RAPPORT

Watertransitie Keersop Midden

Afstudeeronderzoek

Klant: Avans Hogeschool

Referentie: BI5552-MI-RP-230111-0943

Status: Definitief/1.0

Datum: Friday, 27 January 2023

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Postbus 80007
5600 JZ Eindhoven
Mobility & Infrastructure
Trade register number: 56515154

+31 88 348 42 50 **T**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Watertransitie Keersop Midden

Sub titel: Afstudeeronderzoek
Referentie: BI5552-MI-RP-230111-0943
Status: 1.0/Definitief
Datum: Friday, 27 January 2023
Projectnaam: Keersop Midden
Projectnummer: BI5552
Auteur(s): Renate de Horde, Jelle Groenheide

Classificatie
Open

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Gegevens studenten

Studenten:	Renate de Horde en Jelle Groenheide
Studentnummers:	[redacted]
E-mail:	[redacted]

Gegevens school

Opleidingsinstituut:	Avans Hogeschool
Academie:	Academie voor duurzaam gebouwde omgeving
Opleiding:	Civiele techniek
Eerste begeleider:	Frans van Gestel
Tweede begeleider:	Dieuwke Schotanus
Locaties:	’s-Hertogenbosch en Tilburg

Gegevens bedrijf

Naam:	Royal HaskoningDHV
Begeleider:	Onno de Vrind
Locatie:	Eindhoven
Adres:	Larixplein 1

Inleverdatum:	27-01-2023
Versie:	Definitief

Voorwoord

Dit rapport gaat in op watertransitie in plangebied Keersop Midden en is samen met het technisch team van de herinrichting van het beekdal van Keersop Midden opgesteld.

Maandag 29 augustus 2022 zijn wij, Renate de Horde en Jelle Groenheide gestart met ons onderzoek naar watertransitie in het plangebied Keersop Midden bij Royal HaskoningDHV. Dit is het laatste onderdeel van de studie civiele techniek aan Avans Hogeschool en dient als afstudeeronderzoek. Deze opdracht is door Waterschap De Dommel uitgezet samen met het project voor de herinrichting van het beekdal van Keersop Midden.

Onze dank gaat uit naar Royal HaskoningDHV voor de mogelijkheid om bij dit bedrijf af te studeren. Hierbij willen wij graag onze bedrijfsbegeleider [redacted] voor de intensieve, prettige en duidelijke begeleiding bedanken. Van hem hebben wij veel kennis opgedaan tijdens dit traject. Daarnaast willen wij [redacted] bedanken voor de feedback die zij gedurende het traject aan ons gegeven hebben en voor het voorzien van de lessen vanuit school. Ook gaat onze dank uit naar [redacted] en alle andere collega's die voor de inhoudelijke vakkennis zorgden. Niet alleen Royal HaskoningDHV, maar ook Waterschap De Dommel heeft ons geholpen bij het uitvoeren van het onderzoek.

Wij wensen u veel leesplezier toe

Met vriendelijke groet,

Renate de Horde en Jelle Groenheide

Dit onderzoeksrapport is door afstudeerstudenten aan Avans Hogeschool opgezet. Voor besluitvorming dient eventueel nog een nieuwe versie van dit rapport opgesteld te worden.

Samenvatting

In opdracht van Waterschap De Dommel en Royal HaskoningDHV is dit rapport in samenwerking met technisch team van de herinrichting van het beekdal de Keersop Midden opgezet als aanvulling op watertransitie in plangebied Keersop Midden.

Het watersysteem van de Keersop is door de jaren heen erg veranderd. Het van nature natte, drassige landschap is aan de oostzijde ingeruild voor een intensief landbouwgebied en aan de westzijde is het bebouwde gebied in omvang toegenomen. Door de jaren heen is het vroegere watersysteem aangepast en afgestemd op functies zoals landbouw en wonen. Zonder deze aanpassingen zouden sommige stukken land nu veel natter en drassiger zijn. Klimaatverandering heeft ertoe geleidt dat het vaker droog en warm is en dat neerslag frequenter in extremere vormen valt.

Op basis van een waterbalans is vastgesteld dat drogere weersomstandigheden met minder neerslag en meer verdamping de (grond)waterstand negatief beïnvloeden. Uit een peilbuizenanalyse blijkt dat er een dalende trend is in de grondwaterstand. De dalende grondwaterstand uit zich onder andere in het droogvallen van de beek tijdens droge zomers.

De onderzoeksvraag die de problematiek moet aanpakken en die bij dit onderzoek hoort is: *Hoe kan op basis van het waterbeheerprogramma van waterschap de Dommel de huidige problematiek omtrent wateroverlast en droogte in het beekdal tussen de waterscheiding van de Run en de waterscheiding van de Dommel aangepakt worden om tot een klimaatbestendig en waterrobuust systeem te komen?*

Het waterbeheerprogramma biedt een breed scala aan potentiële maatregelen om dit probleem aan te pakken. Dit onderzoek is erop gericht om vast te stellen wat de meest passende maatregelen zijn voor de problematiek in dit plangebied.

Dit onderzoek richt zich op de flanken en hoge zandruggen in het gebied. Uiteindelijk moet de implementatie van de maatregelen ervoor zorgen dat de bodem voldoende vochtig is om periodes van droogte en (extreme) neerslag op te vangen. De maatregelen die nader zijn onderzocht, zijn gebaseerd op efficiëntere beregening, wijziging van landgebruik, infiltratie van water aangevoerd uit kanaal Bocholt-Herentals, regenwater vasthouden, inzetten op infiltratie door afkoppeling en klimaatbuffers. De maatregelen zijn door een afwegingsmatrix gehaald waar ze getoetst worden op kosten, draagvlak, haalbaarheid en efficiëntie. In bebouwd gebied worden al meerdere maatregelen autonoom gerealiseerd.

Zonder aanpassingen in de landbouwcultuur (transitie) is een duurzame aanpassing in het waterbeheersysteem in het buitengebied niet haalbaar. Ondanks dat er meerdere maatregelen beschikbaar zijn, is de implementatie niet mogelijk zonder de medewerking van boeren. Er bestaat dus een grote afhankelijkheid van landbouwtransitie. Draagvlak speelt een significante rol in het behalen van succes.

Het is belangrijk dat maatregelen worden geïmplementeerd om de grondwaterstand beter te reguleren zodat het onderzoeksgebied beter klimaatbestendig wordt en landbouw op een toekomstbestendige wijze voortgezet kan worden. Het is mogelijk om een evenwichtig en genuanceerd pakket van maatregelen te nemen.

Voor bodemverbetering (3a) in landelijk gebied en een bescheiden klimaatbuffer in bebouwd gebied (5b) bestaat redelijk draagvlak en bovendien zijn ze effectief en vragen ze om geringe investeringen. De effecten van de klimaatbuffer zullen vrij direct zijn, het effect van bodemverbetering kost meer tijd.

Maatregelen 2b en 3b worden in feite met één investering in stuwen gerealiseerd. Deze maatregelen hebben een sterke invloed op de vernatting van de bodem maar hebben als voordeel dat met deze stuwen het waterschap een essentieel instrument krijgt voor grondwaterstand beheersing.

Het is belangrijk dat het waterschap actief gaat werken aan het draagvlak voor de maatregelen in het buitengebied door in gesprek te gaan en blijven met betrokken agrariërs. Hierbij kan het waterschap een adviserende rol nemen op het gebied van realisatie en eventueel beschikbare subsidies.

Tot slot, al deze adviezen hebben geen waarde zonder enthousiasme en bereidbaarheid van de betrokkenen in het plangebied. Uitleg over de langdurige effecten hiervan op het plangebied en met nadruk op voordelen hiervan voor de betrokkenen moet dit plan de eerlijke kans kunnen geven die het nodig heeft.

Inhoud

Voorwoord iii

Samenvatting iv

1 Inleiding 1

1.1 Aanleiding 1

1.2 Relatie met beekdalherstel 2

1.3 Doelstelling 2

1.4 Onderzoeksvragen 2

1.5 Sustainable Development Goals 3

1.6 Onderzoeksmethodiek 3

1.7 Leeswijzer 4

2 Theoretisch Kader 5

2.1 Verantwoordelijkheden in watertransitie 5

2.2 Waterbeheerprogramma 2022-2027 6

2.2.1 Drie principes 6

2.2.2 Bouwstenen 6

2.2.3 Programma's 7

2.3 Visie Gemeente Bergeijk 8

3 Hoofdstuk 3 Situatieschets 9

3.1 Ontstaan watersysteem Keersop 9

3.2 Watersysteem 10

3.3 Analyse knelpunten 12

3.3.1 Waterbalans 13

3.3.2 Peilbuisanalyse 13

3.3.3 Kwel en grondwatergebruik 15

3.4 Problematiek 15

4 Inzet flanken en hoge zandruggen 17

4.1 Doel van de maatregelen 17

4.2 Maatregelen 18

4.2.1 Type maatregelen 18

4.2.2 Landelijk gebied 18

4.2.3 Stedelijk gebied 22

4.3 Kanseninzicht 25

4.4 Afwegingen 27

5 Landbouwtransitie 29
5.1 Mogelijkheden landbouwtransitie 29
5.1.1 Biologische landbouw 29
5.1.2 Natuurinclusieve landbouw 30
5.1.3 Natte landbouw en Paludicultuur 31
5.2 Stimulatie en steun 32
6 Conclusies 33
7 Adviezen 33
Literatuurlijst 35

Tabellen

Tabel 1: Waterbalans 2014 13
Tabel 2: Waterbalans 2018 13
Tabel 3: Bergingsgrootte 24
Tabel 4: Legenda afweging 27
Tabel 5: Afweging 28
Tabel 6: Gegevens waterbalans 6
Tabel 7: Waterbalans resultaten 2014 7
Tabel 8: Waterbalans resultaten 2018 7
Tabel 9: Weergave verdamping 2018 (blauw) 2021 (groen) (KNMI, n.d.) 11
Tabel 10: Afstanden en hoogtes dwarsprofiel 1 17
Tabel 11: Dwarsprofiel bij Bergeijk 19
Tabel 12: Afweging matrix 58

Figuren

Figuur 1: Plangebied(Google Maps, n.d.) 1
Figuur 2: Dwarsdoorsnede Hoge zandrug, flank, beekdal (Waterschap de Dommel, 2022) 6
Figuur 3: Gebied Keersop Midden(Toponiemen, n.d.) 11
Figuur 4: Stuw Westerhoven 12
Figuur 5: Peilbuizen grondwaterstand 14
Figuur 6: Grafiek peilbuismeting 2 Molenbeemd 14
Figuur 7: Huidig watersysteem(Talsma, 2020) 15
Figuur 8:(Talsma, 2020) 17

Figuur 9: Irrigatielandbouw 19
Figuur 10: Infiltratie kanaalwater d.m.v. vijvers 20
Figuur 11: Bodemverbetering 21
Figuur 12: Water vasthouden door middel van stuwen 22
Figuur 13: Infiltratie openbare ruimte 23
Figuur 14: Klimaatbuffer 25
Figuur 15: Kansenkaart 26
Figuur 16: SDG's 2
Figuur 17: SDG's afstudeeronderzoek 3
Figuur 18: Oppervlakte waterbalans 6
Figuur 19 locatie dwarsprofiel 15
Figuur 20: Dwarsprofiel 1 16
Figuur 21: Dwarsprofiel 2 16
Figuur 22: Overzichtskaart punten. Bron: (HydroNET Portal - Applications - HydroView, n.d.-b)21
Figuur 23: Locaties peilbuismetingen 29
Figuur 24 infiltratiekratten, bron: (Alles over Infiltratiekratten | Rockflow, n.d.) 40
Figuur 25 IT-riool, Bron: Omgekeerde Drainage/IT-Riool, n.d.) 40
Figuur 26 (deel)gebied Bergeijk 44
Figuur 27: Kansenkaart 78
Figuur 28: Efficiënter bewateren 79
Figuur 29: Infiltratie kanaal water 79
Figuur 30: Regenwater vasthouden d.m.v. bodemverbetering 80
Figuur 31: Regenwater vasthouden d.m.v. een stuw 80
Figuur 32: Afkoppeling tuinen 81
Figuur 33: Klimaatbuffer 81

Bijlagen

Sustainable Development Goals
A1 Sustainable Development Goals
Waterbalans
A2 Waterbalans
A2.1 Redenatie waterbalans
A2.2 Gegevens waterbalans
A2.3 Oppervlak bepalen
A2.4 Neerslag en verdamping

A2.5 Resultaten waterbalans
Achtergrondinformatie situatieschets
A3 Achtergrondinformatie situatieschets
A3.1 Overschot aan nutriënten in kwelwater
A3.2 KNMI Neerslag en verdampingsweergave
A3.3 Grondwateronttrekking
A3.4 Water aan- en afvoer
A3.5 Klimaatverandering
Grondwater
A4 Grondwater
A4.1 Dwarsprofielen
A4.2 Grondwaterstanden
Maatregel mogelijkheden
A5 Maatregelen landelijk gebied
Maatregel mogelijkheden
A6 Maatregelen stedelijk gebied
A6.1 Maatregelen particulieren kunnen nemen:
A6.2 Maatregelen die gemeente Bergeijk kan nemen:
A6.3 Maatregelen die Waterschap De Dommel kunnen nemen:
Afweging matrix
A7 Afweging matrix
A7.1 Parameters voor afweging
A7.1.1 Kosten
A7.1.2 Draagvlak
A7.1.3 Effectiviteit
A7.1.4 Haalbaarheid
A7.2 Scenario’s
A7.3 Afweging matrix
A7.3.1 Maatregel 1a
A7.3.2 Maatregel 2a
A7.3.3 Maatregel 2b
A7.3.4 Maatregel 3a
A7.3.5 Maatregel 3b
A7.3.6 Maatregel 4a en 4b
A7.3.7 Maatregel 5
A7.3.8 Maatregel 5a

A7.3.9 Maatregel 5b
A7.3.10 Maatregel 5c
A7.3.11 Maatregel 5d

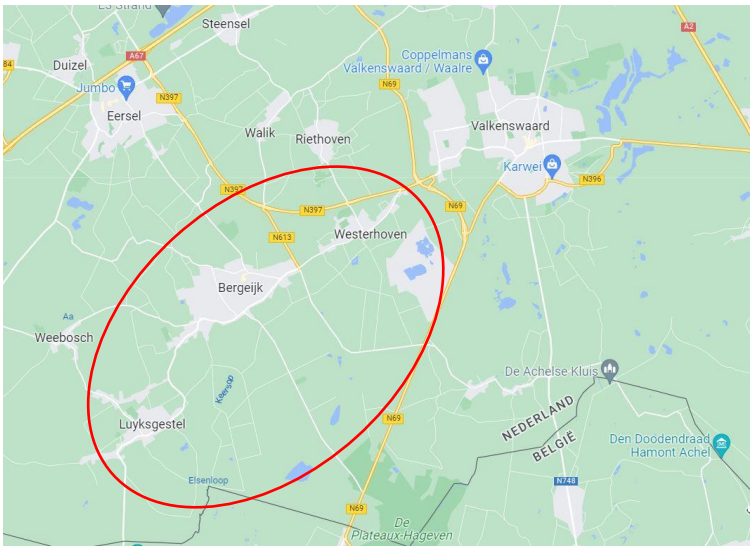
1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Hete droge zomers met hevige (piek)buien en verdroging tot gevolg, dit zijn weersomstandigheden die tegenwoordig voor de Nederlandse burgers niet geheel onbekend zijn. Extreme weersomstandigheden komen tegenwoordig steeds vaker voor door klimaatverandering. De huidige aanpak van waterhuishouding[1] en het daarbij behorende watersysteem[2] werkt niet goed meer voor de huidige situatie. In het geval van hevige neerslag valt er simpelweg te veel neerslag voor het huidige systeem om dit op te vangen en wordt er te weinig water vastgehouden om periodes van droogte goed te kunnen overbruggen. Het grondwaterpeil zakt en de neerslag die valt kan het systeem niet meer (snel) genoeg aanvullen. Daling van de grondwaterstand zorgt voor verdroging in tijden van langdurige hitte en droogte en de huidige waterhuishouding zorgt voor (veel) wateroverlast bij (extreme) neerslag (KNMI, 2016).

In het plangebied bevindt zich de beek Keersop, welke door verschillende Natura2000 gebieden loopt. In vergelijking met andere beken is deze door de jaren heen relatief ongemoeid gelaten. De Keersop staat in verbinding met verschillende beken welke onderdeel zijn van een netwerk die in het Kempens Plateau afwatert. Om ervoor te zorgen dat het gebied toekomstbestendig wordt is de provincie Noord-Brabant in 2009 gestart om samen met een grote hoeveelheid partijen de leefbaarheid rond de N69 tussen Hasselt en Eindhoven te verbeteren en het systeem te versterken. Binnen het deelgebied van de Keersop is voor verschillende categorieën (water, natuur, landbouw, landschap en recreatie) gekeken naar wat er verbeterd zou moeten en kunnen worden. Dit is verwoord in een integraal schetsontwerp en uitvoeringsprogramma (Vrind, 2017).

Waterschap De Dommel voert de maatregelen die hierin opgenomen zijn uit. De piekafvoersituatie in de zomer van 2016 en de daaropvolgende droge jaren 2018, 2019 en 2020 vragen echter om bijsturing van het plan. Het bestuur van het waterschap heeft daarom gevraagd om naast de maatregelen zoals opgenomen in het uitvoeringsprogramma extra te focussen op het treffen van maatregelen om het systeem klimaatbestendig en waterrobuust te maken (watertransitie).



Dit onderzoek richt zich op de versterking van het watersysteem tussen de waterscheiding van de Run en de waterscheiding van de Dommel ter hoogte van Keersop Midden en de bovenlopen, met als Noordelijke grens de N397. In Figuur 1 is de locatie weergegeven. Het project gebied ligt ten zuiden van Eindhoven en is in het rood omcirkeld.

In het omcirkelde gebied van Figuur 1 liggen de volgende dorpen: Bergeijk, Westerhoven en Luyksgestel. Deze dorpen vallen onder de Gemeente Bergeijk.

*Figuur 1: Plangebied(*Google Maps*, n.d.)*

[1] *Hoe water in een bepaald gebied wordt gebruikt, verbruikt en afgevoerd.*
[2] *Het geheel van oppervlaktewater, grondwater en andere elementen die samenhangen met het water.*

1.2 Relatie met beekdalherstel

Het onderzoek vormt een aanvulling op het project van de herinrichting van het beekdal in plangebied Keersop Midden. Binnen dit project worden de omstandigheden in de beek verbeterd (KRW [3] en Natura2000), wordt het overige deel van het natuurnetwerk (NNB) gelegen binnen het beekdal gerealiseerd en worden hiervoor de juiste hydrologische condities gecreëerd (NNP).

Dit onderzoek richt zich op watertransitie, specifiek op de flanken en hoge zandruggen, die naast de beekdalen van de Keersop en de Beekloop gelegen zijn. Samen met de beekdalontwikkeling ontstaan er mogelijkheden om het gehele gebied een impuls te geven, zodat het gehele systeem klimaatbestendig en waterrobuust wordt.

1.3 Doelstelling

Het doel van dit onderzoek is om een vertaling te maken van het waterbeheerprogramma 2022-2027 van Waterschap De Dommel naar concrete afweegbare maatregelen voor het gebied zoals hierboven beschreven. Deze maatregelen worden voorgelegd aan het bestuur van het waterschap en de provincie Noord-Brabant. Bij het behalen van dit doel is het secundaire doel om de eisen en wensen van stakeholders die hier groot belang bij hebben in kaart te brengen en om deze waar mogelijk op te nemen in de eindkeuzes. Daarnaast heeft dit document als secundair doel om de impact van waterproblematiek inzichtelijk te krijgen en om hier passende maatregelen bij te vormen.

1.4 Onderzoeksvragen

De onderzoeksvraag passend bij het doel is:

Hoe kan op basis van het waterbeheerprogramma van Waterschap de Dommel de huidige problematiek omtrent wateroverlast en droogte in het beekdal tussen de waterscheiding van de Run en de waterscheiding van de Dommel aangepakt worden om tot een klimaatbestendig en waterrobuust systeem te komen?

De deelvragen die zijn opgesteld om tot het antwoord op deze vraag te komen zijn:

1. Hoe ziet de huidige situatie van het plangebied[4] eruit op gebied van water, natuur, landbouw en waterveiligheid?
    a. Hoe is de huidige situatie veranderd door de jaren heen?
    b. Hoe is de problematiek omtrent water ontstaan en wat is de invloed van klimaatverandering hierop geweest?
2. Hoe kunnen natuur en landbouw ingezet worden om wateroverlast en droogte in landelijk gebied te voorkomen waarbij de wensen van stakeholders in acht worden genomen en wat voor invloed heeft dit op de huidige manier van landbouw?
3. Hoe kan het stedelijk gebied ingezet worden om wateroverlast en droogte in stedelijk gebied te voorkomen waarbij de wensen van stakeholders in acht worden genomen?
4. Wat zijn de afwegingen die gemaakt moeten worden om tot rendabele maatregelen voor het plangebied te komen?
    a. Welke duurzame maatregelen en oplossingen zijn passend voor het plangebied van dit onderzoek in het landelijk gebied?
    b. Welke duurzame maatregelen en oplossingen zijn passend voor het plangebied van dit onderzoek in het stedelijk gebied?
5. Welke duurzame maatregelen en oplossingen zijn passend voor het plangebied van dit onderzoek voor de beek de Keersop zelf?
6. Hoe vertalen de duurzame maatregelen zich naar een ontwerp voor het plangebied?

[3] *Kader Richtlijnwater*
[4] *Het gebied van het project*

1.5 Sustainable Development Goals

Avans Hogeschool en Royal HaskoningDHV hechten waarde aan verduurzaming. De sustainable development goals bieden handvaten op welke wijze dit bereikt kan worden. Dit onderzoek draagt aan het bereiken van de doelen door inzichten te bieden in het huidige watersysteem in Nederland en de knelpunten hiervan. Daarbij biedt geeft dit document ook oplossingen om het watersysteem klimaatbestendiger en water robuuster te maken.

De visie van dit document is om waar mogelijk ecologische, duurzame, waterrobuuste en klimaatbestendige maatregelen te treffen om zo het watersysteem van plangebied Keersop Midden te versterken. Door de aanpak met een duurzame insteek draagt dit onderzoek bij aan het naleven van de Sustainable Development Goals (SDG's) en biedt het mogelijkheden voor de implementatie van een toekomstbestendige en water robuuste waterhuishouding. Een uitgebreide toelichting van de SDG's die in dit onderzoek van toepassing zijn is te vinden in bijlage Sustainable Development Goals.

Dit onderzoek draagt bij aan het bereiken van de SDG's. Omdat de SDG's erg uiteenlopend zijn en er op veel vlakken ruimte is voor verbetering, is de keuze gemaakt om het onderzoek te richten op twee doelen namelijk:

"Doel 6: Schoon water en sanitair" - (*Over SDG Nederland - SDG Nederland*, n.d.)
"Doel 12: Verantwoorde consumptie en productie" - (*Over SDG Nederland - SDG Nederland*, n.d.)

1.6 Onderzoeksmethodiek

- Literatuuronderzoek: Deelvragen 1, 2 en 3
  - Deze deelvragen richten zich op de beschrijving van de situatie en zijn verkennend. Er wordt hier gezocht naar de huidige situatie, de verandering van de situatie door de jaren heen, de problematiek en de oplossingsmogelijkheden om deze problemen aan te pakken.
- Locatiebezoek: Deelvraag 1
  - Deze deelvraag richt zich op hoe het plangebied door de jaren heen is veranderd en hoe de huidige situatie is. Het is dus een beschrijvende vraag. Om een duidelijk beeld te kunnen vormen van het gebied is een locatiebezoek cruciaal.
- Interviews afnemen: Deelvragen 2, 3 en 4
  - Deelvragen 2 en 3 zijn verkennend, er wordt hierbij gezocht naar mogelijkheden. Om ervoor te zorgen dat belanghebbenden zich gehoord en betrokken voelen is het belangrijk dat er ook geluisterd wordt naar wat zij te zeggen hebben. Een interview afnemen met deze groepen kan daarbij helpen.
  - Daarnaast moeten er interviews afgenomen worden om vast te stellen welke afwegingen er gemaakt moeten worden om tot de meest geschikte maatregelen voor het gebied te komen. Hierbij zijn het Waterschap De Dommel en Royal HaskoningDHV bij betrokken. Dit hoort bij deelvraag 4.
- Afwegingen maken: Deelvragen 4 en 5
  - Deelvragen 4 en 5 zijn toetsend. Hierbij wordt er gekeken naar welke afwegingen er gemaakt moeten worden om tot de meest passende maatregelen voor het gebied te komen. Om dit te bereiken wordt een afwegingsmatrix opgesteld en ingevuld.
- Ontwerpen: Deelvraag 6
  - Deelvraag 6 is toetsend. Hierbij worden keuzes gemaakt over de afwegingen en welke maatregelen het beste passen aan de hand van een afwegingmatrix. Uiteindelijk komen de maatregelen in een kansenkaart waar de dwarsdoorsnedes zelf getekend worden in een schetsontwerp.

1.7 Leeswijzer

In ieder hoofdstuk zijn omkaderde stukken tekst te vinden. Deze geven de essentie van een paragraaf en/of hoofdstuk weer.

Het document vangt aan met het theoretisch kader waarin verantwoordelijkheden van waterschappen, gemeenten en particulieren worden omschreven. Daarnaast staan ook de uitgangspunten van het waterbeheerprogramma 2022-2027 van Waterschap De Dommel, de visie van de Gemeente Bergeijk en een beknopte samenvatting van het vooronderzoek in dit hoofdstuk. Deze dienen als ondergrond voor het onderzoek.

Vervolgens is in hoofdstuk 3 de situatieschets te vinden. Dit hoofdstuk biedt inzichten in hoe het plangebied en het daarbij behorende watersysteem is ontstaan, hoe het watersysteem werkt en welke problematiek er door de jaren heen is ontwikkeld in plangebied Keersop Midden.

Hoofdstuk 4 zoomt in op de mogelijkheden die bestaan om de waterproblematiek op te lossen. Het hoofdstuk vangt aan met de doelstelling van de maatregelen, waarna een opsomming van mogelijke maatregelen die toepasbaar zijn volgt. Er is onderscheid gemaakt tussen maatregelen die voornamelijk toepasbaar zijn in landelijk gebied en maatregelen die voornamelijk toepasbaar zijn in bebouwd gebied. De opvolgende paragraaf geeft weer welke type maatregelen uit al deze mogelijkheden komen rollen en hoe en waar deze in het plangebied geplaatst zijn. Hoofdstuk 4 sluit af met een afweging waarin de maatregelen gescoord worden op kosten, efficiëntie, haalbaarheid en draagvlak.

Omdat de implementatie van maatregelen vaak erg ingrijpend is voor de huidige situatie en dit mogelijk negatieve effecten kan hebben voor landbouw ondernemers, staat hoofdstuk 5 in het teken van landbouwtransitie. Het hoofdstuk geeft weer welke mogelijkheden er zijn om op een andere manier landbouw toe te passen in het plangebied en welke ondersteuning er is vanuit overheden en andere partijen. Het onderzoek sluit af met het hoofdstuk conclusies en adviezen. In de conclusie wordt antwoord gegeven op de onderzoeksvraag en in het advies zijn de aanbevelingen voor het bestuur van project Keersop Midden te vinden.

2 Theoretisch Kader

Het hoofdstuk theoretisch kader dient ervoor om de theorieën, ideeën en modellen die voor dit onderzoek gebruikt zijn te beschrijven.

Hoofdstuk 2 vangt aan met het in kaart brengen van de verantwoordelijkheden van verschillende betrokken partijen, de focus ligt op Waterschap De Dommel, Gemeente Bergeijk en particulieren/perceeleigenaren. Hierin wordt beknopt toegelicht wat watertransitie inhoudt en hoe verschillende partijen verantwoordelijkheid dragen om watertransitie op te pakken. Vervolgens wordt het waterbeheerprogramma 2022-2027 (Waterschap de Dommel, 2022) toegelicht en staat omschreven hoe het betrekking heeft tot dit onderzoek. Hierna volgt een toelichting van de visie die de Gemeente Bergeijk heeft om bij te dragen aan watertransitie. Het hoofdstuk sluit af met een samenvatting van het vooronderzoek.

