



DE WEG NAAR EEN KLIMAATROBUUST BEEKDALLANDSCHAP

Een inrichtingsvoorstel voor de Buulder Aa

HAS Green Academy – Beroepsopdracht 2023

Mellanie Righard, Bob Sesink Clee en Thomas Witlox
04/07/2023

DE WEG NAAR EEN KLIMAATROBUUST BEEKDALLANDSCHAP

Een inrichtingsvoorstel voor de Buulder Aa

HAS Green Academy 's-Hertogenbosch -Beroepsopdracht 2023

Auteurs:

Mellanie Righard

Bob Sesink Clee

Thomas Witlox

In opdracht van:

SIA PVG.DZ21.03.004: Landbouw in Klimaatrobuuste Beeklandschappen

i.s.m. Waterschap de Dommel en Provincie Noord-Brabant

Onderwijsinstelling:

HAS Green Academy | 's-Hertogenbosch

i.s.m. Lectoraat Klimaatrobuuste landschappen

Begeleidende docenten:

Joeri de Bekker

Maurits Dorlandt

Ellen Weerman

04/07/2023



Provincie Noord-Brabant

VOORWOORD

Voor u ligt het afstudeeronderzoek “De weg naar een klimaatrobuust beekdallandschap - een inrichtingsvoorstel voor de Buulder Aa”.

In dit afstudeeronderzoek is onderzocht welke stappen genomen dienen te worden om tot een klimaatrobuust inrichtingsvoorstel te komen voor het beekdallandschap rondom kasteel Cranendonck.

Het multidisciplinaire onderzoek is uitgevoerd als beroepsropdracht door drie studenten van de HAS Green Academy in opdracht van het lectoraat Klimaatrobuuste Landschappen, Waterschap de Dommel en de Provincie Noord-Brabant.

Bob is student Toegepaste Biologie, Mellanie student van de opleiding Landscape Design (Management van de leefomgeving) en Thomas student Applied Geo-Information Science.

In het bijzonder willen we onze begeleidende docenten Joeri de Bekker, Maurits Dorlandt en Ellen Weerman bedanken voor de inhoudelijke ondersteuning tijdens dit afstudeeronderzoek.

Ook Tim Dommels de gebiedsbeheerder van het projectgebied en Christiaan de Bikker hebben een waardevolle bijdrage geleverd tijdens de projectuitvoering.

Tevens willen wij Janneke Grauls- van Wersch (HAS), Bob Nouwens en Indra Oosterink van Flux landscape architecture bedanken voor de feedback op de vormgeving van de visuele producten.

Tot slot willen wij Susan Dinnissen en Heleen Westerhof van Waterschap de Dommel bedanken voor de inhoudelijke ondersteuning.

Wij hopen u met dit afstudeeronderzoek te inspireren en te laten zien dat de weg naar een klimaatrobuust landschap een kleinere stap is dan dat het in eerste instantie lijkt.

Bob, Thomas en Mellanie
23 juni 2023

INHOUDSOPGAVE

Voorwoord	2	5. Kansenanalyse	33
Begrippenlijst	4	5.1 Welke natuurtype op welke plek?	35
		5.2 Welke landbouwworm op welke plek?	36
Samenvatting	5	6. Visie en concept	37
1. Inleiding	6	6.1 Programma van eisen	38
Aanleiding	7	6.2 Visie en concept	39
Doelstelling	7	6.3 Oppervlaktevisiekaart	40
Opdrachtoomschrijving	7	7. Gebiedsinrichting	42
Projectgebied	8	7.1 Ontwerpkeuzes	43
Leeswijzer	9	7.2 Definitief inrichtingsvoorstel	43
2. Gebiedsinventarisatie	10	8. Discussie	54
2.1 Geomorfologie	11	9. Conclusie	57
2.2 Bodem	12	10. Aanbevelingen	60
2.3 Hoogte	13		
2.4 Water	14	Literatuurlijst	62
2.5 Agrarisch landgebruik	16	Bijlage 1 Uitleg koppen, flanken en beekdal	65
2.6 Natuur	17	Bijlage 2 Verdroging/ vernatting model	66
2.7 Infrastructuur	19	Bijlage 3 Natuur en landbouw urgentie-model	67
2.8 Recreatie	20	Bijlage 4 Kansenanalyse	68
2.9 Landschapsstructuur	21	Bijlage 5 standplaatsvoorwaarden natuur en landbouw	73
2.10 Kansen en knelpunten	22	Bijlage 6 Metadata	74
3. Bodem en wateranalyse huidig landgebruik	23		
3.1 Verdroging of vernatting?	24		
3.2 Resultaten	25		
3.3 Urgentie voor huidige natuur en landbouw	27		
4. Waterbalans	30		
4.1 Waterbalans groeiseizoen huidig -toekomst	31		
4.2 Waterbalans buiten groeiseizoen huidig- toekomst	32		

BEGRIPPENLIJST

Koppen: Hooggelegen zandgronden of dekzandruggen.

Flanken: Dit zijn gebieden die tussen hoge zandgronden en laaggelegen beekdalen liggen.

Beekdal: Laaggelegen gebieden in het landschap. Ze hebben een ecologische functie in het watersysteem en dienen voor opvang van te veel water uit bebouwde gebieden.

GHG: Het gemiddelde van de drie hoogst waargenomen grondwaterstanden per jaar, over een periode van minimaal acht jaar.

GLG: Het gemiddelde van de drie laagst waargenomen grondwaterstanden per jaar, over een periode van minimaal acht jaar.

T=100: Een regenbui die 1 keer in de 100 jaar voorkomt.

Klimaatrobuust: Een landschap dat met minimale menselijke ingrepen kan meebewegen met de veranderende neerslagpatronen door klimaatverandering.

Modelbuilder: Een applicatie in GIS om modellen te maken, te bewerken en te beheren.

Sponswerking: Het vermogen van de bodem om water op te nemen en terug te leveren in periodes van droogte.

Symbologie: Kleurgebruik van verschillende kaartlagen.

Standplaatsvoorwaarden: Voorwaarden waar een bodem aan moet voldoen om bepaalde planten te kunnen huisvesten.

Waterbergend vermogen: het vermogen van de bodem om water op te slaan.

SAMENVATTING

Door de toenemende klimaatverandering worden periodes van droogte langer en valt er meer neerslag in kortere periodes. Om deze veranderingen op te vangen is Waterschap de Dommel gestart met verscheidene beekherstelprojecten die het waterbergend vermogen, de waterkwaliteit en de biodiversiteit moeten verbeteren (Waterschap de Dommel, 2014).

In dit afstudeeronderzoek is een klimaatrobuuste gebiedsinrichting ontwikkeld voor het beekdallandschap rondom kasteel Cranendonck in de gemeente Cranendonck. De term klimaatrobuust is in dit onderzoek gedefinieerd als: een landschap dat met minimale menselijke ingrepen kan meebewegen met de veranderde neerslagpatronen door klimaatverandering. Naast klimaatrobuustheid zijn bodem en water sturend voor de gemaakte keuzes in de gebiedsinrichting.

De stappen die zijn genomen om tot een gebiedsinrichting te komen zijn uitgewerkt in deze rapportage. Tevens is er een visuele weergave van het stappenplan gemaakt in de vorm van een storymap. Het opgestelde stappenplan is gebruiksvriendelijk en universeel toepasbaar op vrijwel elk gebied.

Door middel van de lagenbenadering is het projectgebied in kaart gebracht. Zo is inzichtelijk geworden dat het projectgebied uit zandgronden bestaat en dat er een afname van veen heeft plaatsgevonden wat ervoor heeft gezorgd dat het waterbergend vermogen van de bodem minimaal is.

De problematiek omtrent water is inzichtelijk gemaakt door middel van een bodem- en wateranalyse. Hier is de problematiek van verdroging en/of vernatting in het gebied op basis van het KNMI WH-klimaatscenario 2050 in kaart gebracht en wat voor effecten dit heeft op de huidige natuur- en landbouwwormen. Tot slot is er specifiek gekeken naar het verwachte verschil in opbrengstderving is voor de landbouw.

Om de hoeveelheid water die het gebied binnenkomt en verlaat inzichtelijk te maken is er een waterbalans opgesteld. Deze analyses hebben inzichtelijk gemaakt dat in de toekomst de fluctuaties in de grondwaterstand groter worden en de watertekorten toenemen. Het merendeel van de

aanwezige natuurtypen als; dynamisch moeras, beek begeleidend bos en vochtig hooiland en landbouwwormen als grasland, maïs en tarwe kunnen zich in 2050 niet meer handhaven in het projectgebied.

Vervolgens is er een kansenanalyse uitgevoerd om met behulp van standplaatsvoorwaarden inzichtelijk te maken welke natuur- en landbouwwormen zich op welk perceel kunnen handhaven. Om tot een klimaatrobuust ontwerp te komen waarbij water en bodem sturend zijn is aan de hand van de gebiedsinventarisatie en de waterbalans een oppervlaktewatervisiekaart opgesteld. Deze bestaat uit vier waterzones met elk een eigen functie en invulling.

De oppervlaktewatervisiekaart en kansenanalyse zijn als leidraad gebruikt voor de uiteindelijke gebiedsinrichting. In dit ontwerp is bewust het perspectief van de agrariërs weggelaten zodat er een voorstel zonder concessies is gemaakt. In de gebiedsinrichting komen natuurvormen als beekbegeleidend bos, vochtig hooiland, kruidenrijk grasland en landbouwwormen als paludicultuur, kruidenrijk grasland, herenboeren en voedselbos voor. Deze vormen volgen de bodem- en watereigenschappen van het beekdallandschap van de Bulder Aa en hebben relatief weinig menselijke sturing nodig om voort te kunnen bestaan. Natuurgebieden worden met elkaar verbonden, er worden mogelijkheden gecreëerd om Landgoed Cranendonck om te vormen naar een plek waar alle gemeentelijke initiatieven samen kunnen komen. Tot slot wordt er een betere verbinding gelegd tussen landgoed Cranendonck en station Maarheeze.

1. INLEIDING



1.1 AANLEIDING

De afgelopen decennia zijn de gevolgen van klimaatverandering steeds duidelijker geworden en hebben de KNMI- klimaatscenario's inzichtelijk gemaakt dat de weersextremen verder zullen toenemen (KNMI, 2015). Zo werd Noord-Brabant in 2018, 2019 en 2020 geconfronteerd met zeer droge zomers. Door het ontwaterende karakter van de huidige beekdallandschappen kregen zowel landbouw als natuur te maken met enorme droogteschade en raakte de zoetwatervoorraden uitgeput (Geesteranus et al. 2022). Om de strijd aan te gaan met deze hydrologische veranderingen zijn de Noord-Brabantse Waterschappen de laatste jaren actief bezig met beekherstelprojecten (Lagrouw & van Munnen, 2021).

Waterschap de Dommel heeft een Waterbeheerprogramma opgesteld om tot een toekomstbestendige waterhuishouding te komen in 2050. De drie leidende principes in dit programma zijn; elke druppel vast houden waar deze valt, functie volgt peil en wat schoon is moet schoon blijven (Waterschap de Dommel, 2022). Ter aanvulling zijn er door Waterschap de Dommel in 2023 handelingsperspectieven opgesteld met concrete maatregelen om deze watertransitie in beekdallandschappen te realiseren (Waterschap de Dommel, 2023). Het SIA project Klimaatrobuuste landbouw zet zich met de HAS Green Academy en het NIOO-KNAW in om een werkwijze te ontwikkelen om landschappen klimaatrobuust te hervormen om zo de waterproblematieken voor natuur en landbouw tegen te gaan (Lectoraat Klimaatrobuuste landschappen, z.d.).

In het beekdallandschap rondom de Boulder Aa is Waterschap de Dommel in 2014 gestart met het projectplan 'Herinrichting van de Boulder Aa', waarbij hermeandering, connectiviteit en omvormen van landbouw naar natuur centraal staan (Waterschap de Dommel, 2014). Rondom kasteel Cranendonck, gelegen tussen Soerendonk en Maarheeze ligt de laatste ontwikkelopgave rondom de Boulder Aa. Hier dient een oplossing voor de waterproblematiek te komen met een gezonde samenkomst tussen landbouw, natuur, cultuurhistorie en recreatie.

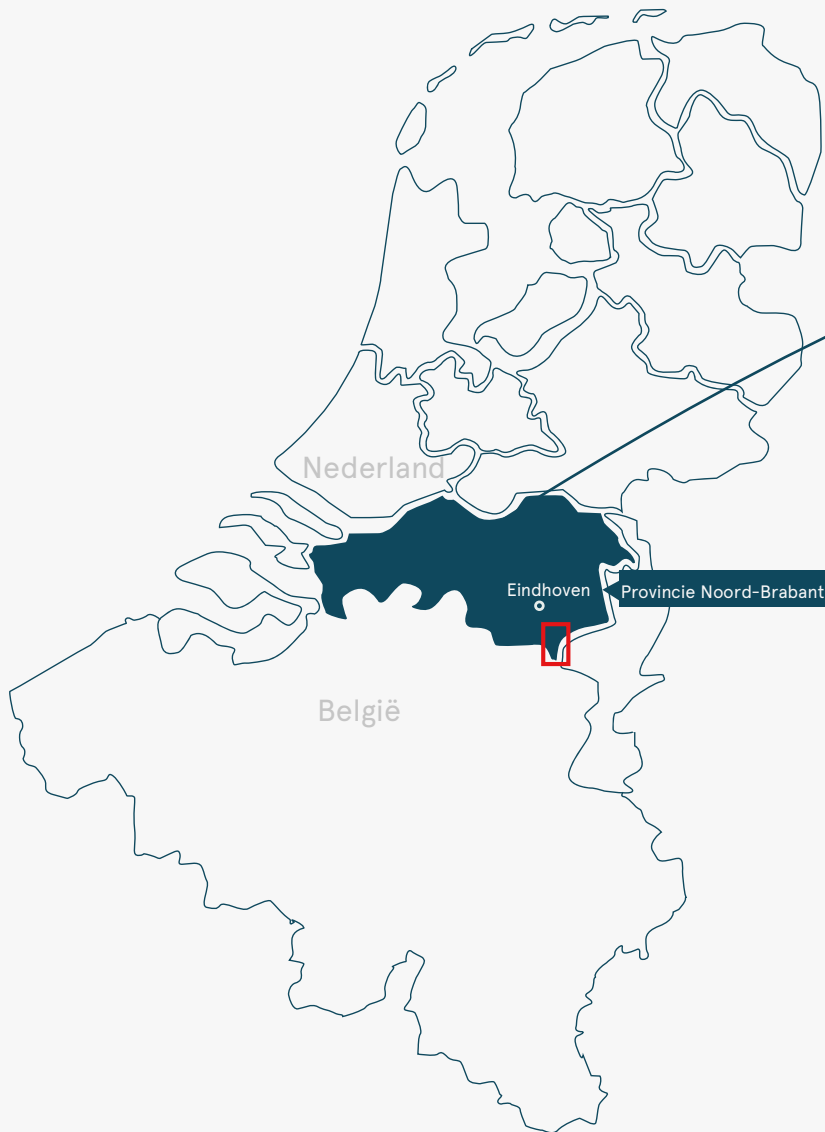
1.2 DOELSTELLING

Het doel van dit onderzoek is om een inspiratie biedende gebiedsinrichting te ontwikkelen voor het gebied rondom kasteel Cranendonck. Hiernaast diende er een stappenplan te worden ontwikkeld dat universeel inzetbaar is voor andere gebieden die met soortgelijke problematieken te kampen hebben. Dit stappenplan dient als doel dat bestuursorganen op een gestructureerde en gestandaardiseerde manier te werk kunnen gaan bij het klimaatrobuust herinrichten van een gebied.

1.3 OPDRACHTOMSCHRIJVING

Tijdens dit onderzoek is er een stappenplan ontwikkeld, waarin bestuursorganen mee worden genomen door de stappen om beekdallandschappen klimaatrobuust te hervormen. De term **klimaatrobuust** is in dit onderzoek gedefinieerd als: **een landschap dat met minimale menselijke ingrepen kan meebewegen met de veranderende neerslagpatronen door klimaatverandering**. Naast het stappenplan is er een voorstel voor een gebiedsinrichting rondom kasteel Cranendonck ontwikkeld, waarbij bodem en water sturend zijn. Tevens is hierin getracht een goede balans te creëren tussen natuur, landbouw, cultuurhistorie en recreatie.

1.4 PROJECTGEBIED



Figuur 1.4.1 Overzichtskaart Nederland.



Figuur 1.4.2 Projectgebied.

De Buulder Aa is een beek die ontspringt bij het Belgische dorpje Hamont, de beek stroomt tussen Budel en Gastel Nederland binnen en stroomt vervolgens in noordoostelijke richting tussen Soerendonk en Maarheeze richting Leende waar deze samen met de Strijper Aa, de Grote Aa vormt (Gemeente Budel, 1983). Sinds 1900 kent de Buulder Aa een sterk gekanaliseerde loop en het omringende landschap bestaat uit cultuurlandschap, landbouwgronden en broekbos (topotijdreis, z.d.). Het projectgebied rondom kasteel Cranendonck loopt vanaf de stuw ter hoogte van Blake Beemd tot de provinciale weg Molenheide.

1.5 LEESWIJZER

In dit eindrapport “De weg naar een klimaatrobuust beekdallandschap - een inrichtingsvoorstel voor de Buulder Aa” wordt de lezer in chronologische volgorde meegenomen door de stappen die zijn genomen om tot een klimaatrobuust inrichtingsvoorstel te komen voor het beekdallandschap rondom kasteel Cranendonck. Het stappenplan dat is vormgegeven in een storymap, dient als toegankelijke visuele weergave van dit rapport en is te vinden door op onderstaande link te klikken: [Storymap](#).

Hoofdstuk 2- Gebiedsinventarisatie

In de gebiedsinventarisatie wordt de opbouw van het projectgebied met behulp van de lagenbenadering inzichtelijk gemaakt. Waarmee een concluderende landschapsstructuurkaart opgesteld wordt.

Hoofdstuk 3- Bodem- en wateranalyse

De bodem- en wateranalyse maakt de hydrologische problematiek in het projectgebied inzichtelijk en analyseert de gevolgen voor aanwezige natuur- en landbouwgewassen.

Hoofdstuk 4- Waterbalans

De waterbalans maakt de hydrologische situatie in het projectgebied inzichtelijk.

Hoofdstuk 5- Kansenanalyse

Met behulp van de kansenanalyse worden de vestigingskansen voor natuurtypen en landbouwwormen inzichtelijk gemaakt.

Hoofdstuk 6- Visie en concept

In de visie en concept worden de uitkomsten uit de gebiedsinventarisatie, waterbalans en kansen-analyse voor landbouw en natuur vertaald naar een visie voor water, natuur, landbouw en recreatie. Deze visie wordt ondersteund met een oppervlaktewatervisiekaart die de basis zal vormen voor de gebiedsinrichting.

Hoofdstuk 7- Gebiedsinrichting

In de gebiedsinrichting wordt de visie vertaald naar een ruimtelijk inrichtingsvoorstel voor het beekdallandschap van de Buulder Aa, middels een plankaart, onderbouwd met een panoramabeeld.

Hoofdstuk 8 - Discussie

In de discussie worden de belangrijkste bevindingen van dit onderzoek bediscussieerd en worden de beperkingen en implicaties toegelicht.

Hoofdstuk 9- Conclusie

Hier worden de kernconclusies uit het onderzoek beschreven.

Hoofdstuk 10- Aanbevelingen

Hier worden aanbevelingen gegeven aan gebiedsontwikkelaars en beleidsmakers. De adviezen geven een beeld wat men binnen gebiedsprocessen kunnen doen om een stap verder te komen tot uitvoering van de gebiedsinrichting. Tot slot worden er suggesties gedaan voor mogelijke vervolgstudies.

2. GEBIEDSINVENTARISATIE

De eerste stap in het proces is een gebiedsinventarisatie. Gedurende de inventarisatie is het gebied eigen gemaakt door het verzamelen van geodata, kaartmateriaal en gebiedsbezoeken. Met behulp van de verzamelde geodata in ArcGIS Pro (versie 3.1.41833) zijn onder andere geomorfologie, bodemtype, hoogte, oppervlaktewateren, agrarisch landgebruik en de aanwezige natuurtypen in kaart gebracht. De daaropvolgende gebiedsbezoeken dienden om het gebied te leren kennen en een beter beeld te krijgen van de aanwezige flora- en fauna, recreatie, landschapstructuren en zijn tot slot de belangen in beeld gebracht.



2.1 GEOMORFOLOGIE

Het projectgebied bestaat uit; dekzandruggen, dekzandwelingen, dekzandvlaktes, dalvormige laagtes en laagtes zonder randwal. Er is een duidelijk patroon zichtbaar op de koppen, flanken en beekdalen. Zo bestaan de koppen voornamelijk uit dekzandwelingen, de flanken uit dekzandvlaktes en het beekdal uit dalvormige laagtes.

Dalvormige laagtes

De dalvormige laagtes rondom de beek zijn ontstaan door het oppervlakkig afstromen van smeltwater over de bevroren ondergrond van een zwak hellend terrein. Deze gronden zijn kenmerkend voor de hoge zandgronden in oost- en zuid Nederland. Onder andere is het landgoed Cranendonck op de grens van de dalvormige laagte te vinden. Opvallend is dat de Boschloop niet onderdeel is van deze geomorfologische laag, normaal zou een watergang onderdeel moeten zijn van een dalvormige laagte zoals bij Buulder Aa. Dat betekent dat deze waterloop ten behoeve van de mens is aangelegd puur voor de ontwatering van de gronden (WUR23).

Dekzandwelingen

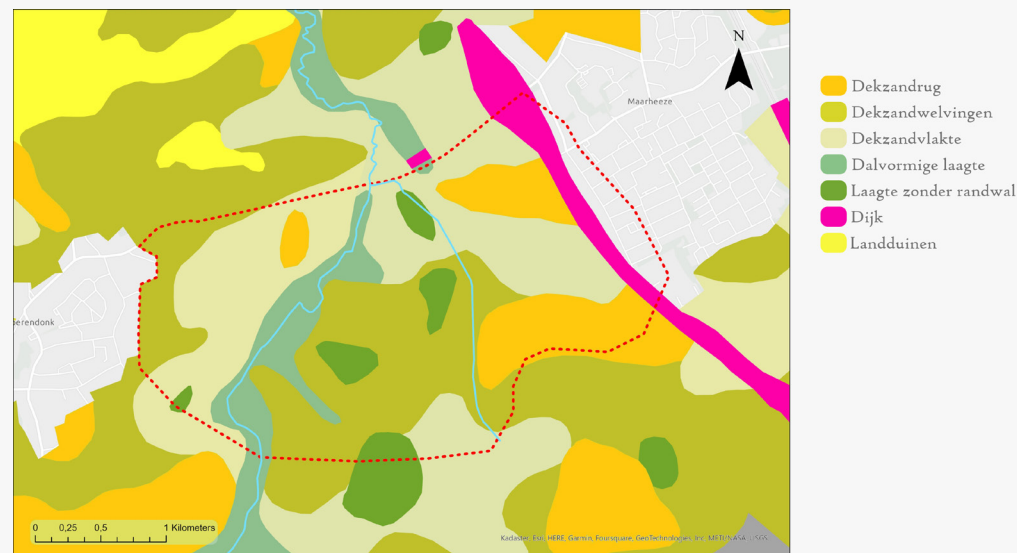
Een groot deel van het projectgebied bestaat uit dekzandwelingen. Deze zijn ten noorden en ten oosten van Soerendonck en bij Maarheeze zijn dekzandwelingen te vinden. Dekzandwelingen zijn in de laatste ijstijd door de wind gevormd. Deze verschijnen aan het oppervlak door veenafravingen of bodemdalingen, kenmerkend zijn de flauwe hellingen (WUR23).

Dekzandvlakte

Ten noorden van het projectgebied en ten oosten van de beek zijn dekzandvlaktes te vinden. Deze zijn afgezet tijdens stormen onder zeer koude omstandigheden en hebben op sommige plekken een zeer vlakke ligging. Deze vlakke liggingen zijn mogelijk ontstaan onder latere invloed van de mens of door een invloed van water (WUR23).

Dekzandrug

De dekzandruggen ten westen van Maarheeze zijn gevormd door wind tijdens de laatste ijstijd, hierdoor hebben ze een langgerekte vorm. Op deze dekzandruggen is de snelweg (A2) te vinden, daarnaast ligt Maarheeze gedeeltelijk op deze ruggen (WUR23).



Figuur 2.1.1 Geomorfologische kaart, (Nationaal georegister, 2023).

Conclusie

Veel van de gronden in het projectgebied bestaan uit dekzandwelingen of dekzandvlaktes. Kenmerkend voor deze gronden is dat ze vaak zijn afgegraven ten behoeve van de landbouw, hierdoor is veel veen rondom de Buulder Aa verdwenen. Het verlies van dit veen heeft geresulteerd in een afname van het waterbergend vermogen. De afname hiervan in dit gebied kan leiden tot een verhoogd risico op overstromingen tijdens periodes van hevige regenval.

2.2 BODEM

De bodemkaart toont aan dat het projectgebied grotendeels uit de volgende vier bodemsoorten bestaat; gooreerdgronden, beekeerdgronden, lage enkeerdgronden en hoge zwarte enkeerdgronden (figuur 2.2.1). Het projectgebied bestaat dus voornamelijk uit eerdgronden. Enkeerdgronden zijn ontstaan door toepassing van het potstalsysteem, dit zijn de oude bouwlanden van het Nederlandse cultuurlandschap (Sonneveld & Jongemans, 2010).

