordt weergegeven in figuur 41 van bijlage 11. Figuur 20 toont het verschil in percentage landbouwpercelen per opbrengstdervingsklasse tussen de huidige en toekomstige situatie in het Land van Cuijk. Het areaal aan landbouwpercelen met weinig opbrengstderving zal in de toekomst nagenoeg halveren. Deze afname heeft als gevolg dat de huidige 59 procent landbouwareaal met een matige tot hoge opbrengstderving in de toekomst zal verschuiven naar 80 procent. Het areaal met hoge opbrengstderving neemt toe met 239 procent.

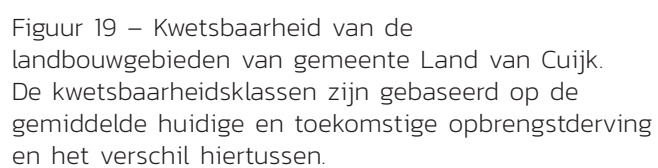
Legenda

Stroomgebieden in Land van Cuijk



Kwetsbare landbouwgebieden Land van Cuijk

This map displays the vulnerable agricultural areas within the Land van Cuijk region. The map is characterized by a dense pattern of red and blue patches, indicating areas of concern. The red areas are more prominent in the central and western parts of the region, while blue areas are more prevalent in the eastern and southern parts. The map also shows the surrounding landscape, including roads, rivers, and other geographical features. The overall shape of the region is irregular, with a jagged border. The map is presented in a landscape orientation, with the top of the region at the top of the image.





Figuur 20 – Verschil in percentage landbouwpercelen per opbrengstdervingklasse tussen huidige en toekomstige klimatologische en hydrologische situatie Land van Cuijk.

4.1.2 Discussie en conclusie

In het gehele Land van Cuijk zal het areaal aan landbouwgebieden met een hoge opbrengstderving in de toekomst ongeveer 3,5 keer zo groot zijn als de huidige situatie. Dat er maatregelen genomen moeten worden om deze toename af te remmen staat dus vast. De meest kwetsbare landbouwgebieden voor klimaatverandering bevinden zich op de Peelhorst. In deze gebieden neemt de opbrengstderving in de toekomst toe en zijn maatregelen nodig om deze toename te voorkomen. Deze gebieden onderscheiden zich duidelijk van het Maasterras en het gebied langs de Maas, waar de landbouwgebieden minder kwetsbaar zijn voor klimaatverandering. Echter heeft een deel van deze statische gebieden in de huidige situatie al een hoge opbrengstderving en kunnen enkel maatregelen genomen worden om een verdere toename tegen te gaan.

Peelhorst

De kwetsbare landbouwgebieden op de Peelhorst bevinden zich op schrale zandgronden. Deze hooggelegen zandgronden hebben een lagere capillaire opstijging dan bodems met lagen leem en veen, waardoor de vochttoevoer minder is en de opbrengstderving mogelijk hoger (Remmelink, Dooren, Middelkoop, Ouweltjes, & Wemmenhove, 2014).

Rondom Overloon bevinden zich landbouwpercelen met een hoge opbrengstderving in zowel de huidige en toekomstige situatie. Ook deze landbouwpercelen bevinden zich op zandgronden. Echter is het verschil met deze gebieden, ten opzichte van de overige gebieden op de horst, dat de grondwaterstand rondom Overloon in de huidige situatie gemiddeld 1,20 meter lager ligt (Provincie Noord-Brabant, 2005a). Deze lage grondwaterstand maakt dat er nu al een hoge opbrengstderving is. Verwacht wordt dat de overige gebieden op de horst deze verandering in opbrengstderving nog door gaan maken, waardoor deze op dit moment kwetsbaarder zijn voor klimaatverandering.

Maasterras

De landbouwpercelen tussen Boxmeer en Maashees hebben weinig opbrengstderving en zullen geen toekomstige verandering doormaken, waardoor deze minder kwetsbaar

zijn voor klimaatverandering. Deze percelen liggen veelal op dikke humusrijke gronden, bestaande uit dikke enkeerdgronden. Humus heeft een hoog organisch stofgehalte en kan daardoor goed vocht vasthouden (Rainproof,x).

Validatie, verbeterpunten en aanbevelingen

Uitgaande van de beschikbare data en kwaliteit hiervan is getracht om het resultaat van deze analyse zo dicht mogelijk bij de werkelijkheid te laten komen. Echter kent deze analyse, mede door de aannames die gedaan zijn, verbeterpunten. De validatie, verbeterpunten en aanbevelingen van deze analyse worden weergegeven in bijlage 14.1.

4.2 Grondwaterstandverhoging landbouwgebieden

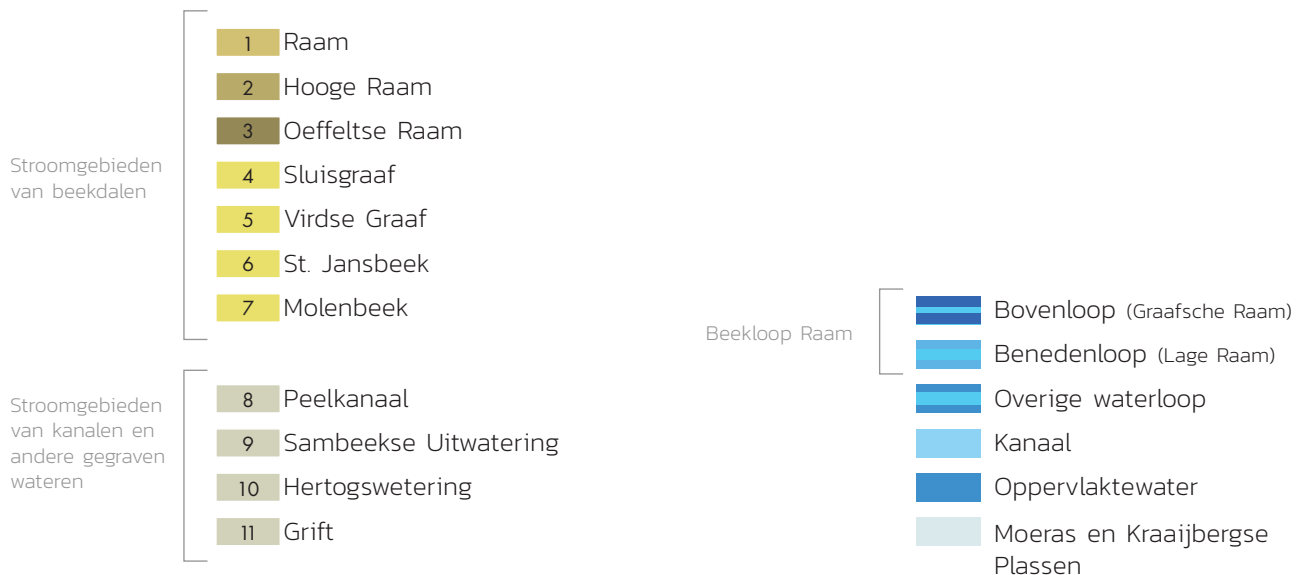
4.2.1 Resultaten

Het verhogen van de grondwaterstand met 30 centimeter, op basis van de toekomstige grondwaterstand, leidt in de landbouwpercelen in het beekdal en ten westen van Landhorst tot het hoogste opbrengstbehoud. Er zijn heel weinig landbouwpercelen waarbij het verhogen van de grondwaterstand met 10 of 20 centimeter leidt tot een groter verschil dan vijf procent opbrengstbehoud ten opzichte van de natuurlijke toekomstsituatie. Figuur 21 geeft per landbouwperceel weer welk grondwaterstandscenario tot het hoogste opbrengstbehoud leidt voor het gewas snijmais, waarbij het verschil met de natuurlijke toekomstsituatie groter is dan vijf procent opbrengstbehoud. Verspreid over het Land van Cuijk zijn verschillende gebieden aanwezig waarbij de natuurlijke toekomstsituatie, ook wel het niet verhogen van de grondwaterstand, tot het hoogste opbrengstbehoud leidt. Bij het overgrote deel van de landbouwpercelen wordt op basis van de huidige grondwaterstand verhogingsscenario's geen opbrengstbehoudsverschil groter dan 5 procent ten opzichte van de natuurlijke toekomstsituatie gerealiseerd.

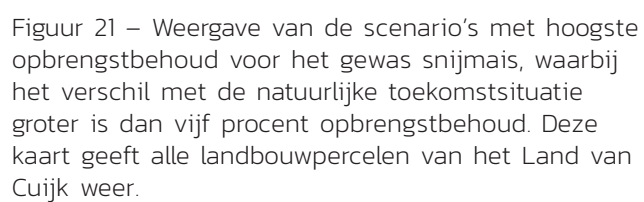
Figuur 22 toont het gemiddeld percentage opbrengstbehoud van snijmais van het landbouwareaal in het Land van Cuijk per scenariosituatie. Hierbij is geen rekening gehouden met het minimale verschil van vijf procent opbrengstbehoud tussen de natuurlijke toekomstsituatie en het scenario met het hoogste opbrengstbehoud. Gemiddeld zal het opbrengstbehoud ten opzichte van de huidige situatie in ieder toekomstscenario afnemen. Ook zal gemiddeld, voor alle landbouwpercelen in het Land van Cuijk, het grondwaterverhogingsscenario van 20 centimeter leiden tot de minste afname in opbrengstbehoud.

Legenda

Stroomgebieden in Land van Cuijk



The map illustrates the Land van Cuijk region, showing the projected increase in groundwater levels for agricultural areas. The map is color-coded to represent different groundwater levels, with yellow indicating a higher level and green indicating a lower level. The map also shows the boundaries of various municipalities, including Groot- en Klein-Gein, Oude- en Nieuw-Gein, and others. The map is titled "Scenario grondwaterstandverhoging landbouwgebieden in Land van Cuijk".





Figuur 22 – Gemiddeld percentage opbrengstbehoud van het totaal oppervlak aan landbouwpercelen per scenariosituatie.

4.2.2 Discussie en conclusie

Het gemiddeld percentage opbrengstbehoud van het snijmaisareaal gaat in de toekomst voor alle grondwaterstandverhoging scenario's afnemen. Het niet verhogen van de grondwaterstand in de toekomstige situatie leidt tot een afname in opbrengstbehoud van 4,6 procent. Deze afname kan echter beperkt worden door een grondwaterstandverhoging toe te passen. Het verhogen van de grondwaterstand met 20 centimeter in het hele Land van Cuijk zal gemiddeld voor 1,3 procent opbrengstbehoud opleveren ten opzichte van de natuurlijke toekomstsituatie. Echter kan rendement in opbrengstbehoud per gebied verschillen.

30 centimeter verhoging Peelhorst en beekdalen

De scenario's met de hoogste opbrengstbehoud voor het gewas snijmais, waarbij het verschil met de natuurlijke toekomstsituatie groter is dan vijf procent opbrengstbehoud, wordt getoond in figuur 21. De gebieden waar het verhogen van de grondwaterstand met 30 centimeter leidt tot een groter verschil dan vijf procent opbrengstbehoud ten opzichte van de natuurlijke toekomstsituatie bevinden zich op zowel de Peelhorst als in de beekdalen. Beide gebieden hebben een toekomstige GLG tussen de 1,2 en 1,5 meter onder maaiveld (Provincie Noord-Brabant, 2005a) (Klimaat-effectatlas, 2022a). Dit zijn tevens ook de enige gebieden in het Land van Cuijk met deze toekomstige GLG-diepte. Zoals in hoofdstuk 3.4.1 aangegeven is de geschikte GLG voor het gewas snijmais 92–118 centimeter onder maaiveld (Alterra, 2022). Dit verklaart waarschijnlijk waarom juist op deze gebieden een grondwaterstandverhoging van 30 centimeter resulteert in een hoger opbrengstbehoud van het gewas snijmais.

Minder dan vijf procent opbrengstbehoud

Bij de gebieden waarin op basis van de grondwaterstandverhoging scenario's geen opbrengstbehoud van groter dan vijf procent wordt gerealiseerd, bevindt de toekomstige GLG zich tussen de 1,7 en 2,7 meter onder maaiveld. Dit komt waarschijnlijk doordat de optimale GLG voor het gewas snijmais, tussen de 92–118 centimeter, niet wordt bereikt (Alterra, 2022). Het verder verhogen van de toekomstige grondwaterstand zou

in deze gebieden mogelijk wel tot een opbrengstbehoud van groter dan vijf procent leiden. Vervolgonderzoek met hogere grondwaterstandverhogingsscenario's is echter vereist om dit vast te kunnen stellen.

Natuurlijke toekomstgrondwaterstand

Ook in de gebieden waar de natuurlijke toekomstgrondwaterstand leidt tot het hoogste opbrengstbehoud toont de toekomstige GLG overeenkomsten met de optimale GLG-hoogte voor snijmais. In deze gebieden ligt de toekomstige GLG tussen de 80 en 1,2 meter onder maaiveld, waardoor een grondwaterstandverhoging juist leidt tot meer opbrengstderving.

Verbeterpunten en aanbevelingen

Uitgaande van de beschikbare data en kwaliteit hiervan is getracht om het resultaat van deze analyse zo dicht mogelijk bij de werkelijkheid te laten komen. Echter kent deze analyse, mede door de aannames die gedaan zijn, verbeterpunten. De verbeterpunten en aanbevelingen van deze analyse worden weergegeven in bijlage 14.2.

4.3 Kwetsbare natuurgebieden

4.3.1 Resultaten

De kwetsbaarheid van alle natuurgebieden van het Land van Cuijk wordt weergegeven in figuur 23. De natuurgebieden aan de westelijke kant van het Land van Cuijk zijn dynamisch en zullen tussen de periode 1995 en 2050 een afname in maximale kansrijkdom ondergaan. De grootte van deze afname varieert van heel erg kwetsbaar tot kwetsbaar. De natuurgebieden rondom Overloon, het zuidwestelijke deel van het Sint Anthonisbos, delen van de Groote Slink en de Langenboomse bossen zijn heel erg kwetsbaar en het midden van het Sint Anthonisbos is kwetsbaar. Het gebied ten noordwesten van Boxmeer maakt een positieve verandering door naar een hoger percentage aan maximale kansrijkdom.

De natuurgebieden die meer aan de oostelijke en noordelijke kant van het Land van Cuijk zijn gelegen, zijn statisch en zullen in de periode 1995 en 2050 geen verandering in maximale kansrijkdom ondergaan. Deze gebieden zijn minder kwetsbaar voor klimaatverandering en variëren van een lage tot hoge maximale kansrijkdom. In een deel van het Brestbos is een lage maximale kansrijkdom en zal

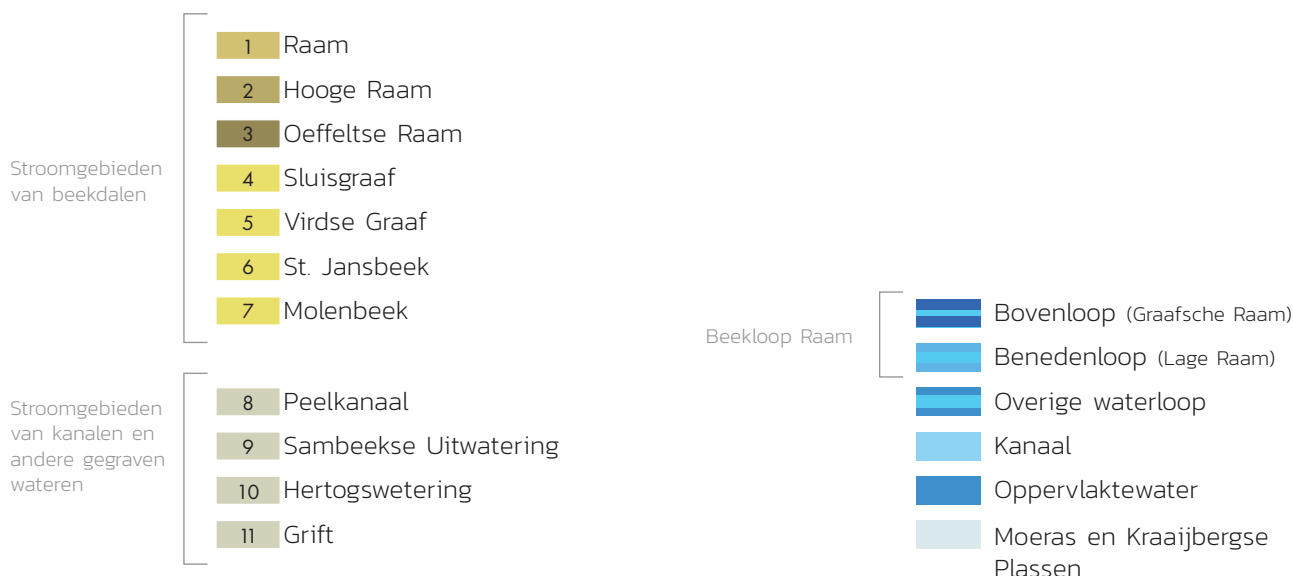
geen toekomstige verandering plaats gaan vinden. De natuurgebieden waar een hoge maximale kansrijkdom is en geen toekomstige verandering zal plaatsvinden, zijn de Maasheggen en de Raamvallei.

De huidige maximale kansrijkdom van de natuurgebieden in het Land van Cuijk wordt weergegeven in figuur 42 van bijlage 12. De toekomstige maximale kansrijkdom van de natuurgebieden wordt weergegeven in figuur 43 van bijlage 12. Figuur 24 toont het verschil in percentage van het totaal oppervlakte aan natuurgebieden per maximale kansrijkdomklasse tussen de huidige en toekomstige situatie in het Land van Cuijk. Het areaal aan natuurgebieden met een hoge en matige maximale kansrijkdom zal in de toekomst met een derde afnemen. Deze afname heeft als gevolg dat het natuurareaal met een lage maximale kansrijkdom toeneemt met 238 procent.

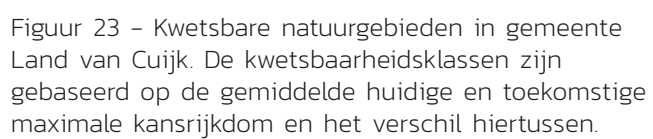
Figuren 44 tot en met 47 in bijlage 14 tonen de huidige en toekomstige transpiratie- en zuurstofstress van het hele Land van Cuijk, met de natuur- en landbouwgebieden. In deze kaarten is te zien dat zowel de transpiratie- als zuurstofstress in de toekomst toe zal nemen. De transpiratiestress neemt in het hele Land van Cuijk toe. De zuurstofstress neemt voornamelijk toe langs de Maas ([optie 1](#))

Legenda

Stroomgebieden in Land van Cuijk



Kwetsbare natuurgebieden Land van Cuijk





Figuur 22 – Gemiddeld percentage opbrengstbehoud van het totaal oppervlak aan landbouwpercelen per scenariosituatie.

De huidige maximale kansrijkdom van de natuurgebieden in het Land van Cuijk wordt weergegeven in figuur 42 van bijlage 12. De toekomstige maximale kansrijkdom van de natuurgebieden wordt weergegeven in figuur 43 van bijlage 12. Figuur 24 toont het verschil in percentage van het totaal oppervlakte aan natuurgebieden per maximale kansrijkdomklasse tussen de huidige en toekomstige situatie in het Land van Cuijk. Het areaal aan natuurgebieden met een hoge en matige maximale kansrijkdom zal in de toekomst met een derde afnemen. Deze afname heeft als gevolg dat het natuurareaal met een lage maximale kansrijkdom toeneemt met 238 procent.

Figuren 44 tot en met 47 in bijlage 14 tonen de huidige en toekomstige transpiratie- en zuurstofstress van het hele Land van Cuijk, met de natuur- en landbouwgebieden. In deze kaarten is te zien dat zowel de transpiratie- als zuurstofstress in de toekomst toe zal nemen. De transpiratiestress neemt in het hele Land van Cuijk toe. De zuurstofstress neemt voornamelijk toe langs de Maas (optie 2)

4.3.2 Discussie en conclusie

In het gehele Land van Cuijk zal het areaal aan natuurgebieden met een lage maximale kansrijkdom in de toekomst ongeveer 3,5 keer zo groot zijn als de huidige situatie. Dat er maatregelen genomen moeten worden om deze toename af te remmen staat dus vast. De meest kwetsbare natuurgebieden voor klimaatverandering bevinden zich op de Peelhorst. In deze gebieden neemt de maximale kansrijkdom in de toekomst af en zijn maatregelen nodig om deze afname te voorkomen. Deze gebieden onderscheiden zich duidelijk van de natuurgebieden op het Maasterras en langs de Maas, waar de natuurgebieden minder kwetsbaar zijn voor klimaatverandering.

Peelhorst

De meest kwetsbare natuurgebieden voor klimaatverandering bevinden zich, net als de meest kwetsbare landbouwgebieden, op de schrale zandgronden van de Peelhorst. Deze hooggelegen zandgronden hebben een lagere capillaire opstijging dan bodems met lagen leem en veen, waardoor de vochttoevoer minder is en maximale kansrijkdom mogelijk lager (Remmelink, Dooren, Middelkoop, Ouweltjes, & Wemmenhove, 2014). Echter zijn niet alle natuurgebieden op de Peelhorst kwetsbaar voor klimaatverandering. Zo hebben verschillende delen van het Sint Anthonisbos en de Molenheide een hoge maximale kansrijkdom die in de toekomst niet af zal nemen. Mogelijk zou dit kunnen komen doordat de voorspelde verandering van de GLG rond 2050 in deze specifieke gebieden rond de 10 centimeter zal stijgen (Klimaat-effectatlas, 2022b).

Maasterras

De Raamvallei heeft een hoge maximale kansrijkdom en zal geen toekomstige verandering doormaken, waardoor dit gebied minder kwetsbaar is voor klimaatverandering. De Raamvallei bevindt zich op poldervaag- en eerdgronden. Poldervaaggronden, bestaande uit een laag natte klei, en enkeerdgronden, met daarin een humusrijke laag, zijn beide grondsoorten die beter in staat zijn om water vast te houden dan schrale zandgronden (Remmelink, Dooren, Middelkoop, Ouweltjes, & Wemmenhove, 2014).

Maasdal

Ook de natuurgebieden langs de Maas hebben een hoge maximale kansrijkdom en zullen geen toekomstige verandering doormaken, waardoor deze minder kwetsbaar zijn voor klimaatverandering. Deze gebieden liggen veelal op polder- en ooivaaggronden en zijn door de kleilaag in deze bodemtypen beter in staat om water vast te houden dan schrale zandgronden (Remmelink, Dooren, Middelkoop, Ouweltjes, & Wemmenhove, 2014). Ook de mineralen in de bodem bevorderen de groei van de vegetatie (Vlaamse Landmaatschappij, 2015).

De enige locatie in het Land van Cuijk waar de natuur niet kwetsbaar is, en waar zelfs een verandering van een lage naar matige maximale kansrijkdom plaatsvindt, is gelegen ten noordwesten van Boxmeer. In dit gebied is ecotoopgroep K61 aanwezig; korte vegetatie op een droog, zure, voedselarme bodem, de hoogste maximale kansrijkdom in zowel de huidige als toekomstige situatie. Waarschijnlijk neemt de kansrijkdom van deze ecotoopgroep toe, doordat de voorspelde GHG in dit specifieke deel rond 2050 met 20 centimeter stijgt (Klimaat-effectatlas, 2022a).

Natuurgebieden en verhoogde grondwaterstanden

Niet alleen ten noordwesten van Boxmeer, maar in veel natuurgebieden zal de GHG volgens de verspelde verandering rond 2050 toenemen. Dat de grondwaterstand juist in deze gebieden hoger is komt mogelijk door de toename in extreme neerslag in de toekomst en het watervasthoudend vermogen van de vegetatie in deze natuurgebieden (Stowa, 2022) (KNMI, 2022d).

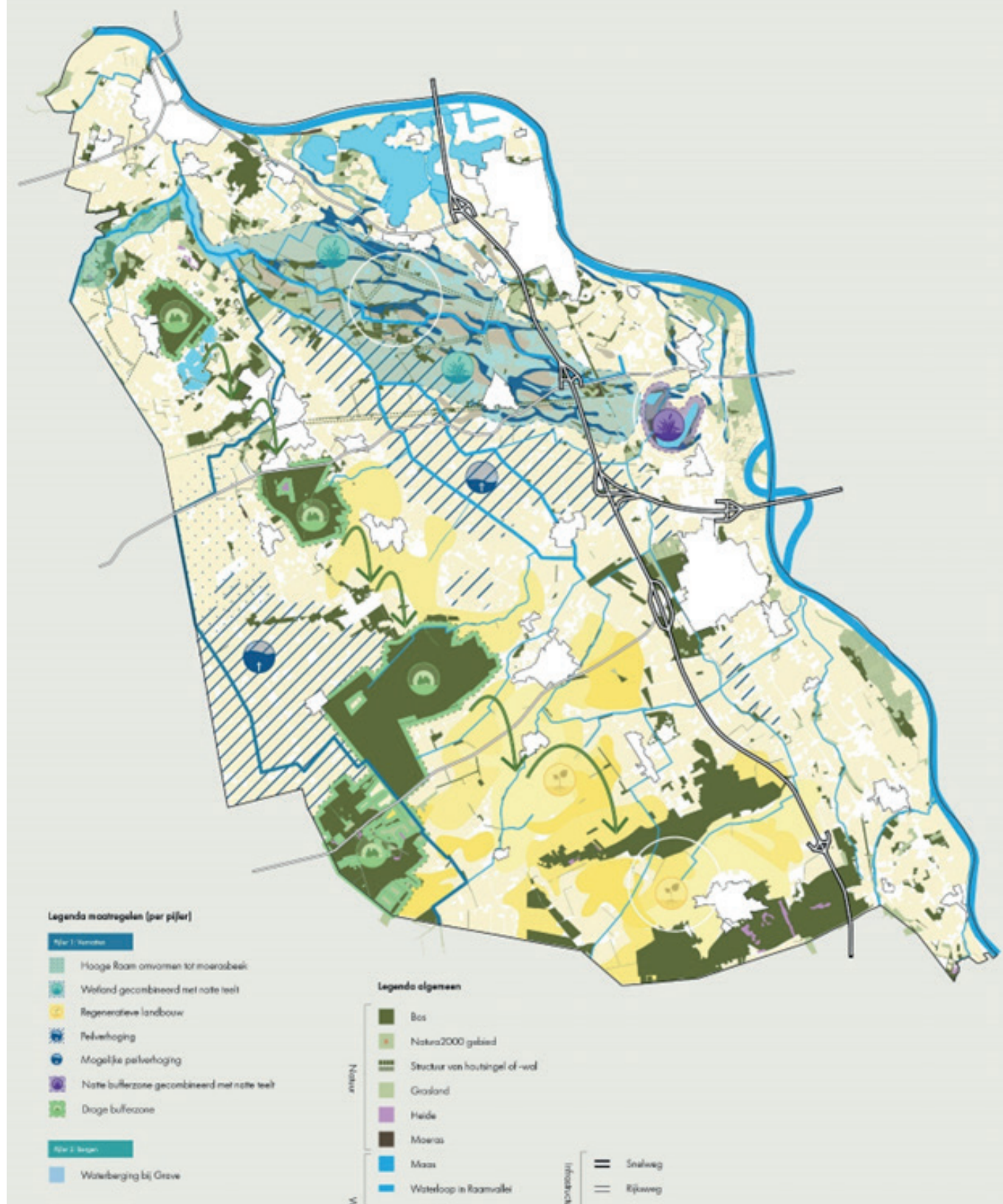
Verbeterpunten en aanbevelingen

Uitgaande van de beschikbare data en kwaliteit hiervan is getracht om het resultaat van deze analyse zo dicht mogelijk bij de werkelijkheid te laten komen. Echter kent deze analyse, mede door de aannames die gedaan zijn, verbeterpunten. De verbeterpunten en aanbevelingen van deze analyse worden weergegeven in bijlage 14.3.

5. De weg naar een klimaatrobuust buitengebied in 2050

In dit hoofdstuk wordt het masterplan voor de weg naar een klimaatrobuust buitengebied in 2050 weergegeven, zie figuur 25. Dit plan is weergegeven op het schaalniveau van héél Land van Cuijk en is een directe vertaling van knelpunten en kansen waar het Land van Cuijk momenteel al mee kampt. Het masterplan is gebaseerd op de drie maatregelenpijlers: vernatten, bergen en verbinden en zijn oplossingen voor de knelpunten uit hoofdstuk 3 en 4. Het ontbreekt bij de schaal van dit masterplan aan concrete, wellicht direct toe te passen, ingrepen in het landschap. De concrete maatregelen worden weergegeven in hoofdstuk 5.1. Deze maatregelen kunnen op verschillende plekken in het Land van Cuijk worden toegepast, maar zijn in deelsluitwerkingen weergegeven op plekken waar deze nodig worden geacht. Deze deelsluitwerkingen zijn ontwerpend op hoog detailniveau uitgewerkt en vullen het strategische masterplan aan. Deze worden weergegeven in hoofdstuk 5.2. Zodoende wordt duidelijk hoe de grote vraagstukken zich verhouden tot de praktijk. Voor elke deelsluitwerking is de huidige situatie vergeleken met de situatie, waarin minimaal één pijler uit het masterplan verder is uitgewerkt. Ook wordt voor elke deelsluitwerking het verschil tussen de huidige en toekomstige situatie weergegeven, met daarin de te treffen maatregelen. De op tijd gebaseerde routekaart van deze te treffen maatregelen om tot een klimaatrobuust buitengebied van het Land van Cuijk te komen in 2050, wordt weergegeven in hoofdstuk 5.3.

Masterplan Klimaatrobuust Land van Cuijk



Figuur 25 – Masterplan Klimaatrobuust Land van Cuijk

5.1 Maatregelen

In het masterplan worden verschillende maatregelen gegeven voor de knelpunten uit zowel de GIS-analyse, beschreven in hoofdstuk 4, als de interviews, beschreven in hoofdstuk 5. Maatregelen met betrekking tot verdroging zijn regeneratieve landbouw op de Peelhorst, grondwaterstandverhoging voor de landbouw, op basis van het voorbeeld gewas snijmais, op de Peelhorst en in het beekdal, hoge wintergrondwaterstand op de landbouwgronden op de Peelhorst en natte teelt in het beekdal. Een maatregel met

betrekking tot wateroverlast is het ecologisch inrichten van de toekomstige waterberging bij Grave en eventuele andere locaties, zoals de Oeffeltse Raam. Maatregelen met betrekking tot versnippering zijn het aanleggen van meer lijnvormige landschapselementen op de Peelhorst en het aanleggen of herstellen van robuuste verbindingzones tussen de natuurgebieden op de Peelhorst. Een overzicht van alle knelpunten en de daarbij horende maatregelen om de knelpunten te beperken staat weergegeven in tabel 2.

A solid blue rectangle.

Tabel 2 – Overzicht van alle knelpunten en de daarbij horende maatregelen om de knelpunten te beperken

5.1.1 Vernatten

Regeneratieve landbouw

Regeneratieve landbouw is een vorm van landbouw waarbij de focus ligt op een gezonde bodem. De kwaliteit van de bodem kan verbeterd worden door het bodemleven te stimuleren, het organische stofgehalte te verhogen en bodemverdichting tegen te gaan. Een gezonde bodem is robuuster, kan beter water opvangen en is minder verdicht. Op een zandgrond kan een stijging van 1 procent organisch stof in de toplaag van de bodem (0–30), heeft als gevolg dat het vochtvasthoudend vermogen toeneemt met 6,8 mm. Een humuslaag kan gevormd worden door verteerde plantenresten of compost in de bodem aan te brengen (Amsterdam rainproof, 2022). De plantenresten worden afgebroken door het bodemleven en de micro-organismen. Dit resulteert in een hoger organisch stofgehalte in de bodem en bevordert het bodemleven. Kevers en wormen graven gangen in de bodem die de bodem luchtiger maken, waardoor er meer zuurstof in de bodem aanwezig is en deze dus minder verdicht is. Verder mag de bodem zo min mogelijk geploegd worden, omdat dit schadelijk is voor het bodemleven. De toplaag die bij het ploegen wordt omgewoeld is biologisch gezien de meest actieve laag en daarom erg waardevol. Door het ploegen van de bodem sterft een groot deel van het bodemleven en gaan de gemaakte gangen verloren (Handboek bodem en bemesting, 2022). Maatregelen die genomen kunnen worden zijn het niet verwijderen van plantenresten op de landbouwpercelen, de bodem zo min mogelijk bewerken en voorkomen dat er zware machines op het land gebruikt worden. Regeneratieve landbouw kan toegepast worden op bodems waar meer water vastgehouden moet worden en de sponswerking van de bodem verstoord is, waardoor het water niet vastgehouden wordt. In hoofdstuk 4.1.2 staat beschreven dat een dikke humuslaag ontbreekt op de zandgronden op de Peelhorst en dat dit mogelijk de oorzaak is voor de kwetsbaarheid van deze gebieden. Op een zandgrond kan een stijging van 1 procent organisch stof in de toplaag van de bodem (0–30 cm diep), heeft als gevolg dat het vochtvasthoudend vermogen toeneemt met 6,8 mm (de Lijster, et al., 2016). Door regeneratieve landbouw toe te passen zal de bodem op de Peelhorst beter water vasthouden, waardoor dit water bij hevige

regenval minder afgevoerd wordt.

Natte teelt

Natte teelt is het telen van gewassen die kunnen groeien onder zeer natte omstandigheden. Voorbeelden van natte gewassen zijn riet, lisdodde, veenmos en azolla (Innovatieprogramma veen, 2022). Riet en lisdodde kunnen dienen als helofytenfilter, wat een positieve werking kan hebben op de waterkwaliteit (Rainproof,). Hiermee wordt ook de uitwisseling van vervuild water van de landbouw beperkt, doordat fosfor en stikstof gefilterd worden. De in de wortelzone aanwezige bacteriën filteren het water en de natte gewassen slaan nitraat en fosfor op (Rainproof,). Ook bevordert natte teelt de biodiversiteit. Zo blijkt uit onderzoek van HAS Hogeschool dat er meer amfibieën en watervogels voorkomen in lisdodde gebieden ten opzichte van agrarische gebieden (Heeskens, Hofmans, Kusters, & Pigmans, 2021). Natte teelt kan toegepast worden in gebieden waar de grondwaterstand verhoogd moet worden en de omstandigheden te nat zijn voor reguliere gewassen. In deze gevallen gaat het gebruik van natte gewassen de opbrengstderving tegen. In hoofdstuk 4.1.2 is gebleken dat de landbouwpercelen bij de oude restgeulen van het beekdal kwetsbaar tot zeer kwetsbaar zijn. Er zijn plannen voor het ontwikkelen van een moerasbeek bij de Lage Raam. Het uitbreiden van deze moerasbeek tot een moeraszone zorgt voor vernatting van het oude restgeulenlandschap en kan toegepast worden om opbrengstderving tegen te gaan.

Grondwaterstand verhogen landbouw

Het verhogen van de grondwaterstand kan als maatregel toegepast worden om transpiratiestress op landbouwgronden tegen te gaan. Door middel van stuwbeheer kan een grotere hoeveelheid water een gebied ingelaten worden. Per perceel of natuurgebied kan echter niet bepaald worden hoe groot de grondwaterstand is. Het verhogen van de grondwaterstand heeft invloed op een heel gebied (Pers. comm. Joost Rooijackers, 2022). De gewenste grondwaterstand is afhankelijk van het bodemtype en het gewas, maar varieert op zandgronden tussen 50 en 175 centimeter onder maaiveld (Ernst, 1958). Een grondwaterstandverhoging kan worden toegepast in gebieden waar het de opbrengstderving afremt en verdroogde natuur kan herstellen. In hoofdstuk 4.2.2 is gebleken dat verhoging van de grondwaterstand

met dertig centimeter bij Landhorst en in het beekdal meer dan vijf procent opbrengstbehoud oplevert voor het gewas snijmais ten opzichte van de natuurlijke toekomstsituatie. Er wordt daarom aangeraden om de grondwaterstand in het beekdal en bij Landhorst met dertig centimeter te verhogen in 2050. Rekening houdend met de verwachte grondwaterstanddaling die in de toekomst plaats gaat vinden, resulteert dit in een grondwaterstandverhoging van twintig centimeter op basis van de huidige situatie. Kijkend naar de gewenste grondwaterstanden van de gewassen uit tabel 1 wordt ten opzichte van snijmais verwacht dat de grondwaterstandverhoging voor consumptieaardappel lager moet zijn en voor gras maaien en beweiden hoger (Alterra, 2022).

In hoofdstuk 4.3.1 is gebleken dat in elk van de natuurgebieden op de Peelhorst, met name het Langenboomse bos, het Sint Anthonisbos, de Groote Slink en de Overloonse duinen, verslechteren. Deze gebieden zijn kwetsbaar voor klimaatverandering en hebben in de huidige situatie een hoge kansrijkdom, die in de toekomstige situatie afneemt. Deze natuurgebieden hebben last van transpiratiestress in zowel de huidige als toekomstige situatie (figuur 44 en 45 in bijlage 13). Er wordt aanbevolen om het Langenboomse bos, Sint Anthonisbos, de Groote Slink en de Overloonse duinen te vernatten om de afname in kansrijkdom te beperken.

Hoge wintergrondwaterstand

De grote hoeveelheid neerslag die in de winter valt wordt voornamelijk afgevoerd. Gebeurtenissen met betrekking tot wateroverlast die in het verleden hebben plaatsgevonden, hebben ertoe geleid dat Nederland is ingericht om zoveel mogelijk water af te voeren. Dit resulteert in een watertekort in de zomer, omdat het grondwater onvoldoende is aangevuld. Anders dan de omliggende natuur moet landbouwgrond droger staan. In verband met grondbewerking van de landbouwgrond kan de grondwaterstand in het voorjaar niet hoog staan. Wel kan de grondwaterstand maximaal hoog gezet worden in de winter, waardoor er een grotere watervoorraad is in de zomer (Natuurmonumenten,^x). Door middel van stuwbeheer kan het water op de landbouwgronden behouden worden. Deze maatregel kan toegepast worden op gronden

die de gevallen neerslag direct afvoeren. Uit het interview met het waterschap Aa en Maas in bijlage 10 blijkt dat ook op de Peelhorst te weinig water wordt vastgehouden. De Peelhorst tot het beekdal zijn kwetsbaar tot zeer kwetsbaar voor klimaatverandering (figuur 19 hoofdstuk 4.1.1), waarbij sprake is van transpiratiestress (figuur 44 bijlage 13). Om de kwelstroom van de Peelhorst richting het beekdal te herstellen, is het belangrijk dat water op de hoge zandgronden goed vastgehouden wordt.

Bufferzones

Een bufferzone is een zone rond een gebied om invloeden van omliggende gebieden te beperken (National Agrofostry Center, 2022). Er zijn verschillende bufferzones; natte bufferzones, droge bufferzones en nat-droge bufferzones. Natte bufferzones kunnen aangelegd worden op locaties van overgangsgebieden van verschillende grondwaterstanden. In deze zone is de grondwaterstand hoog, met daarop vegetatie die goed gedijt bij deze natte omstandigheden. Wanneer in een natte bufferzone natte teelt toegepast wordt, kunnen stikstof en fosfor, bij oogst van deze teelt, verwijderd worden. Droge bufferzones kunnen worden aangelegd op plekken waar stikstof- en fosforbelasting uit een gebied kan worden opgevangen. Dit wordt gedaan om een gebied dat kwetsbaar is voor stikstof en fosfor te beschermen. Bij droge bufferzones is de toplaag van de bodem rijk aan zuurstof, waardoor organisch materiaal afgebroken kan worden. De stikstof en fosfor afkomstig uit dit organisch materiaal kan worden opgenomen door planten. Nat-droge bufferzones kunnen aangelegd worden op plekken die afwisselend nat en droog zijn, bijvoorbeeld langs wateren. Door deze afwisseling vinden er zowel anaerobe als aerobe processen plaats en wordt stikstof met een hoog rendement verwijderd. Voor elk van de bufferzones geldt dat fosfor enkel wordt verwijderd als de gewassen of vegetatie die de fosfor hebben opgenomen, worden verwijderd of geoogst (Verdonschot & Verdonschot, 2020).

In het interview met Brabants Landschap, zie bijlage 1, is gebleken dat de op de Vilt voorkomende natte natuurtypen kwetsbaar zijn voor klimaatverandering. Een natte bufferzone kan aangelegd worden rondom de Vilt om nadelige effecten van onder andere de landbouw te beperken (Natuurmonumenten,

x). Een bufferzone is een effectieve maatregel om de fosforbelasting op een natuurgebied te laten afnemen (Passeport, et al., 2012). Een bufferzone van 27 meter breed zorgt namelijk al voor een reductie van 83 procent fosfaatreductie (Young, Huntruds, & Anderson, 1980). Het is gewenst om een bufferzone van ten minste 27 meter om De Vilt aan te leggen. Deze bufferzone moet bestaan uit natte natuur, zodat het grondwaterstand in De Vilt hoog genoeg kan blijven. Dit met als doel om de natte natuurtypen, zoals nat schraalland en dynamisch moeras, zo optimaal mogelijk blijven functioneren.

5.1.2 Bergen

Waterberging Grave

Hevige regenval, ten gevolge van klimaatverandering, kan ertoe leiden dat er wateroverlast optreedt. Er is sprake van wateroverlast indien de bodem verzadigd is en het regenwater als oppervlaktewater afstroomt (Waterschap rivierenlandschap, 2022). Het aanleggen van een waterberging kan deze waterschade verminderen of voorkomen. In het interview met Waterschap Aa en Maas is naar voren gekomen dat er weinig sprake is van wateroverlast in het Land van Cuijk, maar dat een waterberging bij Grave gewenst is. In het bestemmingsplan "Hoogwaterbescherming bij Grave" wordt beschreven dat er plannen zijn voor het aanleggen voor deze waterberging (Waterschap Aa en Maas, 2019). Door middel van stuwbeheer kan overtollig water bij hevige neerslag richting de waterberging in de Graafsche Raam gepompt worden (Stowa, 1994). Er is geen openbare informatie beschikbaar over de specifieke inrichting van deze waterberging. Er wordt aanbeloven deze waterberging ecologisch in te richten zodat de berging ook een ecologische functie heeft. De waterberging zou ingericht kunnen worden door stroken met vegetatie aan te leggen waartussen water geborgen kan worden. Op de oevers van deze stroken kunnen planten groeien die minder gevoelig zijn voor inundatie, zoals planten uit de watertorkruid-associatie en de associatie van scherpe zeggen (Stowa, 2016). Wel wordt aanbevolen om bij het kiezen van de plantensoorten rekening te houden met de kwaliteit van het bodemtype.