2.1 Verantwoordelijkheden in watertransitie

Met watertransitie wordt bedoeld, de overgang van een systeem gericht op water afvoeren naar een klimaatbestendig en waterrobuust watersysteem gericht op balans tussen water vasthouden en afvoeren. Dit vergt een watersysteem dat op een andere manier ingericht en beheerd wordt dan nu het geval is (Drinkwaterplatform, 2021).

Verschillende partijen hebben de verantwoordelijkheid en zorg over het water. In dit onderzoek staan het Waterschap de Dommel, Gemeente Bergeijk en perceeleigenaren centraal. Ieder van deze partijen hebben hun eigen bevoegdheden en verplichtingen over het water, deze zijn opgenomen in wetgeving en beleid. Navolgend wordt hier nader op ingegaan.

Waterschap De Dommel
In het waterbeheerprogramma staan de visie en maatregelen voor het operationele regionale waterbeheer, waarvoor het Waterschap de Dommel verantwoordelijk is. Het waterschap zorgt voor schoon, voldoende, veilig en mooi water. Voor het zuiveren van stedelijk afvalwater heeft het waterschap een zorgplicht. Verder heeft het waterschap het recht om water vanuit de RWZI (rioolwaterzuiveringsinstallatie) te lozen op het oppervlaktewater. Ook heeft het waterschap soms een adviserende rol naar gemeentes toe. Het waterschap beheert de regionale wateren en keringen. Verder levert het waterschap vergunningen aan derden en houdt het toezicht in eigen beheergebied op infiltraties en grondwateronttrekkingen (van Dongen-Hermans & Callewaert-de Groot, 2019).

Gemeente
De gemeente heeft 3 belangrijke zorgplichten voor het stedelijk waterbeheer:
- Het inzamelen en transporteren van afvalwater.
- Het verwerken en inzamelen van hemelwater wat perceeleigenaren niet zelf kunnen verwerken.
- Ervoor zorgen dat de grondwaterstand op peil blijft en het zo min mogelijk nadelige invloed heeft op de omgeving.

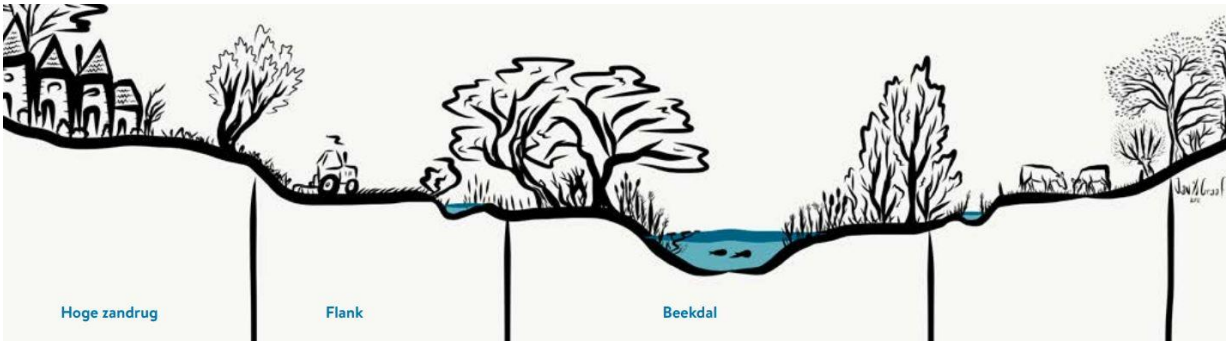
Verder staat er in de wet dat gemeente transparant moet zijn over ondergrondse netwerken en de gegevens hiervan openbaar zijn. Om klimaatbewuster en gerichter om te gaan met klimaatadaptatie, wordt verwacht dat de gemeente een klimaatadaptatiestrategie opstelt. Het watergedeelte staat in de VGRP (Verbreed Gemeentelijk Rioleringsplan) uitgewerkt (van Dongen-Hermans & Callewaert-de Groot, 2019).

Perceeleigenaar
Perceeleigenaar zijn zelf verantwoordelijk voor het inzamelen van het afvalwater en hemelwater op je eigen perceel tot aan de erfgrens. Als er een situatie optreedt waarbij dit niet haalbaar is, springt de gemeente of waterschap bij (van Dongen-Hermans & Callewaert-de Groot, 2019).

2.2 Waterbeheerprogramma 2022-2027

In de zomer van 2016 heeft het bestuur van Waterschap de Dommel het programma 'Leven de Dommel' opgesteld. Het document is opgesteld naar aanleiding van de wateroverlast van de zomer van 2016.

Er wordt een waterbeheerprogramma opgesteld voor een periode van 5 jaar. De invulling van waterbeheerprogramma 2022-2027 (Waterschap de Dommel, 2022) is naar aanleiding van de extreme weersomstandigheden in de periode van 2016 t/m 2020. Dit is een beleid waarin te vinden is wat de ambities van Waterschap De Dommel zijn wat betreft watertransitie en toekomstbestendige waterhuishouding. Het waterbeheerprogramma is veelzijdig, wat in dit geval betekend dat het programma niet enkel gericht is op de beekdalen, maar ook op de flanken, hoge zandruggen en bebouwd gebied, zie Figuur 2. Dit zijn gebieden die hoger gelegen zijn dan het laagste punt tussen twee waterscheidingen[5]. Deze paragraaf geeft een beknopte samenvatting van de belangrijkste punten die in het waterbeheerprogramma voorkomen.



Figuur 2: Dwarsdoorsnede Hoge zandrug, flank, beekdal (Waterschap de Dommel, 2022)

2.2.1 Drie principes

Het waterbeheerprogramma en daarmee de watertransitie wordt op basis van drie principes gestuurd (Waterschap de Dommel, 2022):

- Elke druppel vasthouden en infiltreren waar deze valt
  - Water moet meer geïnfiltreerd worden en minder afgevoerd worden. Het vasthouden van water draagt bij aan het ontwikkelen van vitale bodems en een klimaatrobuust watersysteem.
  - Natuurgebieden functioneren als een spons, water dat valt neemt de bodem op.
- Functies passen zich aan het bodem- en watersysteem aan
  - De belangrijkste conclusie van dit punt is dat het gebruik afgestemd wordt op het peil. Het principe is dan ook dat het gebruik het peil volgt en niet andersom. Dit houdt in dat er rekening gehouden dient te worden met de condities van het toekomstbestendige watersysteem.
- Wat schoon is moet schoon blijven
  - In het algemeen geldt dat alle gebruikers van het water verantwoordelijk zijn voor een goede waterkwaliteit. Iedere groep draagt op haar eigen manier verantwoordelijkheid hierin.

2.2.2 Bouwstenen

De bouwstenen die horen bij het realiseren van een klimaatrobuust en waterbestendige leefomgeving en watersysteem zijn (Waterschap de Dommel, 2022). De meest relevante bouwstenen voor dit onderzoek voor Keersop Midden zijn:

[5] *Grens tussen twee stroomgebieden*

- *Beheer en onderhoud* dat bijdraagt aan het watersysteem draagt bij aan de wateropgaven. Bij beheer en onderhoud gaat het om het vinden van de balans tussen preventie en repressie;
- Er moet *meer waterbewustzijn* gecreëerd worden bij gebruikers van het water;
- Het is belangrijk om de zoektocht met partners naar *innovaties* continu door te zetten. Zoek verder naar nieuwe mogelijkheden die bijdragen aan de wateropgave;
- Een ecologisch gezond watersysteem kan bereikt worden met het principe '*bouwen met de natuur*'. Dit principe moet verder onderzocht en toegepast worden;
- *De beleving van water* of anders genoemd mooi water maakt onderdeel uit van elk project dat nieuw gestart wordt. De esthetische, cultuurhistorische en recreatieve waarde van het water speelt een rol bij de invulling van het plangebied.

2.2.3 Programma's

Het waterbeheerprogramma kent drie doelen namelijk:

- Droge voeten
- Schoon water
- Voldoende water

Waterschap De Dommel heeft zich ingezet om deze doelen te vertalen naar programma's om de doelen te bereiken. Voor dit onderzoek voor Keersop Midden zijn de volgende onderdelen van belang.
Droge voeten:

- De huidige waterhuishouding is niet toekomstbestendig. Het watersysteem moet meer in balans zijn met de omgeving zodat het systeem droogte en een overschot aan water kan opvangen.
    - Gestuurde waterbergingen meervoudig inzetten. Deze dienen als waterbuffer voor droge perioden. Daarnaast kan de inzet van overloopgebieden mogelijk de kans op overstromingen reduceren;
    - Het landschap (de omgeving) wordt klimaatrobuust ingericht. Het stellen van kaders draagt bij aan de toekomstbestendige waterhuishouding in zowel bebouwd gebied als in het beekdal en agrarisch gebied;
    - Crisisbeheersing en restrisico's krijgen voldoende aandacht, wat ook betekend dat er oog blijft voor boven-normatieve wateroverlast.

Schoon water:

- Wat schoon is moet schoon blijven, het relatief schone regenwater wordt nog op te veel plekken gemengd met het vuile afvalwater waardoor er vies en onbruikbaar water overblijft. Met schoon water kan de grondwaterstand in het gebied van de Keersop verantwoord aangevuld worden.
    - Uitvoeren van KRW[6]-maatregelen voor de verbetering van de waterkwaliteit en ecologische toestand in het water en het grondwater;
    - Onderzoek doen naar de bijdrage van het inzetten van effluentwater op de grondwaterstand.

Voldoende water:

- De aanvulling en onttrekking van grondwater is in het huidige watersysteem uit balans. Er wordt simpelweg veel meer onttrokken dan dat er aangevuld wordt (Maas Geesteranus et al., 2022).
    - Meer water laten infiltreren, hier helpt gewijzigd peilbeheer bij. Er is meer focus op het vasthouden van water dan op het afvoeren van water;
    - Het gebruik van grondwater moet naar beneden. De onttrekking is te groot op dit moment waardoor de grondwaterstand daalt.

[6] *Kaderrichtlijn Water*

2.3 Visie Gemeente Bergeijk

De Gemeente Bergeijk heeft bepaalde waterdoelen voor het eigen gebied. De focus ligt vooral op het afkoppelen van hemelwater van het vuilwatersysteem en het laten infiltreren van hemelwater op de plek waar het valt (Anteagroup, 2022a).

Stedelijk afvalwater
Gemeente Bergeijk is verplicht om vuilwater op te vangen en af te voeren naar een rioolwaterzuiveringsinstallatie, RWZI. In de huidige situatie is het systeem grotendeels nog een gemengd stelsel. In een gemengd stelsel komt het schone hemelwater en het vervuilde afvalwater samen in één buis. Bij een gescheiden stelsel blijven het hemelwater en afvalwater gescheiden waardoor de belasting op de afvalwaterbuizen kleiner wordt en daarmee ook de belasting op de RWZI. De HWA-buizen zijn kleiner dan de DWA buizen omdat de DWA buizen grotere hoeveelheden water in de vorm van neerslag moeten opvangen (Anteagroup, 2022a).

Het is van belang om genoeg afvoercapaciteit in de riolering te hebben om de belasting van vervuild water op straat te beperken. Daarnaast kan het afvalwater op verschillende manieren verontreinigd raken en dit kan, indien dit bijvoorbeeld op landbouwpercelen, in de natuur en in het oppervlaktesysteem terecht komt grote impact hebben. Een gescheiden stelsel draagt bij om dit risico te beperken. Er zijn geen factoren als piekbelasting door neerslag waardoor de kans af neemt dat er niet genoeg capaciteit is om het vuile water af te voeren (Anteagroup, 2022a).

Hemelwater
Het liefst wordt neerslag geïnfiltreerd op de plek waar het valt. Dit is niet altijd mogelijk. In dat geval is het van belang om het hemelwater te transporteren naar een plek waar water wel kan infiltreren en om het overschot aan water vertraagd af te voeren op het oppervlaktewatersysteem. Waterschap en de gemeente wensen het liefst zo min mogelijk “schoon” hemelwater naar een rioolzuiveringsinstallatie te transporteren. Verder hanteert de gemeente een voorkeursvolgorde voor het hemelwater. Deze is namelijk, infiltreren, bergen en afvoeren. De prioriteit is om het water in de grond te infiltreren, als dit niet kan, dan bergen (het liefst zo dicht mogelijk in de buurt waar het water valt). Als laatst afvoeren. (Dit gebeurt alleen in gevallen waarbij het niet mogelijk is om het water te bergen en het water tot overlast kan leiden.) (Anteagroup, 2022a)

Grondwater
De grondwaterstand mag in Gemeente Bergeijk niet zorgen voor overlast. De gemeente zorgt ervoor dat dit niet gebeurt. Dit geldt er ook voor dat er niet gebouwd wordt in gebieden waar de grondwaterstand relatief hoog is ten opzichte van het maaiveld. (Anteagroup, 2022a)

3 Hoofdstuk 3 Situatieschets

In hoofdstuk 3 wordt getracht om de eerste deelvraag van dit onderzoek te beantwoorden. Deze deelvraag luidt als volgt:

"*Hoe ziet de huidige situatie van het plangebied eruit op gebied van water, natuur, landbouw en waterveiligheid?"*

Bij de deelvraag horen ook twee subvragen namelijk: "*Hoe is de situatie veranderd door de jaren heen?"* en "*Hoe is de problematiek van water ontstaan en wat is de invloed van klimaatverandering hierop geweest?"*

Hoofdstuk 3 vangt aan met het ontstaan van het watersysteem van de Keersop. Hoe is het plangebied door de geschiedenis heen veranderd en wat voor impact hebben deze veranderingen op de omgeving. Vervolgens wordt het watersysteem toegelicht. Het geeft inzichten in hoe het watersysteem van de Keersop er uit ziet en wat de kenmerken en bijzonderheden van de watergang zijn. Vervolgens wordt ingezoomd op de knelpunten. Hierbij ligt de focus op de aan- en afvoer in de Keersop, de peilbuisanalyse en het watergebruik. Het hoofdstuk sluit af met het paragraaf waterproblematiek waarbij alle aspecten van dit hoofdstuk samen komen en inzicht geven in hoe deze verschillende punten invloed hebben op de waterproblematiek in het plangebied van de Keersop.

3.1 Ontstaan watersysteem Keersop [7]

De Keersop heeft een relatief hoog verval. Het watersysteem van de Keersop is door de jaren heen erg veranderd. Sinds de middeleeuwen worden er al aanpassingen gemaakt aan het watersysteem. Het van nature natte, drassige landschap is ingeruild voor landbouwgrond en de hoger gelegen gronden bestonden vooral uit heidegebieden. Door de jaren heen is het vroegere watersysteem aangepast tot het watersysteem dat er nu ligt. Het watersysteem is van oudsher aangepast door de mens om onder andere landbouw mogelijk te maken. Zonder de huidige aanpassingen zouden sommige stukken land nu veel natter en drassiger zijn. Kortom, het watersysteem in de Keersop en veel andere delen van Nederland zijn ingericht op het afvoeren van water.

Al eeuwenlang maakt de mens aanpassingen aan watersystemen, groot en klein. Zo ook in het gebied van de Keersop, waar bijvoorbeeld al in de middeleeuwen een aantal watermolens zijn aangelegd. Deze paragraaf belicht de rijke geschiedenis die het watersysteem van het plangebied kent.

Tussen 1800 en 1850 werd kanaal Bocholt-Herentals aangelegd. Dit kanaal is verbonden met de Maas. Vanuit de Maas stroomt water het kanaal in waarna het vervolgens via inlaatwerken richting de beken, waaronder de Keersop en de Beekloop, die het kanaal kruisen, gestuurd kan worden.

Tussen 1850 en 1950 vond een verandering plaats in de landbouw: er ontstonden beemdenlandschappen. Daarnaast werden ten noorden van Lommel en langs de Beekloop vloeiweides aangelegd. Deze werden onderwater gezet om zo de gronden te bemesten om hier productie te kunnen realiseren. Later werden vloeiweides steeds minder gebruikt en omgevormd tot visvijvers, die vervolgens een bron werden voor voedselproductie. Ook werd het landbouwareaal[8] uitgebreid door heidegronden te ontginnen en werden bossen aangeplant voor productiehout. Deze ontwikkelingen hebben gevraagd om aanpassingen aan het watersysteem.

[7] *De informatie van deze paragraaf is via topotijdreis (*Topotijdreis: 200 Jaar Topografische Kaarten*, n.d.) en een intern overleg* (de Horde et al., 2022) *opgehaald. Aanvullende informatie is te vinden in het vooronderzoek. Verdere achtergrondinformatie is te vinden in het voorondezoek.*
[8] *Grond bestemd voor landbouw*

Onder andere zijn diverse trajecten van de Keersop en de Beekloop in de periode tussen 1850 en 1950 recht getrokken. Ook zijn bij de Beekloop meerdere irrigatiestuwen[9] gerealiseerd. Met behulp van de irrigatiestuwen konden de vloeiweiden gevoed worden en later hebben deze als functie gekregen om de aanliggende landbouwgronden te kunnen irrigeren.

Vanaf circa 1970 begon men met ruilverkaveling in het gebied. Kavelruil is een proces waar grondeigenaren stukken landbouwgrond met elkaar ruilden om onder andere landbouw te kunnen intensiveren. In het Belgische Lommel waren zandwinningen[10] langs het kanaal gerealiseerd. Ook nam het grondwatergebruik steeds meer toe.

Hedendaags kent het kanaal bij Lommel twee grote belangen, namelijk vaarbelang en voorziening van drinkwater. Om ervoor te zorgen dat deze belangen gewaarborgd blijven worden in tijden van extreme droogte de inlaten vanuit het kanaal dicht gezet. Alleen de inlaat naar Beekloop is nog open, de overige inlaten zijn gesloten.

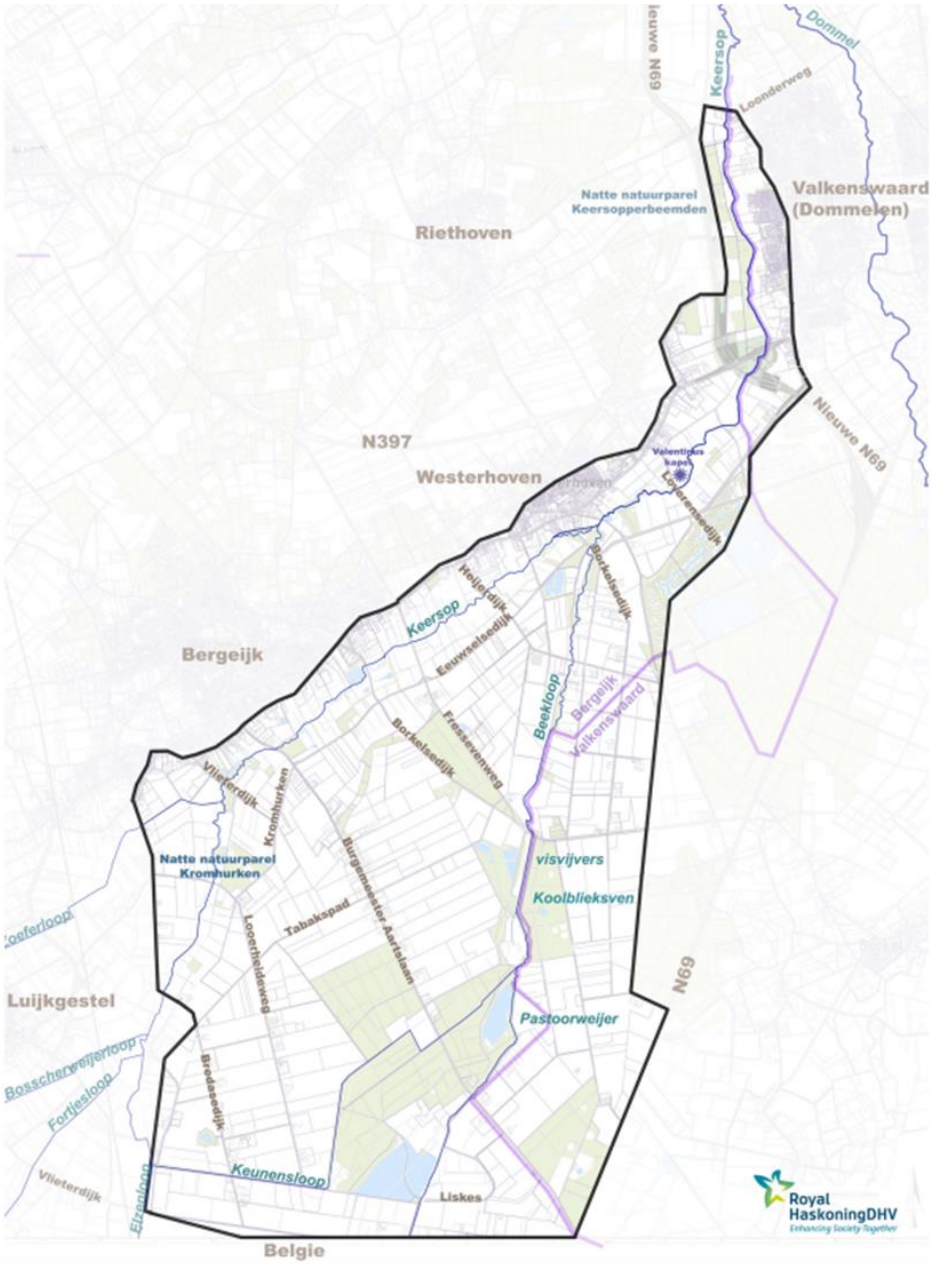
Recentelijk, 2012, is gebaggerd in de Keersop. Dit is een proces waarbij zand en andere lagen van de bodem van een watergang weggehaald worden (Encyclo, n.d.). Door het baggeren is de Keersop dieper geworden. In tijden van extreme droogte, bijvoorbeeld tijdens de zomers van 2018, 2019, 2020 en 2022, waren er momenten dat grondwater opgepompt werd om de watervoerende functie van de Keersop te behouden.

3.2 Watersysteem

De Keersop is ongeveer 15 kilometer lang en heeft een hoogteverschil van ongeveer 13 meter. Door het hoogteverschil heeft de Keersop een relatief grote stroomsnelheid. Het project gebied richt zich op de Keersop Midden. De scheiding voor het bovenloop en benedenloop van de Keersop is bij stuw Westerhoven en is in hoogtekaarten zichtbaar door het opvallende hoogteverschil in het maaiveld. Op hoogtekaarten is te zien dat de Keersop niet altijd op het laagste punt ligt in het beekdal. Twee dwarsprofielen weergeven nog enkele knelpunten en brengen het hele watersysteem van het beekdal in kaart.

Figuur 3 geeft weer waar de dorpen in het plangebied gelegen zijn. Daarnaast geeft de figuur ook weer wat de kavels zijn en waar de watergangen gelegen zijn. Ook geeft het de gemeentelijke grenzen binnen het plangebied weer. Op deze kaart is in één oogopslag te zien hoe de Keers loopt en welke watergangen eropaan sluiten.

[9] *Een stuw die de aanvoer van water reguleert*
[10] *Het weghalen van zand uit de bodem en dit als materiaal te gebruiken voor ophoging van terreinen en/of te gebruiken bij de aanleg van wegen (*Wat Is de Betekenis van Zandwinning*, n.d.)*



*Figuur 3: Gebied Keersop Midden(*Toponiemen*, n.d.)*

De Keersop heeft een lengte van om en nabij 15 kilometer en heeft een hoogteverschil van ongeveer 13 meter. Het gedeelte bij Keersop-midden is ongeveer 5 km lang en ligt tussen de Vlieterdijk en de Valentinuskapel. Bovenstrooms is het gemiddelde verval 0.9m/km en benedenstrooms ongeveer 0.7m/km (Menkveld, n.d.). De Keersop heeft een relatief hoge stroomsnelheid.

Zoals voorgaand aangegeven stroomt vanuit België (kanaal Bocholt-Herentals) kalkhoudend water vanuit de Maas naar de Beekloop en vanuit de Beekloop komt dit weer in de Keersop terecht. De combinatie van de hoge stroomsnelheid, goede watersamenstelling en het goede zuurstofgehalte zorgt ervoor dat de flora en fauna erg divers is in de Keersop en de Beekloop. Daar bovenop komt ook nog dat het water in deze watergangen relatief schoon is (Menkveld, n.d.; van der Laan, 2013).

De waterkwaliteit wordt op verschillende locaties bij de Keersop gemonitord. Hieruit blijkt dat op meerdere plekken in het water verhoogde waarden van sulfaat- en calcium van toepassing zijn. Er is ook sprake van

verhoogde nitraat en kaliumgehaltes (de Vrind, 2017b). Verschillende beken, watergangen en detailontwateringen (sloten) sluiten aan op de Keersop of op de Beekloop.

Figuur 4: Stuw Westerhoven

In Figuur 4 is Stuw Westerhoven is zien. Bij deze stuw is een scheiding zichtbaar in het maaiveld niveau. Bovenstrooms hiervan is de insnijding van de Keersop gemiddeld 1 meter. En benedenstrooms varieert dit van 1,2 meter tot 2 meter. De insnijding bovenstrooms is anders dan benedenstrooms.

De Keersop ligt vooral gecentreerd in het beekdal. Op de hoogtekaart is te zien dat dit niet overal het geval is. Soms ligt de Keersop op een hoger punt dan men verwacht. Langs de Keersop, waar de beek hoger ligt, heeft men parallel een watersystemen aangelegd. Dit om de landbouwgebieden goed kunnen ontwateren. (de Vrind, 2017a)

Om het watersysteem goed in kaart te brengen en eventuele knelpunten aan te tonen zijn er van het projectgebied twee dwarsprofielen getekend. De gegevens voor de dwarsprofielen zijn van inmeetgegevens, Dinoloket (*Ondergrondgegevens | DINOloket*, n.d.) en het Actueel hoogtebestand Nederland (*AHN Viewer | AHN*, n.d.) verzameld. Deze gegevens zijn verwerkt en staan in de Grondwater. Bij de profielen is uitgegaan van een hoge gemiddelde grondwaterstand.

Opvallend is dat het hoogteverschil van het maaiveld bij Bergeijk ten opzichte van de Keersop relatief groot is. De Keersop is enkele meters lager gelegen dan de Beekloop.

Op basis van de dwarsprofielen is bij de Beekloop is iets anders waargenomen dan bij de Keersop. Namelijk dat ten westen van de Beekloop het grondwater lager ligt, dan ten oosten van de beekloop. Het grondwater zit ten oosten van de beekloop hoger. In de beekloop liggen verschillende stuwen. De Beekloop heeft locatie gebonden een infiltrerende en drainerende werking. Bij de Keersop is duidelijk een draineerde werking te zien. Op de plek van de Keersop ligt het grondwater lager. Twee nevenwatergangen, de K58 en de KS52 hebben dezelfde werking als de Keersop of Beekloop op basis van de locatie. De K58 ligt bij de Keersop en de KS52 bij de Beekloop. Deze zijn ook weergegeven in het dwarsprofiel.

3.3 Analyse knelpunten

Klimaatverandering heeft ertoe geleidt dat het vaker droog en warm is en dat neerslag in extremere vormen valt. Aan de hand van de waterbalans kan geconcludeerd worden dat drogere weersomstandigheden als minder neerslag en meer verdamping voor de huidige waterhuishouding niet passend zijn. De aanvoer en afvoer zijn in disbalans bij deze veranderende situatie. Uit een peilbuizenanalyse blijkt dat er een dalende trend is in de grondwaterstand. Dit komt door een disbalans in de aanvulling en onttrekking van grondwater. De aanvulling wordt kleiner door het veranderende, warmere klimaat en het watersysteem dat ingericht is op het afvoeren van water. De onttrekking wordt groter door een toename in gebruik van bijvoorbeeld consumenten van drinkwater en fabrikanten.

Het watersysteem van de Keersop is, zoals eerder benoemd, door de jaren heen sterk veranderd. Deze veranderingen hebben gevolgen gehad voor de huidige waterhuishouding. Deze paragraaf gaat dieper in op de waterproblematiek in het plangebied van Keersop Midden en wordt onderzocht.