Op de hogere delen van het landschap zijn de hoge zwarte enkeerdgronden te vinden. Deze gronden bevatten leemarm en zwak lemig fijn zand. Dit zijn meestal oude cultuurgronden die ontstaan zijn door bemesting uit potstallen (Bodem benamingen, z.d.).

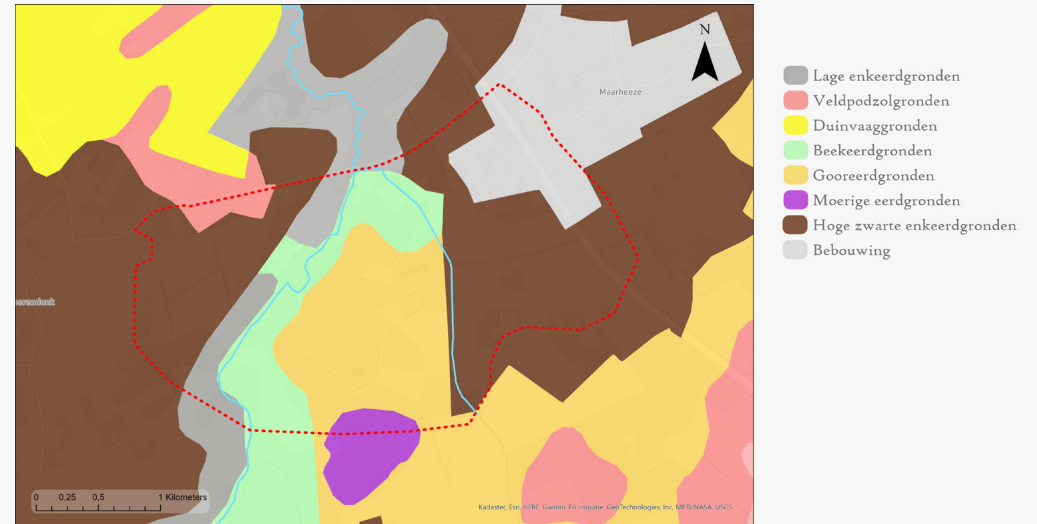
Rondom de beken zijn verreweg de meeste soorten bodems te vinden. Het beekdal bestaat vooral uit beekeerdgronden. Deze gronden bevatten lemig fijn zand en behoren tot de kalkloze zandgronden. Ze bevatten veel roest en volgen het natuurlijke ontwateringspatroon (Beekeerdgronden; lemig fijn zand, z.d.).

Grenzend aan de beekeerdgronden liggen de lage enkeerdgronden en gooreerdgronden. Gooreerdgronden zijn opgebouwd uit leemarm en zwak lemig fijn zand. Deze gronden zijn vermoedelijk ontstaan onder het veen dat later werd afgegraven. Ze komen voornamelijk voor bij de oorsprong van beekdalen (Gooreerdgronden, z.d.).

Aan de andere zijde van de beekeerdgronden zijn de lage enkeerdgronden te vinden. Deze gronden bestaan uit leemarm en lemig fijn zand. Het behoort tot een van de oudste cultuurgronden, deze gronden zijn door menselijke activiteiten opgehoogd met mest en zand (Lage enkeerdgronden, z.d.).

Conclusie

Het projectgebied bestaat voornamelijk uit zandgronden, die weinig waterbergend vermogen hebben.



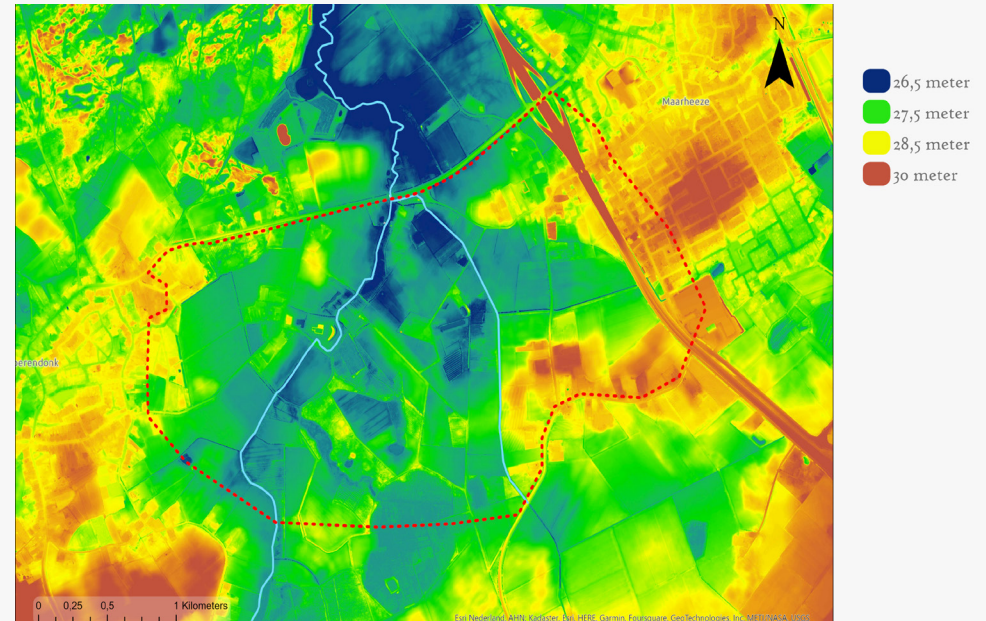
Figuur 2.2.1 Bodemkaart, (Nationaal georegister, 2022).

2.3 HOOGTE

Op figuur 2.3.1 is te zien dat de Boulder Aa en haar beekdal in het gebied lager ligt dan zijn omgeving. Hoe verder van de beek af, hoe hoger de gronden worden. Dit komt door de dekzandruggen waarop de dorpen Maarheeze en Soerendonk gevestigd zijn. De hoogteverschillen zijn tussen het beekdal en dekzandruggen minimaal. Van beekdal naar de dekzandruggen wordt een hoogte van 2 meter overbrugd.

Conclusie

Omdat een groot gedeelte van het projectgebied laag ligt, stroomt water vanuit de hoger gelegen delen van het gebied naar het lageregelegen beekdal. Bij een periode van hevige regenval zullen de blauwe gebieden als eerst overstromen. Hiermee dient rekening te worden gehouden in de gebiedsinrichting.



Figuur 2.3.1 Hoogtekaart, (ArcGIS, 2021).

2.4 WATER

De historische kaart maakt inzichtelijk dat het watersysteem in en rondom het projectgebied de laatste 170 jaar drastisch is veranderd. De Bulder Aa was rond 1850 een sterk meanderende beek en is nu een sterk gekanaliseerde afvoerende watergang. Tevens is het opmerkelijk dat de Boschloop (de oostelijke waterloop, figuur 2.4.1) in 1850 nog niet aanwezig is. De historische kaarten maken inzichtelijk dat de Boschloop omstreeks 1900 is aangelegd ten behoeve van het ontwateren van landbouwgebieden (Topotijdreis, z.d.).

1850



Figuur 2.4.1 Historische topografische kaart Bulder Aa 1850, (Topotijdreis, z.d.).

2023



Figuur 2.4.2 Topografische kaart, Bulder Aa 2023, (Topotijdreis, z.d.).

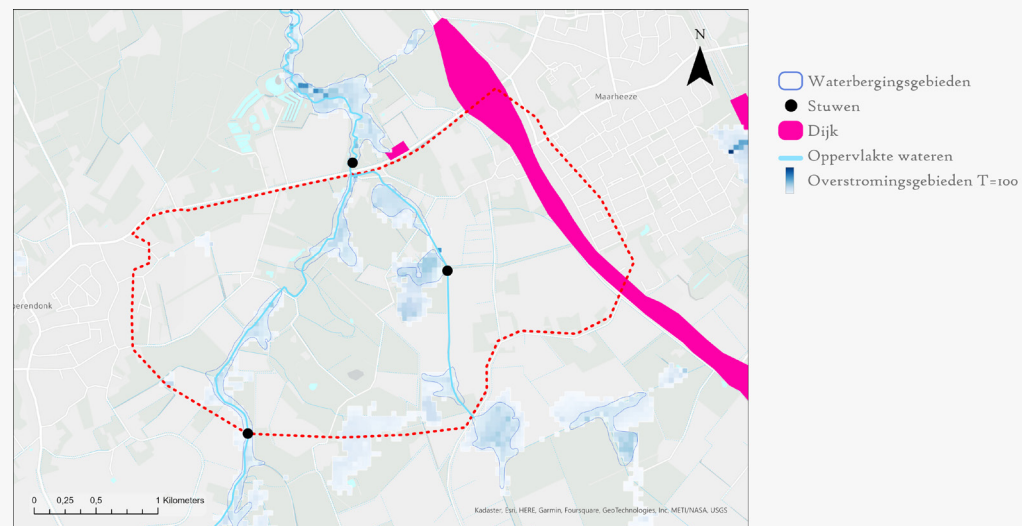
Op de oppervlaktewaterkaart zijn de Bulder Aa (west) en Boschloop (oost) weergegeven (figuur 2.4.3). Binnen het projectgebied bevinden zich twee stuwen; één ten zuiden van het projectgebied ter hoogte van de Maarheezeweg en de ander ten noorden ter hoogte van De Kleine Bruggen. Te midden van het projectgebied in de Boschloop bevindt zich nog een derde stuw.

Ten oosten van het projectgebied is een dijk gelegen waarover de A2 loopt. Daarnaast heeft Waterschap de Dommel overstromingsgebieden in kaart gebracht welke overstromen tijdens periodes van hoog water ($T=100$). Tevens zijn de overige watergangen welke vanaf Maarheeze en Soerendonk het projectgebied in stromen in deze kaart weergegeven.

De overstromingsgebieden zijn weergegeven in een gradiënt, hoe donkerder de kleur hoe hoger het water.

Conclusie

De waterbergingsgebieden bieden mogelijkheden voor natuur- en landbouwwormen waarbij de schade gering blijft in het geval van een $T=100$ bui. Dit zijn tevens kansrijke gebieden voor de natte natuur- en landbouwwormen. De gebieden buiten deze overstromingsgebieden bieden kansen voor gebruiksfuncties waarbij overstroming absoluut ongewenst is. De aanwezige stuwen in het gebied zijn barrières voor vissen en andere aquatische organismen.



Figuur 2.4.3 Oppervlaktewaterkaart, (Nationaal georegister, 2022; Nationaal georegister, 2017; ArcGIS, 2021; Nationaal georegister, 2023).

2.5 AGRARISCH LANDGEBRUIK

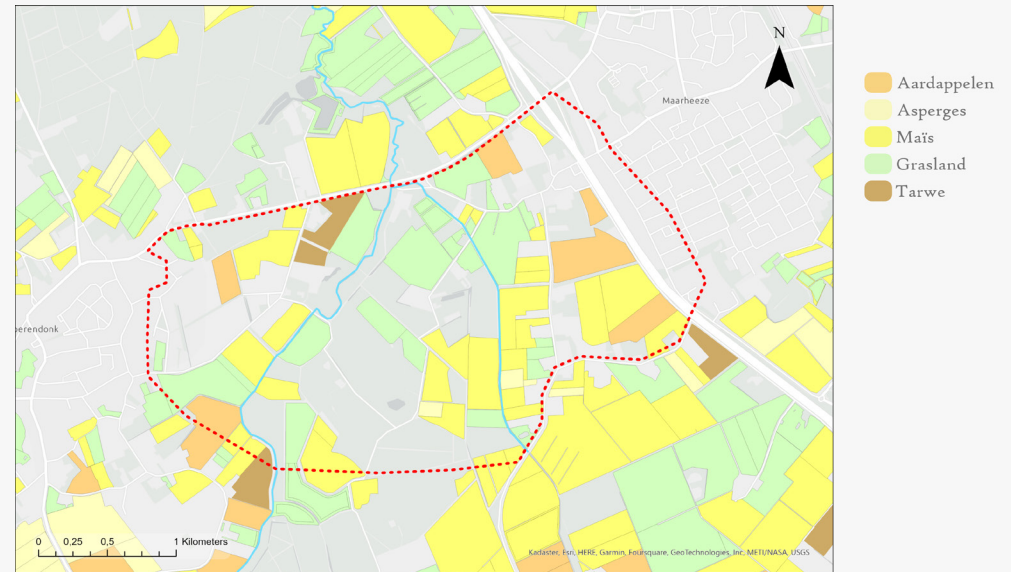
Op figuur 2.5.1 zijn alle vormen van agrarisch landgebruik in kaart gebracht. Het agrarisch landgebruik binnen het projectgebied bestaat vooral uit graslanden en er wordt maïs, tarwe, aardappel en asperge geteeld.

Historisch landgebruik

Het landgebruik is tussen 1850 en 2023 erg veranderd, zo was er in 1850 rondom de Buulder Aa vooral het agrarisch landgebruik te vinden (figuur 2.4.1 en 2.4.2). Verschillende soorten landgebruik waren geclusterd rondom de beek, op de hogere delen van het landschap waren heidegebieden te vinden.

Conclusie

Opvallend is dat er tegenwoordig vooral op de flanken gewassen worden verbouwd, terwijl dat vroeger juist natte gebieden waren. Het landschap is ten behoeve van de landbouw afgegraven om de juiste hydrologische omstandigheden te creëren. Daarnaast zijn veel van de dichte structuren verdwenen die zich rondom de beek bevonden.



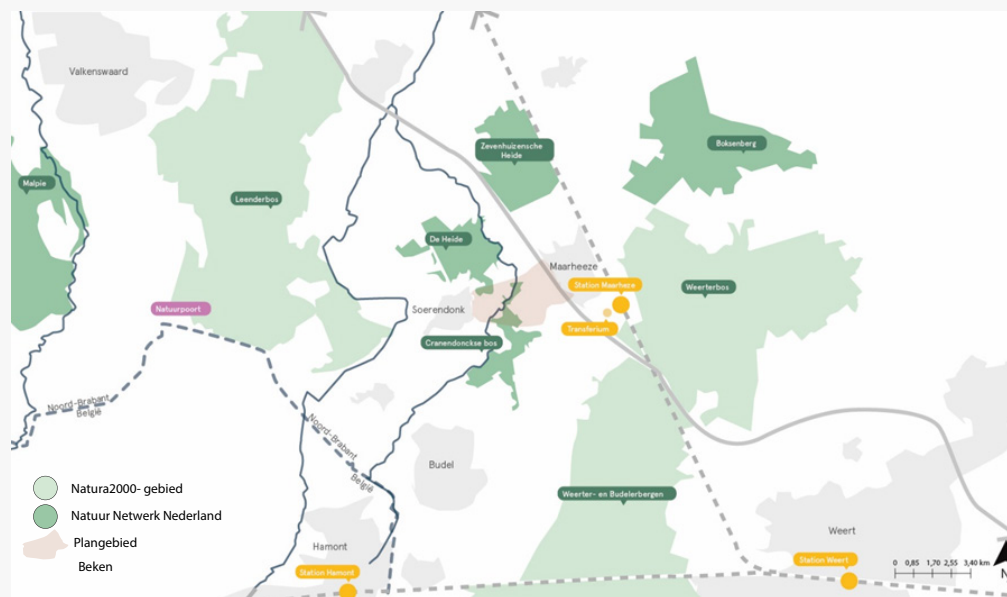
Figuur 2.5.1 Agrarisch landgebruik, (Nationaal georegister, 2022).

2.6 NATUUR

Om de aanwezige natuurgebieden in en rondom het projectgebied te visualiseren is er een natuurgebiedenkaart gemaakt (figuur 2.6.1). Het projectgebied is omringd door het Leenderbos, De Groote Heide en het Weerterbos. Deze natuurgebieden zijn onderdeel van het Natuur Netwerk Nederland en het Leenderbos en Weerterbos zijn aangemerkt als Natura2000-gebieden (Natura 2000, z.d.). Opvallend is dat het Cranendonckse bos, waar het projectgebied zich bevindt, geen verbinding heeft met de omliggende natuurgebieden.

Het Leenderbos, de Groote Heide en het Plateaux-Hageven bestaan uit droge heide, hooilanden, rivier- en beekbegeleitend bos en productiebossen. Ten zuidoosten van het projectgebied bevinden zich de Weerter- en Budelerbergen die bestaan uit naaldbos afgewisseld met heide- en stuifzanden. Het Cranendonckse bos bestaat voornamelijk uit dennen-, eiken- en berkenbos met productiefunctie. Gelegen ten zuiden van het projectgebied ligt het Buulderbroek, een hoog- laagveenbos dat typerend is voor dergelijke beekdallandschappen.

NATUURGEBIEDEN



Figuur 2.6.1, Natuurgebieden, (Natura 2000, z.d.; Openstreetmap z.d.).

De Provincie Noord-Brabant heeft een natuurbeheerplan kaart ontwikkeld waarin de verschillende natuurbeheertypen op perceelniveau staan weergegeven (2.6.2). De meest voorkomende natuurbeheertypen en de status ervan in het projectgebied is hieronder kort beschreven, uitgebreide beschrijvingen van de natuurtypen en de bijbehorende plantgemeenschappen zijn te vinden op bij12 (<https://bij12.nl>).

Vochtig bos met productie

Vochtig bos met productie wordt gedomineerd door boomsoorten die bruikbaar zijn voor periodieke houtoogst of indien meer dan 20% van het bos bestaat uit boomsoorten van buiten Europa. In het projectgebied wordt het bos gedomineerd door; douglasspar (*Pseudotsuga menziesii*), zwarte els (*Alnus glutinosa*), zomereik (*Quercus robur*), populier (*Populus alba*) en beuk (*Fagus sylvatica*).

Rivier- en beekbegeleidend bos

Rivier- en beekbegeleidende bossen zijn bossen die permanent of periodiek overstroomd worden door het uit de oevers treden van een rivier of beek of onder invloed staan van grote hoeveelheden kwelwater. In het projectgebied bestaan de gebieden die als rivier- en beekbegeleidend bos worden beheerd voornamelijk uit elzen- en wilgenbroekbos. Tevens zijn hier sporadisch eiken te vinden op oude rabatten.

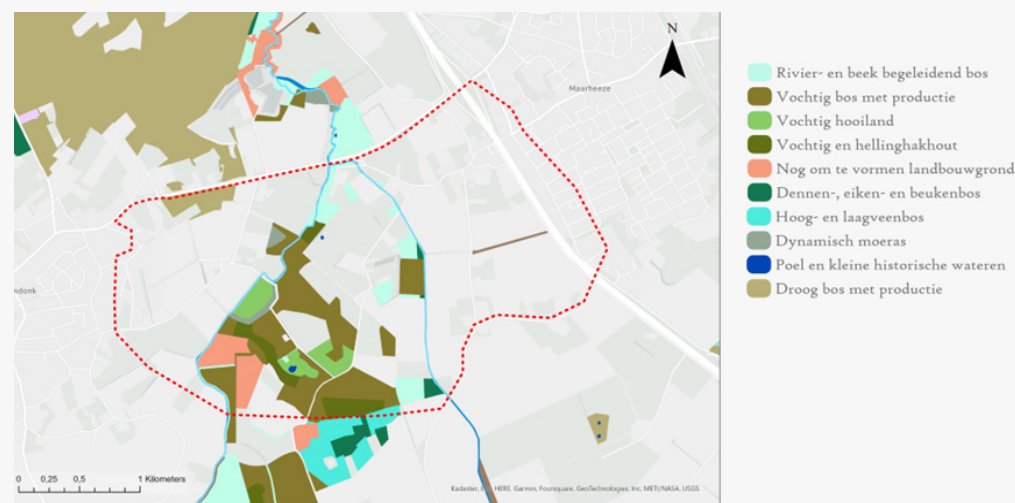
Vochtig hooiland

Vochtig hooiland betreft bloemrijke graslanden die vrijwel jaarlijkse overstroomd worden met oppervlaktewater. In het projectgebied zijn de gebieden die als vochtig hooiland worden beheerd relatief soortenarme graslanden. Ook is er op deze plekken nagenoeg geen sprake van periodieke overstrooming waardoor veel kenmerkende soorten hier niet voorkomen (T. Dommels, persoonlijke communicatie, 5 april 2023).

Dynamisch moeras

Dynamische moerassen zijn gebieden met een fluctuerend maar altijd hoog waterpeil, ze overstroomd minimaal 1 keer per jaar met oppervlaktewater. Dynamisch moeras kan bestaan uit hoge grassen, riet, grote zeggen en biezen. In het projectgebied bestaat het dynamisch moeras voornamelijk uit grote zeggen en biezen vegetaties.

NATUURBEHEERTYPEN



Figuur 2.6.2 Natuurbeheertypenkaart, (ArcGIS, 2019).

Conclusie

De aanwezige natuurgebieden in en rondom het projectgebied zijn versnipperd en geïsoleerd door waterlopen, wegen of bebouwd gebied. Er liggen kansen om natuurgebieden onderling met elkaar te verbinden.

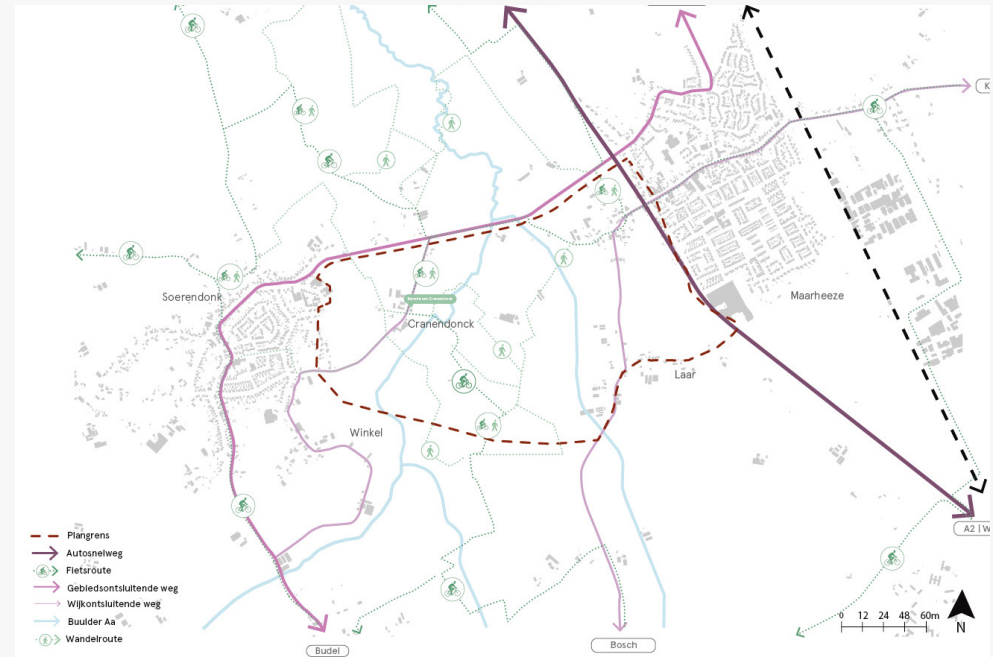
2.7 INFRASTRUCTUUR

In het projectgebied zijn de regionale wegen de belangrijkste verbindingsroutes van Cranendonck naar Eindhoven/Maarheeze.

Een belangrijke verbinding in het projectgebied is de verbindingsweg van het centrum van Soerendonck met de A2. Er is geen directe route is vanaf Landgoed Cranendonck naar het treinstation van Maarheeze. Tevens zijn er veel recreatieve routes die het projectgebied doorkruisen. Hierdoor ontstaat er verbinding tussen het projectgebied met de natuurgebieden daarbuiten.

Conclusie

Er is op het moment geen directe route vanaf Landgoed Cranendonck naar het treinstation van Maarheeze. Hier liggen kansen om een betere verbindingen tussen het projectgebied en de natuurgebieden daarbuiten te creëren.



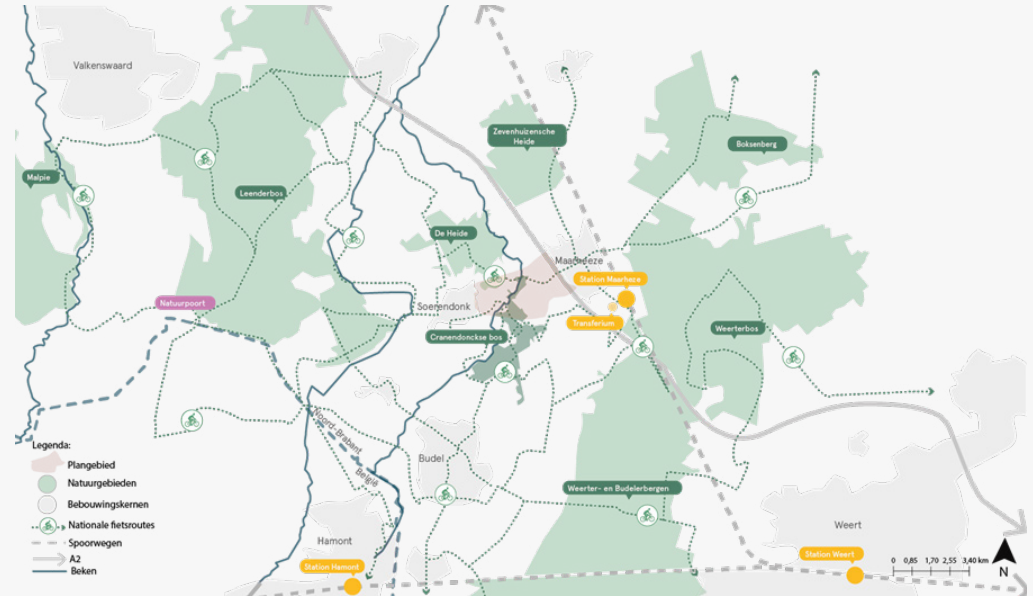
Figuur 2.7.1 Infrastructuur, (Openstreetmap, z.d.).