Een waterberging is echter niet alleen gewenst bij Grave, maar kan ook op andere plekken

in het Land van Cuijk toegepast worden. Een voorbeelduitwerking hiervan is de Oeffeltse Raam, weergegeven in hoofdstuk 5.2.2.

5.1.3 Verbinden

Lijnvormige landschapselementen

Lijnvormige landschapselementen zijn smalle verbindingen in de vorm van bomenlanen, struwelen en houtwallen. Deze lijnvormige landschapselementen vervangen niet de functie van ecologische verbindingzone, maar zijn wel essentieel als vliegroute voor vleermuizen, nestplaats voor vogels en habitat voor vele insecten (Minkjan, 2007). Lijnvormige landschapselementen kunnen aangelegd worden op plekken waar structuren in het landschap ontbreken, habitats gecreëerd moet worden voor boombewonende soorten of soorten die leven in houtwallen en op plekken waar de strooisellaag aangevuld kan worden om de humuslaag te bevorderen (Minkjan, 2007) (Kemmers, 1996). In gesprek met Joost Rooijackers is gebleken dat voornamelijk op de Peelhorst klimaatrobuuste maatregelen nodig zijn. Uit een gesprek met opdrachtgever Irma van Riel is gebleken dat er behoefte is aan meer groene structuren in het Land van Cuijk. Deze wensen hebben ertoe geleid dat de Peelhorst een geschikte plek lijkt om lijnvormige landschapselementen aan te brengen. Op andere plekken in het Land van Cuijk, waaronder de Landgoederenzone, kunnen ook groenstructuren worden ingepast. Soorten die profijt hebben bij deze lijnvormige landschapselementen zijn beschreven in voorbeelduitwerkingen in hoofdstuk 5.2.

Robuuste natuurverbindingen

Het verbinden van natuurgebieden is geen maatregel om het buitengebied klimaatrobuust te maken, maar is wel essentieel om de natuurgebieden weerbaarder te maken tegen de effecten van klimaatverandering. Het verbinden van natuurgebieden biedt de mogelijkheid voor organismen om zich te verplaatsen tussen natuurgebieden. Soorten kunnen hierdoor onderling met elkaar voortplanten, wat de genenpool versterkt. Ook kunnen soorten zich verplaatsen naar een geschikter gebied als hun oude gebied niet meer leefbaar is (Provincie Noord-Brabant,). Er zijn verschillende opvattingen over de breedte van een robuuste verbindingzone. In de beleidsevaluatie van 2006 tot 2010 van de provincie Noord-Brabant staat beschreven

dat een droge ecologische verbindingzone in het landelijk gebied minimaal 25 meter breed moet zijn (Provincie Noord-Brabant, 2012). De natuurorganisaties hebben in de interviews echter aangegeven dat een ecologische verbindingzone robuust is wanneer deze meer dan honderd meter breed is. Deze robuuste verbindingen kunnen aangelegd worden tussen natuurgebieden die onvoldoende met elkaar verbonden zijn. Uit de interviews met de natuurorganisaties is gebleken dat de natuurgebieden op de horst niet robuust met elkaar verbonden zijn. Het is mogelijk om deze natuurgebieden met elkaar te verbinden, omdat de natuurgebieden overeenkomende natuurtypen hebben en van noord naar zuid in één lijn liggen. Om deze robuuste verbindingen te bereiken moeten huidige verbindingen verbreed of uitgebreid worden en nieuwe verbindingen worden aangelegd. In het interview met Brabants Landschap heeft Gijs Looijen uitgelegd dat grotere zoogdieren, waaronder de das, ree en vos een brede verbinding nodig hebben om zich te verplaatsen naar

andere natuurgebieden. Deze diersoorten komen bijvoorbeeld voor op de Molenheide en Sint Anthonisbos, waartussen een robuuste verbinding ontbreekt (Waarneming, 2022c) (Waarneming, 2022a).



Foto

5.2 Deeluitwerkingen

De maatregelen dienen als voorbeeldoplossingen om het Land van Cuijk klimaatrobuuster in te richten. De keuze voor de gebieden van deze deeluitwerkingen komt voort uit het samenkomen van meerdere maatregelen in één gebied. Daarnaast is ervoor gekozen om onderscheid te maken in de geomorfologische spreiding en de daarbij passende problematiek van het Land van Cuijk. Er zijn daarom deeluitwerkingen ontworpen voor de Peelhorst, het beekdal en het Maasterras.

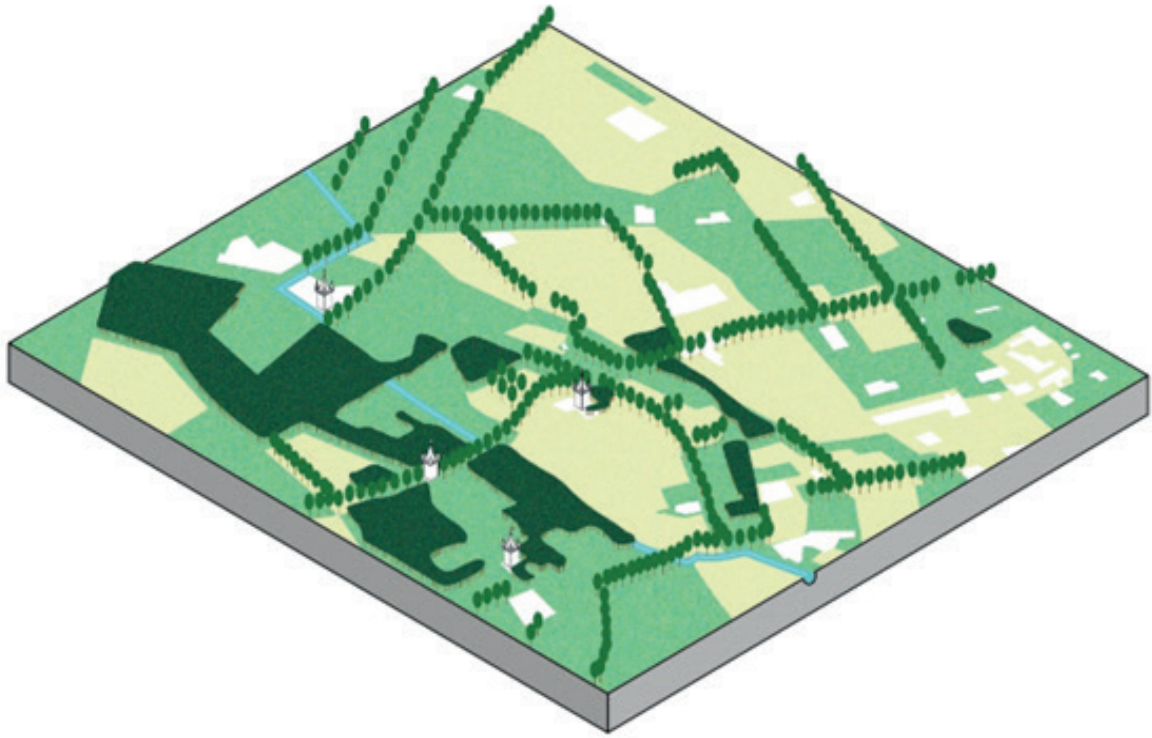
5.2.1 Terugbrengen moerashistorie in de landgoederenzone

De deeluitwerkingen uit figuur 26 tot en met 28 laten de huidige situatie, de potentiële toekomstige situatie en het verschil hiertussen voor de landgoederenzone tussen Beers en Mill zien. De maatregelen die in deze tegel worden weergegeven zijn het aanleggen van nieuwe landschapselementen, vergroten van bosareaal, diffuse moerasbeek, natte teelt, agroforestry, faunarijke gras- akkerlanden en plaatsen van poelen.

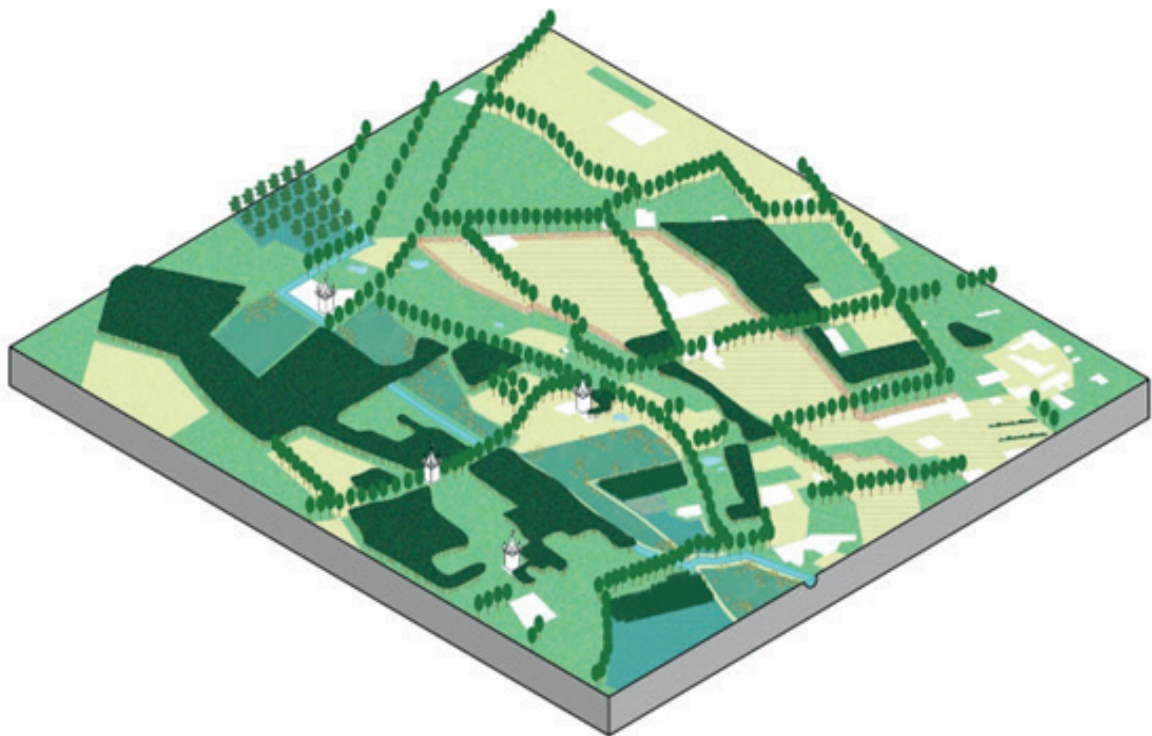
De doelen van deze maatregelen zijn:

- *Verhogen van de biodiversiteit*
- *Vergroten van bosareaal*
- *CO₂-, stik- en fijnstofopname*
- *Betere sponswerking bodem*
- *Landschapsversterking*
- *Opbrengstderving beperken door middel van natte teelt*

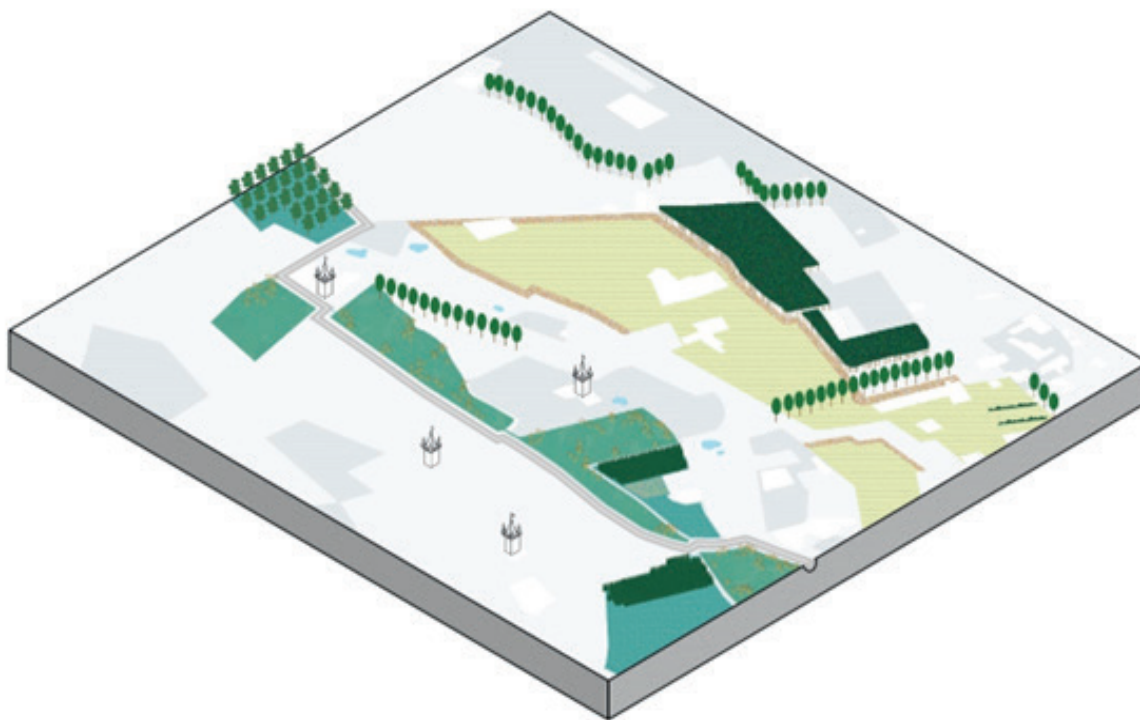




Figuur 26 – Huidige situatie landgoederenzone



Figuur 27 – Toekomstige situatie landgoederenzone



Figuur 28 – Verschil tussen huidige en toekomstige situatie landgoederenzone, met daarin de te treffen maatregelen.

Maatregel: Aanleggen nieuwe landschapselementen

Deze maatregel is gericht op structuurversterking in de landgoederenzone en biedt een oplossing voor het knelpunt versnippering. Bestaande groenstructuren zijn ingetekend op de tegel en met elkaar verbonden waar dat mogelijk was, zonder de kleinschaligheid van het landschap te beperken. Ook is door middel van Topotijdreis gekeken waar er eventueel historische houtsingels teruggebracht kunnen worden (Kadaster Topotijdreis, 2022). Deze groenstructuren dienen aangelegd te worden in combinatie met houtwallen of een gevarieerde onderbegroeiing, zodat organismen zoals de West-Europese egel en het konijn hiervan kunnen profiteren en de kans op plagen, zoals de eikenprocessierups, wordt verkleind (Minkjan, 2007). Soorten die hiervoor gebruikt kunnen worden zijn eik, beuk, hazelaar en meidoorn (Strootman, Boer, & Janssen, 2020) (Lerink, et al., 2021). Tevens dragen landschapselementen bij aan CO₂-vastlegging: "Van een houtwal bedraagt deze in de vorm van biomassa gedurende de eerste 10 jaar na aanplant gemiddeld 4,6 ton/ha/jaar en de jaren daarna 9,1 ton/ha/jaar. Voor een bomenrij is dit respectievelijk 3,1 en 6,3 ton/ha/jaar (Boos-

ten, van den Briel, Lerink, Lokin, & Schelhaas, 2020) (Deltaplan Biodiversiteitsherstel, 2021)."

Maatregel: Vergroten bosareaal

Deze maatregel illustreert hoe het bosareaal kan worden uitgebreid in de landgoederenzone en zodoende een oplossing biedt voor het knelpunt versnippering. Ook draagt het bij aan de provinciale Bossenstrategie en heeft het bijkomend vele voordelen zoals CO₂- en fijnstofopname (Lerink, et al., 2021). Wanneer er bos wordt aangelegd met voldoende variatie aan boomsoorten, open plekken en gevarieerde bosranden vormt dit ook een geschikte biotoop voor veel organismen (Jansen, Boosten, Winterink, & Benthem, 2009). Bij de aanplant van nieuw bos wordt aangeraden gebruik te maken van inheemse en streekeigen soorten, omdat dit de kans op aanslaan vergroot. Voorbeelden hiervan, die ook nog eens sterk bijdragen aan het biodiversiteitsherstel zijn: elsbes, gewone lijsterbes, zoete kers, zomer- en wintereik en zomerlinde (Lerink, et al., 2021) (Brabants Landschap, 2022).

Maatregel: Diffuse moerasbeek

Een goede manier om water lang vast te houden in een gebied en de waterkwaliteit te

verbeteren is het omvormen van een beekloop naar een moerasbeek. Deze maatregel draagt het meeste bij aan een oplossing voor het knelpunt verdroging door het gebied te vernatten, maar kan ook water van piekbuien opvangen en zodoende bijdragen aan het knelpunt wateroverlast. In de oude stroomgeulen van de Maas ontstonden van oorsprong moerassen. De landgoederenzone kent lokaal hoogteverschillen, waarbij landhuizen op hogere gronden liggen en weiden en rabattenbossen op lagere percelen die grenzen aan waterlopen (Besselink, 2018). Dit maakt deze zone geschikt om opnieuw om te vormen naar een moerasbeek. De weerszijden van de huidige Laarakkersche Waterleiding dienen omgevormd te worden om tot deze moerasbeek te komen en op deze manier een uitbreiding te kunnen zijn van moerasbeekplannen van de Hoge en Lage Raam. Dit kan worden gedaan door de huidige beekloop diffuus over te laten lopen in een beekmoeras en overstromingszone. Net als de beekloop zal het beekmoeras permanent nat zijn, in tegenstelling tot de overstromingszone die 's zomers droogvalt. Het beekmoeras en de beekloop dienen lager te liggen dan de overstromingszone, waarbij belangrijk is dat de maximale diepte van de met moerasplanten begroeide zones circa 30 centimeter bedraagt. Voorbeelden van emerse vegetatie die in de moerasbeek voorkomen zijn moerasandoorn, riet en wolfspoot.

Maatregel: Natte teelt

Ook de van oorsprong natte landgoederenzone kampt met de gevolgen van klimaatverandering. Om verdroging in dit gebied tegen te gaan, kan de grondwaterstand verhoogd worden. Hierdoor zou er sprake zijn van vernatting en kan er gedacht worden aan natte teelt. Plekken waar natte teelt verbouwd kan worden, wisselen zones met diffuse moerasbeek af. Waar de zones met beekmoeras weinig ruimtebeslag kennen, is voor de plekken waar natte teelt verbouwd kan worden gekozen voor grotere percelen. Hier kunnen soorten als riet, lisdodde en kroosvaren worden geteeld, net als boomsoorten zoals elzen, populieren en wilgen. Als gevolg van eventuele grondwaterstandverhoging zou het huidige landgebruik niet meer rendabel zijn op de natste plekken, natte teelt kan voor deze agrariërs een toekomstperspectief betekenen.

Maatregel: Agroforestry

Op hoger gelegen gronden die verder van de moerasbeek afliggen is gekozen voor omvor-

ming naar agroforestry, oftewel natuurinclusieve landbouw. Agroforestry is een systeem waarbij bomen en houtige gewassen worden gecombineerd met akkerbouw, groente- en veeteelt op hetzelfde perceel. Het combineren van deze teelten kan de weerbaarheid van het landbouwsysteem vergroten en is dus een klimaatrobuuste maatregel. Deze natuurinclusieve landbouwvorm benut water efficiënter, legt onder andere CO₂ vast, verhoogt de biodiversiteit en kan door middel van risicospreiding zorgen voor meer economische weerbaarheid (Wageningen University and Research, 2022). Op deze manier kan de omvorming naar agroforestry een oplossing zijn voor het knelpunt verdroging. Bij bomen en houtige gewassen kan gedacht worden aan hazelaar, walnoot, amandel en pruim. Bij de akkerbouwgewassen kan worden gedacht aan goudsbloem, karwij, smalle weegbree, (grasklaver)luzerne, kamgras, veldboon en wortel (Floriade Almere, 2022).

Maatregel: Faunarijke gras- en akkerlanden

Een aanvulling op de agroforestry-zone zijn faunarijke gras- en akkerlanden, die bloemrijke graankruidenranden kennen. Graslanden met een palet aan verschillende grassoorten, in combinatie met klavers en kruiden, zorgen voor goede stikstofbinding en bieden een divers menu voor eventueel vee. Soorten waar aan gedacht kan worden zijn: paardenbloem, herderstasje, zuring, klaver, madeliefje en margriet. Kruidenrijk grasland is tevens interessant voor insecten, die op hun beurt zorgen voor de nodige bestuiving (Strootman, Boer, & Janssen, 2020). Naast een verfraaiing van het landschap, zorgen deze bloemrijke akkerranden voor een boost in de biodiversiteit. Een graankruidenrand is een geliefde broedplaats voor akkervogels, die ook nog eens voedsel verstrekt in de winter (Brabants Landschap, 2022).

Maatregel: Poelen plaatsen

Ook goed voor de biodiversiteit zijn kikker- en weidevogelpoelen. Een poel kan een geschikt habitat voor amfibieën en insecten zijn. Kikkerpoelen zijn aan te brengen op vochtige tot natte plekken in de nabijheid van bos en houtsingels, vanwege de beschutting. In open landschappen zijn weidevogelpoelen geschikter, doe dit dan op lagere drassige plaatsen (Brabants Landschap, 2022).

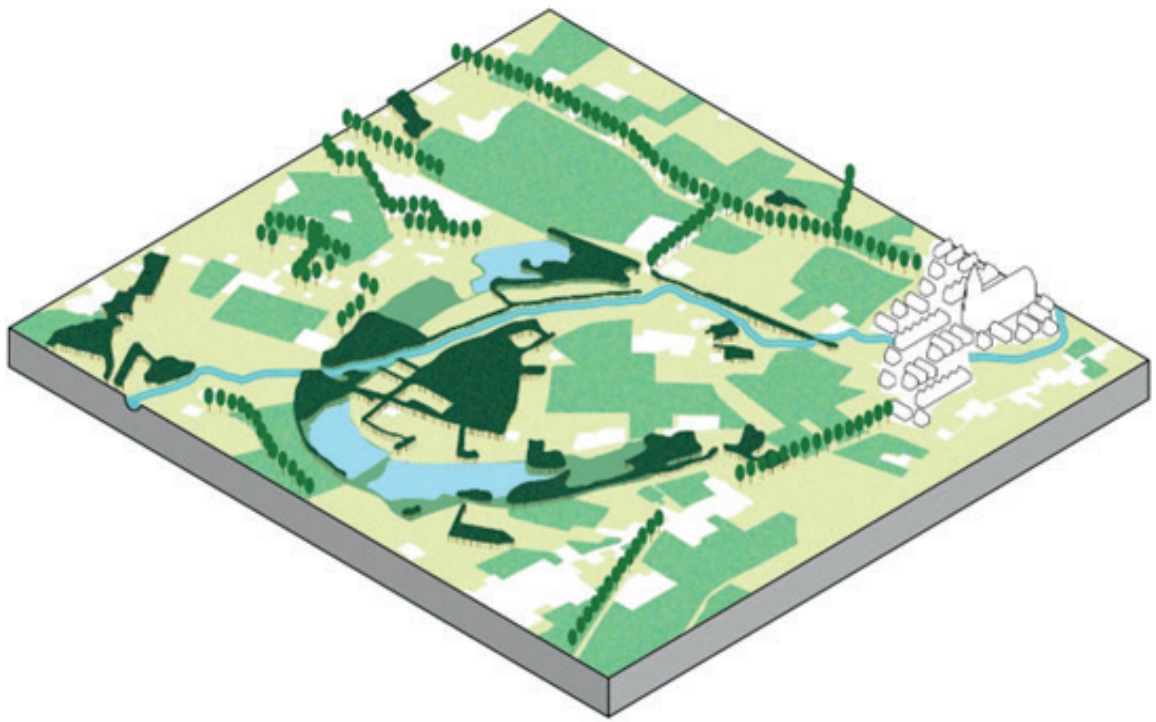


5.2.2 Bufferzone creëren rondom De Vilt

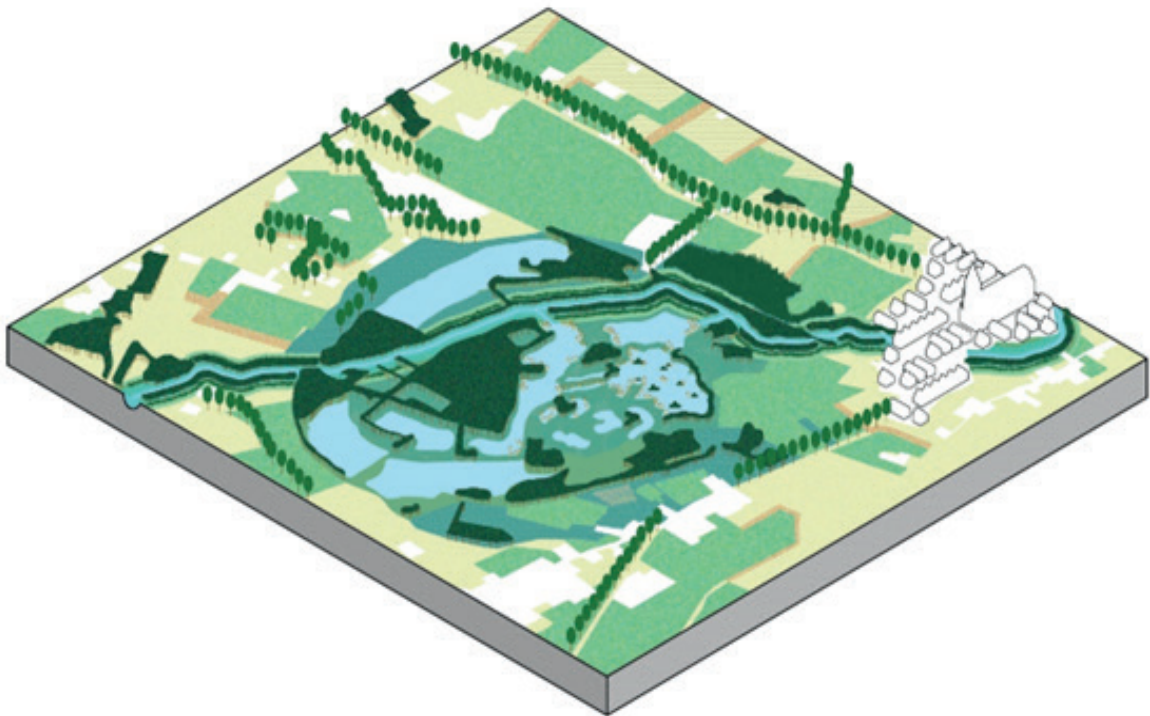
De deeluitwerkingen uit figuur 29 tot en met 31 de huidige situatie, de potentiële toekomstige situatie en het verschil hiertussen voor het natuurgebied De Vilt bij Oeffelt zien. De maatregelen die in deze tegel worden weergegeven zijn het aanleggen van een beekbegeleidende boszone, het aanleggen van een bufferzone met natte teelt rondom De Vilt, het aanleggen van faunarijke graslanden en het omvormen van akkerranden naar biodiverse akker- en milieuranden.

De doelen van deze maatregelen zijn:

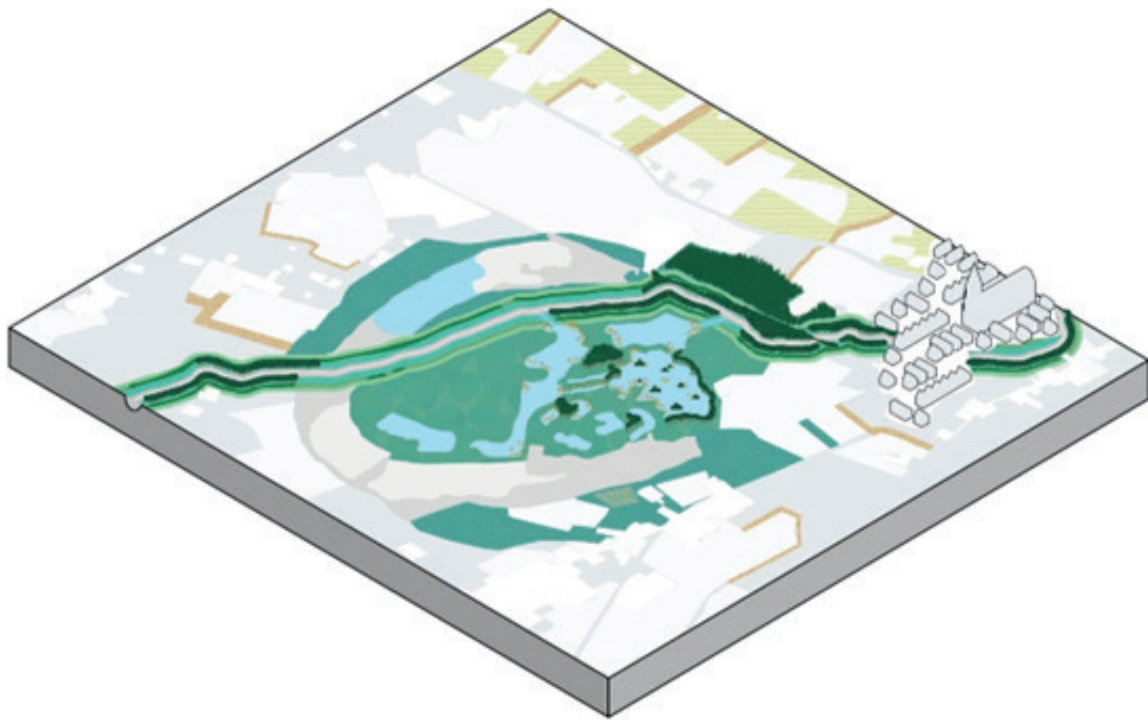
- *Verhogen van de biodiversiteit*
- *CO₂-, stik- en fijnstofopname*
- *Betere sponswerking bodem*
- *Landschapsversterking*
- *Natte natuur beschermen door natte bufferzone*
- *Opbrengstderving beperken door middel van natte teelt*



Figuur 29 – Huidige situatie De Vilt



Figuur 30 – Toekomstige situatie De Vilt



Figuur 31 – Verschil tussen huidige en toekomstige situatie De Vilt, met daarin de te treffen maatregelen.

Maatregel: Aanleggen nieuwe landschapselementen en beekbegeleidend bos

Deze maatregel is gericht op structuurversterking in de omgeving van natuurgebied De Vilt met als doel om het knelpunt versnippering tegen te gaan. Bestaande groenstructuren zijn ingetekend en met elkaar verbonden waar dat mogelijk was. Deze landschapselementen zijn ingetekend langs percelen die verder van het natuurgebied afliggen en zodoende buiten de beoogde bufferzone vallen. Deze soorten hoeven dus niet perse altijd tegen natte voeten te kunnen, maar het is wel aan te raden soorten te kiezen die op (natte) rivierklei kunnen groeien en tegen een korte periode van wateroverlast kunnen, zoals populieren, elzen en wilgen (Lerink, et al., 2021).

Langs de Oeffeltse Raam is gekozen voor een multifunctionele beekbegeleidende boszone, waarbij biodiversiteit en bodemkwaliteit voorop staan. Deze zone bestaat uit een vijftal stroken: beek, bos-, bosschage- en bufferstrook, en beekflank. De beek is in dit geval de Oeffeltse Raam. De bosstrook geeft de beek voldoende schaduw, zorgt 's zomers voor verkoeling, levert hout en blad aan de beek en vangt CO₂ op. Tevens heeft de bosstrook een zuiverende,

bergings- en natuurfunctie. De kwaliteit van de Oeffeltse Raam zal sterk toenemen, omdat er minder nutriënten worden aangevoerd en het organische materiaal uit de bomen de beek voedt. De bosschagestrook zuivert samen met de bosstrook ondiep geïnfiltreerd water. De 15 tot 50 meter brede bufferstrook is de echte buffer tussen de beek en het intensief beheerde land, met korte vegetatie. Met de beekflank worden alle buiten de buffer gelegen agrarische percelen of verhard oppervlak bedoeld (Verdonschot & Verdonschot, 2020).

Maatregel: Bufferzone aanleggen met natte natuur en teelt om De Vilt heen

Om de kwetsbare natte natuur van De Vilt te beschermen tegen het knelpunt verdroging is gekozen voor een natte bufferzone. Momenteel bevinden zich diverse landbouwpercelen om de drassige, moerasnatuur van De Vilt heen. Uitspoeling van nutriënten vanuit de percelen in de natte natuurtypen is niet gewenst en een bufferzone kan ervoor zorgen dat deze stoffen niet in het natuurgebied terechtkomen. De natte bufferzone fungeert als een helofytenfilter, bestaande uit natte soorten zoals riet, die een goed leefklimaat bieden voor bacteriën. Bacteriën zetten de afvalstoffen

om in voedingsstoffen en zuiveren zodoende op een natuurlijke manier het water, de mate van verwijdering is hierbij afhankelijk van de verblijftijd van het water (Deltaprogramma Agrarisch Waterbeheer, 2022). De bufferzone is ingetekend op percelen die nu direct aan het natuurgebied grenzen en de omlijning is gebaseerd op de huidige perceelsgrenzen. Deze bufferzone dient erg nat te zijn, bijna moerasachtig en is ingetekend rondom De Vilt om een geleidelijke overgang van droge naar natte natuur te creëren. De bufferzone zou bij een minimale breedte van 27 meter al voor een forse fosfaatreductie kunnen zorgen (Young, Huntrods, & Anderson, 1980).

Maatregel: Faunarijke gras- en akkerlanden

De huidige graslandpercelen die zullen grenzen aan de nieuw aan te leggen bufferzone, worden omgevormd tot weilanden met een palet aan verschillende grassoorten, in combinatie met klavers en kruiden. Deze zorgen voor goede stikstofbinding en bieden een divers menu voor eventueel vee. Het uiteindelijke doel voor de graslanden is organische stoffen opbouwen, de weerbaarheid van de bodem verbeteren, meer buffering van stoffen en het vergroten van de biodiversiteit op en in de bodem (Strootman, Boer, & Janssen, 2020). De

aangrenzende akkerlanden wordt aanbevolen de overstap naar het eerder beschreven agroforestry te maken.

Maatregel: Aanbrengen biodiverse akker- en milieuranen

Maatregelen voor de overgangsplekken van akkerlanden naar graslanden, bijvoorbeeld bij slootkanten, zijn gras- en graankruidenranden, FAB-randen en milieuranen. Dagvlinders profiteren vooral van ingezaaide graskruidenranden met een aangepast beheer, waar broedende akkervogels juist veel profijt hebben van een graankruidenrand. Overwinterende vogels hebben hierdoor extra voedsel. FAB-randen, ofwel Functionele AgroBiodiversiteit, zijn bijzondere akkerranden omdat ze gedurende lange periodes bloemrijk zijn en nuttige insecten aantrekken. Deze helpen gewassen te bestuiven en zorgen voor een natuurlijke plaagbestrijding, zodoende profiteren zowel boer als natuur. Een laatste maatregel voor bij de randen van percelen is het aanbrengen van een milieurand. Deze rand fungeert als buffer, waardoor de kans veel kleiner is dat gewasbeschermingsmiddelen in sloten terechtkomen. Deze maatregel is alleen nuttig als de rand niet bemest wordt. (Brabants Landschap, 2022).

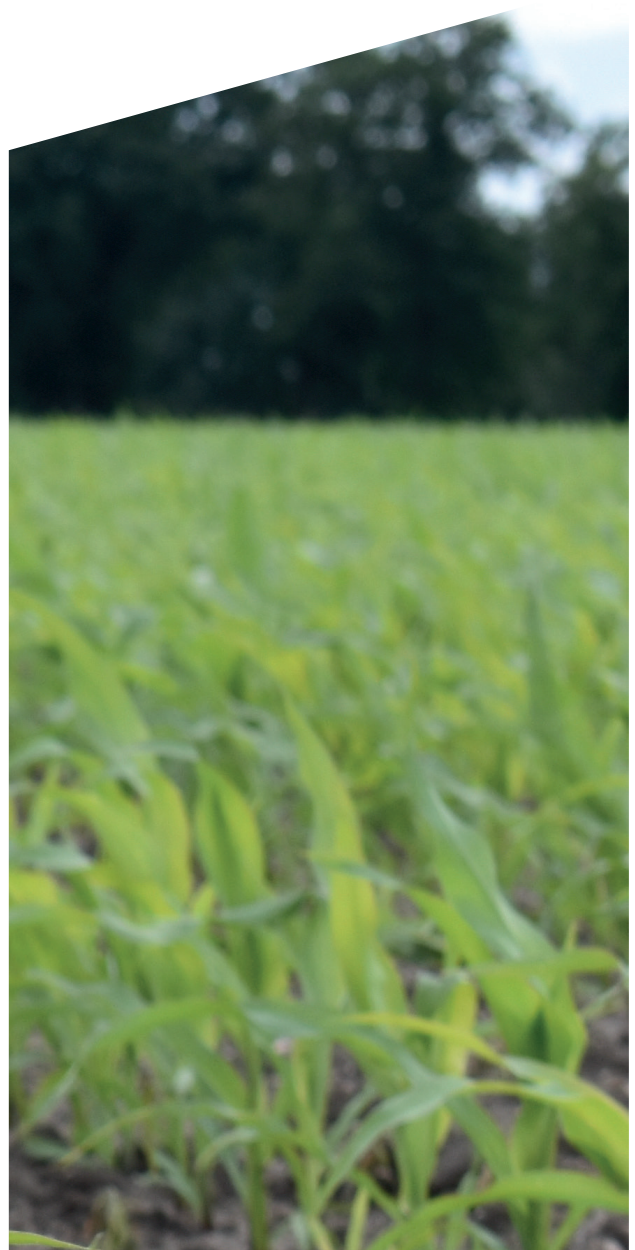


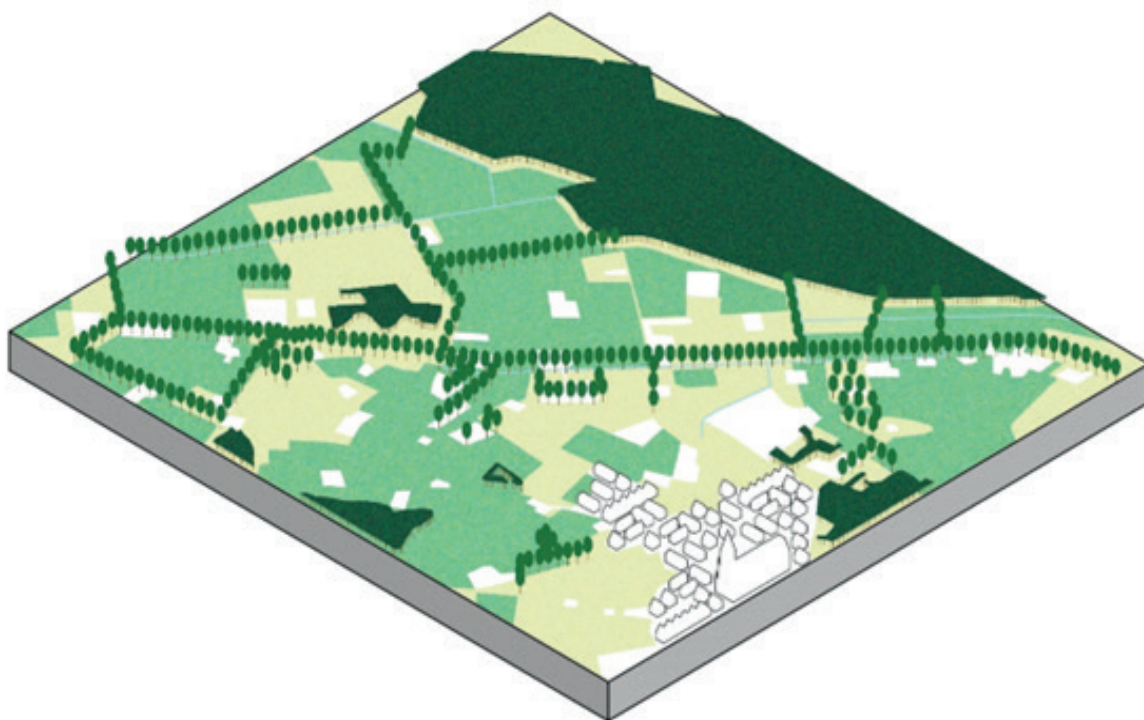
5.2.3 Regeneratieve landbouw als oplossing voor Overloonse agrariërs

De deelsluitwerkingen uit figuur 32 tot en met 34 laten de huidige situatie, de potentiële toekomstige situatie en het verschil hiertussen voor landbouwgronden bij Overloon zien. De maatregelen die in deze tegel worden weergegeven zijn het aanleggen van nieuwe landschapselementen, het variëren in bosranden, het toepassen van regeneratieve landbouw en agroforestry en het omvormen van akkerranden naar biodiverse akker- en milieustranden.