In deze paragraaf wordt weergeven wat de aanvoer en de afvoer van het water is en of dit in balans is de ja of de nee. In Achtergrondinformatie situatieschets en Waterbalans staat omschreven waar de waardes voor de waterbalans vandaan komen en is er ook nog verdiepende toelichting over de informatie die in deze paragraaf gegeven wordt. Daarnaast is in Grondwater verdiepende informatie over de peilbuisanalyse te vinden.

3.3.1 Waterbalans

De waterbalans bestaat uit veel verschillende componenten. Voor dit onderzoek is gekozen om vier onderdelen die invloed hebben op de aan- en afvoer van het water uit te werken. Het gaat hierbij als aanvoer om neerslag en water dat instroomt vanaf kanaal Bocholt-Herentals en bij de afvoer gaat het om verdamping en afvoer van de Keersop het gebied uit. De waterbalans moet inzichtelijk maken of de aanvulling en onttrekking van grondwater in balans zijn. Het dient in feite als onderlegger om de problematiek visueel te maken en het geeft weer wat de invloed van klimaatverandering is op de waterbalans.

Voor de waterbalans zijn de jaren 2014 en 2018 aangehouden, waarbij 2014 de weergave van een relatief 'normaal[11]' jaar is wat betreft weersomstandigheden en 2018 extreem is wat betreft een relatief droog zomerhalfjaar. In de afgelopen 4 jaar is een dergelijk extreem jaar 3 keer voorgekomen. Voor 2018 nam het voorkomen van warmere en drogere jaren ook al geleidelijk toe. Deze twee situaties zijn gekozen om te vergelijken wat de impact van langdurige droogte, veel zonuren en hoge temperaturen is op de waterbalans en dus het watersysteem in het gebied Keersop Midden. In Waterbalans is te zien welke informatie is gebruikt om de waterbalans op te stellen.

Tabel 1: Waterbalans 2014

Waterbalans Keersop Midden 2014 (x 1.000.000)			
In		Uit	
Neerslag	44.4 m3	Verdamping	31.9 m3
Aanvoer Grote Fosséstraat	7.3 m3	Afvoer Keersoppermolen	19.0 m3
Totaal: 51.7 m3		Totaal: 50.9 m3	

Tabel 2: Waterbalans 2018

Waterbalans Keersop Midden 2018 (x 1.000.000)			
In		Uit	
Neerslag	37.8 m3	Verdamping	36.4 m3
Aanvoer Grote Fosséstraat	8.3 m3	Afvoer Keersoppermolen	15.9 m3
Totaal: 46.1 m3		Totaal: 52.3 m3	

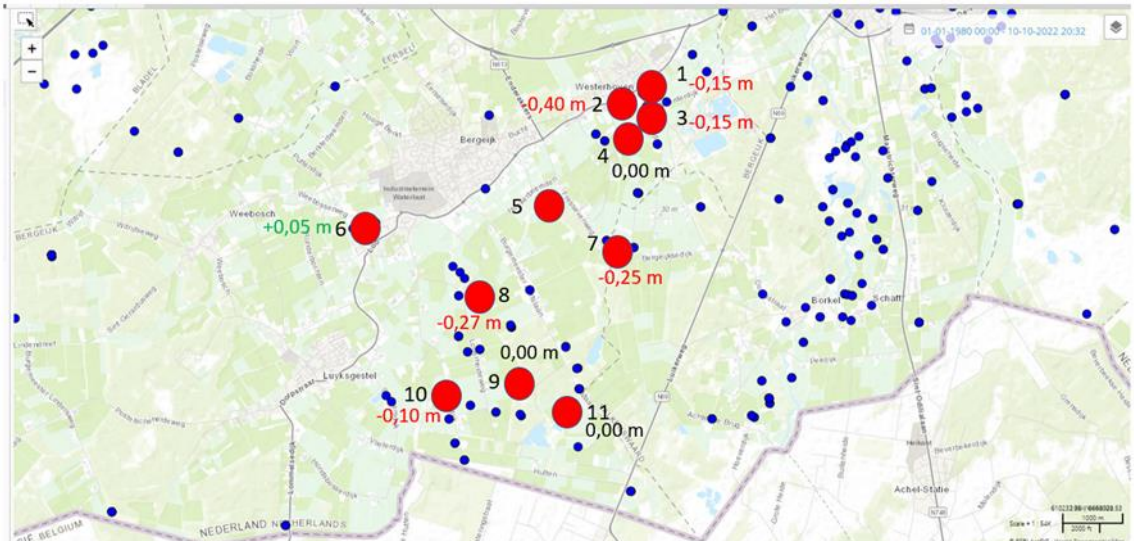
Uit de waterbalans van 2014 is te herleiden dat de aan- en afvoer van het water op basis van neerslag, verdamping en gemeten aanvoer en afvoer vanuit 2 meetpunten in balans is. Er komt ongeveer evenveel water in als dat er uit gaat. In 2018 ontstaat er disbalans tussen de aanvoer en de afvoer. De grotere afvoer en de kleinere aanvoer laten zien dat er minder water in het gebied blijft waardoor het gebied stroomgebied van de Keersop leegloopt en verdroging ontstaat. Gezien de grote aanvoer van neerslag kan geconcludeerd worden dat het stroomgebied van Keersop voor een aannemelijk deel afhankelijk van is. Bij afname van neerslag is de aanvoer kleiner, waardoor meer water de Keersop uitstroomt dan dat erin stroomt en er verdroging van het stroomgebied optreedt.

3.3.2 Peilbuisanalyse

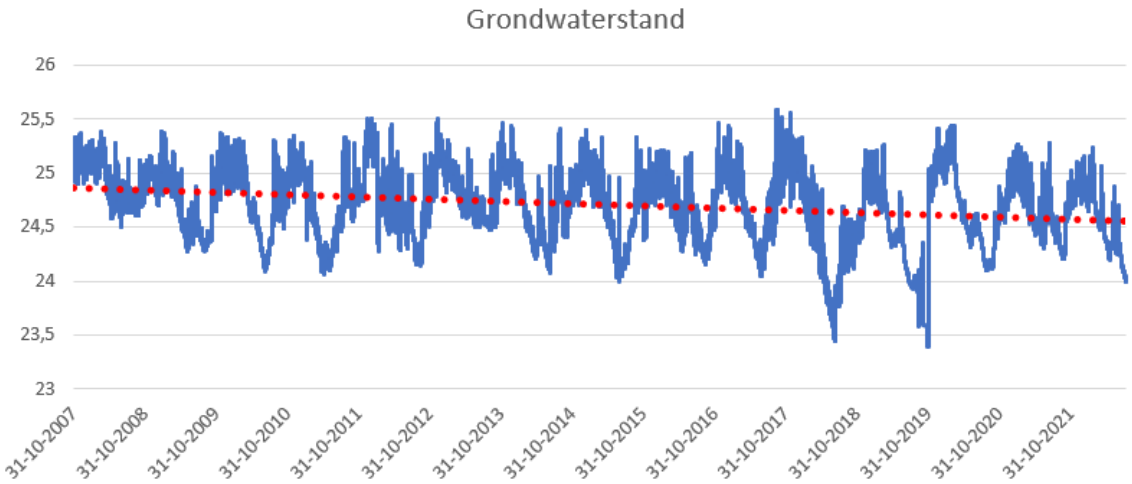
Om een beeld te krijgen hoe van de gevolgen hiervan is er een peilbuizen analyse uitgevoerd. Deze analyse wordt in deze paragraaf beschreven. Voor de analyse en uitwerkingen zie Grondwater. De peilbuizen laten zien dat in de loop van de jaren de gemiddelde grondwaterstand een dalende trend heeft aangenomen.

[11] *Neerslag van gemiddeld 800-850 mm (*Hoeveel Regen Valt Er Gemiddeld in Nederland?*, n.d.) en een verdamping van gemiddeld 600 – 650 mm (*KNMI - Verdamping in Nederland*, n.d.)*

11 peilbuizen zijn geanalyseerd en in Figuur 5 staat de locatie van deze meetpunten samen met de daling, stijging of het gelijk blijven van de waterstand ten opzichte van de trendlijn. Van deze metingen zijn grafieken gemaakt. In deze grafieken is een trendlijn weergegeven. De trendlijn geeft weer hoe de grondwaterstand over een bepaalde periode zich gedraagt.



Figuur 5: Peilbuizen grondwaterstand



Figuur 6: Grafiek peilbuismeting 2 Molenbeemd

Figuur 5 weergeeft een grafiek van de peilbuizen. De andere peilbuizen staan in Bijlage Grondwater en zijn door dezelfde methode als in dit figuur tot stand gekomen.

In Figuur 6 is te zien dat op de meeste peilbuislocaties de grondwaterstand daalt of gelijk blijft. Gemiddeld over alle peilbuismetingen die in het figuur verwerkt zijn is een daling in de grondwaterstand van -0,12 m.

De resultaten van de peilbuizen zijn als volgt. Rondom de kruising van de Keersop en de Beekloop is een trend zichtbaar, waarbij de gemiddelde grondwaterhoogte daalt. Vooral benedenstrooms (locatie 1,2,3 en 4), op de plek waar de Keersop en de Beekloop bij elkaar komen. Op 3 locaties blijft de gemiddelde grondwaterhoogte nagenoeg gelijk. Op één locatie stijgt de gemiddelde grondwaterhoogte in de loop van

de jaren. Peilbuis nummer 5 is een foutieve meeting, daarom wordt deze buiten beschouwing gelaten in de analyse.

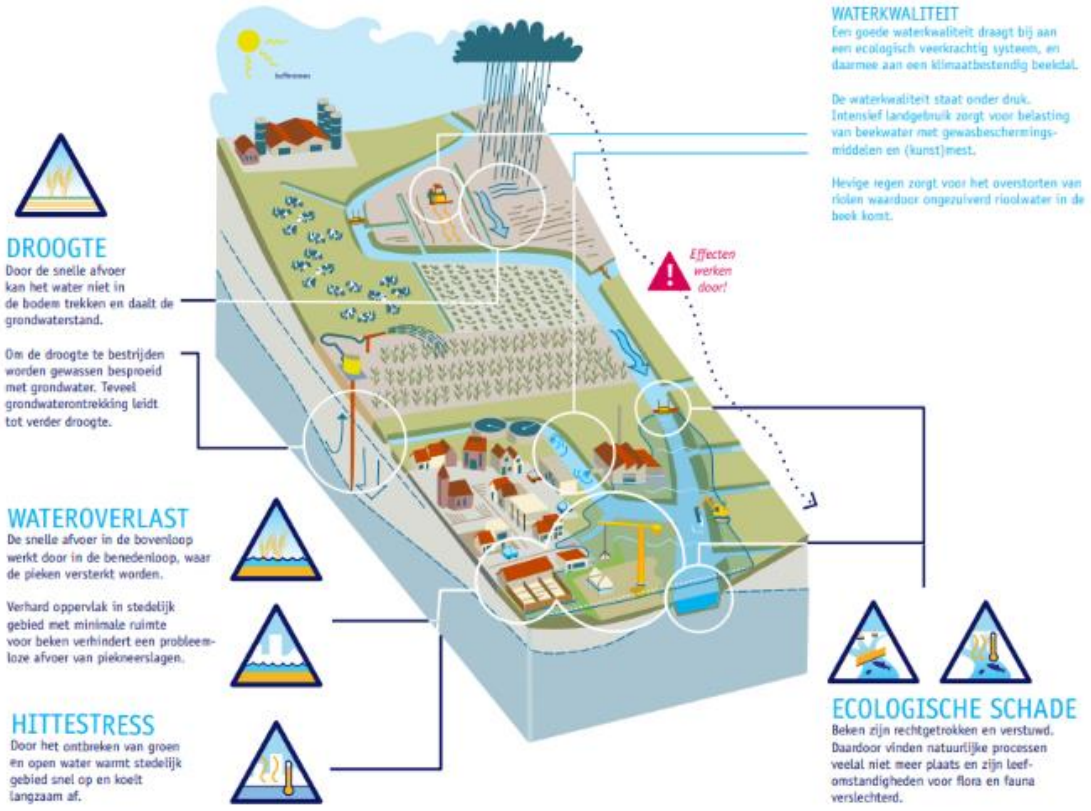
Er moet echter wel een kanttekening gemaakt worden bij de peilbuisanalyse. Peilbuismetingen zijn sterk afhankelijk van grondwateronttrekking en andere factoren. Dit leidt ertoe dat de metingen beïnvloedbaar zijn en niet altijd met elkaar vergeleken kunnen worden.

3.3.3 Kwel en grondwatergebruik

De disbalans van water aanvoer en afvoer heeft relatie met meer factoren dan hierboven benoemd. Twee aanvullende factoren zijn de aanvoer van kwelwater uit diepere grondlagen en het grondwatergebruik.

Uit de rapportage *'zonder water, geen later'* (Maas Geesteranus et al., 2022) blijkt dat er in toenemende mate grondwater onttrokken wordt; dusdanig veel dat de onttrekking groter is dan de aanvoer van grondwater. Er is disbalans. Grondwater kan voor allerlei verschillende doeleinden onttrokken worden, bijvoorbeeld voor drinkwater en voor beregening. Op jaarbasis wordt het grondwater met circa 140-200 miljoen m3 aangevuld, terwijl er jaarlijks circa 330 miljoen m3 onttrokken wordt (Maas Geesteranus et al., 2022).

3.4 Problematiek



Figuur 7: Huidig watersysteem (Talsma, 2020)

Figuur 7 geeft een visualisatie (Talsma, 2020) weer van problemen die in huidige watersystemen zoals de Keersop voorkomen. De combinatie van een veranderend klimaat, toenemend (grond)watergebruik en een waterhuishouding hoofdzakelijk gericht op afvoer zorgt voor verschillende risico's in landelijk en stedelijk gebied.

Uit de peilbuizenanalyse is af te leiden dat de grondwaterstand een dalende trend heeft aangenomen. De afvoer van de Keersop wordt kleiner, met als gevolg dat in extreem droge omstandigheden in het bovenstroomse gedeelte droogval optreedt en leefgebied van de Natura 2000-soort beekprik onder druk komt te staan. Ook landbouw kan onder deze trend gaan leiden. Daling van de grondwaterstand en verdroging van het maaiveld zorgen ervoor dat de wortels van gewassen steeds moeilijker bij het grondwater kunnen. Dit leidt ertoe dat beregening vaker en in grotere hoeveelheden toegepast moet worden om de gewenste productie te halen.

In het stedelijke gebied is er risico op toename van wateroverlast. Het huidige rioolstelsel is niet altijd bestendig tegen de toenemende hevige neerslag situaties, waardoor de straten sneller en frequenter onder water komen te staan. Daarnaast is door de verharding minder kans voor hemelwater om in de bodem te infiltreren. De grote hoeveelheden water die niet opgevangen kunnen worden, belasten het oppervlaktewater via de riooloverstorten. Ook is er door de grote hoeveelheid verharding sprake van hittestress. Warmte blijft in bebouwd gebied hangen en het koelt (te) langzaam af.

Het huidige waterhuishoudingsysteem is aldus niet passend voor het huidige gebruik en klimaat. Het systeem is simpelweg te veel gefocust op afvoer en te weinig op infiltratie. Door toenemende zonuren verdampt meer hemelwater, waardoor de aanvoer naar het grondwater afneemt. Daarnaast wordt er meer grondwater onttrokken dan dat er aangevoerd wordt. Dit alles leidt tot een daling in de grondwaterstand en verdroging van de bodem en het watersysteem. De peilbuisanalyse laat dit over het algemeen ook zien. Droogte, hittestress, wateroverlast en ecologische schade zijn reële risico's die bestaan door de combinatie van een niet passend waterhuishoudingsysteem met toenemend gebruik en een veranderend klimaat.

4 Inzet flanken en hoge zandruggen

Dit hoofdstuk richt zich op de mogelijkheden om het plangebied, zowel stedelijk als landelijk, in te zetten voor opvang van water en voorkomen van verdroging.

Hoofdstuk 4 geeft antwoord op 4 deelvragen namelijk:

Paragraaf 4.2 geeft antwoord op de deelvragen *"Hoe kunnen natuur en landbouw ingezet worden om wateroverlast en droogte in landelijk gebied te voorkomen waarbij de wensen van stakeholders in acht worden genomen?"* en *"Hoe kan het stedelijk gebied ingezet worden om wateroverlast en droogte in stedelijk gebied te voorkomen waarbij de wensen van stakeholders in acht worden genomen?"*

Paragraaf 0 geeft antwoord op de vragen *"Wat zijn de afwegingen die gemaakt moeten worden om tot rendabele maatregelen voor het plangebied te komen en wat voor invloed heeft dit op de huidige manier van landbouw?"* met aanvullende vragen "*Welke duurzame maatregelen en oplossingen zijn passend voor het plangebied van dit onderzoek in het landelijk gebied? Welke duurzame maatregelen en oplossingen zijn passend voor het plangebied van dit onderzoek in het stedelijk gebied?"* en vraag *"Welke duurzame maatregelen en oplossingen zijn passend voor het plangebied van dit onderzoek voor de beek de Keersop zelf?"*

Het hoofdstuk vangt aan met het in kaart brengen van de doestelling van de maatregelen. Vervolgens zijn de maatregelen op gedeeld in type maatregel en zijn vervolgens voor zowel landelijk als stedelijk gebied maatregelen uitgewerkt die passend binnen deze kaders. Aanvullende maatregelen waar in dit onderzoek niet verder op ingegaan wordt zijn te vinden in Maatregelen landelijk gebied en Maatregelen stedelijk gebied. Het hoofdstuk sluit af met een afwegingsmatrix waarmee wordt toegelicht welke maatregelen het meest wenselijk zijn om toe te passen.

4.1 Doel van de maatregelen

Deze paragraaf maakt het doel van de maatregelen om verdroging tegen te gaan en neerslag op te vangen voor het plangebied van Keersop Midden inzichtelijk. De maatregelen richten zich op de flanken en hoge zandruggen in het gebied en zij dragen bij aan de klimaatbestendigheid van het plangebied. Uiteindelijk moet de implementatie van de maatregelen ervoor zorgen dat de bodem voldoende vochtig is om periodes van droogte en (extreme) neerslag op te vangen.

Maatregelen kunnen alleen iets bereiken wanneer het doel duidelijk is. Deze paragraaf dient ervoor om het doel van de maatregelen helder in kaart te brengen.

Dit onderzoek is aanvullend op het project voor de herinrichting van het beekdal van de Keersop. Dit onderzoek richt zich op de flanken en hoge zandruggen rondom het beekdal. De gekozen maatregelen moeten ervoor zorgen dat er een positieve trend in de aanvulling van het grondwater komt en dat verdroging tegen gegaan wordt. Daarnaast is het van belang dat (extreme) neerslag lokaal opgevangen en geïnfiltreerd kan worden. Het doel is om het watersysteem te versterken en om de watertransitie verder in gang te zetten.

Figuur 8:(Talsma, 2020)

De gekozen maatregelen moeten voor vernatting van het plangebied zorgen. Het huidige grondwaterpeil is niet voldoende bestendig tegen klimaatverandering. Zowel periodes van lange droogte als periodes van extreme neerslag kunnen (bijna) niet meer opgevangen worden. De implementatie van

de mogelijke maatregelen moet ervoor zorgen dat de bodem voldoende vochtig is om zo verdroging op te vangen, maar ook om neerslag op te vangen en te laten infiltreren.

Kortom, een nieuwe invulling van de waterhuishouding waarbij het principe vasthouden, bergen en daarna pas afvoeren centraal staat.

4.2 Maatregelen

De maatregelen zijn verdeeld in vijf typen maatregelen, waarin ook onderscheid gemaakt wordt tussen de toepasbaarheid in landelijk en stedelijk gebied. Er is bewust onderscheid gemaakt tussen de twee gebieden, aangezien verschillend karakter hebben en een ander soort maatregelen kennen. De paragraaf vangt aan met de verschillende type maatregelen die er zijn en vervolgens wordt voor zowel landelijk als stedelijk gebied uitgewerkt welke mogelijkheden er voor deze gebieden zijn.

4.2.1 Type maatregelen

Dit onderzoek zet in op vijf verschillende type maatregelen om verdroging tegen te gaan en neerslag op te vangen, namelijk;

Landelijk:
- Efficiënter bewateren;
- Infiltratie kanaalwater;
- Regenwater vasthouden;

Stedelijk:
- Inzetten op infiltratie door afkoppeling;
- Klimaatbuffer.

4.2.2 Landelijk gebied

Aanvullende informatie over de mogelijkheden voor toepasbare maatregelen zijn te vinden in Maatregelen landelijk gebied. De maatregelen in het landelijk gebied dit in dit onderzoek nader onderzocht zijn, zijn;
- Efficiëntere beregening;
- Infiltratie d.m.v. vijvers (infiltratie kanaalwater);
- Infiltratie d.m.v. stuwen en sloten (infiltratie kanaalwater);
- Bodemverbetering (regenwater vasthouden);
- Stuwen (regenwater vasthouden);
- Functie volgt peil.

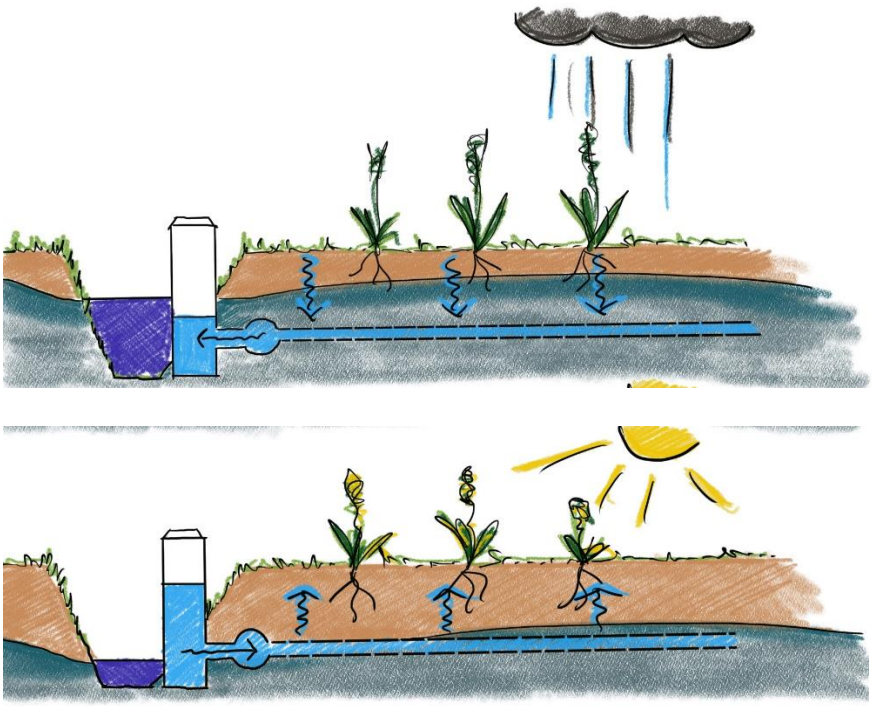
In het Waterbeheerprogramma 2022-2027 van Waterschap De Dommel (Waterschap de Dommel, 2022) zijn maatregelen vastgelegd die toegepast kunnen worden om het beheergebied van het waterschap klimaatbestendig en waterrobuust te maken. Maatregelen zijn in Maatregelen landelijk gebied in een opsomming verwerkt. Vanuit dit overzicht van maatregelen is een selectie gemaakt van welke maatregelen het best toepasbaar zijn in het landelijk gebied van plangebied Keersop Midden.

Het landelijk gebied biedt veel ruimte voor natuurlijke oplossingen om verdroging te voorkomen en om neerslag lokaal vast te houden. In de praktijk wordt hier door landbouwondernemers en andere belanghebbende partijen aan gewerkt. Dit onderzoek richt zich op aanvullende maatregelen om het effect van alles dat al uitgevoerd wordt te versterken. Deze paragraaf gaat in op de mogelijkheden die bestaan om neerslag lokaal op te vangen om verdroging tegen te gaan, waarbij (nog) geen rekening gehouden met factoren als geld en inpassing. Verdiepende informatie van aanvullende maatregelen om het doel te bereiken staan in Maatregelen landelijk gebied.

Efficiënter bewateren

Irrigatielandbouw is een vorm van landbouw waarbij water op een kunstmatige manier aangevoerd wordt (de Blois & van der Spek, 2017). Indien de grondwaterstand te laag wordt voor de wortelen van gewassen om bij het water te kunnen wordt er beregend [12]. Het water voor de beregening wordt uit het grondwaterpakket of uit het oppervlaktewater gepompt. Een nadeel hiervan is dat een deel van het water tijdens de beregening verdampt. Dit gebeurt ofwel tijdens het beregenen zelf, of een deel van het water blijft lang op de gewassen liggen waardoor het daar verdampt (van den Eertwegh et al., 2021). Er is dus ruimte om het wateren van de gewassen efficiënter en effectiever te maken.

Eén van de mogelijkheden hiervoor is in- en uitfiltratie. Het systeem wordt aangestuurd door een pomp die water uit het grondwater of de aanliggende sloten pompt. Het water van de aanliggende watergangen wordt naar drainagebuizen gepompt waar het vervolgens de mogelijkheid heeft om direct de bodem in te zakken en het grondwater aan te vullen. Het systeem heeft zowel een drainerende als een infiltrerende werking om het grondwater op het gewenste peil te houden (*Suevia BN | Agrarische Drinksystemen, Breektanks En Solar Systemen*, n.d.; Suevia B.N. bv, n.d.). Bij een te hoge grondwaterstand kan het drukdrainagesysteem water uit de bodem pompen. Het overtollige water uit de bodem kan via buizen de sloot in (Hoving et al., n.d.).



Figuur 9: Irrigatielandbouw

Daarnaast bestaat ook de mogelijkheid om druppelirrigatie toe te passen. Dit is een systeem waarbij via leidingen water bij de planten in de vorm van druppels wordt aangevoerd. De slangen zitten in de bodem dienen direct het vocht toe aan het perceel (Deltaprogramma agrarisch waterbeheer, n.d.).

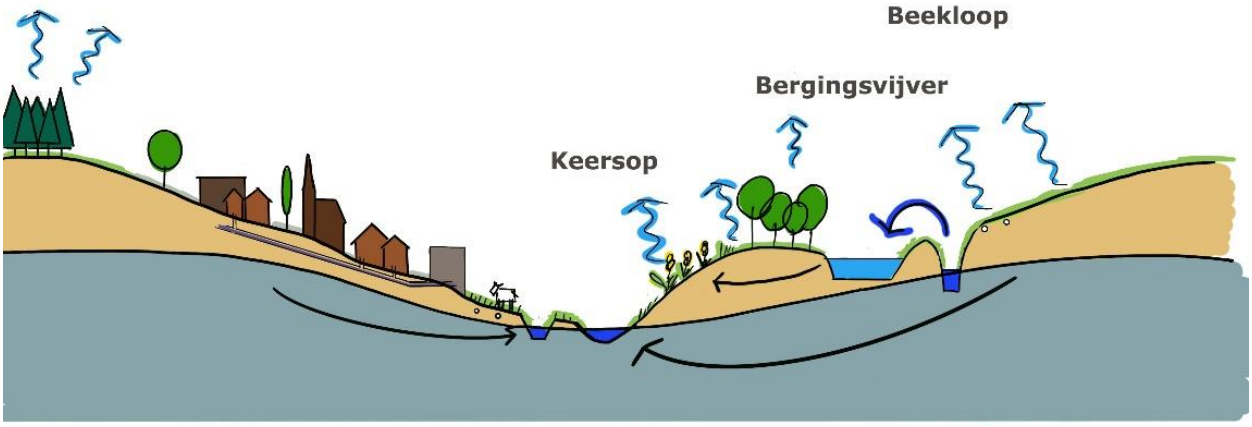
Infiltratiekanaalwater

Infiltratie van kanaalwater doelt op het infiltreren van het water dat vanuit kanaal Bocholt-Herentals ingelaten wordt naar de Beekloop. Hierbij is gekeken naar het inzetten van vijvers langs de Beekloop en het toepassen van stuwen in sloten die aan de Beekloop verbonden zijn voor infiltratie.