2.8 RECREATIE

Er is op een grotere schaal gekeken naar de recreatieve routes buiten het projectgebied (figuur 2.8.1). Hier is te zien hoe het projectgebied doormiddel van fietsroutes is ontsloten en is verbonden met omliggende natuurgebieden als “De Heide”, “Weerterbos” en het “Leenderbos”. Er zijn verscheidene loop- en fietsroutes aanwezig in het projectgebied en in Soerendonk en Maarheeze zijn enkele supermarkten, horecagelegenheden en overnachtingsmogelijkheden (figuur 2.8.2).

Conclusie

Binnen het projectgebied zijn op het moment geen supermarkten, horecagelegenheden of overnachtingsmogelijkheden. Deze zaken dienen te worden meegenomen om de recreatieve functie van het projectgebied te vergroten.



Figuur 2.8.1 Recreatie omgeving, (Openstreetmap z.d.).



20 Figuur 2.8.2 Recreatie projectgebied, Openstreetmap z.d.).

2.9 LANDSCHAPSSTRUCTUUR

Figuur 2.9.1 geeft schematisch de structuur van het landschap weer.

De rode draad van de structuur van het landschap is de geomorfologie. Het plangebied is geomorfologisch als volgt opgebouwd: hoge dekzandruggen gaan over in flanken die op hun beurt overgaan in natte beekdalen. In dit gebied hebben hoogteverschillen en water invloed gehad op het landgebruik.

De dekzandruggen zijn de hoge en droogste delen in het landschap. Hierop is de bebouwing gevestigd en bevinden zich de laatste restanten heidegebied. Een groot deel van deze heidegebieden is vroeger ontgonnen en omgevormd naar droog bos met productiefunctie of naar landbouwgronden.

Op de overgangen van de dekzandruggen naar het beekdal, de flanken, zijn veel akkers te vinden. Op deze dekzandwelingen worden gewassen als maïs, tarwe en aardappelen verbouwd. Deze gronden zijn hiervoor geschikt omdat deze bodems rijk zijn aan beekdalafzettingen en deze gronden minder nat zijn als die van het beekdal. Veel van deze bodems zijn ten behoeve van de landbouw opgehoogd met plaggen of zijn afgegraven.

In het beekdal zijn de gronden erg nat waardoor ze in het algemeen alleen geschikt zijn voor nattere vormen van bos, grasland of voor gewassen die hiermee om kunnen gaan. De Boschloop is geen onderdeel van het beekdal omdat deze watergang is aangelegd ten behoeve van de afwatering van agrarische percelen.

Ten oosten van de Bulder Aa ligt landgoed Cranendonck, van het kasteel zijn alleen nog de funderingen over die eind 2009 in ere zijn hersteld. De huidige villa is gebouwd eind 19e eeuw en vormt nu het herkenningspunt van het landgoed.



Figuur 2.9.1 Landschapsstructuurkaart.



2.10 KANSEN EN KNELPUNTEN

Op basis van de gebiedsinventarisatie zijn de volgende kansen en knelpunten in kaart gebracht voor het projectgebied.

Knelpunten:

- De afname van veen in dit gebied heeft geleid tot een verminderd waterbergend vermogen.
- Het projectgebied bestaat uit zandgronden die een laag waterbergend vermogen hebben en relatief snel uitdrogen.
- Veel gebieden rondom de beek overstromen bij een T=100 bui.
- De agrarische bedrijven rondom de beek zijn kwetsbaar voor overstromingen.
- Natuurgebieden rondom het projectgebied staan niet of nauwelijks met elkaar in verbinding.
- De snelweg vormt een barrière tussen het projectgebied en Maarheeze.
- Landgoed Cranendonck ligt naast een aangewezen overstromingsgebied, bij extreme piekbuien kan deze plek overstromen.

Kansen:

- Meer verbindingen maken tussen natuurgebieden binnen en buiten het projectgebied.
- Overstromingsgebieden gebruiken voor natuur- en landbouwwormen die hiervan afhankelijk zijn.
- Tussen de snelweg en de Boschloop is er ruimte om water op te vangen en langer vast te houden.



Figuur 2.10.1 Kansen- en knelpunten analyse.

The background of the slide is a photograph of a serene natural landscape. It features a calm river or stream flowing through a dense forest of tall, leafy green trees. In the middle ground, a wooden bridge with a railing spans the water, and a few small figures of people can be seen walking across it. The sky is visible through the canopy of the trees, and several small, dark silhouettes of birds are scattered in the upper left corner. The overall atmosphere is peaceful and verdant.

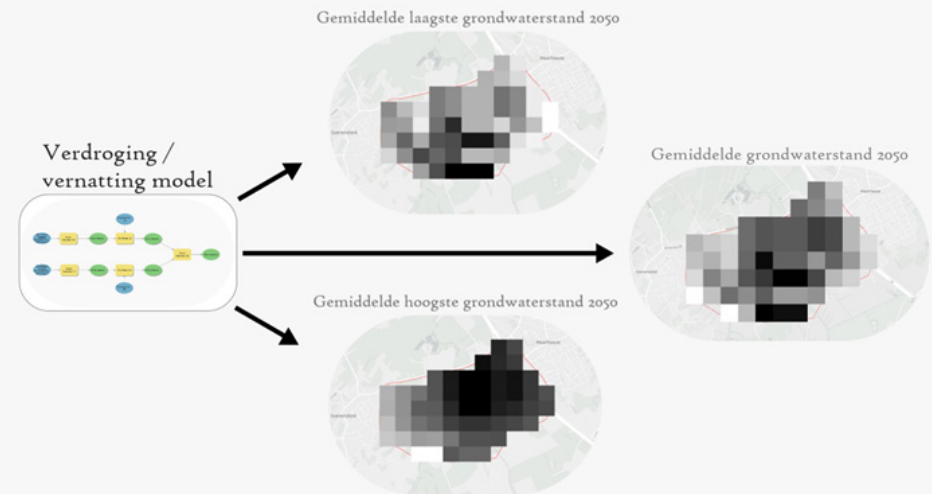
3. BODEM- EN WATERANALYSE HUIDIG LANDGEBRUIK

Om de problematiek en urgentie naar voren te laten komen zijn er drie verschillende analyses uitgevoerd. Er is begonnen met het in kaart brengen van de problematiek qua verdroging en/of vernatting in het gebied op basis van de KNMI WH-klimaatsscenario van 2050 (KNMI, 2015). Vervolgens is er gekeken wat het gevolg is van deze problematiek op de huidige natuur- en landbouwvormen. Ten slotte is er specifiek gekeken naar de landbouw in het gebied, en wat het verwachte verschil in opbrengstderving is.

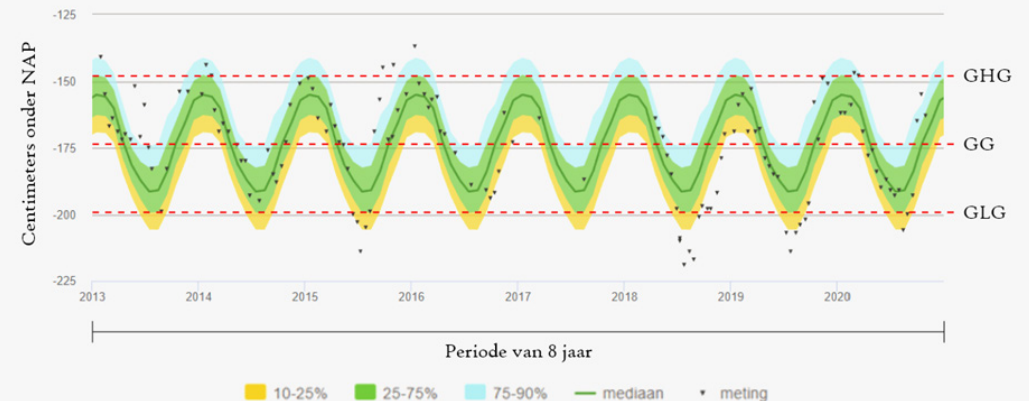
3.1 VERDROGING OF VERNATTING?

Om vast te stellen of er sprake is van verdroging of vernatting in het gebied is er een model ontwikkeld in ArcGIS Pro (versie 3.1.41833) (figuur 3.1.1). Met dit model is inzichtelijk gemaakt wat de verandering in gemiddelde grondwaterstand is in 2050 met het heden op basis van het KNMI WH-klimaatscenario 2050 (KNMI, 2015). Naast het verschil in gemiddelde grondwaterstand (GG) genereert het model ook een kaart met het verschil in gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) en een kaart met het verschil in gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG). Voor een visuele weergave van wat GLG, GHG en GG betekent, zie figuur 3.1.2. Voor de werking en uitvoering van het model, zie bijlage 2.

GHG is het gemiddelde van de drie hoogst waargenomen grondwaterstanden per jaar, over een periode van minimaal acht jaar. GLG is het gemiddelde van de drie laagst waargenomen grondwaterstanden per jaar, over een periode van minimaal acht jaar. GG is het gemiddelde van de twee.



Figuur 3.1.1 Verdroging / vernattingmodel.

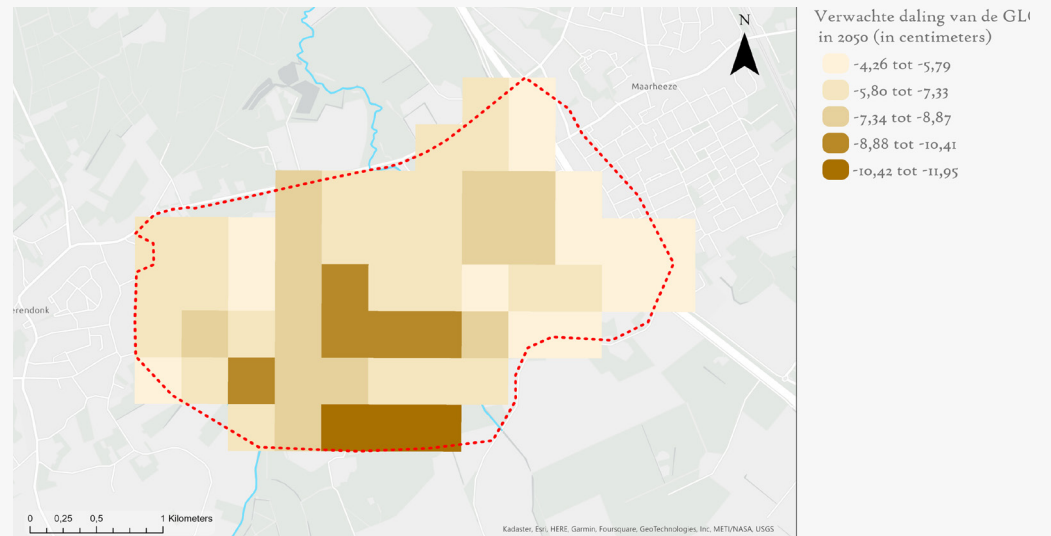


Figuur 3.1.2 Visuele weergave GLG, GG en GHG, (Grondwatertools.).

3.2 RESULTATEN

GEMIDDELTE LAAGSTE GRONDWATERSTAND

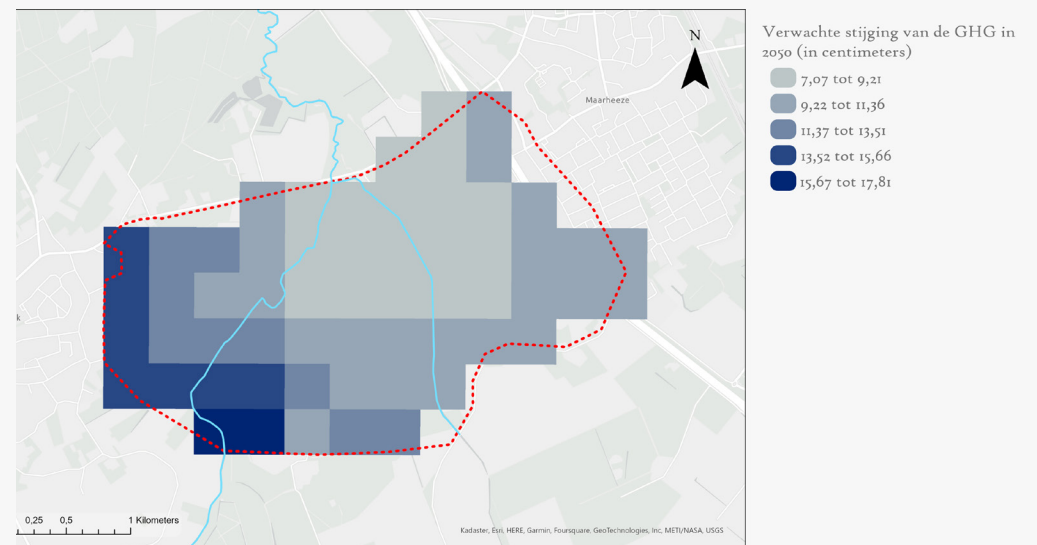
Door het uitvoeren van het model en het toepassen van een passende symbologie, is de verandering in GLG inzichtelijk gemaakt voor het projectgebied. In het projectgebied is er sprake van een daling van de GLG. De minimale daling in het projectgebied is -4,26 centimeter en de maximale daling is -11,95 centimeter. Over het gehele projectgebied is dit een gemiddelde daling van de GLG van 7 centimeter.



Figuur 3.2.1 Resultaten GLG, (Klimaat-effectatlas, 2022).

GEMIDDELTE HOOGSTE GRONDWATERSTAND

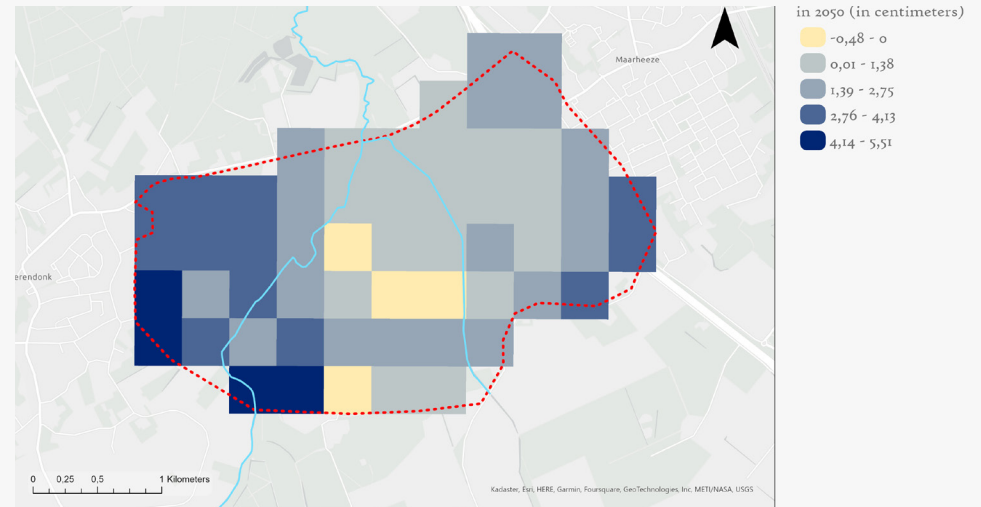
Door het uitvoeren van het model en het toepassen van een passende symbologie, is de verandering in GHG inzichtelijk gemaakt voor het projectgebied. In het projectgebied is er sprake van een stijging van de GHG. De minimale stijging in het projectgebied is 7,07 centimeter en de maximale stijging is 17,81 centimeter. Over het gehele projectgebied is dit een gemiddelde stijging van de GHG van 10,75 centimeter.



Figuur 3.2.2 Resultaten GHG, (Klimaat-effectatlas, 2021).

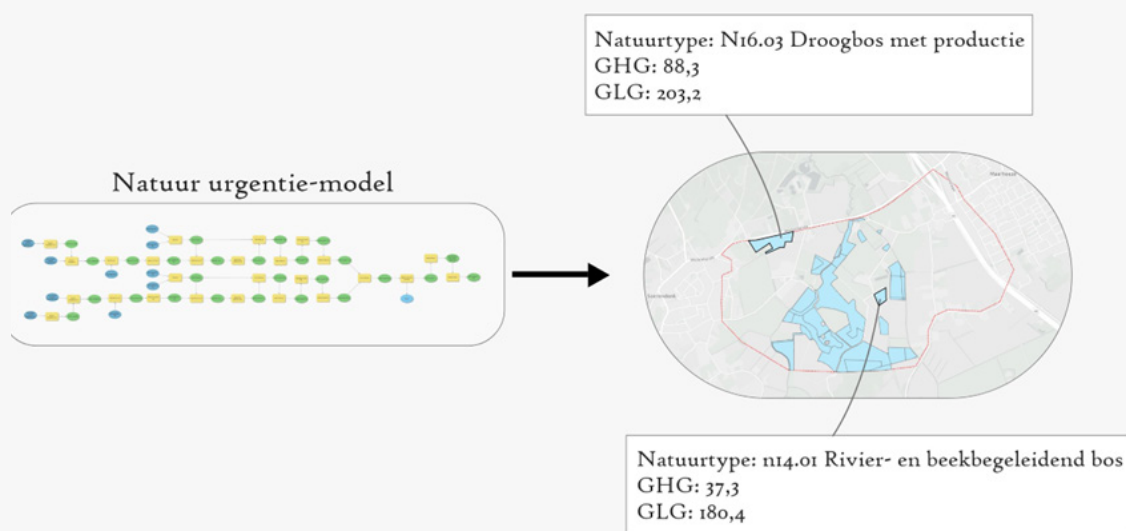
GEMIDDELTE GRONDWATERSTAND

Ten slotte heeft het model ook een verwachte verandering in GG gegenereerd. In het projectgebied is er sprake van een stijging van de gemiddelde grondwaterstand van gemiddeld 1,83 centimeter. De stijging van de gemiddelde grondwaterstand zegt enkel dat de vernatting in de natte seizoenen groter is dan de mate van verdroging in de droge seizoenen.



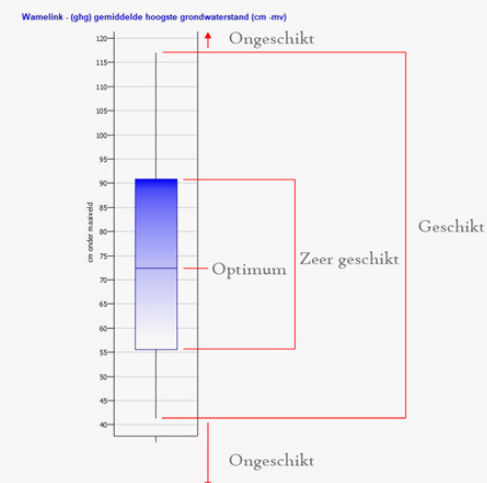
Figuur 3.2.3 Resultaten GG (Klimaat-effectatlas, 2021; Klimaat-effectatlas, 2022).

3.3 URGENTIE VOOR HUIDIGE NATUUR EN LANDBOUW



Figuur 3.3.1 Voorbeeld van het Natuur urgentie-model.

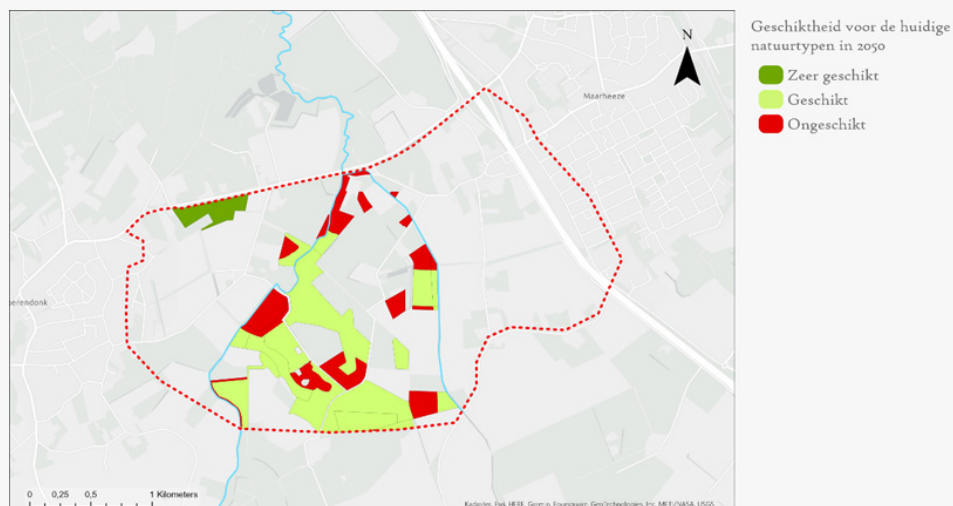
Om de urgentie tot verandering aan te tonen is er een analyse uitgevoerd waarbij de aanwezige natuurtypen en landbouwvormen in het gebied zijn getoetst op de te verwachten grondwaterstanden in 2050 (KNMI WH-klimaatsscenario 2050). Deze analyse is uitgevoerd om inzichtelijk te maken wat er met de aanwezige natuur- en landbouwpercelen gebeurt als we tot 2050 geen maatregelen nemen. Het resultaat hiervan zal mogelijk als urgentie dienen om perceeleigenaren te stimuleren tot verandering. Om deze analyse efficiënt en reproduceerbaar te maken zijn er twee modellen ontwikkeld in ArcGIS Pro. Met behulp van deze modellen worden de verwachte gemiddelde grondwaterstanden (GHG en GLG) gekoppeld aan de natuur- en landbouwpercelen, waardoor per perceel inzichtelijk wordt wat de toekomstige gemiddelde grondwaterstanden zijn. In figuur 3.3.1 is het natuur urgentie-model weergegeven met een visuele weergave van het resultaat. Het landbouw urgentie-model is identiek op de inputdata na. Voor een uitgebreide beschrijving van de uitvoering en werking van het model zie bijlage 3.



Figuur 3.3.2 Voorbeeld Wamelink parameters GHG (SynBioSys Nederland, 2023).

Wat zijn de gevolgen voor de aanwezige natuurtypen?

Om de gevolgen in kaart te brengen voor de aanwezige natuurtypen in het gebied (paragraaf 2.6) zijn deze onderverdeeld in kenmerkende plantgemeenschappen voor het natuurbeheertype. Van de plantgemeenschappen zijn vervolgens de Wamelink parameters voor de GHG en de GLG vastgesteld met behulp van SynBioSys Nederland (versie 3.4.8) (bijlage 3). Omdat het natuurbeheertype vochtig bos met productie, vochtig en hellinghakhout, droog bos met productie en dennen-, eiken-, en beukenbos geen kenmerkende plantgemeenschappen bevat, maar wel kenmerkende boomsoorten, is de grondwaterradius hierbij op soortniveau vastgesteld. De vastgestelde radius per plantgemeenschap of soort geeft de minimale GHG en GLG weer waarbij deze voor kan komen (figuur 3.3.2) Vervolgens zijn deze grondwaterradiussen individueel vergeleken met de toekomstige GLG en GHG per perceel, welke met behulp van het natuur urgentie-model zijn verkregen.



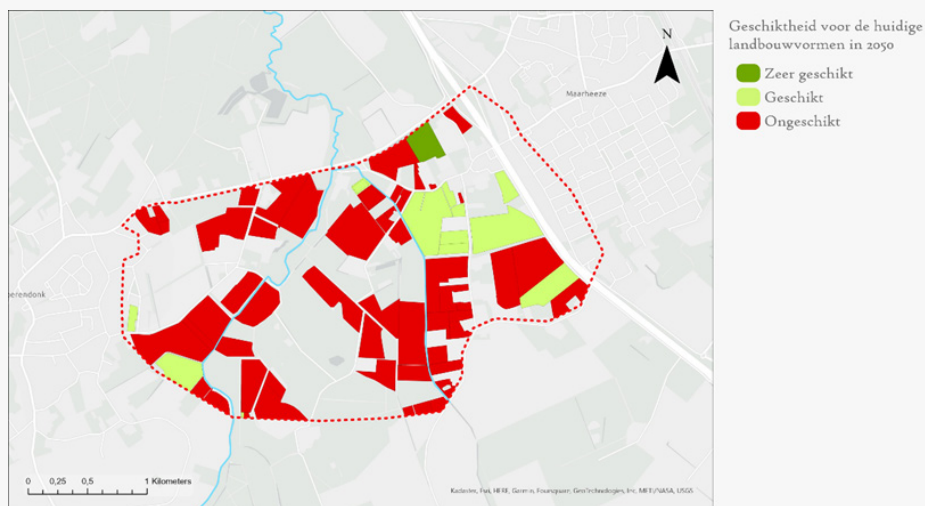
Figuur 3.3.3 Geschiktheid voor de huidige natuurtypen in 2050.

Vervolgens is er een kaart gemaakt, waarbij een onderverdeling is gemaakt tussen, zeer geschikte omstandigheden (groen), geschikte omstandigheden (lichtgroen) en ongeschikte omstandigheden (rood) voor natuurtypen in 2050, op basis van de verwachte grondwaterstanden en huidige natuurtypen (figuur 3.3.3).