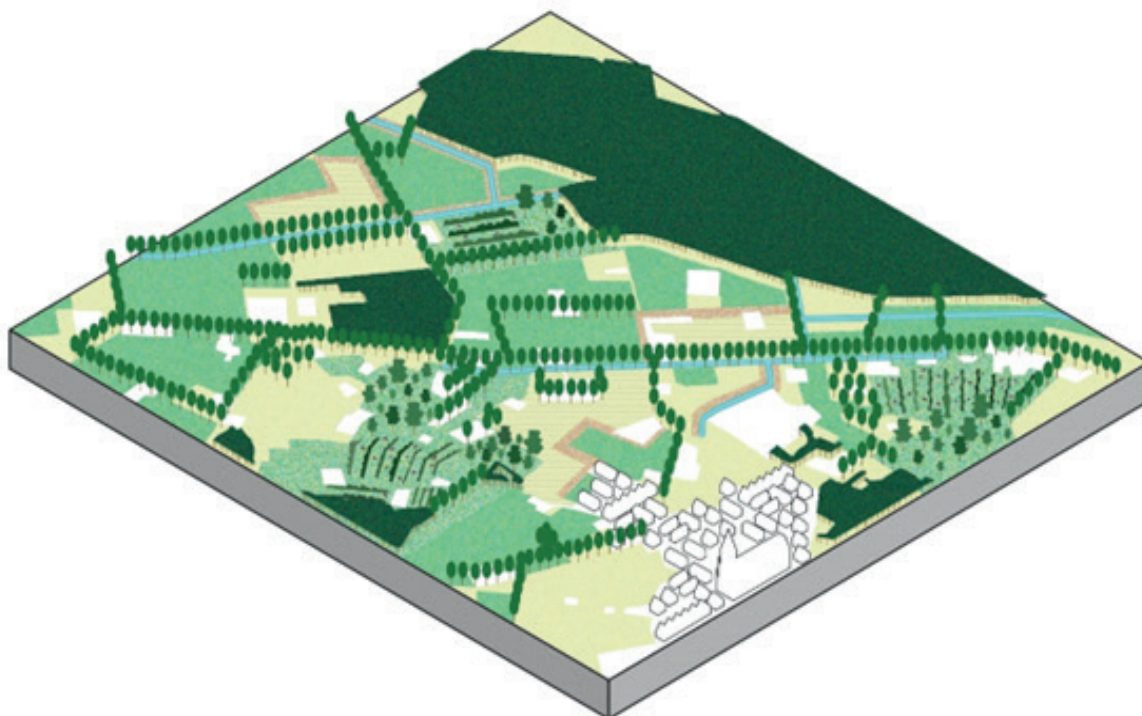
De doelen van deze maatregelen zijn:

- *Verhogen van de biodiversiteit*
- *CO₂-, stik- en fijnstofopname*
- *Vergroten vochtvasthoudend vermogen*
- *Bodemleven stimuleren*
- *Verhogen organisch stofgehalte*
- *Betere sponswerking bodem*
- *Landschapsversterking*

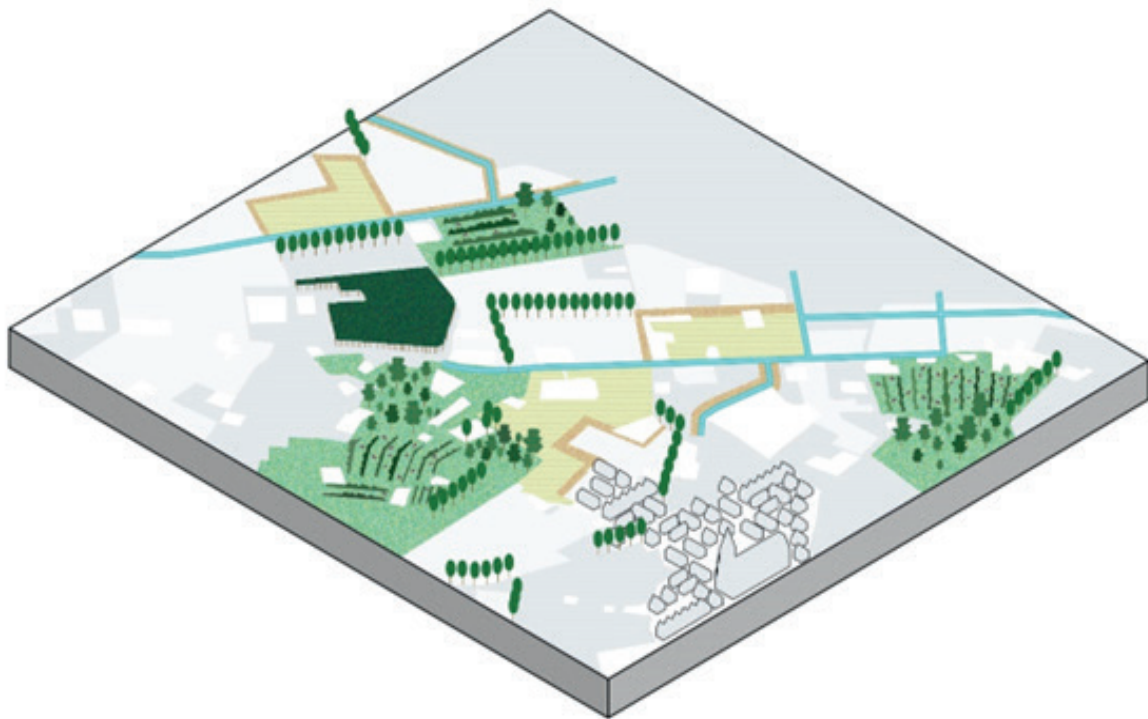




Figuur 32 – Huidige situatie Overloon



Figuur 33 – Toekomstige situatie Overloon



Figuur 34 – Verschil tussen huidige en toekomstige situatie Overloon, met daarin de te treffen maatregelen

Maatregel: Aanleggen nieuwe landschapselementen

Deze maatregel is gericht op structuurversterking in de omgeving van Overloon en heeft als doel om het knelpunt versnippering tegen te gaan. Bestaande groenstructuren zijn ingetekend en met elkaar verbonden waar dat mogelijk is. Ook is door middel van Topotijdreis gekeken waar er eventueel historische houtsingels teruggebracht kunnen worden, bijvoorbeeld waar de Baansestraat overgaat in de Zandstraat (Kadaster Topotijdreis, 2022). Dit bevordert de leesbaarheid van het landschap door de patronen die zij vormen. Ze hebben nog vele andere voordelen, zo blijkt uit het 'Aanvalsplan versterking landschappelijke identiteit via landschapselementen': *"Landschapselementen hebben, zeker in het agrarisch cultuurlandschap, een grote waarde voor de biodiversiteit. Juist hier staat de biodiversiteit onder grote druk. Deze groenblauwe aders vormen voor veel organismen essentiële verbindingzones en zorgen voor een beter ecologisch evenwicht, waardoor plaag- en roofsoorten in balans kunnen komen. Voor de landbouw levert dit een verminderde noodzaak voor het gebruik van pesticiden op. Dat levert boeren op termijn een kostenbesparing op en*

een gezondere, weerbare teelt (Deltaplan Biodiversiteitsherstel, 2021)."

Een andere positieve invloed van landschapselementen is dat zij vocht beter vasthouden dan gronden zonder deze landschapselementen. Die regulerende werking kan heel nuttig zijn in tijden van droogte. Juist in gebieden waar het belangrijk is om water vast te houden, zoals de relatief hoge zandgebieden bij Overloon is dit van belang (Deltaplan Biodiversiteitsherstel, 2021). Door gebruik te maken van rijkstrooiselsoorten bij de aanplant van dergelijke laanstructuren kan ook het organisch stofgehalte in de bodem toenemen. Denk hierbij aan soorten als: populier, esdoorn, linde, zoete kers, boomhazelaar, gewone lijsterbes en elsbes (Lerink, et al., 2021).

Maatregel: Gevarieerde bosranden

De aanleg van nieuwe landschapselementen levert veel winst op voor de natuur, zeker wanneer hierbij de combinatie met bestaande bossen wordt gemaakt. Aanbevolen wordt om de randen van deze bossen gevarieerder te maken. Bosranden vormen de overgang van bos naar een lagere begroeiing van kruiden of grassen en dienen minimaal zeven meter

breed te zijn. Deze overgang vormt voor veel plant- en diersoorten een geschikte leefomgeving, zeker als deze geleidelijk is met een kruidenlaag (zoom) en struiklaag (mantel). Bosranden met een geleidelijke overgang van kruidenvegetatie naar hoog bos bieden veel niches, die geschikt zijn voor meerdere soorten. Kenmerkende soorten in bosranden zijn hengel, wilde kamperfoelie, look-zonderlook, fraai hertschoot en dolle kervel (Jansen, Boosten, Winterink, & Benthem, 2009).

Maatregel: Toepassen regeneratieve landbouw en agroforestry

Uit de analyse over kwetsbare gebieden is gebleken dat Overloon momenteel al kan worden bestempeld als een kwetsbaar gebied, waar droogte een grote rol speelt. Maatregelen zoals het toepassen van regeneratieve landbouw en agroforestry zouden hier erg geschikt kunnen zijn. Regeneratieve landbouw versterkt het landschap en kan juist rondom kwetsbare natuurgebieden grote meerwaarde hebben vanwege haar bufferwerking, vandaar dat ook gekozen is voor een tweetal inpassingen nabij het natuurgebied ten noorden van Overloon. Regeneratieve landbouwmethoden zijn onder andere het stimuleren van bodemleven door het organisch stofgehalte te verhogen en verdichting tegengaan door zo min mogelijk gebruik te maken van zware machines. Verder dient er zo min mogelijk geploegd te worden in de top laag van de bodem (Handboek bodem en bemesting, 2022). Voor elk graslandperceel is onderscheid gemaakt tussen een bosweide en rij aan voedselhagen, beiden op kruidenrijk grasland. Deze ingrepen zorgen voor een toename aan biodiversiteit en CO₂ opslag, een aantrekkelijker landschap en een beter vochtvasthoudend vermogen van de bodem (Wolter, 2018). In combinatie met rijkstrooiselsoorten als populier, esdoorn, linde, zoete kers, boomhazelaar, gewone lijsterbes en elsbos wordt ook het organische stofgehalte verbeterd (Lerink, et al., 2021). Agroforestry lijkt in essentie best veel op regeneratieve landbouw, maar legt meer focus op de samenwerking tussen bomen en houtige gewassen en akkerbouw en groenteteelt. Voor de landschappelijke inpassing van agroforestry zijn dan ook zoveel mogelijk de huidige bouwlanden gebruikt.

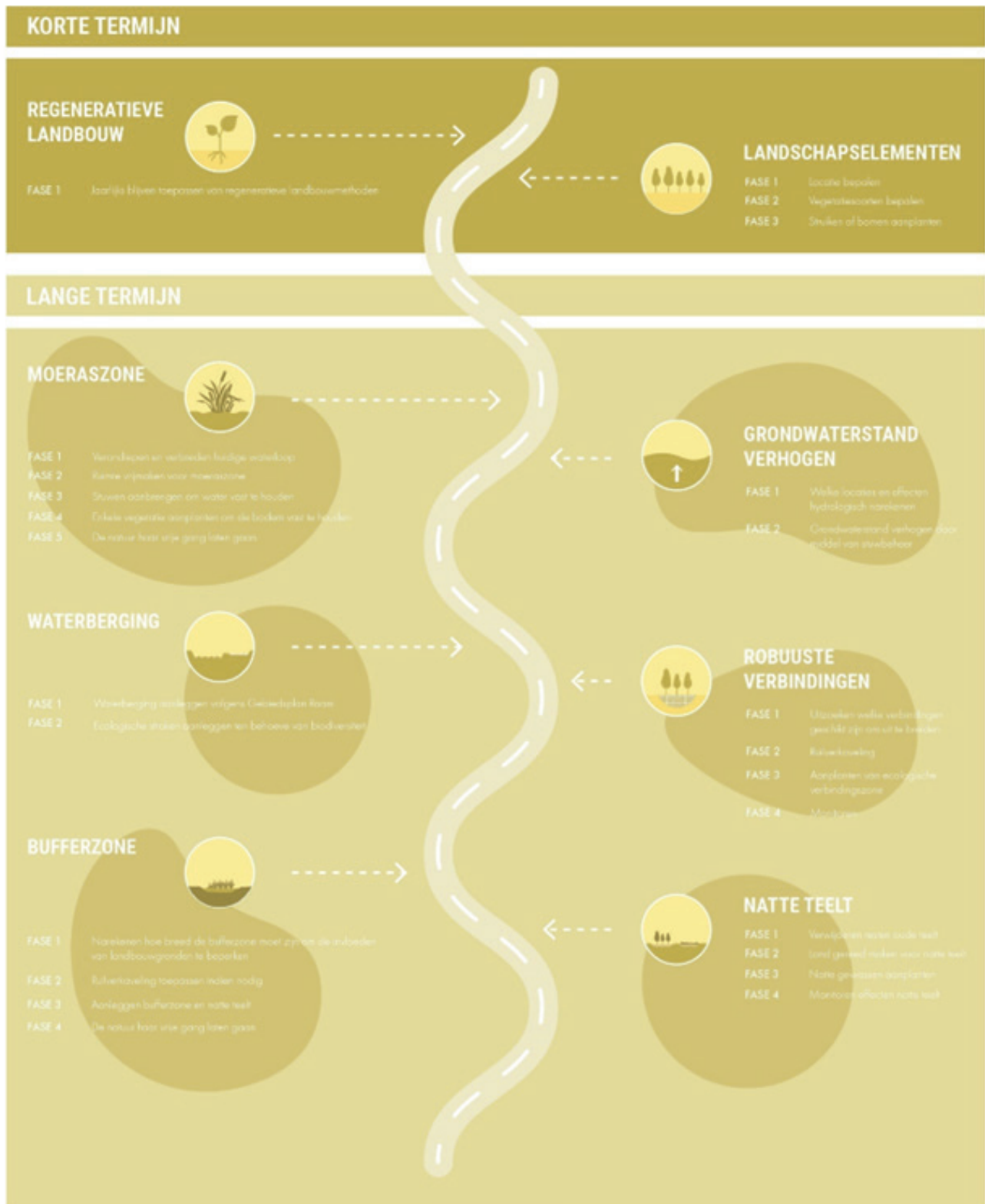
Maatregel: Aanbrengen biodiverse akker- en milieuranden

Voor de landbouw interessante maatregelen zijn het aanbrengen van biodiverse akker- en milieuranden. De akkerranden kunnen bloem-

en kruidenrijk worden ingericht, waardoor er veel diersoorten op af komen. FAB-randen zijn gedurende lange periodes bloemrijk en dus nuttig om insecten aan te trekken. Deze helpen gewassen te bestuiven en zorgen voor een natuurlijke plaagbestrijding, zodoende profiteren zowel boer als natuur. Een laatste maatregel voor bij de randen van percelen is het aanbrengen van een milieurand. Deze fungeert als buffer, waardoor de kans veel kleiner is dat gewasbeschermingsmiddelen in sloten terecht komen (Brabants Landschap, 2022). Deze biodiverse akkerranden zijn ingetekend op de grenzen van waar bouwland overgaat in grasland.

5.3 Routekaart

De op tijd gebaseerde routekaart van de te treffen maatregelen, figuur 35, is onderverdeeld in korte en lange termijn. De onderbouwing voor deze routekaart, de maatregelen en de uitwerkingen, is beschreven in hoofdstuk 5.1 en 5.2.



Figuur 35 – Routekaart voor een klimaatrobuust buitengebied van het Land van Cuijk.

5.3.1 Overige aanbevelingen

- Om nauwkeuriger te kunnen bepalen welke stroomrichtingen het grondwater in het Land van Cuijk kent, wordt aanbevolen om de effecten van eventuele grondwaterstandsverhogingen hydrologisch na te rekenen. In het model Waterwijzer Landbouw Tabel wordt namelijk geen rekening gehouden met het grondwaterstandverloop van een gebied. Verder is het van belang hetzelfde te doen voor de maatregelen met betrekking tot natuur.
- Het testen van meerdere grondwaterstandverhoging scenario's is ook aan te raden. In de analyse zijn de effecten van een verhoging voor 10, 20 en 30 centimeter onderzocht, maar mogelijk hebben sommige gebieden een grondwaterstandsverhoging van meer dan 30 centimeter nodig om toekomstige opbrengstderiving te laten afnemen.
- Er is enkel een grondwaterstandverhoging scenario-analyse uitgevoerd voor het gewas snijmais. Uit deze analyse zijn grondwaterstandsverhogingen naar voren gekomen die ideaal zijn voor dit specifieke gewas, maar de effecten die deze ideale grondwaterstandsverhoging zou hebben op overige gewassen die in het Land van Cuijk worden geteeld, dienen nader onderzocht te worden.
- De routekaart voor dit onderzoek is opgesteld om te bepalen welke korte en lange termijn maatregelen genomen kunnen worden om het buitengebied van Land van Cuijk klimaatrobuuster te maken. Er wordt aanbevolen de korte termijn maatregelen als eerste uit te voeren om zodoende laaghangend fruit aan te pakken.
- De beleidsmedewerkers van gemeente Land van Cuijk wordt aangeraden om agrariërs kennis te laten maken met het concept van regeneratieve landbouw. Dit kan gedaan worden door folders te distribueren met handige tips & tricks, om hen zodoende te motiveren deze vorm van landbouw toe te passen. Mogelijk kunnen er subsidies worden verstrekt voor boeren die deze methode toepassen.
- Er wordt aanbevolen om eerst maatregelen in te zetten voor zeer kwetsbare landbouwgebieden en vervolgens voor de minder kwetsbare gebieden in Land van Cuijk.

Bronvermelding

Adobe. (2022). Adobe Illustrator. Opgeroepen op maart 10, 2022, van Adobe: <https://www.adobe.com/nl/products/illustrator/free-trial-download.html>

Alterra. (2022, april 1). SynBioSys NL. Opgeroepen op april 14, 2022, van SynBioSys Alterra: <https://www.synbiosys.alterra.nl/synbiosysnl/>

Amsterdam rainproof. (2022, juni 3). Beperk vochtverlies bodem. Opgeroepen op 2022, van Rainproof: <https://www.rainproof.nl/toolbox/maatregelen/beperk-vochtverlies-bodem>

ArcGIS Pro. (2021, mei 5). BRP – Gewaspercelen 2010. Opgeroepen op april 11, 2022, van ArcGIS Pro: <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=4485bc6eb8d748548a60171864e28acb>

Baas, H., Barends, s., de Harde, M., Renes, J., Stol, T., van Triest, J., . . . van Woudenberg, F. (2005). Het Nederlandse landschap. Utrecht: Stichting Matrijs.

Besselink, D. (2018). Gebiedsplan Raam. Arnhem: Arcadis Nederland B.V.

Boosten, M., van den Briel, J., Lerink, B., Lokin, V., & Schelhaas, M. (2020). Factsheets Klimaatmaatregelen met bomen, bos en natuur: Praktische handreiking voor effectief klimaatslim bos- en natuurbeheer en toepassing van hout. (Wageningen University & Research) Opgeroepen op mei 30, 2022, van VBNE: <https://edepot.wur.nl/513649>

Brabants Landschap. (2022). Akkerbouwbedrijf. Opgeroepen op mei 23, 2022, van Brabants Landschap: <https://www.brabantslandschap.nl/zelf-aan-de-slag/als-boer/akkerbouwbedrijf/>

de Bakker, H., & Schelling, J. (1966). Systeem van bodemclassificatie voor Nederland. Den Haag: Cip-Gegevens Koninklijke Bibliotheek.

de Bont, C. (1993). Al het merkwaardige in bonte afwisseling. Waalre: Stichting Brabants Heem.

de Lijster, E., van de Akker, J., Visser, A., Allema, B., van der Wal, A., & Dijkman, W.

(2016). Waarderen van bodemwatermaatregelen. Culemborg: CLM.

Deltaplan Biodiversiteitsherstel. (2021). Aanvalsplan versterking landschappelijke identiteit via landschapselementen. Opgeroepen op juni 2022

Deltaprogramma Agrarisch Waterbeheer. (2022). Aanleg en beheer helofytenfilters in nabijheid van watergang (Gebiedsgericht) zuivering van drainagewater. Opgeroepen op juni 2, 2022

Deltares. (2016). Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand | 2050 Hoog. Opgeroepen op april 14, 2022, van Klimaat-effectatlas: <https://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/>

Ernst, L. F. (1958). Verhoging van de grondwaterstanden en vermindering van afvoer door opstuwing van beken. Wageningen: Instituut voor cultuurtechniek en waterhuishouding.

ESRI. (2021). Technical Support. Opgeroepen op april 14, 2022, van ArcGIS Pro: <https://support.esri.com/en/products/desktop/arcgis-desktop/arcgis-pro/2-9>

Floriade Almere. (2022, mei 21). Bezoek aan Floriade in Almere. Almere, Flevoland, Nederland.

FME. (2021). FME Downloads. Opgeroepen op april 14, 2022, van FME: <https://www.safe.com/support/downloads/>

Greijn, D. (2018, juni 29). Droogte: sproeiverbod in Oost-Brabant. Opgeroepen op februari 28, 2022, van de Gelderlander: <https://www.gelderlander.nl/cuijk/droogte-sproeiverbod-in-oost-brabant~a06fc074/>

Handboek bodem en bemesting. (2022). Effecten van grondbewerking op bodemleven. Opgeroepen op juni 3, 2022, van Handboek bodem en bemesting: <https://www.handboekbodemenbemesting.nl/nl/handboekbodemenbemesting/Handeling/Grondbewerking-en-berijding/Effecten-van-grondbewerking-op-bodemleven.htm>

Hertog, A., & Rijken, M. (1992). Geautomatiseerde bepaling van natuurbehoudswaarde in vegetatie-opnamen. Arnhem: Provincie Gelderland.

Innovatieprogramma veen. (2022). Innovatieprogramma veen. Opgeroepen op mei 24, 2022, van Natte gewassen: <http://www.innovatieprogrammaveen.nl/natte-gewassen/>

Isselman, Q. (2021). Technische bijlage landschap van planMER. Utrecht: Bosch & van Rijn. Opgeroepen op mei 24, 2022

IVN. (2022). Natuurgebied de Maashorst. Opgeroepen op maart 17, 2022, van IVN: <https://www.ivn.nl/afdeling/bernheze/natuurgebied-de-maashorst>

Jansen, P., Boosten, M., Winterink, A., & Benthem, M. v. (2009). De aanleg van nieuwe bossen. Stichting Matrijs.

Kaartbank Brabant. (2022a). Natura2000 gebieden. Opgeroepen op april 5, 2022, van Kaartbank Brabant: <https://noord-brabant.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=b6414403ef5e4e9aa8875a7c366209c6>

Kaartbank Brabant. (2022b). Natte Natuurparel. Opgeroepen op april 5, 2022, van <https://noord-brabant.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=b6414403ef5e4e9aa8875a7c366209c6>

Kadaster Topotijdreis. (2022). Topotijdreis. Opgeroepen op mei 30, 2022, van <https://www.topotijdreis.nl/vergelijk/kaart/2020/kaart/2021/@185054,407488,7.98>

Kalleveen, F. (2022, april 29). Bezoek Sint Anthonisbos. (S. Blaauw, I. Peeters, & D. Roos, Interviewers)

Kemmers, R. (. (1996). De dynamiek van strooisellagen. Wageningen: DLO-Staring Centrum.

Kennisportaal Klimaatadaptatie. (Klimaatscenario's. Opgeroepen op april 14, 2022, van Klimaatadaptatie Nederland: <https://klimaatadaptatienederland.nl/hulpmiddelen/overzicht/klimaatscenario/>

Uitzakken grondwaterstand. Opgeroepen op juni 3, 2022, van Kennisportaal Klimaatadaptatie: <https://klimaatadaptatienederland.nl/stresstest/bijsluiter/droogte/basisinformatie/uitzakken-grondwaterstand/>

Klimaatadaptatienederland.nl/stresstest/bijsluiter/droogte/basisinformatie/uitzakken-grondwaterstand/

Klimaat-effectatlas. (2022a). Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand | 2050 Hoog. Opgeroepen op maart 22, 2022, van Klimaat-effectatlas: <https://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/>

Klimaat-effectatlas. (2022b). Laagste grondwaterstanden. Opgeroepen op maart 22, 2022, van Klimaat-effectatlas: <https://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/laagste-grondwaterstanden>

Klimaat-effectatlas. (2022c). Kwel en infiltratie. Opgeroepen op april 12, 2022, van Klimaat-effectatlas: <https://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/>

Klimaat-effectatlas, KWR. (2022a). Droogtestress. Opgeroepen op juni 3, 2022, van Klimaat-effectatlas: <https://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/droogtestress>

Klimaat-effectatlas, KWR. (2022b). Zuurstofstress. Opgeroepen op juni 3, 2022, van Klimaat-effectatlas: <https://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/zuurstofstress>

KNMI. (2010). Aanpassen openbare ruimte aan klimaatverandering. Ede: CROW. Opgeroepen op februari 18, 2022, van KNMI.

KNMI. (2021, augustus 19). IPCC: Menselijke beïnvloeding van het klimaatstelsel vaststaand feit, 1,5 °C-grens 10 jaar eerder bereikt dan verwacht. Opgeroepen op mei 27, 2022, van KNMI: <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/ipcc-menselijke-beinvloeding-van-het-klimaatstelsel-vaststaand-feit-1-5-graden-grens-tien-jaar-eerder-bereikt-dan-verwacht>

KNMI. (2022a). Klimaatscenario's. Opgeroepen op mei 27, 2022, van KNMI: <https://klimaatadaptatienederland.nl/hulpmiddelen/overzicht/klimaatscenario/>

KNMI. (2022b). Klimaatverandering. Opgeroepen op april 28, 2022, van KNMI: <https://www.knmi.nl/producten-en-diensten/klimaatverandering#:~:text=In%20het%20huidige%20klimaat%20leiden,de%20afname%20in%20de%20winter.>

KNMI. (2022c, juni 3). Klimaatdashboard. Opgehaald van KNMI: <https://www.knmi.nl/klimaatdashboard>

KNMI. (2022d). Extreme neerslag. Opgeroepen op juni 5, 2022, van KNMI: v

Koelewijn, N. (2022, januari 18). NIOO-KNAW en HAS Hogeschool beginnen lectoraat Klimaatrobuuste Landschappen. Opgeroepen op februari 18, 2022, van Hortipoint: <https://www.hortipoint.nl/tuinenlandschap/nioo-knaw-en-has-hogeschool-beginnen-lectorat-klimaatrobuuste-landschappen/>

KWR Water. (2022). Waterwijzer Natuur. Opgeroepen op maart 14, 2022, van KWR Water: <https://www.kwrwater.nl/tools-producten/waterwijzer-natuur/>

Lagrouw, V., & Munnen, P. v. (2021). Klimaat-robuuste landschappen. HAS Hogeschool, 's-Hertogenbosch. Opgeroepen op maart 13, 2022

Land van Cuijk. (2020, december 1). Natuurdoelen aaneenrijgen voor verhoging biodiversiteit. Opgeroepen op juni 7, 2022, van Land van Cuijk: <https://www.landvancuijk.nl/nieuws/8623/natuurdoelen-aaneenrijgen-voor-verhoging-biodiversiteit/>

Land van Cuijk. (2022). Kastelen & landgoederen in Land van Cuijk. Opgeroepen op mei 24, 2022, van Land van Cuijk: <https://www.landvancuijk.nl/toerisme-en-recreatie/geheimen/kastelen-en-landgoederen/#:~:text=In%20het%20Land%20van%20Cuijk%20vindt%20u%20schilderachtige%20landschappen.,beken%20weilanden%2C%20boomgaarden%20en%20wielen.>

Land van Cuijk boert bewust. (2022). Welkom. Opgeroepen op april 26, 2022, van Land van Cuijk boert bewust: <https://www.landvancuijkboertbewust.nl/>

Landschapsbeheer Gelderland. (2022). Kampenontginningen. Opgeroepen op mei 3, 2022, van Gemeente Voorst: https://www.vorst.nl/fileadmin/user_upload/Groen__water__wegen/Groen/Kampenontginningen.pdf

Lerink, B., Schelhaas, M., Boosten, M., Kremers, J., Reichgelt, A., Den Ouden, J., & Nabuurs, G. (2021). Boomsoorten. Opgeroepen op december

4, 2021, van Gereedschapskist Klimaatlimbos- en Natuurbeheer: <https://www.vbne.nl/klimaatlimbosennatuurbeheer/boomsoorten>

Looijen, G. (2022, 3 31). Klimaatverandering natuurgebieden Brabants Landschap. (S. Blaauw, & D. Roos, Interviewers)

Maas, G., Delft, B. v., & Mol, G. (2018). Geomorfologische analyse van de Raamvallei. Wageningen: Wageningen Environmental Research. Opgeroepen op mei 24, 2022

Minkjan, P. (2007). Lijnen in het landschap. Utrecht: Landschapsbeheer Nederland.

Nationaal Georegister. (2016, november 1). BOFEK2012 versie 2. Opgeroepen op maart 14, 2022, van Nationaal Georegister: <https://www.nationaalgeoregister.nl/geonetwork/srv/api/records/7e740af2-904f-4c88-b805-157268a28e86/formatters/xsl-view?view=dutchprofile&portalLink=>

National Agrofostry Center. (2022). Buffers and Corridors. Opgeroepen op juni 9, 2022, van Forest Service USDA: https://www.fs.usda.gov/nac/buffers/guidelines/2_biodiversity/8.html

Natura2000. (2022). Open graslanden op landduinen (2330). Opgeroepen op maart 24, 2022, van Natura2000: <https://natura2000.vlaanderen.be/habitatype/open-graslanden-op-landduinen-2330>

Natuurmonumenten. (Meer water vasthouden best belangrijk. Opgeroepen op mei 27, 2022, van Natuurmonumenten: <https://www.natuurmonumenten.nl/natuurgebieden/dal-van-de-ruiten-aa/nieuws/meer-water-vasthouden-best-belangrijk>

Projectbeschrijving natuurherstel Korenburgerveen. Opgeroepen op juni 3, 2022, van Natuurmonumenten: <https://www.natuurmonumenten.nl/projecten/natuurherstel-korenburgerveen/projectbeschrijving>

Overheid. (2022, februari 16). Actuele gemeentegrenzen in provincie Noord-Brabant(lijnen), op basis van kadastrale grenzen. Opgeroepen op maart 8, 2022, van Data Overheid: <https://data.overheid.nl/dataset/15069-actuele-gemeentegrenzen-in-provincie-noord-brabant-lijnen---op-basis-van-kadastrale-grenzen>

Passeport, E., Vidon, P., Forshay, K. J., Harris, L., Kaushal, S. S., Kellogg, D. Q., . . . Stander, E. K. (2012). Ecological engineering practices for the reduction of excess nitrogen in human-influenced landscapes: a guide for watershed managers. New York: Environmental Management.

PDOK. (2017a). Geomorfologische Kaart Nederland beschikbaar bij PDOK. Opgeroepen op maart 10, 2022, van PDOK: <https://www.pdok.nl/-/geomorfologische-kaart-nederland-beschikbaar-bij-pdok>

PDOK. (2017b). De Bodemkaart van Nederland beschikbaar bij PDOK. Opgeroepen op maart 17, 2022, van <https://www.pdok.nl/-/de-bodemkaart-van-nederland-beschikbaar-bij-pdok#:~:text=De%20Bodemkaart%20van%20Nederland%20is%20een%20landsdekkende%20kaart%20en%20bevat,en%20het%20Actueel%20Hoogtebestand%20Nederland>.

PDOK. (2022a). Dataset: Basisregistratie Topografie (BRT) TOPNL. Opgeroepen op maart 17, 2022, van <https://www.pdok.nl/introductie/-/article/basisregistratie-topografie-brt-topnl>

PDOK. (2022b). Dataset: Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN3). Opgeroepen op maart 22, 2022, van PDOK: <https://www.pdok.nl/introductie/-/article/actueel-hoogtebestand-nederland-ahn3->

Pers. comm. Joost Rooijackers, W. A. (2022, april 21). Grondwaterstandverhoging. (D. Roos, & S. Blaauw, Interviewers)

Pers. comm. Wouter Thijs, H. H. (2022, maart 30). Bodem- en grondgebruik Land van Cuijk. (D. Roos, S. Blaauw, & I. Peeters, Interviewers)

Provincie Noord-Brabant. (2005a, april 21). Gemiddelde hoogste grondwaterstand 2005. Opgeroepen op maart 22, 2022, van Georegister Noord-Brabant: <https://georegister.brabant.nl/geonetwork/srv/dut/catalog>.

Provincie Noord-Brabant. (2005b, april 21). Gemiddelde laagste grondwaterstand 2005. Opgeroepen op maart 22, 2022, van Georegister Noord-Brabant: <https://georegister.brabant.nl/geonetwork/srv/dut/catalog.search#/metadata/4a9253e9-599f-42a9-8d7d-35c05d1a4f2a?tab=general>

Provincie Noord-Brabant. (2012). Ecologische

verbindingszones. 's-Hertogenbosch: Kragten.

Provincie Noord-Brabant. (Ecologische verbindingszones (EVZ). Opgeroepen op juni 3, 2022, van Brabant: [https://www.brabant.nl/onderwerpen/natuur-en-landschap/natuur/ecologische-verbindingszones-\(evz\)](https://www.brabant.nl/onderwerpen/natuur-en-landschap/natuur/ecologische-verbindingszones-(evz))

Rainproof. (2022). Helofytenfilter. Opgeroepen op mei 27, 2022, van Rainproof: <https://www.rainproof.nl/toolbox/maatregelen/helofytenfilter>

Rainproof. (2022a). Beperk vochtverlies bodem. Opgeroepen op juni 2, 2022, van Rainproof: <https://www.rainproof.nl/toolbox/maatregelen/beperk-vochtverlies-bodem>

Reijnen Rutten, E. (2021, juli 15). Paar meter extra water komt nu deze kant op: dijken krijgen extra inspectie, waarschuwing pleziervaart. Opgeroepen op februari 18, 2022, van de Gelderlander: <https://www.gelderlander.nl/nijmegen/paar-meter-extra-water-komt-nu-deze-kant-op-dijken-krijgen-extra-inspectie-waarschuwing-pleziervaart~af9b8584/>

Rommelink, G., Dooren, H. v., Middelkoop, J. v., Ouweltjes, W., & Wemmenhove, H. (2014). Handboek Melkveehouderij 2014. Wageningen: Wageningen UR Livestock Research. Opgehaald van <https://www.wur.nl/web/file?uuid=adc79b94-74d9-41f3-b09c-c259854d0fd2&owner=d6caf42b-e555-4815-bc1e-90f485c1a1a9>

Rijksoverheid. (2021, december 15). Omzien naar elkaar, vooruitkijken naar de toekomst – Coalitieakkoord 2021 – 2025. Opgeroepen op juni 7, 2022, van Rijksoverheid: <https://open.overheid.nl/repository/ronl-f3cb0d9c-878b-4608-9f6a-8a2f6e24a410/1/pdf/coalitieakkoord-2021-2025.pdf>

Rijksoverheid. (2022). Nationale Omgevingsvisie: Duurzaam perspectief voor onze leefomgeving. Opgeroepen op februari 25, 2022, van de Nationale Omgevingsvisie: <https://www.denationaleomgevingsvisie.nl/publicaties/novi-stukken+publicaties/HandlerDownloadFiles.ashx?idnv=1760380>

Rstudio. (2021). Download the RStudio IDE. Opgeroepen op april 14, 2022, van Rstudio: <https://www.rstudio.com/products/rstudio/download/>

- Scherrenburg, M., Südmeier, I., Jansen, G., & Hartman, M. (2011). Landschapsontwikkelingsplan Cuijk. Wageningen: Nieuwlands Advies. Opgeroepen op april 13, 2022
- Staatsbosbeheer. (2019). Unesco-zones, Maasheggen Man & Biosphere reserve. Opgeroepen op april 4, 2022
- Staatsbosbeheer. (2022). Maasheggen. Opgeroepen op april 28, 2022, van Staatsbosbeheer: <https://www.staatsbosbeheer.nl/uit-in-de-natuur/locaties/maasheggen>
- Stichting Landschapsbeheer Gelderland. (2022). Broeklandschap. Opgeroepen op mei 24, 2022, van Landschapsbeheer Gelderland: <https://www.landschapsbeheergelderland.nl/broeklandschap/>
- Stowa. (1994). Sturing in waterbeheer. Zoetemeer: Stowa.
- Bomen, Bos en Waterbeheer. Opgeroepen op juni 5, 2022, van Stowa: <https://www.stowa.nl/deltafacts/waterveiligheid/innovatieve-dijkconcepten/bomen-bos-en-waterbeheer>
- Strootman, B., Boer, J. d., & Janssen, C. (2020). Boer doet leven. Lecturis. Opgeroepen op 2022
- TNO. (2022). rk. Opgeroepen op juni 5, 2022, van TNO: <https://www.tno.nl/nl/aandachtsgebieden/circulaire-economie-milieu/roadmaps/milieu-en-klimaat/klimaatverandering-en-luchtverontreiniging/stikstofdepositie/>
- Trikt, J. v., & Ahrens, H. (2022). Rivierkleibodem. Opgeroepen op april 28, 2022, van Geologie van Nederland: <https://www.geologievannederland.nl/ondergrond/bodems/rivierkleibodem-rivierkleilandschap#:~:text=Zodra%20een%20rivier%20buiten%20zijn,op%20tot%20een%20laag%20klei.>
- Unesco. (2022). De Maasheggen: Unesco Biosfeergebied. Opgeroepen op april 3, 2022, van Unesco: <https://www.unesco.nl/nl/de-maasheggen-unesco-biosfeergebied>
- van Mierlo, J. (2022, april 5). Klimaatverandering bij natuurgebieden van Natuurmonumenten. (S. Blaauw, & D. Roos, Interviewers)
- Verdonk, H. (2016, april 12). Vergeten landschap. Opgeroepen op mei 24, 2022, van Brabants Landschap: <https://www.brabantslandschap.nl/actueel/nieuws/vergeten-landschap/>
- Verdonschot, P., & Verdonschot, R. (2020). Terugdringen fosforbelasting. Wageningen Environmental Research, Wageningen. Opgeroepen op Juni 3, 2022
- Verdonschot, P., & Verdonschot, R. (2020). Terugdringen fosforbelasting. Wageningen: Wageningen Environmental Research. Verdonschot, R., & Verdonschot, P. (2018). Maatlatten voor doorstroommoerassen en moerasbeken. Wageningen. doi:<https://doi.org/10.18174/458510>
- Vlaamse Landmaatschappij. (2015). Voedingselementen voor de plant. Opgeroepen op juni 5, 2022, van VLM: https://www.vlm.be/nl/SiteCollectionDocuments/Bedrijfsadvies/Fiches%20BA/10%2020151210_BAS_FICHE_Plantenvoeding.pdf
- Waarneming. (2022a). Sint Anthonis – Boswachterij. Opgeroepen op april 6, 2022, van Waarneming: <https://waarneming.nl/locations/14643/species/>
- Waarneming. (2022b). Boxmeer – Het Brestbos. Opgeroepen op april 12, 2022, van Waarneming: <https://waarneming.nl/locations/14712/>
- Waarneming. (2022c). Mill– Molenheide. Opgeroepen op juni 2, 2022, van Waarneming: <https://waarneming.nl/locations/14801/species/>
- Wageningen University and Research. (2022). 5 vragen over Agroforestry: bomen en landbouw op één perceel. Opgeroepen op juni 2, 2022, van WUR: <https://www.wur.nl/nl/project/5-vragen-over-agroforestry-bomen-en-landbouw-op-een-perceel.htm>
- Waterschap Aa en Maas. (2019, september 24). Ontwerp bestemmingsplan Hoogwaterbescherming Grave ter inzage. Opgeroepen op 2022, van Aa en Maas: <https://www.aenmaas.nl/actueel/nieuws/2019/september/ontwerp-bestemmingsplan/>
- Waterschap Aa en Maas. (2022a). stroomgebieden_lvc. Opgeroepen op maart 31, 2022

Waterschap Aa en Maas. (2022b). Legger.
Opgeroepen op maart 22, 2022, van
Waterschap Aa en Maas: <https://www.aaenmaas.nl/onswerk/regels/legger/>

Waterschap Aa en Maas. (2022c). kadperc_
met_eigenaren. Opgeroepen op maart 22, 2022

Waterschap rivierenlandschap. (2022).
Waterberging. Opgeroepen op mei 20, 2022,
van Waterschap rivierenlandschap: <https://www.waterschaprivierenland.nl/waterberging>

Werkgroep Waterwijzer Landbouw. (2018).
Waterwijzer Landbouw: instrumentarium voor
kwantificeren van effecten van waterbeheer
en klimaat op landbouwproductie. Amersfoort:
STOWA. Opgeroepen op april 4, 2022, van
<https://waterwijzerlandbouw.wur.nl/>

Westgeest, K., & Hopman, P. (2022, 4 4).
Klimaatverandering bij natuurgebieden van
Staatsbosbeheer. (S. Blaauw, & D. Roos,
Interviewers)

Wolter, H. (2018). Regeneratieve bufferboerderij
'Met Natuur Mee'. Educatorei. Opgeroepen op
juni 2022, van www.educatorei.nl

WUR. (2022). Parameters Grondwaterdynamiek.
Opgeroepen op april 22, 2022, van WUR:
[https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/
onderzoeksinstituten/environmental-research/
faciliteiten-tools/software-en-modellen/
grondwaterdynamiek/parameters.htm](https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/onderzoeksinstituten/environmental-research/faciliteiten-tools/software-en-modellen/grondwaterdynamiek/parameters.htm)

Young, R. A., Huntrods, T., & Anderson, W.
(1980). Effectiveness of vegetated buffer strips
in controlling pollution from feedlot runoff.
onbekend: Journal of environmental quality.

Bijlagen

Te vinden zijn:

1. Interview Brabants Landschap
2. Interview Natuurmonumenten
3. Interview Staatsbosbeheer

4. Veldbezoek onder begeleiding in Sint Anthonisbos

5. Conceptueel flowdiagram
6. (Meta)data
7. Datakwaliteit en -preparatie

8. Kwetsbare landbouwgebieden en grondwaterstandverhoging landbouwgebieden
9. Kwetsbare natuurgebieden
10. Knelpunten Waterschap Aa en Maas

11. Kaarten – Opbrengstderving landbouwgebieden
12. Kaarten – Maximale kansrijkdom natuurgebieden
13. Kaarten – Zuurstof- en transpiratiestress

14. Validatie, verbeterpunten en aanbevelingen analyse

1. Interview Brabants Landschap

Titel: Klimaatverandering bij natuur-
gebieden van Brabants
Landschap
Datum: 31-03-2022
Locatie: Teamsomgeving
Aanwezig: Sophia Blaauw en Daan Roos
Gijs Looijen (Brabants
Landschap)
Notulist: Daan Roos
Afwezig: -

1.1 Natuurtypen

Benoemen welke natuurtypen we hebben gevonden door middel van de kaart en navragen in hoeverre dit overeenkomt met de werkelijk situatie.