[12] *Toevoeren van water in plaats van dit natuurlijk te laten gebeuren door neerslag*

Acaciawater heeft in opdracht van Waterschap De Dommel begin 2022 onderzoek opgeleverd naar infiltratie in het bovenloop gebied van de Beekloop en de Keunensloop. Dit onderzoek richt zich op de bijdrage van de inzet van vijvers gelegen op de hoge zandruggen aan de aanvulling van de grondwaterstand. Tevens geeft het ook inzichten hoe infiltratie bij deze vijvers kan bijdragen aan het overbruggen van drogere periodes. Het water vanuit kanaal Bocholt-Herentals stroomt via een inlaat de Keunensloop en de Beekloop in. Via greppels en vijvers kan het water infiltreren. Uit de rapportage is gebleken dat de inzet van infiltratie in vijvers gelegen op de hoge zandruggen een grote bijdrage kan leveren aan de grondwateraanvulling, maar voornamelijk aan de kwelwatervoorziening. De grondwateraanvulling, infiltratie, beperkt zich tot de infiltratieperiode. In dit geval wordt hier de winterperiode mee bedoeld. Afhankelijk van de grootte van de vijver kan de grondwaterstand in deze periode maximaal tussen de 15 -20 cm en 30 - 50 cm stijgen. In de nabije omgeving van de bron (vijver), is de aanvulling 5cm. De infiltratieperiode is relatief kort, echter is de toename van de aanwezigheid van kwelwater interessant. De bijdrage van de vijvers zou de aanwezigheid van kwel laten toenemen in de maanden maart tot en met november. De toename kan oplopen tot waardes van tientallen millimeters (’Roelandse, 2022). Dit maakt het een interessante maatregel om mee te nemen in de afweging.

Daarnaast is de inzet van stuwen mogelijk om het water vanuit kanaal Bocholt-Hertentals te infiltreren. Zoals eerder benoemd worden de Keunensloop en de Beekloop gedeeltelijk aangevuld door water vanuit het Kempisch kanaal (’Roelandse, 2022). Aan de Keunensloop en de Beekloop zijn diverse watergangen aangesloten. Deze worden onder andere voor landbouw in gebruik genomen. Door middel van dynamisch peilbeheer kan water in deze watergangen vanuit de Beekloop ingelaten worden en hier infiltreren. Om dit type peilbeheer te bereiken kunnen (extra) stuwen aangelegd worden, waaronder handbediende schotbalkstuwen en automatische stuwen (Borren et al., 2017; J. van Bakel et al., 2019). De keuze hiertussen hangt af van het aantal belanghebbenden, hoe vaak bijstelling van het peil nodig is en of er risico’s bijvoorbeeld in relatie tot riooloverstorten aanwezig is. Daarnaast heeft het waterschap als doel om in te spelen op grondwaterstreefpeilen, gronwaterbalansafspraken en actuele data om de stuwen in de watergangen gericht en passend aan te sturen. Dit draagt bij aan het overbruggen van mogelijk droge perioden en om de kans op wateroverlast te minimaliseren (Waterschap de Dommel, 2022).

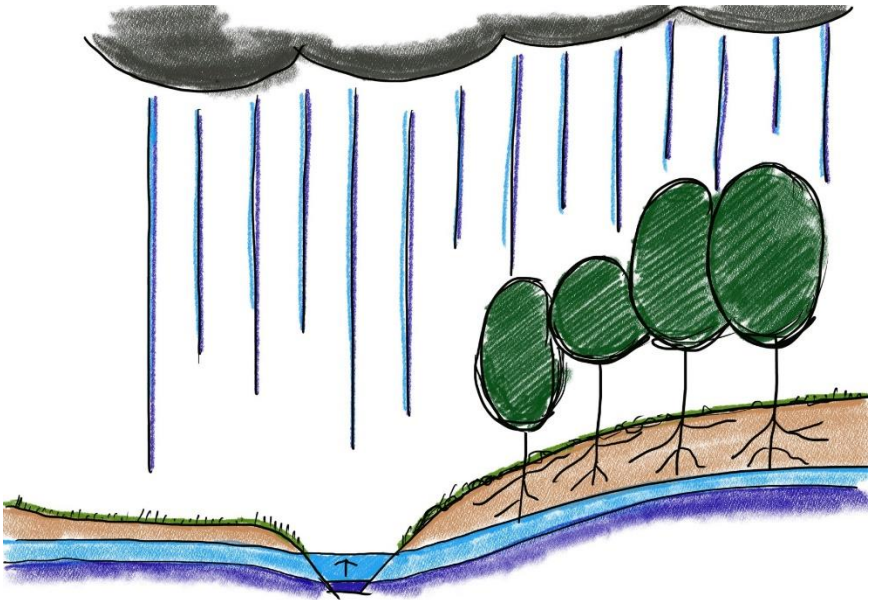


Figuur 10: Infiltratie kanaalwater d.m.v. vijvers

Regenwater vasthouden

Regenwater vasthouden kan op verschillende manieren. Het kan met behulp van bijvoorbeeld wadi’s en IT-riolering in stedelijk gebied, maar het kan ook in het landelijke gebied gebeuren op andere wijzen.

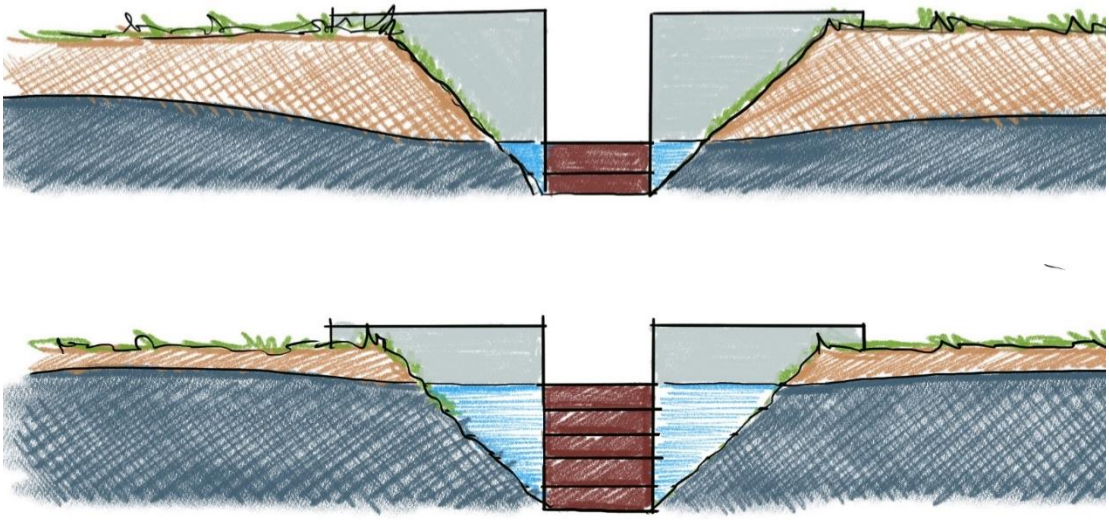
De eerste manier die onderzocht is, is bodemverbetering. Het organische stofgehalte in de bodem is van groot belang voor de sponswerking[13] van de bodem. Bodemverbetering speelt een significante rol op het gebied van opslagcapaciteit van de bodem en snellere infiltratie van water in de bodem. Een gezonde bodem, met een goed organisch stofgehalte, draagt bij aan het aanvullen van het grondwater (Snellen, 2017). Het organische stofgehalte van de bodem kan door verschillende factoren negatief beïnvloed worden, denk bijvoorbeeld aan kunstmest, ploegen en andere werkzaamheden uitvoeren op de bodem [redacted] Het is wenselijk om deze zo mi n mogelijk aan te tasten. Door minder aan de bodem te komen geef je de bodem de ruimte om te herstellen, waardoor het organische stofgehalte zal toenemen. Een andere, of aanvullende, mogelijkheid om de sponswerking van de bodem te verbeteren is het planten van bomen. Uit onderzoek is gebleken dat de beplanting van bomen een positief effect hebben op het creëren van ruimte in de bodem en dat het een positieve invloed heeft op de bescherming van het organische stofgehalte. Door de groei van de wortels van de bodem ontstaat er ruimte in de bodem, waar water gemakkelijker in kan infiltreren (Lesschen et al., 2012; Massop et al., 2005; Moors et al., 1996). Aanvullend is ook onderzocht of de beplanting van bomen een negatief effect zou hebben op de verdamping en dan alsnog een negatieve invloed zou hebben op de grondwaterstand. De verdamping van loofbossen is vergelijkbaar met de verdamping van agrarisch land. Een aannemelijk deel van het landelijke gebied van Keersop Midden is agrarische grond. Doordat de verdamping vergelijkbaar is, heeft de beplanting van bomen geen negatief effect op de verdampingsgraad (Lesschen et al., 2012; “The Interpretation of the Variations in Leaf Water Potential and Stomatal Conductance Found in Canopies in the Field,” 1976).



Figuur 11: Bodemverbetering

Ook kunnen de (automatische) stuwen ingezet worden om regenwater vast te houden. Bij deze mogelijkheid, net zoals de inzet van stuwen voor infiltratie van kanaalwater, kunnen stuwen ook gebruikt worden om regenwater in het gebied vast te houden. Stuwen dragen bij aan het reguleren van de waterstand en kunnen daarbij ook helpen om het water vertraagd af te voeren. Het regenwater dat in het gebied valt en niet vanaf het maaiveld in de bodem infiltreert, watert af naar de watergangen. Wanneer de watergangen (automatische) stuwen bevatten krijgt het water nog een keer de mogelijkheid om in de bodem te infiltreren (O’Mahoney et al., 2018; P. J. T. van Bakel, 1985).

[13] *Hoe goed de bodem water en stoffen kan opnemen*



Figuur 12: Water vasthouden door middel van stuwen

Functie volgt peil

In de landbouwgebieden die direct gelegen zijn langs de Keersop is het principe 'functie volgt peil' van belang. Peil volgt functie is een principe waarbij het waterpeil aangepast wordt om werkzaamheden in een gebied uit te kunnen voeren. Het kan daarnaast ook zo zijn dat peil volgt functie ingezet wordt om bepaalde functies in het gebied mogelijk te maken (Bezem, 2020). Bij functie volgt peil wordt de functie aangepast op het gewenste (grond)waterpeil. Nadere uitwerking van type landbouw die het mogelijk maken om dit principe te handhaven staan in hoofdstuk 5.

4.2.3 Stedelijk gebied

Verdiepende informatie voor de maatregelen van stedelijk gebied zijn te vinden in Maatregelen stedelijk gebied. In het stedelijke gebied zijn de volgende maatregelen toepasbaar:

- Water in tuinen laten infiltreren (inzetten op infiltratie door afkoppeling);
- IT-riolering plaatsen (inzetten op infiltratie door afkoppeling);
- Klimaatbuffer (5 mm, 10 mm, 30 mm, 60 mm bui);
- Wadi's.

In deze paragraaf zijn maatregelen uitgewerkt voor het stedelijk gebied. Deze maatregelen zijn door middel van overleggen, vergaderingen en literatuuronderzoek tot stand gekomen. De maatregelen zullen onderverdeeld worden in particulieren/perceeleigenaren, gemeente en waterschap, op basis van waar en wie verantwoordelijk is voor de maatregelen. In de Maatregelen stedelijk gebied zijn de maatregelen verder uitgewerkt. In het waterbeheerprogramma staan ook al enkele maatregelen voor het stedelijk gebied.

Vanuit het overzicht van maatregelen te vinden in Maatregelen stedelijk gebied zijn de volgende maatregelen per type maatregel uitgewerkt. Het principe bij het stedelijk gebied is om water te infiltreren waar het valt. Zowel bij particulieren als openbare ruimte. Als dit niet haalbaar is, wordt het water opgevangen in berging die in het stedelijk gebied liggen. Denk hierbij aan wadi's die in openbare ruimtes liggen.

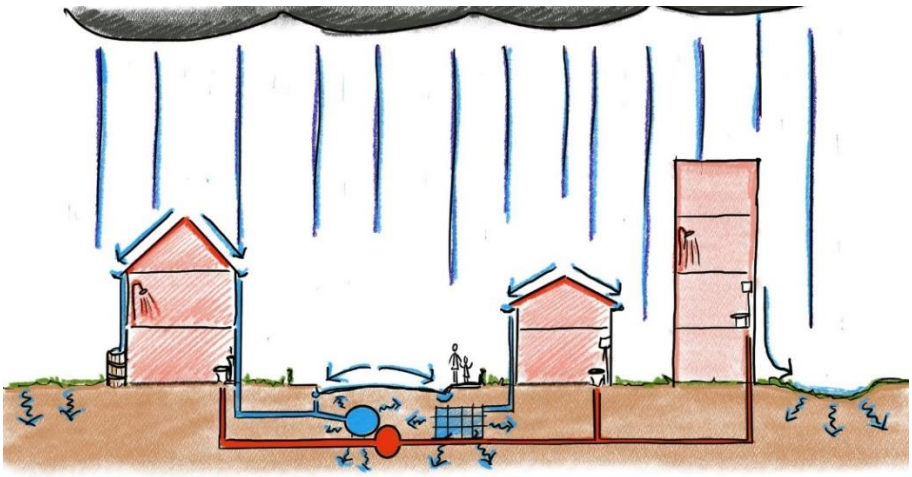
Inzetten op infiltratie bij particulieren

De Gemeente Bergeijk zet al in op infiltratie bij particulieren. Vanuit Bergeijk is een subsidieregeling voor het afkoppelen van daken en tuin op het rioolstelsel voor particulieren. Hiervan doet 80 procent mee en 70 procent van de 80 procent koppelt volledig af. In Maatregelen stedelijk gebied gaat dieper in op deze ontwikkeling. Verder is deze maatregel een autonome ontwikkeling. Dit houdt in dat deze ontwikkeling al in gang gezet is. De Gemeente Bergeijk is op dit moment druk bezig met het inzetten op infiltratie en om het huidige rioolstelsel klimaatbestendiger te maken. Deze maatregelen zijn een aanvulling op de ontwikkelingen die al plaats vinden.

Bij particulieren is het mogelijk om het dak en tuin aftekoppelen van het huidige rioolstelsel. Het regenwater wat valt infiltreert zo veel mogelijk op de percelen van particulieren. Het hemelwater wat op het dak valt wordt via de regenpijp afgevoerd op het riool. Door deze regenpijp aftekoppelen en er bijvoorbeeld een regenton aan te koppelen wordt het hemelwater opgevangen en kan het ingezet voor eigen gebruik. Hiermee kan bijvoorbeeld de tuin in drogere tijden besproeid worden (*Dit Kun Jij Doen Tegen: Wateroverlast - Arnhem Klimaatbestendig*, n.d.). Huizen afkoppelen van het vuilwatersysteem wil zeggen dat hemelwater wat op daken valt niet meer terecht komt in het vuilwatersysteem. Hierdoor is er minder rioolbuis nodig voor het afvalwater en stort bij nood, relatief schoon hemelwater op het oppervlak af. (*Hoe Ontstaat Wateroverlast? | Ons Water*, n.d.) Naast het afkoppelen van de regenpijp kan ook gedacht worden aan de verhouding tussen groen en verharding in de tuinen. Een groene tuin zorgt niet alleen voor minder wateroverlast of hittestress, maar ook voor een betere biodiversiteit. Door de bodem gezond te houden en diverse planten- en bloemen soorten in een tuin te zetten, worden ook veel beesten en insecten aangetrokken. Een groene tuin zorgt ervoor dat water langer vastgehouden wordt op de plek en de bodem niet zomaar uitdroogt. (*Levende Tuinen - Arnhem Klimaatbestendig*, n.d.)

Inzetten op infiltratie in de openbare ruimte

Een maatregel die bijdraagt om infiltratie in de openbare ruimte te stimuleren is het IT-riool systeem. Bergeijk is al bezig om het huidige gemengde rioolstelstel te vervangen voor een gescheiden rioolstelsel. Een gemengd rioolstelsel houdt in dat hemelwater en vuilwater samen door een buis gaan. Ook komt dan relatief schoonwater terecht bij waterzuiveringsinstallaties. Daarom is het van belang om het rioolstelsel aan te passen. Hemelwater en vuilwater gescheiden houden. Het beste is om ouden rioleringsbuizen waar het water nog gemengd is te vervangen voor een gescheiden stelstel (Wavin, 2017). Met behulp een IT-riool wordt hemelwater relatief dicht waar het gevallen is in de grond geïnfiltreerd. Als er plotseling te veel water valt, zal een deel van het water geïnfiltreerd worden en een deel van het water wordt afgevoerd naar elders. De grondwaterstand moet wel lager zitten dan de rioolbuis zelf, anders is infiltratie niet mogelijk. (*Omgekeerde Drainage/IT-Riool*, n.d.)



Figuur 13: Infiltratie openbare ruimte

De maatregel inzetten op infiltratie bij particulieren, inzetten op infiltratie in de openbare ruimte en staan in het programma van Bergeijk en zijn autonome ontwikkelingen.

Klimaatbuffer in wijken & industriegebieden
Een onderscheid wordt gemaakt voor de klimaatbuffer in stedelijk en in landelijk gebied. Deze twee klimaatbuffers worden uitgewerkt. In deze alinea gaat het over klimaatbuffer in het stedelijk gebied. En in de alinea hieronder over het landelijk gebied. Een klimaatbuffer is een gebied waarbij hemelwater opgevangen kan worden en vertraagd afvoert (een deel van het water zal in de grond infiltreren). Het primaire doel van de klimaatbuffer is om water vertraagd af te voeren, secundaire doel van een klimaatbuffer is om water in de bodem infiltreren. In de openbare ruimte van het stedelijk gebied (op de hoge flanken) wordt een deel van het hemelwater opgevangen in bijvoorbeeld klimaatbuffers en wadi's. (Anteagroup, 2022b)

Klimaatbuffer flank beekdal
Een klimaatbuffer wat tussen Bergeijk en de Keersop zou passen is een klimaatbuffer die de eerste klap van het hemelwater wat uit het stedelijk gebied kan opvangen. Zodat de Keersop deze klap met hemelwater niet krijgt. Het hemelwater wat in de klimaatbuffer wordt op een rustige afgevoerd via de Keersop. Rondom de Keersop kunnen locaties aangeduid worden waar watervast gehouden kan worden. Een klimaatbuffer heeft hierdoor wel een nadeel, als er achter elkaar veel water valt, kan het zijn dat de klimaatbuffer niet alles verwerkt en alsnog een klap op de Keersop komt met hemelwater. Een klimaatbuffer creëert ook een stuk natuur erbij. In de klimaatbuffer kan flora en fauna haar gang gaan. (*Nederland Klimaatbestendig, Mooier Én Veiliger | Natuurmonumenten*, n.d.) Zoals in de alinea hierboven beschreven, heeft de klimaatbuffer ook een secundaire werking. Een klein deel van het water infiltreert in de bodem.

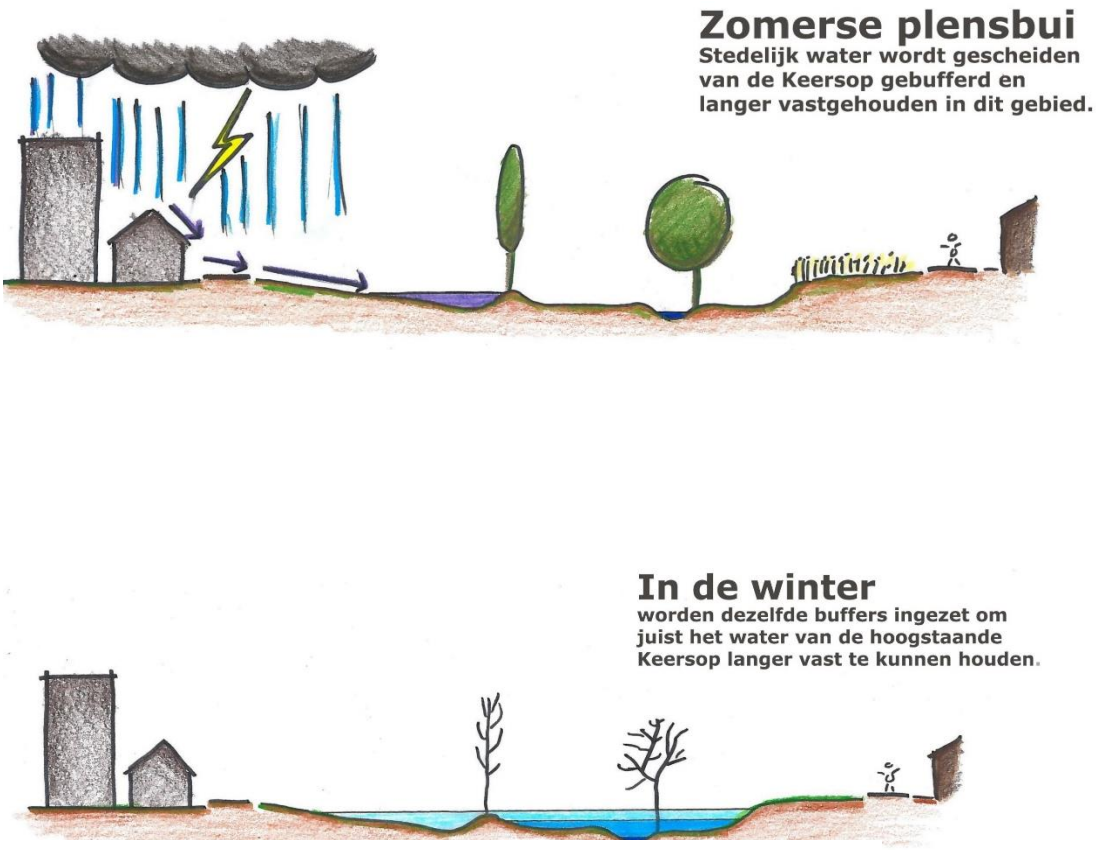
Ook hierbij kan water geborgen worden en vertraagd worden afgevoerd. Als er een te grote afvoer piek is, kan het water alsnog geloosd worden op de Keersop. Verder kan de buffer water en grondwater voeden in tijden van droogte (*Klimaatbuffers | Home*, n.d.). De klimaatbuffer kan het overtollige water wat valt in Bergeijk en Westerhoven opvangen en rustig afvoeren.

Voor de klimaatbuffer is een berekening gedaan naar de berging die nodig is voor het water in Bergeijk. Deze berekening is in Maatregelen stedelijk gebied verder uitgewerkt. De totale oppervlakte van het verhard stedelijk gebied is 3.100.000 m2. Dit komt neer op 310 hectare.

Tabel 3: Bergingsgrootte

Hoeveelheid berging (mm)	5 mm	10 mm	30 mm	60 mm
Totale hoeveelheid berging (m3)	12.500 m3	25.000 m3	75.000 m3	150.000 m3
Oppervlakte (m2) 0,5m bergingsruimte	25.000 m2	50.000 m2	150.000 m2	300.000 m2
Oppervlakte (ha)	2,5 ha	5 ha	15 ha	30 ha

Op basis van deze berekening kunnen afwegingen gemaakt worden voor de grootte van de klimaatbuffer, landschappelijke inpassing, kosten en grondposities. Ook ligt het aan het landgebruik of het mogelijk is om klimaatbuffers te realiseren. In bovenstaande tabel staat de oppervlakte in ha, dit komt neer op 5 tot 60 voetbalvelden qua grootte voor de klimaatbuffer.

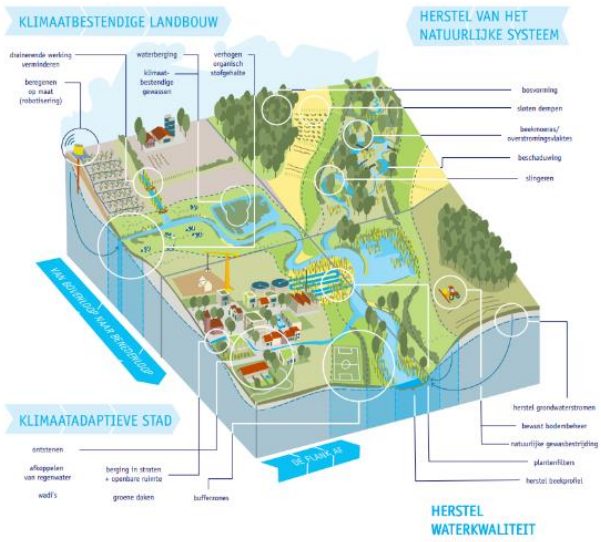


Figuur 14: Klimaatbuffer

4.3 Kanseninzicht

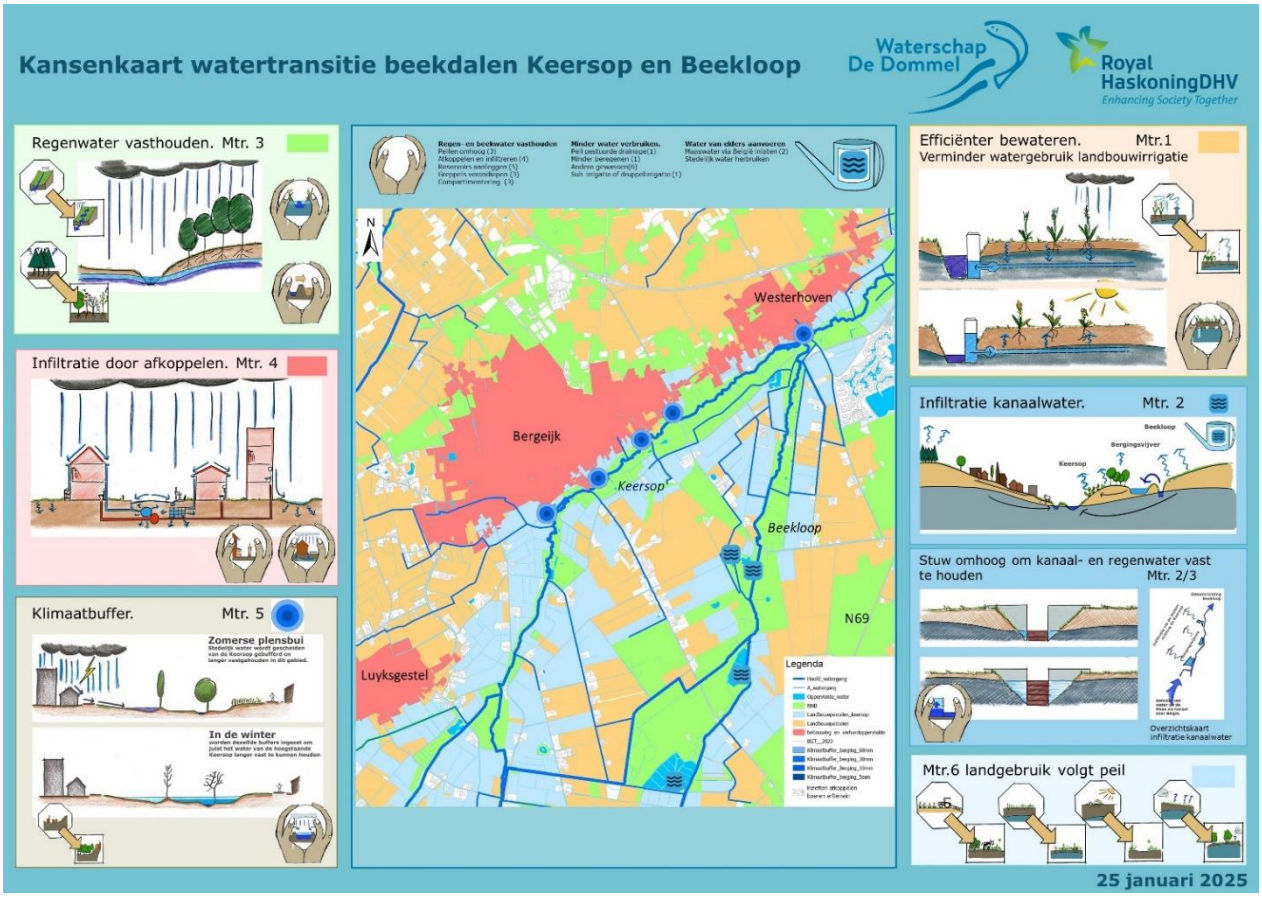
De kansen voor maatregelen die bestaan om toe te passen in het plangebied, zowel stedelijk als landelijk, zijn uitgewerkt in bovenstaande paragraaf. Deze zijn al onderverdeeld in verschillende typen maatregelen die ofwel toepasbaar zijn in landelijk gebied of in stedelijk gebied. Per type maatregel bestaan één of meerdere scenario's. De scenario's staan in onderstaande opsomming.