Indien er geen maatregelen worden genomen zal in 2050 het aanwezige vochtig hooiland, beek begeleidend bos en dynamisch moeras zich niet meer in het projectgebied kunnen handhaven door groter wordende fluctuaties in grondwaterstand. Alle lichtgroene en groene percelen bestaan uit de volgende natuurtypen met productiefunctie; vochtig hellinghakhout, vochtig bos met productie, dennen- eiken- en beukenbos en hoog- en laagveenbos.

Wat zijn de gevolgen voor de aanwezige landbouw?

Om de gevolgen in kaart te brengen voor de aanwezige landbouwvormen (paragraaf 2.5) zijn van de voorkomende gewassen de Wamelink parameters voor de GHG en GLG vastgesteld met behulp van SynBioSys Nederland (versie 3.4.8) (bijlage 5). Deze grondwaterradiussen zijn vergeleken met de toekomstige gemiddelde grondwaterstanden per perceel, welke met behulp van het landbouw urgentie-model zijn verkregen.



Figuur 3.3.4 Geschiktheid voor de huidige landbouwvormen in 2050.

Vervolgens is er een kaart gemaakt waarbij een onderverdeling is gemaakt tussen zeer geschikte omstandigheden (groen), geschikte omstandigheden (lichtgroen) en ongeschikte omstandigheden (rood) voor landbouwpercelen in 2050, op basis van de verwachte grondwaterstanden en huidige landbouwvormen (figuur 3.3.4).

Om de gevolgen in kaart te brengen voor de aanwezige landbouwvormen (paragraaf 2.5) zijn van de voorkomende gewassen de Wamelink parameters voor de GHG en GLG vastgesteld met behulp van SynBioSys Nederland (bijlage 5). Deze grondwaterradiussen zijn vergeleken met de toekomstige gemiddelde grondwaterstanden per perceel, welke met behulp van het landbouw model zijn verkregen. Vervolgens is er een kaart gemaakt waarbij een onderverdeling is gemaakt tussen zeer geschikte omstandigheden (groen), geschikte omstandigheden (lichtgroen) en ongeschikte omstandigheden (rood) voor landbouwpercelen in 2050, op basis van de verwachte grondwaterstanden en huidige landbouwvormen. (figuur 3.3.4).

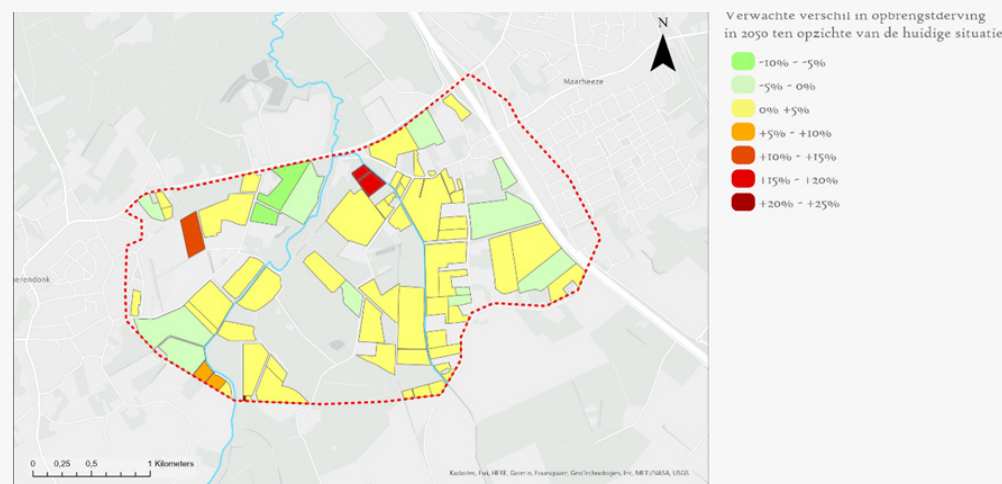
Van de 72 landbouwpercelen in het projectgebied, zijn er 58 die in 2050 op basis van de voorspelde GHG en GLG niet meer geschikt zijn voor de

huidige landbouwwormen. Dit komt neer op 81% van de percelen. Wat opvalt is dat het telen van aardappelen geschikt blijft in 2050. Alle tarwe percelen zijn in 2050 ongeschikt en ook grotendeels van de grasland en maïs percelen worden naar voorspelling ongeschikt.

Wat betekent dit voor de opbrengstderving in 2050?

Om de urgentie nog beter in beeld te krijgen is er een analyse uitgevoerd om te kijken wat het verschil is in opbrengstderving in het huidige klimaat en in het KNMI-klimaatscenario 2050. Dit is gedaan door de gegevens per perceel in te voeren in de WaterWijzer landbouw tool. Het invullen van deze tool is handmatig uitgevoerd voor zowel de huidige GLG en GHG gegevens als de toekomstige GLG en GHG gegevens. In deze tool is er handmatig gefilterd op de volgende gegevens:

- Gewastype, hierbij is per perceel gekeken naar wat er geteeld wordt.
- Klimaat, voor het berekenen van de huidige opbrengstderving is deze op “Huidig (1991-2020)” gezet en voor het berekenen van de verwachte opbrengstderving in 2050 is deze op “WH (2036-2065)” gezet.
- Weerstation, er is gebruik gemaakt van het weerstation “Maastricht”, het dichtstbijzijnde meetstation van het projectgebied.
- Bodem, omdat de keuzes beperkt zijn in de tool en de bodem niet exact gekoppeld kan worden aan de bodemtypen in het gebied, is er gekozen voor het gebruik van “(3012) Zwak lemige enkeerdgronden” over alle percelen. Dit is representatief voor het projectgebied.
- Grondwater, in de tool kan je bij het gegeven “grondwater”, filteren op GHG en GLG. Hierbij komen de verwachte GLG en GHG uit 2050 uit het landbouw urgentie-model. De gegevens over de huidige GLG en GHG zijn verkregen door een simpele aanpassing in het model, waarbij het verwachte verschil in 2050 niet meegenomen wordt.
- Irrigatie, Gezien de beperkte informatie over de huidige en toekomstige mate van irrigatie is ervoor gekozen deze niet mee te nemen in de opbrengstderving.



Figuur 3.3.5 Verwachte verschil van opbrengstderving in 2050 ten opzichte van de huidige situatie.

Het resultaat van het invoeren van de gegevens per perceel in het huidige en toekomstige scenario zijn twee kaarten met de opbrengstderving. De huidige opbrengstderving is vervolgens afgetrokken van de verwachte opbrengstderving in 2050 met een verschilkaart als resultaat (figuur 3.3.5). De percelen met een relatief sterk stijgende opbrengstderving zijn rood weergegeven, de gele percelen hebben een minimaal stijgende opbrengstderving en de groene percelen hebben een dalende opbrengstderving.

4. WATERBALANS

Om de hoeveelheid water die het gebied binnenkomt en verlaat inzichtelijk te maken is een waterbalans opgesteld. Hier wordt een vergelijking gemaakt tussen de huidige hydrologische situatie als de verwachte situatie in 2050 op basis van het KNMI WH-klimaatscenario (KNMI, 2015).



4. WATERBALANS

De volgende zaken zijn meegenomen in de waterbalans; neerslag, verdamping, wegzijging/kwel en de in/afvoer van oppervlaktewateren. De waterbalans is opgesteld voor het groeiseizoen van april t/m september (figuur 4.1.1 & 4.1.2) en de rest van het jaar oktober-maart (figuur 4.2.1 & 4.2.2). Het is gemaakt voor zowel de huidige situatie als de toekomstige situatie op basis van het KNMI WH-klimaatscenario 2050 (KNMI, 2015). Voor de neerslag en verdamping zijn de dag gegevens van 01-01-1991 t/m 01-01-2023 gemeten op het KNMI-station in Eindhoven (KNMI, 2011) gebruikt. De hoeveelheid kwel/wegzijging is inzichtelijk geworden in de Klimateffectatlas (Klimateffectatlas, 2022), hiervan zijn enkel de jaargemiddeldes bekend. Voor de in- en uitstroom via de aanwezige oppervlaktewateren is de waterklik van het Waterschap de Dommel (Waterschap de Dommel, 2023) gebruikt. Er is een model ontwikkeld in Microsoft Excel waarin bovenstaande gegevens worden ingevoerd waarna ze naar dezelfde eenheid worden omgerekend (gemiddeld aantal m³/dag) waarmee de totale hoeveelheid water wat het gebied in en uitstroomt is berekend.

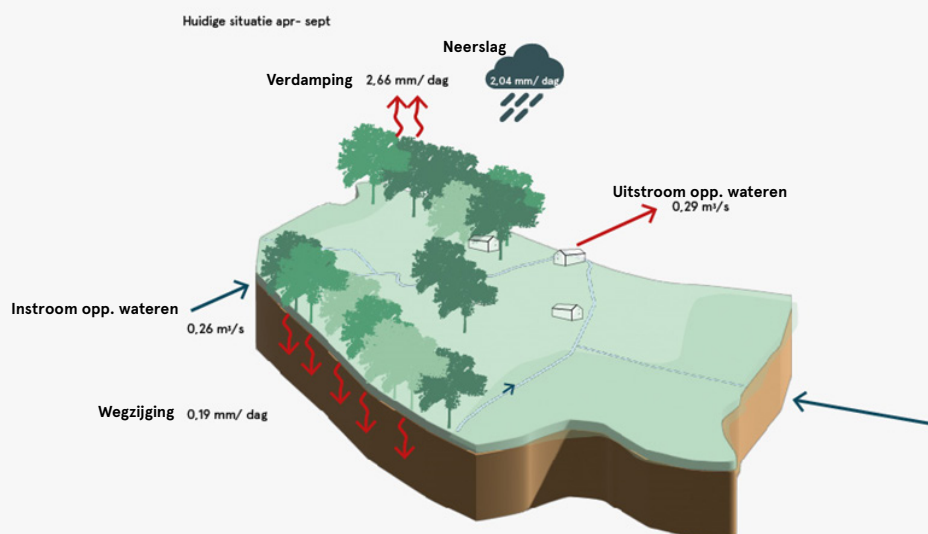
4.1 WATERBALANS GROEISEIZOEN HUIDIG - TOEKOMST

Waterbalans groeiseizoen huidige situatie

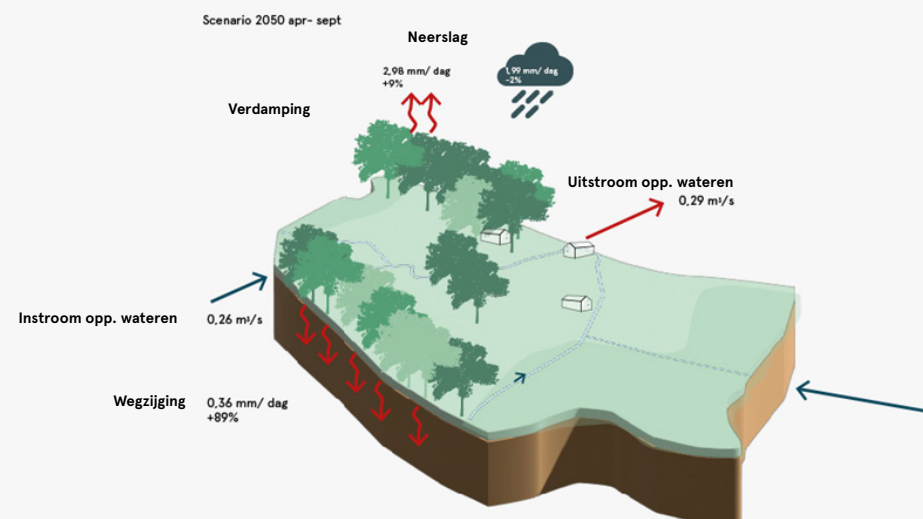
De waterbalans van de huidige situatie maakt inzichtelijk dat er in het groeiseizoen 890.000 m³ meer water het gebied verlaat dan dat er binnenkomt (figuur 4.1.1). De voornaamste oorzaak hiervoor is de mate van verdamping in de zomermaanden en het feit dat er meer water wordt afgevoerd via de Buulder Aa en de Boschloop dan dat er het gebied binnenstroomt.

Waterbalans groeiseizoen toekomstige situatie

De waterbalans van het KNMI WH-klimaatscenario 2050 maakt inzichtelijk dat er in het groeiseizoen 1.120.000 m³ meer water het gebied verlaat dan dat er binnenkomt (figuur 4.1.2). De grootste oorzaak van deze toename is de toename van de verdamping (9%) en de toename in de hoeveelheid water wat in de bodem infiltreert (89%).



Figuur 4.1.1 Waterbalans groeiseizoen, huidige situatie. De instroom via oppervlakte wateren zijn samengevoegd voor een overzichtelijkere weergave.

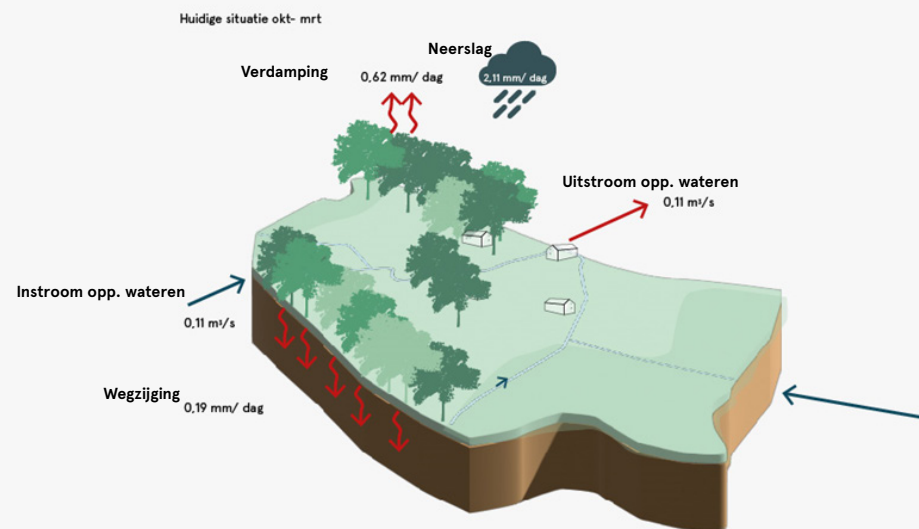


Figuur 4.1.2 Waterbalans groeiseizoen, KNMI WH-klimaatscenario 2050. De instroom via oppervlakte wateren zijn samengevoegd voor een overzichtelijkere weergave.

4.2 WATERBALANS BUITEN GROEISEIZOEN HUIDIG - TOEKOMST

Waterbalans buiten groeiseizoen huidige situatie

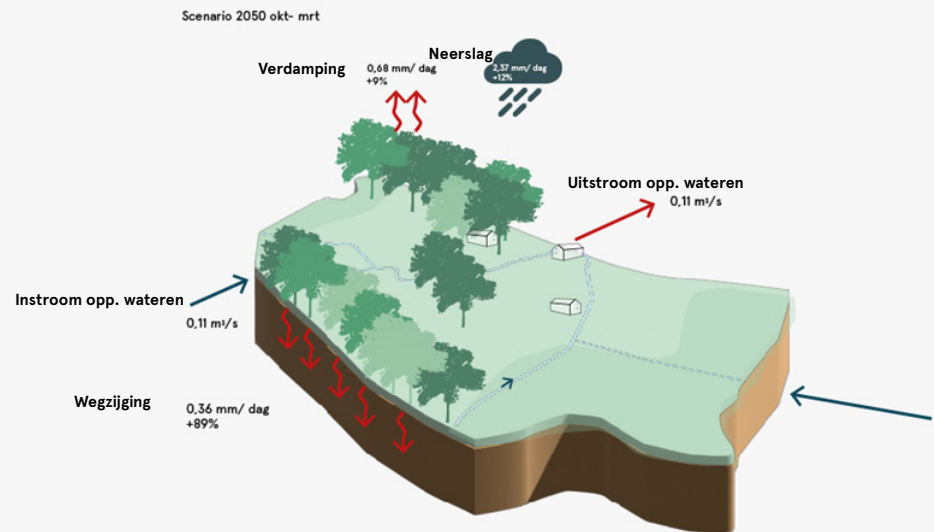
Buiten het groeiseizoen komt er 670.000 m³ meer water het gebied in dan dat het gebied verlaat. Dit overschot is grotendeels te wijten aan de lagere verdamping gedurende deze maanden. Tevens is de invoer en afvoer via oppervlaktewateren gedurende deze periode gelijk aan elkaar.



Figuur 4.2.1 Waterbalans buiten het groeiseizoen, huidige situatie. De instroom via oppervlakte wateren zijn samengevoegd voor een overzichtelijkere weergave.

Waterbalans buiten groeiseizoen toekomstige situatie

Buiten het groeiseizoen komt er 680.000 m³ meer water het gebied in dan dat het gebied verlaat. Zowel de hoeveelheid neerslag als de mate van verdamping en wegzijging stijgt aanzienlijk.



Figuur 4.2.2 Waterbalans buiten het groeiseizoen, KNMI WH-klimaatscenario 2050. De instroom via oppervlakte wateren zijn samengevoegd voor een overzichtelijkere weergave.

Tabel 4.1 Een weergave van de hoeveelheid water in m3 dat het gebied verlaat (-) en dat het gebied binnenkomt (+).

	Huidig	2050	Vershil
Groeiseizoen	-890.000	-1.120.000	-230.000
Buiten groeiseizoen	+670.000	+680.000	+10.000
Totaal	-220.000	-440.000	—

Conclusie

De resultaten van de waterbalans ondersteunen de bodem- en wateranalyse in het feit dat de hydrologische fluctuaties groter worden. Het groeiseizoen wordt droger en buiten het groeiseizoen wordt het natter. Het overschot aan water buiten het groeiseizoen biedt mogelijkheden voor waterberging zodat dit water in het groeiseizoen beschikbaar kan worden gesteld.

5. KANSENANALYSE

Om de mogelijkheden inzichtelijk te maken voor natuur- en landbouwwormen in de toekomstige situatie is er een kansenanalyse uitgevoerd. In deze analyse is aan de hand van standplaatsvoorwaarden van plantgemeenschappen en soorten inzichtelijk gemaakt welke plekken in de gebiedsinrichting geschikt zijn voor welke natuurtypen en landbouwwormen.

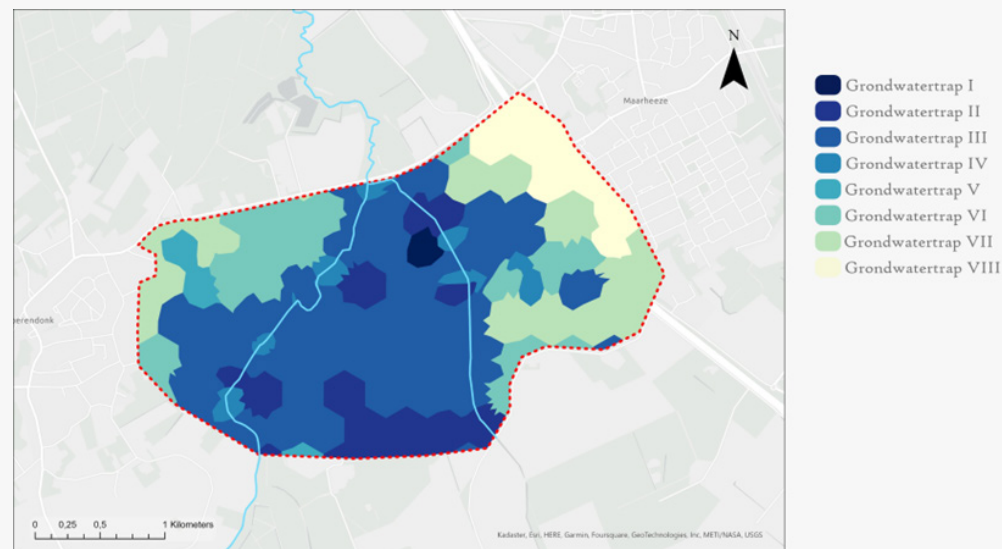


5. KANSENANALYSE

Om de kansen voor natuur- en landbouwwormen inzichtelijk te maken in de toekomstige situatie is gebruik gemaakt van een grondwaterscenario dat is aangeleverd door Waterschap de Dommel. Dit scenario is gebaseerd op de veranderende neerslagpatronen uit het KNMI WH-klimaatscenario 2050 (KNMI, 2015). In dit grondwaterscenario zijn de volgende maatregelen meegenomen;

- Een peilverhoging van 30cm in alle A-watergangen.
- Sloten en greppels zijn gedempt.
- Naaldbos is omgevormd tot loofbos.

De kaart toont de grondwatertrappen in het gebied (bijlage 1). De symbologie wordt weergegeven in hexagonen, dit is gebaseerd op het grondwatermodel waarmee de kaart is berekend (S. Dinnissen, persoonlijke communicatie, 20 april 2023). Deze analyse heeft inzichtelijk gemaakt op welke plekken in het landschap welke natuur- en landbouwwormen zich goed kunnen handhaven op basis van het grondwaterscenario. Het grondwaterscenario waar de analyse op is gebaseerd is weergegeven in figuur 5.1.



Figuur 5.1 Grondwaterscenario Waterschap de Dommel, (Waterschap de Dommel, 2023).

5.1 WELKE NATUURTYPE OP WELKE PLEK?

Om de ideale standplaatsen in kaart te brengen voor mogelijke natuurtypen zijn de optimum parameters van Wamelink (GHG en GLG) gebruikt (figuur 3.2.1 en 3.2.2). Deze standplaatsvoorwaarden zijn vergeleken met de grondwatertrappenkaart (figuur 5.1) op basis van het grondwaterscenario van Waterschap de Dommel. Per natuurtype is een kaart ontwikkeld waarin per plantgemeenschap de optimale standplaatsen staan weergegeven, deze zijn te vinden in bijlage 4. De overkoepelde kaart waar alle plantgemeenschappen zijn weergegeven is hiernaast weergegeven in figuur 5.1.1.

Dynamisch moeras

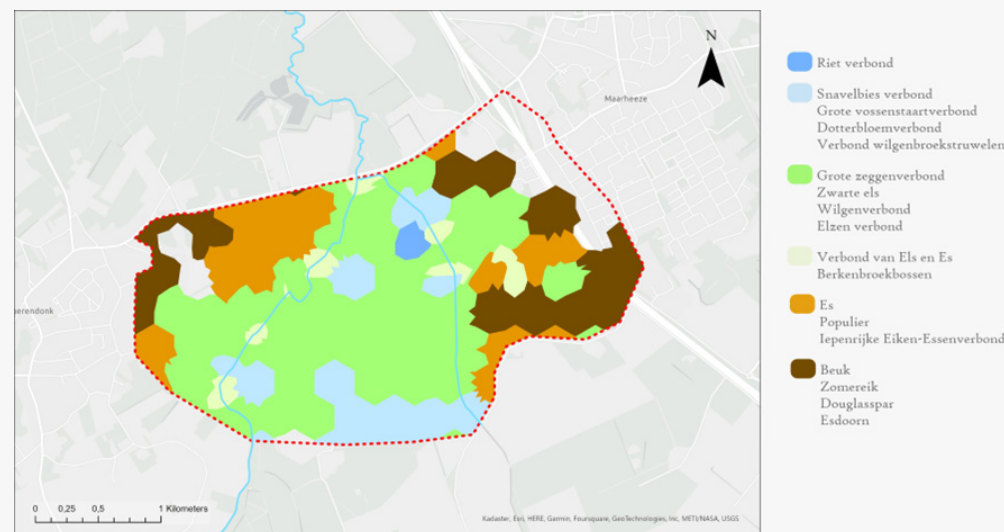
Dynamisch moeras wordt gekenmerkt door riet vegetaties, het grote zeggenverbond en het snavelbiesverbond. Deze plantgemeenschappen kunnen zich respectievelijk op grondwatertrap één, vier en twee vestigen (figuur 5.1.1). Planten uit het grote rietverbond kunnen zich enkel vestigen op grondwatertrap één, in het toekomstscenario van Waterschap de Dommel is dit slechts één klein gebied. Het Grote zeggenverbond kan zich vrijwel in het gehele projectgebied vestigen.

Vochtig hooiland

Vochtig hooiland wordt gekenmerkt door het grote vossenstaart- en dotterbloemverbond welke zich beide idealiter in grondwatertrap twee vestigen (figuur 5.1.1). Enkele gebieden rondom de beken en het Boulder Broek zijn geschikt voor het vestigen van deze plantgemeenschappen.

Rivier- en beekbegeleidend bos

Rivier- en beekbegeleidend bos wordt gekenmerkt door het Wilgen verbond, Iepenrijke Eiken-Essenverbond en het Verbond van Els en Es. Deze kunnen zich respectievelijk vestigen in grondwatertrap vier, zes en drie (figuur 5.1.1). Het Iepenrijke Eiken-Essenverbond kan zich enkel vestigen op de hoger gelegen flanken van het projectgebied. Het verbond van Els en Es kan zich sporadisch vestigen op plekken rondom de beek. Het merendeel van het projectgebied is geschikt leefgebied voor planten uit het Wilgen verbond.



Figuur 5.1.1 Kansen natuur.