De natuurtypen die jullie hebben genoteerd kloppen grotendeels wel. De natuurtypen die jullie hier benoemen zijn zoals ze zijn vastgesteld door de provincie voor de SNL subsidie. Deze passen voor ongeveer 75% procent overeen met de reële situatie. Bij De Vilt geven wordt bijvoorbeeld weergegeven dat er dynamisch moeras voorkomt maar dit moet laag dynamisch zijn.

Is dit bos momenteel van goede kwaliteit? En zo niet, wat moet er veranderen?

Het zijn mooie natuurgebieden maar er zijn wel klimaatproblemen die invloed hebben op de gebieden. Onder andere stikstofdepositie is een probleem. Droogte is een groot probleem: De lage grondwaterstanden, periodieke droogteperiodes en het waterschap dat ertegen aan loopt dat het lastig is om het water zo te sturen dat de natuur en andere partijen worden voorzien voor de juiste grondwaterstanden. Wateroverlast of stormen vervelend maar is eigenlijk geen groot probleem. Bosbranden die veroorzaakt worden door de droogte zijn wel een ding aan het worden. Op de Groote Slink zie je de gevolgen van verdroging. Dit zijn onder andere kroonuitval weinig verjonging, verdrogingsbranding van de heide en het risico van bosbranden. De Vilt is een stuk natter maar hier liggen ook natuurtypen die natter moeten zijn. Deze hebben kwelwater nodig en het hoogveen heeft juist regenwater nodig. De Groote Slink is een robuuster gebied met

lagere natuurwaarden. Hier zie je ook echt de effecten van verdroging. De Vilt is delicaat, maar als daar iets verandert of langere tijd droog blijft zie je meteen effect. Hier gaan dan belangrijke en kwetsbare natuurwaarden verloren.

Komt dit water doordat er te veel water wordt afgevoerd in plaats van vast gehouden?

Er valt soms langere periodes te weinig, wat er valt ook te snel afgevoerd. Doordat de grondwaterstand lager ligt is er sprake van een onderbreking van kwelstromen, water komt niet meer tot ons. Als er water valt is het vaak ineens heel veel water. Het waterschap gebruikt dan stuwen om te voorkomen dat land van boeren en wijken niet onderlopen. Er zijn maatregelen genomen voor buffering maar daar zien bij nog te weinig effect van.

Wat zouden jullie doen om te zorgen dat het water vastgehouden wordt?

Beter water vasthouden en niet alleen gericht op afvoer. Je wilt een systeem hebben dat water vast houdt waar mogelijk en af kan geven wanneer nodig. Je moet veel meer in haarvaten werken en slimmer peilbeheer uitvoeren. De psychologische knop moet nog om bij het waterschap. Dit is niet verkeerd bedoeld naar het waterschap. Het waterschap is van huis uit dienstig in het buitengebied aan de agrarische sector. Deze sector heeft een bepaald wenspeil en deze fluctueert door het jaar heen. Het waterschap levert dit peil. In deze tijd (met effecten van klimaatverandering) zie je dat het systeem faalt omdat er vooral is focust op afvoer en een beetje water vasthouden. In periode van extreme droogte kan het waterschap niet ergens water vandaan halen. De watergangen en poelen lopen dan leeg en dan zie je dat het systeem dat niet kan voorzien. Alleen als het valt kan dat, dus dan moet je een vertragend mechanisme toepassen dat het opvangt en levert waar nodig.

Kunnen bepaalde natuurtypen nog wel voorkomen als met klimaatverandering het weer steeds extremer wordt?

Op een gegeven moment zijn natuurtypen überhaupt niet meer houdbaar i.v.m. droge zomers. Tot het zover is willen we aan de natuurtypen vasthouden want deze zijn niet voor niks vastgesteld. Menselijk ingrijpen door het waterschap kan invloed hebben, door herstellen systeem. Eerst doen wat je kunt doen en als het later echt niet meer haalbaar is dan kunnen we altijd nog kijken naar andere natuurtypen. In Nederland is nog steeds neerslagoverschot, dus is kwestie van slimmer worden.

Als jullie tegen knelpunten aanlopen, communiceren jullie dat dan direct met het waterschap?

We communiceren niet met het waterschap aan hand van een specifieke casus. Soms wel over bijvoorbeeld het plaatsen van een stuwte, maar vaak bespreken we onderwerpen met het waterschap op een hoger niveau (droogte in algemeenheid). Het is een navenante discussie (op hogere zandgronden), en dit wordt op allerlei manieren gecommuniceerd met het waterschap. Waterschap probeert op meerdere borden tegelijk te schaken. Ze vinden natuur zeker belangrijk. Ze waren onder andere betrokken bij moerasbeken bij Tongelaar. De boer heeft echter vaak voorgang. Gemeentes gaan ook steeds harder aan bel trekken. Dat leidt tot claims, waar het waterschap bang voor is. Slecht voor PR. Natuur kan nou eenmaal minder hard klagen dan boer of inwoner. De verdroging van een bos is langzaam proces, wat de mensen niet snel zien. Het is minder goed uit te leggen. Als de natuur verdroogt heeft de boer er uiteindelijk ook last van. Het kantelpunt dat mensen gaan inzien wat de verdroging met de natuur doet mag wel komen. Transitie komt alleen moeilijk op gang.

1.2 Organismen

Welke organismen zijn kenmerkend voor De Vilt en Groote Slink?

De das komt voor bij de Groote Slink en De Vilt. Dit geeft aan dat de gebieden niet heel nat zijn of dat er een substantieel terreindeel hoog genoeg ligt om droge burchten te bouwen. De waterviolier en holpijp zijn

indicatoren voor veel kwel, deze komen voor op De Vilt.

De Groote Slink is een droog bos. Hier komen de ree, das, haas, konijn voor. Bosflora bestaat uit onder andere dopheide en klokjesgentiaan (verdwijnt langzaam vanwege droogte). Bij De Vilt is er maaiveldverlaging toegepast en de rijke toplaag eraf gehaald. Hierdoor wordt het natter en schraler. Hier komen orchideeën voor. Als het verdroogt zullen deze verdwijnen en krijg je een verschuiving in soorten. In De Vilt komt een hoogveenmoeras voor. Veenmos doet het ook alleen maar als er goede regen valt. Dan zal er hoogveenvorming. Natte schraallandvegetaties verdwijnen gewoon door de droogte. Bij De Vilt zitten veel vogels door veel open water. Deze hebben minder last van de verdroging omdat open water niet verdwijnt. De bever is ook erg aanwezig, net als das. Verder ligt er hoogveen en komen er grauwe wilg en gagel voor.

Zouden er soorten aangetrokken moeten worden?

De Vilt: Hier willen we de zomertortel terugkrijgen, want hier gaat het slecht mee. Deze zit wel in de maasheggen. Deze soort heeft ijle akkers nodig. Een stoorsoort in de gebieden is de (grauwe) gans. Bij beoogde schrale natuur gaat die ganzenpoep niet helpen.

Er is veel natte natuur op de vilt. Deze gaat eronder lijden als het verder verdroogt. Hier komen met name boomkikkers, salamanders, padden en kikkers voor die hier last van gaan hebben. Verder kan er door lange periode van warmte blauwalg groeien, dit is voor vissen heel slecht. De vilt is een preciezer verhaal dan de Groote Slink. De vilt is een mozaïek van natuurtypen naast elkaar.

Groote Slink: Het bos vergeelt en verdroogt. Ook staat de natte heide onder druk rondom de Groote Slink.

Welke soorten heeft u liever niet in de gebieden?

Exoten willen we niet hebben in het gebied. Japanse duizendknoop, Amerikaanse eik, grauwe gans zijn soorten die weg willen hebben. Duizendknoop groeit beter in

Nederland nu het warmer wordt, dus dat is wel een ding. Vogelkers, reuzenberenklauw en nerts willen we ook niet maar.

2.3 Knelpunten

Welke knelpunten zijn er in het gebied met betrekking tot verdroging? Idem voor wateroverlast?

Vilt: De natte natuurtypes hebben het meeste te lijden onder droogte. Dat is wel duidelijk. Slink: Bossen kunnen veel meer hebben. Die scheppen natuurlijk deels hun eigen hydrologische systeem, eigen klimaat. Als het bos integraal begint te lijden, dan zit er echt iets goed mis. Daar zit veel meer buffering in dan bijvoorbeeld een nat schraalland. Op Vilt is er meer te verliezen met natte natuurtypes, maar de indicatieve waarde van zo'n bos waar je het bijna geen soort goed ziet doen is eigenlijk nog groter, omdat je dan weet dat er dan echt iets mis is met het systeem.

2.4 Kansen

Welke kansen zijn er voor dit natuurgebied?

Hydrologisch systeemherstel. Peilen omhoog. Meer water vasthouden in en rondom het gebied. En zien jullie ook bepaalde plekken waar jullie mogelijkheden zien om water beter vast te houden? Of is dat meer een taak van het Waterschap? Deels. Als het Waterschap minder hard afvoert, zijgt er per definitie meer in het gebied zelf in. Een halfopen, hoger gelegen bosgebied kan een prima inzijsgebied zijn, alleen als het aan de randen ervan (in de beekdalen of bepaalde watergangen) meteen weg wordt gedraineerd dan vult het dus het grondwater niet aan. Daar kan Brabants Landschap binnen haar natuurgebieden zelf niet zoveel aan bijdragen. Kleine watergangen hebben ze zelf al dichtgezet of een lobstuw in geplaatst (detailafwatering). Dan wordt er iets in de haarvaten gedaan, in samenwerking met het Waterschap. Dit soort maatregelen zijn door Brabants Landschap ondertussen al genomen, de koek is op.

Zien jullie plekken waar het Waterschap maatregelen zou kunnen nemen?

Meer stuwen laten plaatsen. Meer

compartementaliseren; dus een hoger peil handhaven in gebieden waar dat kan, met een geleidelijke overgang naar gebieden waar een lager peil wenselijk is. Waterschap staat bijna voor een onmogelijke opgave, maar zo'n graduele overgangszone zit al een beetje in het compromis. Teelt dient peil te volgen, in tegenstelling tot wat er nu nog gebeurt (overal maar elk gewas kunnen groeien). Andere gewassen telen op landbouwgronden rondom natuurgebieden is een mogelijke oplossing, daar wordt ook al naar gekeken in grote gebiedsplannen. Landbouw laten aansluiten op de logica van het (Nature2000) natuurlijke systeem. GGA's (gebiedsgerichte aanpak) pakken precies deze insteek. Zo ontstaat er een bufferschil rondom natuurgebieden met een bepaalde vorm van agricultuur en natuurinclusief is, die niet maximale eisen stelt aan hydrologie. Daar willen we naartoe, maar dat is nogal een opgave.

Zijn natuurgebieden op dit moment genoeg met elkaar verbonden?

Nog niet goed genoeg. Dat is deels omdat het Natuurnetwerk nog niet af is. De robuuste verbindingen liggen er nog niet overal goed. Op sommige plekken is het wel voor een groot gedeelte al af, daar zie je een snoer ontstaan. Het netwerk komt wel af, maar de dwarsverbindingen daartussen gaan nog erg moeizaam. Dit betreft dunne stroken in agrarisch land die aangekocht dienen te worden. Met veel moeite, maar dan is die verbinding vaak toch te ijl. Daar zouden veel grotere stepping stones in moeten worden gebouwd. Het grond aankoopverhaal is helaas lastig.

Wat is te dun, over welke getallen hebben we het dan bij zo'n verbinding?

WUR heeft er vroeger al eens naar gekeken. Voor een robuuste verbinding waar een edelhert doorheen zou moeten kunnen (als graadmeter) wordt 100 meter genomen. Bij een normale ecologische verbindingzone kan het minder, maar zorg dan voor een stepping stone van minimaal 1 tot 1,5 hectare om de 300 meter. Niet een halve kilometer, dan wordt het moeilijker.

Kunnen er meer EVZ's worden aangelegd worden om dit gebied beter te verbinden?

De Vilt: De Vilt moet beter worden verbonden

met de Oeffelter Meent en de Maasheggen in zijn algemeenheid. Dat staat redelijk op kaart, maar die verbinding is nog niet optimaal. Groote Slink: Groote Slink moet beter verbonden worden met zichzelf, ofwel deelgebieden: Krim, Sijp, Punthorst) en met groter bosgebied zoals de Stippelberg en Beestenveld (Staatsbosbeheer). Ook bosverbindingen met Peelbossen en -natuur ten behoeve van de das en ree.

Kent een beekdalsysteem heel ander soort knelpunten?

Er is wel iets minder verdroging, maar op een bepaald moment vergeelt (kruidenrijk) gras(land) daar ook. Peelkanaal en Lage Raam een keer bijna droog gezien en dat is een diepe watergang. Beekdalen duidelijk wel meer vocht, dankzij organisch stofgehalte en de buffer- en sponswerking. Waar het Waterschap met name naar kijkt is het ontwikkelen van de Lage Raam tot een moerasbeek. Ze zet steeds meer in op waterkwaliteit en natuurlijk hoogwaterpieken. De moeraszone zorgt voor een betere waterkwaliteit, maar met hetzelfde idee: weerdverlaging. Dit houdt in dat als er veel water doorheen moet, het een veel groter stroombed heeft. In normale tijden meer natuurwaarde en in extreme tijden meer afvoer. Er komen watergangen voor met redelijk steile taluds, maar sommige B-watergangen zijn vertakt met een moerasgebied en deze verdrogen mettertijd ook als de beek minder water afgeeft. Dat is uiteraard niet goed voor de oever- en moerasvegetatie. Elzen en wilgen lopen dan de oever in, met kwijtraken van delicate types tot gevolg. Als iets verdroogt (vanwege bijvoorbeeld maaiveldverlagingen), loopt het vol met hout. Dit proces heet verbossing en voltrekt zich snel in beekdalen met rijke grond. Veel hiervan blijft staan, zelfs nadat het onder water loopt.

Zijn er bepaalde organismen die belangrijk zijn in de beekdalen?

Waterkwaliteit is vaak niet goed genoeg voor leuke, kritische soorten. Vissen en de modderkruiper komen er allicht voor. Een bever komt overal eigenlijk wel op af, maar de otter komt alleen op zuiver water af. Kleinschalige, van oudsher nat landschap bij beekdalen. Soorten die op de rijke beekdalen in combinatie met heggen voorkomen zijn de das, (steen)marter, bunzing,

hermelijn en op rijkere graasgronden reeën. Qua waternatuur is Brabants Landschap meer gericht op poelen, dan op watergangen. De oever en watergang blijven van het Waterschap en Brabants Landschap helpt mee om deze natuurvriendelijk te maken. In project 'Verborgene Raamvallei' wordt de Raam tot een moerasbeek omgevormd.

Komen er in het Brestbos nog niet eerdergenoemde knelpunten voor?

Van oudsher is het Brestbos nat, het is een rabattenbos. Ironisch is het nu hartstikke verdroogd. Een deel van het bos ligt op schraalzand, waar het water meteen inzigt. Nog droger dan Groote Slink zelfs. Het bos heeft een eigen natuurtype met heide en schrale natuur, wat heel anders is dan De Vilt en daardoor zit er amper ecologisch rendement in om deze met elkaar te verbinden. Ook de locatie maakt het Brestbos lastig te verbinden met andere natuurgebieden, denk aan: A73 in het westen, agrarisch gebied in het noorden en zuiden en de bebouwing van Boxmeer in het oosten. Tunnels voor dassen zijn er al wel en voor vogels is het ook overbrugbaar, maar verbindingen die er al liggen moeten robuuster en breder.

Zijn er voorbeelden te noemen van verbindingzones die wél breed genoeg zijn?

Waterschap heeft hier ervaring mee, de Hertogswetering is bijvoorbeeld goed uitgevoerd. Hetzelfde geldt voor de Tochtsloot (met een brede struweelhaag). Gijs noemt als advies het kijken naar bestaande verbindingen en die breder maken in plaats van steeds nieuwe aan te leggen. Dat is natuurlijk lastig bij agrarisch gebied en langs dorpen. Ze proberen dat momenteel wel te doen bij de Raam door binnen een bepaalde zone zoveel mogelijk op te kopen of te ruilen. Dat gaat in het begin altijd best snel, maar later steeds trager en dan blijkt op het einde dat 30% niet in bezit gekregen kan worden. Een verbinding werkt gewoon niet bij te grote gaten. Dunnere stroken zijn alsnog beter dan niets en voor de vleermuizen of vogels maakt dat ook niet zozeer uit, maar reeën, dassen en marters willen in dekking kunnen lopen. Dan kom je niet weg met een struik, maar heb je een hele struweelhaag nodig. Met alleen een bommenrij ben je er nog niet. Op z'n minst beheer op de rijen.

2. Interview Natuurmonumenten

Titel: Klimaatverandering bij natuurgebieden van Natuurmonumenten
Datum: 05-04-2022
Locatie: Teamsomgeving
Aanwezig: Sophia Blaauw en Daan Roos
Jan van Mierlo (Natuurmonumenten)
Notulist: Daan Roos
Afwezig: -

2.1 Natuurtypen

Is dit bos momenteel van goede kwaliteit? En zo niet, wat moet er veranderen?

Verzuring door stikstofdepositie. Bepaalt kwaliteit bos. Begint niet opnieuw, was ooit productie, nu omvormende. Op Molenheide zie je dat in hoe hoog bomen worden, enorm beperkte groei. NIET HOOG, alles is beperkt (voedingsstoffen, water). Daarbovenop exoten vogelkers, Amerikaanse eik. Woekert nog niet heel erg.

2.2 Organismen

Welke organismen komen voor in de Langenboomse bossen en op Molenheide?

De bossen zijn arm qua soorten. Dit zijn niet de mooiste bossen die ik beheer. In deze bossen komen toch een aantal soorten voor. Onder andere roofvogels zoals de buizerd en sperwer. Maar ook bosmieren. Verder komt er ook nog grasland voor. Hier komen knooppkruid en andere soorten die voorkomen op kruidenrijke graslanden. Het zijn geen hele speciale soorten. Op een plekje komen er een aantal orchideeën voor. Moeraswespenorchis komt ook voor maar er moet nog gekeken of deze soort duurzaam is. Er ligt ook een stuk heide op de Molenheide. Daar was ooit een kippenfarm. Deze hebben ze gesaneerd. Hier is heidemaaisel uitgereden. Nu komt er grondster en blauwvleugelsprinkhaan voor die juist open biotopen nodig hebben. Hier en daar staat heide maar er is ook veel open plekken met bodem. Als het wat dichter wordt gaan struikbrem, stekelbrem en tandjesgras

daarvan profiteren. Omdat het zo het zo warm is, heb je echt van die pionierssoorten zoals Duitsviltkruid en dwergviltkruid. Deze planten kunnen goed deze de droogte. Het is mooi dat deze planten hier groeien. Daar ben ik erg blij mee. Soorten die op de heide voorkomen kunnen ook goed tegen droogte omdat ze hieraan gewend zijn. Als er struiken en bomen voorkomen komt er ook de nachtzwaluw voor. Ook de levendbarende hagedis komt voor. Het bruin blauwtje, zandoogje en dikkopjes zijn bijzondere soorten die voorkomen op de kruidenrijke graslanden. Hondsvioletje kwam vroeger voor in dit gebied maar komt mogelijk op dit moment niet meer voor.

Wat zouden jullie willen doen om de biodiversiteit te vergroten?

Er ontstaat hier op basis van het bodemtype al niet een heel soortenrijk bos. Ik zou het aandeel loofhout willen vergroten, bijvoorbeeld de zomereik. Dit is een gebied waar je zou moeten kijken of je Amerikaanse vogelkers niet in je voordeel wil gebruiken in plaats van bestrijden. Deze soort helpt mee in het zure strooisel van de naaldbomen.

Zouden er soorten aangetrokken moeten worden?

Hei moet eerst maar eens oud worden. Als er dode bomen op hei liggen creëert dit weer nieuwe biotopen. Het trekt vogels en insecten aan. Zo moet de biotoop zich ontwikkelen. Stikstofdepositie helpt hier niet mee. In de poelen rondom de heide zit watercrassula en deze kan niet bestrijdt of beheerst worden. De Groespeel heeft een andere bodem dan de molenheide. Je hebt daar een soort overstromingsgrasland/moeras met broekachtige bosjes. Hoe dichter je bij het water komt, hoe meer wilgen en elzen je tegenkomt. De dynamiek met bodem en overstroming maakt het wel een interessant gebiedje. Voor twee soorten bijvoorbeeld, de bever en kruipend moerasscherm. Voor kruipend moerasscherm is deze locatie de grootste groeilocatie in Noord-Brabant. Floron doet hier ook een eigen project. Deze soort houdt van open vegetatie in een voedselrijk systeem. Het voordeel van deze plant is dat

hij in de winter onder water kan staan.

Is die Groespeel dan klimaatrobuust omdat het zo goed onder water kan staan en er overvloedig water heen kan?

Er ligt een waterbuffer in de buurt, het Peelkanaal. Als het te droog wordt in het gebied dan stroomt de waterloop andersom. Dat water loopt door de Groespeel heen, dus het waterpeil zal altijd wel op peil blijven.

Welke soorten heeft u liever niet in de gebieden?

Vaatplanten veroorzaken voornamelijk problemen. In de Kuilen zitten veel Canadese ganzen. Verder komen er ook grauwe ganzen en enkele nijlganzen.

Doen jullie iets tegen het voorkomen van zoveel Canadese ganzen?

We schudden de eieren om de populatie te beheren. Dit is een beheerstrategie, geen bestrijdingsstrategie.

2.3 Knelpunten

Welke knelpunten zijn er in het gebied met betrekking tot verdroging? Idem voor wateroverlast?

Er moet iets aan de stikstofdepositie worden gedaan. Daar moeten we iets mee, dat kan niet anders.

Wat ook een tip zou kunnen zijn, is de app "Perceelwijzer" van Waterschap Aa en Maas. Hier kun je alle ontwateringen zien (alle grondwaterputten die de boeren hebben in de omgeving kunnen in kaart worden gebracht). In een droog gebied zijgt water in, alleen ook daar zit een bodem onder. Op een bepaald moment kom je grondwater tegen, maar als er aan de zijanten telkens water wordt weggetrokken blijft er weinig hangen. Dat zou een knelpunt kunnen zijn, maar dat moeten jullie zelf in beeld brengen. Alle druppels op de app zijn onttrekkingspunten, van boeren tot particulieren.

Waar gemeenten gevoelig voor zijn, is dat ze zelf een voorbeeldfunctie moeten hebben.

Vraag maar eens aan de gemeente welke gronden zij verpachten en welke voorwaarden ze daaraan hebben meegegeven. Agrariërs die in een nat gebied mogen bemesten, bevinden zich in hele kwetsbare systemen. Op hogere gronden spoelen nitraten uit naar het grondwater, deze komen in beekdalen weer omhoog. Daardoor heb je er heel lang last van, hoe sneller ze daarmee ophouden hoe beter. Als de gemeente een voortrekker wil zijn, moeten ze beginnen bij zichzelf.

Langenboomse bossen: Qua ambitie is er niet ontzettend veel mogelijk in de hele droge delen van het gebied. Klimaatrobust maken kan alleen als er hydrologisch iets gedaan wordt, maar hier zit het grondwater gewoon ontzettend diep. Zelfs als de gehele omgeving verzuipt, is het hier waarschijnlijk nog steeds droog.

Molenheide: Er is wel iets van ontwatering, maar de hoeveelheid afgevoerd water is hier minimaal. Er liggen ook geen diepe waterlopen langs het natuurgebied die het gebied ontwateren.

Groespeel: Bedreiging zit 'm in aangrenzend agrarisch gebruik. Als je daar naar een extensiever gebruik gaat met minder mest of permanent grasland in natte delen dan kun je daar de last op het natuurgebied een heel eind verkleinen en ook de waterkwaliteit verhogen.

2.4 Kansen

Welke kansen zijn er voor dit natuurgebied?

Sophia: U noemt Groespeel, zijn er nog meer kansrijke gebieden?

Jan noemt vergroten, verbinden en versterken voor natuurgebieden.

Waar liggen daar de kansen?

Hydrologisch zitten er ook allerlei kansen wanneer er gedacht wordt aan omvorming van de landbouw, bijvoorbeeld voedselrijk water afkoppelen en peilen omhoog zetten.

Langenboomse bossen: Recreatie uit het gebied krijgen (denk aan motorcrossterrein) en daar natuur ontwikkelen, waardoor er veel minder verstoring voor de natuur is en het meer één natuurkern met de Kuilen kan

worden. Ook heidegebied steviger maken en over de weg heen met elkaar verbinden (denk aan een warme faunatunnel voor bijvoorbeeld Levendbarende hagedissen die eieren uitwisselen). Weinig dingen van "dat zouden we kunnen doen", behalve dat er genoeg te doen is in de exotenbestrijding. Daar is het heel lastig om nieuw bos van de grond te krijgen. In de Kuilen kunnen graslanden met weinig waarden wel richting bos omgezet worden, om dit zodoende robuuster te maken. Je hoeft niet in ieder gebied voor alles te gaan, in sommige gebieden is alleen maar bos of alleen hei bijvoorbeeld ook goed. Molenheide: Is alleen over gesproken bij knelpunten.

Groespeel: Groespeel biotoop is een bijzonder gebiedje. Ligt op weinig bodemtype. Overstromingsgrasland/moeras met ook broekachtige bosjes. Dynamiek maakt het een interessant gebied voor twee soorten, onder andere: bever (vindt Jan top) en kruipend moerasscherm (één van de grootste groeiplekken in Brabant). Staat volop in Groespeel. Deze houdt van open vegetatie in een voedselrijk systeem. Enorm tegenstrijdig. Kan in winter onder water staan, terwijl anderen dan vaak doodgaan.

Peelkanaal: Bij Peelkanaal kunnen ze het omschakelen t.b.v. landbouw. Watergang loopt door Groespeel heen, dus die zal altijd op peil blijven. Stippelberg krijgt zelfs nog water vanuit Grave.

Zijn de natuurgebieden qua ecologische verbindingszones goed verbonden of ziet u mogelijkheden?

Zeker de Groespeel heeft potenties om in de breedte, maar ook in de lengte langs waterloop robuuster te worden en bijzondere natuur te realiseren. Daar is bewustwording voor sinds het kruipend moerasscherm is voorgekomen, wat laat zien dat er overal verrassingen zitten. Kijk vooral nog eens naar afwijkende bodems en grondwatertrappen om mogelijkheden te achterhalen.

Op grotere schaal:

Verbinding maken tussen Molenheide en de Ullingse Bergen (Sint Anthonis). Dit omdat natuurtypen vergelijkbaar zijn en als je een heel eind uitzoomt, sluiten de Bergen aan op Stippelberg en als je vanuit Langeboomse bossen omhooggaat is er een verbinding te maken richting de Maashorst. Pak de kaart maar eens en zoom uit tot de grote banen (Nijmegen, Boxmeer, Veghel moeten te zien

zijn). Daar kan natuur en bos in het agrarische land wellicht worden verbonden.

Functioneren de dunne verbindingen die er al liggen ook?

Voorals langs waterlopen zijn verbindingen gelegd, maar die gaan niet altijd van A naar B. Wat Jan noodzakelijk vindt, is dat er gekeken wordt naar het grotere systeem. Dan moet je soms ook dwars door agrarisch gebied heen om iets te realiseren. Jullie mogen nog heel vrij denken. Zet het vooral op kaart, denk groots. Dat zet mensen ook weer aan het denken. Dan kun je ook wellicht agrariërs helpen, die misschien moeten stoppen. Wat komt ervoor in de plaats? Hier ligt gewoon een natuurzone.

3. Interview Staatsbosbeheer

Titel: Klimaatverandering bij natuurgebieden van Staatsbosbeheer
Datum: 04-04-2022
Locatie: Teamsomgeving
Aanwezig: Sophia Blaauw, Daan Roos, Kitty Westgeest en Piet Hopman (Staatsbosbeheer)
Notulist: Daan Roos
Afwezig: -

3.1 Natuurtypen

Is dit bos momenteel van goede kwaliteit? En zo niet, wat moet er veranderen?

Met name droogtes van laatste jaren eisen hun tol. Oudere bomen sterven nu af vanwege droogte. Extreem hoogwater hebben we vorig jaar gezien. Dat is in juli niet natuurlijk, dus heeft effect op bepaalde graslanden. In winter en voorjaar is het een normaal proces langs de Maas, maar niet in zomer. Op plekken waar je schraalland nastreeft zorgt zomerinundatie dat de bodem wordt verrijkt omdat het maaisel is blijven liggen.

Hebben bepaalde natuurtypen meer last van die klimaatverandering dan anderen?

Het ligt eraan of de soort droogtegevoelig is. Als je droge heide hebt kan deze in principe goed tegen droogte maar als je natte heide hebt waar het grondwater relatief hoog staat is dat niet gunstig. Dan krijg je verruiging waaronder pitrus ontwikkeling. Verruiging kan ontstaan als de waterhuisding in de war is. Ik raad jullie aan om een boswachter ecooloog misschien inschakelen bij dit soort vragen.

3.2 Organismen

Welke organismen zijn kenmerkend voor de Maasheggen, Oeffelter Meent en Sint Anthonisbos?

Maasheggen: De das komt volop voor. Deze wordt niet bedreigd. Er zijn bijna te veel dassen. Hetzelfde geldt voor bever. Dit wordt in sommige plekken een lastige soort. Hij legt monumentale boomsoorten om en legt

dammen aan in sloten. Het bewaren van het Unescolandschap conflicteert met het vele voorkomen van de bever. Water zou je eigenlijk af willen voeren, maar door dammen verdrinken de heggen.

Oeffelter Meent: In het buitengebied bij de Oeffelter Meent zit de kamsalamander. Door overstroming van de maas is het mogelijk dat er rivierwater in het gebied komt en dan er vissen in het gebied komen die een bedreiging zijn voor de kamsalamander.

Sint Anthonis bos: Er komen verschillende voor die typisch op de heide voorkomen. De nachtzwaluw komt ervoor. Insectenfauna zou mogelijk meer voor kunnen komen.

Welke soorten heeft u liever niet in de gebieden?

De bever is een soort die te veel voorkomt. In Maasheggen komt de Japanse duizendknoop voor en die moet je wel in de gaten houden. Deze soort komt in bermen voor. De toename is niet ten gevolge van klimaatverandering. Deze plantensoort is ooit geïntroduceerd.

3.3 Knelpunten

Welke knelpunten komt u tegen in het gebied als er gekeken wordt naar het beheer?

Als je klimaatrobuuste maatregelen wilt treffen moet je goed kijken naar de geomorfologie en geologie. Dit vertelt hoe het gebied in elkaar zit. Dan zie je de peelhorst en Venloslenk. Die laagte is oerstroombdal van Rijn en Maas, waar zich lagen hebben afgezet. Rijn- en Maasterrassen zijn zo ontstaan. Deze hebben lange tijd gefunctioneerd als buffer voor water. Door de aanleg van dijken hebben we de tien kilometer brede stroombedding te vernauwd tot een kilometer. Daardoor ontstaat het hoogwaterprobleem. De oplossing moet je zoeken bij het oorspronkelijke stroomdal. Daar moet je proberen water te bergen. In non-woningbouwgebieden moet je gebruiken om water te bergen en peil omhoog te zetten. Lastige is dat er een Unesco status is, maar in feiten is het overstromingsgebied. Binnen de huidige dijken wordt ruimte gezocht voor doorstroming, terwijl het handiger is het buitendijks te regelen.

Ze gaan de Weert afgraven om het waterpeil te verlagen. Hier gaan ze stroomdalgrasland maken. In tijden van overlast kan daar extra water heen. Ook kan het water hier sneller doorstromen. De talud brug bij Gennep is een bottleneck in de doorstroming. Juist de heggen kunnen een mooie manier zijn om de afvoer te temperen. Ik denk dat we problemen krijgen bij de brug Mook-Cuijk. Hier ontstaat nu een flessenhals waar veel water doorheen moet. Bij Cuijk en Mook kunnen problemen ontstaan bij het verlagen van de waterstand. Het ooit al geopperd bij het waterschap.

Zijn er plekken waar al ruimte is voor waterberging?

In het Unesco gebied kan je water bergen, maar dit kan niet voor maanden want dat is niet goed voor de heggen. Hier zouden we naar kunnen kijken, we hebben binnendijs ook beekdalen waar we eigendom hebben. Een voorbeeld is de Sint-Jansbeek. Het hele beekdal kan gebruikt worden als berging. In plaats van graslanden ontwikkel je dan moerassen. Je zou CO2 vastlegging kunnen koppelen aan de klimaatopgave.

Hoe zorg je dat moerassen geen last hebben van verdroging?

Daar moet een goed afwegingskader zijn. Waterstand moet geborgd blijven bij moerassen, door stuwen tijdig te sluiten. Apart te beheren peilgebied: in natte perioden loopt het vol en pas eruit laten als het boven een bepaald niveau komt.

Wat het waterschap op dit moment in de Sambeekse uitwatering doet is dat ze Maaswater het gebied in pompen. Dit kan ook naar de Oeffeltse Raam. Daar moet je wel voorzichtig mee zijn want het moet schoon water zijn.

Zien jullie oplossingen om verdroging van de gebieden tegen te gaan?

Stuwen kunnen geplaatst en dichtgegooid worden. Met bepaalde gebruikers in gebied moet je daar concessies mee hebben. Je zou bijvoorbeeld af kunnen spreken met boeren dat de stuw weer omhoog gaat nadat ze op het op het land zijn geweest in het voorjaar. Droge periodes immers ook nadelig voor de akkerbouwer. Voor natuurgebieden zijn extreme altijd nadelig.

Wat is precies de blokkade om de stuwen te plaatsen?

Er wordt al stuwen geplaatst, maar dat is nog niet alle mogelijkheden zijn daarin benut. Deels heeft dit te maken met geld maar ook met het omdenken van het waterschap. Het waterschap is voornamelijk gefocust op de landbouw maar het heeft tijd nodig om om te schakelen. Landbouw en natuur zitten dicht op elkaar.

Is er een overgang nodig?

Als Staatsbosbeheer heb je de eigendommen dusdanig hebt dat je dusdanig geen last hebt van de landbouw. Het liefst heb je natuurinclusieve landbouw en dat het wat robuuster is. Tegenwoordig zie je dat boeren vaker doen aan natuurschap boeren. Bij boeren komt deze omslag. Als Staatsbosbeheer zijnde proberen we zoveel mogelijk water in eigen gebied te houden. Voor bepaalde graslanden is het gewenst dat de zure regenval niet gewenst is, maar dat is per natuurtype verschillend. Dus in zulke gevallen water sneller afvoeren.

Welke natuurtypen hebben vooral last van verzuring?

Verzuring heeft invloed op bepaalde stroomdalgraslanden, met name in de Oeffelter Meent. In het Sint Anthonis bos liggen vochtige schraallanden waar ook kwel naar boven komt voor, daar is het zaak om grondwater goed op orde te hebben. Vooral heide is gevoelig voor stikstof vanuit de lucht, wat vergrassing van de hei oplevert. Daar moet dan vaker geplagd worden of andere maatregelen om die extra toevoer van stikstof af te voeren.

Worden daar dan al maatregelen voor getroffen?

Schopperen/plaggen is een maatregel die al getroffen wordt, maar die verrijking speelt al vanaf de jaren '70. Tegenwoordig is men kritischer in relatie tot plaggen, want in feite wordt het microreliëf verstoord. Geen natuurlijke ingreep, want je haalt een klein deel van de bovengrond weg. Piet adviseert dit soort dingen vooral te vragen aan een boswachter.

Hieronder nog knelpunten die Piet aan het einde van het interview noemde:

De knelpunten zitten met name in de noord-zuid barrières. Daar vallen de A73 en provinciale wegen onder. De oost-west verbindingen moeten die barrières iedere keer weer passeren.

Echte ecoducten liggen er nog niet, misschien is dat een optie. Misschien meer gebruik maken van oude geulensystemen, want die liggen er nog best wel in het landschap. Het is bij elke gebiedsontwikkeling belangrijk dat de ontstaansgeschiedenis je bekend is. Piet noemt dat dit voor ons project ook het uitgangspunt zou moeten zijn. Heggenstructuren is een winst, mits verbonden met een grotere structuur. Robuust is natuurlijk altijd goed, maar we moeten zeker het belang van heggenstructuren niet onderschatten.

3.4 Kansen

Ziet u nog bepaalde kansen voor deze natuurgebieden, wat er mooi zou kunnen ontwikkelen?

In Maasheggen ziet Piet de kwaliteit van de natuur toenemen, met name door een beter beheer van de heggen op agrarische percelen en in tussenliggende gebieden. Hierbij neemt de biodiversiteit toe.

Welk type beheer heeft dit verhoogd?

Tien jaar geleden werden de Maasheggen niet altijd even goed beheerd door agrariërs. Nu gebeurt dat beter, met hogere biodiversiteit en robuustere heggen tot gevolg. Vroeger waren de heggen vaak relictten, met verpieterende meidoorns door het klepelen. Tegenwoordig worden ze fatsoenlijk gesnoeid, waardoor heggen mooi dicht worden. Ze vormen een ideale schuilplek voor vogels, zoogdieren en insecten.

Met name in de heggen ziet Piet dus verbetering, maar voor andere natuurgebieden moeten we de boswachter hebben. Het zullen nooit meer dezelfde natuurgebieden als 50 jaar geleden worden, doordat de luchtkwaliteit e.d. niet optimaal is.

Pas op!

Waar we voor moeten waken is het vervuilen van grondwater. Als je dat eenmaal vervuult, zit je er honderden jaren aan vast en dat

beseffen we onvoldoende.

Vindt u dat de natuurgebieden momenteel goed genoeg met elkaar verbonden zijn? Zijn er extra waardevolle verbindingen aan te leggen?

Er is nog zeker winst te boeken.

Staatsbosbeheer is daar in de Maasheggen volop mee bezig. Daar hebben ze een zestal kerngebieden bedacht tussen Grave en Maashees. De Oeffelter Meent is er hier één van, met ook verbindingzones tussen de kernen. Daar wordt met name geprobeerd een verbinding te leggen via de heggen. Agrariërs die bereid zijn om natuur te ontwikkelen worden gefaciliteerd dit te doen in die verbindingzones. Door gericht percelen te ruilen probeert Staatsbosbeheer dat te realiseren. Dat zit in de NNB-opgave. Daar zijn ook andere partijen mee bezig, waaronder het Waterschap. Bij Grave proberen zij middels kavelruil verbindingzones aan te brengen en natuurkernen te versterken.

Zijn dat dan echt robuuste verbindingen of meer heggen tussen landbouwgebieden in?

Op de kruising van de A77 met de provinciale weg Oeffelt-Boxmeer had Staatsbosbeheer een natuurterrein van 8 hectare en dat is geruild met een stichting. Die gaan daar natuur ontwikkelen en dat ligt in zo'n EVZ. Dat is meer een stapsteen, maar wat Piet betreft zijn dat ook EVZ's of past het er in ieder geval prima in.

Piet ziet de Oeffelter Meent –al gauw 100 hectare– als echte kern, hetzelfde geldt voor de Bergjes (één grote eenheid natuur). Ambitiekaart van de zes kernen inmiddels ontvangen. Daar staat ook in hoe ze die ambitie willen bereiken, bijvoorbeeld d.m.v. kavelruil. Maasheggen is het hele gebied tussen Grave en Maashees. De Groeningse en Vortumse Bergen (twee rivierduinen) vallen hieronder. EVZ tussen De Vilt en Middelsteegsche Wieden (onderdeel van Maasheggen bij Beugen) is al redelijk aanwezig.

Functioneert deze ecologische verbindingzone al? Wat kan hieraan verbeterd worden?

Functioneert is lastig te zeggen. Dassen zullen de oversteek wel wagen, maar het is niet optimaal zoals deze er nu ligt. Juist bij het passeren van de provinciale weg is die te

smal. Een paar jaar geleden kon de overheid daar gronden aanschaffen en dat is toen niet gedaan. Een particulier deed dit wel, bouwde er huizen en nu moeten we weer 40 jaar wachten. Heggen zijn ideale verbindingzones, want ze bieden volop bescherming aan migrerende dier- en plantensoorten. Zeker wanneer zomen met ruigtes worden ontwikkeld langs zulke heggen is het nog prettiger voor bepaalde soorten. Bezoek de Maasheggen. Dan snap je het ook en ga je het verschil zien tussen heggen waar de boer tegenaan ploegt en heggen die meer dan tien meter breed zijn.

4. Veldbezoek onder begeleiding in Sint Anthonisbos

Datum: 29-04-2022
Locatie: Sint Anthonisbos
Aanwezig: Iris Peeters, Sophia Blaauw en Daan Roos
Frank Kalveen, oud boswachter Staatsbosbeheer
Notulist: Sophia Blaauw
Afwezig: -

4.1 Introductie

Op 29 april heeft er een veldbezoek plaatsgevonden in het Sint Anthonisbos onder begeleiding van Frank Kalveen. Aan het begin van het bezoek deelde hij de geschiedenis van het gebied met ons. Hij vertelde dat het Sint Anthonisbos in 1918 was gekocht vanwege de zandverstuivingen in het gebied. Door deze zandverstuivingen waaide het zand richting de dorpskernen waardoor huizen onder het zand zaten. Door een bos aan te planten zou dit zand beter vastgehouden worden. Tijdens deze wandeling hebben we verschillende natuurtypen bezocht. Deze zijn hieronder op dezelfde volgorde die tijdens het veldbezoek werd aangehouden, beschreven.