1. Efficiëntere beregening;
2. Infiltratie kanaalwater;
    a. Infiltratie in vijvers;
    b. Infiltratie d.m.v. stuwen en sloten;
3. Regenwater vasthouden;
    a. Bodemverbetering;
    b. Stuwen;
4. Inzetten op infiltratie door afkoppeling;
    a. Regenwater infiltreren in tuinen;
    b. Regenwater infiltreren in openbare ruimte;
5. Klimaatbuffer;
    a. Klimaatbuffer 5 mm;
    b. Klimaatbuffer 10 mm;
    c. Klimaatbuffer 30 mm;
    d. Klimaatbuffer 60 mm.



In de figuur hiernaast (Talsma, 2020) heeft STOWA een infographic opgesteld die het ideaal beeld van een klimaatbestendig watersysteem toont. De kansen zoals hierboven beschreven sluiten hierop aan.

Deze kansen zijn voor het gebied Keersop Midden vertaald naar een kansenkaart die hieronder is weergegeven, zie Figuur 15. Nu gaat het er om welke maatregelen uiteindelijk het meeste zullen bijdragen op gebied van efficiëntie, haalbaarheid, draagvlak en kosten. Paragraaf 4.4 geeft meer inzichten over deze afweging.



Figuur 15: Kansenkaart

4.4 Afwegingen

De mogelijke maatregelen zijn verwerkt in een kansenkaart, zie Figuur 15: Kansenkaart.

Door middel van een afwegingschema gebaseerd op de parameters kosten, draagvlak, effectiviteit en haalbaarheid wordt bepaald welke maatregelen het best passend zijn voor project Keersop Midden.

Verdiepende informatie is te vinden in bijlage Afweging matrix**.** De parameters:

- Kosten
  - De parameter kosten is belangrijk om de juiste afweging te kunnen maken voor het uitgeven van schaarse middelen. In dit overzicht worden alleen de kosten van de realisatie van de maatregelen meegenomen. Niet de kosten van het beheer ervan.
- Draagvlak
  - De parameter draagvlak is voor de verschillende maatregelen zeer bepalend voor de realiseerbaarheid ervan. Zonder oprechte aandacht voor de belangen van stakeholders kunnen deze stakeholders voor veel weerstand en vertraging zorgen bij de realisatie (Jonker, 2018). Daarnaast draagt de parameter bij aan de secundaire doelstelling om belangen van stakeholders in acht te nemen.
- Effectiviteit
  - De parameter effectiviteit is een maat voor de bijdrage van een maatregel bij het behalen van de doelstelling om verdroging tegen te gaan en neerslag op te vangen.
- Haalbaarheid
  - De parameter haalbaarheid geeft inzicht in hoe realistisch het realiseren van de betreffende maatregel is voor dit specifieke doelgebied. Het is in feite de maat voor de kans op succesvolle implementatie. Hierbij wordt gekeken naar aspecten als risico's en onzekerheden, ervaringen met deze maatregel in andere situaties, etc.

Tabel 4: Legenda afweging

• LEGENDA	
score / risico	**waardering**
Zeer positief	5
Positief	4
Neutraal	3
Negatief	2
Zeer negatief	1

Tabel 5: Afweging

	Effectiviteit	Haalbaarheid	Draagvlak	Kosten	Totaal
Maatregel 1a *Efficiëntere beregening*	4	3	2	1	10
Maatregel 2a *Infiltratie kanaalwater d.m.v. vijvers*	5	3	2	5	15
Maatregel 2b *Infiltratie kanaalwater d.m.v stuwen en sloten*	4	3	2	5	14
Maatregel 3a *Regenwater vasthouden d.m.v. bodemverbetering*	4	4	3	5	16
Maatregel 3b *Regenwater vasthouden met behulp van stuwen*	4	3	2	5	14
Maatregel 4a *Inzetten op infiltratie door afkoppelen: regenwater infiltreren in tuinen*	AUTONOME ONTWIKKELING				
Maatregel 4b *Inzetten op infiltratie door afkoppelen: IT-riool*					
Maatregel 5a *Klimaatbuffer 5mm*	2	5	3	5	15
Maatregel 5b *Klimaatbuffer 10mm*	3	4	3	5	16
Maatregel 5c *Klimaatbuffer 30 mm*	3	3	3	4	13
Maatregel 5d *Klimaatbuffer 60mm*	5	3	3	3	14

De maatregelen moeten altijd in relatie tot elkaar beschouwd worden. Zo is het implementeren van een maatregel met beperkte effectiviteit goed te verantwoorden als hiervoor groot draagvlak is en het realiseren tegen geringe kosten met een hoge kans op succes.

De afweging over welke maatregelen toegepast gaan worden, hoe de financiering georganiseerd wordt en wie hiervoor verantwoordelijk wordt dient in overleg met de betrokken stakeholders nog gemaakt te worden.

Voor het project van de herinrichting van het beekdal van Keersop Midden is een aparte afweging gemaakt.

Deze afwegingsmatrix is voor het afstudeeronderzoek opgesteld en kan mogelijk gebruikt worden om tot afwegingen te komen in welke maatregelen geïmplementeerd gaan worden.

5 Landbouwtransitie

In 4.2.1 wordt benoemd dat de huidige manier van landbouw niet geheel passend is bij vernatting van de bodem. In dit hoofdstuk wordt ook de deelvraag *"Wat zijn de afwegingen die gemaakt moeten worden om tot rendabele maatregelen voor het plangebied te komen en wat voor invloed heeft dit op de huidige manier van landbouw?"* gedeeltelijk beantwoord. Dit hoofdstuk gaat hier verder op in en geeft inzicht in de mogelijkheden die er zijn om met een nattere bodem wel landbouw te kunnen toepassen.

Vormen van landbouwtransitie die toegepast kunnen worden, zijn voornamelijk van belang voor ondernemers in de met blauw gearceerde gebieden op de kaart (Figuur 15). Watertransitie vraagt om teelt volgt peil. Daarnaast speelt de nitraatrichtlijn (Rijksoverheid, 2021b). Deze vraagt om verdere extensivering (minder bemesting en bestrijdingsmiddelen) langs beken en mogelijk ook andere hoofdwaterlopen. Dat geeft aanleiding om hier een omslag te maken in het landgebruik. Vochtige bodems hebben een kleinere draagkracht dan natte bodems waardoor het zware materieel dat gebruikt wordt voor landbouw niet ingezet kan worden (Lerink, 2020). Daarnaast is het ook niet mogelijk om bepaalde soorten voedsel te verbouwen op nattere grond, waardoor sommige ondernemers ander soorten voedsel moeten gaan verbouwen. Er zal een manier van natuurinclusieve landbouw moeten komen waardoor vernatting van de bodem geen (grote) negatieve gevolgen zal hebben voor landbouwers (4193 et al., 2021).

Dit hoofdstuk biedt inzichten op mogelijkheden die er zijn voor ondernemers om met nattere bodems hun werk te kunnen voortzetten. Uit onderzoek naar verschillende vormen van landbouw geschikt voor natte bodems is gebleken dat de volgende mogelijkheden aanwezig zijn en kansen hebben in Nederland:

- Biologische ondernemingen
- Natuurinclusieve landbouw
- Natte landbouw en paludicultuur

Daarnaast biedt dit hoofdstuk ook inzichten over stimulatie en steun vanuit organisaties en de overheid om deze vorm van landbouw te stimuleren. Deze stimulatie komt in de vormen van subsidies via bijvoorbeeld provincies en organisaties waar zij mee werken, maar kan ook komen door middel van het delen van kennis en verenigingen.

5.1 Mogelijkheden landbouwtransitie

Landbouwtransitie biedt veel mogelijkheden. Dit hoeft zich niet alleen te beperken tot biologische landbouw. Deze paragraaf geeft inzichten over de mogelijkheden die er zijn om de huidige manier van landbouw anders aan te pakken en passender te maken bij een nattere situatie en een veranderd klimaat.
Belangrijk: Landbouwtransitie kost tijd en geld. Dit kan niet bereikt worden in een tijdsbestek van één jaar, hier zijn jaren voor nodig. Geleidelijke veranderingen, steun en stimulatie en een omslag in het denken zijn cruciaal in dit proces [redacted]

5.1.1 Biologische landbouw

De meest effectieve vorm van natuurinclusieve landbouw is een biologische onderneming. Biologische landbouw richt zich op een bewuste, milieu- en diervriendelijke wijze van landbouw wat de belasting op de natuur verkleint (*Biologische Landbouw - WUR*, n.d.).

Biologische landbouw onderscheidt zich van 'reguliere' landbouw doordat het geen gebruik maakt van kunstmatige mest en chemische pesticiden. In plaats daarvan zet het natuurlijke compost in om de bodem vruchtbaar te houden en het organische stofgehalte in de bodem op peil te houden (Flanders' Food, 2008). Een verbetering in het organisch stofgehalte in de bodem draagt ook bij aan de bevordering van de ondergrondse biodiversiteit. Er komen hier namelijk meer regenwormen op af. Al deze factoren dragen bij aan een versterking van het ecologische systeem zowel bovengronds als ondergronds, waardoor het systeem weerbaarder en veerkrachtiger wordt. Door geen chemische bestrijdingsmiddelen te gebruiken op

de gewassen krijgt de biodiversiteit een minder grote klap en kan deze verder ontwikkelen. Een ander positief effect hiervan is dat er meer robuuste gewassen verbouwd worden die ook beter tegen stoten vanuit de natuur kunnen (*Vijf Basisprincipes van de Biologische Landbouw | Alles over Bio*, n.d.).

Praktijk casussen geven inzicht over de mogelijkheden van biologische landbouwondernemingen. Zo is er een [redacted]. Nat, droog, hoog en laag, de onderneming heeft er allemaal mee te maken. In plaats van dit als belemmering te zien wordt het beschouwd als kans om natuurbeheer en biologische landbouw te combineren. Zo is er een paarden pension, vleeskoeien, teelt de ondernemer zelf zijn veevoer (graan) en verkoopt de boer het overschot aan hooi aan omliggende paardenpensions. De onderneming anticipeert op de bodem en maakt gebruik van gepast materiaal. Door de inzet op meerdere takken is er altijd een bron van inkomsten en kan de biologische landbouwondernemer op een passende wijze te werk gaan en nog steeds winst te maken (Claessens, 2009).

In Nederland waren er in oktober zo een 1950 biologische landbouwondernemingen in Nederland werkzaam. Nederland is hierin een achterloper in vergelijking tot veel andere landen in de Europese Unie. Minder dan 10% van de Nederlandse landbouwondernemingen is biologisch (Olde Hanhof, 2022). Dit komt mede doordat het erg prijzig is. [redacted] gaven aan dat het op dit moment in Nederland nog niet rendabel genoeg is om een biologisch landbouwbedrijf te hebben. De Nederlandse consumenten vinden de producten vaak te duur en graviteren naar de niet biologische producten om op die manier toch de kosten een beetje te drukke[redacted]

5.1.2 Natuurinclusieve landbouw

Natuurinclusieve landbouw is een vorm van landbouw die met ecologische voedselproductie en -systemen werkt (*Natuurinclusieve Landbouw - WUR*, n.d.). Ongeveer 40% van de boeren in Nederland geeft aan iets te doen met natuurinclusieve landbouw, de intensiteit waarmee dit toegepast wordt blijft hierbij buiten beschouwing. Volgens Natuurmonumenten bestaan verschillende manieren om natuurinclusieve landbouw toe te passen. Een aantal mogelijkheden hiervan is om meer variatie in type gras aan te brengen wat bevorderend werkt voor biodiversiteit en vernatting (*Wat Is Natuurinclusief Boeren? | Natuurmonumenten*, n.d.). Vernatting helpt bij hittestress, maar het helpt ook bij het herstellen van vroegere landschappen en hydrologie (van Duinen et al., 2017). Een ander voorbeeld, van Wageningen University & Research, is om de bufferstrook[14] tussen sloot/beek/watergang en landbouwgrond passend te beheren. Dit houdt in dat er beperkt gemaaid wordt, niet direct langs het water bemest wordt en dat de sloot/beek/watergang ecologisch geschoond wordt (In Alblasserwaard-Vijfheerenlanden, n.d.).

Op zandgronden, zoals in het plangebied, kunnen twee soorten natuurinclusieve landbouw aangehouden worden, namelijk extensieve landbouw en intensieve landbouw. Extensieve landbouw is een vorm van landbouw waar minder van de bodem gevraagd wordt. Er wordt hierbij meer grond per dier vrij gemaakt en gebruikt en dieren kunnen langer buiten in de wei staan. Deze vorm van landbouw moet leiden tot een vermindering van stikstofuitstoot en een verbetering van de biodiversiteit. Daarnaast is er ook een vermindering in gebruik van stoffen zoals kunstmest en pesticiden waardoor de bodemkwaliteit en de waterkwaliteit na verloop van tijd naar verwachting zal verbeteren. Intensieve landbouw is een vorm van landbouw die vaak productiemiddelen inzet om zo de productie en winst te optimaliseren. Het productieproces is vaak dusdanig geoptimaliseerd dat het snel verloopt waardoor er meer winst gemaakt kan worden (Schrijver et al., 2022).

14

Extensieve natuurinclusieve landbouw kan in veel vormen komen. Een belangrijke factor bij natuurinclusieve landbouw is dat de grootte van de veehouderij afgestemd wordt op de hoeveelheid mest die in de lokale regio kan worden afgezet. Daarnaast zal er een transitie moeten komen in het grondgebruik. Dit houdt vaak in dat er in de nattere zones meer (kruidenrijke) graslanden, ruigten en nat schraalland in het beekdal voor zullen komen en dat akkerbouw in de hogere, drogere flanken plaats zal vinden (Wageningen University & Research, n.d.; Willem Erisman et al., 2017). Bij een intensieve vorm van natuurinclusieve landbouw is een circulair productieproces van groot belang. Een vorm hiervan is dat het veevoer niet meer apart verbouwd wordt in de agrarische sector, maar dat dit gaat bestaan uit een mix van stromen van de voedselproductie, voedingsindustrie, retail en de stad. Deze stromen gecombineerd met de toevoeging van extra eiwitten via bijvoorbeeld insecten en/of algen moet maken dat het vee de juiste voedingsstoffen binnen krijgt op een circulaire wijze (Wageningen University & Research, n.d.).

Naast de verschillen tussen extensieve en intensieve landbouw zijn er ook overeenkomsten. Beide vormen van natuurinclusieve landbouw zijn gericht op hoogwaardige voedselproductie. Om dit te bereiken is een sterke, weerbare en gezonde bodem cruciaal. Een vitale, organische bodem in combinatie met sterke gewasrassen zorgt voor een meer weerbare vorm van landbouw waarbij het gebruik van pesticiden gering kan zijn (Wageningen University & Research, n.d.; Willem Erisman et al., 2017).

In Noord-Brabant zijn verschillende ondernemingen die natuurinclusieve landbouw in de praktijk toepassen. Zo ook de [redacted] Op donderdag 01 december 2022 is [redacted] bezocht om te achterhalen hoe zij natuurinclusieve landbouw toepassen, welke voor- en nadelen zij ervaren en of het winstgevend is. Het interview is in [redacted] uitgewerkt (*In de Praktijk - Provincie N oord-Brabant*, n.d.). Daarnaast is er ook nog een interview afgenomen met [redacted], een initiatief om natuurinclusieve landbouw toe te passen om lokaal het eigen voedsel te [redacted]

5.1.3 Natte landbouw en Paludicultuur

Vernatting kan veel invloed hebben op de huidige manier van landbouw. Tegenwoordig is de bodem voor landbouw relatief droog. Dit is meestal bewust aangezien een natte bodem minder gewicht kan dragen dan een droge bodem. Vaak betekent dit dat het materieel dat agrariërs momenteel gebruiken niet ingezet kan worden aangezien dit te zwaar is voor de bodem en er dan sporen achterblijven van het materieel. Daarnaast kan vernatting voor veehouderijen nadelig zijn. Sommige koeien hebben bijvoorbeeld een bepaald gewicht waardoor zij ook sporen achter zullen laten en bijvoorbeeld het gras en de bodem vertrappen en hoefsporen achterlaten (de Wolf, 2021).

Omdat vernatting van het gebied cruciaal is voor toekomstbestendigheid is het belangrijk dat de landbouwsector hier ook in mee gaat. Natte landbouw draagt bij aan het verwijderen van stoffen als nitraat, fosfor en kalium. Daarnaast zorgt het ook voor een reductie in uitstoot van koolstofdioxide (*Natte Landbouw in Het Dommelgebied? | Waterschap De Dommel*, n.d.). Natte landbouw gaat over het werken met gewassen die ook werken als het grondwater hoog staat, dus gewassen die goed bestendig zijn tegen natte grond (de Vos et al., 2005; *Natte Landbouw - Klimaatadaptatie Provincie Noord-Brabant*, n.d.). Dit sluit aan bij het principe functie volgt peil.

Paludicultuur, een manier van natuurinclusieve en natte landbouw, is een vorm van landbouw die daardoor geschikt is voor hoge grondwaterstanden (*Paludicultuur – Natte Teelt - Natuurinclusieve Landbouw*, n.d.). In Duitsland wordt paludicultuur al toegepast en zijn hier positieve ervaringen mee opgedaan. Duitsland heeft zich de afgelopen 15 jaar ingezet om te experimenteren met paludicultuur en om dit zo effectief mogelijk te maken. Zo heeft Duitsland hier in 2013 zelfs de prijs voor onderzoek aan duurzame ontwikkelingen mee gewonnen. Echter is de vraag die blijft staan: past padicultuur bij Nederland en in hoeverre biedt het kansen voor het land (Fritz et al., n.d.)?

In Nederland is de vraag naar natuurinclusieve landbouw gering geweest. Door de jaren heen zijn hier wel onderzoeken naar gedaan, maar ook de hoeveelheid hiervan is beperkt gebleven. Uit Duitse experimenten en onderzoeken blijkt dat paludicultuur goed toepasbaar is in combinatie met bufferzones en waterbergingen. Daarnaast heeft paludicultuur ook een positief effect op de hoeveelheid fosfaat die afgevoerd kan worden. De afvoer van fosfaat bevordert de kansen voor natuurontwikkeling (Fritz et al., n.d.).

Ondanks de minimale hoeveelheid aan uitgevoerde onderzoeken in Nederland naar paludicultuur is er wel onderzoek gedaan naar de Nederlandse markt voor paludicultuur. Het onderzoek richt zich op de markt voor lisdodde, azolla, veenmos, watermunt, fruit (cranberry, blauwe bes, veenbraam) en gewassen met hoogwaardige toepassingen zoals kalmoes en riet. Uit het onderzoek blijkt dat de marktkansen voor azolla, lisdodde en veenmos het grootste is en dat de andere varianten minder tot weinig kans hebben. Omdat het onderzoek in 2016 is uitgevoerd is de kans groot dat de vraag naar gewassen die verbouwd worden d.m.v. paludicultuur toeneemt/is toegenomen (van Duursen & Nieuwenhuijs, 2016).

Naast de beperkte marktvraag naar producten verbouwd door paludicultuur zijn er ook nog andere risico's. Een belangrijke kanttekening die bij natte landbouw gemaakt moet worden is dat, zoals eerder benoemd, er in Nederland nog gering onderzoek is gedaan naar de mogelijkheden. Hier komt ook bij kijken dat er nog niet goed genoeg in kaart is gebracht wat de risico's zijn die hierbij komen kijken. Deze risico's kunnen in veel verschillende hoeken te vinden zijn. Denk aan voedselveiligheid, ziekte verspreiding, economie, en zo voort. Nader onderzoek over deze risico's is noodzakelijk om te ondervinden of deze manier van landbouw in Nederland in de praktijk uitvoerbaar is (Alblas, 2002; Willem Erisman et al., 2017).

5.2 Stimulatie en steun

Vanuit de provincie Noord-Brabant is er een organisatie die ondernemers steunt, stimuleert en hulp aanbiedt om ontwikkelingen en instandhouding van de natuur te combineren. [redacted] is een organisatie die samenwerkt met ondernemers, organisaties, overheden en particulieren. De organisatie biedt kansen en aanpakmogelijkheden voor (landbouw)ondernemingen die gelegen zijn in Natuurnetwerk Brabant, maar ook in gebieden daar omheen (Groen Ontwikkelfonds Brabant, 2022).

De steun die de organisatie biedt, kent verschillende vormen. Stel een ondernemer heeft concrete ideeën die natuurontwikkeling bevorderen, dan zijn er mogelijkheden om hier subsidies voor te krijgen. Daarnaast is Groen Ontwikkelfonds Brabant in het bezit van grond in NNB-gebieden en daarbuiten. Zij kunnen ondernemers ondersteunen om grond te ruilen of te kopen. Daarnaast biedt de organisatie ook mogelijkheden aan ondernemers om kennis op te doen en om in contact te komen met ondernemers die al ontwikkelingen hebben doorgevoerd (Groen Ontwikkelfonds Brabant, 2022). Provincie Noord-Brabant probeert ondernemers met concrete concepten te steunen en te stimuleren. Als het concept past bij de visie van de beoogde natuurontwikkeling kunnen zij tot wel €10.000,- ontvangen (*Natuurinclusieve Landbouw*, n.d.).

Op verschillende manieren kunnen landbouwers subsidies ontvangen. De ondernemers moeten dan aantonen dat ze een plan hebben om de ontwikkeling van natuurgebieden stimuleren. Eén van deze subsidies is het Subsidiestelsel Natuur en Landschap, vanaf nu SNL. Het Agrarisch Natuur- en Landschapsbeheer (ANLb) is onderdeel van deze subsidie. Deze subsidie kan men ontvangen door het beheer van een natuurgebied op zich te nemen om zo de beoogde natuurontwikkelingen van het gebied te realiseren. Deze subsidies kunnen bijvoorbeeld gegeven worden aan ondernemers die stukken land van Natuurnetwerk Nederland of Natura2000 beheren (*Subsidiestelsel Natuur En Landschap (SNL) - Bij12*, n.d.).

6 Conclusies

Het doel van dit onderzoek is om een vertaling te maken van het waterbeheerprogramma 2022-2027 van Waterschap De Dommel naar concrete afweegbare maatregelen voor (grond)waterbeheer voor het gebied zoals hierboven beschreven. Deze maatregelen worden voorgelegd aan het bestuur van het waterschap en de provincie Noord-Brabant en kan dienen als een bron voor beleid of besluitvorming. Bij het behalen van dit doel is het secundaire doel om de eisen en wensen van stakeholders die hier groot belang bij hebben in kaart te brengen en om deze waar mogelijk op te nemen in de eindkeuzes. Daarnaast heeft dit document als secundair doel om de impact van waterproblematiek inzichtelijk te krijgen en om hier passende maatregelen bij te vormen.

De daarbij beoogde hoofdvraag is:
Hoe kan op basis van het waterbeheerprogramma van Waterschap de Dommel de huidige problematiek omtrent wateroverlast en droogte in het beekdal tussen de waterscheiding van de Run en de waterscheiding van de Dommel aangepakt worden om tot een klimaatbestendig en waterrobuust systeem te komen?

Aanpassingen in het waterbeheersysteem in de afgelopen eeuwen hebben geleid tot een watersysteem dat is gericht op het zo snel mogelijk afvoeren van water. Dit heeft tot een zekere gewenste verdroging geleid die gunstig is voor de huidige manier van landbouwen.

De veranderingen in het klimaat leggen de zwaktes van dit systeem bloot. Water wordt te snel afgevoerd en onvoldoende vastgehouden waardoor verdroging ontstaat, het grondwaterpeil daalt aantoonbaar.

Zonder aanpassingen in het waterbeheersysteem is de verwachting dat het grondwaterpeil steeds verder onder druk te komt te staan. Dit gaat op langere termijn leiden tot de situatie dat landbouw in de huidige vorm niet mogelijk blijft.

Het Waterbeheerprogramma 2022 – 2027 biedt meerdere passende maatregelen en scenario’s om het grondwaterpeil op een aanvaardbaar niveau te reguleren. Een aantal van deze maatregelen is tegen beperkte kosten te realiseren met nog steeds een sterk effect.

Echter, zonder aanpassingen in de landbouwcultuur (transitie) is een duurzame aanpassing in het waterbeheersysteem in het buitengebied niet haalbaar. Zonder de medewerking van stakeholders (boeren) is geen van de maatregelen haalbaar. Er is dus een afhankelijkheid van landbouwtransitie en landbouwtransitie kost tijd. Draagvlak is de sleutel voor succes.

In het bebouwd gebied worden al meerdere maatregelen autonoom gerealiseerd op initiatief van de gemeente. Additioneel zijn er maatregelen mogelijk om een kosteneffectieve klimaatbuffer te ontwikkelen.

7 Adviezen

Het is belangrijk dat maatregelen worden geïmplementeerd om de grondwaterstand beter te reguleren zodat het onderzoeksgebied beter klimaatbestendig wordt en landbouw ook op langere termijn mogelijk blijft.

Het meest voor de hand liggend is te starten met scenario’s waarvoor een redelijk draagvlak bestaat en die ook qua kosten rendabel kunnen zijn. Dit zijn de scenario’s 3a voor het landelijk gebied en 5b voor het bebouwd gebied terwijl in bebouwd gebied de realisatie van scenario’s 4a en 4b voortgezet moeten worden. Met deze maatregelen kan een belangrijk deel van de doelstellingen behaald worden. Maatregel 2a kan in aangepaste vorm, waarbij geen aanpassing aan de omvang van de vijver wordt gedaan, op korte termijn extra effect realiseren zonder grote investering. Het betreft hier het bewust laten vollopen en overstromen van de vijver in de winterperiode.

Maatregel 5b, de klimaatbuffer voor 10mm, heeft direct effect terwijl het effect van grondverbetering (3a) uiteraard meer tijd kost. Deze combinatie is om die reden belangrijk.

Maatregelen 2b en 3b worden in feite met één investering in stuwen gerealiseerd. Deze maatregel hebben een sterke invloed op de vernatting van de bodem maar hebben als voordeel dat met deze stuwen het waterschap een essentieel instrument krijgt voor grondwaterstand beheersing.

Daarom is het belangrijk dat het waterschap actief gaat werken aan het draagvlak voor de maatregelen in het buitengebied door in gesprek te gaan en blijven met betrokken agrariërs. Zij moeten worden doordrongen van de noodzaak voor verdere maatregelen, ook voor het voortbestaan van landbouw in dit gebied. Het is essentieel om ook de overgang naar bij voorbeeld natuur inclusieve landbouw te bespreken. Hierbij kan het waterschap een adviserende rol nemen op het gebied van realisatie en eventueel beschikbare subsidies.

De combinatie van de adviezen levert een positief effect op de grondwaterstand en de beheersbaarheid daarvan. Tevens kan met deze combinatie actief geïrrigeerd worden en is het mogelijk om regenwater efficiënter te infiltreren.

Het wordt sterk aanbevolen om nader onderzoek te doen naar de exacte effecten van de maatregelen wanneer deze gerealiseerd worden in het plangebied bijvoorbeeld voor de definitieve keuze tussen klimaatbuffers 5a – 5d. Tevens is het belangrijk om te benoemen dat de kosten indicatief zijn voor de realisatie, maar dat beheerkosten buiten beschouwing zijn gelaten. Bij het meewegen van beheerkosten kan mogelijk tot een andere afweging worden gekomen.

Tot slot, al deze adviezen hebben geen waarde zonder enthousiasme en bereidbaarheid van de betrokkenen in het plangebied. Uitleg over de langdurige effecten hiervan op het plangebied en met nadruk op voordelen hiervan voor de betrokkenen moet dit plan de eerlijke kans kunnen geven die het nodig heeft.

Deze adviezen zijn opgesteld voor het afstudeeronderzoek voor Avans Hogeschool.