Hoog- en laagveen bos

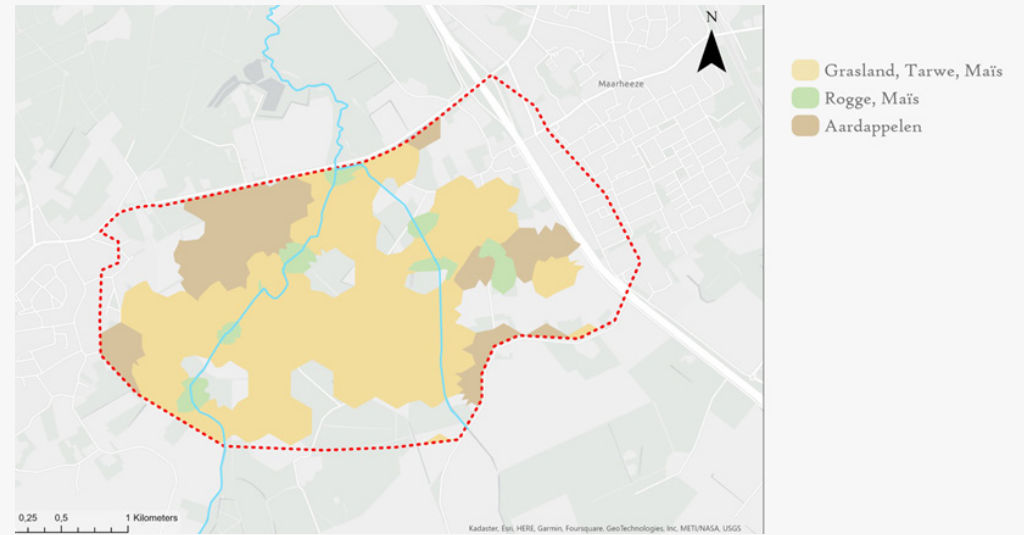
Hoog- en laagveen bos wordt gekenmerkt door het Verbond wilgenbroekstruwelen, Berkenbroekbossen en het Elzen verbond. Deze kunnen zich respectievelijk vestigen in grondwatertrap 2, 4 en 3 (figuur 5.1.1). Berkenbroekbossen kunnen zich sporadisch vestigen op plekken rondom de beek. Het merendeel van het projectgebied is geschikt leefgebied voor planten uit het Elzenverbond. Het verbond van Wilgenbroekstruwelen kan zich sporadisch vestigen rondom de beken en het Boulder Broek.

Bos met productiefunctie

In het projectgebied zijn verscheidene bossen met productiefunctie aanwezig. De kansanalyse is tevens uitgevoerd voor de meest voorkomende boomsoorten welke in deze gebieden zijn aangetroffen tijdens de gebiedsbezoeken (figuur 5.1.1). De zwarte els kan zich in een groot deel van het projectgebied vestigen in grondwatertrap drie. De hoger gelegen flanken in het projectgebied met grondwatertrap zeven zijn geschikt leefgebied voor beuken, eiken, Douglas sparren en esdoorns. Es en populier kunnen zich goed huisvesten in grondwatertrap zes.

5.2 WELKE LANDBOUWVORM OP WELKE PLEK?

In figuur 5.2.1 is aangegeven welke kansen er liggen voor (traditionele) landbouwvormen. In het projectgebied is te zien dat op basis van het grondwatertrappen scenario er in het midden vooral kansen liggen voor grasland, tarwe en maïs. Rogge kan nog maar in enkele gebieden voorkomen en de kansen voor aardappelen liggen aan de randen van het projectgebied.



Figuur 5.1.2 Kansen landbouw.

6. VISIE EN CONCEPT

Aan de hand van de gebiedsinventarisatie, bodem- en wateranalyse en de kansanalyse is er een visie en concept opgesteld voor het klimaatrobuuste beekdallandschap. Om tot een gedegen inrichtingsvoorstel te komen wat voldoet aan de wensen en eisen van de opdrachtgevers en belanghebbenden is er een programma van eisen opgesteld. Vervolgens is er aan de hand van het programma van eisen een visie en concept vastgesteld en is er een oppervlaktewatervisiekaart gemaakt.

6.1 PROGRAMMA VAN EISEN

Om tot een goede landschapsinrichting te komen waarin de wensen van de belanghebbenden worden meegenomen is er een programma van eisen opgesteld. Dit is gedaan doormiddel van gesprekken met de opdrachtgevers, gebiedsbeheerders en overige belanghebbenden. Tevens is er op 12 april 2023 een bijeenkomst geweest in het projectgebied. De bijeenkomst georganiseerd door de SIA-project Klimaatrobuuste landbouw in beeklandschappen, waarbij onderzoekers, beleidsmedewerkers van Provincie Noord-Brabant, gemeente Cranendonck, lectoren, docenten en studenten van verscheidene hogescholen en universiteiten aanwezig waren. Tijdens deze dag is de laatste input verzameld om een programma van eisen op te stellen.



Waterschap de Dommel

- A- watergangen verontdiepen en alleen laten afvoeren bij piekbuien.
- Onttrekkingen van grondwater zijn niet meer vanzelfsprekend.
- Voorkomen van uitspoeling van nutriënten, gewasbeschermingsmiddelen en vervuiliingsbronnen.
- Dempen van de sloten.
- Verhogen peilniveau van de A- waterwaggen met tenminste 30 cm.
- Grondwaterstanden en duurzaam grondgebruik zijn op elkaar afgestemd en worden vastgelegd.
- Geen technische bescherming meer voor nieuwe ontwikkelingen.



Gemeente Cranendonck

- Agrarisch natuurbeheer rondom kasteel Cranendonck.
- Boomgaard landgoed uitbreiden.
- Ontwikkeling van horeca en verblijfsmogelijkheden bij de Baronie van Cranendonck.
- Ruimte voor Herenboeren ten oosten van Soerendonck.
- Parkeerplaatsen langs doorrijroute Landgoed Cranendonck.
- Natuur- en Cultuurpoort.



Ongefilterde input van 12 april

- Beide watergangen hermeanderen met natuurlijke oevers en veel ruimte voor natuurlijke beekvorming.
- Alle intensieve landbouw omvormen tot extensieve landbouw.
- Volledige beek aan beide oevers beek begeleidend bos afgewisseld met vochtig hooiland.
- Op verscheidene plekken in het beek begeleidend bos stukken dynamisch moeras (helofyten).
- Vochtig hooiland onder kasteel Cranendonck blijft bewaard.
- Aanwezig bos wat er is blijft, al dan niet hervormd in verband met veranderende grondwaterstanden.
- Stuwen vervangen voor natuur- visvriendelijke varianten of voorzien van vispassages.
- Laanstructuren versterken.
- A-watergangen op de flanken naar het beekdal verontdiepen en op de flanken waterbergingsgebieden.

6.2 VISIE EN CONCEPT

In de visies wordt er een relatie gelegd met het huidige beleid om bodem en water sturend te laten zijn voor de gebiedsherinrichting. Mede daarom wordt dit als uitgangspunt genomen voor het gebiedsontwerp.



VISIE BODEM EN WATER

Bodem en water vormen het leidend principe om het systeem te herstellen en weer in balans te brengen. Het projectgebied bevindt zich in de middenloop van de Buulder Aa, hier valt veel winst te behalen op het gebied van water vasthouden, water zuiveren en infiltratie in het grondwater. Dat betekent;

- Sponswerking optimaliseren zodat de grondwatervoorraad aangevuld kan worden om droogte tegen te gaan tijdens het groeiseizoen.
- Stoppen met ontwateren en onttrekkingen van de beekdalen, flanken en koppen om de natuurlijke grondwaterstanden te herstellen.
- Beek afgraven en verontdiepen, de ruimte geven voor systeemherstel en een bufferzone aanleggen aan weerszijde van de beek; hierdoor ontstaat er ruimte om de beek te laten hermeanderen en kansen voor diversiteit van natuur rondom de beek.
- Water vasthouden en filteren: sloten dempen en aanwijzen van waterbergingsgebieden (zone 2) die jaarlijks mogen overstromen en deze gebieden een filterende werking geven om het afvalwater van agrarische percelen voedselarm te maken. Hier ontstaat ruimte om het schone water te laten infiltreren in de bodem.
- Ruimte maken voor extreme buien van de toekomst; gebieden aanwijzen die mogen overstromen bij een 2050 T=100 bui en extremere buien in de toekomst.



VISIE LANDBOUW

In dit onderzoek zijn er nog geen rechtstreekse gesprekken gevoerd met een vertegenwoordiging van de landbouwsector binnen dit gebied.

- Landbouw omvormen. In de overige gebieden is ruimte voor de ontwikkeling van kleinschalige landbouw waarbij natte teelt/ kruidenrijk grasland verbouwd kan worden of is er ruimte voor de versterking natuurgebieden.
- Op basis van het 500 meter bufferzone principe (Boer, et al., 2023) is

gebleken dat er geen ruimte is voor intensieve landbouw.

Ruimte reserveren om boeren te laten extensiveren en over te laten stappen naar andere landbouwwormen zoals natuurinclusieve landbouw; herenboeren, voedselbossen of extensieve begrazing van vee.

- Stoppen met kunstmest en chemische bestrijding om de waterkwaliteit te verbeteren.



VISIE NATUUR

- Connectiviteit vergroten.
- Natuurlijke overgangen tussen natuurtypen.
- Natuur gebruiken als filter (helofyten).
- Meer biodiversiteit in landbouwgebieden.
- Robuuste verbindingen.
- Optimaliseren van bestaande natuur.



VISIE LANDGOED

Landgoed Cranendonck wordt in ere hersteld waarbij het weer het middelpunt wordt van zijn omgeving, de verbinding met omliggende dorpskernen en natuurgebieden wordt hersteld. Het wordt een mobiliteitshub met horeca gelegenheden, overnachtingsmogelijkheden, verkoop van lokale producten en het dient als startpunt om het klimaatrobuuste beekdallandschap wandelend of fietsend te ontdekken.

- Verbinding: Een nieuwe recreatieroute die het landgoed dient te verbinden met het treinstation van Maarheeze en de dorpskern van Soerendonk. Een impuls voor het landgoed met ruimte voor horeca, kleine ondernemers en waar het mogelijk is om te overnachten.
- Ontwikkelen tot mobiliteitshub: Rondom het landgoed zullen plekken komen om elektrische fietsen en -auto's op te laden en te parkeren. Tevens zal er een bushalte komen die Maarheeze en Soerendonk verbindt met het landgoed.
- Educatie: Er komt ruimte voor een bezoekerscentrum waar de historie van het gebied wordt tentoongesteld en ruimte is om meer te leren over de inrichting van het klimaatrobuuste landschap.

CONCEPT: klimaatrobuust beekdallandschap. Een landschap waar bodem- en watereigenschappen centraal staan als basis van de inrichting. Daarbij gaat natuur een belangrijke rol spelen en wordt landbouw omgevormd naar vormen die minder schadelijk zijn voor het landschap.

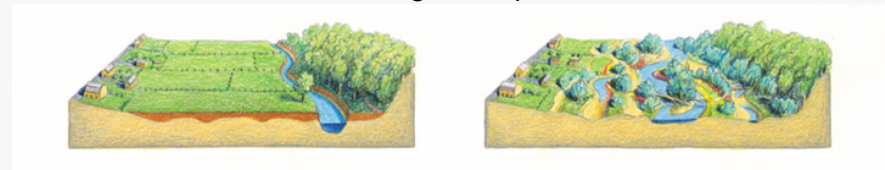


Figuur 6.2.1 Illustratie concept Klimaatrobuust beekdallandschap.

6.3 OPPERVLAKTEWATERVISIEKAART

Om tot een klimaatrobuust ontwerp te komen waarbij bodem en water sturend zijn is er een oppervlaktewatervisiekaart opgesteld (figuur 6.3.2). In deze kaart zijn aan de hand van de hoogtekaart (figuur 2.1.1) en de oppervlaktewaterkaart (figuur 2.4.3) vier waterzones vastgesteld met elk zijn eigen functie en invulling.

Zone 1: In de eerste zone wordt ruimte geboden aan de Bulder Aa en de Boschloop. Aan weerszijde van de waterlopen wordt 50 meter gereserveerd waarin de beek en de Boschloop de ruimte krijgen voor een meer natuurlijker loop en dwarsprofiel. Er zal gedeeltelijk gebruik worden gemaakt van het rewilding principe, waarbij stukken van zone 1 worden afgegraven zodat het water hier op een 'natuurlijke' wijze de uiteindelijke vorm zal creëren. Het rewilding principe is een methode waarbij de beek en de naastgelegen oevers worden afgegraven waarna de waterloop op een 'natuurlijke wijze' zijn nieuwe vorm zal aannemen. Deze ingreep resulteert in een verhoogde biodiversiteit, verbeterde waterkwaliteit en zorgt bovenal voor een natuurlijker waterloop waarin water langer wordt vastgehouden en meer ruimte biedt voor infiltratie (Arcadis, 2019). Het rewilding principe zal worden afgewisseld met gecreëerde meanders en doorstroommoerassen. Het dwarsprofiel gaat van een sterk gekanaliseerde loop naar een doorstroommoeras met een hoofdgeul en periodiek mee stromende



Figuur 6.3.1 Links: Indicatie van de huidige situatie, rechts: Indicatie van de toekomstige situatie (bron:ark.eu).

nevengeulen. In deze zone ontstaat een zeer dynamisch milieu met poelen, moerasvegetaties, beek begeleidend bos en biedt het mogelijkheden voor natte teelt vormen.

Deze afstand is gebaseerd op het handboek Beekdalbreed hermeanderen van de STOWA (Verdonschot et al. 2012).

Zone 2: De tweede zone dient als periodieke waterbergingsgebieden welke overstromen bij piekbuien welke op jaarlijkse basis voorkomen (waterbergingskaart T=1, Waterschap de Dommel). Deze zone biedt kansen voor natuurtypen welke afhankelijk zijn van jaarlijkse overstromingen zoals vochtig hooiland, rivier- en beekbegeleidend bos en dynamisch moeras.

Zone 3: De derde zone dient als noodretentiegebied wat overstroomt bij hevige regenbuien 2050 T=100+ (Waterschap de Dommel). Deze zone is gebaseerd op de bestaande overstromingskaart (figuur 2.4.3) waarbij extra ruimte is gereserveerd om de hevigere piekbuien van de toekomst op te kunnen vangen. Deze zone wordt grotendeels gevuld met de Bulder broek.

Zone 4: In zone vier worden twee permanente waterbuffers gerealiseerd die dienen als waterbuffer gedurende droge periodes. Deze waterbuffers worden gevoed door de A-watergangen welke vanuit Maarheeze en Soerendonk het gebied in stromen, tevens kan het regenriool afwateren op de waterbuffers. De op de flanken gesitueerde waterbuffers hebben een natuurlijke bodem waardoor water hier kan infiltreren in de bodem en zo het grondwater aanvult. Deze zone biedt kansen voor natuurtypen en aquatische soorten die afhankelijk zijn van stilstaande wateren.



Figuur 6.3.2 Oppervlaktewatervisiekaart.

7. GEBIEDSINRICHTING

Om tot de uiteindelijke gebiedsinrichting te komen zijn de visie en de oppervlaktewatervisiekaart als basis gebruikt. Er zijn verschillende schetsen gemaakt die vervolgens zijn teruggekoppeld aan de opdrachtgevers. Tijdens het ijkmoment op 12 april is er met de aanwezigen input verzameld die verwerkt is in het definitieve inrichtingsvoorstel.



7.1 ONTWERPPROCES

Tijdens het ontwerpproces zijn verschillende afwegingen gemaakt voor de inrichting van het klimaatrobuuste landschap;

- De focus lag tijdens de eerste fase van het ontwerpen op het maken van een goede verhouding tussen landbouw, natuur en cultuurhistorie.
- De principedoorsnede die is gepresenteerd op 12 april liet samen met een moodboard een impressie zien over hoe het landgebruik van de toekomst ingericht kan worden. Uitkomst: er moet perspectief worden geboden aan zoveel mogelijk partijen. Natuur staat niet boven de landbouw en de beken moeten de ruimte krijgen om te meanderen.
- De oppervlaktewatervisiekaart vormt de basis van het ontwerp.
- Intensieve landbouw moet naar extensieve vormen worden omgevormd om schade aan de natuur en vervuiling van de beken te verminderen.
- Na terugkoppeling met de opdrachtgever kwam naar voren dat de recreatieve functie ook een plek moet krijgen in dit landschap. De recreatieve functie wordt gekoppeld aan de missende verbinding tussen Landgoed Cranendonck en zijn omgeving.
- Er is een nieuwe invulling nodig voor het landgoed zodat het onderdeel wordt van een klimaatrobuust landschap, hierbij is er gekeken naar de plannen die er liggen van de gemeente Cranendonck. (Welkom in de baronie van Cranendonck!, 2023)

Het ontwerp (figuur 7.2.4) is een mogelijk toekomstbeeld voor het beekdallandschap van de Buulder Aa wat bedoeld is om te inspireren en te helpen bij de verdere plan- en besluitvorming.

7.2 DEFINITIEF INRICHTINGSVOORSTEL



Landbouw

○ Kruidenrijk grasland

De kruidenrijke graslanden zijn naast de hoge natuurwaarde tevens waardevol voor extensieve veeteelt. Deze graslanden bevatten een grote soortensamenstelling waardoor grazers een bredere samenstelling voedingsstoffen binnenkrijgen met een betere diergezondheid als gevolg (DLF, z.d.). Ook biedt het kansen voor honingproductie en alternatieve grazers zoals waterbuffels (Philipsen, 2022). Gezien deze graslanden over een relatief groot waterbergend vermogen beschikken zal beweiding in periodes van droogte langer mogelijk zijn (DLF, z.d.).



Voedebos

Een deel van het huidige productiebos ten noorden van het Buulderbroek zal ruimte bieden voor voedselbos. Deze vorm van boslandbouw maakt gebruik van (meerdere) boomlagen, struiklagen, kruidlagen, bodembedekkers, klimplanten en de bodemlaag. Door deze grote variëteit in structuur biedt het ecologische niches voor veel diersoorten. Voor vrijwel alle bodem- en wateromstandigheden zijn aanplantcombinaties te vinden waarin de verschillende soorten elkaar versterken en er het hele jaar door geoogst kan worden (Voedselbos, 2023).

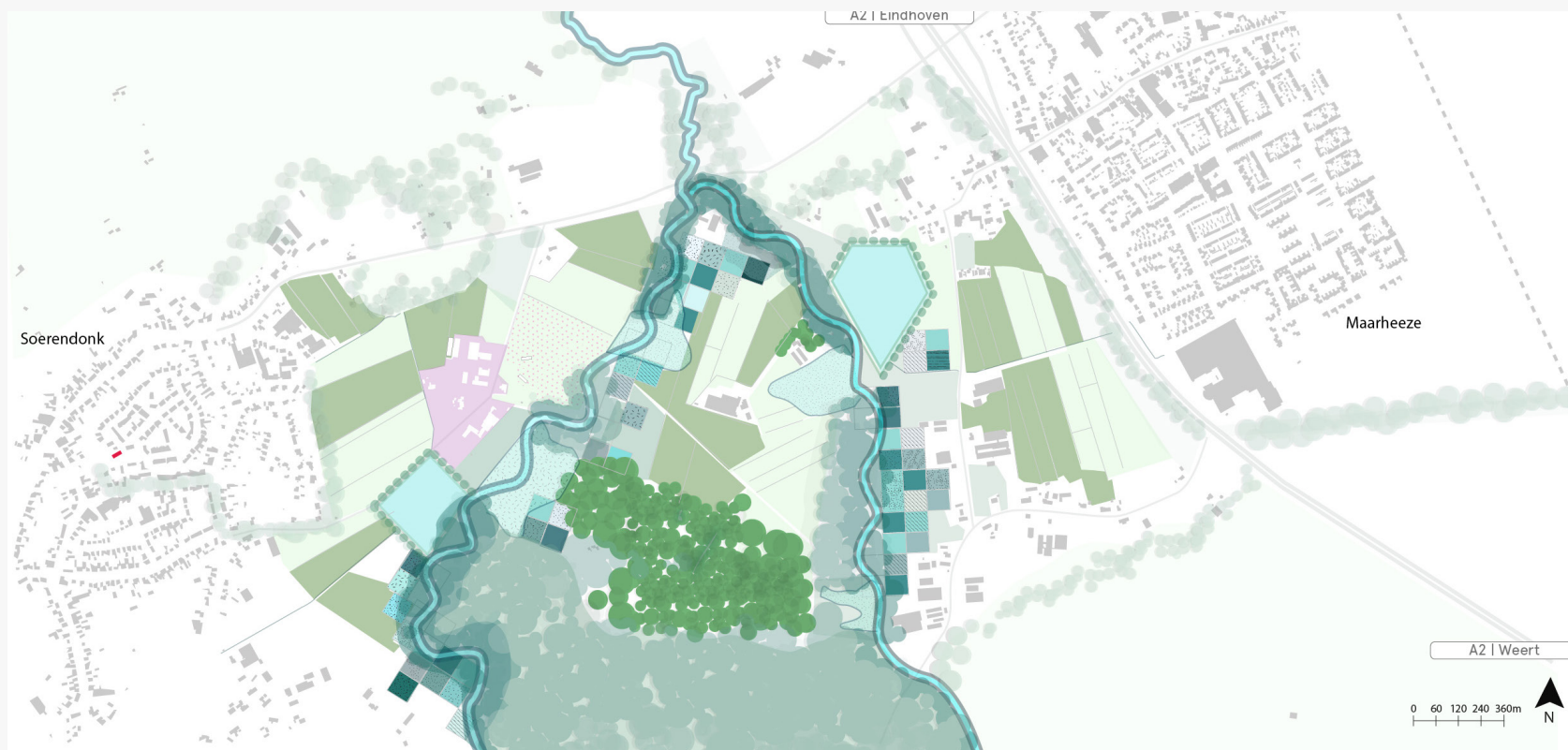


Paludicultuur

Op verscheidene plekken rondom de beek komt ruimte voor permanent natte percelen voor teeltvormen welke hiervan afhankelijk zijn. Lisdodde, riet en veenmos waardevolle biologische bouwmaterialen zijn enkele voorbeelden van wat hier geteeld zou kunnen worden. Naast het economisch belang zijn de natte teeltgronden van hoge waarde voor zeldzame vogel- en plantensoorten (Fritz et al. 2014).

● Landbouw

In het gebied komt veel ruimte voor extensieve landbouwvormen. De gereserveerde percelen bieden kansen voor extensieve landbouw en veehouderij, waar het beïnvloeden van het waterpeil en inbrengen van kunstmest niet langer tot de mogelijkheden behoort. Initiatieven zoals de herenboeren welke al in het gebied aanwezig zijn worden uitgebreid. Op deze relatief kleinschalige natuur inclusieve landbouwpercelen is nog wel ruimte voor traditionele landbouwgewassen. De kansenanalyse voor landbouw heeft inzichtelijk gemaakt dat aardappel optimaal gedijt op de flanken en dat de rest van het gebied geschikt is voor tarwe en maïs. In en rondom de landbouwpercelen worden houtwallen en bufferstroken gerealiseerd welke een positief effect hebben op de biodiversiteit en resulteren in het vertraagd afvoeren en bergen van water (Bij12, z.d.).



Figuur 7.2.1 Themakaart landbouw.



Natuur

Vochtig hooiland

Op verscheidene plekken rondom de beek komt ruimte voor vochtig hooiland. Dit natuurtype welke bestaat uit het grote vossenstaart- en dotterbloemverbond is afhankelijk van een hoge grondwaterstand (grondwatertrap 2) en periodieke overstromingen. Deze bloemrijke graslanden zijn van nationaal en internationaal belang vanwege de kansen voor zeldzame planten, broedvogels, dagvlinders en sprinkhanen (Bij12, z.d.).

Broekbos

Het Buulder broek, een laagveenbos en één van Brabants 'natte natuurparels' zal worden uitgebreid in noordelijke richting. De kansanalyse heeft inzichtelijk gemaakt dat dit broekbos voornamelijk zal bestaan uit het Verbond van wilgenbroekstruwelen en het elzenverbond. Zwarte els, hennegras en grauwe wilg domineren het gebied en het biedt leefgebied voor zeldzame faunasoorten (Runhaar et al. 2013). Rondom de beek komt ruimte voor beekbegeleidend broekbos bestaande uit planten uit het wilgenverbond en het verbond van els en es. Deze bossen zorgen voor schaduw op de beken wat overmatige planten- en algengroei tegengaat (Verdonschot et al. 2017).