4.2 Droog productiebos

Plantensoorten die hier voorkomen zijn de grove den, inlandse eik, krentenboompje en verschillende soorten varens. De varens die voorkomen in het bos vertellen in welke fase het bos zit. Door de tijd heen wordt de humuslaag namelijk dikker en kunnen

er varens komen die op een voedselrijkere bodem voorkomen. Amerikaanse vogelkers is een soort die ook voorkomt in het bos en vroeger veel is bestreden maar de soort komt helaas telkens terug. Een collega van Frank Kalveen heeft door maatregelen te nemen gezorgd dat er meer open plekken in het bos door dunningen uit te voeren en dode bomen te laten staan. Dit heeft gezorgd dat er meer licht op de grond komt wat een positief effect had op het bos. Tijdens de wandeling horen verschillende vogels fluiten waaronder de fluiters.

4.3 Dennen-, eiken- en berkenbos

Volgens de beheertypen kaart uit de gebiedsanalyse zou hier dennen-, eiken- en beukenbos moeten voorkomen. Volgens de boswachter komen hier nauwelijks beuken voor maar eerder veel berken. Volgens de boswachter is er weinig verschil vergeleken met het droge productiebos. Het dennen-, eiken- en berkenbos wordt begraasd en er zijn rasters in het gebied aanwezig sinds 2011. In het bos zijn vroeger tijdens de zandverstuivingen zeedennen geplant omdat deze op arme en slechte gronden kunnen overleven maar achteraf bleek dit niet nodig.

4.4 Stuifzandvlakte

Ondanks dat vroeger de zandverstuivingen werden tegengegaan door de aanplant

van bos, is de stuifzandvlakte een habitat voor vele soorten en daarom belangrijk om te behouden. Een mos genaamd het grijskronkeltje komt veel voor op de vlakte en beperkt hierdoor de verstuiwingen. Diersoorten die op deze vlakte voorkomen zijn de zandloopkever, witte kwikstaart en heispurrie. Vroeger kwam de duinpieper hier voor maar deze verdwenen.

4.5 Dennen-, eiken- en berkenbos

In bos komen verschillende vogels voor waaronder de buizerd en bosuil. Ook in dit bos zeggen de voorkomende plantensoorten veel over de bodem. Voorbeelden hiervan zijn de rankende hembloem als indicatorsoort voor een stikstofrijke bodem en de hulst als indicatorsoort voor een humusrijke bodem.

4.6 Droge heide

Op de heide aangekomen vertelt de boswachter hij vroeger foto's maakte van deze heide en dat het toen een grote zandvlakte was. Deze vlakte wilde ze vroeger afgraven maar het groeide dicht omdat de grondwaterstand in de winter te hoog was. Het zand kon daardoor niet verstuiwingen in de winter. Op de heide komen de zandloopkever, nachtzwaluw, levend barende hagedis, boompieper en graspieper voor. De blauwvleugelsprinkhaan en duinpieper kwamen er vroeger voor maar tegenwoordig niet meer. De boswachter vertelt dat de heide last heeft van verdroging. Dophei en klokjesgentiaan zijn daardoor verdwenen. Struikhei heeft minder last van deze verdroging en groeit nog in grote hoeveelheden.

4.7 Overgang bos naar grasland

Op de heuvel aan de kant van het grasland staat dalkruid. De Maas nam vroeger kleideeltjes mee en zijn hier blijven liggen, daarom groeit deze soort hier goed.

4.8 Natte en droge graslanden

Op dit grasveld groeit veel reukgras. De boswachter laat ons proeven hoe de plant smaakt, namelijk naar toffee. Ook vertelt hij hoe er op sommige grasvelden eerst bramen gaan groeien en er vervolgens langzaam bos ontstaat. Dit gebeurt omdat de bramenstruiken licht doorlaten waardoor de zaden van de bomen kunnen ontkiemen. Ook het grasland heeft last van verdroging.

Volledig beheer over de Tovensche beek zou een maatregel kunnen zijn om dit grasland te vernatten. De bron van deze beek ligt bij Landhorst. Planten die op dit grasland voorkomen zijn de pinksterbloem, scherpe boterbloem, hondsdrif en reukgras. Hoe natter het grasland, hoe meer reukgras er voorkomt.

4.9 Nat en bloemrijk grasland

Hier komt valeriaan, riet en watermunt voor. Een andere soort die voorkomt is vlotgras. Dit is een verstoringsoort. Dit grasland was staatsbosbeemster al vijf jaar eigenaar van maar hier waren ze niet van op de hoogte. In deze jaren heeft zich een mooi stuk natuur ontwikkeld.

4.10 Elzenbos

Vroeger was dit te nat voor landbouw. Modder uit de sloot werd op de bodem geplaatst waardoor het hoger kwam te liggen. Voorkomende soorten zijn peulzegge en lijsterbes, deze soorten duiden op verdroging maar ook waterviolier wat juist duidt op een natte bodem. Verder komen er elzen met elzenhaantje voor en zenegroen.

4.11 Oud ven

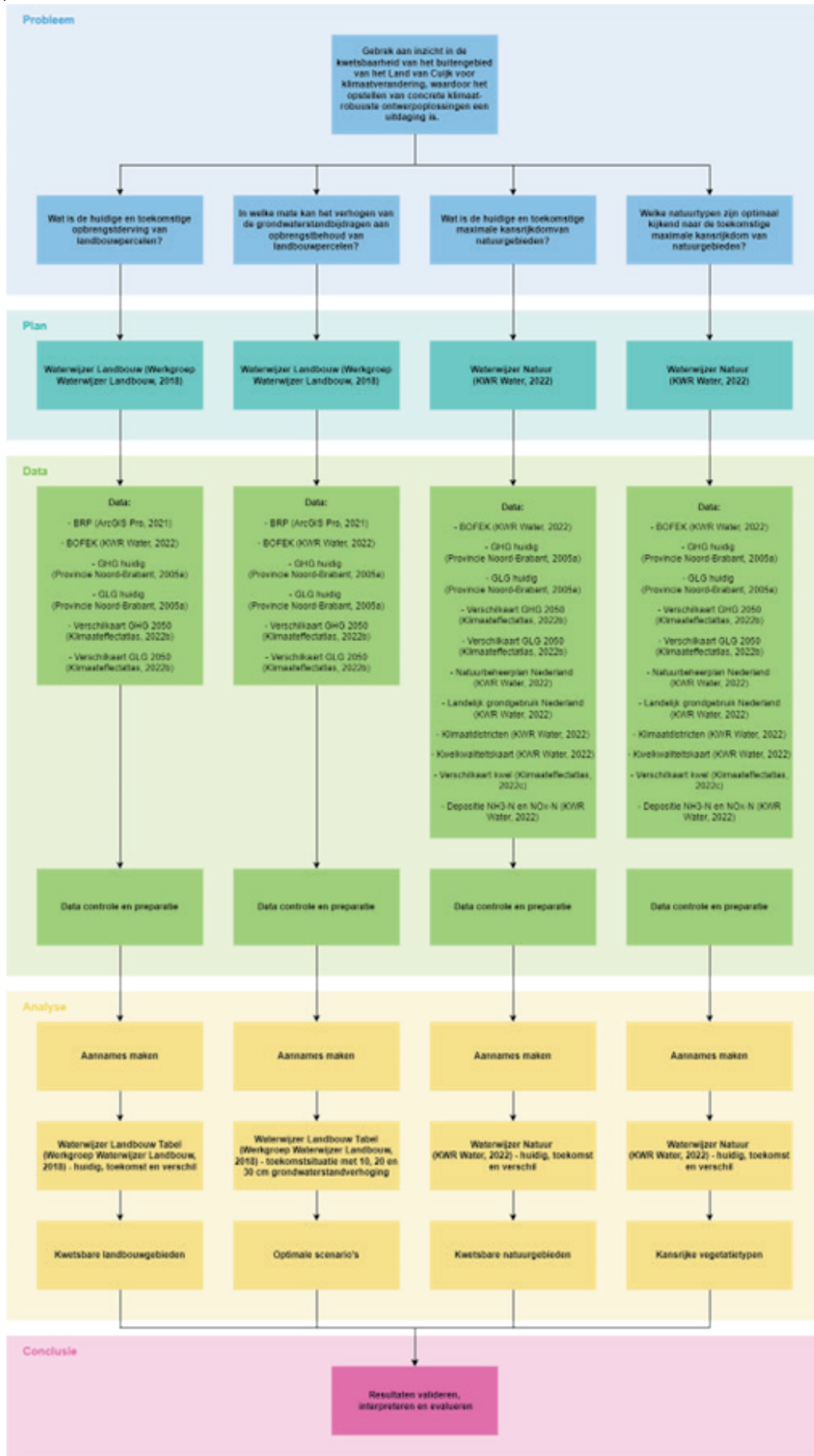
Dit was vroeger een sparrenbos. In dit bos was een gat ontstaan waar riet ging groeien. Dit is een oud ven dat potentie heeft om te ontwikkelen tot hoogveen, maar het moet vernat worden door de Tovensche beek.

4.12 Droge heide

Op de terugweg gaan we weer de droge heide op. Hier komen meer open vlekken voor dan op de heide die we op de heenweg zagen. Deze open plekken kunnen door de tapuit gebruikt worden als broedplaats. Verder komen de torenvalk, boomleeuwrik en sperwer hier voor. Op de dode heide groeien mossen en algen. Het heide haantje komt ook voor op de heide. De larven eten de wortels van de struikhei en de volwassen insecten eten de bladeren.

5. Conceptueel flowdiagram

Figuur 36 – Conceptueel flowdiagram kwetsbaarheidsanalyse buitengebied volgens PPDAC-methodiek



6. (Meta)data

De gebruikte software voor de data preparatie en het uitvoeren van de analyse is ArcGIS Pro versie 2.9 (ESRI, 2021), FME versie 2021.2.3 (FME, 2021), Rstudio versie 1.4.1717 (Rstudio, 2021), Waterwijzer Landbouw tabel (Werkgroep Waterwijzer Landbouw, 2018) en Waterwijzer Natuur versie 3.05 (KWR Water, 2022). Hierbij is gekozen om gebruik te maken van het coördinatensysteem EPSG: 28992 – RD New: het in Nederland gehanteerde Rijksdriehoeks coördinatenstelsel.

6.1 Datacollectie

De gemiddeld hoogste en laagste grondwaterstanden en bodemfysische eenhedenkaart (BOFEK) dienen als basis van de analyses. Aan de hand van de ondergrond en de hierbij horende waterhuishouding kan worden bepaald wat het effect van hydrologische condities op de gewasopbrengst is, welke veranderingen in toekomstige gewasopbrengst plaats kunnen vinden door klimaatverandering, hoe de waterhuishouding aansluit bij de vegetatietypen en wat de verwachte verandering in maximale kansrijkdom van natuurgebieden is (Waterwijzer, 2022a) (Waterwijzer, 2022b).

Er is gekozen om gebruik te maken van de meest recente en volledig vlakdekkende grondwaterstandendata van provincie Noord-Brabant, afkomstig uit 2005 (Provincie Noord-Brabant, 2005a) (Provincie Noord-Brabant, 2005b). Hierbij is de aanname gemaakt dat de gemiddeld hoogste en laagste grondwaterstanden in gemeente Land van Cuijk in 2005 overeenkomen met het referentieperiode voor de huidige conditie van het gebied, 1981 – 2010. Ditzelfde geldt voor de bodemfysische eenhedenkaart, waarbij gebruikt wordt gemaakt van versie BOFEK2012 (KWR Water, 2022). De metadata van het totaal aan gebruikte data wordt weergegeven in tabel 3.

Tabel 3 – Benodigde data voor het uitvoeren van de analyses en de keuze hiervoor.

BRP (ArcGIS Pro, 2021)	Gewaspercelen uit de Basisregistratie Percelen (BRP) van Nederland in 2010. Per landbouwperceel wordt het geteelde gewas weergegeven, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen bouwland, grasland, braakland en natuurterrein. Informatie over bijbehorende gewascode is per perceel toegevoegd. Er is gekozen om gebruik te maken van de BRP uit 2010, doordat dit het referentiejaar voor de huidige klimatologische en bodemkundige situatie in gemeente Land van Cuijk is. De vectordata is beschikbaar als Esri shapefile en weergegeven in EPSG: 28992 – RD New.
BOFEK (KWR Water, 2022)	Bodemfysische Eenhedenkaart (BOFEK) uit 2012, waarbij onderscheid is gemaakt tussen karakteristieken van de bodem en bijbehorend hydrologisch gedrag. Dit is onder andere gedaan aan de hand de Staringsreeks (Nationaal Georegister, 2016). Dit databestand bevat de door KWR Water in Waterwijzer Natuur meegeleverde bewerkte rasterversie en is afgeleid van de BOFEK 2012, afkomstig van Wageningen Environmental Research (Nationaal Georegister, 2016). De data zijn als ASCII beschikbaar in EPSG: 28992 – RD New en heeft een resolutie van 25 meter. Door gebruik te maken van deze data wordt aangenomen dat de bodemtypen in het Land van Cuijk tussen de referentie jaren van de huidige en toekomstige situatie, 2010 en 2050, niet verandert.

GHG huidig (Provincie Noord-Brabant, 2005a)	Gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) van Noord-Brabant in 2005. De GHG wordt weergegeven in centimeters ten opzichte van het lokale maaiveld en is berekend aan de hand van het gemiddelde van de drie hoogste grondwaterstanden van een hydrolisch jaar, over een periode van acht jaar (WUR, 2022). Dit rasterbestand is beschikbaar als GeoTIFF in EPSG: 28992 – RD New en heeft een resolutie van 25 meter. Er is gekozen om gebruik te maken van deze data doordat dit de meest recente en volledig vlakdekkende grondwaterstandendata van provincie Noord-Brabant is.
GLG huidig (Provincie Noord-Brabant, 2005b)	Gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) van Noord-Brabant in 2005. De GLG wordt weergegeven in centimeters ten opzichte van het lokale maaiveld en is berekend aan de hand van het gemiddelde van de drie laagste grondwaterstanden van een hydrolisch jaar, over een periode van acht jaar (WUR, 2022). Dit rasterbestand is beschikbaar als GeoTIFF in EPSG: 28992 – RD New en heeft een resolutie van 25 meter. Er is gekozen om gebruik te maken van deze data doordat dit de meest recente en volledig vlakdekkende grondwaterstandendata van provincie Noord-Brabant is.
Verschilkaart GHG 2050 (Klimaat-effectatlas, 2022a)	De voorspelde verandering van de GHG rond 2050 in meters, waarbij rekening is gehouden met het veranderende klimaat, land- en watergebruik. Dit rasterbestand is beschikbaar als GEOTIFF in EPSG: 28992 – RD New en heeft een resolutie van 250 meter. Deze kaart is afkomstig uit onderzoek van Deltares op basis van het Nationaal Water Model-Basisprognoses 2016. Dit model geeft een landelijk beeld van de verwachte verandering en houdt geen rekening met specifieke lokale factoren (Deltares, 2016). De verandering in klimaat is gebaseerd op het WH-scenario: rekening houdend met sterke temperatuurstijgingen en hoge waarde in verandering luchtstromen (Kennisportaal Klimaatadaptatie,).
Verschilkaart GLG 2050 (Klimaat-effectatlas, 2022b)	De voorspelde verandering van de GLG rond 2050 in meters, waarbij rekening is gehouden met het veranderende klimaat, land- en watergebruik. Dit rasterbestand is beschikbaar als GEOTIFF in EPSG: 28992 – RD New en heeft een resolutie van 250 meter. Deze kaart is afkomstig uit onderzoek van Deltares op basis van het Nationaal Water Model-Basisprognoses 2016. Dit model geeft een landelijk beeld van de verwachte verandering en houdt geen rekening met specifieke lokale factoren (Deltares, 2016). De verandering in klimaat is gebaseerd op het WH-scenario: rekening houdend met sterke temperatuurstijgingen en hoge waarde in verandering luchtstromen (Kennisportaal Klimaatadaptatie,).
Gemeentegrens Land van Cuijk (Overheid, 2022)	Gemeentegrenzen in provincie Noord-Brabant in 2022. De vectordata is beschikbaar als Esri shapefile en weergegeven in EPSG: 28992 – RD New.
Natuurbeheerplan Nederland (KWR Water, 2022)	Het natuurbeheerplan (NBP) van Nederland, met daarin informatie over het actuele beheertype van de natuur in 2013. Deze data zijn meegeleverd bij het downloaden van Waterwijzer Natuur versie 3.05 (KWR Water, 2022). Er wordt hierbij dus aangenomen dat de beheertypen van de natuur in 2013 overeenkomen met de beheertypen uit richtjaar 2010. Dit rasterbestand is beschikbaar als ASCII in EPSG: 28992 – RD New en heeft een resolutie van 25 meter.
Landelijk grondgebruik Nederland (KWR Water, 2022)	Het landelijk grondgebruik van Nederland (LGN) versie 6, met daarin informatie over het grondgebruik in de jaren 2007 en 2008. Deze data zijn meegeleverd bij het downloaden van Waterwijzer Natuur versie 3.05 (KWR Water, 2022). Er wordt hierbij dus aangenomen dat het grondgebruik in 2007 en 2008 overeenkomt met het grondgebruik uit richtjaar 2010. Dit rasterbestand is beschikbaar als ASCII in EPSG: 28992 – RD New en heeft een resolutie van 25 meter.

Klimaatdistricten (KWR Water, 2022)	De klimaatdistricten van Nederland, opgedeeld in vijf verschillende klassen. Deze data zijn meegeleverd bij het downloaden van Waterwijzer Natuur versie 3.05 (KWR Water, 2022). Dit rasterbestand is beschikbaar als ASCII in EPSG: 28992 – RD New en heeft een resolutie van 25 meter.
Kwelkwaliteitskaart (KWR Water, 2022)	De kwelkwaliteitskaart van Nederland, meegeleverd bij het downloaden van Waterwijzer Natuur versie 3.05 (KWR Water, 2022). Dit rasterbestand is beschikbaar als ASCII in EPSG: 28992 – RD New en heeft een resolutie van 25 meter.
Verschilkaart kwel (Klimaat-effectatlas, 2022c)	De voorspelde verandering van kwel en infiltratie rond 2050 in meters, waarbij rekening is gehouden met het veranderende klimaat, land- en watergebruik. Dit rasterbestand is beschikbaar als GEOTIFF in EPSG: 28992 – RD New en heeft een resolutie van 250 meter. Deze kaart is afkomstig uit onderzoek van Deltares op basis van het Nationaal Water Model-Basisprognoses 2016. Dit model geeft een landelijk beeld van de verwachte verandering en houdt geen rekening met specifieke lokale factoren (Deltares, 2016). De verandering in klimaat is gebaseerd op het WH-scenario: rekening houdend met sterke temperatuurstijgingen en hoge waarde in verandering luchtstromen (Kennisportaal Klimaatadaptatie,).
Verschilkaart kwel (Klimaat-effectatlas, 2022c) Depositie NH ₃ -N en NO _x -N (KWR Water, 2022)	De depositie van NH ₃ -N en NO _x -N in 2019, meegeleverd bij het downloaden van Waterwijzer Natuur versie 3.05 (KWR Water, 2022). Er wordt hierbij dus aangenomen dat depositie van NH ₃ -N en NO _x -N in 2019 overeenkomt met de depositie uit richtjaar 2010. Dit rasterbestand is beschikbaar als ASCII in EPSG: 28992 – RD New en heeft een resolutie van 25 meter.
Beheertypen Land van Cuijk (Waterschap Aa en Maas, 2022c)	De huidige beheertypen van de natuur in provincie Noord-Brabant in 2021. De vectordata is aangeleverd door Waterschap Aa en Maas en is beschikbaar als Esri shapefile en weergegeven in EPSG: 28992 – RD New.

7. Datakwaliteit en -preparatie

7.1 Datakwaliteit

De benodigde data zijn gecontroleerd voordat de analyses konden worden uitgevoerd. Hierbij is rekening gehouden met de consistentie, volledigheid, uniek-, tijdig-, geldig- en nauwkeurigheid van de data. Zoals in bijlage 6 is aangegeven zijn verschillende databestanden meegeleverd met het model Waterwijzer Natuur. Doordat deze data niet veranderd kunnen worden is aangenomen dat de datakwaliteit van deze data goed is. De nauwkeurigheid van deze data uit Waterwijzer Natuur is 25 meter, waardoor de resultaten geen hogere nauwkeurigheid dan 25 meter kunnen leveren. Ditzelfde geldt voor de gemiddeld hoogste en laagste grondwaterstanddata, die ook een nauwkeurigheid van 25 meter hebben.

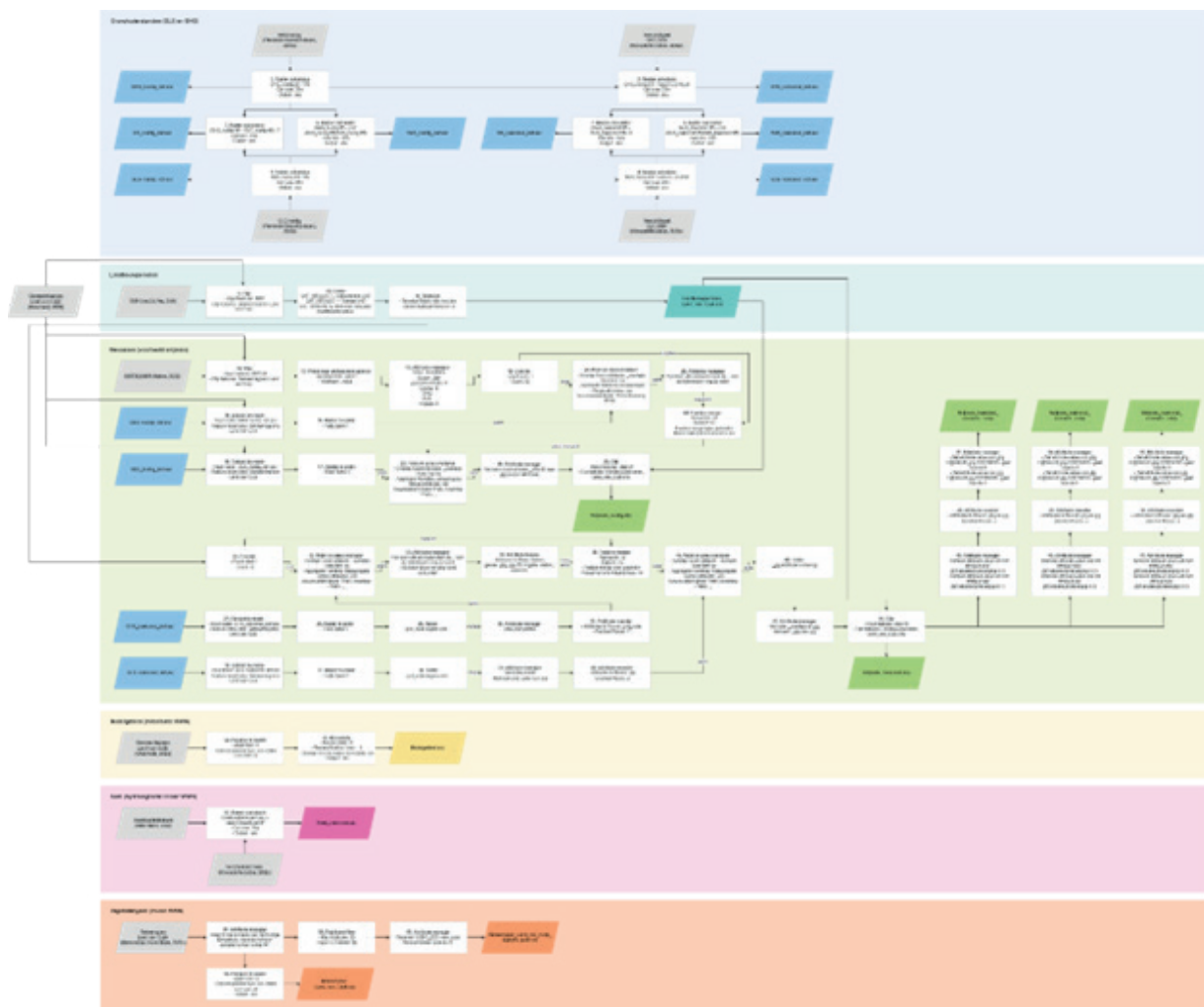
De tijdigheid van de gebruikte data is niet overal even gelijk. In alle analyses zal onderscheid worden gemaakt tussen de huidige situatie, waarbij is aangenomen dat dit referentieperiode 1981–2010 heeft, en de toekomstige situatie, met referentieperiode 2036–2065. Zo komen de data van de basisregistratie percelen (2010), GLG en GHG (2005) en landelijk grondgebruik (2007) uit de referentieperiode en vertegenwoordigen daarom de werkelijkheid op het gewenste tijdstip, terwijl de data van de BOFEK (2012), natuurbeheerplan (2013), depositie NH₃-N en NO_x-N (2019) en beheertypen natuur (2021) buiten deze referentieperiode vallen. Er is gekozen om gebruik te maken van data die zo dicht mogelijk bij de huidige referentieperiode ligt, zodat de datakwaliteit hiervan het hoogst mogelijk is. De tijdigheid van de gemeentegrens van het Land van Cuijk is juist. Deze data is afkomstig uit 2022 en bevat dus de nieuwe gemeentegrens na de herindeling van deze gemeente.

Veel data zijn landdekkende bestanden en zijn dus volledig. Enkel de gemiddeld hoogste en laagste grondwaterstanddata zijn niet helemaal volledig; er zijn gebieden waarvan de grondwaterstand niet is opgenomen in het raster en dus de waarde 'NoData' hebben gekregen. Deze gebieden bestaan voornamelijk uit de dorpskernen, waardoor dit geen effect heeft op de uitvoering van de analyse. Uit de datakwaliteitscontrole is gebleken dat de basisregistratie landbouwpercelen ook enkele natuurpercelen, en dus foutieve data, bevatten. Verder is de aanname gedaan dat de beheertypendata alle natuurgebieden in het Land van Cuijk bevatten.

Tot slot bevat de toekomstige verschilkaart van de gemiddeld hoogste en laagste grondwaterstand, afkomstig uit eerder onderzoek van Deltares, zoals in bijlage 6 is aangegeven, een landelijke verwachting van de verandering in grondwaterstand, waarbij geen rekening is gehouden met lokale factoren. De nauwkeurigheid hiervan is namelijk 250 meter, waardoor de resultaten geen hogere nauwkeurigheid dan 250 meter kunnen leveren. Er is wel bekend dat bij het bepalen van de toekomstige grondwaterstanden rekening is gehouden met het KNMI'14-klimaatsscenario WH: het scenario dat ook gebruikt is in de GIS-analyses. Er is aangenomen dat deze data betrouwbaar en nauwkeurig zijn, door dat deze afkomstig zijn van een onafhankelijk adviesbureau.

7.2 Datapreparatie

Naast de datakwaliteitscontrole zijn de benodigde data ook geprepareerd voordat de analyses konden worden uitgevoerd. De datapreparatie bestaat voornamelijk uit het berekenen van de gemiddelde voorjaars grondwaterstand en gemiddelde grondwaterstand, beide noodzakelijk om het model Waterwijzer Natuur te kunnen gebruiken. Daarnaast zijn voor de gemiddeld hoogste en laagste grondwaterstanden, de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand en de gemiddelde grondwaterstand de toekomstige dieptes onder maaiveld berekend. Dit is gedaan door de verschilkaart van de gemiddeld hoogste en laagste grondwaterstanden bij de huidige grondwaterstandkaarten op te tellen. Daarnaast zijn missende en foutieve waarden, zoals de natuurpercelen in de basisregistratie percelen uit de data gefilterd. Ook is alle data in de datapreparatie gemaskeerd binnen het Land van Cuijk. Onderstaande opsomming bevat een gedetailleerder overzicht van de uitgevoerde datapreparatiestappen. De nummers komen overeen met de nummers in het flowdiagram uit figuur 37.



Figuur 37 – Flowdiagramm datapreparatiestappen

1. Raster calculator om de GHG om te rekenen van centimeters naar meters onder maaiveld. Gebruik een raster cell size van 25 meter en schrijf weg naar GHG_huidig_def.asc.
2. Raster calculator om de in stap 1 berekende GHG op te tellen bij de voorspelde verandering van de GHG rond 2050. Hierbij is een raster cell size van 25 meter gebruikt. Het bestand is weggeschreven naar GHG_toekomst_def.asc. Ondanks dat de voorspelde verandering van de GHG rond 2050 een minder grote resolutie van 250 meter heeft, is ervoor gekozen om deze data weg te schrijven als .asc formaat met een cell size van 25 meter. Dit omdat deze cell size vereist is bij de hydrologische invoer van de modellen Waterwijzer Landbouw en Waterwijzer Natuur, die voor het uitvoeren van de analyse gebruikt worden.
3. Raster calculator om de GLG om te rekenen van centimeters naar meters onder maaiveld. Gebruik een raster cell size van 25 meter en schrijf weg naar GLG_huidig_def.asc.
4. Raster calculator om de in stap 3 berekende GLG op te tellen bij de voorspelde verandering van de GLG rond 2050. Hierbij is een raster cell size van 25 meter gebruikt. Het bestand is weggeschreven naar GLG_toekomst_def.asc. Ondanks dat de voorspelde verandering van de GLG rond 2050 een minder grote resolutie van 250 meter heeft, is ervoor gekozen om deze data weg te schrijven als .asc formaat met een cell size van 25 meter. Dit omdat deze cell size vereist is bij de hydrologische invoer van de modellen Waterwijzer Landbouw en Waterwijzer Natuur, die voor het uitvoeren van de analyse gebruikt worden.
5. Raster calculator om de huidige gemiddelde grondwaterstand (GG) te berekenen op basis van de huidige GHG en GLG. Hiervoor is het script gebruikt zoals weergegeven in stap 5. Gebruik een raster cell size van 25 meter en schrijf weg naar GG_huidig_def.asc.
6. Raster calculator om de huidige gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) te berekenen op basis van de huidige GHG en GLG. Hiervoor is het script gebruikt zoals weergegeven in stap 6. Gebruik een raster cell size van 25 meter en schrijf weg naar GVG_huidig_def.asc.
7. Raster calculator om de toekomstige gemiddelde grondwaterstand (GG) te berekenen op

basis van de toekomstige GHG en GLG. Hiervoor is het script gebruikt zoals weergegeven in stap 7. Gebruik een raster cell size van 25 meter en schrijf weg naar GG_toekomst_def.asc.

8. Raster calculator om de toekomstige gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) te berekenen op basis van de toekomstige GHG en GLG. Gebruik hiervoor het script zoals weergegeven in stap 8. Gebruik een raster cell size van 25 meter en schrijf weg naar GVG_toekomst_def.asc.

9. Clip gemeentegrens Land van Cuijk op Basisregistratie Percelen om alleen de gewaspercelen in de gemeente over te houden.

10. Tester om de natuurterreinen en overige percelen eruit te filteren. Hierbij is de aanname gemaakt dat deze percelen niet uit landbouwpercelen bestaan.

11. Dissolve om alle grenzen van de landbouwpercelen aan elkaar te smelten. Schrijf weg als Landbouwpercelen_Land_van_Cuijk.shp.

12. Clip gemeentegrens Land van Cuijk op BOFEK om alleen de bodemdata van de gemeente over te houden.

13. Pixels naar polygonen rasteren om de raster om te schrijven naar polygonen.

14. Extract by mask om alleen de huidige GHG-data in gemeente Land van Cuijk over te houden.

15. Extract by mask om alleen de huidige GLG-data in gemeente Land van Cuijk over te houden.

16. Raster to point om de huidige GHG-data van raster om te schrijven naar punten.

17. Raster to point om de huidige GLG-data van raster om te schrijven naar punten.

18. Attribute manager om de huidige invoergegevens voor Waterwijzer Landbouw vast te stellen. De kolommen die voor moeten worden aangemaakt zijn: station, zoutconcentratie, gewas, GHG, GLG en irrigatie. Bijbehorende attribuutwaarden worden weergegeven in tabel 4. De kolommen GHG en GLG worden op een later moment ingevuld. De keuze voor deze attribuutwaarden wordt beschreven in hoofdstuk 2.2.1.

19. Counter om alle gepolygoniseerde rastercellen van de BOFEK een identiek nummer te geven. Dit wordt gedaan om later de koppeling op deze data te kunnen maken.

20. Point on area overlay, waarbij de polygonen afkomstig zijn uit stap 19, de BOFEK, en de punten uit stap 16, de GHG. Door deze overlay uit te voeren worden de huidige hoogste grondwaterstanden aan de polygonen gekoppeld. Schrijf als punt door naar de volgende stap.

21. In stap 20 hebben alle kolomnamen een _ voor de naam gekregen. Haal deze weg in de attribute manager.

22. In deze feature merger worden de punten met daaraan de juiste gegevens aan de juiste geometrie van de BOFEK gekoppeld.

23. Point on area overlay, waarbij de polygonen afkomstig zijn uit stap 22, de BOFEK, en de punten uit stap 17, de GHG. Door deze overlay uit te voeren worden de huidige laagste grondwaterstanden aan de polygonen gekoppeld. Schrijf als polygoon door naar de volgende stap.

24. Attribute manager om het input attribute _VALUE te hernoemen naar GLG, het output attribute.

25. Clip de gewaspercelen van gemeente Land van Cuijk op de output van stap 24 om alleen de data in de gewaspercelen van gemeente Land van Cuijk over te houden. Schrijf weg als snijmais_huidig.shp.

Herhaal stap 18 tot en met 25 voor de andere drie gewassen, waarbij de instellingen worden gebaseerd op tabel 4. Dit levert in totaal vier databestanden (snijmais_huidig.shp, consumptieaardappel_huidig.shp, grasmaaien_huidig.shp en grasbeweiding_huidig.shp) op die de input zijn voor de huidige situatie voor het model Waterwijzer Landbouw.

	Snijmais	Consumptieaardappel	Gras (maaien)	Gras (beweiding)
Station	260	260	260	260
Zoutconcentratie	0	0	0	0
Gewas	6	9	1	2
GHG				
GLG				
Irrigatie	0	0	0	0

Tabel 4 – Gewassen en bijbehorende attribuutwaarden. De GHG en GLG zijn in deze tabel leeg, omdat elke rastercel een eigen huidige of toekomstige GHG en GLG-waarde heeft.

26. Counter om alle gepolygoniseerde rastercellen van de BOFEK een identiek nummer te geven. Dit wordt gedaan om later de koppeling op deze data te kunnen maken.
 27. Extract by mask om alleen de toekomstige GHG in gemeente Land van Cuijk over te houden.
 28. Raster to point om de toekomstige GHG-data van raster om te schrijven naar punten.
 29. Tester om alle de foutieve waarden eruit te filteren. Alleen de data die geen minteken bevat zijn weggeschreven naar de volgende stap.
 30. Verwijder pointid met een attribute manager.
 31. Rond het attribuut grid_code af op 2 decimalen.
 32. Point on area overlay, waarbij de polygonen afkomstig zijn uit stap 26 en de punten uit stap 31. Door deze overlay uit te voeren worden de toekomstige hoogste grondwaterstanden aan de polygonen gekoppeld. Schrijf als punt door naar de volgende stap.
 33. In stap 32 hebben alle kolomnamen een _ voor de naam gekregen. Deze zijn weggehaald in de attribute manager. Aan het attribuut ghg is de waarde van de kolom grid_code toegekend.
 34. Behoudt alleen de kolommen bodem, gewas, ghg, glg, ID, irrigatie, station en zoutconc.
 35. In deze feature merger worden de punten met daaraan de juiste toekomstige gegevens aan de juiste geometrie van de BOFEK gekoppeld.
 36. Extract by mask om alleen de toekomstige GLG in gemeente Land van Cuijk over te houden.
 37. Raster to point om de toekomstige GLG-data van raster om te schrijven naar punten.
 38. Tester om de foutieve waarden eruit te filteren. Alleen de data die geen minteken bevat zijn weggeschreven naar de volgende stap.
 39. Verwijder pointid met een attribute manager. Hernoem grid_code naar glg.
 40. Rond het attribuut glg af op 2 decimalen.
 41. Point on area overlay, waarbij de polygonen afkomstig zijn uit stap 35 en de punten uit stap 40. Door deze overlay uit te voeren worden de toekomstige laagste grondwaterstanden aan de polygonen gekoppeld. Schrijf als polygoon door naar de volgende stap.
 42. Tester om alle missende grondwaterstanden uit de data te filteren.
 43. Attribute manager om de attributen _overlaps en glg te verwijderen. Hernoem het attribuut _glg naar glg.
 44. Clip de gewaspercelen van gemeente Land van Cuijk op de output van stap 43 om alleen de data in de gewaspercelen van gemeente Land van Cuijk over te houden. Schrijf weg als snijmais_toekomst.shp.
- Herhaal stap 26 tot en met 44 voor de andere drie gewassen, waarbij de instellingen worden gebaseerd op tabel 4. Dit levert in totaal vier databestanden (snijmais_toekomst.shp, consumptieaardappel_toekomst.shp, grasmaaien_toekomst.shp en grasbeweiding_toekomst.shp) op die de input zijn voor de toekomstige situatie voor het model Waterwijzer Landbouw.
45. Attribute manager om het de GHG en GLG voor scenario 1 te berekenen. Hierbij stijgt de grondwaterstand met 10 cm. Zie voor de berekening het script in stap 45.
 46. Attribute manager om het de GHG en GLG voor scenario 2 te berekenen. Hierbij stijgt de grondwaterstand met 20 cm. Zie voor de berekening het script in stap 46.
 47. Attribute manager om het de GHG en GLG voor scenario 3 te berekenen. Hierbij stijgt de grondwaterstand met 30 cm. Zie voor de berekening het script in stap 47.
 48. Rond de attributen ghg en glg af op 2 decimalen.
 49. Rond de attributen ghg en glg af op 2 decimalen.
 50. Rond de attributen ghg en glg af op 2 decimalen.
 51. Attribute manager om alle foutieve waarden, uit de data te filteren. Doe dit met het script in stap 51. Schrijf weg als snijmais_toekomst_scenario_1.shp.
 52. Attribute manager om alle de foutieve waarden, uit de data te filteren. Doe dit met het script in stap 52. Schrijf weg als snijmais_toekomst_scenario_2.shp.
 53. Attribute manager om alle de foutieve waarden, uit de data te filteren. Doe dit met het script in stap 53. Schrijf weg als snijmais_toekomst_scenario_3.shp.
- Herhaal stap 45 tot en met 53 voor de andere drie gewassen, waarbij de instellingen worden gebaseerd op tabel 4. Dit levert in totaal twaalf databestanden (snijmais_toekomst_scenario_1.shp, consumptieaardappel_toekomst_scenario_1.shp, grasmaaien_toekomst_scenario_1.shp en grasbeweiding_toekomst_scenario_1.shp, snijmais_toekomst_scenario_2.shp, consumptieaardappel_toekomst_scenario_2.shp, grasmaaien_toekomst_scenario_2.shp en grasbeweiding_toekomst_

scenario_2.shp, snijmais_toekomst_scenario_3.shp, consumptieaardappel_ toekomst_scenario_3.shp, grasmaaien_ toekomst_scenario_3.shp en grasbeweiding_ toekomst_scenario_3.shp) op die de input zijn voor de scenarioanalyse met een grondwaterstandverhoging van 10, 20 en 30 centimeter in de toekomstige situatie voor het model Waterwijzer Landbouw.

54. Polygon to raster om de gemeentegrens van het Land van Cuijk om te vormen naar raster. Gebruik hiervoor de waarde van attribuut ID en een resolutie van 25 meter.

55. Reclassificeer het attribuut ID en geef alle rastercellen de waarde 1. Schrijf weg als Modelgebied.asc.

56. Raster calculator om de huidige kwelkwaliteitskaart op te tellen bij de voorspelde verandering van kwel rond 2050. Gebruik een raster cell size van 25 meter en schrijf weg naar Kwel_toekomst.asc. Ondanks dat de voorspelde verandering van de kwel rond 2050 een resolutie van 250 meter heeft, is ervoor gekozen om deze data weg te schrijven als .asc formaat met een cell size van 25 meter. Dit omdat deze cell size vereist is bij de hydrologische invoer van de modellen Waterwijzer Natuur, die voor het uitvoeren van de analyse gebruikt worden.

57. Attribute manager om het attribuut ID toe te voegen op basis van het huidige beheertype. Gebruik hiervoor de omvormingswaarden uit tabel 5.

58. Polygon to raster om de beheertypedata om te vormen naar raster. Gebruik hiervoor de waarde van attribuut ID en een resolutie van 25 meter. Schrijf weg als Beheertypen_Land_van_Cuijk.asc.

59. Duplicate filter om de unieke ID-attributen met bijbehorend beheertype te behouden.

60. Attribute manager om het attribuut HUIDIG_BEH te hernoemen naar code. Behoudt alleen de attributen code en ID en schrijf weg naar Beheertypen_Land_van_Cuijk_legenda_punt.csv. Dit bestand is de legenda voor de uitvoer van stap 58.

Tabel 5 – De waarde van attribuut ID met bijbehorend beheertype.