Literatuurlijst

4193, I. A., Raman, M., Adriaens, D., Wouters, J., & de Becker, P. (2021). *Advies over milderende maatregelen bij verwachte wijzigingen van de grondwaterstand*. https://www.natura2000.vlaanderen.be/passendebeoordeling

AHN Viewer | AHN. (n.d.). Retrieved September 28, 2022, from https://www.ahn.nl/ahn-viewer

Alblas, J. (2002). *Vernatting en gevolgen voor de teelt van akkerbouwgewassen*. www.ppo.dlo.nl

Alles over infiltratiekratten | Rockflow. (n.d.). Retrieved December 5, 2022, from https://www.rockwool.com/nl/toepassingen/rockflow/waarom-rockflow/infiltratiekratten/?msclkid=64864a4106251f05e357291aa2714c20&utm_source=bing&utm_medium=cpc&utm_campaign=Nochii%20-%20Algemeen%20(Simplified)&utm_term=infiltratie%20kratten&utm_content=Infiltratiekrat%20PHRASE

Anteagroup. (2022a). *Omgevingsvisie Bergeijk*.

Anteagroup. (2022b). *Omgevingsvisie Bergeijk*.

Baggeren - 8 definities - Encyclo. (n.d.). Retrieved January 9, 2023, from https://www.encyclo.nl/begrip/baggeren

Bartholomeus, R., de Wit, J., van Huijgevoort, M., van Deijl, D., & van den Eertwegh, G. (2021). *KWR2021_028 Regelbare drainage met subirrigatie en slimme stuwen_Veldproeven en modelanalyses*. www.programmalumbricus.nl

Bezem, J. (2020, May 15). Vernatting veenweiden: kabinet kiest voor ‘functie volgt peil’ - Waterforum. *Waterforum*. https://www.waterforum.net/vernatting-veenweiden-kabinet-kiest-voor-functie-volgt-peil/

Biologische landbouw - WUR. (n.d.). Retrieved December 4, 2022, from https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksprojecten-LNV/Expertisegebieden/Beleidsondersteunend-onderzoek/Afgeronde-projecten/Biologische-landbouw.htm

Borren, W., Bierkens, M. F. P., & van Vliet, L. (2017). *Dynamisch peilbeheer*. https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/DELTAFACTS/Deltafacts%20NL%20PDF%20nieuw%20format/Dynamisch%20peilbeheer.pdf

Brabantse Troonrede d.d. 20 september 2022. (n.d.). Retrieved December 8, 2022, from https://sway.office.com/OR58UAlwIWPHUpv3?ref=email

Chekol Zewdie, M. (2021). *How irrigation water impacts Ethiopian agriculture an applied economics study: dissertation*.

Claassen Moolenbeek & Partners. (n.d.). *Draagvlak creëren doe je zo - Claassen, Moolenbeek en Partners*. Claassen, Moolenbeek & Partners. Retrieved December 20, 2022, from https://www.cmenp.nl/draagvlak-creeren/

Claessens, B. (2009). *Boeren op natte grond*. Natuur Vakblad Bos Landschap. https://edepot.wur.nl/15535

Cleven, R., Rademakers, S., & Hendrix, K. (n.d.). *Toelichting* . Retrieved January 10, 2023, from https://www.montferland.info/sites/default/files/2020-04/SSK%20raming%20incl.%20bijlagen%20v5.0%20def.%208%20april%202019.pdf

Dammen, sluizen en stuwen | Rijkswaterstaat. (n.d.). Retrieved December 9, 2022, from https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/bescherming-tegen-het-water/waterkeringen/dammen-sluizen-en-stuwen

de Blois, L., & van der Spek, R. J. (2017). *Een kennismaking met de oude wereld Begrippenlijst*. www.reprorecht.nl

De Duinboeren - DuingoedDuingoed. (n.d.). Retrieved January 5, 2023, from https://duingoed.nl/de-duinboeren/

de Horde, R., Groenheide. Jelle, & de Vrind, O. (2022). 12092022.projectoverleg.notulen. *Intern Overleg Geschiedenis Keersop - Notulen*.

de Vos, J. A., Sival, F. P., Clevering, O. A., & van Kleef, J. (2005). *Stikstof- en fosfaatverliezen naar grond- en oppervlaktewater bij vernatting van landbouwgronden*. http://www2.alterra.wur.nl/Webdocs/PDFFiles/Alterrarapporten/AlterraRapport1392.pdf?_ga=2.68897491.35292055.1667210082-1058811120.1662532771

de Vrind, O. (2017a, April 12). *170413 R001 Integraal schetsontwerp Keersop*. Royal Haskoning DHV. https://royalhaskoningdhv.app.box.com/file/935563283414

de Vrind, O. (2017b). *Integraal Schetsontwerp*.

de Wolf, G. (2021). *Stichting BlauwZaam Opdrachtgever: Stichting BlauwZaam*. https://www.blauwzaam.nl/fileadmin/BlauwGroen/BlauwGroen_Fundament/Drukdrainage/Afstudeerverslag_Glenn_de_Wolf_eindversie.pdf

Deltaprogramma agrarisch waterbeheer. (n.d.). *Gerichte bemesting via druppelsystemen e.d.* Retrieved January 10, 2023, from https://agrarischwaterbeheer.nl/system/files/documenten/boek/gerichte_bemesting_via_druppelsystemen_e_d.pdf

Dirven-van Breemen, E. M., Hollander, A., & Claessens, J. W. (2011). *Klimaatverandering in het stedelijk gebied*.

Dit kun jij doen tegen: Wateroverlast - Arnhem Klimaatbestendig. (n.d.). Retrieved October 31, 2022, from https://www.arnhemklimaatbestendig.nl/maatregelen/dit-kun-jij-doen-tegen-wateroverlast/

Dolman, H., Moors, E., Elbers, J., Snijders, W., & Hamaker, P. (2005). *Het waterverbruik van bossen in Nederland*. https://edepot.wur.nl/515226

Drinkwaterplatform. (2021). *Over de watertransitie - Drinkwaterplatform*. https://www.drinkwaterplatform.nl/themas/watertransitie/over-de-watertransitie/

DYKA. (n.d.). *Technisch handboek Binnenriolering*. Retrieved January 10, 2023, from https://www.dyka.nl/media/documents/technisch-handboek-binnenriolering-nl.pdf

Explainer: IPCC Scenarios. (n.d.). Retrieved September 30, 2022, from https://cosmosmagazine.com/earth/climate/explainer-ipcc-scenarios/

Filius, P., & ten Kate, H. (2007). Veldkalibratie binnen handbereik? *Platform*. https://edepot.wur.nl/343168

Flanders' Food. (2008, February). *Biologische teelt versus klassieke landbouw - Flanders's FOOD*. https://www.flandersfood.com/nl/artikel/2008/02/21/biologische-teelt-versus-klassieke-landbouw

Fritz, C., Lamers, L., van Dijk, G., Smolders, F., & Joosten, H. (n.d.). Paludicultuur – kansen voor natuurontwikkeling en landschappelijke bufferzones op natte gronden. *Vakblad Natuur Bos Landschap*. Retrieved November 23, 2022, from https://edepot.wur.nl/304474

Google Maps. (n.d.). Google Maps. Retrieved September 19, 2022, from https://www.google.com/maps/@51.3323869,5.4069113,3400m/data=!3m1!1e3

Groen Ontwikkelfonds Brabant. (2022). *NATUUR & ONDERNEMEN ONDERNEMEND NATUURNETWERK IN BRABANT: KANSEN, AANPAK EN VOORBEELDEN D O E M E E !* www.groenontwikkelfondsbrabant.nl/kaart

GWWkosten.nl - Welkom op GWWkosten.nl. (n.d.). Retrieved December 20, 2022, from https://www.gwwkosten.nl/welkom

Hoe ontstaat wateroverlast? | Ons water. (n.d.). Retrieved October 25, 2022, from https://www.onswater.nl/onderwerpen/hoe-ontstaat-wateroverlast

Hoeveel regen valt er gemiddeld in Nederland? (n.d.). Retrieved December 13, 2022, from https://www.weeronline.nl/nieuws/hoeveel-regen-valt-er-gemiddeld-in-nederland

Hoving, I. E., van den Akker, J. J. H., Massop, H. T. L., Holshof, G. J., & van Houwelingen, K. (n.d.). *Precisiewatermanagement op veenweidegrond met pompgestuurde onderwaterdrains*. Retrieved January 10, 2023, from www.wageningenUR.nl/livestockresearch

HydroNET - Online weer- en waterinformatie op maat. (n.d.). Retrieved January 10, 2023, from https://www.hydronet.nl/

HydroNET Portal - Applications - HydroView. (n.d.-a). Retrieved September 28, 2022, from https://portal.hydronet.com/?appid=99

HydroNET Portal - Applications - HydroView. (n.d.-b). Retrieved October 14, 2022, from https://portal.hydronet.com/?appid=99

In Alblasserwaard-Vijfheerenlanden, M. (n.d.). *Op weg naar een New Deal tussen boer en samenleving*.

In de praktijk - Provincie Noord-Brabant. (n.d.). Provincie Noord-Brabant. Retrieved December 8, 2022, from https://www.brabant.nl/onderwerpen/landbouw-en-voedsel/boeren-met-natuur/in-de-praktijk

Ingenieursbureau van den Bosch. (2021, December 9). *C210144.001.003 Rapportage bodemonderzoek Klisserbeemden Bergeijk*. https://royalhaskoningdhv.app.box.com/file/989255754085

Jonker, J. (2018, April 4). *Alles over stakeholders, stakeholdermanagement en de stakeholdertheorie - Boommanagement*. Boommanagement. https://boommanagement.nl/artikel/alles-stakeholders-stakeholdermanagement-en-de-stakeholdertheorie/

Kapsenberg, F. P., & Hoefnagels. A.J.M. (1998). De Bosnota Limburg. *Nederlands Bosbouw Tijdschrift*. https://edepot.wur.nl/113977

Klimaatbuffers | Home. (n.d.). Retrieved November 29, 2022, from https://www.klimaatbuffers.nl/

KNMI. (n.d.). *KNMI - Overzicht van de neerslag en verdamping in Nederland*. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut. Retrieved December 1, 2022, from https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/gegevens/monv

KNMI. (2010, December). *KNMI - Hoe warmen broeikasgassen de aarde op?* Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut. https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/hoe-warmen-broeikasgassen-de-aarde-op

KNMI. (2016, October 17). Extreem weer | KNMI specials. *KNMI Specials 01*. https://magazines.rijksoverheid.nl/knmi/knmispecials/2016/01/extreem-weer

KNMI - Verdamping in Nederland. (n.d.). Retrieved December 13, 2022, from https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/verdamping-in-nederland

Lerink, P. (2020). *Bodemdraagkracht en bodembelasting*. HWodKa. https://hwodka.nl/index.php/100-bodemdraagkracht-en-bodembelasting

Lesschen, J. P., Heesmans, J., Mol-Dijkstra, J., van Doorn, A., Verkaik, E., van den Wyngaert, I., & Kuikman, P. (2012). *Mogelijkheden voor koolstofvastlegging in de Nederlandse landbouw en natuur*. https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/247683

Levende tuinen - Arnhem Klimaatbestendig. (n.d.). Retrieved October 31, 2022, from https://www.arnhemklimaatbestendig.nl/maatregelen/levende-tuinen/

'Lozingsvergunningen voor afvalwater moeten transparanter' - Drinkwaterplatform. (2021). https://www.drinkwaterplatform.nl/lozingsvergunningen-voor-afvalwater-moeten-transparanter/

Maas Geesteranus, M., Nijhof, A., Alkemade, F., Huysmans, M., Tops, P., & Koekkoek, T. (2022). *Eindrapport adviescommissie Droogte: Zonder water, geen later*. https://www.brabant.nl/actueel/nieuws/water-en-bodem/2022/eindrapport-adviescommissie-droogte-zonder-water,-geen-later

Massop, H. Th. L., van Bakel, P. J. T., Kroon, T., Kroes, J. G., & Werkman, W. (2005). *Op zoek naar de "ware" neerslag en verdamping*. https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/45758

Menkveld, S. (n.d.). *UPN Grondwater Keersop midden*. Retrieved September 20, 2022, from https://royalhaskoningdhv.app.box.com/file/996930584731

Montgomery, O., & Storm van Leeuwen, Q. (2021, September 22). *Haalbaarheidsonderzoek in 6 eenvoudige stappen - GetApp*. https://www.getapp.nl/blog/2228/een-haalbaarheidsonderzoek-uitvoeren-in-6-stappen

Moors, E. J., Dolman, A. J., Bouten, W., & Veen, A. W. L. (1996). *De verdamping van bossen*. https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/361947

Natte Landbouw - Klimaatadaptatie Provincie Noord-Brabant. (n.d.). Retrieved December 8, 2022, from https://www.klimaatadaptatiebrabant.nl/klimaatverhalen/natte-landbouw

Natte landbouw in het Dommelgebied? | Waterschap De Dommel. (n.d.). Retrieved December 8, 2022, from https://www.dommel.nl/natte-landbouw-in-het-dommelgebied

Natuurinclusieve Landbouw. (n.d.).

Natuurinclusieve landbouw - WUR. (n.d.). Retrieved December 8, 2022, from https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/onderzoeksinstituten/environmental-research/programmas/biodiversiteit/natuurherstel/natuurinclusieve-landbouw.htm

Nederland klimaatbestendig, mooier én veiliger | Natuurmonumenten. (n.d.). Retrieved January 2, 2023, from https://www.natuurmonumenten.nl/projecten/klimaatbuffers/nederland-klimaatbestendig

Nota peilbeheer in vrij afwaterende gebieden. (n.d.). Retrieved December 8, 2022, from https://lokaleregelgeving.overheid.nl/CVDR645828

Olde Hanhof, B. (2022). Nederland blijft ver achter bij groei biologische landbouw. *NOS*. https://nos.nl/artikel/2449743-nederland-blijft-ver-achter-bij-groei-biologische-landbouw

O'Mahoney, T., de Loor, A., & Kortlever, W. (2018). *Afvoercapaciteit stuwen*. www.nattekunstwerkenvandetoekomst.nl

Omgekeerde drainage/IT-riool. (n.d.). Retrieved October 28, 2022, from https://www.rainproof.nl/toolbox/maatregelen/omgekeerde-drainageit-riool

Ondergrondgegevens | DINOloket. (n.d.). Retrieved September 19, 2022, from https://www.dinoloket.nl/ondergrondgegevens

Over SDG Nederland - SDG Nederland. (n.d.). Retrieved December 8, 2022, from https://www.sdgnederland.nl/over-sdg-nederland/#onzemissie

Overlast door grondwater | Waternet. (n.d.). Retrieved December 9, 2022, from https://www.waternet.nl/ons-water/grondwater/overlast-door-grondwater/

Paludicultuur – natte teelt - Natuurinclusieve Landbouw. (n.d.). Retrieved December 9, 2022, from https://www.landbouwmetnatuur.nl/maatregelen/paludicultuur-natte-teelt/

Prather, M., Flato, G., Friedlingstein, P. U., Jones, C., Lamarque, J.-F., Liao, H., Rasch, P., Boucher, O., Bréon, F.-M., Carter, T., Collins, W., Dentener EU, F. J., Dlugokencky, E. J., Dufresne, J.-L., & Willem Erisman, J. (n.d.). *AII Editorial Team: Contributors*.

Projecten | Klimaatbuffers. (n.d.). Retrieved December 29, 2022, from https://www.klimaatbuffers.nl/projecten

Regenwatersysteem - Arnhem Klimaatbestendig. (n.d.). Retrieved December 5, 2022, from https://www.arnhemklimaatbestendig.nl/maatregelen/regenwatersysteem/

RHDHV. (2022a, November 1). *Half verharding*.

RHDHV. (2022b, November 21). *type buien*.

Richtlijn Peilbeheer. (2012). https://edepot.wur.nl/402522

Rijksoverheid. (2019). *Bedrijfsgrootte en economische omvang landbouwbedrijven, 2000-2018 | Compendium voor de Leefomgeving*. https://www.clo.nl/indicatoren/nl212208-bedrijfsgrootte-en-economische-omvang-landbouwbedrijven-

Rijksoverheid. (2021a). *6.3 Doeltreffendheid/effectiviteit | Kenniscentrum voor beleid en regelgeving*. https://www.kcbr.nl/beleid-en-regelgeving-ontwikkelen/integraal-afwegingskader-voor-beleid-en-regelgeving/6-wat-het-beste-instrument/63-doeltreffendheideffectiviteit

Rijksoverheid. (2021b, November 26). *Zevende Actieprogramma Nitraatrichtlijn na consultatie aangepast | Nieuwsbericht | Rijksoverheid.nl*. Rijksoverheid. https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2021/11/26/zevende-actieprogramma-nitraatrichtlijn-na-consultatie-aangepast

RIONED. (2019, January 2). *Bui01 - Bui10 - RIONED*. RioNED. https://www.riool.net/bui01-bui10

Riool - Wikipedia. (n.d.). Retrieved December 9, 2022, from https://nl.wikipedia.org/wiki/Riool

Rioolstelsels - DYKA Kennis. (n.d.). Retrieved December 9, 2022, from https://kennis.dyka.nl/buitenriolering/rioolstelsels/

Roberts, D. C., Portner, H.-O., Tignor, M. M. B., Alegria, A., Loschke, S., Poloczanska, E., Craig, M., Moller, V., Okem, A., Mintenbeck, K., Langsdorf, S., & Rama, B. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and vulnerability*. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_FullReport.pdf

'Roelandse, A. 'Hoogland, F. (2022). *Infiltratie bovenloop Beekloop en Keunensloop*.

Royal haskoningDHV. (2022, November 1). *Berging*.
Royalhaskoning. (n.d.). *QGIS Keersop midden*.
Schrijver, R., Westerink, J., Jong, K. de, Smit, B., Meer, R. van der, Dijkshoorn, M., Schrijver, R., Westerink, J., Jong, K. de, Smit, B., Meer, R. van der, & Dijkshoorn, M. (2022). *Verdienmodellen voor extensieve landbouwbedrijven: pijlers, principes en perspectieven*. 1 online resource (PDF, 101 pages) : https://www.wur.nl/nl/show/inzet-van-de-overheid-nodig-voor-een-goed-verdienmodel-extensieve-landbouw.htm
Snellen, B. (2017). *Bodem als buffer*. https://www.stowa.nl/deltafacts/zoetwatervoorziening/droogte/bodem-als-buffer
Soorten riolering - RIOOLINFO. (n.d.). Retrieved December 9, 2022, from https://www.riool.info/soorten-riolering
Stantec.io. (n.d.). *Wijken van de Toekomst*. Retrieved December 9, 2022, from https://www.stantec.com/nl/services/neighborhoods-of-the-future
STOWA. (2018). *Regelbare drainage*.
Subsidiestelsel Natuur en Landschap (SNL) - Bij12. (n.d.). Retrieved December 9, 2022, from https://www.bij12.nl/onderwerpen/natuur-en-landschap/subsidiestelsel-natuur-en-landschap/
Suevia BN | Agrarische drinksystemen, breektanks en Solar systemen. (n.d.). Suevia. Retrieved December 8, 2022, from https://www.suevia.nl/infiltratie-en-peilgestuurde-drainage.aspx
Suevia B.N. bv. (n.d.). *Solar in- en uitfiltratiesyseem - Suevia BN bv* . Retrieved January 4, 2023, from https://www.suevia.nl/Detailsproduct/201.1370/solar-in--en-uitfiltratiesyseem/0?empty=x&clientWidth=1536&clientHeight=754
Talsma, M. (2020). *Praatplaat Klimaatbestendig Beekdallandschap | STOWA*. https://www.stowa.nl/publicaties/praatplaat-klimaatbestendig-beekdallandschap
The interpretation of the variations in leaf water potential and stomatal conductance found in canopies in the field. (1976). *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, *273*(927), 593–610. https://doi.org/10.1098/RSTB.1976.0035
Toponiemen. (n.d.). Royal HaskoningHDV. Retrieved September 20, 2022, from https://royalhaskoningdhv.app.box.com/file/935563761423
Topotijdreis: 200 jaar topografische kaarten. (n.d.). Retrieved October 27, 2022, from https://www.topotijdreis.nl/
Uni van Waterschappen, LTO Nederland, & Ministerie van Infrastructuur en Milieu. (n.d.). *Deltaprogramma Agrarisch Waterbeheer*. Retrieved January 10, 2023, from https://agrarischwaterbeheer.nl/system/files/documenten/boek/stuwtjes_om_water_vast_te_houden.pdf
van Bakel, J., van den Eertwegh, G., Worm, B., & Mensink, J. (2019). *Slim peilbeheer in haarvaten van watersystemen met SAWAX-stuw*. https://edepot.wur.nl/496074
van Bakel, P. J. T. (1985). *Effecten van peilbeheer in het gebied “De Monden” (Drenthe)*. https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/333018
van den Eertwegh, G., van Bakel, J., Massop, H., van Dam, J., Bosveld, F., & Veldhuizen, A. (2021). *Efficiëntie van beregening*. https://edepot.wur.nl/531301
van der Laan, I. (2013). *Waterkwaliteitsanalyse “Keersop” Haalbaarheid Natura 2000 doelen in relatie tot KRW typering Iris van der Laan*.
van der Wal, B. (2016). *Grondwatereffecten visvijvers Haasendonkerweg*. https://www.planviewer.nl/imro/files/NL.IMRO.1507.BHHAASENDONKWEGVV-OVV1/b_NL.IMRO.1507.BHHAASENDONKWEGVV-OVV1_tb8.pdf
van Dongen-Hermans, J. M., & Callewaert-de Groot, A. (2019). *Beleid riolering en water VGRP (Verbreed Gemeentelijk Rioleringsplan) 2020-2024 gemeente Bergeijk*. https://lokaleregelgeving.overheid.nl/CVDR638079#d251617716e234
van Duinen, G.-J., von Asmuth, J., van Loon, A., van der Schaaf, S., & Tomassen, H. (2017). *Duurzaamherstel van hoogveenlandschappen*.

https://www.natuurkennis.nl/Uploaded_files/Publicaties/obn212-nz-duurzaam-herstel-hoogveenlandschappen.56d5db.pdf

van Duursen, J., & Nieuwenhuijs, A. (2016). *Marktverkenning Paludicultuur*. https://www.veenweiden.nl/wp-content/uploads/2018/09/Marktverkenning-Paludicultuur.pdf

van Gaalen, F., & van Grinsven, H. (2017). *Vijf vragen en antwoorden over nutriënten en waterkwaliteit*. https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2017-nutrienten-en-waterkwaliteit-2916.pdf

Vijf basisprincipes van de biologische landbouw | Alles over Bio. (n.d.). Retrieved December 5, 2022, from https://allesoverbio.be/artikels/ken-je-deze-vijf-basisprincipes-van-de-biologische-landbouw-al

Wageningen University & Research. (n.d.). *Natuur Inclusieve Landbouw | JAMdots*. Retrieved December 8, 2022, from https://v3.jamdots.nl/view/30079/Natuur-Inclusieve-Landbouw

Wat is de betekenis van zandwinning. (n.d.). Retrieved January 9, 2023, from https://www.ensie.nl/betekenis/zandwinning

Wat is natuurinclusief boeren? | Natuurmonumenten. (n.d.). Natuurmonumenten. Retrieved December 8, 2022, from https://www.natuurmonumenten.nl/landbouw/wat-natuurinclusief-boeren

Waterkwaliteit en lozing afvalwater | Rijkswaterstaat. (n.d.). Retrieved December 9, 2022, from https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/waterkwaliteit/maatregelen-waterkwaliteit/waterkwaliteit-en-lozingen-afvalwater

Waterschap De Dommel. (n.d.). *Vastgestelde Legger Waterstaatswerken 2021 Waterschap De Dommel*. Retrieved January 10, 2023, from https://wdedommel.maps.arcgis.com/apps/instant/minimalist/index.html?appid=67d648feeaac45c5879d1cc051befbc7

Waterschap de Dommel. (2022). *Waterbeheerprogramma 2022-2027*.

Wavin. (2017). *Stedelijk regenwaterbeheer*.

Wijkamp – Farming Solutions. (n.d.). Retrieved January 5, 2023, from https://wij-kamp.nl/

Willem Erisman, jan, van Eekeren, nick, Bolk instituut Anne van Doorn, L., Geertsema, W., & Polman, nico. (2017). *Maatregelen Natuurinclusieve landbouw*. www.wageningenur.nl

Wivi - Drukrioleringen. (n.d.). Retrieved December 9, 2022, from http://www.wivi.nl/drukriolering.html

Zuinig op ons water met nieuwe waterverbruiktool | Nieuwsbericht | Ons water. (2021). https://www.onswater.nl/actueel/nieuws/2021/06/18/zuinig-op-ons-water-met-nieuwe-waterverbruiktool

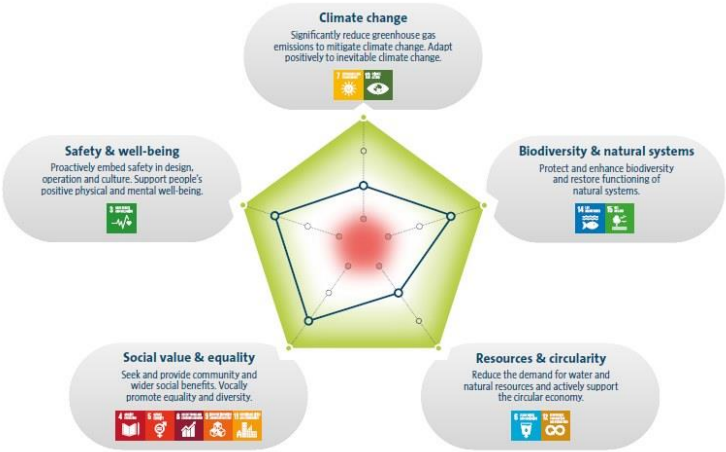
Bijlage 1

Sustainable Development Goals

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

A1 Sustainable Development Goals

De sustainable development goals, vanaf nu SDG's, zijn doelen die opgesteld zijn door de Verenigde Naties (VN). Deze doelen moeten ervoor zorgen dat er wereldwijd aandacht, geld, ruimte en tijd gestoken wordt in welvaart en minder ongelijkheid. Het moet een bijdrage leveren aan de bescherming en bevordering van biodiversiteit en het klimaat beschermen. De in het totaal 17 doelen geven inzicht in wat de Verenigde Naties in 2030 bereikt willen hebben(*Over SDG Nederland - SDG Nederland*, n.d.).



Figuur 16: SDG's

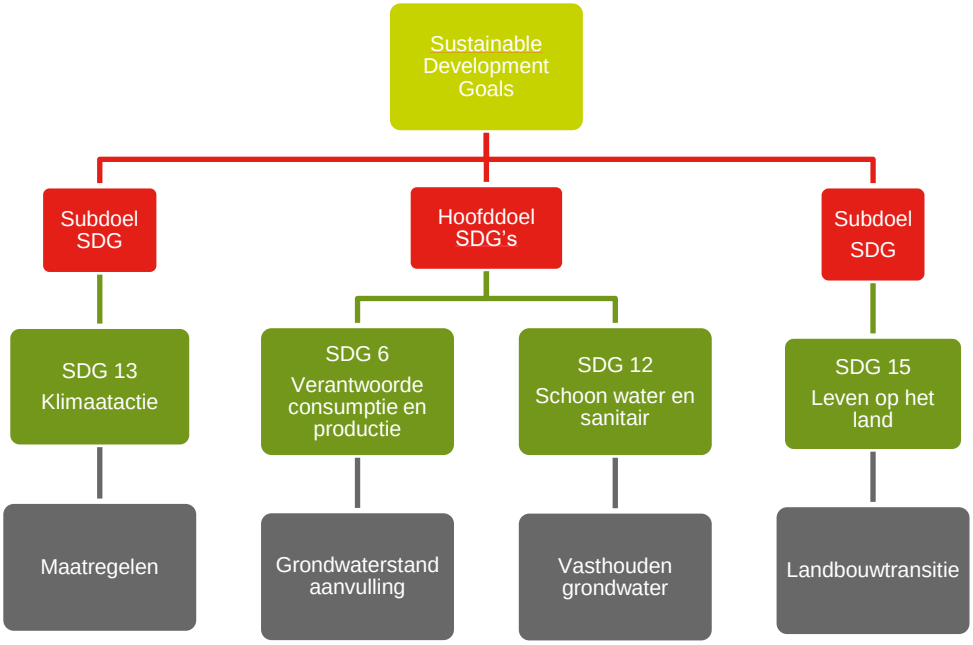
Royal HaskoningDHV is actief bezig met de SDG's en draagt bij aan de verduurzaming van de wereld (*Brabantse Troonrede d.d. 20 September 2022*, n.d.). In Figuur 16 staat een overzicht van de SDG's en in hoeverre Royal HaskoningDHV hieraan bijdraagt. In het overzicht is te zien dat er veel aandacht is voor veiligheid en welzijn, biodiversiteit en natuurlijke systemen en sociaal belang en gelijkheid, maar dat er nog wel wat te behalen valt op het vlak van klimaatverandering en grondstoffen en circulariteit.