Loofbos

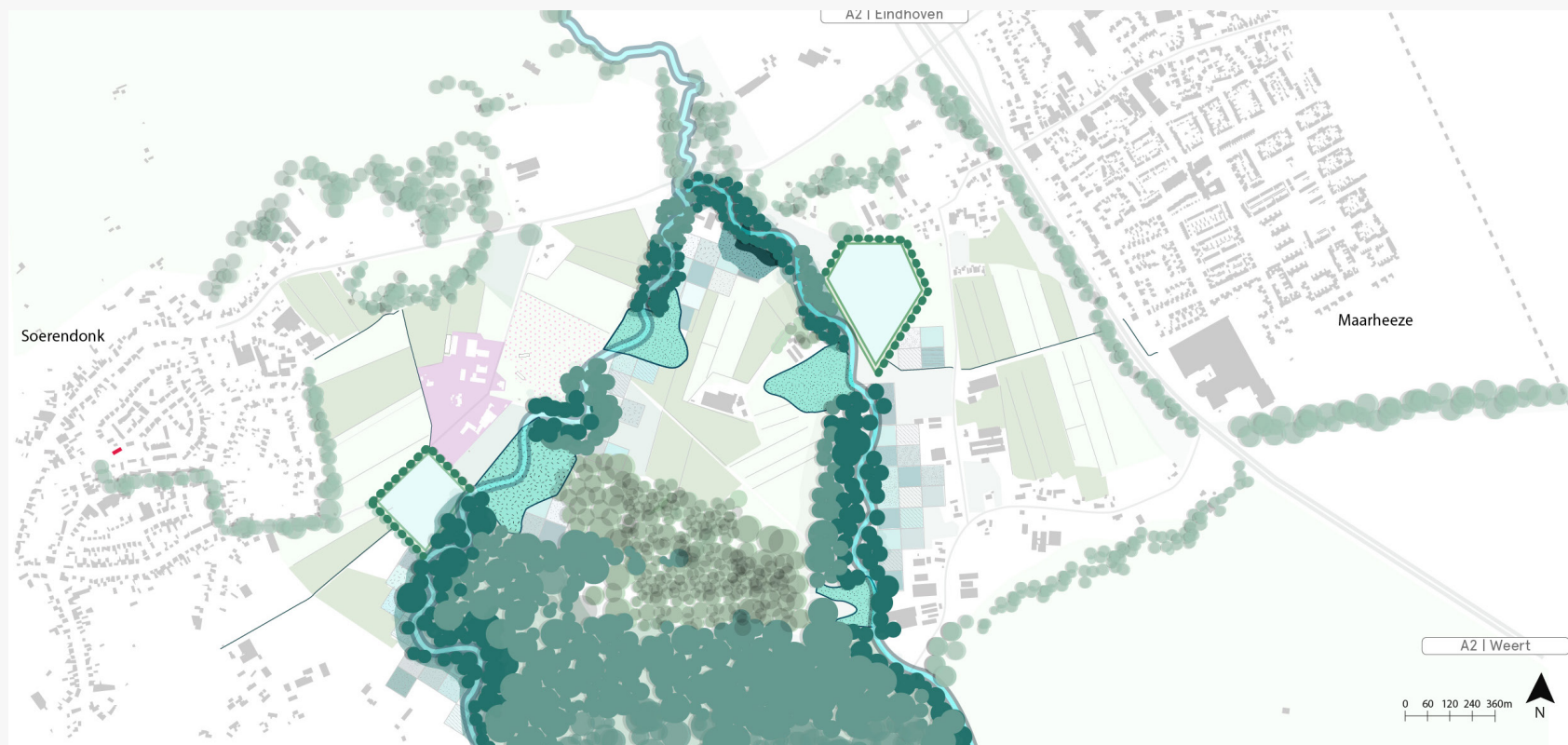
Op de flanken van het projectgebied komt ruimte voor loofbossen welke hier fungeren als barrière tussen de snelweg en het beekdallandschap. Deze bossen hebben een afremmende werking op het water wat van de flanken de beekdalen in stroomt. De kansanalyse heeft inzichtelijk gemaakt dat deze bossen voornamelijk zullen bestaan uit beuken, eiken, essen en populieren. Deze bossen kunnen een productiefunctie vervullen en vangen stikstof op van verkeer van de A2.

Kruidenrijk grasland

Verspreid door het projectgebied komt veel ruimte voor kruidenrijk grasland. Deze kruidenrijke graslanden zijn waardevol voor de biodiversiteit omdat ze door de variatie in kruidachtige planten veel insecten- en (weide)vogelsoorten aantrekken (Nijhof 2020). Hiernaast wortelen de kruidachtige planten dieper dan raaigras waardoor ze beter bestand zijn tegen periodes van droogte en beter in staat zijn water vast houden (DLF, z.d.). Tevens is kruidenrijk grasland tijdens piekbuien in staat om oppervlakkig water te bergen, en vertraagd het de oppervlakkige afstroming (Cornelissen, et al., 2003).

Dynamisch moeras

Zoals in de watervisie is gesteld wordt er rondom de beken op verscheidene plekken het rewilding principe toegepast. Door het afgraven van de oevers aan weerszijde van de beken worden er meer natte zones gecreëerd (grondwatertrap I). Deze zones bieden kansen voor planten uit het rietverbond, waaronder lisdodde en riet welke fungeren als helofytenfilter. Helofytenfilters zijn waardevol voor het verbeteren van de waterkwaliteit en het opnemen van stikstof (Geurts, et al., 2017). Naast het rietverbond op de natste delen zal het rietverbond worden afgewisseld met soorten uit het grote zeggen- en snavelbiesverbond op de drogere delen om zo een gevarieerd en dynamisch moerasgebied te krijgen.



Figuur 7.2.2 Themakaart natuur.



Recreatie



Mobiliteitshub landgoed Cranendonck

Op landgoed Cranendonck wordt ruimte gemaakt voor de ontwikkeling van een mobiliteitshub, horeca, overnachtingsrecreatie en andere initiatieven van de gemeente Cranendonck. Het landgoed zal het punt zijn waar geschiedenis en toekomst samenkomen.

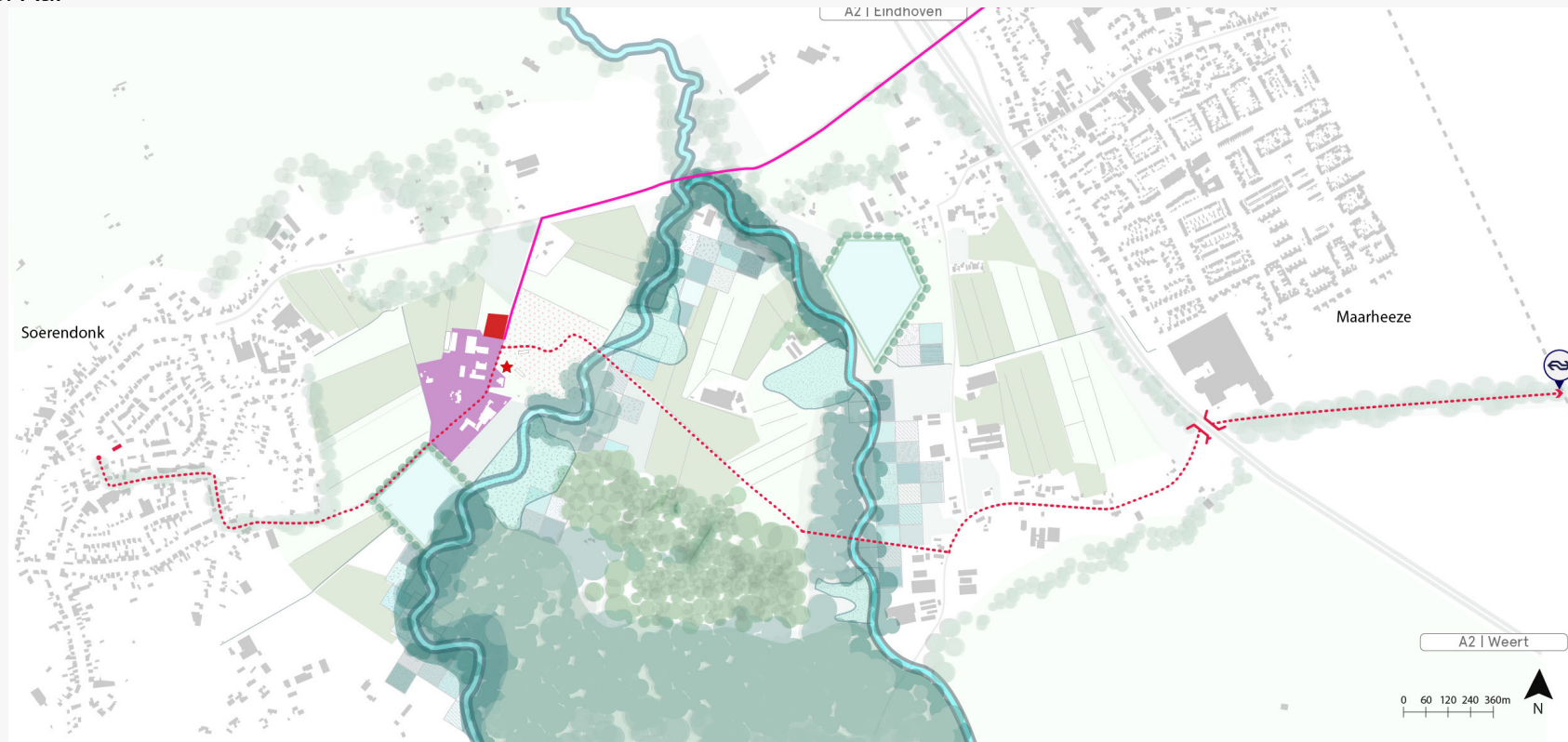
Wandel- en fietsroute

Een nieuwe verbinding tussen station Maarheeze, landgoed Cranendonck en de kern van Soerendonk. Een recreatieroute voor wandelaars en fietsers waarbij de bezoeker wordt meegenomen door het klimaatrobuuste beekdal van de Bultder Aa.



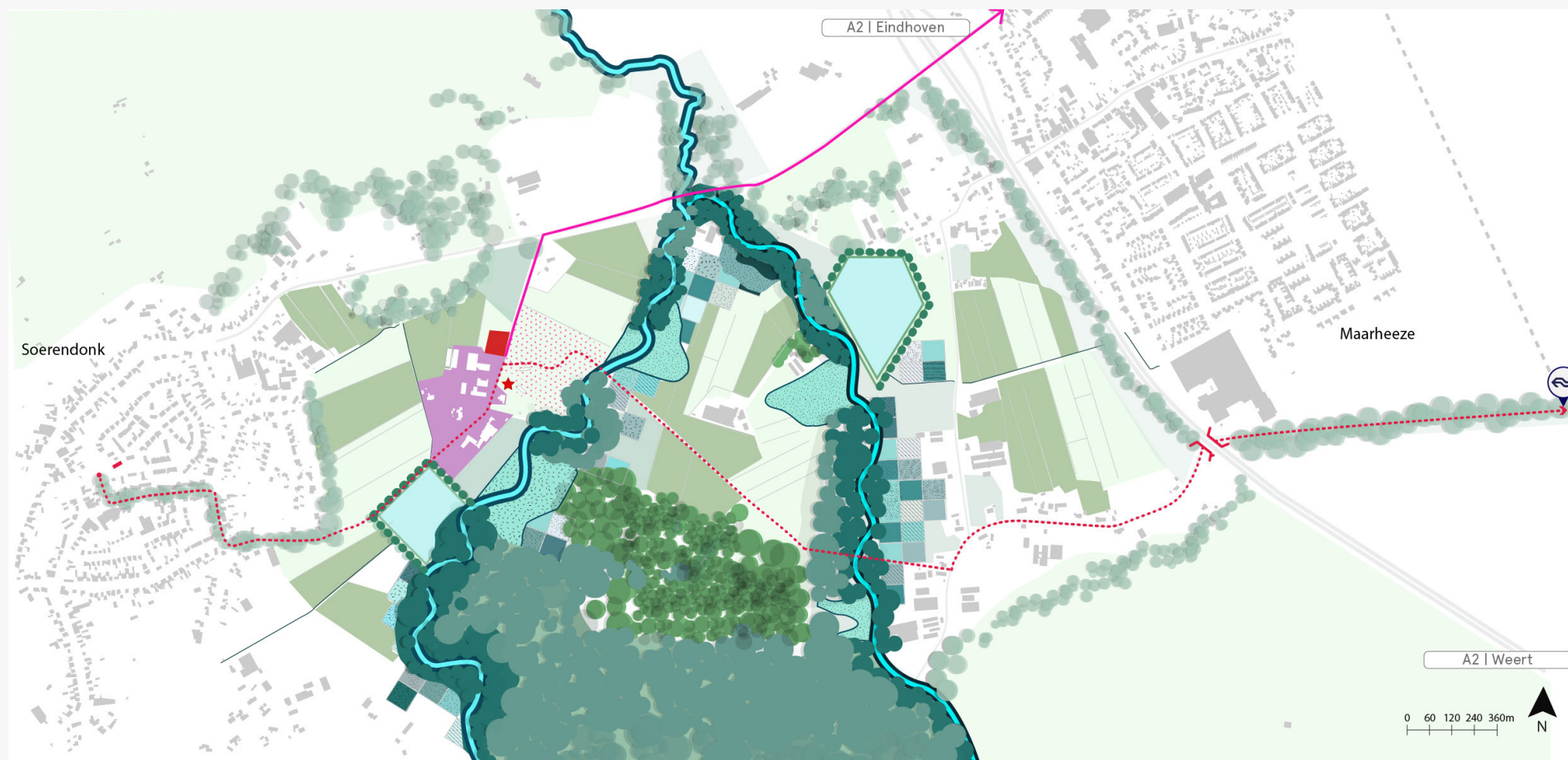
Uitkijktoren

De uitkijktoren wordt het nieuwe herkenningspunt van landgoed Cranendonck. Het is een andere manier om het klimaatrobuuste landschap te beleven. Vanuit de toren is het nieuwe beekdal, Maarheeze en Soerendonk te zien.



Figuur 7.2.3 Themakaart recreatie.

DEFINITIEF INRICHTINGSVOORSTEL



Figuur 7.2.4 Definitief inrichtingsvoorstel Klimaatrobuust beekdallandschap de Bulder Aa.

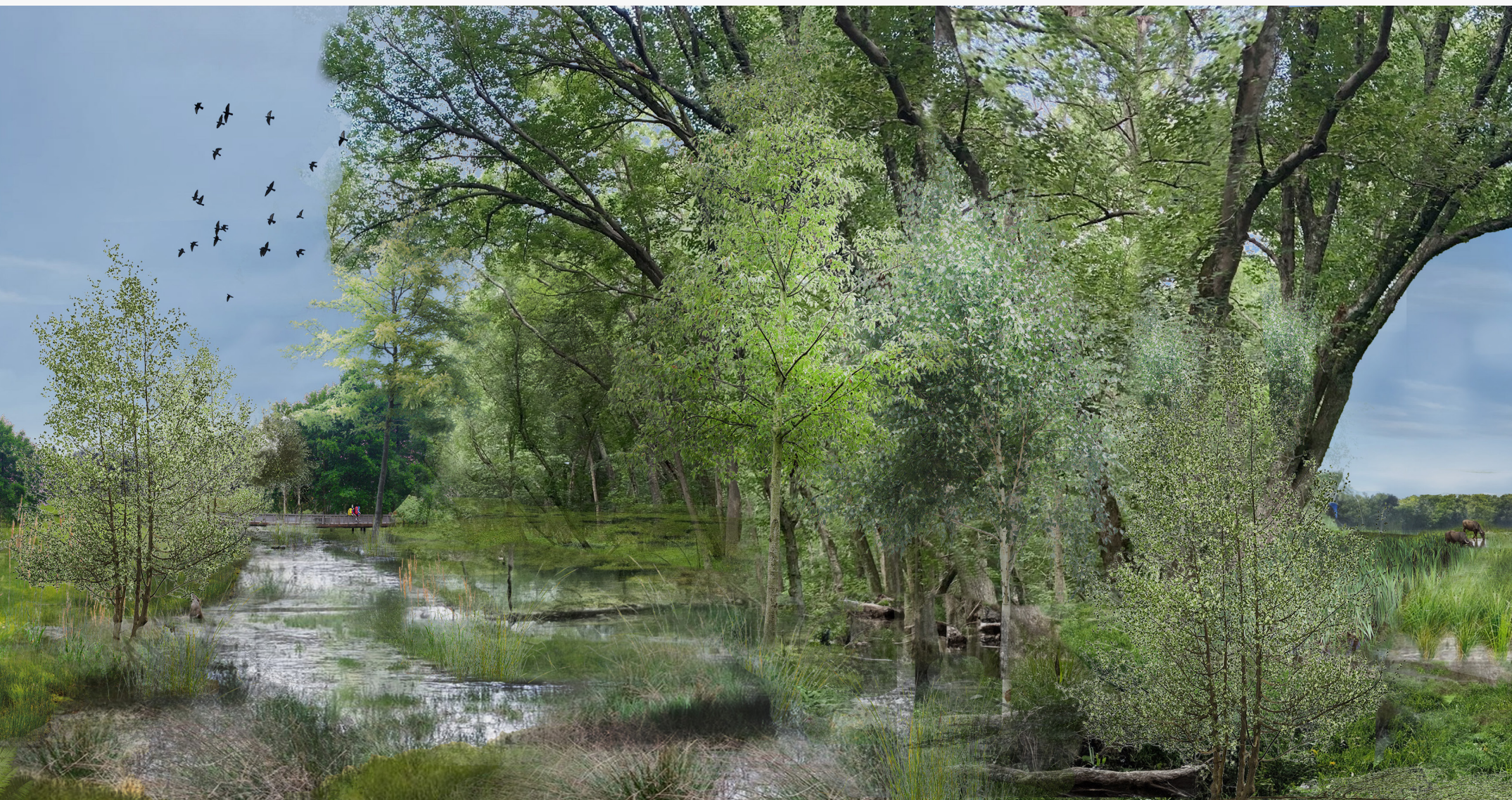
- | | | |
|----------------------|----------------------|-------------------------------------|
| Bulder Aa/ Boschloop | Voedselbos | Autoroute naar Landgoed |
| Waterbuffer | Boomgaard | Wandel- en fietsroute |
| Broekbos | Landbouw | Mobiliteitshub Landgoed Cranendonck |
| Dynamisch moeras | Kruidenrijk grasland | Uitkijktoren |
| Loofbos | Vochtig hooiland | Station Maarheeze |
| | Paludicultuur | Parkeerplaats |

PANORAMA KLIMAATROBUUST BEEKDAL DE BUULDER AA

Het panoramabeeld geeft een mogelijke klimaatrobuuste toekomst van het landschap tussen Landgoed Cranendonck en de Boschloop weer. Het dient ter ondersteuning van de definitieve gebiedsinrichting waarbij zoveel mogelijk perspectief wordt geboden aan belanghebbenden binnen het projectgebied.



Figuur 7.1.6 Impressie klimaatrobuust landschap de Bulder Aa.









8. DISCUSSIE



Toekomstscenario's

Bij landschapsherinrichtingen waarbij gekeken wordt naar de toekomstige klimaatomstandigheden wordt veel gewerkt met aannames en verwachtingen. Zo is er in dit afstudeeronderzoek gewerkt met toekomstscenario van het KNMI, Waterschap de Dommel en de Klimaateffectatlas. Deze scenario's zijn grotendeels gebaseerd op aannames en verwachtingen. Het KNMI WH-klimaatscenario 2050 (KNMI, 2015) dat als basis dient voor alle toekomstscenario's in dit onderzoek is opgesteld in 2014. Omdat verscheidene verwachtingen en aannames aan de hand van recent onderzoek worden bijgeschaafd komt er in oktober 2023 nieuwe klimaatscenario's van het KNMI (KNMI, z.d.). De verwachting is dat de veranderingen in neerslag, verdamping en grondwaterstanden in het nieuwe klimaatscenario de hoogste scenario's uit 2014 zullen overtreffen. Hierdoor zullen de verwachte fluctuaties in grondwaterstand, bij herhaling van de analyses met de nieuwe klimaatscenario's vermoedelijk nog groter worden.

Waterbalans

Bij het opstellen van de waterbalans is de aan- en afvoer via oppervlaktewateren van dit gebied afgeleid van de Waterklik, een tool die aangereikt is door Waterschap de Dommel. De Waterklik bevat enkel informatie over de huidige aan- en afvoerende situatie van de oppervlaktewateren in het projectgebied. Bij het opstellen van de waterbalans is de aanname gedaan dat deze aan- en afvoer in 2050 gelijk zal zijn aan de huidige situatie. In de praktijk zal de aan- en afvoer vermoedelijk meebewegen met de veranderende situatie in de toekomst. Tevens is er in de waterbalans gebruik gemaakt van de kwel/wegzijging kaart van de Klimaateffectatlas waarin enkel van jaargemiddeldes wordt gesproken. In de praktijk zal de mate van kwel en wegzijging wel degelijk verschillen per seizoen waardoor dit een vertekend beeld kan geven van de hydrologische situatie. Om tot een accuratere waterbalans te komen dienen er nauwkeurigere aan- en afvoer gegevens van het betreffende gebied te worden verzameld of gemeten. Piekbuien die vallen worden in het sterk ontwaterende beekdallandschap snel oppervlakkig afgevoerd waardoor er onvoldoende sprake is van infiltratie tot het grondwater. In de voorgestelde gebiedsinrichting zijn verscheidene maatregelen geïntegreerd die de oppervlakkige afstroom doet verminderen en meer ruimte biedt voor infiltratie tot het grondwater. Door de verminderde oppervlakkige afstroom van water en de verhoogde infiltratie zal de hydrologische disbalans worden verminderd.

Bodem- en wateranalyse

De resultaten van het verdroging/ vernattingsmodel lijken wellicht tegenstrijdig gezien er sprake is van verdroging en vernatting in het gebied. Echter komt dit resultaat overeen met de huidige klimaatveranderingen, waarin sprake is van langere periodes van droogte maar ook toenemende neerslag in de natte seizoenen. Zo betekent een stijging van de gemiddelde grondwaterstand enkel dat de vernatting in de natte seizoenen groter is dan de mate van verdroging in de droge seizoenen. Omdat de laagste grondwaterstand daalt hebben we in het projectgebied wel degelijk te maken met verdroging zoals in heel Noord-Brabant al decennia lang een bekend fenomeen is (Bastmeijer et al., 2021).

Bij het natuur urgentie-model is gebruik gemaakt van de Natuurbeheertypenkaart van de Provincie Noord-Brabant. Deze kaart kan een vertekend beeld geven van de werkelijke situatie omdat het beheertype niet altijd overeenkomt met de aanwezige natuur. Zo is tijdens een gebiedsbezoek inzichtelijk geworden dat het aanwezige vochtig hooiland iets ten zuiden van kasteel Cranendonck in de praktijk weinig plantgemeenschappen van dit natuurstype bevat en voornamelijk uit Engels raaigras (*Lolium perenne*) bestaat. Om een beter inzicht te krijgen op de werkelijke natuurstypen in het betreffende gebied is het van belang om gebiedsbezoeken uit te voeren waarin de flora in het gebied gedetailleerd geïnterviewd wordt.

De natuur- en landbouw urgentieanalyse toont resultaten waarbij meerdere percelen ongeschikt worden geacht voor het huidige gebruik vanwege ongeschikte grondwaterstanden. Echter worden sommige technische maatregelen zoals plaatselijk draineren mogelijk niet meegenomen in de huidige en/of verwachte grondwaterstanden, omdat hier geen gegevens beschikbaar van zijn. Hierdoor kan het in de praktijk voorkomen dat percelen die als ongeschikt worden beschouwd in de analyse, met de implementatie van technische maatregelen door de beheerder toch geschikt blijken te zijn. Het is raadzaam om bij het uitvoeren van bodem- en water analyses in het projectgebied de technische maatregelen te inventariseren en nauwkeurige grondwatermetingen te doen.

Kansenanalyse

Om tot een bodem en water gestuurde gebiedsinrichting te komen is de kansenanalyse een cruciaal onderdeel. Als basis van deze analyse is het grondwatertrappenscenario gebruikt welke is opgesteld door Waterschap de Dommel. Deze grondwatertrappenkaart is gebaseerd op een toekomstscenario waarbij alle A-watgangen met 30 centimeter worden verhoogd, sloten en greppels worden gedempt en naaldbossen omgevormd worden tot loofbossen. Hoewel dit scenario een representatieve weergave geeft van de maatregelen welke genomen worden in de gebiedsinrichting, zijn er ook verscheidene maatregelen die niet mee zijn genomen. Voorbeelden hiervan zijn het afgraven van delen rondom de beek, plaatsen van buffergebieden op de flanken en het omvormen van landbouwgebieden. Deze maatregelen hebben hoogst waarschijnlijk sterke invloed op de toekomstige grondwaterstanden. Gezien de klimatologische veranderingen is het te verwachten dat er in de toekomst ook soorten en natuurtypen voor kunnen komen welke op dit moment niet of nauwelijks in Nederland kunnen gedijen. Ook biedt de klimaatverandering in de toekomst wellicht kansen voor landbouwwormen die op dit moment voornamelijk in warmere en drogere gebieden voorkomen. Het zou logisch zijn dat natuurdoeltypen en kernsoorten meebewegen met het veranderende klimaat.

Creatief proces

Ontwerpen is een creatief proces en iedereen pakt dit op een andere manier aan. De conclusies uit de gebiedsinventarisatie en analyse vormen de basis voor het ontwerp. Ondanks dit gegeven zijn er talrijke verschillende uitwerkingen mogelijk om tot een inrichtingsvoorstel te komen. Deze zouden op het eerste gezicht veel van elkaar afwijken, de onderliggende principes vanuit visie zijn echter zo opgesteld dat onderlinge verschillen tussen mogelijke ontwerpen een kleine invloed hebben op het functioneren van het geheel. Het ontwerp kan daarom als inspiratie worden beschouwd, waarbij er ruimte is voor het aanpassen van details zonder dat het ontwerp zijn waarde verliest.

Van stappenplan tot uitvoering

De stappen die zijn doorlopen zijn allen cruciaal voor het komen tot een klimaatrobuuste gebiedsinrichting. Echter zijn er verbeteringen mogelijk om het stappenplan bij andere onderzoeken beter aan te laten sluiten bij het te hervormen gebied. In dit onderzoek lag klimaatrobuustheid op het gebied van weersextremen centraal maar is er bijvoorbeeld weinig aandacht besteed aan de energietransitie en de woningbouwopgave. Dit zijn zaken welke voor een ander gebied en/of opgave toegevoegd kunnen worden aan het stappenplan. Zo kan de kansenanalyse bijvoorbeeld worden aangepast om ideale bouwgronden in kaart te brengen betreffende grondwaterstanden, bodemtypen of andere parameters welke hierbij van belang zijn. Om van het stappenplan tot de daadwerkelijke uitvoering te komen moet ook de aanpak van overheidsinstanties op de schop. Zo zou het waardevol zijn als gebieden gefaseerd worden hervormd waarbij de meest waardevolle maatregelen voor de watertransitie als eerste worden gerealiseerd.