Test condition	Attribute Value
If @Value(HUIDIG_BEH) = B10.02	1
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = B12.02	2
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = B12.05	3
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = L01.01	4
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = L01.02	5
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = L01.03	6
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = L01.05	7
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = L01.06	8
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = L01.07	9
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = L01.08	10
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = L01.09	11
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = L01.16	12
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = N00.01	13
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = N01.03	14
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = N01.04	15
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = N02.01	16
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = N03.01	17
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = N04.02	18
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = N05.03	19
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = N05.04	20
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = N06.04	21
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = N06.05	22
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = N06.07	23
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = N07.01	24
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = N10.01	25
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = N10.02	26
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = N11.01	27
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = N12.01	28
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = N12.02	29
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = N12.03	30
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = N12.04	31
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = N12.05	32
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = N12.06	33
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = N14.01	34
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = N14.02	35
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = N14.03	36
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = N15.02	37
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = N16.03	38
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = N16.04	39
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = N17.06	40
Else if @Value(HUIDIG_BEH) = N07.02	41

8. Kwetsbare landbouwgebieden en grondwaterstandverhoging landbouwgebieden

8.1 Waterwijzer Landbouw Tabel

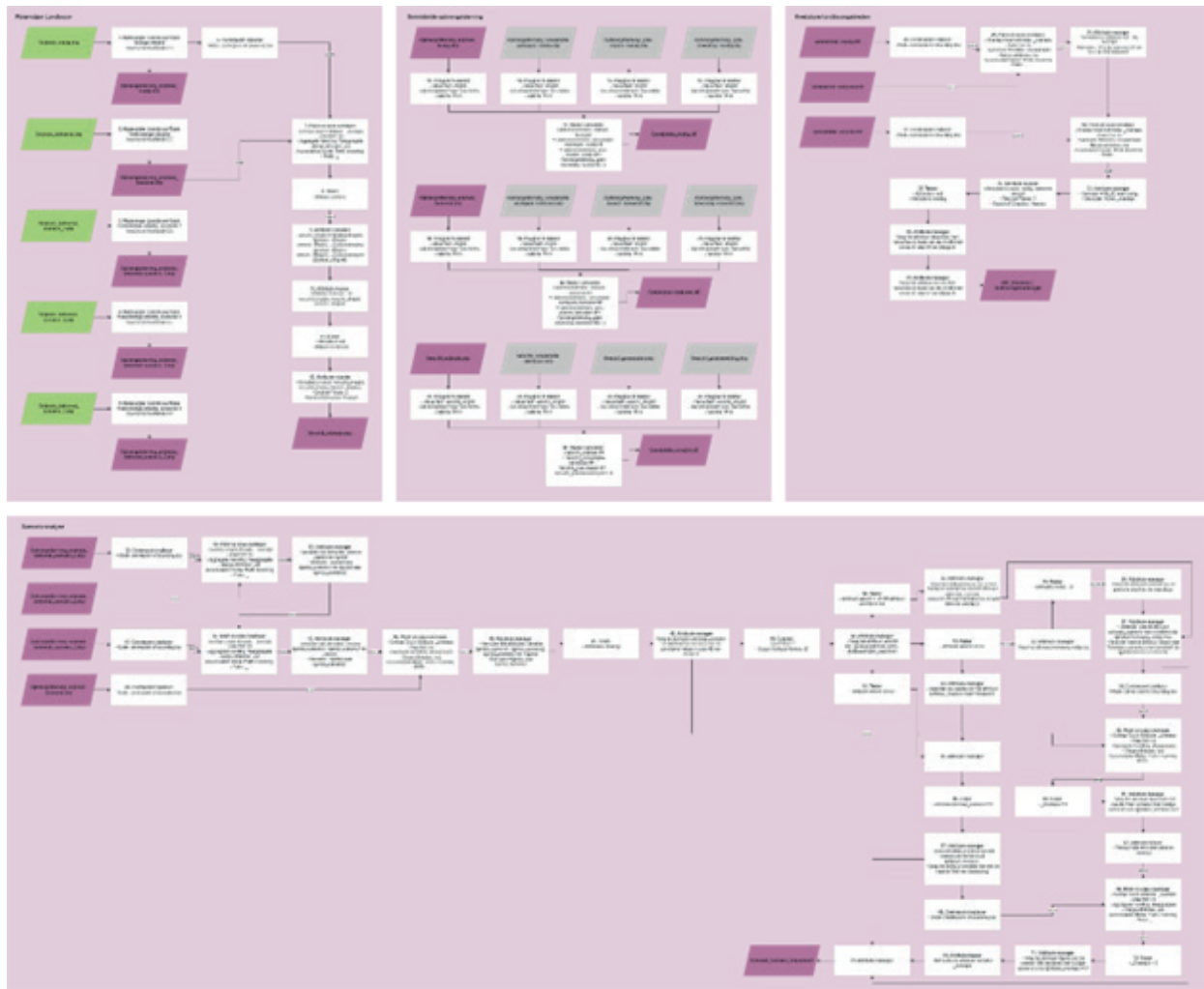
In dit model wordt de opbrengstderving van een gewas berekend aan de hand van hydrologische, bodemkundige en meteorologische eigenschappen van een gebied, binnen een bepaalde klimaatperiode. De hydrologische condities bestaan hierbij uit de gemiddeld hoogste en laagste grondwaterstanden.

Bij het bepalen van de totale opbrengstderving wordt onderscheid gemaakt in directe en indirecte effecten. Directe effecten zijn gekoppeld aan de afname in gewasverdamping, waarbij verschil wordt gemaakt tussen droogte- en zuurstofstress. Planten die droogtestress ervaren bevinden zich in een omgeving waar geen optimale bodemvochtcondities zijn en de waterflux naar de wortels kleiner is dan de potentiële wateropname. Kortom, de plantwortels zijn in deze gebieden niet in staat om aan de potentiële wateropname te voldoen (Werkgroep Waterwijzer Landbouw, 2018). Bij zuurstofstress is er onvoldoende zuurstof aanwezig in de bodem. Dit komt doordat de lucht in de bodemporiën gedurende te natte condities wordt vervangen door water en de plant hierdoor minder zuurstof op kan nemen (Werkgroep Waterwijzer Landbouw, 2018). Indirecte effecten bestaan uit de door hydrologische condities veroorzaakte schade aan gewassen, bijvoorbeeld in de vorm van een uitgesteld groeiseizoen door te natte omstandigheden (Werkgroep Waterwijzer Landbouw, 2018).

8.2 Analysestappen

Onderstaande opsomming is een overzicht van de uitgevoerde analysestappen. De nummers komen overeen met de nummers in het flowdiagram uit figuur 38. Zoals in hoofdstuk 2.2.1 is aangegeven is de kwetsbaarheid van de landbouwpercelen van het Land van Cuijk getoetst aan de hand van de vier meest voorkomende landbouwgewassen. In onderstaand overzicht zijn enkel de analysestappen van het gewas snijmais beschreven. In het overzicht wordt daarom op verschillende plekken aangegeven welke stappen voor de overige drie gewassen herhaal moeten worden om de analyse volledig uit te kunnen voeren.

Voor de scenario-analyse van de grondwaterstandverhoging geldt dit echter niet. Deze analyse is enkel uitgevoerd voor het gewas snijmais. Het overzicht kan echter, met andere instellingen, wel toegepast worden op de overige drie gewassen.



Figuur 38 – Flowdiagram voor het bepalen van de kwetsbare landbouwgebieden en scenario-analyse grondwaterstandverhoging.

1. Bepalen van de huidige totale opbrengstderving van het gewas snijmais aan de hand van het uit de datapreparatie gemaakte huidige situatie. Dit is gedaan op basis van het R-script uit bijlage 8.3, met input van het controle bestand uit bijlage 8.4. Keuzes voor de periode en klimaatperiode worden nader toegelicht in hoofdstuk 2.2. Schrijf weg als opbrengstderving_snijmais_huidig.shp.
2. Bepalen van de toekomstige totale opbrengstderving van het gewas snijmais aan de hand van het uit de datapreparatie gemaakte verwachte toekomstige situatie. Dit is gedaan op basis van het R-script uit bijlage 8.5, met input van het controle bestand uit bijlage 8.6. Keuzes voor de periode en klimaatperiode worden nader toegelicht in hoofdstuk 2.2. Schrijf weg als opbrengstderving_snijmais_toekomst.shp.
3. Bepalen van de toekomstige totale opbrengstderving van het gewas snijmais bij een grondwaterstandverhoging van 10 cm, aan de hand van de uit de datapreparatie gemaakte scenario situatie. Dit is gedaan op basis van het R-script uit bijlage 8.7, met input van het controle bestand uit bijlage 8.8. Keuzes voor de periode en klimaatperiode worden nader toegelicht in hoofdstuk 2.2. Schrijf weg als opbrengstderving_snijmais_toekomst_scenario_1.shp.
4. Bepalen van de toekomstige totale opbrengstderving van het gewas snijmais bij een grondwaterstandverhoging van 20 cm, aan de hand van de uit de datapreparatie gemaakte scenario situatie. Dit is gedaan op basis van het R-script uit bijlage 8.7, met input van het controle bestand uit bijlage 8.8. Keuzes voor de periode en klimaatperiode worden nader toegelicht in hoofdstuk 2.2. Zoals in bijlage 8.8 is aangegeven bevat dit script de toekomsituatie bij een scenario grondwaterstandverhoging van 10 cm. Het bestand in dit script moet dus aan worden gepast naar snijmais_toekomst_scenario_2.shp. Schrijf weg als opbrengstderving_snijmais_toekomst_scenario_2.shp.

5. Bepalen van de toekomstige totale opbrengstderving van het gewas snijmais bij een grondwaterstandverhoging van 20 cm, aan de hand van de uit de datapreparatie gemaakte scenario situatie. Dit is gedaan op basis van het R-script uit bijlage 8.7, met input van het controle bestand uit bijlage 8.8. Keuzes voor de periode en klimaatperiode worden nader toegelicht in hoofdstuk 2.2. Zoals in bijlage 8.8 is aangegeven bevat dit script de toekomstsituatie bij een scenario grondwaterstandverhoging van 10 cm. Het bestand in dit script moet dus aan worden gepast naar `snijmais_toekomst_scenario_3.shp`. Schrijf weg als `opbrengstderving_snijmais_toekomst_scenario_3.shp`.
6. Voor het berekenen van het verschil in opbrengstderving tussen de huidige en toekomstige situatie wordt de data van de huidige situatie, stap 1, omgezet naar punten met een centrepunt replacer.
7. Point on area overlay, waarbij de polygonen afkomstig zijn uit stap 2 en de punten uit stap 6. Door deze overlay uit te voeren wordt de huidige opbrengstderving aan de polygonen met de toekomstige opbrengstderving gekoppeld. Schrijf als punt door naar de volgende stap.
8. Tester om alle gebieden met een negatieve opbrengstderving, een foutieve waarde, uit de data te filteren.
9. Attribute manager om het verschil te berekenen tussen de huidige en toekomstige totale opbrengstderving, derving door droogte en derving door wateroverlast. Bereken dit met behulp van het script in stap 9 van figuur 38.
10. Attribute keeper om alleen de vereiste attributen te behouden.
11. Tester om alle gebieden waarvan de opbrengstderving mist of een null-waarde heeft uit de data te filteren.
12. Rond de attributen `verschil_dmgdry`, `verschil_dmg_tot`, `verschil_dmgwet` af op 2 decimalen en schrijf weg als `verschil_snijmais.shp`.

Herhaal stap 1 tot en met 12 voor de andere drie gewassen, waarbij alle data afkomstig is uit de datapreparatie zoals beschreven in bijlage 7. Dit levert in totaal twaalf databestanden (`opbrengstderving_snijmais_huidig.shp`, `opbrengstderving_consumptieaardappel_huidig.shp`, `opbrengstderving_grasmaaien_huidig.shp`, `opbrengstderving_grasbeweiding_huidig.shp`, `opbrengstderving_snijmais_toekomst.shp`, `opbrengstderving_consumptieaardappel_toekomst.shp`, `opbrengstderving_grasmaaien_toekomst.shp`, `opbrengstderving_grasbeweiding_toekomst.shp`, `verschil_snijmais.shp`, `verschil_consumptieaardappel.shp`, `verschil_grasmaaien.shp`, `verschil_grasbeweiding.shp`) op die de input zijn voor het berekenen van de gemiddelde opbrengstderving per situatie.

13. Polygon to raster om de huidige totale opbrengstderving van snijmais om te vormen naar raster. Gebruik hiervoor de waarde van attribuut `dgmtot` en een resolutie van 25 meter.
14. Polygon to raster om de huidige totale opbrengstderving van consumptieaardappel om te vormen naar raster. Gebruik hiervoor de waarde van attribuut `dgmtot` en een resolutie van 25 meter.
15. Polygon to raster om de huidige totale opbrengstderving van gras maaïen om te vormen naar raster. Gebruik hiervoor de waarde van attribuut `dgmtot` en een resolutie van 25 meter.
16. Polygon to raster om de huidige totale opbrengstderving van gras beweiding om te vormen naar raster. Gebruik hiervoor de waarde van attribuut `dgmtot` en een resolutie van 25 meter.
17. Raster calculator om de gemiddelde huidige opbrengstderving van de vier gewassen te berekenen. Schrijf weg als `gemiddelde_huidig.tiff`. Ondanks dat er uit de BRP 2010 blijkt dat er in de gemeente Land van Cuijk meer gras dan snijmais en consumptieaardappel is, is er toch voor gekozen om de vier gewassen een gelijke weging mee te geven. Dit omdat per rastercel een verwachting wordt geschetst van de kans dat het op dit moment gebruikte landgebruik in gemeente Land van Cuijk nog optimaal is in de toekomst.
18. Polygon to raster om de toekomstige totale opbrengstderving van snijmais om te vormen naar raster. Gebruik hiervoor de waarde van attribuut `dgmtot` en een resolutie van 25 meter.
19. Polygon to raster om de toekomstige totale opbrengstderving van consumptieaardappel om te vormen naar raster. Gebruik hiervoor de waarde van attribuut `dgmtot` en een resolutie van 25 meter.
20. Polygon to raster om de toekomstige totale opbrengstderving van gras maaïen om te vormen naar raster. Gebruik hiervoor de waarde van attribuut `dgmtot` en een resolutie van 25 meter.

meter.

21. Polygon to raster om de toekomstige totale opbrengstderving van gras beweiding om te vormen naar raster. Gebruik hiervoor de waarde van attribuut dgmtot en een resolutie van 25 meter.

22. Raster calculator om de gemiddelde toekomstige opbrengstderving van de vier gewassen te berekenen. Schrijf weg als gemiddelde_toekomstig.tiff. Ondanks dat er uit de BRP 2010 blijkt dat er in de gemeente Land van Cuijk meer gras dan snijmais en consumptieaardappel is, is er toch voor gekozen om de vier gewassen een gelijke weging mee te geven. Dit omdat per rastercel een verwachting wordt geschetst van de kans dat het op dit moment gebruikte landgebruik in gemeente Land van Cuijk nog optimaal is in de toekomst.

23. Polygon to raster om het verschil in totale opbrengstderving van snijmais om te vormen naar raster. Gebruik hiervoor de waarde van attribuut verschil_dgmtot en een resolutie van 25 meter.

24. Polygon to raster om het verschil in totale opbrengstderving van consumptieaardappel om te vormen naar raster. Gebruik hiervoor de waarde van attribuut verschil_dgmtot en een resolutie van 25 meter.

25. Polygon to raster om het verschil in totale opbrengstderving van gras maaien om te vormen naar raster. Gebruik hiervoor de waarde van attribuut verschil_dgmtot en een resolutie van 25 meter.

26. Polygon to raster om het verschil in totale opbrengstderving van gras beweiding om te vormen naar raster. Gebruik hiervoor de waarde van attribuut verschil_dgmtot en een resolutie van 25 meter.

27. Raster calculator om het gemiddelde verschil in opbrengstderving van de vier gewassen te berekenen. Schrijf weg als gemiddelde_verschil.tiff. Ondanks dat er uit de BRP 2010 blijkt dat er in de gemeente Land van Cuijk meer gras dan snijmais en consumptieaardappel is, is er toch voor gekozen om de vier gewassen een gelijke weging mee te geven. Dit omdat per rastercel een verwachting wordt geschetst van de kans dat het op dit moment gebruikte landgebruik in gemeente Land van Cuijk nog optimaal is in de toekomst.

28. Omzetten van de gemiddelde huidige opbrengstderving naar punten met een centrepunt replacer.

29. Point on area overlay, waarbij de polygonen afkomstig zijn uit stap 22 en de punten uit stap 28. Door deze overlay uit te voeren wordt de huidige gemiddelde opbrengstderving aan de polygonen met de toekomstige gemiddelde opbrengstderving gekoppeld. Schrijf als polygoon door naar de volgende stap.

30. Attribute manager om de attributen fid, _fid en _overlaps te verwijderen. Wijzig de naam van het attribuut _VALUE naar verschil en VALUE naar toekomst.

31. Omzetten van het gemiddelde verschil in opbrengstderving naar punten met een centrepunt replacer.

32. Point on area overlay, waarbij de polygonen afkomstig zijn uit stap 31 en de punten uit stap 30. Door deze overlay uit te voeren wordt de gemiddelde verschil in opbrengstderving aan de polygonen met de huidige en toekomstige gemiddelde opbrengstderving gekoppeld. Schrijf als polygoon door naar de volgende stap.

33. Attribute manager om de attributen =fid en _overlaps te verwijderen. Wijzig de naam van het attribuut =VALUE naar huidig.

34. Rond de attributen huidig, toekomst en verschil af op 2 decimalen.

35. Tester om alle gebieden waarvan de opbrengstderving mist of een null-waarde heeft uit de data te filteren.

36. Voeg het attribuut klasse toe. Baseer de waarde van dit attribuut op basis van tabel 6. Dit klassennummer wordt in de volgende stap gebruikt om het definitieve kwetsbaarheidstype toe te kennen. Er is gekozen om een onderverdeling te maken waarbij de hoogte van de toekomstige opbrengstderving leidend is. Wanneer de toekomstige situatie een opbrengstderving van kleiner dan 15 procent heeft, wordt deze als 'weinig opbrengstderving' gezien. Een toekomstige opbrengstderving tussen de 15 en 22,5 procent wordt als 'matige opbrengstderving' gecategoriseerd en een toekomstige opbrengstderving hoger dan 22,5 procent als 'hoge opbrengstderving'. Ook wordt het verschil in opbrengstderving meegenomen om de verandering ten opzichte van de huidige situatie weer te geven en daarmee de kwetsbaarheid van de gebieden. Op deze manier wordt onderscheid gemaakt tussen gebieden die een sterke verandering doormaken (verschil

>5), gebieden die een matige verandering doormaken (verschil $\geq 2,5$ en ≤ 5), beide gebieden die kwetsbaar zijn, en gebieden die geen verandering doormaken (verschil $< 2,5$) en dus niet kwetsbaar zijn. Zowel de toekomstige klassen als verschillklassen zijn gebaseerd op de Jenks-classificatiemethode, waarbij natuurlijke breuken worden gebruikt.

Tabel 6 – Toekenning van de klassen

Klasse	Test condition
1	@Value(toekomst) < 15 AND @Value(verschil) < 2,5
2	@Value(toekomst) < 15 AND @Value(verschil) $\geq 2,5$ AND @Value(verschil) ≤ 5
3	@Value(toekomst) < 15 AND @Value(verschil) > 5
4	@Value(toekomst) ≥ 15 AND @Value(toekomst) $\leq 22,5$ AND @Value(verschil) < 2,5
5	@Value(toekomst) ≥ 15 AND @Value(toekomst) $\leq 22,5$ AND @Value(verschil) $\geq 2,5$ AND @Value(verschil) ≤ 5
6	@Value(toekomst) ≥ 15 AND @Value(toekomst) $\leq 22,5$ AND @Value(verschil) > 5
7	@Value(toekomst) > 22,5 AND @Value(verschil) < 2,5
8	@Value(toekomst) > 22,5 AND @Value(verschil) $\geq 2,5$ AND @Value(verschil) ≤ 5
9	@Value(toekomst) > 22,5 AND @Value(verschil) > 5

37. Voeg het attribuut DEF toe. Baseer de waarde van dit attribuut op basis van tabel 7. Dit definitieve klassennummer geeft de kwetsbaarheid van de gebieden voor klimaatverandering weer en is gebaseerd op dezelfde keuze als die in stap 36. Dit resulteert in de volgende kwetsbaarheidsklassen:

- a. 1 = Weinig opbrengstderving en geen toekomstige verandering
- b. 2 = Kwetsbare landbouwpercelen, verandering van weinig naar matige opbrengstderving
- c. 3 = Matige opbrengstderving en geen toekomstige verandering
- d. 4 = Heel erg kwetsbare landbouwgebieden, verandering van matige naar hoge opbrengstderving
- e. 5 = Hoge opbrengstderving en geen toekomstige verandering

Tabel 7 – Toekenning van de definitieve kwetsbaarheidsklassen

DEF	Test condition
1	@Value(klasse) = 1 OR @Value(klasse) = 2 OR @Value(klasse) = 3
2	@Value(klasse) = 4 AND @Value(huidig) < 15
2	@Value(klasse) = 5 AND @Value(huidig) < 15
2	@Value(klasse) = 6 AND @Value(huidig) < 15
3	@Value(klasse) = 4 AND @Value(huidig) ≥ 15 AND @Value(huidig) $\leq 22,5$
3	@Value(klasse) = 5 AND @Value(huidig) ≥ 15 AND @Value(huidig) $\leq 22,5$
3	@Value(klasse) = 6 AND @Value(huidig) ≥ 15 AND @Value(huidig) $\leq 22,5$
4	@Value(klasse) = 7 AND @Value(huidig) ≥ 15 AND @Value(huidig) $\leq 22,5$
4	@Value(klasse) = 8 AND @Value(huidig) ≥ 15 AND @Value(huidig) $\leq 22,5$
5	@Value(klasse) = 7 AND @Value(huidig) > 22,5
5	@Value(klasse) = 8 AND @Value(huidig) > 22,5
5	@Value(klasse) = 9 AND @Value(huidig) > 22,5
4	@Value(klasse) = 9 AND @Value(huidig) ≥ 15 AND @Value(huidig) $\leq 22,5$
4	@Value(klasse) = 9 AND @Value(huidig) < 15

Onderstaande stappen vormen een overzicht van de analysestappen van de grondwaterstandverhoging landbouwgebieden voor het gewas snijmais. Er is voor dit gewas gekozen, omdat uit de analyse van de kwetsbare landbouwgebieden is gebleken dat dit gewas gemiddeld in het Land van Cuijk de meeste huidige en toekomstige opbrengstderving heeft.

38. Omzetten van de toekomstige opbrengstderving van snijmais bij scenario 1 naar punten met een centrepunt replacer.
39. Point on area overlay, waarbij de polygonen afkomstig zijn uit het toekomstscenario 2 en de punten uit stap 38. Schrijf als polygoon door naar de volgende stap.
40. Attribute manager om alle attributen, behalve _dgm tot en dgm tot, te verwijderen. Wijzig de naam van het attribuut _dgm tot naar dgm tot_scenario1 en attribuut dgm tot naar dgm tot_scenario2.
41. Omzetten van de toekomstige opbrengstderving van snijmais bij scenario 3 naar punten met een centrepunt replacer.
42. Point on area overlay, waarbij de polygonen afkomstig zijn uit stap 40 en de punten uit stap 41. Schrijf als polygoon door naar de volgende stap.
43. Attribute manager om alle attributen, behalve dgm tot_scenario1, dgm tot_scenario2 en =dgm tot, te verwijderen. Wijzig de naam van het attribuut dgm tot naar dgm tot_sceario3.
44. Omzetten van de toekomstige opbrengstderving van snijmais in de verwachte natuurlijke situatie naar punten met een centrepunt replacer.
45. Point on area overlay, waarbij de polygonen afkomstig zijn uit stap 43 en de punten uit stap 44. Schrijf als polygoon door naar de volgende stap.
46. Attribute manager om alle attributen, behalve dgm tot_scenario1, dgm tot_scenario2, dgm tot_scenario3 en =dgm tot, te verwijderen. Wijzig de naam van het attribuut =dgm tot naar dgm tot_toekomst.
47. Tester om alle gebieden waarvan de opbrengstderving mist uit de data te filteren.
48. Voeg de attributen optimaal_scenario en optimaal_getal toe. Baseer de waarde van deze attribuut op basis van tabel 8 en 9. In het script van tabel 7 wordt getoetst welk grondwaterstandscenario de laagste opbrengstderving heeft. In het script van tabel 8 wordt bepaald wat het percentage opbrengstderving is horende bij dit scenario.

Tabel 8 – Toekenning van het grondwaterstandscenario met de minste opbrengstderving

Optimaal scenario	Test condition
1	@Value(dmgtot_scenario_1) < @Value(dmgtot_scenario_2) AND @Value(dmgtot_scenario_1) < @Value(dmgtot_scenario_3) AND @Value(dmgtot_scenario_1) < @Value(dmgtot_toekomst)
2	@Value(dmgtot_scenario_2) < @Value(dmgtot_scenario_1) AND @Value(dmgtot_scenario_2) < @Value(dmgtot_scenario_3) AND @Value(dmgtot_scenario_2) < @Value(dmgtot_toekomst)
3	@Value(dmgtot_scenario_3) < @Value(dmgtot_scenario_1) AND @Value(dmgtot_scenario_3) < @Value(dmgtot_scenario_2) AND @Value(dmgtot_scenario_3) < @Value(dmgtot_toekomst)
0	@Value(dmgtot_toekomst) < @Value(dmgtot_scenario_2) AND @Value(dmgtot_toekomst) < @Value(dmgtot_scenario_3) AND @Value(dmgtot_toekomst) < @Value(dmgtot_scenario_1)

Tabel 9 – Toekenning van de opbrengstderving die hoort bij het grondwaterstandscenario met de minste opbrengstderving

Optimaal getal	Test condition
Dmgtot_scenario 1	@Value(dmgtot_scenario_1) < @Value(dmgtot_scenario_2) AND @Value(dmgtot_scenario_1) < @Value(dmgtot_scenario_3) AND @Value(dmgtot_scenario_1) < @Value(dmgtot_toekomst)
Dmgtot_scenario 2	@Value(dmgtot_scenario_2) < @Value(dmgtot_scenario_1) AND @Value(dmgtot_scenario_2) < @Value(dmgtot_scenario_3) AND @Value(dmgtot_scenario_2) < @Value(dmgtot_toekomst)
Dmgtot_scenario 3	@Value(dmgtot_scenario_3) < @Value(dmgtot_scenario_1) AND @Value(dmgtot_scenario_3) < @Value(dmgtot_scenario_2) AND @Value(dmgtot_scenario_3) < @Value(dmgtot_toekomst)
Dmgtot_toekomst	@Value(dmgtot_toekomst) < @Value(dmgtot_scenario_2) AND @Value(dmgtot_toekomst) < @Value(dmgtot_scenario_3) AND @Value(dmgtot_toekomst) < @Value(dmgtot_scenario_1)

49. Counter om alle gepolygoniseerde rastercellen een identiek nummer te geven. Dit wordt gedaan om later de koppeling op deze data te kunnen maken.

50. Attribute manager om het attribuut verschil toe te voegen. Dit is het verschil in opbrengstderving tussen het getal van het scenario met de minste opbrengstderving en de natuurlijke toekomstsituatie en wordt berekend aan de hand van de formule: @Value(optimaal_getal)-@Value(dmgtot_toekomst). Het verschil wordt berekend om in een latere stap de grenswaarde van een verschil van 5 procent toe te kunnen kennen.

51. Tester om de data van het attribuut verschil, die een null-waarde, heeft apart weg te schrijven.

52. Attribute manager om het attribuut verhoging nodig toe te voegen. Dit attribuut laat zien of het rendabel is om de grondwaterstand te verhogen en is berekend aan de hand van tabel 10. Er is gekozen om een grondwaterstandscenario weg te schrijven wanneer deze een minimaal verschil van 5 procent heeft ten opzichte van de natuurlijke toekomstscenario. Ook hierbij is gekozen om deze waarde te baseren op de Jenks-classificatiemethode, waarbij natuurlijke breuken worden gebruikt.

Tabel 10 – Bepalen of een grondwaterstandverhoging rendabel is.

Verhoging nodig	Test condition
Ja	@Value(dmgtot_scenario_1) < @Value(dmgtot_toekomst) < -5 OR @Value(dmgtot_scenario_2) < @Value(dmgtot_toekomst) < -5 OR @Value(dmgtot_scenario_3) < @Value(dmgtot_toekomst) < -5

53. Tester om de data van het attribuut verhoging nodig, die een ja toegekend heeft gekregen, apart weg te schrijven.
54. Attribute manager om het attribuut rendabel toe te voegen. Geef alle data hier de waarde ja mee.
55. Tester om data van het attribuut verschil, die een waarde groter dan -5 of null heeft, apart weg te schrijven. Dit wordt gedaan om onderscheid te kunnen maken tussen de gebieden waarin het verschil tussen het scenario met de minste opbrengstderving en de natuurlijke toekomstsituatie groter dan en lager dan 5 procent is. Er is gekozen om deze indicatiewaarde mee te geven, zodat bepaald kan worden vanaf welk verschil in opbrengstderving het winstgevend is om de grondwaterstand te verhogen. Deze vijf procent is echter wel een voorbeeldgetal, dat wanneer gewenst, aangepast kan worden.
56. Attribute manager om het attribuut klasse toe te voegen. Ken hierbij de waarde toe van het attribuut optimaal_scenario. Voeg ook het attribuut rendabel toe en geef deze de waarde ja.
57. Attribuut manager om de data uit stappen 54 en 56 samen te voegen. Verander de waarde van het attribuut optimaal_scenario naar onbekend als de waarde van het attribuut verhoging nodig ja is. Verander de waarde van het attribuut klasse naar 'meerdere scenario's even rendabel' als de waarde van het attribuut klasse missend is.
58. Omzetten van de rendabele gebieden om een grondwaterstandverhoging toe te passen naar punten met een centrepunt replacer.
59. Point on area overlay, waarbij de polygonen afkomstig zijn uit stap 48 en de punten uit stap 58. Schrijf als polygoon door naar de volgende stap.
60. Tester om de data die, op basis van de point on area overlay uit stap 59, geen overlap heeft apart weg te schrijven.
61. Attribute manager om het attribuut klasse toe te voegen. Ken de waarde 'Niet rendabel (met huidige scenario's) toe, als het aantal overlaps 0 is.
62. Verwijder het attribuut _overlaps met behulp van een attribute keeper.
63. Attribuutmanager om de waarde van het attribuut optimaal_scenario te veranderen naar 'onbekend'.
64. Tester om de data van het attribuut verschil, die een null-waarde, heeft apart weg te schrijven.
65. Attribute manager om de data uit stap 63 en 64 samen te voegen. Verander verder niks aan de data.
66. Tester om de data van het attribuut optimaal_scenario, met een waarde van 0, apart weg te schrijven. Dit zijn alle gebieden waarbij het scenario met de minste opbrengstderving de natuurlijke, toekomstige grondwaterstand is.
67. Attribute manager om het attribuut klasse toe te voegen. Ken hier de waarde toe van het attribuut optimaal_scenario. Voeg ook het attribuut rendabel toe, met de waarde 'niet van toepassing'.
68. Omzetten van de gebieden waar de natuurlijke toekomstsituatie het scenario met de minste opbrengstderving grondwaterstandscenario is naar punten met een centrepunt replacer.
69. Point on area overlay, waarbij de polygonen afkomstig zijn uit stap 62 en de punten uit stap 68. Schrijf als polygoon door naar de volgende stap.
70. Tester om de data die, op basis van de point on area overlay uit stap 69, geen overlap heeft apart weg te schrijven.
71. Attribute manager om het attribuut klasse toe te voegen. Ken de waarde 'Niet rendabel (met huidige scenario's) toe, als het aantal overlaps 0 is.
72. Verwijder het attribuut _overlaps met behulp van een attribute keeper.
73. Attribute manager om de data uit stap 57 en 67 samen te voegen. Dit bestand bevat alle data, met daarin het grondwaterscenario met de minste opbrengstderving voor snijmais. Schrijf weg als optimaal_scenario_snijmais.tiff.

8.3 R-script huidige kwetsbare gebieden

Onderstaand R-script is gebruikt voor het bepalen van de huidige kwetsbare landbouwgebieden.

```
# WWL-tabel
# Wageningen Environmental Research
# waterwijzerlandbouw@wur.nl
#-----

# set start of program
TIMPRGSTART <- Sys.time()

# ---- arguments ----

wd <- "~/HAS 2021 - 2022/BO/Waterwijzer/Landbouw/WWL_tabel/WWL_tabel"
setwd(wd)
ctrl <- "control_shape_huidig.inp"

# ---- load libraries ----
# initial part of procedure
#-----

# general settings
CRAN_mirror <- "O-Cloud [https]"
dir_pkg <- "./Tools/R/Libraries"

# set packages to load
pkg_load <- "WWLtabel"

# set repository
options(repos = c(getOption("repos")["CRAN"], "https://waterwijzerlandbouw.wur.nl/repo"))
online <- TRUE

# create local directory (optional)
if (lis.null(dir_pkg)) {
  dir.create(path = dir_pkg, recursive = TRUE, showWarnings = FALSE)
  dir_pkg <- normalizePath(dir_pkg)
  .libPaths(dir_pkg)
}

# main part of procedure
#-----

message("\nLoad packages...")

# set CRAN mirror in case packages need to be installed
if (online) {
  CRAN_mirrors <- getCRANmirrors()
  rec <- match(CRAN_mirror, CRAN_mirrors$Name)
  if (all(is.na(rec))) stop(paste("\nUnable to select CRANmirror: ", CRAN_mirror, sep=""))
  chooseCRANmirror(ind = rec[!is.na(rec)][1])
}

# loop over packages
for (s_pkg in pkg_load) {
  if (suppressWarnings(suppressPackageStartupMessages(require(package = s_pkg, lib.loc = dir_pkg,
character.only = TRUE)))) {
```

```

    message(paste0("- package '", s_pkg, "' loaded"))
  } else {
    if (!online) {
      stop(paste0("failed to load package: ", s_pkg))
    } else {
      suppressWarnings(suppressPackageStartupMessages(install.packages(pkg = s_pkg, dependencies
= TRUE, lib = dir_pkg, quiet = TRUE)))
      if (suppressWarnings(suppressPackageStartupMessages(require(package = s_pkg, lib.loc = dir_
pkg, character.only = TRUE)))) {
        message(paste0("- package '", s_pkg, "' installed"))
      } else {
        stop(paste0("failed to install package: ", s_pkg))
      }
    }
  }
}
}

```

```

# check if there are updates available
if (online) {
  if (!all(!pkg_load %in% old.packages()[,"Package"])) {
    suppressWarnings(suppressPackageStartupMessages(update.packages(lib.loc = dir_pkg, ask =
FALSE)))
  }
}

```

```

message("\nProgam R-PROG started...\n")

```

```

# ---- main-process ----

```

```

# run WWL-tabel
wwl_tabel(file = ctrl)

```

```

# ---- return of procedure ----

```

```

TIMPRGEND <- Sys.time()
TIMPRGALC <- as.numeric(difftime(time1 = TIMPRGEND, time2 = TIMPRGSTART, units = "secs"))
message(paste0("\nProgam R-PROG successfully ended in ", floor(TIMPRGALC / 60), " minutes and
", ceiling(TIMPRGALC %% 60), " seconds"))
q(save = "no")

```

8.4 Controlfile huidige kwetsbare landbouwgebieden

Onderstaand controlfile is gebruikt voor het bepalen van de huidige kwetsbare landbouwgebieden. Dit script bevat het voorbeeld voor het gewas snijmais. Om het script te kunnen gebruiken voor de overige drie gewassen moet het bestandstype met het betreffende gewas het bestand snijmais_huidig.shp in de regel ./Input/Shape/Huidig/snijmais_huidig.shp vervangen.

```
# Controlfile WWL_tabel
# Wageningen Environmental Research
#-----
#

#-----
# GEWASRESPONS
#-----

# Versie database
DATABASE                2.0.0

# Selectie klimaatperiode
# Opties: __ | Wh
KLIMAAT                  --

# Periode van gewasrespons
# Opties: 1981-2010 | 1991-2020 | 1981:2020 | 2036-2065
PERIODE                  1981-2010

#-----
# FOLDER-STRUCTUUR
#-----

DIROUT                   ./Output/Shape/Huidig

#-----
# INVOER
#-----

# Selectie formaat input
# Opties: Tabel | Raster | Shape
FORMAAT                  Shape

# Optie Shape:
SHAPE                    ./Input/Shape/Huidig/snijmais_huidig.shp

# Eenheid grondwaterstand
# Opties: m-mv | m+mv | cm-mv | cm+mv
EENHEID                  m-mv

#-----
# UITVOER
#-----

HRVPOTBIO                Yes
HRVPOTEUR                Yes
HRVPOTVEM                No
HRVPOTDVE                No
DMGTOT                   Yes
```

DMGIND	Yes
DMGDIR	Yes
DMGDRY	Yes
DMGWET	Yes
DMGSOL	No

#-----
ECONOMIE (optioneel)
#-----

Veeteelt

#VEM	0.167	# € kVEM-1
#DVE	0.671	# € kDEV-1

Akkerbouw

#WINTERTARWE	0.19	# € kg-1
#ZOMERGERST	0.19	# € kg-1
#CONSUMPTIEAARDAPPEL	0.16	# € kg-1
#ZETMEELAARDAPPEL	0.07	# € kg-1
#POOTAARDAPPEL	0.30	# € kg-1
#SUIKERBIETEN	0.056	# € kg-1
#ZAAI-UIEN	0.14	# € kg-1

Groenteteelt

#PREI	0.37	# € kg-1
#SLA	0.21	# € stuk-1
#BLOEMKOOL	0.55	# € stuk-1
#SPRUITKOOL	0.40	# € kg-1
#WINTERPEEN	0.16	# € kg-1
#SPERZIEBONEN	0.16	# € kg-1

Bloembollen

#TULP	0.43	# € stuk-1
#LELIE	0.85	# € stuk-1

Boomteelt

#APPELBOMEN	0.735	# € kg-1
#LAANBOMEN	4570	# € kg-1

8.5 R-script toekomstige kwetsbare gebieden

Onderstaand R-script is gebruikt voor het bepalen van de toekomstige kwetsbare landbouwgebieden.

```
# WWL-tabel
# Wageningen Environmental Research
# waterwijzerlandbouw@wur.nl
#-----

# set start of program
TIMPRGSTART <- Sys.time()

# ---- arguments ----

wd <- "~/HAS 2021 - 2022/BO/Waterwijzer/Landbouw/WWL_tabel/WWL_tabel"
setwd(wd)
ctrl <- "control_shape_toekomstig.inp"

# ---- load libraries ----
# initial part of procedure
#-----

# general settings
CRAN_mirror <- "O-Cloud [https]"
dir_pkg <- "../Tools/R/Libraries"

# set packages to load
pkg_load <- "WWLtabel"

# set repository
options(repos = c(getOption("repos")["CRAN"], "https://waterwijzerlandbouw.wur.nl/repo"))
online <- TRUE

# create local directory (optional)
if (!is.null(dir_pkg)) {
  dir.create(path = dir_pkg, recursive = TRUE, showWarnings = FALSE)
  dir_pkg <- normalizePath(dir_pkg)
  .libPaths(dir_pkg)
}

# main part of procedure
#-----

message("\nLoad packages...")

# set CRAN mirror in case packages need to be installed
if (online) {
  CRAN_mirrors <- getCRANmirrors()
  rec <- match(CRAN_mirror, CRAN_mirrors$Name)
  if (all(is.na(rec))) stop(paste("\nUnable to select CRANmirror: ", CRAN_mirror, sep=""))
  chooseCRANmirror(ind = rec[!is.na(rec)][1])
}

# loop over packages
for (s_pkg in pkg_load) {
  if (suppressWarnings(suppressPackageStartupMessages(require(package = s_pkg, lib.loc = dir_pkg,
```

```

character.only = TRUE)))) {
  message(paste0("- package '", s_pkg, "' loaded"))
} else {
  if (!online) {
    stop(paste0("failed to load package: ", s_pkg))
  } else {
    suppressWarnings(suppressPackageStartupMessages(install.packages(pkg = s_pkg, dependencies
= TRUE, lib = dir_pkg, quiet = TRUE)))
    if (suppressWarnings(suppressPackageStartupMessages(require(package = s_pkg, lib.loc = dir_
pkg, character.only = TRUE)))) {
      message(paste0("- package '", s_pkg, "' installed"))
    } else {
      stop(paste0("failed to install package: ", s_pkg))
    }
  }
}
}

# check if there are updates available
if (online) {
  if (!all(!pkg_load %in% old.packages()[,"Package"])) {
    suppressWarnings(suppressPackageStartupMessages(update.packages(lib.loc = dir_pkg, ask =
FALSE)))
  }
}

message("\nProgam R-PROG started...\n")

# ---- main-process ----

# run WWL-tabel
wwl_tabel(file = ctrl)

# ---- return of procedure ----

TIMPRGEND <- Sys.time()
TIMPRGCALC <- as.numeric(difftime(time1 = TIMPRGEND, time2 = TIMPRGSTART, units = "secs"))
message(paste0("\nProgam R-PROG successfully ended in ", floor(TIMPRGCALC / 60), " minutes and
", ceiling(TIMPRGCALC %% 60), " seconds"))
q(save = "no")

```

8.6 Controlfile toekomstige kwetsbare landbouwgebieden

Onderstaand controlfile is gebruikt voor het bepalen van de toekomstige kwetsbare landbouwgebieden. Dit script bevat het voorbeeld voor het gewas snijmais. Om het script te kunnen gebruiken voor de overige drie gewassen moet het bestandstype met het betreffende gewas het bestand snijmais_toekomst.shp in de regel ./Input/Shape/Toekomstig/snijmais_toekomst.shp vervangen.

```
# Controlfile WWL_tabel
# Wageningen Environmental Research
#-----
#

#-----
# GEWASRESPONS
#-----

# Versie database
DATABASE                2.0.0

# Selectie klimaatperiode
# Opties: __ | Wh
KLIMAAT                  Wh

# Periode van gewasrespons
# Opties: 1981-2010 | 1991-2020 | 1981:2020 | 2036-2065
PERIODE                  2036-2065

#-----
# FOLDER-STRUCTUUR
#-----

DIROUT                    ./Output/Shape/Toekomst

#-----
# INVOER
#-----

# Selectie formaat input
# Opties: Tabel | Raster | Shape
FORMAAT                  Shape

# Optie Shape:
SHAPE                    ./Input/Shape/Toekomst/snijmais_toekomst.shp

# Eenheid grondwaterstand
# Opties: m-mv | m+mv | cm-mv | cm+mv
EENHEID                  m-mv

#-----
# UITVOER
#-----

HRVPOTBIO                Yes
HRVPOTEUR                Yes
HRVPOTVEM                No
HRVPOTDVE                No
```

DMGTOT	Yes
DMGIND	Yes
DMGDIR	Yes
DMGDRY	Yes
DMGWET	Yes
DMGSOL	No

#-----

ECONOMIE (optioneel)

#-----

Veeteelt

#VEM 0.167 # € kVEM-1

#DVE 0.671 # € kDEV-1

Akkerbouw

#WINTERTARWE 0.19 # € kg-1

#ZOMERGERST 0.19 # € kg-1

#CONSUMPTIEAARDAPPEL 0.16 # € kg-1

#ZETMEELAARDAPPEL 0.07 # € kg-1

#POOTAARDAPPEL 0.30 # € kg-1

#SUIKERBIETEN 0.056 # € kg-1

#ZAAI-UIEN 0.14 # € kg-1

Groenteteelt

#PREI 0.37 # € kg-1

#SLA 0.21 # € stuk-1

#BLOEMKOOL 0.55 # € stuk-1

#SPRUITKOOL 0.40 # € kg-1

#WINTERPEEN 0.16 # € kg-1

#SPERZIEBONEN 0.16 # € kg-1

Bloembollen

#TULP 0.43 # € stuk-1

#LELIE 0.85 # € stuk-1

Boomteelt

#APPELBOMEN 0.735 # € kg-1

#LAANBOMEN 4570 # € kg-1

8.7 R-script toekomstige kwetsbare gebieden bij grondwaterstandscenario's

Onderstaand R-script is gebruikt voor het bepalen van de toekomstige kwetsbare landbouwgebieden aan de hand van de drie grondwaterstandscenario's.

```
# WWL-tabel
# Wageningen Environmental Research
# waterwijzerlandbouw@wur.nl
#-----

# set start of program
TIMPRGSTART <- Sys.time()

# ---- arguments ----

wd <- "~/HAS 2021 - 2022/BO/Waterwijzer/Landbouw/WWL_tabel/WWL_tabel"
setwd(wd)
ctrl <- "control_shape_scenario.inp"

# ---- load libraries ----
# initial part of procedure
#-----

# general settings
CRAN_mirror <- "O-Cloud [https]"
dir_pkg <- "../Tools/R/Libraries"

# set packages to load
pkg_load <- "WWLtabel"

# set repository
options(repos = c(getOption("repos")["CRAN"], "https://waterwijzerlandbouw.wur.nl/repo"))
online <- TRUE

# create local directory (optional)
if (!is.null(dir_pkg)) {
  dir.create(path = dir_pkg, recursive = TRUE, showWarnings = FALSE)
  dir_pkg <- normalizePath(dir_pkg)
  .libPaths(dir_pkg)
}

# main part of procedure
#-----

message("\nLoad packages...")

# set CRAN mirror in case packages need to be installed
if (online) {
  CRAN_mirrors <- getCRANmirrors()
  rec <- match(CRAN_mirror, CRAN_mirrors$Name)
  if (all(is.na(rec))) stop(paste("\nUnable to select CRANmirror: ", CRAN_mirror, sep=""))
  chooseCRANmirror(ind = rec[!is.na(rec)][1])
}

# loop over packages
for (s_pkg in pkg_load) {
```



```

    if (suppressWarnings(suppressPackageStartupMessages(require(package = s_pkg, lib.loc = dir_pkg,
character.only = TRUE)))) {
      message(paste0("- package '", s_pkg, "' loaded"))
    } else {
      if (!online) {
        stop(paste0("failed to load package: ", s_pkg))
      } else {
        suppressWarnings(suppressPackageStartupMessages(install.packages(pkg = s_pkg, dependencies
= TRUE, lib = dir_pkg, quiet = TRUE)))
        if (suppressWarnings(suppressPackageStartupMessages(require(package = s_pkg, lib.loc = dir_
pkg, character.only = TRUE)))) {
          message(paste0("- package '", s_pkg, "' installed"))
        } else {
          stop(paste0("failed to install package: ", s_pkg))
        }
      }
    }
  }
}

# check if there are updates available
if (online) {
  if (!all(!pkg_load %in% old.packages()[,"Package"])) {
    suppressWarnings(suppressPackageStartupMessages(update.packages(lib.loc = dir_pkg, ask =
FALSE)))
  }
}

message("\nProgam R-PROG started...\n")

# ---- main-process ----

# run WWL-tabel
wwl_tabel(file = ctrl)

# ---- return of procedure ----

TIMPRGEND <- Sys.time()
TIMPRGCALC <- as.numeric(difftime(time1 = TIMPRGEND, time2 = TIMPRGSTART, units = "secs"))
message(paste0("\nProgam R-PROG successfully ended in ", floor(TIMPRGCALC / 60), " minutes and
", ceiling(TIMPRGCALC %% 60), " seconds"))
q(save = "no")

```

8.8 Controlfile toekomstige kwetsbare gebieden bij grondwaterstandscenario's

Onderstaand controlfile is gebruikt voor het bepalen van de toekomstige kwetsbare landbouwgebieden bij de grondwaterstandverhoging scenario's van 10, 20 en 30 centimeter. Dit script bevat het voorbeeld voor het gewas snijmais bij het verhoging scenario van 10 centimeter. Om het script te kunnen gebruiken voor de overige drie gewassen en overige twee scenario's moet het bestandstype met het betreffende gewas en scenario het bestand snijmais_toekomst_scenario_1.shp in de regel ./Input/Shape/ Scenario /snijmais_toekomst_scenario_1.shp vervangen worden.