Dit onderzoek draagt bij aan het bereiken van de SDG's. Omdat de SDG's erg uiteenlopend zijn en er op veel vlakken ruimte is voor verbetering, is de keuze gemaakt om het onderzoek te richten op twee doelen namelijk:

Doel 6: Schoon water en sanitair
Doel 12: Verantwoorde consumptie en productie

Naast de doelen 6 en 12 zijn er ook nog andere doelen waar kansen liggen om mee te pakken, namelijk:

Doel 13: Klimaatactie
Doel 15: Leven op het land



Figuur 17: SDG's afstudeeronderzoek

Doelen 6 en 12. De beschikbaarheid van schoon drinkwater in Nederland komt onder druk te staan wanneer de grondwaterstand te ver daalt. De consumptie van het water en het waterproductieproces moeten anders. Het veranderende klimaat, waaronder langaanhoudende periodes van droogte en hitte, in combinatie met de huidige waterhuishouding en het gebruik van water vormen een gevaar voor de (ondergronds) watervoorraad. Dit onderzoek richt zich op de aanvulling van grondwater en het vasthouden van neerslag om een passende waterhuishouding voor het huidige klimaat te creëren en verdroging van de bodem tegen te gaan. Door de focus te leggen op de aanvulling van grondwater wordt het productieproces van water dat gebruikt wordt verantwoordelijker.

[redacted]

Dit onderzoek raakt ook de doelen 13 en 15. Uiteindelijk richt het onderzoek zich op het verbeteren van de leefbaarheid wat betreft water. Verschillende factoren komen hieraan te pas. Denk bijvoorbeeld aan bewustwording van watergebruik bij de consumenten en fabrieken, het implementeren van maatregelen die verdroging kunnen beperken/tegengaan en het verbeteren van de leefomgeving van flora en fauna. Om deze doelen te bereiken is verantwoorde omgang met de omgeving en een circulair proces van groot belang. De natuur wordt volledig gebruikt en uitgeput, maar er wordt weinig tot niets teruggegeven. Binnen dit onderzoek ligt de focus op het circulaire proces van onttrekking en aanvulling van (grond)water en daarmee ook de bijdrage aan het ervoor zorgen dat er genoeg water is en blijft voor iedereen in Nederland.

Bijlage 2

Waterbalans

Subtitel

Royal HaskoningDHV

A2 Waterbalans

Deze bijlage geeft inzicht in de gegevens die gebruikt zijn om de waterbalans op te stellen en waarom deze gegevens gebruikt zijn.

A2.1 Redenatie waterbalans

De waterbalans is opgesteld om inzichtelijk te maken hoe het watersysteem van de Keersop in elkaar zit en of er factoren zijn waardoor het watersysteem in disbalans kan raken. Het dient als extra factor om wel of niet aan te kunnen tonen of er rondom het water in Keersop Midden problematiek heerst. Met de hulp van een waterbalans kan met verschillende factoren een overzicht gecreëerd worden wat een visueel beeld schept.

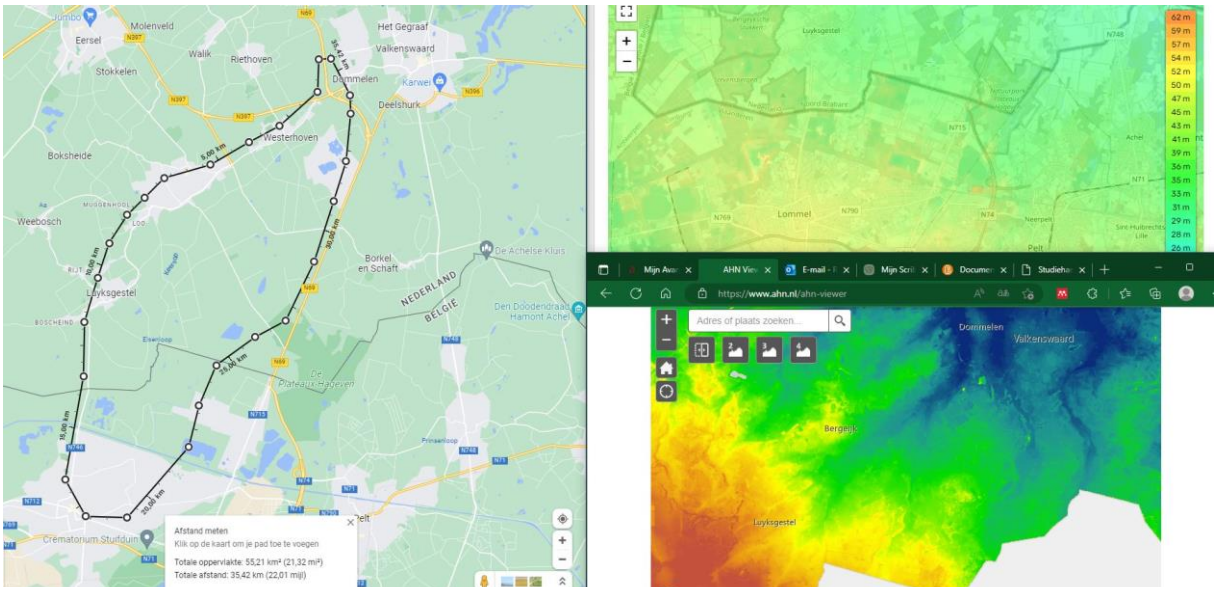
Belangrijk is dat in acht genomen wordt dat de waterbalans geen exacte weergave van de realiteit is. Bepaald factoren en onzekerheden zijn niet meegenomen. Denk hierbij aan dat de verdamping in de realiteit anders kan zijn dan de verdamping die door het KNMI is berekend en dat de toevoer van kwelwater en infiltratie van water niet opgenomen is in de waterbalans. Zo bestaan er nog meer factoren die niet opgenomen zijn in de waterbalans. De belangrijkste factoren, namelijk neerslag, verdamping, aanvoer vanuit België en afvoer vanuit de Keersop staan in de waterbalans. Deze factoren spelen de grootste rol waardoor wel een beeld ontstaat van hoe de situatie er ongeveer wuit ziet.

A2.2 Gegevens waterbalans

De gegevens die zijn gebruikt voor de waterbalans zijn in Tabel 6 verwerkt om goed overzicht te creëren. De berekeningen en waardes zijn toegelicht in deze paragraaf.

A2.3 Oppervlak bepalen

De eerste stap is het oppervlakte voor de waterbalans bepalen. Het oppervlak voor de waterbalans is afhankelijk van hoe de waterscheidingen liggen. Vanaf het hoogste punt kan het water namelijk twee kanten op stromen, twee verschillende beekdalen in. Op basis van de beschikbare hoogtekaarten van onder andere AHN-viewer is het mogelijk om te achterhalen waar de waterscheidingen liggen. Vervolgens kan een inschatting gemaakt worden van hoe groot de oppervlakte op basis van de hoogtekaarten is.



Figuur 18: Oppervlakte waterbalans

Op basis van de hoogtes en als eindpunt het meetpunt Keersoppermolen kan worden bepaald wat ongeveer het oppervlakte is. Met behulp van deze gegevens komt de oppervlakte uit op om en nabij 55 km2.

A2.4 Neerslag en verdamping

Voorafgaand aan de vastlegging van de neerslag en verdamping per jaar, moet eerst bepaald worden welke jaren gebruikt worden om met elkaar te vergelijken. De eerste stap is om te ondervinden wat de gemiddelde verdamping en neerslag in Nederland op jaarbasis is.

Volgens het KNMI verdampt er op jaarbasis gemiddeld 600 mm. Dit gemiddelde is genomen van een periode van 30 jaar (1991-2020) (*KNMI - Verdamping in Nederland*, n.d.).Op jaarbasis valt er in Nederland gemiddeld om en nabij 850 mm (*Hoeveel Regen Valt Er Gemiddeld in Nederland?*, n.d.).

Aan de hand van deze gegevens van KNMI kan de jaarhoeveelheid neerslag en verdamping vergeleken worden. De gegevens zijn in Tabel 6 verwerkt waardoor een overzicht is gecreëerd van de waardes. Daarnaast is het ook belangrijk dat er genoeg meetgegevens beschikbaar zijn van de aanvoer en afvoer van het water naar en uit de Keersop. Er is voor gekozen om de jaren 2014 en 2018 te nemen.

Tabel 6: Gegevens waterbalans

Omschrijving	Waarde
Neerslag 2014	808 mm
Verdamping 2014	618 mm
Neerslag 2018	688 mm
Verdamping 2018	705.8 mm
Oppervlak gebied	55 km2
Oppervlak verdamping	51.7 km2
Aanvoer grote Fosséstraat 2014 (x miljoen)	7.3 m3
Aanvoer grote Fosséstraat 2018 (x miljoen)	8.3 m3
Afvoer Keersoppermolen 2014 (x miljoen)	19.0 m3

Afvoer Keersoppermolen 2018 (x miljoen)	15.9 m3

De totale verdamping en neerslag is als volgt berekend:

Neerslag

Jaar 2014:

Neerslag	Oppervlak	Eindsom (neerslag x oppv)
808 mm	55 km2	
0.808 m	55000000 m2	44.3 m3 (x miljoen)

Jaar 2018:

Neerslag	Oppervlak	Eindsom (neerslag x oppv)
688 mm	55 km2	
0.688 m	55000000 m2	37.8 m3 (x miljoen)

Verdamping

Voor de verdamping moet de oppervlakte iets kleiner zijn, aangezien verhard oppervlakte niet verdampt. Daarom is ervoor gekozen om het centrum van de gebieden Bergeijk, Luyksgestel en Lommel niet op te nemen in de oppervlakte.

Daar komen de volgende waarden uit:
Bergeijk: 0.63 km2 Luyksgestel: 0.05 km2 Lommel: 2.62 km2
In het totaal geeft dit een oppervlak van 3.3 km2
55 – 3.3 = 51.7 km2

In 2014 is de verdamping volgens de berekening:

Neerslag	Oppervlak	Eindsom (neerslag x oppv)
618 mm	51.7 km2	
0.618 m	51700000 m2	31.9 m3 (x miljoen)

In 2018 is de verdamping volgens de berekening:

Neerslag	Oppervlak	Eindsom (neerslag x oppv)
705.8 mm	51.7 km2	
0.7058 m	51700000 m2	36.4 m3 (x miljoen)

A2.5 Resultaten waterbalans

Op basis van de gegevens uit Gegevens waterbalans ontstaan de onderstaande waterbalansen.

Tabel 7: Waterbalans resultaten 2014

Waterbalans Keersop Midden 2014 (x 1.000.000)			
In		Uit	
Neerslag	44.4 m3	Verdamping	31.9 m3
Aanvoer Grote Fosséstraat	7.3 m3	Afvoer Keersoppermolen	19.0 m3
Totaal: 51.7 m3		Totaal: 50.9 m3	

Tabel 8: Waterbalans resultaten 2018

Waterbalans Keersop Midden 2018 (x 1.000.000)			
In		Uit	
Neerslag	37.8 m3	Verdamping	36.4 m3

Aanvoer Grote Fosséstraat	8.3 m3	Afvoer Keersoppermolen	15.9 m3
Totaal: 46.1 m3		Totaal: 52.3 m3	

De tabellen weergeven de twee totaal verschillende situaties van de invloed van het weer in de jaren 2014 en 2018. Zoals eerder benoemd, 2014 is een relatief normaal jaar en 2018 een relatief droog jaar. Dit weerspiegelt zich in de waterbalans. In 2014 is de aanvoer en de afvoer van de Keersop in balans, waardoor er minder water uitstroomt dan dat er instroomt. Droogvalling is in dat geval een kleiner risico. In 2018 daarentegen is de aanvoer en afvoer in disbalans. Door de lage aanvoer van neerslag en de hoge afvoer van verdamping gaat er meer water uit de Keersop dan dat erin gaat. Door deze veranderingen ontstaat het risico op droogvalling.

Bijlage 3

Achtergrondinformatie situatieschets

Subtitel

Royal HaskoningDHV

A3 Achtergrondinformatie situatieschets

A3.1 Overschot aan nutriënten in kwelwater

De bodem van het plangebied Keersop Midden is erg rijk aan nutriënten. Deze nutriënten zijn hierin terechtgekomen via bijvoorbeeld mest van vee. Via kwelstroom en neerslag die via landbouwgrond de watergang is stroomt komt het water dat rijk is aan nutriënten in de watergangen terecht en uiteindelijk ook in de Keersop.

Nutriënten in het algemeen zijn niet negatief voor de waterkwaliteit, ze zorgen ervoor dat het water leefbaar wordt voor planten en dieren. Ieder stukje natuur heeft zijn eigen nutriënten waarde. Een overschot aan nutriënten kan er echter voor zorgen dat de groei van bepaalde plantsoorten verstoord kan worden of de groei van ongewenste flora stimuleren (van Gaalen & van Grinsven, 2017).

Uit onderzoek van Ingenieursbureau van den Bosch (Ingenieursbureau van den Bosch, 2021) is gebleken dat de grond in plangebied Keersop Midden verhoogde waardes zink en/of calcium bevat. Daarnaast is er een hoeveelheid fosfaat in de bodem gevonden die mogelijk voor negatieve gevolgen kan zorgen. Het overschot aan deze stoffen kan de groei en ontwikkeling van flora en fauna hinderen.

A3.2 KNMI Neerslag en verdampingsweergave

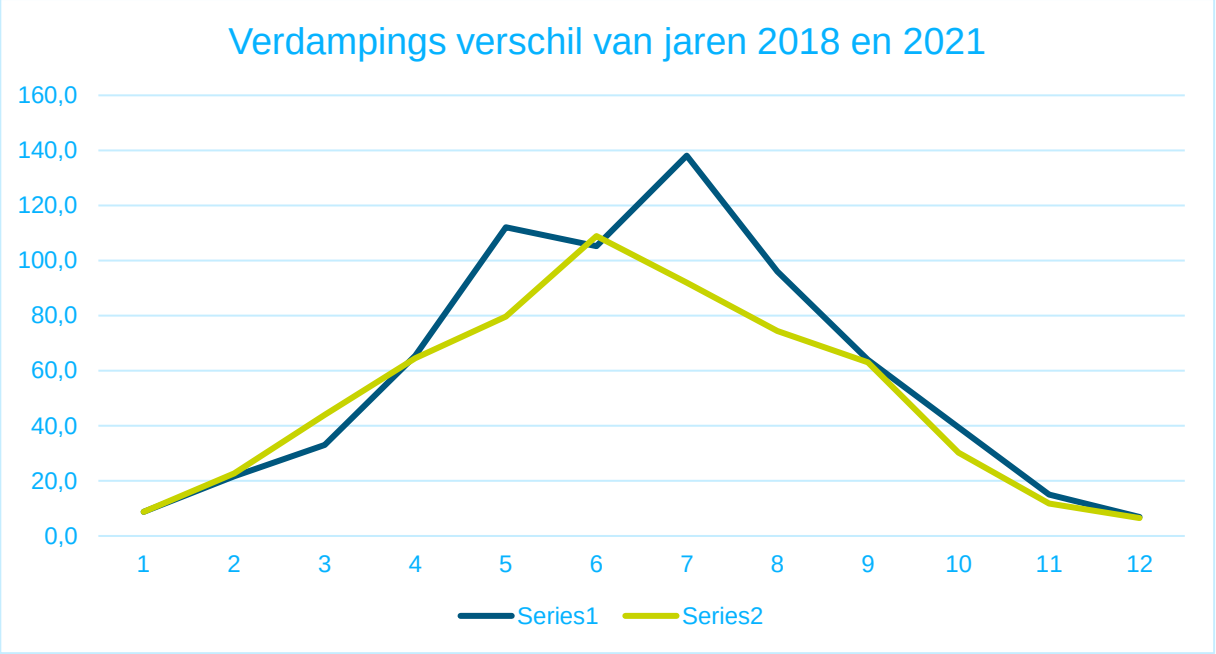
Er is een analyse gemaakt waarin de neerslag en verdamping van 1984 t/m het heden in verwerkt staan. Deze zijn op basis van KNMI-gegevens opgesteld (KNMI, n.d.). Deze dient als ondergrond om een deel van de waterbalans op te kunnen stellen. In de analyse wordt voornamelijk naar de jaren 2018 en 2021 gekeken. Deze zijn recente jaren die actueel weergeven hoe groot de verschillen in jaarlijkse neerslag tegenwoordig zijn.

In het jaar 2018 viel er 640mm neerslag in Eindhoven en waren er 184 dagen te kort aan neerslag. In 2021 viel er 816 mm neerslag in Eindhoven en waren er slechts 3 dagen neerslag te kort. Uit de analyse zijn de volgende waarnemingen geconstateerd. De gemiddelde hoeveelheid neerslag is over de jaren heen redelijk constant gebleven. De verdamping daarentegen is toegenomen. Waar in 1985-1988 nog een gemiddelde verdamping van 527 mm was, was er gemiddeld in 2008-2021 629 mm verdampt. Er zit hier een stijgende lijn in. Echter zit er een grote onzekerheid in deze verdamping, aangezien verdamping afhankelijk is van vele factoren die niet altijd bekend zijn.

Uit overzichten van KNMI (KNMI, n.d.) zijn verdampingen op basis van de formule van Makkink naar voren gekomen. Het is belangrijk om in te zien dat er een grote onzekerheid zit in de hoeveelheid verdamping er exact was. Momenteel is het nog niet mogelijk om exacte hoeveelheden vast te leggen. Door middel van de formule van Makkink wordt niet alleen de verdamping van oppervlaktewater berekend, maar kan ook de verdamping van gewassen opgenomen worden in de totale verdamping.

In de onderstaande tabel is de verdamping van 2 verschillende jaren te zien. ‘Series 1’, de blauwe lijn, weergeeft de verdamping in 2018. Dit was een relatief droog en warm jaar met veel zonuren. ‘Series 2’ geeft de verdamping voor 2021 weer, wat een standaard jaar is op gebied van weersomstandigheden. Er is een duidelijk verschil waar te nemen tussen de twee jaren, waarbij de verdamping in 2018 groter was dan in 2021. Voornamelijk in de zomermaanden is het verschil significant. De herfst- en wintermaanden zijn nagenoeg gelijk.

Tabel 9: Weergave verdamping 2018 (blauw) 2021 (groen) (KNMI, n.d.)



Volgens het rapport '*Zonder water, geen later'* (Maas Geesteranus et al., 2022) dat recentelijk gepubliceerd is door een onafhankelijke adviescommissie op verzoek van partners van [redacted] heeft de toenemende verdamping te maken met veranderende luchtdruk. KNMI voorspelt dat er in de toekomst een toename komt van hoge luchtdruk boven Nederland, wat inhoudt dat er meer warmte en zonuren komen. Het directe gevolg van deze toename is meer verdamping. Meer zonuren betekend meer zonnestraling, wat ervoor zorgt dat er meer warmte in de bodem trekt. Hierdoor verdampt er ook meer water.

Wat naast deze gegevens op valt is dat de gemiddelde dagen neerslag te kort is veranderd. Voor 2000 kwam het redelijk frequent voor dat er in een jaar slechts tussen de 0 en 15 dagen neerslag te kort was. Vanaf 2000 kwam hier een verandering in. Het is steeds minder voorkomend dat er (vrijwel) geen dagen te kort zijn, vooral vanaf 2009. Tegenwoordig zijn er significant meer dagen neerslag te kort dan voorheen en zijn het vaak tussen de 150 en 210 dagen te kort.

Grote hoeveelheden negatieve neerslag is in de afgelopen 40 jaar 3 keer voorgekomen. Met negatieve neerslag wordt bedoeld dat er meer water verdampt dan dat er valt in één jaar. In 1989, 2018 en 2020, waarbij het grootste tekort in 2018 was met ongeveer 80 mm. Het is merkwaardig dat zo een niet vaak voorkomend fenomeen in de afgelopen 10 jaar al tweemaal is voorgekomen.

A3.3 Grondwateronttrekking

De informatie van deze paragraaf is opgedaan uit de rapportage '*Zonder water, geen later*' (Maas Geesteranus et al., 2022) en '*Waterbeheerprogramma 2022-2027*' (Waterschap de Dommel, 2022).

De provincie Noord-Brabant en vele andere delen van het land waren erg nat. Doordat de bevolkingsgroei toenam moesten er nieuwe woningen gerealiseerd worden, met als gevolg minder ruimte voor natuur. Hierdoor werd het (grond)watersysteem zowel bovengronds als ondergronds aangepast. Het watersysteem in Nederland en daarmee de provincie Noord-Brabant is volledig ingericht op het afvoeren van water in plaats van lokale infiltratie. Hierdoor wordt de grondwaterstand niet (snel) genoeg aangevuld en wordt de voorraad die afgelopen eeuwen is opgebouwd steeds kleiner.

Regenwater dat valt wordt, zoals eerder benoemd, met een relatief hoge snelheid afgevoerd. De neerslag krijgt niet voldoende de tijd en kans om in de bodem te infiltreren wat ertoe leidt dat de grondwaterstand niet voldoende aangevuld kan worden.

De onttrekking van grondwater wordt voor verschillende doeleinden gedaan. Dit kan voor drinkwater zijn, maar ook voor industrie en landbouw. Door groeiende bevolking is in alle sectoren een toename in vraag naar water. Echter is er disbalans tussen onttrekken en aanvoeren van grondwater. Jaarlijks wordt het grondwater met circa 140-200 miljoen m3 aangevuld, terwijl circa 330 miljoen m3 onttrokken wordt.

De effecten van de onttrekking en disbalans zijn voornamelijk te merken in de ondiepe grondwateren. De diepe grondwateren blijven continu aangevuld worden doordat water via de bovenste lagen naar beneden zakt. Hierdoor dalen de ondiepe grondwateren wel. Dit leidt tot bijvoorbeeld de vermindering van kwelstromen, uitdroging van de bodem en de afvoer in de beken. Daarnaast leidt dit alles ook tot ecologische schade.

De onttrekking van grondwater is zichtbaar toegenomen in periodes van langdurige droogte, zoals de zomers van 2018, 2019, 2020 en ook recentelijk 2022. Landbouw- en tuinbouwsectoren moesten extra grondwater onttrekken om de gewassen te voorzien van water wegens gevaar voor uitdroging. Dit werkt als een negatieve spiraal. In tijden van droogte, wanneer er al weinig aanvoer is voor grondwater, wordt er dus ook nog extra grondwater onttrokken door verschillende sectoren. Niet alleen de land- en tuinbouwsector onttrekt extra grondwater, ook drinkwatergebruikers en andere industrieën gebruiken meer water. Vaak is het in tijden van droogte ook erg warm. Uit het rapport *'Zonder water, geen later'* blijkt dat consumenten tijdens deze warme, droge periodes meer gebruik maken van grondwater om bijvoorbeeld hun tuin te besproeien, een zwembad te vullen of extra te douchen. Daarnaast wordt er ook meer water gebruikt om bijvoorbeeld golfbanen en voetbalvelden vochtig te houden. Kortom, er wordt in deze periodes van extreme droogte nog meer grondwater onttrokken dan in de 'normale' situatie.

A3.4 Water aan- en afvoer

Naast neerslag wordt de Keersop ook voorzien van water door Kanaal Bocholt-Herentals, ook bekend als het Kempisch Kanaal. Via kleine watergangen die aangesloten zijn op kanaal Bocholt-Herentals stroomt het water de Beekloop en de Keersop in.

A3.5 Klimaatverandering

Deze paragraaf gaat in op klimaatverandering en de impact van klimaatverandering op ecosystemen waar wij als mens gebruik van maken. Voor deze paragraaf is gebruik gemaakt van de kennis van KNMI (KNMI, 2010) en van het rapport van IPCC *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability* (Roberts et al., 2022).

Klimaatverandering is een natuurlijk proces. De uitstoot van broeikasgassen, als koolstofdioxide (CO2), zorgt ervoor dat straling gevangen blijft in de atmosfeer van de aarde. Dit leidt ertoe dat de straling en de warmte hiervan gevangen blijft en het aardoppervlak opwarmt. Echter is het proces van klimaatverandering beïnvloed door de mens. De maakt gebruik van bronnen en energie die veel broeikasgassen uitstoten. Dit zorgt ervoor dat er minder straling kan ontsnappen en dat er dus meer warmte vastgehouden wordt op aarde. Zij, de mens, versnellen het proces van natuurlijke opwarming dusdanig dat de natuur zich niet (meer) kan aanpassen (KNMI, 2010).

Zoals eerder benoemd heeft klimaatverandering een grote impact op de natuur en haar ecosystemen. Echter, blijft de impact hier niet tot beperkt, maar heeft het nog meer invloed. Zo heeft het ook invloed op

de ecosysteemdiensten waar de mens ook gebruik van maakt. Denk bijvoorbeeld aan zoetwater ecosystemen en biodiversiteit (Roberts et al., 2022).

Er is aangetoond dat er tastbare veranderingen zijn in de zoetwaterbronnen wereldwijd. Zo stijgt de gemiddelde temperatuur van open oppervlaktewateren. Daarnaast is door de warmte het gevolg dat er een vermindering is in zuurstof in het water. Maar niet alleen de temperatuur en het zuurstofgehalte in het water veranderd. Ook het waterpeil veranderd. Het waterpeil in oppervlaktewateren kan stijgen, dalen of hetzelfde blijven, het is onbekend hoe dit exact veranderd. Er zijn verschillende invloeden die hier mee te maken hebben, bijvoorbeeld of het meer gevoed wordt door gletsjerwater of dat de plas voornamelijk door regenwater aangevuld wordt. De verwachting is dat door gletsjer aangevulde meren een hoger waterpeil krijgen door toenemende temperatuur en dat kleine meertjes en plassen droger worden. Aanhoudende, langdurige droge periodes zorgen ervoor dat rivieren en andere wateren verdrogen en soms ook de verbinding met elkaar kwijtraken. Dit heeft een grote negatieve invloed op het ecosysteem in deze wateren. Op plekken waar wateren aangevoerd worden door sneeuw wordt er volgens IPCC verwacht dat de toevoer van water groter wordt (Roberts et al., 2022).

Een goed voorbeeld van watertekort in het oppervlaktewater dat ook relevant is voor dit project is in de Keersop. De zomer van 2022 was een zomer van langdurige droogte en warmte. Deze warme, droge periode heeft dusdanig lang aangehouden dat het oppervlaktewater niet meer op een natuurlijke manier aangevuld kon worden. Toen is het besluit genomen om grondwater op te pompen en dit in de Keersop te laten lopen om zo de watervoerende functie van de Keersop te behouden.

In het vooronderzoek zijn weersextremen al benoemd als gevolg van klimaatverandering. Ook in het IPCC-rapport worden weersextremen aangehaald als direct gevolg van klimaatverandering. Zo zijn er toenames in droogte, maar ook in extreme overstromingen welke negatieve invloeden hebben op de zoetwaterbronnen. Over het algemeen hebben extreme weersomstandigheden invloed op open wateren. Het gaat hierbij voornamelijk om de temperatuur, het waterpeil, zuurstofconcentratie in het water en de dynamiek van nutriënten en hiermee gaat het dus om de kwaliteit van de wateren. Wanneer de waardes van deze componenten veranderen zal dit invloed hebben op de biodiversiteit en leefbaarheid van het water (Roberts et al., 2022).