9. CONCLUSIE



In dit afstudeeronderzoek is onderzocht welke stappen genomen dienen te worden om tot een klimaatrobuust inrichtingsvoorstel te komen voor het beekdallandschap rondom kasteel Cranendonck (figuur 9.1.1). De eerste stap in het proces was het definiëren van een klimaatrobuust landschap. In dit onderzoek was dat een landschap dat met minimale menselijke ingrepen kan meebewegen met de veranderende neerslagpatronen door klimaatverandering. Het ontwerp is een mogelijk toekomstbeeld voor het beekdallandschap rondom kasteel Cranendonck wat bedoelt is om te inspireren en te helpen bij de verdere plan- en besluitvorming. In tegenstelling tot de Structuurvisie 2024 van de gemeente Cranendonck is er nu beter rekening gehouden met klimaatverandering en is het projectgebied nu wel klimaatrobuust ingericht (R. van Midden, persoonlijke communicatie, 12 april 2023). Daarnaast worden er in dit voorstel recreatieve, maatschappelijke en landbouwinitiatieven geclusterd rondom het landgoed.

Water

De bodem- en wateranalyse welke gebaseerd is op het KNMI WH-klimaatscenario 2050 heeft inzichtelijk gemaakt dat de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) in 2050 gemiddeld 10,75 centimeter hoger zal zijn dan de huidige situatie. De gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) zal in 2050 naar verwachting gemiddeld 7 centimeter zijn gedaald. De fluctuaties in de grondwaterstand worden groter in de toekomst. Aan de hand van de gemaakte waterbalans is inzichtelijk geworden dat er meer water het gebied uitstroomt dan instroomt en dat dit verlies aan water in de toekomst flink zal toenemen. Indien er geen maatregelen worden genomen is de verwachting aan de hand van het KNMI WH-klimaatscenario 2050 (KNMI, 2015) dat het waterverlies in dit gebied met 95% zal toenemen. Als basis van de gebiedsinrichting is een oppervlaktewatervisiekaart opgesteld, welke dient als onderlegger voor het ontwerp. Hierin zijn de volgende zones met bijbehorende functies toegedeeld;

- Zone 1: Vertraagd afvoeren en infiltratiemogelijkheden.
- Zone 2: Periodieke waterberging van jaarlijkse piekbuien.
- Zone 3: Noodretentiegebied voor piekbuien T=100+.
- Zone 4: Permanente waterbuffers, water bruikbaar in droge periodes.

Natuur

Het natuur urgentie-model heeft inzichtelijk gemaakt dat het aanwezige vochtig hooiland, beek begeleidend bos en dynamisch moeras zich in 2050 niet meer in het projectgebied kan handhaven indien er geen maatregelen worden genomen om de toenemende fluctuaties tegen te gaan. De kansen analyse natuur welke is gebaseerd op het grondwaterscenario van Waterschap de Dommel voor 2050 heeft bijgedragen aan de volgende gebiedsinrichtingskeuzes;

- Uitbreiden laagveen bos de Buulder broek.
- Loofbos op de rand van het projectgebied naast de A2.

De belangrijkste maatregelen voor natuur in de gebiedsinrichting;

- Bestaande natuurgebieden onderling verbinden.
- Bufferzones tussen natuur en landbouw
- Natuurlijke overgangen tussen natuurtypen.
- Helofytenfilters in en rondom de beek.

Landbouw

Het landbouw urgentie-model heeft inzichtelijk gemaakt dat 81% van de aanwezige landbouwpercelen in 2050 niet meer de huidige gewassen kan handhaven. Dat betekend dat er naar alternatieven gezocht moeten worden die beter tegen fluctuaties van de grondwaterstanden kunnen.

De belangrijkste maatregelen voor landbouw in de gebiedsinrichting;

- Natuurinclusieve landbouw wordt de norm.
- Ruimte voor lokale initiatieven zoals de herenboeren.
- In de nattere delen van het gebied komt ruimte voor paludicultuur.

Recreatie

De belangrijkste maatregelen voor recreatie in de gebiedsinrichting;

- Een directe verbinding tussen station Maarheeze, landgoed Cranendonck en Soerendonk.
- Ruimte voor horeca en overnachtingsrecreatie.

Het klimaatrobuuste landschap rondom kasteel Cranendonck zal een plek zijn waar natuur, landbouw en recreatie samenkomen.



Figuur 9.1.1 Flowchart stappenplan.

10. AANBEVELINGEN



Draagvlak creëren

Een van de grootste uitdagingen wordt het meekrijgen van alle mensen die in een gebied wonen en werken. Met deze mensen zal het gesprek moeten worden aangegaan en er zal perspectief geboden moeten worden. Door het tonen van de urgentie en de gevolgen van niks doen zal er begrip ontstaan voor toekomstige veranderingen. Betrek mensen uit het projectgebied in het ontwerpproces zodat een plan niet wordt voorgeschoteld maar samen wordt gemaakt. Indien er begrip voor het probleem ontstaat en de mogelijkheden worden belicht kan de wil en enthousiasme voor verandering volgen. Dit vermindert polarisatie tussen partijen en vergroot de kans op slagen.

Aan de andere kant is het soms beter om in het begin van een gebiedsproces zonder belemmeringen en meningen te ontwerpen aan een klimaatrobuust beekdallandschap. Zo kan er zonder concessies een inrichtingsvoorstel worden gedaan die later voorgelegd kan worden aan de belanghebbenden in het betreffende projectgebied.

Multidisciplinaire samenwerking

Na een periode van 20 weken zijn er veel resultaten behaald mede door de multidisciplinaire samenwerking. Door verschillende invalshoeken en expertises in te zetten ontstaat er een completer beeld van de problematieken die er spelen en kunnen er innovatieve oplossingen worden bedacht om een klimaatrobuust landschap in te richten. Het wordt aangeraden een multidisciplinair team samen te stellen welke bestaat uit landschapsarchitecten, technische ontwerpers, ecologen, GIS-specialisten, hydrologen en beleidsmakers.

Slim waterbeheer

Ondanks dat de gebiedsinrichting vele maatregelen bevat om water vast te houden, te laten infiltreren en de kwaliteit te waarborgen is ook slim waterbeheer van groot belang. De belangrijkste aanbevelingen zijn;

- Water vasthouden en laten infiltreren in bebouwd gebied.
- Regenriool niet langer lozen in de rioolwaterzuivering maar gebruiken om de buffergebieden gevoed te houden.
- Slim stuwbeheer, niet meer afvoeren dan dat er binnenkomt.
- In de natte periodes dienen de wateroverschotten te worden opgeslagen in de buffergebieden welke op de flanken zijn gelegen. In periodes van droogte kan dit water in de beekdalen worden gebruikt om de natuur en landbouw in stand te houden.

Natuur

Het huidige beekdallandschap van de Buulder Aa bestaat uit veel soorten natuurtypen. Aan de hand van de kansenanalyse blijkt dat de natuurbeheertypen die worden voorgesteld in de ambitiekaart van Provincie Noord-Brabant niet haalbaar zijn als er geen maatregelen worden genomen met betrekking tot klimaatverandering. De belangrijkste aanbevelingen zijn;

- Het aanbrengen van natuurlijkere overgangen tussen verschillende natuurtypen en de connectiviteit hiertussen vergroten.
- De connectiviteit vergroten tussen natuurgebieden in en rondom het projectgebied doormiddel van ecoducten en steppingstones.
- De aquatische connectiviteit vergroten door aanwezige stuwen te verwijderen of vis vriendelijk te maken.

Vervolg

Om de haalbaarheid van de gebiedsinrichting te onderzoeken zijn de volgende vervolgstudies noodzakelijk.

- Een hydrologische studie wordt aangeraden om te verifiëren of met de gemaakte keuzes in het inrichtingsvoorstel, het beoogde doel betreffende grondwaterstand en waterberging worden behaald. Wanneer dit niet wordt behaald zullen er aanvullende maatregelen moeten worden genomen als de gebiedsinrichting wordt gerealiseerd.
- Het wordt geadviseerd om vervolgonderzoek te doen naar het waterbergend vermogen van de bodem en hoe deze optimaal kan worden benut als waterbuffer.
- Het wordt aangeraden de kansenanalyse tevens uit te voeren voor alternatieve landbouwwormen die beter in de toekomstige gebiedsinrichting passen. Gezien de standplaatsvoorwaarden van veel van deze gewassen nog niet SynBioSys Nederland zijn opgenomen dient er eerst onderzoek te worden gedaan naar de geschikte GLG en GHG van deze gewassen om ze vervolgens mee te kunnen nemen in een kansenanalyse.

LITERATUURLIJST

- Arcadis. (2019). Geraadpleegd op 1 juni 2023, van <https://www.landscape-architects.nl/en/projects/systeemherstel-landgoederenzone-baakse-beek>
- Bastmeijer, K. Rijswick, M. Verschuuren, J. (2021). Verdroging in Brabant Een Europeesrechtelijk Perspectief: 1-73
- Bodem benamingen. (z.d.). Geraadpleegd op juni 15 2023, van <http://geogemeente.nl/putten/putteninformatie/bodem/>
- Boer, B., de Groen, L., Michielsen, T., Mutsearts, A., Verschuren, T., & van de Wiel, G. (2023). Klimaatveerkrachtig landschap Groenewoud. HAS Green Academy, s'-Hertogenbosch.
- Cornelissen, A., Harmsen, J., Kempenaar, C., Knol, W., & van der Zweerde, W. (2003). WATERBERGING OP LANDBOUWGRONDEN. Utrecht.
- DLF. (z.d.). Geraadpleegd op 21 juni 2023, van <https://www.dlf.nl/veehouderij/kruidenrijk-grasland>
- Fritz, C., G. van Dijk, A. J. P. Smolders, and H. Joosten. (2014). Paludicultuur – kansen voor natuurontwikkeling en landschappelijke bufferzones op natte gronden. Vakblad Natuur, Bos en Landschap:4–9.
- Geesteranus, M. M., A. Nijhof, F. Alkemade, M. Huysmans, P. Tops, and T. Koekkoek. (2022). Zonder water , geen later Naar een omslag in het (grond) waterbeheer.
- Gemeente Budel. (1983). Cultuurhistorische inventarisatie Provincie Noord-Brabant. Budel. Geraadpleegd op 18 juni 2023, van <https://020apps.nl/mip/beschrijvingen/Budel.pdf>
- Geurts, J., Fritz, C., Lamers, L., Grootjans, A., & Joosten, H. (2017). Paludicultuur houdt de polder schoon - zuiveren van oppervlaktewater en uitmijnen van fosfaatrijke bodems met riet- en lisdoddeeteelt
- Grondwatertools. (z.d.). Geraadpleegd 17 juni 2023, van <https://www.grondwatertools.nl/grondwater-achtergrondinformatie/grondwaterstand>
- H2O. (28 augustus 2017). Geraadpleegd op 30 april 2023, van <https://www.h2owaternetwerk.nl/vakartikelen/de-relatie-tussen-beschaduwning-en-de-groei-van-waterplanten-in-twee-beken-in-noord-brabant>
- Kennisportaal Klimaatadaptatie. (31 maart 2020). Geraadpleegd op 22 juni 2023, van <https://klimaatadaptatienederland.nl/actueel/actueel/interviews/bodem-biodiversiteit-oplossing-wateroverlast/#:~:text=E%C3%A9n%20van%20de%20voordelen%20daarvan,snel%20uit%20in%20droge%20periodes>
- KlimaatadaptatieNederland. (z.d.). Uitzakken grondwaterstand. Opgehaald van KlimaatadaptatieNederland: <https://klimaatadaptatienederland.nl/stresstest/bijsluiter/droogte/basisinformatie/uitzakken-grondwaterstand/>
- KNMI - Op weg naar nieuwe KNMI-klimaatscenario's. (z.d.). Geraadpleegd op 20 juni 2023, van <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/op-weg-naar-nieuwe-knmi-klimaatscenario-s>
- KNMI. (2011). Geraadpleegd op 20 april 2023, van KNMI <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/monv/reeksen>
- KNMI'14 Klimaatscenario's voor Nederland; Leidraad voor professionals in klimaatadaptatie. (2015) . Page Herziene uitgave 2015.
- Lagrouw, V., & van Munnen, P. (2021). KLIMAAT-ROBUUSTE LANDSCHAPPEN ONTWERPEND ONDERZOEK - NAAR EEN GEZONDERE BALANS TUSSEN BODEM, WATER, NATUUR & LANDBOUW. HAS Hogeschool, s'-Hertogenbosch. Geraadpleegd op juni 22 2023, van <https://www.has.nl/media/siimzlx/has-rapport-20210628-klimaat-robuuste-landschappen-gecomprimeerd.pdf>
- Lectoraat Klimaatrobuuste landschappen. (z.d.). (H. G. Academy, Producent) Geraadpleegd op 30 mei 2023, van <https://www.has.nl/onderzoek/lectoraten/lectoraat-klimaatrobuuste-landschappen/>

Natura 2000. (z.d.). Geraadpleegd op 2 april 2023, van <https://www.natura2000.nl/gebieden/noord-brabant>

Nijhof, L. (2020). Kruidenrijk grasland, de nieuwe motor?. Geraadpleegd op 24 mei 2023, van <https://www.greeni.nl/iguana/CMS.MetaDataEditDownload.cls?file=2:147283:1>

Noord-Brabant | natura 2000. (z.d.). <https://www.natura2000.nl/gebieden/noord-brabant>.

Nota handelingsperspectieven watertransitie.(2023) Waterschap de Dommel. Geraadpleegd op 7 april 2023, van https://cuatro.sim-cdn.nl/dommel/uploads/handelingsperspectief_watertransitie.pdf?cb=TDbCF991

Sonneveld, M., & Jongemans, T. (2010). De enkeerdgrond: de meest kenmerkende bodem van Nederland. WUR, Wageningen. 115, 2023, van <https://edepot.wur.nl/156212#:~:text=Enkeerdgronden%20zijn%20de%20oude%20bouwlanden,als%20strooisellaag%20in%20de%20stallen>.

Topotijdreis: 200 jaar topografische kaarten. (z.d.). Geraadpleegd op 20 april 2023, van <https://www.topotijdreis.nl/kaart/1925/@169812,367915,10.33>.

Verdonschot, P. F. M., a Besse, J. De Brouwer, and J. Eekhout. (2012). Beekdalbreed Hermeanderen. Bouwstenen voor de Leidraad voor innovatief beek- en beekdalherstel.

Verdonschot, R., B. Brugmans, I. Barten, and M. Scheepens. (2017). De relatie tussen beschaduwing en de groei van waterplanten in twee beken in Noord-Brabant. H2O online:1–12.

Voedselbos arborealis. (2023). Geraadpleegd op 21 juni 2023, van <https://www.voedselbos.eu>

Waterschap de Dommel. (2014). Projectplan herinrichting Bulder Aa. Deel I: een ontwerp voor natuurlijk water en natte natuur . Waterschap de Dommel, Boxtel. Geraadpleegd op 8 mei 2023, van <https://www.planviewer.nl/imro/>

[files/NL.IMRO.1706.WPBG3037-VAS1/b_NL.IMRO.1706.WPBG3037-VAS1_tb1.pdf](#)

Waterschap de Dommel. (2022). Water als basis voor een toekomstbestendige leefomgeving Waterbeheerprogramma 2022-2027.

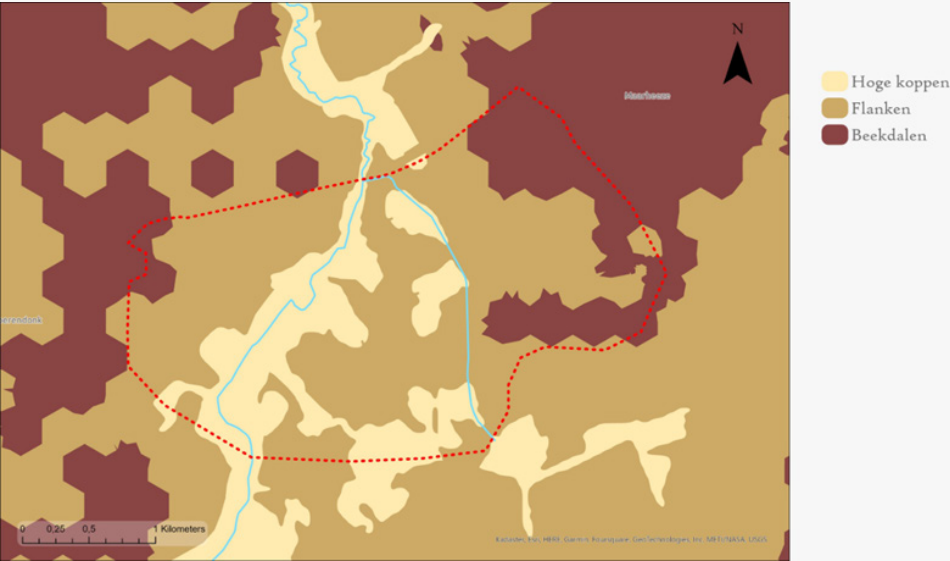
WUR. (z.d.). Geraadpleegd op 1 juni 2023, van <https://legendageomorfologie.wur.nl/>

BIJLAGEN

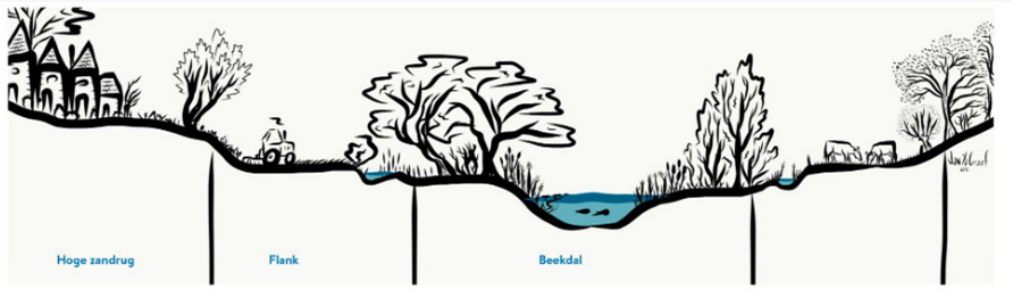


BIJLAGE 1 UITLEG KOPPEN, FLANKEN EN BEEKDAL

Waterschap de Dommel heeft een kaart ontwikkeld waarbij een onderverdeling is gemaakt tussen de hoge koppen, de flanken en de beekdalen (zie figuur 1a). De hoge koppen zijn de gebieden met grondwatertrap acht waar de GHG dieper is dan 140cm onder het maaiveld. De begrenzing van de beekdalen zijn gebaseerd op de “Reserveringsgebieden Waterberging” uit de interim omgevingsverordening Noord-Brabant (2022) gecombineerd met de geomorfologische begrenzing van de beekdalen. De flanken zijn het tussengebied gelegen tussen de hoge koppen en beekdalen.



Figuur 1a. Koppen, flanken, beekdalen, (Waterschap, 2023).



Figuur 1b. Doorsnede koppen, flanken, beekdalen, (Waterschap, 2023).

Tabel 1. Indeling grondwatertrappen (H2O, 2017).

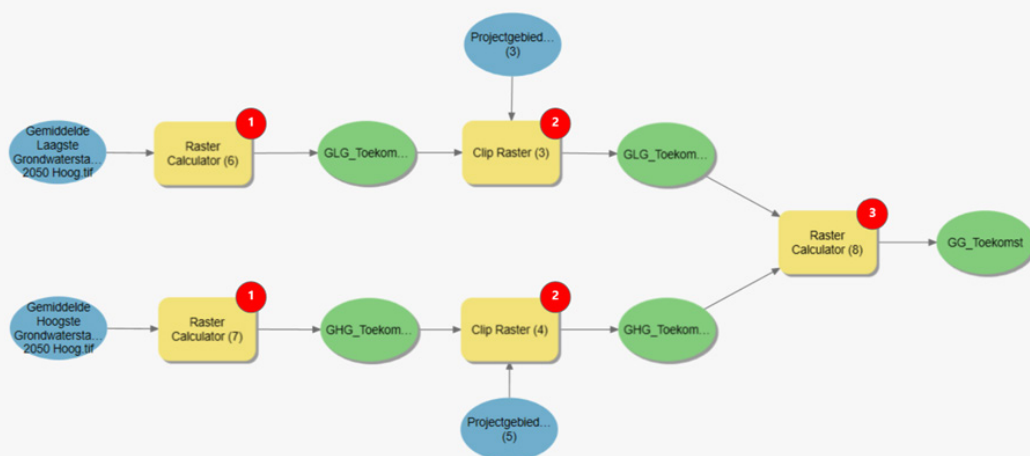
Grondwatertrap	GHG in cm onder maaiveld	GLG in cm onder maaiveld
I	<20	<50
II	<40	50-80
III	<40	80-120
IV	>40	80-120
V	<40	>120
VI	40-80	>120
VII	>80	
VIII	>140	

BIJLAGE 2 VERDROGING/VERNATTING MODEL

In het verdroging/vernassing model wordt de verwachte verandering van 2050 in GLG, GHG en GG inzichtelijk gemaakt voor een gebied.

De eerste stap voor de uitvoering is het downloaden van de benodigde input data en het model. Voor dit model is er data nodig over de gemiddelde laagste grondwaterstand 2050 hoog (Klimaat-effectatlas, 2022) en de gemiddelde hoogste grondwaterstand 2050 hoog (Klimaat-effectatlas, 2021). Deze datalagen kunnen opgevraagd worden bij www.klimaat-effectatlas.nl. Voor meer informatie over deze lagen, zie bijlage 6.

Daarnaast dient er een polygoon gemaakt te worden van het desbetreffende gebied waarop de analyse uitgevoerd wordt. Wanneer het model en de benodigde data in Gis staan dient het huidige projectgebied in het model nog verandert te worden naar het desbetreffende gebied. Hierna kan het model gerund worden met het verwachte verschil in 2050 van de GLG, GHG en GG op basis van het KNMI WH-klimaatsscenario 2050 (KNMI, 2015) als resultaat. In figuur 2.1 is het model getoond, hierbij zijn met rode vakjes de stappen aangegeven.



Analyse stappen

1. Met de "Raster calculator" bij stap 1 wordt de eenheid omgerekend van meters onder het maaiveld naar centimeters onder het maaiveld.
2. Met de "Clip raster" bij stap 2 wordt de kaart geclipt naar het benodigde extent, het projectgebied.
3. Met de "Raster calculator" bij stap 3 wordt de GG berekend. Dit wordt gedaan met de volgende formule:
$$(\text{"GLG_Toekomst"} + \text{"GHG_Toekomst"}) / 2$$

Input data

- Gemiddelde laagste grondwaterstand 2050 hoog
- Gemiddelde hoogste grondwaterstand 2050 hoog
- Projectgebied polygoon

Resultaat

- Verwachte verandering in 2050 van de GLG.
- Verwachte verandering in 2050 van de GHG.
- Verwachte verandering in 2050 van de GG.

Extra informatie

+ = vernatting en - = verdroging

BIJLAGE 3 NATUUR EN LANDBOUW URGENTIE-MODEL

In het landbouw en natuur urgentie-model wordt beide de GLG en GHG gekoppeld per perceel. Bij het natuur model worden de waardes gekoppeld aan de huidige beheertypen. Bij het landbouw model worden de waardes gekoppeld aan de huidige gewaspercelen. Dit model doet naast het koppelen ervan ook de data filteren en opschonen zodat het makkelijk is voor verder gebruik.

De eerste stap voor de uitvoering van het model is het downloaden van de benodigde input data en het model. Voor dit model zijn de volgende datalagen nodig:

- Grondwaterstanden van de GLG in 2005 (Nationaal georegister, 2005)
- Grondwaterstanden van de GHG in 2005 (Nationaal georegister, 2005)
- Toekomstige veranderingen van de grondwaterstanden in 2050 van de GLG en GHG (Klimaat-effectatlas, 2021; Klimaat-effectatlas, 2022)
- Gewaspercelen (Nationaal georegister, 2022)
- Natuurbeheertypen (ArcGIS, 2019)

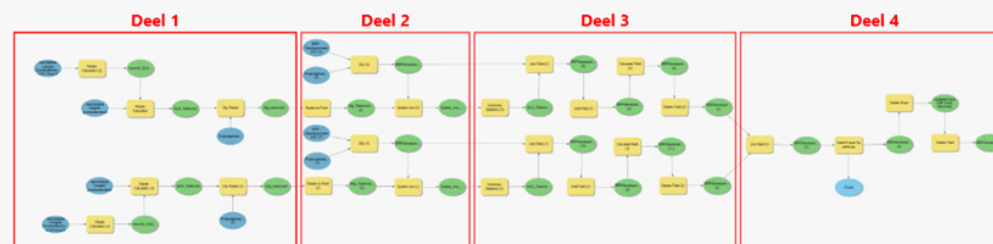
Voor de metadata van deze lagen, zie bijlage 6.

Daarnaast dient er een polygoon gemaakt te worden van het desbetreffende gebied waarop de analyse uitgevoerd wordt. Wanneer het model en de benodigde data in Gis staan dient het huidige projectgebied in het model nog verandert te worden naar het desbetreffende gebied. Hierna kan het model gerund worden.