Ook hierbij aangeven dat dit voor alle scenario's moet.

```
# Controlfile WWL_tabel
# Wageningen Environmental Research
#-----
#

#-----
# GEWASRESPONS
#-----

# Versie database
DATABASE                2.0.0

# Selectie klimaatperiode
# Opties: __ | Wh
KLIMAAT                  Wh

# Periode van gewasrespons
# Opties: 1981-2010 | 1991-2020 | 1981:2020 | 2036-2065
PERIODE                  2036-2065

#-----
# FOLDER-STRUCTUUR
#-----

DIROUT                    ./Output/Shape/Scenario

#-----
# INVOER
#-----

# Selectie formaat input
# Opties: Tabel | Raster | Shape
FORMAAT                  Shape

# Optie Shape:
SHAPE                    ./Input/Shape/ Scenario /snijmais_toekomst_scenario_1.shp

# Eenheid grondwaterstand
# Opties: m-mv | m+mv | cm-mv | cm+mv
EENHEID                  m-mv

#-----
# UITVOER
#-----
```

HRVPOTBIO	Yes
HRVPOTEUR	Yes
HRVPOTVEM	No
HRVPOTDVE	No
DMGTOT	Yes
DMGIND	Yes
DMGDIR	Yes
DMGDRY	Yes
DMGWET	Yes
DMGSOL	No

#-----
ECONOMIE (optioneel)
#-----

Veeteelt
#VEM 0.167 # € kVEM-1
#DVE 0.671 # € kDEV-1

Akkerbouw
#WINTERTARWE 0.19 # € kg-1
#ZOMERGERST 0.19 # € kg-1
#CONSUMPTIEAARDAPPEL 0.16 # € kg-1
#ZETMEELAARDAPPEL 0.07 # € kg-1
#POOTAARDAPPEL 0.30 # € kg-1
#SUIKERBIETEN 0.056 # € kg-1
#ZAAI-UIEN 0.14 # € kg-1

Groenteteelt
#PREI 0.37 # € kg-1
#SLA 0.21 # € stuk-1
#BLOEMKOOL 0.55 # € stuk-1
#SPRUITKOOL 0.40 # € kg-1
#WINTERPEEN 0.16 # € kg-1
#SPERZIEBONEN 0.16 # € kg-1

Bloembollen
#TULP 0.43 # € stuk-1
#LELIE 0.85 # € stuk-1

Boomteelt
#APPELBOMEN 0.735 # € kg-1
#LAANBOMEN 4570 # € kg-1

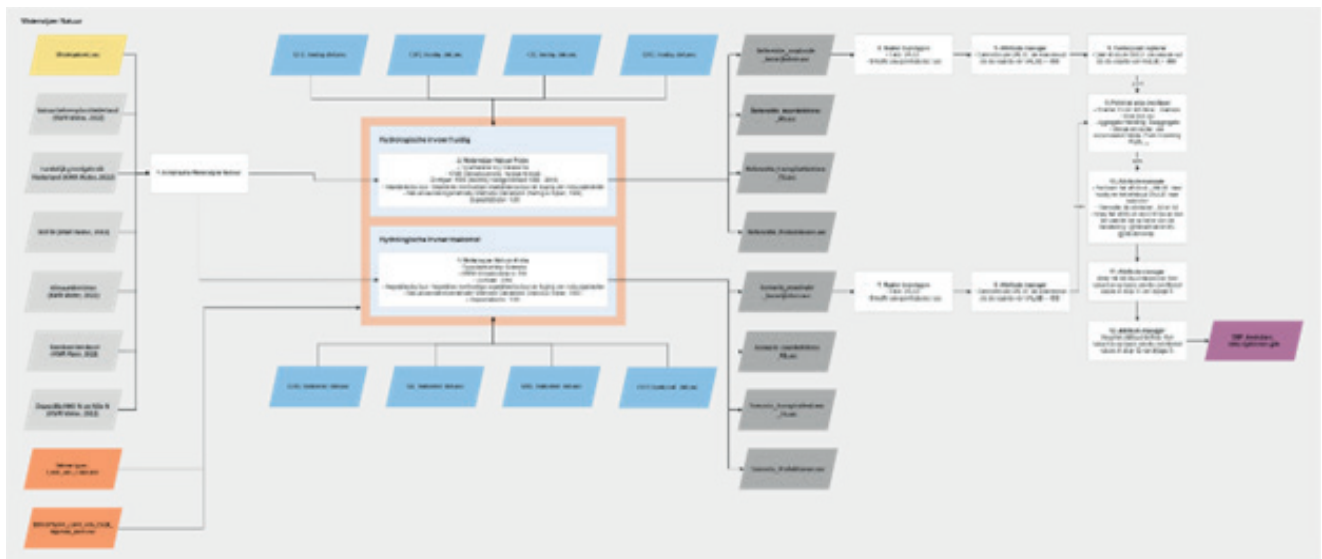
9. Kwetsbare natuurgebieden

9.1 Waterwijzer Natuur

Net als Waterwijzer Landbouw Tabel wordt in dit model gebruik gemaakt van hydrologische, bodemkundige en meteorologische eigenschappen van een gebied, binnen een bepaalde klimaatperiode, om de maximale kansrijkdom te berekenen. De hydrologische condities bestaan hierbij uit de gemiddeld hoogste en laagste grondwaterstanden, de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand, de gemiddelde grondwaterstand en de kwelintensiteit. De maximale kansrijkdom van een gebied wordt gebaseerd op het percentage kansrijkdom van de ecotoopgroep die, op basis van deze factoren, de hoogste kansrijkdom heeft. Ook wordt hierbij gebruik gemaakt van de transpiratie- en zuurstofstress, voedselrijkdom en zuurgraad van de bodem (KWR Water, 2022).

9.2 Analysestappen

Onderstaande opsomming is een overzicht van de uitgevoerde analysestappen. De nummers komen overeen met de nummers in het flowdiagram uit figuur 39.



Figuur 39 – Flowdiagram voor het bepalen van de kwetsbare landbouwgebieden en scenario-analyse grondwaterstandverhoging.

1. Bepalen van initialisatie voor het model Waterwijzer Natuur aan de hand van de uit de data preparatie gemaakte databestanden.
2. Bepalen van de huidige kansrijkdom, probeklassen, transpiratie- en zuurstofstress van de natuurgebieden. Dit is gedaan aan de hand van de input zoals weergegeven in stap 2 van figuur 39. Keuzes voor de periode, het KNMI klimaatscenario en vegetatiestructuren worden nader toegelicht in hoofdstuk 2.2. Er is een aanname gemaakt dat de N-depositie in de huidige en toekomstige situatie hetzelfde is. In de huidige situatie is deze factor door Waterwijzer Natuur vast ingesteld op 1. Doordat de natuurwaarderingmethode van de toekomstige kansrijkdom enkel ingesteld kan worden op de Gelderland Methode is ervoor gekozen om dit ook te gebruiken als input voor de huidige situatie (Hertog & Rijken, 1992). Schrijf weg als ASCII-bestanden. De hydrologische invoer voor deze analyse is afkomstig uit de datapreparatie zoals beschreven in bijlage 7 en bevat de huidige GLG, GHG, GG en GHG.
3. Bepalen van de toekomstige kansrijkdom, probeklassen, transpiratie- en zuurstofstress van de natuurgebieden. Dit is gedaan aan de hand van de input zoals weergegeven in stap

- 2 van figuur 39. Keuzes voor de periode, het KNMI klimaatscenario, vegetatiestructuren, natuurwaarderingsmethode en de depositiefactor worden nader toegelicht in hoofdstuk 2.2. Schrijf weg als ASCI-bestanden. De hydrologische invoer voor deze analyse is afkomstig uit de datapreparatie zoals beschreven in bijlage 7 en bevat de toekomstige GLG, GHG, GG en GHG.
4. Raster to polygon om de rasterdata uit referentie_maximale_kansrijkdom.asc om te schrijven naar polygonen.
 5. Attribute manager om de foutieve waarden uit het attribuut VALUE te verwijderen.
 6. Omzetten van de huidige kansrijkdom naar punten met een centrepunt replacer.
 7. Raster to polygon om de rasterdata uit scenario_maximale_kansrijkdom.asc om te schrijven naar polygonen.
 8. Attribute manager om de foutieve waarden uit het attribuut VALUE te verwijderen.
 9. Point on area overlay, waarbij de polygonen afkomstig zijn uit stap 8, de toekomstige kansrijkdom, en de punten uit stap 6, de huidige kansrijkdom. Door deze overlay uit te voeren worden de huidige kansrijkdom aan de polygonen van de toekomstige kansrijkdom gekoppeld. Schrijf als polygoon door naar de volgende stap.
 10. Attribute manager om het attribuut _VALUE naar huidig te vernoemen en het attribuut VALUE naar toekomst. Verwijder de attributen _fid en fid en voeg het attribuut verschil toe. De waarde van het attribuut verschil is gebaseerd op basis van de berekening: @Value(toekomst)-@Value(huidig).
 11. Voeg het attribuut klasse toe. Baseer de waarde van dit attribuut op basis van tabel 11. Dit klassenummer wordt in de volgende stap gebruikt om het definitieve kwetsbaarheidstype toe te kennen. Er is gekozen om een onderverdeling te maken waarbij de hoogte van de toekomstige kansrijkdom leidend is. Wanneer de toekomstige situatie een kansrijkdom van meer dan 85 procent heeft, wordt deze als 'hoge maximale kansrijkdom' gezien. Een toekomstige kansrijkdom tussen de 77,5 en 85 procent wordt als 'matige maximale kansrijkdom' gecategoriseerd en een toekomstige kansrijkdom lager dan 85 procent als 'lage maximale kansrijkdom'. Ook wordt het verschil in kansrijkdom meegenomen om de verandering ten opzichte van de huidige situatie weer te geven en daarmee de kwetsbaarheid van de gebieden. Op deze manier wordt onderscheid gemaakt tussen gebieden die een sterke verandering doormaken (verschil >5), gebieden die een matige verandering doormaken (verschil >= 2,5 en <= 5), beide gebieden die kwetsbaar zijn, en gebieden die geen verandering doormaken (verschil < 2,5) en dus niet kwetsbaar zijn. Zowel de toekomstige klassen als verschillklassen zijn gebaseerd op de Jenks-classificatiemethode, waarbij natuurlijke breuken worden gebruikt.

Tabel 11 – Toekenning van de klassen

Klasse	Test condition
1	@Value(toekomst) > 85 AND @Value(verschil) < -5
2	@Value(toekomst) > 85 AND @Value(verschil) >= -5 AND @Value(verschil) <= 5
3	@Value(toekomst) > 85 AND @Value(verschil) > 5
4	@Value(toekomst) >= 77,5 AND @Value(toekomst) <= 85 AND @Value(verschil) < -5
5	@Value(toekomst) >= 77,5 AND @Value(toekomst) <= 85 AND @Value(verschil) >= -5 AND @Value(verschil) <= 5
6	@Value(toekomst) >= 77,5 AND @Value(toekomst) <= 85 AND @Value(verschil) > 5
7	@Value(toekomst) < 77,5 AND @Value(verschil) < -5
8	@Value(toekomst) < 77,5 AND @Value(verschil) >= -5 AND @Value(verschil) <= 5
9	@Value(toekomst) < 77,5 AND @Value(verschil) > 5
	@Value(huidig) = null OR @Value(toekomst) = null OR @Value(verschil) = null.

12. Voeg het attribuut DEF toe en schrijf weg als DEF_kwetsbare_natuurgebieden.gpk. Baseer de waarde van dit attribuut op basis van tabel 12. Dit definitieve klassennummer geeft de kwetsbaarheid van de gebieden voor klimaatverandering weer en is gebaseerd op dezelfde keuze als die in stap

11. Dit resulteert in de volgende kwetsbaarheidsklassen:

- a. 1 = Hoge maximale kansrijkdom en geen toekomstige verandering
- b. 2 = Kwetsbare natuurgebieden, verandering van hoge naar matige maximale kansrijkdom
- c. 3 = Matige maximale kansrijkdom en geen toekomstige verandering
- d. 4 = Niet kwetsbare natuurgebieden, verandering van lage naar matige maximale kansrijkdom
- e. 5 = Lage maximale kansrijkdom en geen toekomstige verandering
- f. 6 = Kwetsbare natuurgebieden, verandering van matige naar lage maximale kansrijkdom
- g. 7 = Kwetsbare natuurgebieden, verandering van hoge naar lage maximale kansrijkdom
- h. 8 = Natuurgebieden waarvan de kwetsbaarheid onbekend is

Tabel 12 – Toekenning van de definitieve kwetsbaarheidsklassen

DEF	Test condition
1	@Value(klasse) = 1 OR @Value(klasse) = 2 OR @Value(klasse) = 3
2	@Value(klasse) = 4 AND @Value(huidig) > 85
2	@Value(klasse) = 5 AND @Value(huidig) > 85
3	@Value(klasse) = 4 AND @Value(huidig) >= 77,5 AND @Value(huidig) <= 85
3	@Value(klasse) = 5 AND @Value(huidig) >= 77,5 AND @Value(huidig) <= 85
3	@Value(klasse) = 6 AND @Value(huidig) >= 77,5 AND @Value(huidig) <= 85
4	@Value(klasse) = 5 AND @Value(huidig) < 77,5
4	@Value(klasse) = 6 AND @Value(huidig) < 77,5
5	@Value(klasse) = 9
5	@Value(klasse) = 7 AND @Value(huidig) < 77,5
5	@Value(klasse) = 8 AND @Value(huidig) < 77,5
6	@Value(klasse) = 7 AND @Value(huidig) >= 77,5 AND @Value(huidig) <= 85
6	@Value(klasse) = 8 AND @Value(huidig) >= 77,5 AND @Value(huidig) <= 85
7	@Value(klasse) = 7 AND @Value(huidig) > 85
8	@Value(klasse) = 10

10. Knelpunten Waterschap Aa en Maas

Titel: Kansen en knelpunten
Waterschap Aa en Maas in
Land van Cuijk
Datum: 08-04-2022
Locatie: Teamsomgeving
Aanwezig: Sophia Blaauw en Daan Roos
Joost Rooijackers (Waterschap
Aa en Maas)
Notulist: Daan Roos
Afwezig: -

10.1 Algemeen

Wat zijn de precieze taken binnen het waterschap? En welke taken hebben de beheerders?

Er zijn een aantal afdelingen: 1) Schoon water gaat over de waterkwaliteit. Dit is het zuiveren van water. Dan hebben we 2) Veilig water, dat zijn de dijken. Deze moeten aan een bepaalde norm voldoen en hier is ook een afdeling voor. Dan heb je nog 3) Natuurlijk water, dit valt onder WSK (watersystemen). We hebben een aantal opgaven om de waterlopen wat natuurlijker te laten lopen. De KRW-maatlatten hebben we meegekregen. Je wilt bepaalde planten en dieren in je systeem hebben. Voldoende zuurstof in het water is ook van belang. 4) Voldoende water, de grootste opgave is dat je geen overstromingen krijg binnen je watersysteem. Droogte is een nieuw fenomeen waar ze nu ook naar kijken. Droogte houdt bij voldoende water. Er zijn meerdere thema's en meerdere (kern)taken. Joost zijn functie is gebiedsadviseur, schakel tussen beleid en uitvoering. WBP is het eigen programma, wat willen ze bereiken en Joost stemt dit af met de streken. Het behalen van hun doelen en hoe kunnen ze met de partners dit behalen. Met de gebiedsteams voorkomen ze dat er meerdere dezelfde projecten voorkomen waarvan de teams niets afweten. De gebiedsteams van de Raam zijn noord en zuid. In noord valt het gebied van de Raam.

Welke knelpunten zien jullie zelf in het gebied?

De koers van de knelpunten is redelijk stabiel. Je gaat mee wat er gebeurt met calamiteiten en weersomstandigheden. In de periode dat Joost er werkte is het heel stabiel weer

(voor 2011), waarbij vooral gericht is op reconstructie. Vanaf 2011 is meer gericht op wateroverlast door het extremere weer. Dan kan je bijvoorbeeld een stuw of waterloop extra plaatsen. Sinds 2018 is de droogte veel voorkomend. Dit hoor je van de gemeente en van de boeren. Maar hiervoor is nog niet een concreet plan van zo gaan we dit aanpakken. Dit is veel lastiger, omdat het een ruimtelijk ordeningsvraagstuk is. Je zit dan ook met je bodem en dit speelt in het hele gebied. Ook moet je water ergens vandaan halen om het gebied te vernatten. In het gebied van de Raam is een ambitie om het peil te verhogen. Dit is een gevoelig onderwerp, doordat het iets betekent voor omwonenden en omdat het land dan misschien niet meer gebruikt kan worden als voorheen.

Op welke plekken zijn knelpunten wat betreft droogte en wateroverlast?

Bij winterse piekbuien is er een norm waar je aan moet voldoen. In Land van Cuijk voldoen we hieraan. Grave heeft nog een waterberging nodig, deze heeft een zwaardere norm dan het landelijke gebied. Voor zomerpiekbuien is geen norm, maar met berekeningen wordt hier wel steeds meer duidelijk. Ze zijn in gesprek hoe de wateropvang aan de rand van de kernen kunnen handhaven. De zomerpiekbuien zijn niet specifiek een heel groot probleem. Dat komt omdat ze een eigen stroomgebiedje hebben. In het hele land zijn ze wel bezig, maar bij Boxmeer is het iets nadrukkelijker. Vanaf Boxmeer tot het westen van Land van Cuijk kwamen flinke regenbuien voorbij. Op deze plekken is gezorgd dat het gebied de hoge pieken aan kan. Hier lopen ze al voor op een klimaatrobuuste inrichting. In de kern heeft deze gemeente een waterberging van 60 cm en buiten de kern 110 cm. Dit is meer dan waaraan de norm moet voldoen.

Projecten waar het waterschap zich mee bezig houdt in Land van Cuijk zijn:

- Waterberging Grave realiseren
- Gebiedsplan raam: beekherstel
- Dijkversteving

Qua verdroging valt het systeem vrij snel droog. Dit komt doordat de Raam een eigen

systeem is. Bij de grote beken is wateraanvoer en stroomt het wel door. Bij de kleinere beken valt het watersysteem ook vrij snel droog. De horst is sowieso enorm droogtegevoelig. De zandgronden hebben het meeste te lijden onder de droogte. Een oplossing is water aanvoeren, vanuit een directe verbinding van de Maas. Maar dat is alleen voor de Oeffeltse Raam. Bij een polder kan je water aanvoeren en afnemen omdat het onder het niveau van het zeewater ligt. In dit gebied heb je dat niet. Je bent hier afhankelijk van regenwater en een beetje vanuit het Peelkanaal, maar ook dat komt uit de Maas. Joost denkt dat een RO (ruimtelijke ontwikkeling) opgave het beste is, maar hier is acceptatie van andere waterpeilen noodzakelijk. Hier zijn de meningen over verdeeld.

Verdroging gaat veel meer over het hele systeem; grondwater en oppervlaktewater, maar ook de bodem. Je moet zorgen dat de bodem beter water kan vasthouden, zoals de organische stof verhogen.

Als er een teveel aan water is, wordt dit water eerst opgenomen door de bodem. Op een gegeven moment is je bodem vol en dan stroomt het af als oppervlaktewater en dan wordt het pas wateroverlast. Bij droogte geldt het tegenovergestelde; op een gegeven moment is het water in je bodem op en op een gegeven moment is het water in het oppervlaktewater ook op. Als deze droogte lang duurt, duurt het ook lang voordat het weer aangevuld is.

Één van de natuurorganisaties zei dat water aanvoeren op de Peelhorst niet nuttig is omdat het weer wegzijgt. Hoe denk je dit te kunnen oplossen?

Voorheen zorgden de breuken op de horst voor de sponswerking. Inmiddels zijn we dat water allemaal kwijt en is er een systeem gecreëerd waarbij het water ook allemaal afstroomt. Het is ook een illusie dat je het oude systeem terug kan krijgen, maar dit heeft ook gevolgen voor het grondgebruik. Je zou kunnen zeggen dat we de peelrand meer gebruiken en de sponswerking hiervan. Dit is wel complex om weer te gebruiken dus daar moet je goed over nagedacht hebben.

Hoe communiceren jullie met natuurorganisaties en boeren over de knelpunten in hun gebied?

Een kracht van het Land van Cuijk is dat partijen elkaar snel en makkelijk kunnen vinden. Je kan een casus bij elkaar neerleggen en bespreken wat je met elkaar wat je eraan kan doen. Het Waterschap heeft te maken met het belang van boeren maar ook van natuurorganisaties. Het systeem is vooral ingericht op landgebruik en minder op natuur. De natuur in Nederland hebben we wel een beetje geruïneerd vindt Joost. Waterkwaliteit en bodem is wel de basis voor natuurwaarden. Als het peil overal lager is dan het vroeger was, betekent dit ook wat voor je natuur. We zijn wel steeds meer naar een natuurvisie gegaan. Wat van oorsprong biodiverse natuur ligt is op de plek tussen landbouw en natuur. Vroeger was er veel meer variatie in landgebruik.

Hoe speelt het Waterschap in op zowel de belangen van de agrariërs als die van natuurorganisaties? Wat kan daar nog verbeterd worden?

Dit doen we door samen te werken en hier samen projecten voor te maken. Bij Sint-Anthonisbos en Raamvallei is dit wel al gedaan. Voor de grotere gebieden is dit wel gebeurd of gebeurt dit, maar voor de kleinere gebieden is dit nog niet gedaan. We hebben vooral gekeken naar het benodigde peil van de landbouw en ook wel naar die van de natuur maar we hebben nooit naar specifieke natuurtypen gekeken. Dit zijn voor het Waterschap extreem ingewikkelde projecten.

Hoe zorg je als Waterschap ervoor dat er een ingrijpend verschil gemaakt moet worden in het landgebruik?

Je begint met een ambitie, daarna wordt dit in beleid vormgegeven en dan moet je ervoor zorgen dat je het voor elkaar krijgt. Je hebt een stok achter de deur nodig om te zorgen dat het gebeurt. Dit is een proces van meerdere jaren. Als je iets gaat doen wat effect heeft op iemands grondgebruik. Dit complex en gevoelig dus het kost tijd om dit te regelen.

10.2 Verborgen Raamvallei

Hoe is de omvorming van de Raam tot een moerasbeek bij landgoed Tongelaar tot stand gekomen en wat was jullie rol hierin?

Dit zit in gebiedsplan Raam, wordt uitgevoerd

maar is nog niet klaar. Het begint met kaderrichtlijnwater (KRW). Dit houdt in dat de biodiversiteit, temperatuur en zuurstof van water in orde gemaakt moeten worden. Dit betekent dat je de beek anders moet gaan inrichten. Een waterloop is tegenwoordig een stilstaande vijver. Er zit biodiversiteit in, maar niet per se de biodiversiteit die er van oorsprong thuishoort. Een voorkomend soort is bijvoorbeeld de snoek. Terwijl je liever stroom minnende libellen wilt bijvoorbeeld. Dit is opgenomen in beleid en is uitgedacht in nota's hoe dit eruit moet komen te zien. Er is te weinig hellingvlak om de doelen te halen. Bij de Hoge Raam lukt dit wel om deze stroming te halen, maar bij de Lage Raam niet. Dus daar moet het een ander type worden. De waterberging van Grave en de peilopzet van dat gebied zitten in dit project. Dit doen we samen met de streek en maak je een klankbordgroep. Je organiseert eerst informatieavonden voor omwonenden en keukentafel gesprek met boeren.

Welke maatregelen neem je om de zuurstof in het water te laten toenemen?

Bij moeraszone beek is dat minder van belang maar bij een R beek wel. Als je stroming wilt moet je je zomerbak verkleinen. Je hebt nu stilstaande vijvers. Je kijkt of stuwen eruit kunnen. Door meandering aan te leggen kan je water vertragen en stromen creëren. Dan krijg je weer meer dynamiek in je beek doordat sediment wordt meegenomen. Dood hout is belangrijk voor de natuur in de beek. Dit is belangrijk voor de verticale beweging in het water. Je hebt diversiteit nodig in je beek door stroming, substraat ect. Dat heb je op dit moment niet. Een ander belangrijk ding is om de temperatuur in het water te laten afnemen door bomen langs het water te laten groeien.

Zouden er op meer plekken bomen langs de beek geplaatst kunnen worden?

Joost vindt dat het Waterschap op meerdere plekken bezig is om dit te verbeteren. Als je bij de beekherstelopgave zijn er wat grotere beken en bij de ATO-opgave kan dit nog beter. Het Waterschap is nog vrij technisch. Joost is zelf van gebied specifiek kijken maar hier hebben je mensen voor nodig die veel weten over natuur. Van Joost zou dit meer mogen maar de vraag is of dit haalbaar is.

Een ander iets dat belangrijk is, is dood hout.

Dit is voor natuur. Diversiteit is nodig qua stroming en substraat. Bomen langs het water is nodig om de temperatuur naar beneden te krijgen. Voor natuur is het verkleinen van de voetafdruk van belang (niet Waterschappen).

Hoe is de omvorming tot de natuur bij Groespeel tot stand gekomen en wat was jullie rol hierin?

In de Groespeel was er van oorsprong een EVZ-opgave. Toen zijn we met de gemeente en lokale partijen bij elkaar gekomen in een werkverband. Alle doelen zijn op tafel gelegd. Dit is een mooi voorbeeld van snel ambities realiseren zonder al te veel praten. Je begint met kavelruil, dus bij de boer langsgaan om te praten over toekomstplannen. Eigenlijk was het idee om de EVZ op droge rond met de Molenheide te verbinden, maar toen deed een agrariër een suggestie om de verbindingzone aan te leggen langs nattere gronden en zo geschiedde. Goede manier van pragmatisch werken met elkaar, kijkende naar allerlei belangen.

Hoe was de samenwerking met natuurmonumenten bij dit project?

-

Zijn er op dit moment soortgelijke projecten gaande?

Gebiedsplan Raam is een gevolg van de Groespeel. Maar dit is veel ingewikkelder omdat het veel meer doelen heeft, die ook nog eens gevoeliger zijn. Het leuke was dat het over natte gronden ging, dus dat de boeren ook blij waren met de betere gronden die ze kregen. De natuurgebieden in het westen moeten aan elkaar gekoppeld worden op een hele robuuste manier, daar zie je op de kaart een duidelijke lijn. Dit zou een robuuste verbindingzone moeten worden van eigenlijk minimaal 100 meter breed. Nu wordt dit op hele andere plekken in het gebied gedaan en ook nog eens van slechts 25 meter breed. Het is een landschapsverfraaiing, maar geen verbinding. Had nou alles samengepakt en dan veel robuuster op één plek. Ecologische verbindingzone waar dieren langsgaan is echt iets anders dan een verbindingzone die het landschap verfraait. Er is nauwelijks gemonitord wat hiervan gebruik maakt. Het zou logisch zijn om dit ook als stap toe te voegen.

Binnendijks kun je wel rekening houden met de kamsalamander. Poelen aanleggen die ook af en toe droogvallen. Hoe je een poel dimensioneert is in het ontwerp ook al belangrijk om rekening mee te houden. Brabants Landschap is hier goed in. Op een gegeven moment is een systeem zo erg ingestort dat je te laat bent. De habitat moet robuust genoeg zijn om dat soort dingen aan te kunnen.

10.3 Stuw- en peilbeheer

Hoe kijkt het Waterschap aan tegen het plaatsen van meer stuwen?

In oorspronkelijke beeksystemen zou Joost juist geen stuwen plaatsen, vanwege de stroming. Hoge stuwen zijn goed op de horst, niet per se extra stuwen. Of sloten dempen. Zeker op de horst zou je eigenlijk met een strategie moeten komen als Waterschap met wat is de lange termijnvisie op de horst. Je zou kunnen kijken naar peildrainage, maar het kwantificeren is wel lastig. Wel nuttig als je daardoor minder hoeft te beregenen. De kwaliteit van het Peelkanaal is opzich goed, maar van oorsprong zijn er andere systemen. Inmiddels is er in heel Nederland bijna overal hetzelfde watertype. Dit komt omdat de brongebieden kwijt zijn. Het Peelkanaal is al zuurder water, maar er zit ook Maaswater op. Als water inlaten vanuit kanalen niet nodig is, zou Joost het ook niet doen, zeker in een aanzicht staand stroomgebied als de Raam.

Hoe gaat het Waterschap om met toename van grondwateronttrekking in de warme maanden? En wat is de rol van het Waterschap hierin?

Op de horst zie je extreem veel beregening, die allemaal tegelijk aan gaan. Je hebt een bepaald staaftiagram en daarop zie je dat verdamping de grootste vorm van water kwijtraken in het gebied. Hieraan zou je eigenlijk iets moeten doen. Bij water in het gebied vasthouden kun je ook nog veel winnen. Efficiënter beregenen is van belang, maar deze methoden zijn veel duurder. Bij duurdere teelten als aardbeien en bessen, zie je druppelinstallaties verschijnen. Bij maïs gebeurt dat nog niet, mede omdat deze in de weg liggen bij het oogsten en het gewas per saldo niet voldoende oplevert. Er moet een vergunning zijn voor beregening, die via het Waterschap gaat, maar het betreft vooral

bestaande pompen.

Is de grondwaterstand verhogen een oplossing voor de droogteproblematiek en hoe kan daarmee omgegaan worden in een veranderend klimaat? En is het haalbaar om dit op lange termijn te blijven doen?

Ja, maar dit is heel erg ingewikkeld. Je hebt heel veel conflicterende belangen en dit maakt het heel erg lastig om ambities te realiseren. Een efficiënte voedselproductie is ergens ook weer heel goed.

Ziet het Waterschap mogelijkheden om de Peelhorst te vernatten?

-

Zijn er (concrete) mogelijkheden om water minder snel af te voeren en beter vast te houden in Land van Cuijk?

Joost zou op de horst waterlopen dempen, maar hier worden boeren niet altijd blij van. Het dempen van een sloot zorgt ervoor dat het water soms op het land staat en dat is vaak een nadeel voor de boer. Boeren bellen vaak naar het Waterschap om een plas water van hun land te halen, maar eigenlijk ligt het aan hun verdichte bodem dat het water niet wegtrekt. In het goed communiceren met boeren valt ook nog veel te winnen, maar dit gaat ook wel al beter. Niet zonder goede argumenten beslissingen maken (zoals een stuw omlaag draaien). Het Waterschap denkt nog niet genoeg na over het uitzetten van gemalen. Je ontwatert daarmee een gat, maar dit gat kan ook gebruikt worden om water vast te houden. Dit heeft weer te maken met landgebruik, waardoor het lastig is.

Sophia: Een mogelijkheid om boer en natuur tevreden te stellen zou kunnen zijn om het water laag te houden in tijden dat de boer het land op moet en weer hoger te zetten op het moment dat het bewerkt is. *Zie jij dat als mogelijke oplossing?*

Je bent afhankelijk van het weer en van de grondconditie van het land. Je moet dan goede afspraken maken over peilgestuurde drainage en in de winter zet je het dan bijvoorbeeld op maximaal. Dit zijn wel oplossingen, maar hier zitten ook grote risico's aan. Joost zou persoonlijk veel meer naar functies kijken en wat dan een logisch systeem is. Dus RO (ruimtelijke ordening) door

ruilverkaveling en logisch nagaan hoe de grond past bij het landgebruik.

Overgangsgebieden tussen landbouw en natuur is goed. Maar het lastige hiervan is dat de bestaande boer niet altijd de behoefte heeft om aan functieverandering te doen en deze mogelijkheden zijn er ook niet altijd om te zeggen 'je gaat dat doen'.

In een klimaatrobuust scenario volgt gewas het peil, op welke manieren kan het Waterschap hierin compartementaliseren?

De een vindt dat je niks mag zeggen over het landgebruik van een ander, terwijl de ander meer naar het grote plaatje kijkt in plaats van het individu. Verhogen van peilen is heel ingewikkeld, omdat dit invloed heeft op een groot gebied. Met grondruil is dit nog wel mogelijk, maar wat betreft functieverandering zijn nog weinig goede voorbeelden.

Wat is de mening van het Waterschap over graslandbevoeiing?

Voorheen was dit natuurlijke bemesting. Tegenwoordig is die behoefte er niet. Een landbouwgebied mag volgens de norm (van mensen) niet onder water staan, ook niet in de winter. Maar dan moet je wel mensen meekrijgen, omdat het nog niet leeft onder de bevolking. Het zou wel mogelijk moeten zijn, met stuwen en walletjes dat een gebied onder water gezet kan worden. Uiteindelijk moet je ook van kunstmest af.

10.4 (Kwelwater)kwaliteit

Is meer kwelwater gewenst?

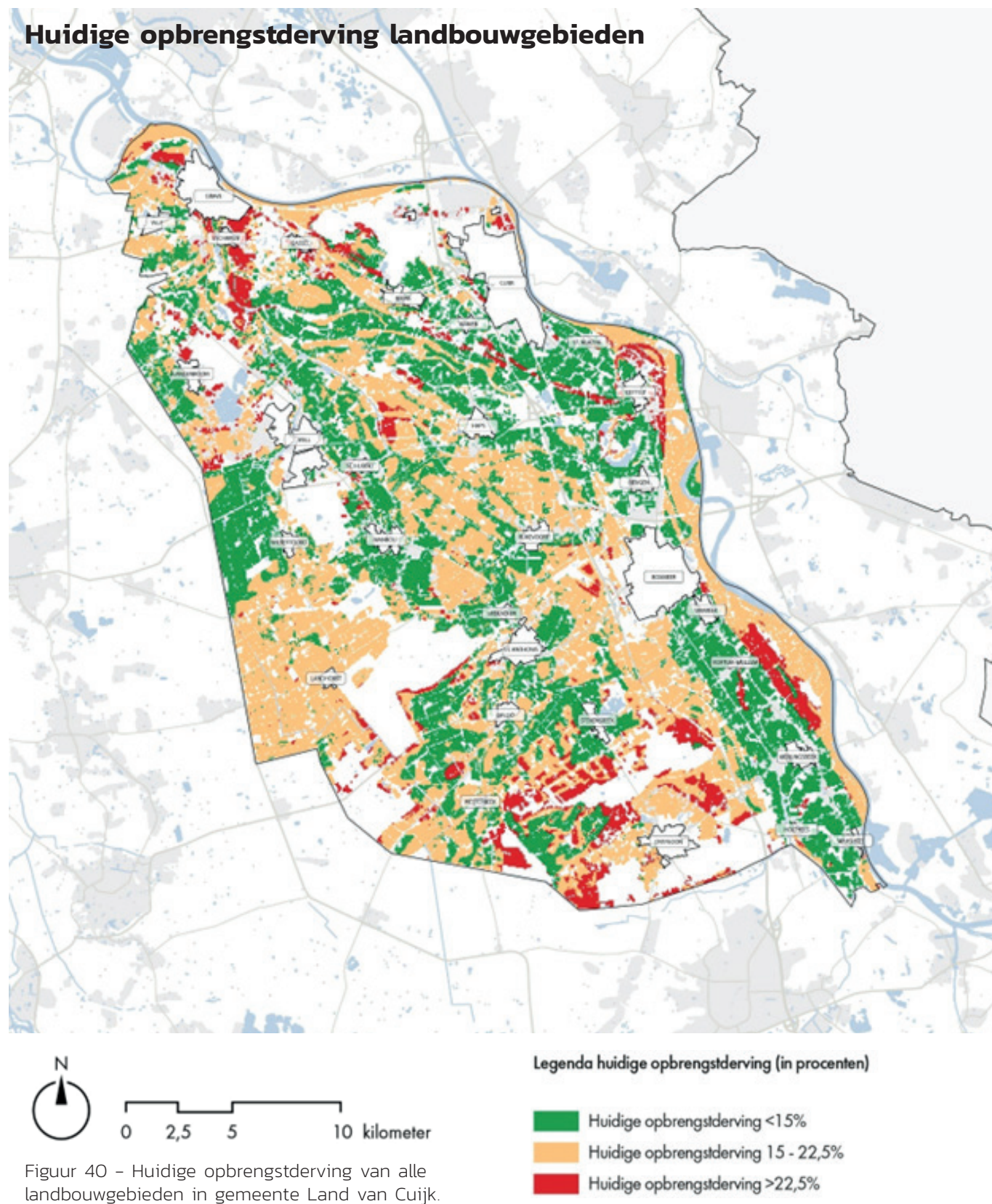
De kwaliteit van kwelwater is wel meer van belang voor natuur, minder voor landbouw. Gras en maïs kunnen ook nog wel met grondwater groeien.

Wat zijn volgens het Waterschap goede maatregelen om de kwaliteit van oppervlaktewater te vergroten en ervoor te zorgen dat die van het grondwater niet in het geding komt?

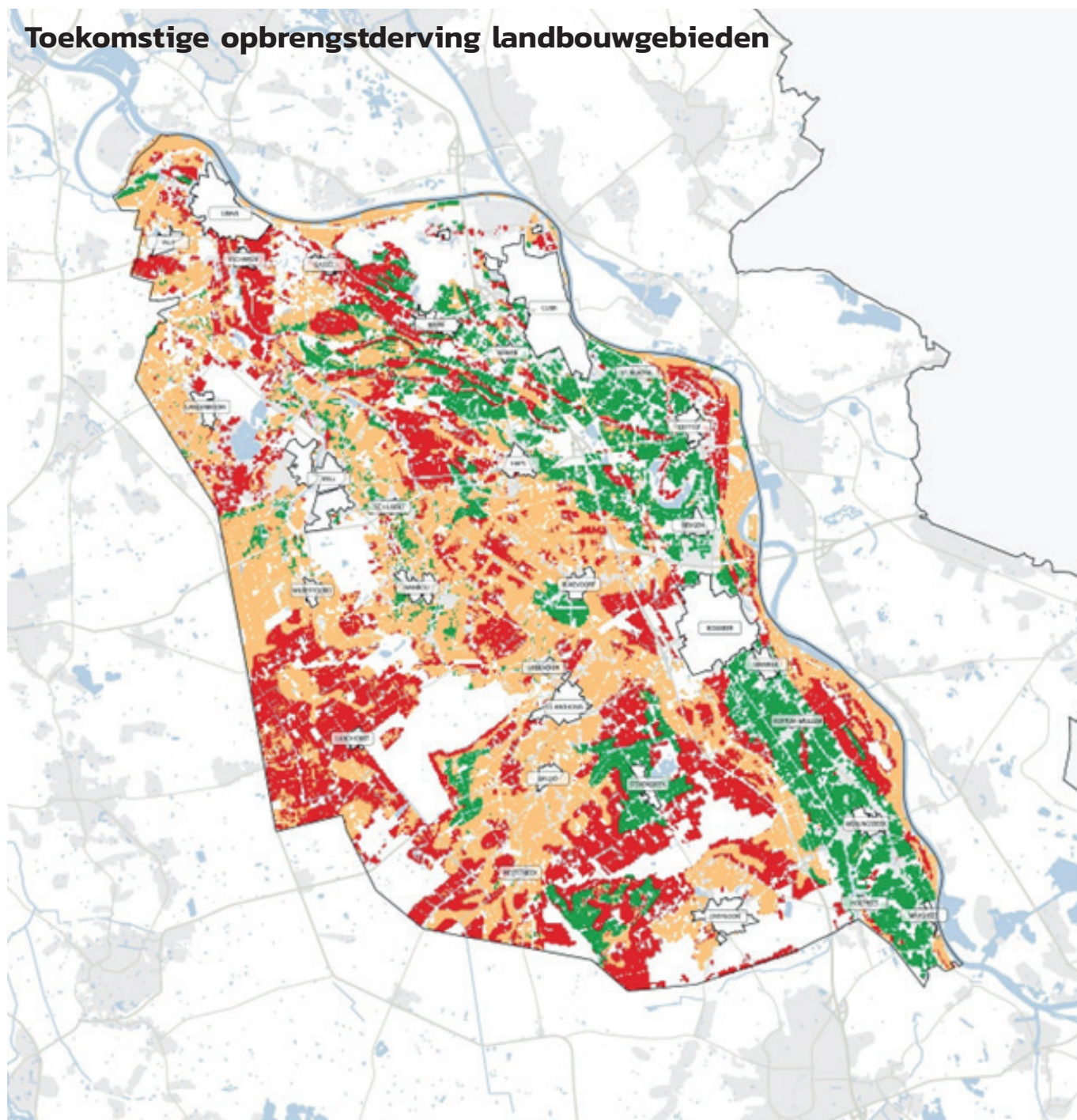
Daan noemt filtering water uit België uit een vorig project als voorbeeld. Joost zou dat alleen doen op plekken waar een bijzonder natuurstype voorkomt, dus bijvoorbeeld bij het Hoge Raam-systeem. Hij vindt de rest van het

systeem nou niet zo bijzonder, voor zulk soort ingrijpende maatregelen. Op het gebied van watervervuiling is hij voor bronaanpak en op het gebied van vervlechten van waterkwaliteit en -diversiteit is dat een studie op zich.

11. Kaarten - opbrengstderving landbouwgebieden



Toekomstige opbrengstderving landbouwgebieden



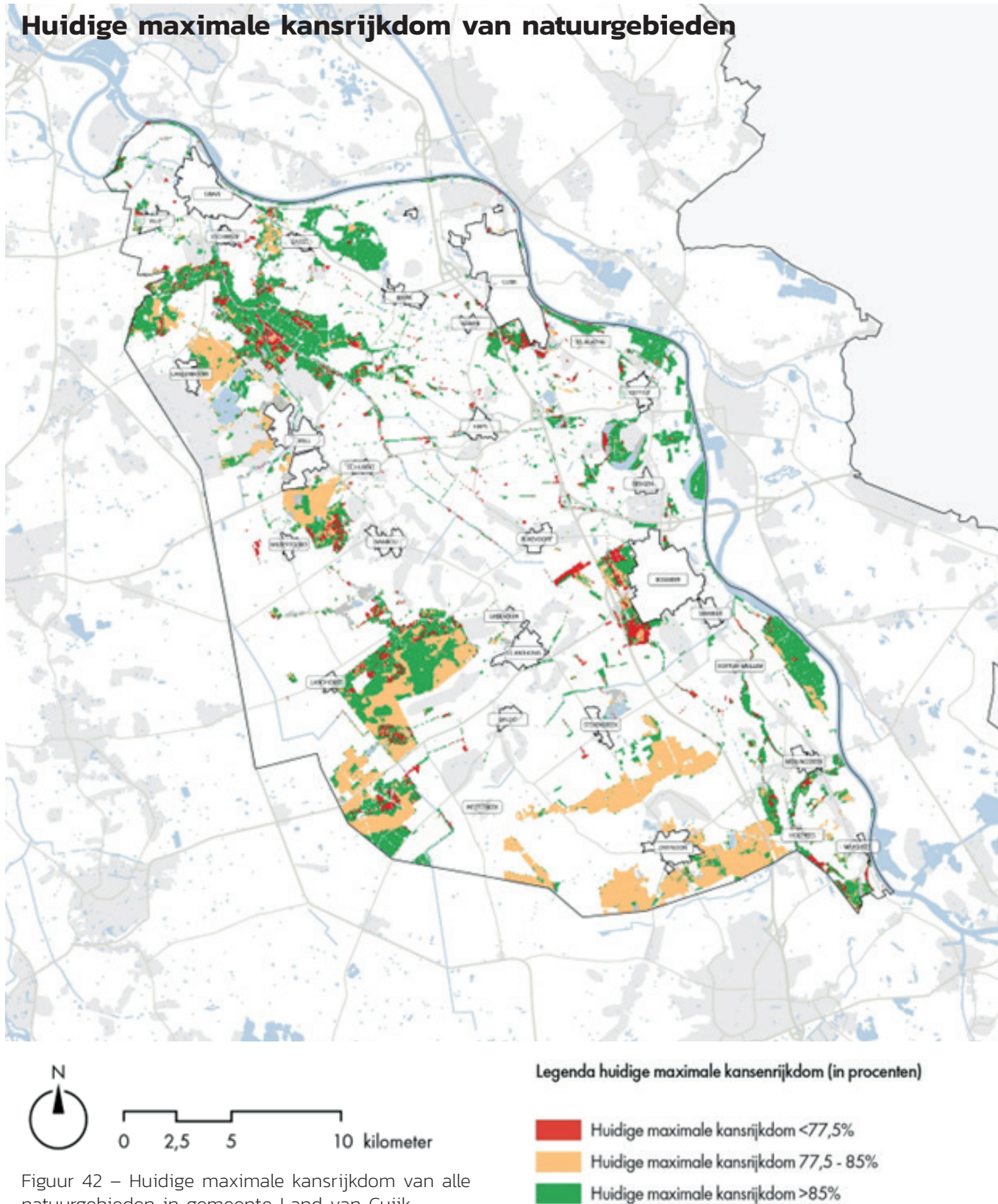
0 2,5 5 10 kilometer

Legenda toekomstige opbrengstderving (in procenten)

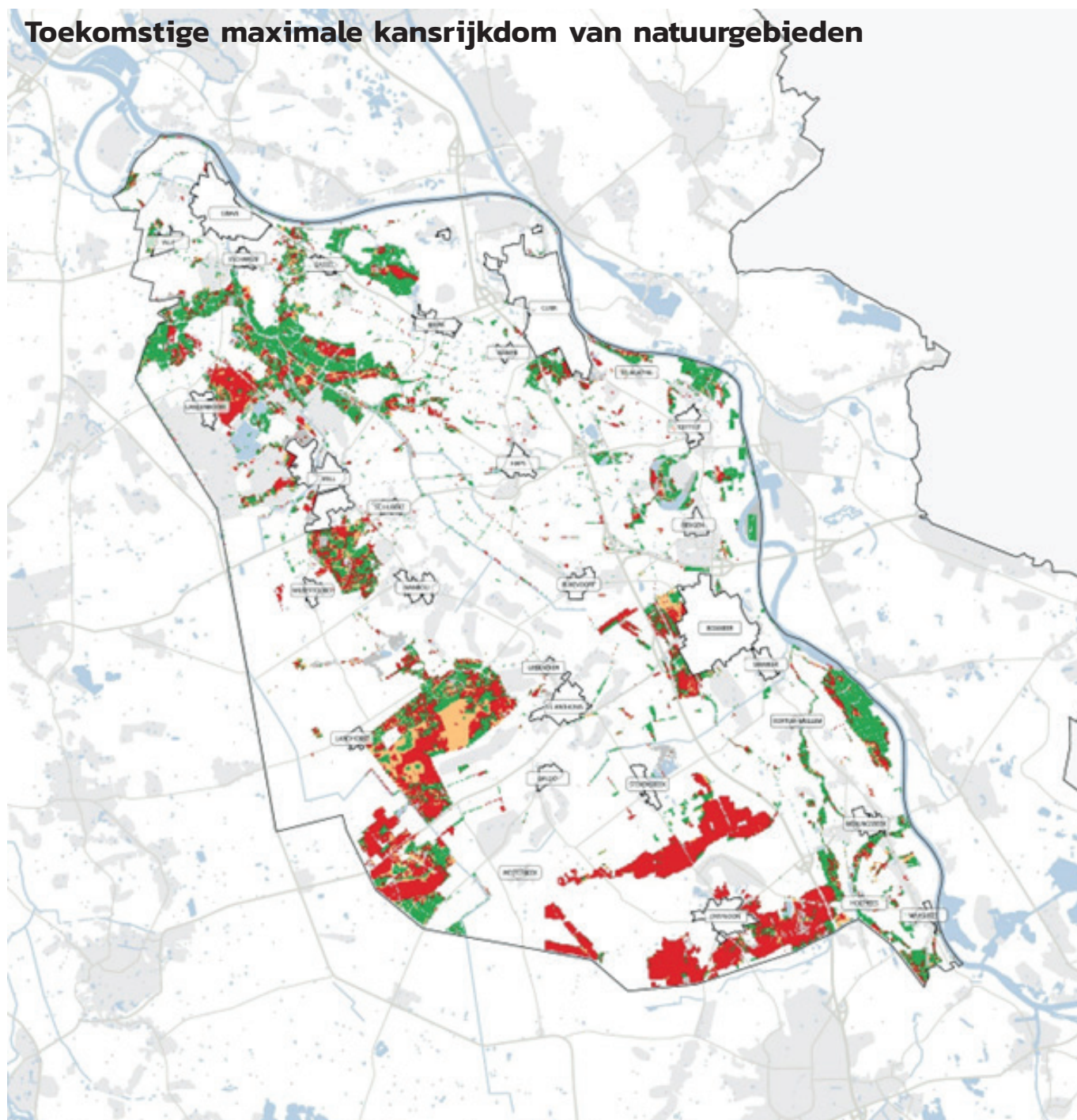
- Toekomstige opbrengstderving <15%
- Toekomstige opbrengstderving 15 - 22,5%
- Toekomstige opbrengstderving >22,5%

Figuur 41 – Toekomstige opbrengstderving van alle landbouwgebieden in gemeente Land van Cuijk.

12. Kaarten – Maximale kansrijkdom natuurgebieden



Toekomstige maximale kansrijkdom van natuurgebieden



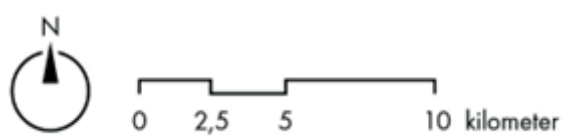
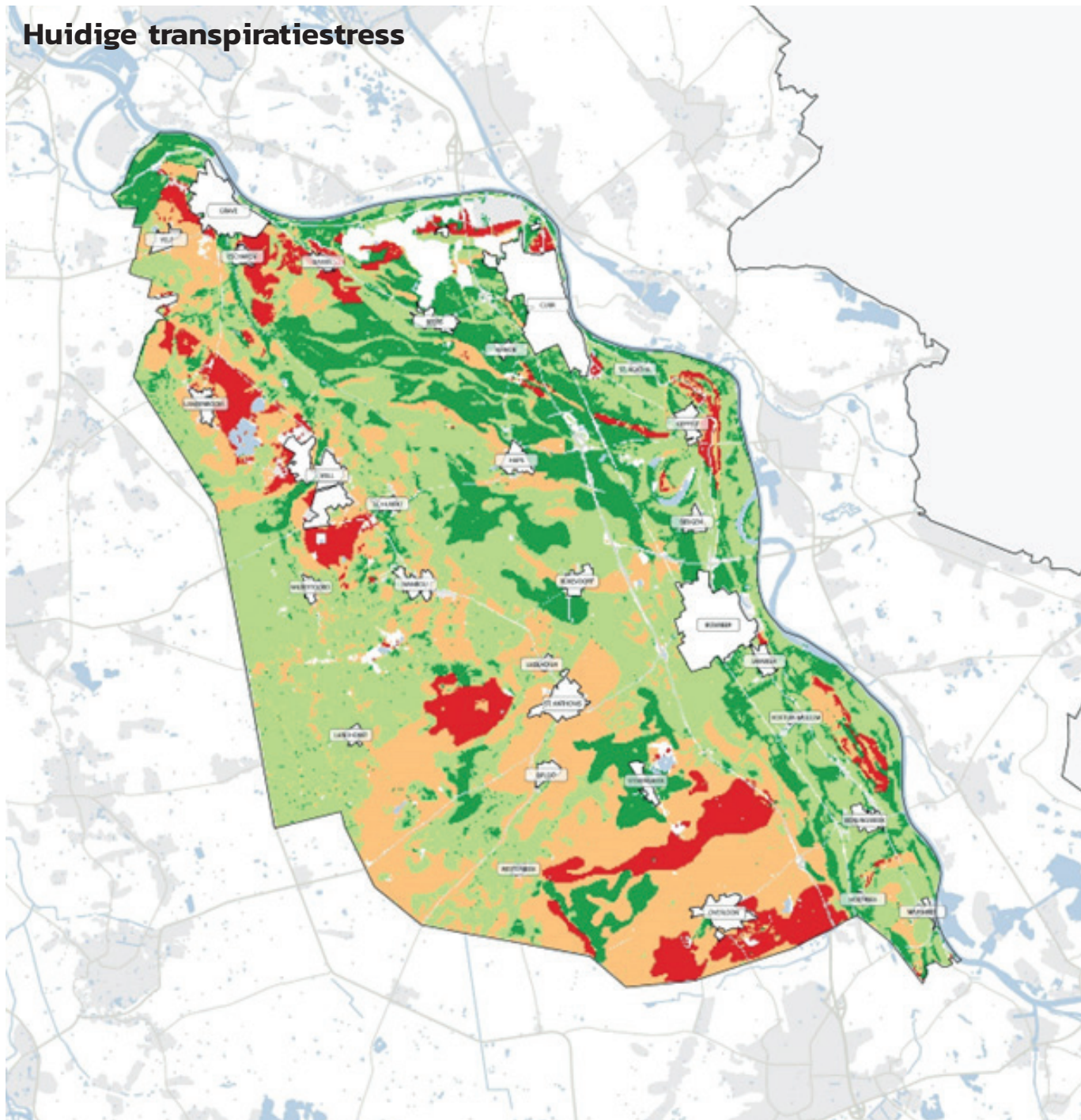
0 2,5 5 10 kilometer

Legenda toekomstige maximale kansrijkdom (in procenten)

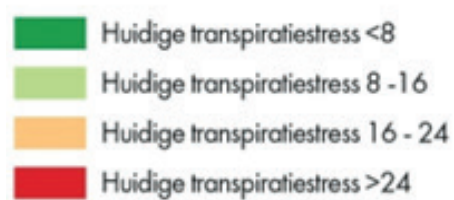
- Toekomstige maximale kansrijkdom <77,5%
- Toekomstige maximale kansrijkdom 77,5 - 85%
- Toekomstige maximale kansrijkdom >85%

Figuur 43 – Toekomstige maximale kansrijkdom van alle natuurgebieden in gemeente Land van Cuijk.

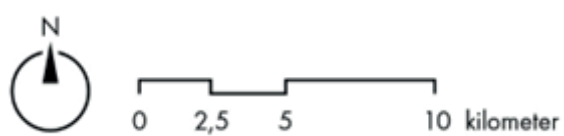
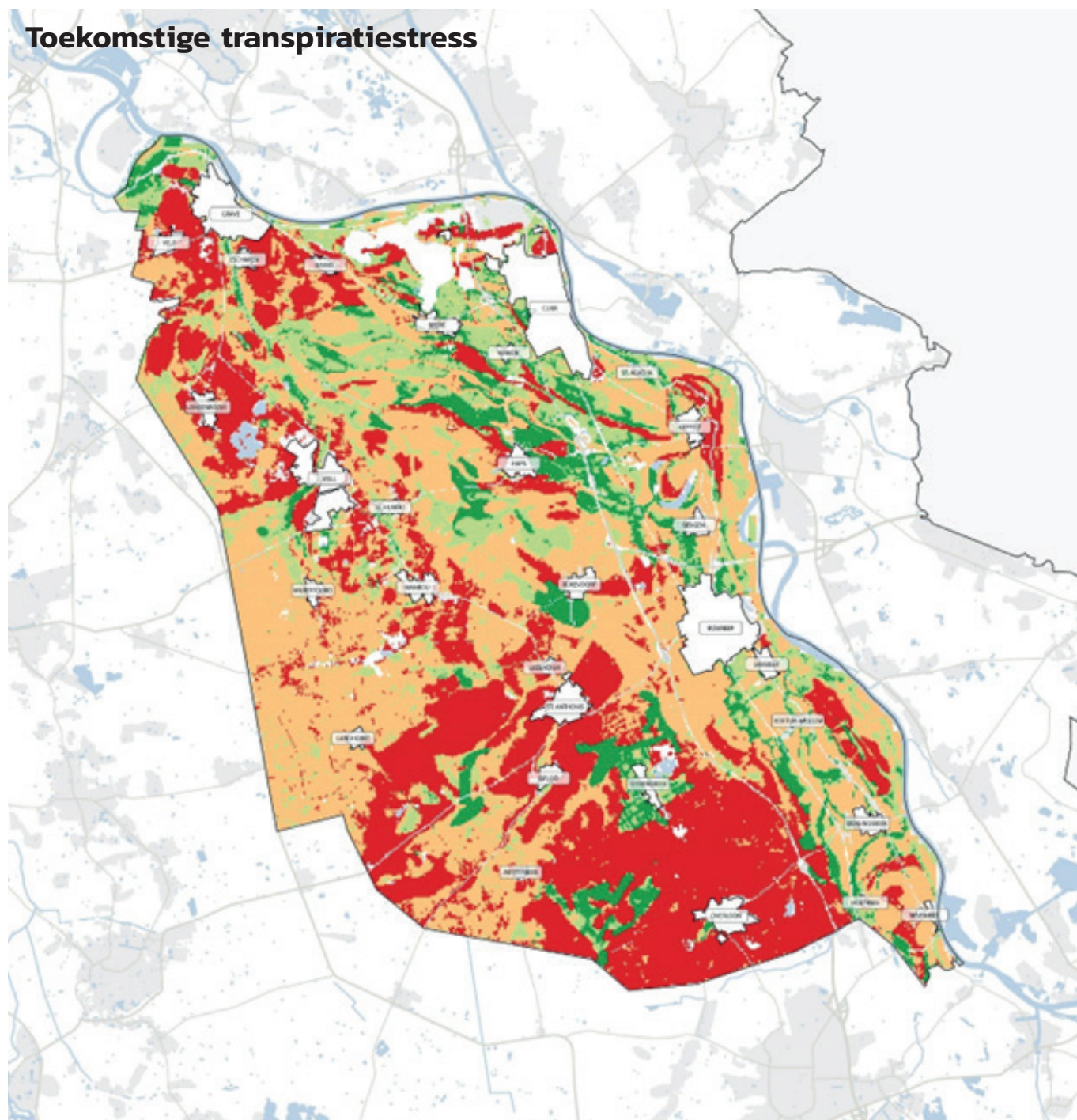
13. Kaarten - Zuurstof- en transpiratiestress



Figuur 44 – Huidige transpiratiestress

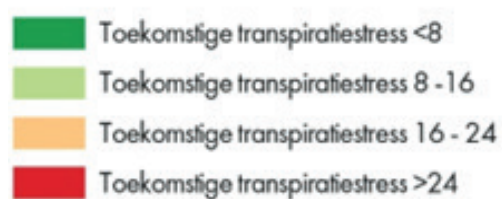


Toekomstige transpiratiestress



Figuur 45 – Toekomstige transpiratiestress

Legenda toekomstige transpiratiestress (in g H₂O/10d)



Huidige zuurstofstress

This map illustrates the spatial distribution of current oxygen stress in Lake Erie. The color gradient indicates the severity of the stress, with green representing low stress and red representing high stress. The highest concentrations of oxygen stress (red/orange) are found along the western shoreline, especially in the Maumee Bay region, and along the southern shore near Toledo. The central and northern parts of the lake generally show lower stress levels (green/yellow). Labeled locations include Toledo, Maumee, and various smaller communities like St. Marys, Sandusky, and Findlay.



-  Huidige zuurstofstress <8
-  Huidige zuurstofstress 8 - 16
-  Huidige zuurstofstress 16 - 24
-  Huidige zuurstofstress >24

Figuur 46 – Huidige zuurstofstress

Toekomstige zuurstofstres

This map illustrates the projected future oxygen stress levels in the Scheldt estuary. The color-coded areas indicate varying degrees of stress, with red representing the highest levels and green representing the lowest. The map shows that high stress is likely to occur in the central channel and along the riverbanks, while the surrounding wetlands are expected to experience lower stress levels. Key locations labeled on the map include Lommel, Houthuizen, and others.



- Toekomstige zuurstofstress <8
- Toekomstige zuurstofstress 8 - 16
- Toekomstige zuurstofstress 16 - 24
- Toekomstige zuurstofstress >24

Figuur 47 – Toekomstige zuurstofstress

14. Validatie, verbeterpunten en aanbevelingen analyse

14.1 Kwetsbare landbouwgebieden

Het vermogen van de gebruikte kwetsbaarheidsanalyse is gevalideerd door figuur 19 te vergelijken met de kaarten droogte- en zuurstofstress van Klimaateffectatlas (Klimaateffectatlas, KWR, 2022a) (Klimaateffectatlas, KWR, 2022b). Deze kaarten worden weergegeven in figuur 48 en 49 en tonen de droogte- en zuurstofstress in de toekomstige situatie van 2050 bij klimaatscenario WH. In grote lijnen komen deze kaarten overeen met de kwetsbaarheidsanalyse; de gebieden op de horst hebben meer transpiratiestress dan de gebieden richting de Maas. Dit terwijl de gebieden richting de Maas juist meer zuurstofstress hebben dan gebieden op de horst. Alhoewel de eenheden van deze kaarten niet overeenkomen is het wel opvallend dat uit de validatiekaart uit figuur 48 blijkt dat er op de horst in 2050 ook zuurstofstress aanwezig is, terwijl dit in vele mindere mate voorkomt bij de toekomstige zuurstofstresskaart uit figuur 47, gebruikt voor de kwetsbaarheidsanalyse. Echter moet hierbij wel gesteld worden dat de analyse door Klimaateffectatlas, om de kaart uit figuur 48 en 49, gebaseerd is op het Nationaal Watermodel en met een resolutie van 250 meter minder gedetailleerd is dan Waterwijzer Landbouw Tabel (Klimaateffectatlas, KWR, 2022a) (Klimaateffectatlas, KWR, 2022b). Hierdoor biedt deze kaarten enkel een indicatieve vergelijking.

De totale opbrengstderving in de kwetsbare gebiedenkaart van figuur 19 is het resultaat van zowel de transpiratie- als zuurstofstress. Echter blijkt uit figuur 44 tot en met 47 in bijlage 13, waarin de huidige en toekomstige transpiratie- en zuurstofstress getoond wordt, dat er op sommige plekken, bijvoorbeeld langs de Maas, zowel transpiratie- als zuurstofstress aanwezig is. In de totale opbrengstderving heffen deze effecten elkaar op, waardoor het lijkt alsof de opbrengstderving in dit gebied matig is. In werkelijkheid zou het dan ook zo kunnen zijn dat de opbrengstderving afwijkt en hoger is dan uit dit model blijkt. Bij het nemen van maatregelen is het daarom goed

om zowel de transpiratie- en zuurstofstress kaarten mee te nemen en niet alleen te kijken naar de totale opbrengstderving.

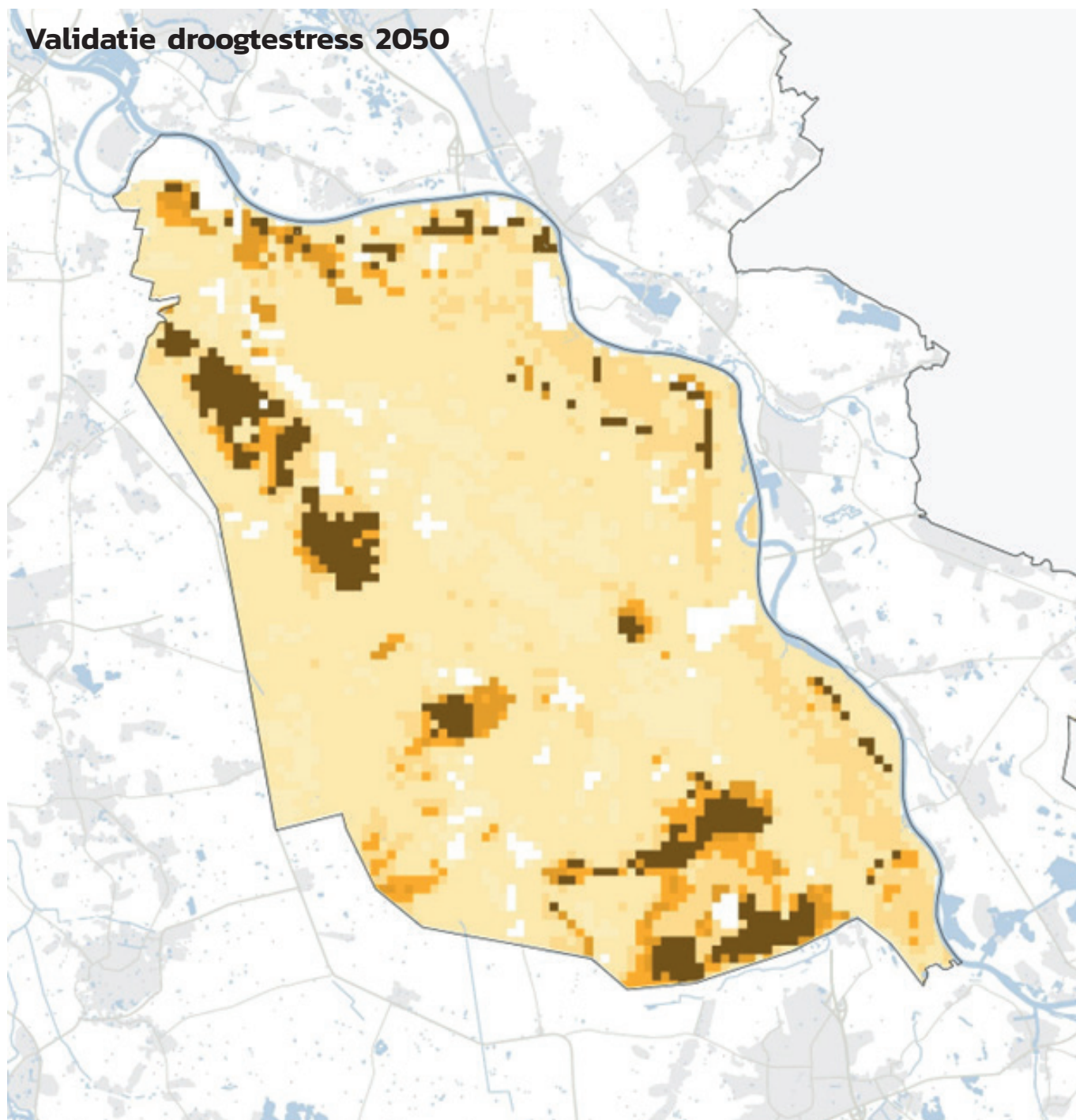
Dat de resultaten uit de analyse kleine afwijkingen vertonen ten opzichte van de validatiekaarten komt waarschijnlijk ook doordat de uitgevoerde analyse verbeterpunten kent. Allereerst is deze analyse enkel gericht op de grondwaterstanden, bodemtypen en klimatologische omstandigheden en wordt er geen rekening gehouden met de invloed van schaduw, irrigatie en de beschikbaarheid van nutriënten (Werkgroep Waterwijzer Landbouw, 2018). Dit zorgt ervoor dat de opbrengstderving van de landbouwgewassen mogelijk anders kan zijn in realiteit. Daarnaast kan het, ondanks dat de weergegevens van het dichtstbijzijnde door het model bruikbare weerstation zijn gebruikt, zo zijn de weersomstandigheden in regio de Bilt afwijken van de weersomstandigheden in het Land van Cuijk. Het zou daarom beter zijn om de weergegevens van een weerstation dat dichterbij het Land van Cuijk gelegen is, zoals Volkel, te gebruiken. Dit is echter helaas niet mogelijk bij het model Waterwijzer Landbouw Tabel.

Ook geeft deze kwetsbaarheidsanalyse enkel een beeld van de gemiddelde kwetsbaarheid van de vier meest voorkomende landbouwgewassen in het Land van Cuijk. Dit maakt ook dat het zo kan zijn dat één van deze gewassen een hele hoge opbrengstderving en een ander gewas op dezelfde plek een hele lage opbrengstderving heeft, waardoor de resultaten elkaar op deze plek opheffen. Daarnaast kan het zo zijn dat de opbrengstderving in één specifiek jaar anders is, doordat er naast deze vier gewassen ook nog andere landbouwgewassen aanwezig zijn. Om dit specifieker te bepalen kan de basisregistratie landbouwpercelen (BRP) gebruikt worden. Hierbij is echter het nadeel dat het verschil tussen twee perioden bij gebruik van de BRP niet mogelijk is, doordat er verschuiving van type gewassen op de percelen plaats zal vinden.

Een ander zwaktepunt van de Waterwijzer Landbouw Tabel is dat de zuurstofstress voor kleigronden in sommige gevallen overschat wordt. Dit komt doordat er geen rekening wordt gehouden met de macroporiën. Onder natte omstandigheden resulteert dit in een hogere gemodelleerde zuurstofstress dan in werkelijkheid aanwezig (Werkgroep Waterwijzer Landbouw, 2018).

Ook het gebruik van referentieperiode 1981–2010 voor de huidige situatie kan voor afwijkingen in de resultaten zorgen. Na 2010 is het aantal droge jaren toegenomen (KNMI, 2022c). Dit kan ervoor gezorgd hebben dat de grondwaterstand in 2022 lager is dan in de referentieperiode voor de huidige situatie aangegeven en de opbrengstderving in 2022 hoger is dan blijkt uit de analyse (Kennisportaal Klimaatadaptatie,). Om nauwkeurigere resultaten over de opbrengstderving in 2022 te verkrijgen, wordt daarom aanbevolen gebruik te maken van recentere grondwaterstanddata, die op moment van uitvoering van de analyse niet aanwezig was. Wel laat deze analyse, door gebruik te maken van de referentieperiode 1981–2010 voor de huidige situatie zien dat het verwachte effect van klimaatverandering op de opbrengstderving en kwetsbaarheid van de landbouwgebieden in het Land van Cuijk al gaande is.

Validatie droogtestress 2050



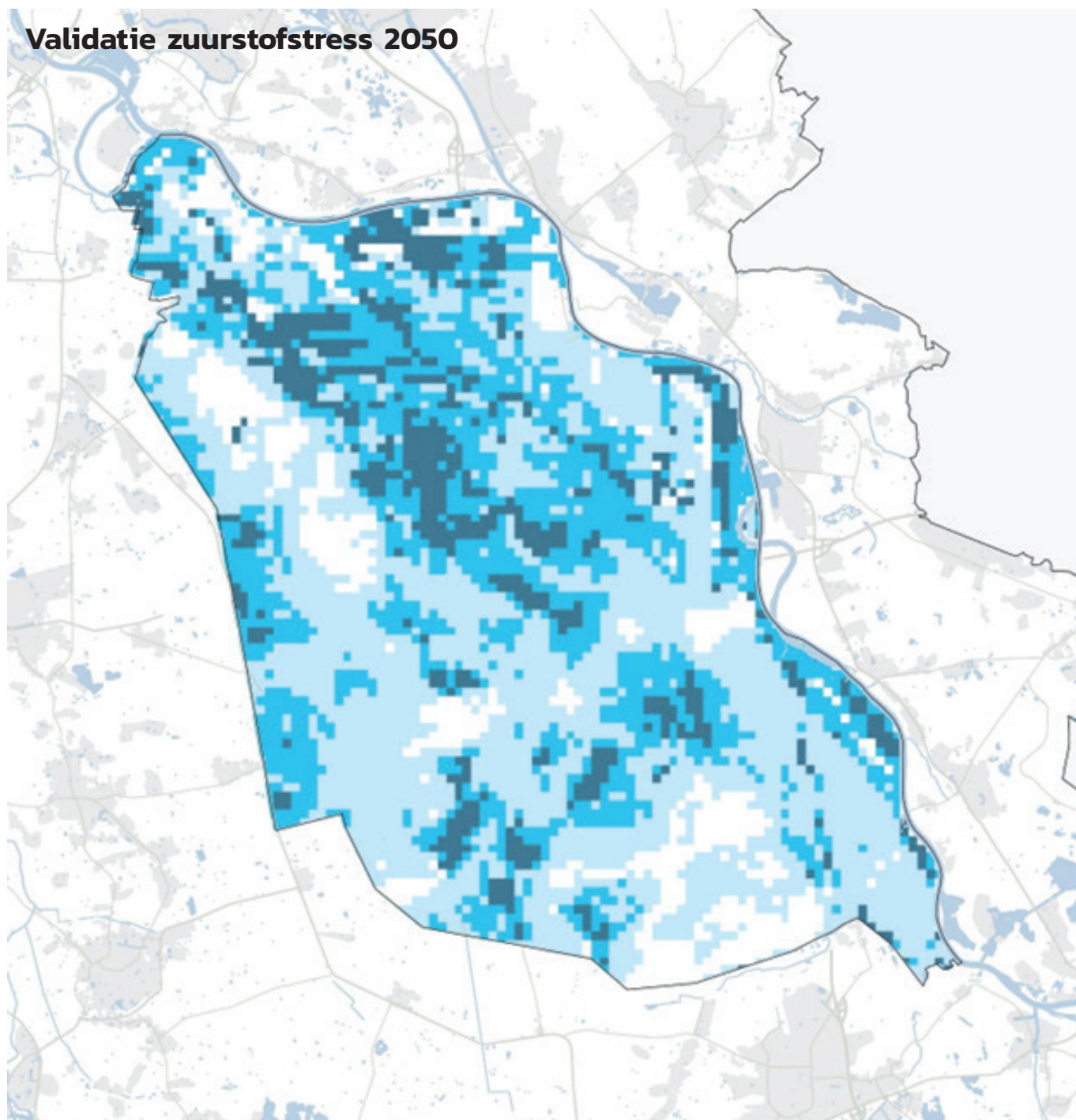
0 2,5 5 10 kilometer

Legenda validatie droogtestress 2050

- Laag; jaarlijks <10% opbrengstderving bij gras
- Motig; jaarlijks 10 - 20% opbrengstderving bij gras
- Hoog; jaarlijks >20% opbrengstderving bij gras

Figuur 48 – Validatiekaart droogtestress 2050 met klimaatscenario WH afkomstig van Klimateffectatlas (Klimateffectatlas, KWR, 2022a).

Validatie zuurstofstress 2050



Legenda validatie zuurstofstress 2050

- Laag; jaarlijks <15% opbrengstderving bij gras
- Matig; jaarlijks 15 - 40% opbrengstderving bij gras
- Hoog; jaarlijks >40% opbrengstderving bij gras

Figuur 49 – Validatiekaart zuurstofstress 2050 met klimaatscenario WH afkomstig van Klimateffectatlas (Klimateffectatlas, KWR, 2022b).

14.2 Grondwaterstandverhoging landbouwgebieden

De maatregelen voor het verhogen van de grondwaterstand gelden enkel voor het gewas snijmais en vervolgonderzoek is nodig om te bepalen wat de effecten van grondwaterstandverhogingen zijn op andere gewassen in het Land van Cuijk.

Doordat deze analyse, net als de kwetsbaarheidsanalyse van de landbouwgebieden beschreven in hoofdstuk 4.1, ook is uitgevoerd met het model Waterwijzer Landbouw Tabel, gelden voor deze analyse dezelfde modelgebaseerde verbeterpunten. Daarnaast geldt bij deze analyse ook dat het veranderen van de drempelwaarde van vijf procent tot grote verschillen kan leiden. Vervolgonderzoek is nodig om nauwkeurig te kunnen bepalen vanaf welke drempelwaarde het rendabel is om de grondwaterstand te verhogen. Ook is uitbreiding van de analyse vereist om conclusies te kunnen trekken voor andere landbouwgewassen. Verder is het van belang dat de scenario-analyse hydrologisch nagerekend wordt om nauwkeuriger te kunnen bepalen in welke stroomrichtingen het grondwater in het Land van Cuijk kent. In het model Waterwijzer Landbouw Tabel wordt namelijk geen rekening gehouden met het grondwaterstandverloop van een gebied. Hierbij zal ook rekening gehouden moeten worden met de andere effecten die het verhogen van de grondwaterstand met zich meebrengt, bijvoorbeeld de effecten op de dorpen in deze landbouwgebieden.

14.3 Kwetsbaarheid natuurgebieden

De uitgevoerde analyse geeft een indicatie van de kwetsbaarheid van de natuurgebieden van het Land van Cuijk. Dit geldt enkel bij referentieperioden 1995 en 2050, waarbij rekening is gehouden met klimaatscenario WH. Door gebruik te maken van de maximale kansrijkdom wordt getoetst welke ecotoopgroep binnen de abiotische omstandigheden het beste in een bepaald gebied kan functioneren. Dit wil dus niet zeggen dat deze ecotoopgroep ook daadwerkelijk op deze plek aanwezig is. Dit is tevens ook het eerste verbeterpunt van deze analyse. Er is vervolgonderzoek nodig om te bepalen wat de kwetsbaarheid van de vegetatietypen is die nu in de natuurgebieden aanwezig zijn. Ondanks dat

deze analyse slechts een indicatie geeft van de kwetsbaarheid van de natuurgebieden in het Land van Cuijk laat deze analyse wel zien welke impact klimaatverandering op de natuur heeft. De maximale kansrijkdom is immers de maximaal haalbare en dus meest optimistische weergave.

Ook het gebruik van referentiejaar 1995 voor de huidige situatie kan voor afwijkingen in de resultaten zorgen. Na 2010 is het aantal droge jaren toegenomen (KNMI, 2022c). Dit kan ervoor gezorgd hebben dat de grondwaterstand in 2022 lager is dan in de referentieperiode voor de huidige situatie aangegeven en de maximale kansrijkdom in 2022 lager is dan blijkt uit de analyse (Kennisportaal Klimaatadaptatie,). Om nauwkeurigere resultaten over de maximale kansrijkdom in 2022 te hebben, wordt daarom aanbevolen gebruik te maken van recentere grondwaterstanddata. Echter moet hierbij wel vermeld worden dat het in Waterwijzer Natuur niet mogelijk is om het referentiejaar voor de huidige situatie aan te passen. Wel laat deze analyse, door gebruik te maken van de referentiejaar 1995 voor de huidige situatie zien dat het verwachte effect van klimaatverandering op de maximale kansrijkdom en kwetsbaarheid van de natuurgebieden in het Land van Cuijk al gaande is.

Een ander zwaktepunt van deze analyse is de aanname dat de stikstofdepositie in de huidige en toekomstige situatie hetzelfde is. Deze aanname is gemaakt, omdat er geen data aanwezig is over de voorspelde verandering in stikstofdepositie. Een overschot aan stikstofdepositie leidt door eutrofiëring en verzuring tot een verlies aan biodiversiteit (TNO, 2022). Het niet meenemen van de toekomstverwachting kan er dus voor zorgen dat de uitkomsten uit de analyse afwijken van de werkelijkheid.