Het resultaat van het model is een polygonen laag van de gewaspercelen (bij het natuurmodel de beheertypen), hierin staat nu per perceel data over de gemiddelde verwachte GHG en GLG van 2050. Dit ziet er als volgt uit:

	OBJECTID_1 *	Shape *	Shape_Length	Shape_Area	GWS_GEWAS	GHG_Toekomst	GLG_Toekomst
1	1	Polygon Z	470,592419	5036,725114	Grasland, blijvend	56,073261	169,539993
2	2	Polygon Z	380,161972	7121,877587	Mais, snij-	36,601082	189,600087
3	3	Polygon Z	251,436445	3281,047501	Mais, snij-	47,277688	209,855392
4	4	Polygon Z	420,966569	8283,861051	Mais, snij-	29,751022	125,610286
5	5	Polygon Z	194,442605	2017,553067	Grasland, blijvend	51,944355	210,855392
6	6	Polygon Z	451,97954	11849,141137	Tarwe, zomer-	82,289808	218,958251
7	8	Polygon Z	957,482394	40125,281708	Mais, snij-	58,544111	166,899953
8	10	Polygon Z	507,045055	13600,684018	Grasland, blijvend	23,18752	161,510738
9	11	Polygon Z	223,658859	3015,805767	Mais, snij-	77,70797	211,819

Omdat dit model te groot is om visueel goed weer te geven, is het hieronder opgedeeld in vier delen. Zie figuur 3.2 voor de uitwerking van het model, hierbij zijn met rode vakjes de stappen aangegeven.



Figuur 3.1 Overzicht landbouw urgentie-model.

Hiernaast is het landbouw urgentie-model geïllustreerd, het natuur urgentie-model is identiek op de inputdata na. Veel stappen worden dubbel uitgevoerd, dit komt omdat beide GLG en GHG stappen ondernemen voordat ze samengevoegd worden tot één laag.

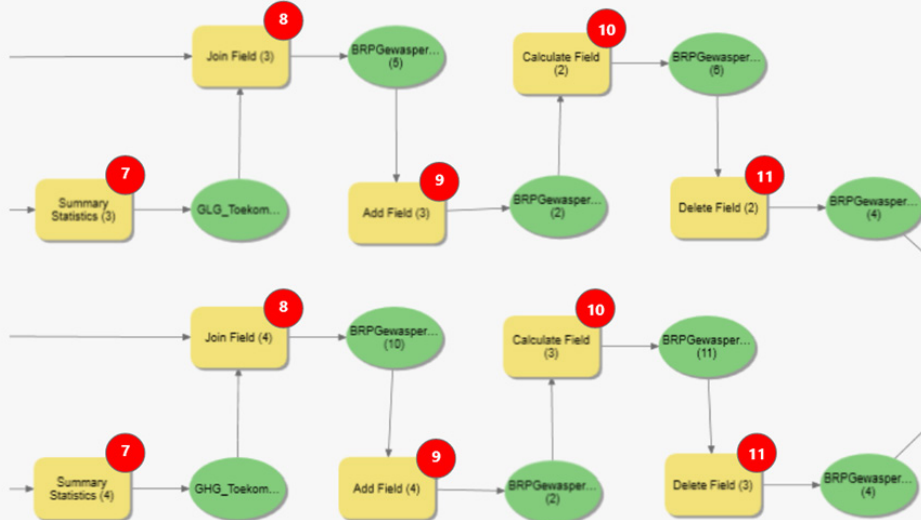
DEEL 1



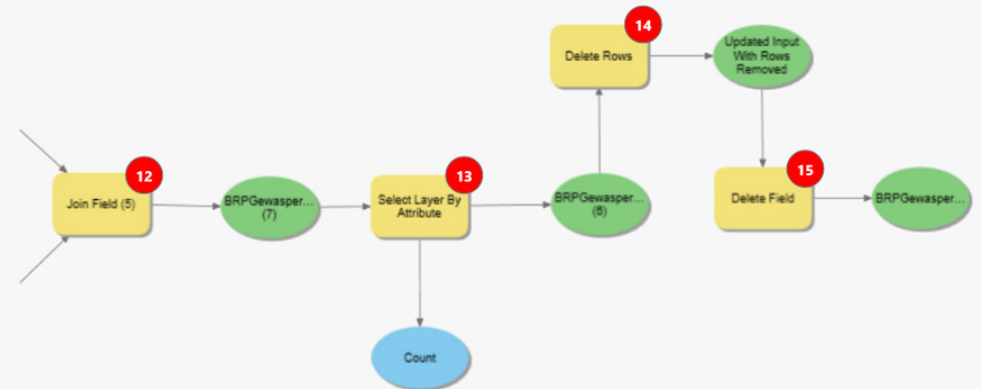
DEEL 2



DEEL 3



DEEL 4



Figuur 3.2. Model landbouw urgentie-model.

Deel 1

1. Met de "Raster calculator" tool wordt de eenheid omgerekend van meters onder het maaiveld naar centimeters onder het maaiveld.
2. Met de "Raster calculator" tool wordt de verwachte verandering in GLG/GHG afgetrokken van de absolute huidige grondwaterstand (2005).
3. Met de "Clip raster" tool wordt de GLG en GHG van de toekomst **geclip**t naar het Projectgebied.

Deel 2

4. Met de "Raster to point" tool wordt de raster omgevormd naar punten. Deze stap is noodzakelijk om de vervolgstappen uit te kunnen voeren.
5. Met de "Clip" tool worden de gewaspercelen **geclip**t naar het projectgebied.
6. Met de "Spatial join" tool worden de punten met data over de toekomstige grondwaterstanden, gekoppeld aan de gewaspercelen. Hierbij is gekozen voor "Join one to many" zodat alle punten meegenomen worden per perceel.

Deel 3

7. Met de "Summary Statistics" tool wordt het gemiddelde berekend van de gekoppelde punten in stap 6 per perceel. De vorm van de laag gaat nu van een polygoon naar een attribuut tabel.
8. Met de "Join field" wordt de gemaakte attribuut tabel in stap 7, toegevoegd aan de gewaspercelen 2021 laag.
9. Met de "Add field" tool wordt er een nieuwe kolom gemaakt genaamd "GLG_toekomst" en "GHG_Toekomst".
10. Met de "Calculate field" tool wordt het lege kolomveld ingevuld met de berekende gemiddelde grondwaterstanden van GLG en GHG.
11. Met de "Delete field" wordt de overbodige dubbele kolom "MEAN_Grid_Code" verwijderd.

Deel 4

12. Met de "Join field" tool worden de twee lagen (GHG en GLG) samengevoegd tot één laag.
13. Met de "Select by attributes" tool worden alle overbodige waarden en de null waarden geselecteerd.
14. Met "Delete rows" worden alle geselecteerde waarden verwijderd uit de laag.
15. Met "Delete field" worden alle overbodige kolommen verwijderd zodat er een overzichtelijke **eindlaag** overblijft.

Input data

- Gemiddelde laagste grondwaterstand 2050 hoog
- Gemiddelde hoogste grondwaterstand 2050 hoog
- Gemiddelde laagste grondwaterstand
- Gemiddelde hoogste grondwaterstand
- Projectgebied polygoon
- BRP - Gewaspercelen 2021
- Beheertypenkaart

Resultaat

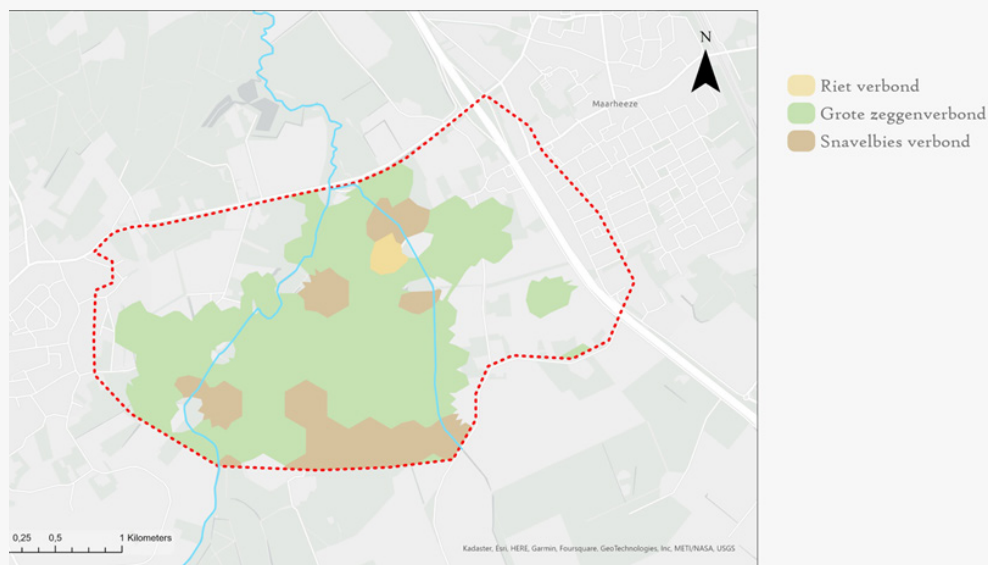
- Gekoppelde GLG en GHG per gewasperceel
- Gekoppelde GLG en GHG per natuurbeheertype

BIJLAGE 4 KANSENANALYSE

DYNAMISCH MOERAS

Dynamisch moeras wordt gekenmerkt door riet vegetaties, het grote zeggenverbond en het snavelbiesverbond. Deze plantgemeenschappen kunnen zich respectievelijk op grondwatertrap één, vier en twee vestigen (figuur 3.3).

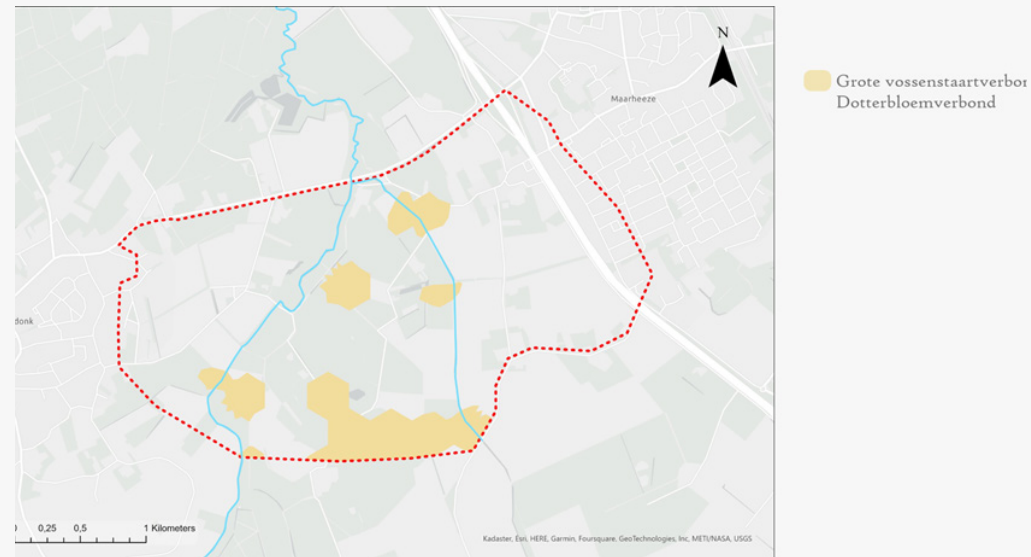
Planten uit het grote rietverbond kunnen zich enkel vestigen op grondwatertrap één, in het toekomstscenario van Waterschap de Dommel is dit slechts één klein gebied. Het Grote zeggenverbond kan zich vrijwel in het gehele projectgebied vestigen.



Figuur 3.3 Kansenkaart voor natuurtype dynamisch moeras.

VOCHTIG HOOILAND

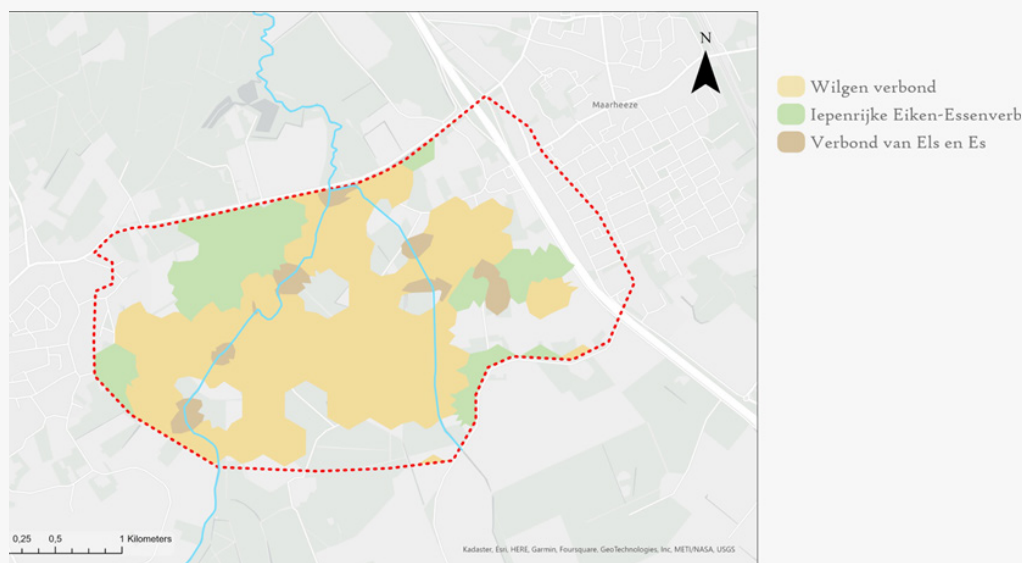
Vochtig hooiland wordt gekenmerkt door het grote vossenstaart- en dotterbloemverbond welke zich beide idealiter in grondwatertrap twee vestigen (figuur 3.4). Enkele gebieden rondom de beken en het Bulder Broek zijn geschikt voor het vestigen van deze plantgemeenschappen.



Figuur 3.4 Kansenkaart voor natuurtype vochtig hooiland.

RIVIER-EN BEEKBEGELEIDEND BOS

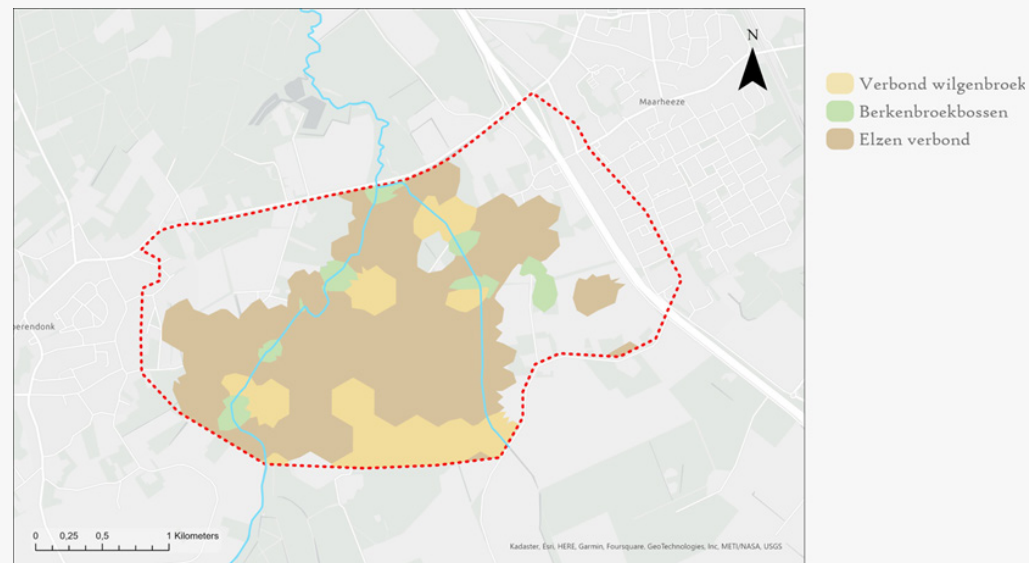
Rivier- en beekbegeleitend bos wordt gekenmerkt door het Wilgen verbond, Iepenrijke Eiken-Essenverbond en het Verbond van Els en Es. Deze kunnen zich respectievelijk vestigen in grondwatertrap vier, zes en drie (figuur 3.3). Het Iepenrijke Eiken-Essenverbond kan zich enkel vestigen op de hoger gelegen flanken van het projectgebied. Het verbond van Els en Es kan zich sporadisch vestigen op plekken rondom de beek. Het merendeel van het projectgebied is geschikt leefgebied voor planten uit het Wilgen verbond.



Figuur 3.5 Kanskaart voor natuurtype rivier- en beekbegeleitend bos.

HOOG- EN LAAGVEEN BOS

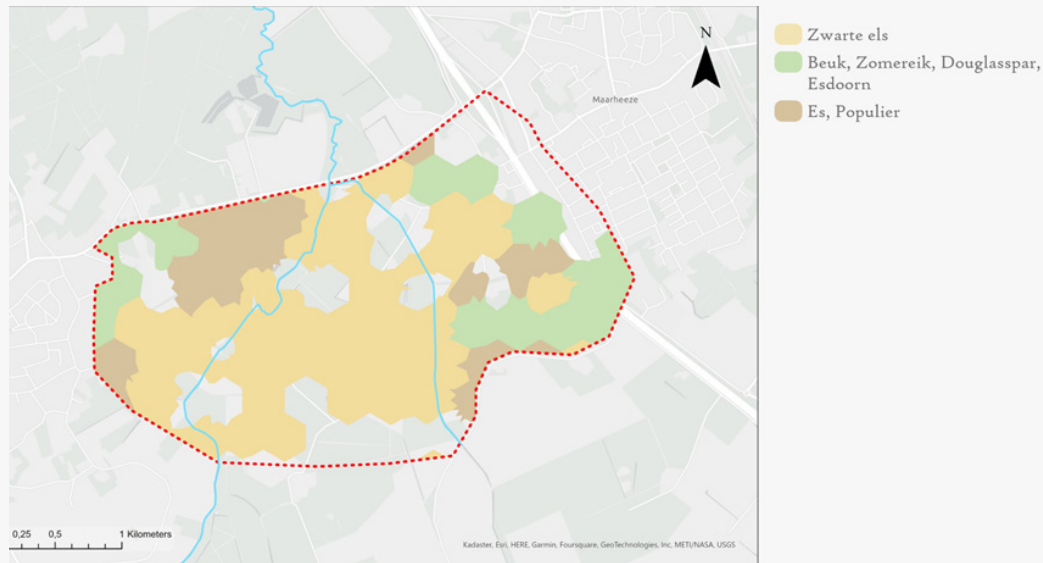
Hoog- en laagveen bos wordt gekenmerkt door het Verbond wilgenbroekstruwelen, Berkenbroekbossen en het Elzen verbond. Deze kunnen zich respectievelijk vestigen in grondwatertrap 2, 4 en 3 (figuur 3.4). Berkenbroekbossen kunnen zich sporadisch vestigen op plekken rondom de beek. Het merendeel van het projectgebied is geschikt leefgebied voor planten uit het Elzenverbond. Het verbond van Wilgenbroekstruwelen kan zich sporadisch vestigen rondom de beken en het Bulder Broek.



Figuur 3.6 Kanskaart voor natuurtype hoog- en laagveenbos.

BOS MET PRODUCTIEFUNCTIE

In het projectgebied zijn verscheidene bossen met productiefunctie aanwezig (paragraaf 2.6). De kansanalyse is tevens uitgevoerd voor de meest voorkomende boomsoorten welke in deze gebieden zijn aangetroffen tijdens de gebiedsbezoeken (figuur 3.5). De zwarte els kan zich in een groot deel van het projectgebied vestigen in grondwatertrap drie. De hoger gelegen flanken in het projectgebied met grondwatertrap zeven zijn geschikt leefgebied voor beuken, eiken, Douglas sparren en esdoorns. Es en populier kunnen zich goed huisvesten in grondwatertrap zes.



Figuur 3.7 Kansenkaart voor natuurtype bos met productie.

BIJLAGE 5 STANDPLAATSVOORWAARDEN NATUUR EN LANDBOUW

Tabel 1. De aanwezige natuurbeheertypen onderverdeeld in plantgemeenschappen/soorten met de bijbehorende grondwaterstand radius.

Hoog en laagveen bos	GHG radius	GLG radius
Elzen verbond	80-108	21-44
berkenbroekbossen	32-73	96-150
Verbond wilgenbroekstruwelen	7-34	59-98
Rivier- en beekbegleitend bos	GHG radius	GLG radius
Wilgenverbond	18-35	71-93
Iepenrijke Eiken-Essenverbond	62-74	126-141
Verbond van Els en Es	48-60	109-124
Dynamisch moeras	GHG radius	GLG radius
Riet verbond	-18-0	29-52
Snavelbies verbond	- 8-0	45-83
Grote zeggen-verbond	19-40	78-108
Vochtig hooiland	GHG radius	GLG radius
Dotterbloem verbond	0-12	49-65
Grote vossenstaartverbond	16-26	68-81
Vochtig bos met productie N16.04/ Vochtig en Hellinghakhout N17.06	GHG radius	GLG radius
Esdoorn	79-103	140-179
Zomereik (<i>Quercus robur</i>)	78-121	147-221
Douglaspasp (<i>Pseudotsuga menziesii</i>)	122-146	220-260
Populier	61-86	121-160
Beuk (<i>Fagus sylvatica</i>)	98-142	168-238
Zwarte Els (<i>Alnus glutinosa</i>)	18-64	78-140
Es (<i>Fraxinus excelsior</i>)	58-86	119-148

Tabel 2. De aanwezige landbouwgewassen met de bijbehorende grondwaterstand radius.

Gewas	GHG radius	GLG radius
Mais	29-55	82-118
Aardappelen	38-75	98-178
Grasland (Engels Raaigras)	13-34	65-86
Tarwe	28-51	84-110
Rogge	39-59	98-124

BIJLAGE 6 METADATA

Naam data laag	Korte beschrijving	Data type	Resolutie	Datum van de bron	Bron
BRO – Geomorfologische kaart (GMM)	Deze dataset geeft informatie over de geomorfologie in Nederland, dit betreft informatie over genese, reliëf en ouderdom, maar ook over de ligging van de dijken. (Bron)	Vector	-	03-04-2023	Nationaal georegister
BRO Bodemkaart (SGM)	De bodemkaart geeft ruimtelijke informatie over de bodemopbouw van Nederland tot globaal 1,2 meter diepte. (Bron)	Vector	-	23-12-2022	Nationaal georegister
AHN3 50cm maaiveld	De hoogtekkaart geeft informatie over het reliëf van Nederland.	Raster	0,05 meter	05-05-2021	ArcGIS
Hydrografie (INSPIRE geharmoniseerd)	Deze dataset geeft informatie over de Hydrografie in het gebied. Deze dataset is gebruikt om het oppervlaktewater in beeld te krijgen.	Vector	-	11-01-2022	Nationaal georegister
Waterschappen oppervlaktewateren IMWA	Deze dataset geeft informatie over de waterbergingsgebieden.	Vector	-	01-01-2017	Nationaal georegister
Inundatie T100 De Dommel	Deze dataset geeft aan op welke locatie inundatie vanuit het watersysteem plaatsvindt bij een T=100 gebeurtenis.	Raster	40 meter	15-12-2021	ArcGIS

BRP-gewaspercelen 2021	Deze dataset geeft informatie over de locatie van alle landbouwpercelen van Nederland, met daaraan gekoppeld het geteelde gewas.	Vector	-	04-10-2022	Nationaal georegister
Beheertypenkaart	Deze dataset geeft informatie over op welke manier de percelen worden beheerd.	Vector	-	01-07-2019	ArcGIS
Gemiddelde laagste grondwaterstand 2005	Deze dataset geeft informatie over de GLG t.o.v. het lokale maaiveld in 2005 van Noord-Brabant.	Raster	25 meter	21-04-2005	Nationaal georegister
Gemiddelde hoogste grondwaterstand 2005	Deze dataset geeft informatie over de GHG t.o.v. het lokale maaiveld in 2005 van Noord-Brabant.	Raster	25 meter	21-04-2005	Nationaal georegister
Gemiddelde laagste grondwaterstand 2050 hoog	Deze dataset laat zien hoe de GLG kan veranderen rond 2050. Deze verandering is gebaseerd op de uitkomsten van het Nationaal Water Model.	Raster	250 meter	20-06-2022	Klimaat-effectatlas
Gemiddelde hoogste grondwaterstand 2050 hoog	Deze dataset laat zien hoe de GHG kan veranderen rond 2050. Deze verandering is gebaseerd op de uitkomsten van het Nationaal Water Model.	Raster	250 meter	04-08-2021	Klimaat-effectatlas
Huidig Watertrappen	Deze dataset bevat de huidige grondwaterstanden van het gebied van Waterschap de Dommel	Vector	-	-	Waterschap de Dommel

Waterschap de Dommel watertrappen scenario	Deze dataset bevat de grondwaterstanden van het gebied van Waterschap de Dommel, op basis van een scenario waarbij de A-watervan- gen met 30 centime- ter worden verhoogd, sloten en greppels worden gedempt en naaldbossen omge- vormd worden naar loofbossen.	Vector	-	-	Waterschap de Dommel
Kwel en infiltratie Huidig	Deze dataset toont waar en in welke mate kwel en wegzijgening plaatsvindt.	Raster	350 meter	22-06-2022	Klimaat-effectatlas
Kwel en infiltratie 2050 Hoog	Deze dataset toont de verwachte toename of afname in kwel en wegzijgening in 2050. Deze verandering is gebaseerd op de uitkomsten van het Nationaal Water Model.	Raster	350 meter	22-06-2022	Klimaat-effectatlas