Wat de exacte gevolgen van klimaatverandering zijn en hoe extreem deze gevolgen zijn is onbekend en deels afhankelijk van de zogenaamde '*emission scenarios'* waar we in belanden (Prather et al., n.d.). Zo heb je SSP1-1.9 en SSP1-2.9, dit zijn de twee gunstigste scenario's waarbij de gemiddelde temperatuur tussen de 1.0 en 2.4 graden stijgt. Dan heb je SSP2-4.5, dit scenario is het meest waarschijnlijk met een tempartuur stijging van tussen de 2.1 en 3.5 graden. Dan de twee minst wenselijke scenario's, SSP3-7.0 en SSP5-8.5. Deze scenario's zijn het minst gunstige en er komt hier een gemiddelde temperatuurstijging van tussen de 2.8 en 5.7 graden Celsius bij kijken (*Explainer: IPCC Scenarios*, n.d.). Deze scenario's zijn het minst gewenst en hebben desastreuse gevolgen voor al het leven op aarde.

Bijlage 4

Grondwater

Grondwatersituatie en dwarsprofielen

Royal HaskoningDHV

A4 Grondwater

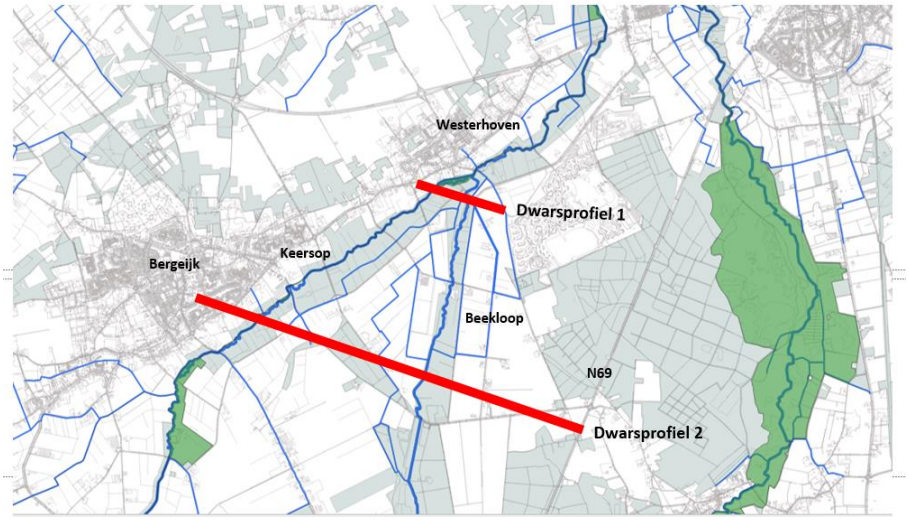
Deze bijlage biedt inzichten over de huidige grondwatersituatie in plangebied Keersop Midden.

A4.1 Dwarsprofielen

Om het gebied goed in kaart te brengen en eventuele knelpunten aan te tonen, zijn er van de keersop verschillende dwarsprofielen getekend van het projectgebied. De gegevens voor de dwarsprofielen zijn van in metingen via Qgis (*HydroNET - Online Weer- En Waterinformatie Op Maat*, n.d.; *Ondergrondgegevens | DINOloket*, n.d.; Royalhaskoning, n.d.) en de Actueel Hoogtebestand Nederland (*AHN Viewer | AHN*, n.d.) verzameld. Deze gegevens zijn in deze paragraaf verwerkt en op basis van deze gegevens is het dwarsprofiel getekend. De dwarsprofielen hebben een ondersteunende functie voor het in kaart brengen van het watersysteem. Door de dwarsprofielen is er een beeld gemaakt van de grondwaterstanden in het beekdal.

Er zijn 2 dwarsprofielen gemaakt. Het eerste dwarsprofiel is ongeveer 800 meter lang en de is de tweede dwarsprofiel 5000 meter lang. Er is een groot verschil tussen de twee profielen, dit verschil is gebaseerd op de grote van het projectgebied en ligging van de verschillende waterlopen. Het eerste dwarsprofiel van het beekdal is bij Westerhoven. Tussen de Provinciale weg en de Borkelsedijk en is ongeveer 800 meter lang.

Locatie dwarsprofielen



Figuur 19 locatie dwarsprofiel

Gegevens voor de dwarsprofielen zijn onder andere de grondwaterstanden, de hoogte van het maaiveld en de profielen van de beken en sloten.

Dit is de grondwater berekening die uitgevoerd is. Elk vak heeft in het bestand gegevens over de grondwaterstand en het maaiveld. Deze gegevens zijn zoals eerder gezegd verwerkt in de dwarsprofielen.

Randvoorwaardes

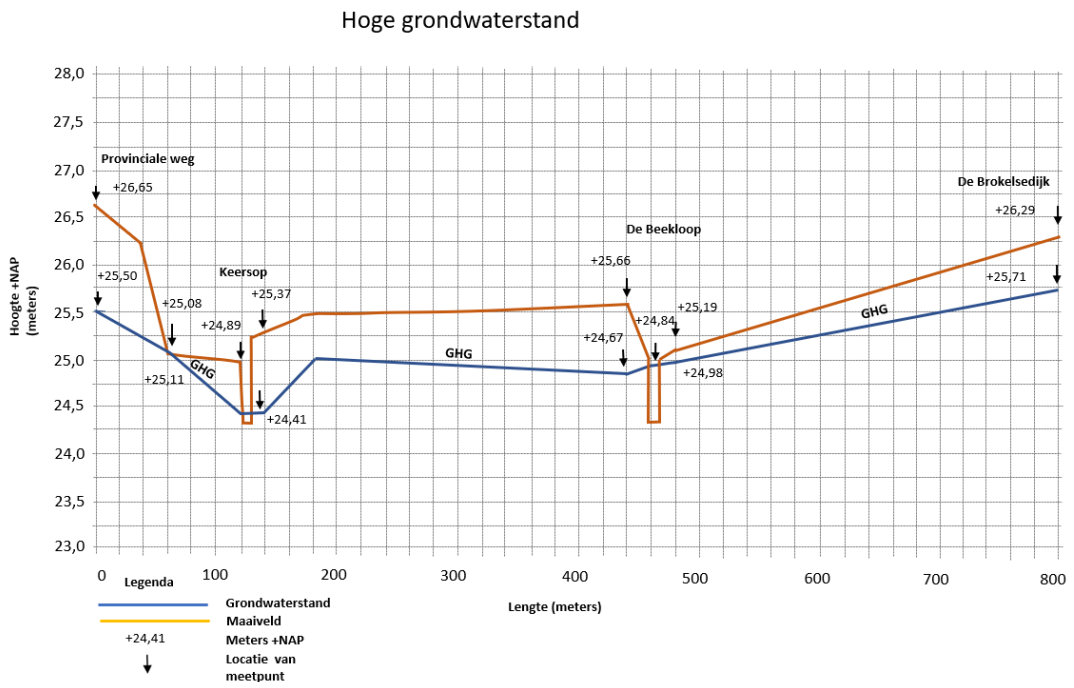
- De punten zijn rondom/ op de locaties van de dwarsprofielen gepakt
- De grondwaterstanden komen uit 2018 en op basis van een berekening die is uitgevoerd.

Betekenis

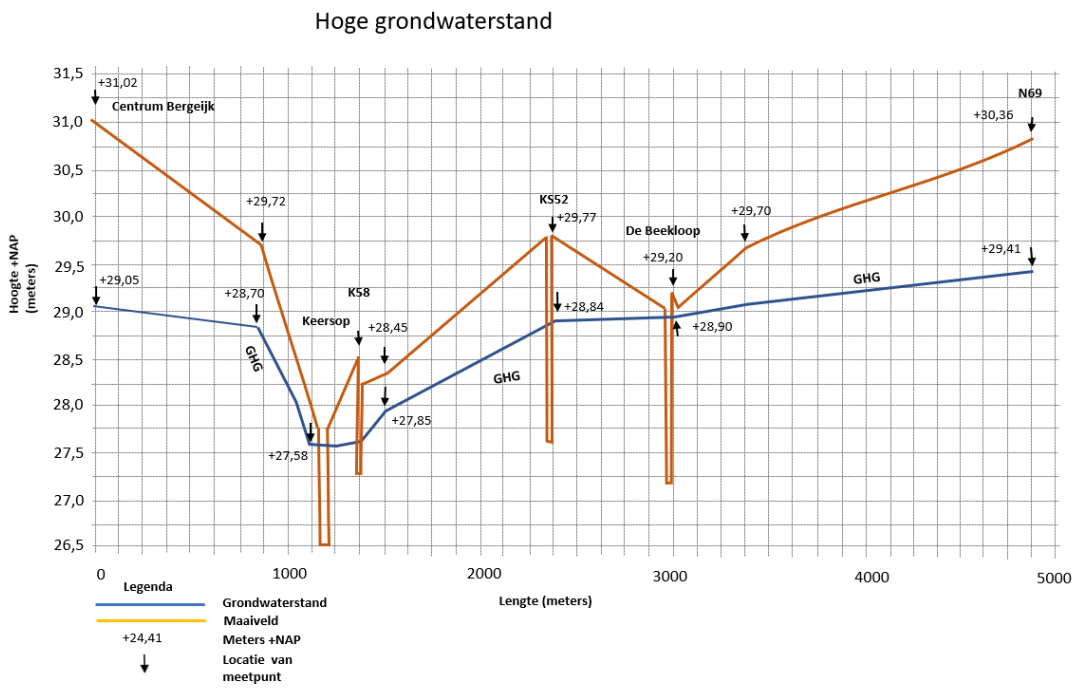
De grondwaterstanden zijn per punt verwerkt in een tabel met de volgende betekenis:

- MLGL = lagen grondwaterstand
- MGL = gemiddelde grondwaterstand
- MSGL = grondwaterstand in het voorjaar (seizoen)
- MHGL = hoge grondwaterstand
- Knoopnummer = locatie nummer van gebied (blauw, groen of oranje)

Dwarsprofielen:



Figuur 20: Dwarsprofiel 1



Figuur 21: Dwarsprofiel 2

Bevindingen
Om het watersysteem goed in kaart te brengen en eventuele knelpunten aan te tonen zijn er van het projectgebied twee dwarsprofielen getekend **Zie kopje dwarsprofiel 1 en dwarsprofiel 2**. Bij de profielen is uitgegaan van een hoog gemiddeld grondwaterstand. Met de profielen is het zichtbaar om te zien hoe de grondwaterstand in het gebied eruitziet.

Wat opviel is dat het plangebied er uit ziet als een trechter, waarbij de Beekloop en de Keersop benedenstrooms bij elkaar komen. Bovenstrooms is het erg breed, benedenstrooms wat smaller. Dit is ook terug te zien in het profiel. Wat nog meer op is dat het hoogteverschil bij Bergeijk ten opzichte van de Keersop erg groot is. De Keersop ligt enkel meters lager. De grondwaterstand is bij de Keersop ook aanzienlijker lager dan in de gebieden eromheen. Dit zal betekenen dat de Keersop water snel afvoert waardoor de grondwaterstand laag is.

Bij de Beekloop is iets anders waargenomen. Namelijk dat ten noorden van de Beekloop het grondwater daalt en ten zuiden van de Beekloop neemt het grondwater toe. Dit betekent dat de Beekloop het grondwater niet echt naar zicht toetrekt en waarschijnlijk dus het water niet heel goed afvoert. Verder zijn er nog verschillende watergangen die ongeveer dezelfde werking/functie hebben als de Beekloop en-of de Keersop. Deze zijn ook weergegeven in dwarsprofiel 2, K58 en K52.

Uitwerking gegevens
In dit hoofdstuk staan de gegevens uitgewerkt. De benodigde gegevens zijn uit Qgis en Hydronet gehaald op ongeveer dezelfde locatie als de dwarsprofielen liggen. Het was niet altijd mogelijk om dezelfde locatie aan te nemen als waar het dwarsprofiel ligt. Maar dan is een nabije locatie gekozen.

Dwarsprofiel 1, bij Westerhoven

Tabel 10: Afstanden en hoogtes dwarsprofiel 1

Locatie (referentie punt)	Hoogte maaiveld (+NAP)	Lengte in meters	Hoogste Grondwaterstand (+NAP)
Provinciale weg	26,65	0	25,5
Grasveld	25,08	20	25,11
Keersop (links)	24,89	129	24,41
Keersop (rechts)	25,37,	143	24,41
Punt Dinoloket	25,42	174	25,00
Eeuwselsedijk	25,50	342	-
De Wetering	25,66	453	24,67
De beekloop	24,88	470	24,84
Na de beekloop	25,19	480	24,98
De Borkelsedijk	26,29	790	25,71

Gegevens voor locatie punten dwarsprofiel
Locatie nummer van gebied (blauw, groen of oranje)

Knoopnummer 63800

Locatie (De Keersop)	Hoogte (+NAP)
Maaiveld	24,70
MLGL (laag)	24,26
MGL (gemiddeld	24,41
MSGL (seizoen)	24,44
MHGL (Hoog)	24,44

Knoopnummer: 15305

Provinciale weg	Hoogte (+NAP)
Maaiveld	26,36
MLGL (laag)	25,20
MGL (gemiddeld)	25,49
MSGL (seizoen)	25,69
MHGL (Hoog)	25,83

Knoopnummer: 98314

Halverwege de Keersop en Provinciale weg	Hoogte (+NAP)
maaiveld	25,08
MLGL (laag)	24,79
MGL (gemiddeld)	24,98
MSGL (seizoen)	25,07
MHGL (hoog)	25,11

Knoopnummer: 63668

De wetering (weg)	Hoogte (+NAP)
Maaiveld	24,94
MLGL (laag)	24,43
MGL (gemiddeld)	24,54
MSGL (seizoen)	24,57
MHGL (hoog)	24,67

Knoopnummer: 63012

De Beekloop	Hoogte (+NAP)
Maaiveld	24,88
MLGL (laag)	24,58
MGL (gemiddeld)	24,70
MSGL (seizoen)	24,73
MHGL (Hoog)	24,84

Knoopnummer: 62802

De Borkelsedijk	Hoogte (+NAP)
Maaiveld	26,29
MLGL (laag)	25,46
MGL (gemiddeld)	25,46
MSGL (seizoen)	25,58
MHGL (hoog)	25,71

Knoopnummer: 14625

Net na de beekloop	Hoogte (+NAP)
maaiveld	25,19
MLGL (laag)	24,68
MGL (gemiddeld)	24,83
MSGL (seizoen)	24,86
MHGL (hoog)	24,98

Hoogte maaiveld

- De Eeuwselsedijk is 25,50 meter
- De Wetering is 25,66 meter

(*AHN Viewer* | *AHN*, n.d.)

Dwarsprofiel 2, bij Bergeijk

Tabel 11: Dwarsprofiel bij Bergeijk

Locatie (referentie punt)	Hoogte maaiveld (+NAP)	Lengte in meters	Gemiddelde Grondwaterstand (+NAP)	Hoogste grondwaterstand (+NAP)
Centrum Bergeijk	31.02	0	28,67	29,05
Hoek (weg Bergeijk)	29.72	700	28,70	28,70
Keersop links	27,75	1050	27,39	27,58
Keersop rechts	27,75	1060	27,39	27,58
K58 watergang	27,74		27,41	27,60
Borkelsedijk en Hoekbeemden	28,45	1500	27,5	27,85
K52 watergang	28,85	2380	27,63	28,29
De Beekloop (links)	29,12	2980	28,5	28,90
De Beekloop (rechts)	29,20	2990	28,5	28,90
Kruising (Fressevenweg en Bergeijksedijk	29.1	3000	28,5	-
Scheurkensweg	29,7	3300	28,6	29,10
Luikerseweg (N69)	30,36	4810	28,9	29,41

Meet punt Hydronet: in het weiland bij Borkelsedijk en Hoekbeemden

Borkelsedijk en Hoekbeemden	Hoogte (+NAP)
Lage grondwaterstand	27,30
Gemiddelde grondwaterstand	27,50
Hoge grondwaterstand	27,85

(*HydroNET Portal - Applications - HydroView*, n.d.-a)

Meet punt Hydronet: Kruising (Fressevenweg en Bergeijksedijk

Fressevenweg en Bergeijksedijk	Hoogte (+NAP)
Lage grondwaterstand	27,30
Gemiddelde grondwaterstand	27,50
Hoge grondwaterstand	27,85

(*HydroNET Portal - Applications - HydroView*, n.d.-a)

Bij de Beekloop	Hoogte (+NAP)
Lage grondwaterstand	28,30
Gemiddelde grondwaterstand	28,50
Hoge grondwaterstand	28,90

(*HydroNET Portal - Applications - HydroView*, n.d.-a)

Meetpunt Hydronet: Scheurkensweg

Scheurkensweg	Hoogte (+NAP)
Lage grondwaterstand	28,00
Gemiddelde grondwaterstand	28,6
Hoge grondwaterstand	29,10

(*HydroNET Portal - Applications - HydroView*, n.d.-a)

Qgis gegevens
Knoopnummer 138929

Centrum Bergeijk	Hoogte (+NAP)
Maaiveld	31,02
MLGL (laag)	28,32
MGL (gemiddeld)	28,67
MSGL (seizoen	28,95
MHGL (hoog)	29,05

Knoopnummer 90658 (bij de Keersop)

Bij de Keersop	Hoogte (+NAP)
maaiveld	27,75
MLGL (laag)	27,23
MGL (gemiddelde)	27,39
MSGL (seizoen)	27,45
MHGL (hoog)	27,58

Knoopnummer: 102328 (tussen de Keersop en de hoek in)

Tussen de Keersop en de Hoek (weg)	Hoogte (+NAP)
maaiveld	28,21
MLGL (laag)	27,34
MGL (gemiddeld)	27,53
MSGL (seizoen)	27,61
MHGL (hoog)	27,75

Knoopnummer: 21509 (bij de N69)

N69	Hoogte (+NAP)
Maaiveld	31,69
MLGL (laag)	28,55
MGL (gemiddeld)	28.98
MSGL (seizoen)	29,32
MHGL (hoog)	29,41

Meetpunt K58 **KS58_HO04** Borkelsedijk grondwaterstand (250) meter vanaf de Keersop
Knoopnummer 61027

Beek K58	Hoogte (+NAP)
Maaiveld	27,74
MLGL (laag)	27,24
MGL (gemiddeld)	27,41
MSGL (seizoen)	27,46
MHGL (Hoog)	27,60

KS52_HO05b
Knoopnummer 60411

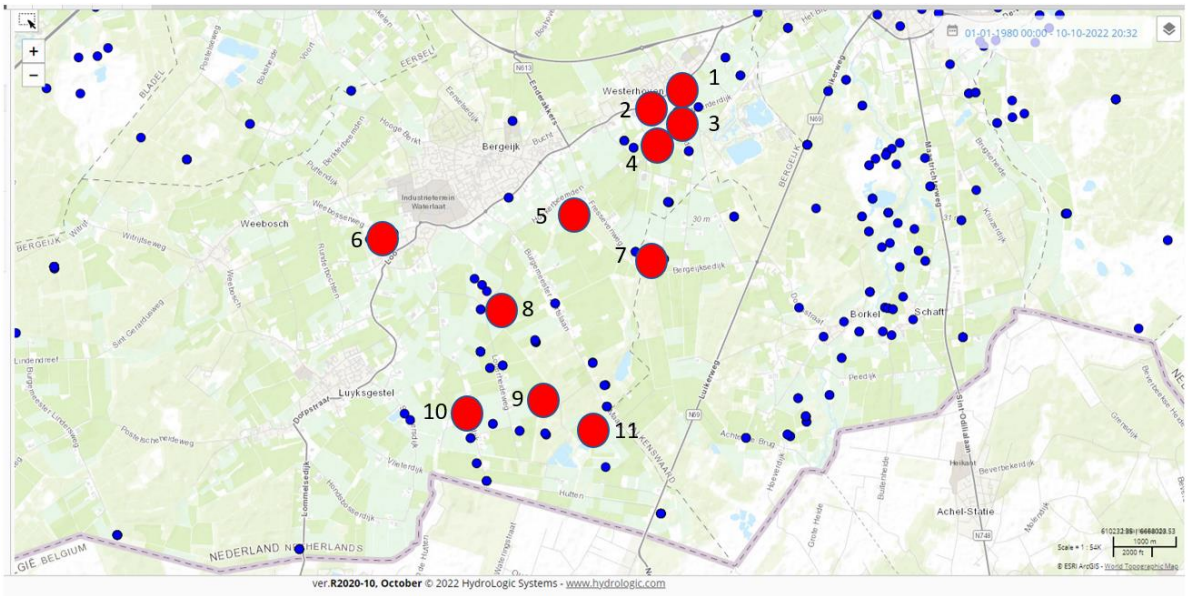
Beek **KS52_HO05b**	Hoogte +(NAP)
maaiveld	29,77
MLGL	28,16
MGL	28,48
MSGL	28,72
MHGL	28,84

KS52_HO06
Fressevenweg (ongeveer 1 km ten opzichte Borkelsedijk)
Knoopnummer 60449

Beek KS52_HO06	Hoogte (+NAP)
maaiveld	29
MLGL (laag)	27,63
MGL (gemiddeld)	27,93
MSGL (seizoen)	28,15
MHGL (Hoog)	28,29

A4.2 Grondwaterstanden

In deze paragraaf komt het volgende aan bod. Rondom het plangebied is het grondwater voor een langere tijd op verschillende punten gemeten. Deze peilbuizen worden iedere dag gemeten en bijgehouden om te kunnen bepalen hoe hoog de grondwaterstand staat. Op basis van deze metingen en gegevens zijn grafieken gemaakt. De peilbuizen geven een goed beeld over de situatie van het grondwater over een bepaalde periode en kunnen conclusies getrokken worden over de grondwaterstand. Via Hydronet (*HydroNET Portal - Applications - HydroView*, n.d.-b) zijn gegevens van grondwaterstand opgevraagd en opgehaald. Bij deze analyse is rekening gehouden over de locatie en/of de gegevens representatief zijn. Niet alle peilbuismetingen waren hierdoor bruikbaar.



*Figuur 22: Overzichtskaart punten. Bron: (*HydroNET Portal - Applications - HydroView*, n.d.-b)*

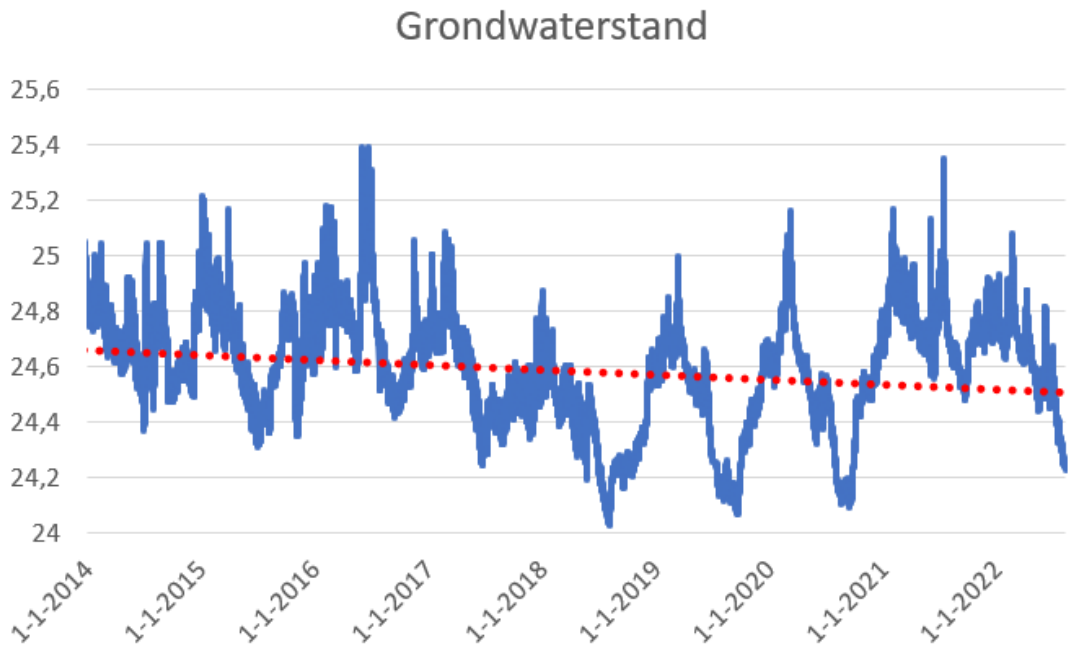
In Figuur 22 is een overzichtskaart te zien van de verschillende peilbuismetingen, aangegeven in het rood. In het hoofdstuk hierna wordt per peilbuis gekeken naar de meet resultaten en op basis van een trendlijn wordt gezegd of de gemiddelde grondwaterstand daalt, gelijk blijft of stijgt. De locaties 1,2,3 en 4 weergeven de Keersop en Beekloop benedenstrooms aan. De locaties 9,10 en 11 weergeven de Keersop en Beekloop bovenstrooms aan.

Analyse peilbuizen

Verschillende peilbuizen zijn in deze paragraaf uitgewerkt. De data zijn in verschillende grafieken verwerkt. In de grafiek is ook een trendlijn geplaatst. Op basis van deze trendlijn kan men conclusie trekken over de grondwaterstand hoogte.

Op de x-as staat de datum en op de y-as staat de hoogte van de waterstand in meters boven NAP. De rode stippellijn is de trendlijn en de blauwe lijn is de grondwaterstand.

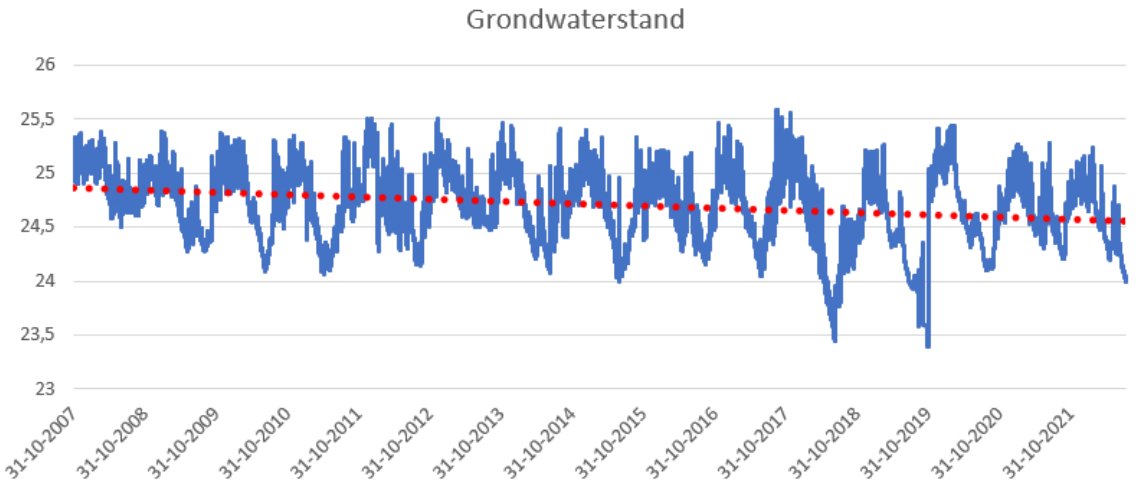
Locatie 1 Oude Weerderdijk



Grafiek locatie 1 Oude Weerderdijk

Het eerste wat opvalt is dat in 2018 en 2019 de grondwaterstand in vergelijking met de andere jaren erg laag is. Verder is er aan de trendlijn te zien dat het gemiddelde grondwaterstand door de jaren heen aan het dalen is. De duur van een lagere grondwaterstand wordt groter, dit is zeker te zien in het jaar-2018 en 2019. Het verschil tussen winter en zomer grondwaterstand wordt groter in de tijd. De pieken worden korter en komen minder vaak voor. Hierdoor gaat er op deze plek meer water weg dan wat erin komt. Dus ontstaan er tekorten. De pieken tussen 2021 en 2022 zijn erg opvallend. Bij deze pieken is het grondwaterstand ongeveer hetzelfde niveau als bij pieken in 2015 en 2016.

Locatie 2 Molenbeemd

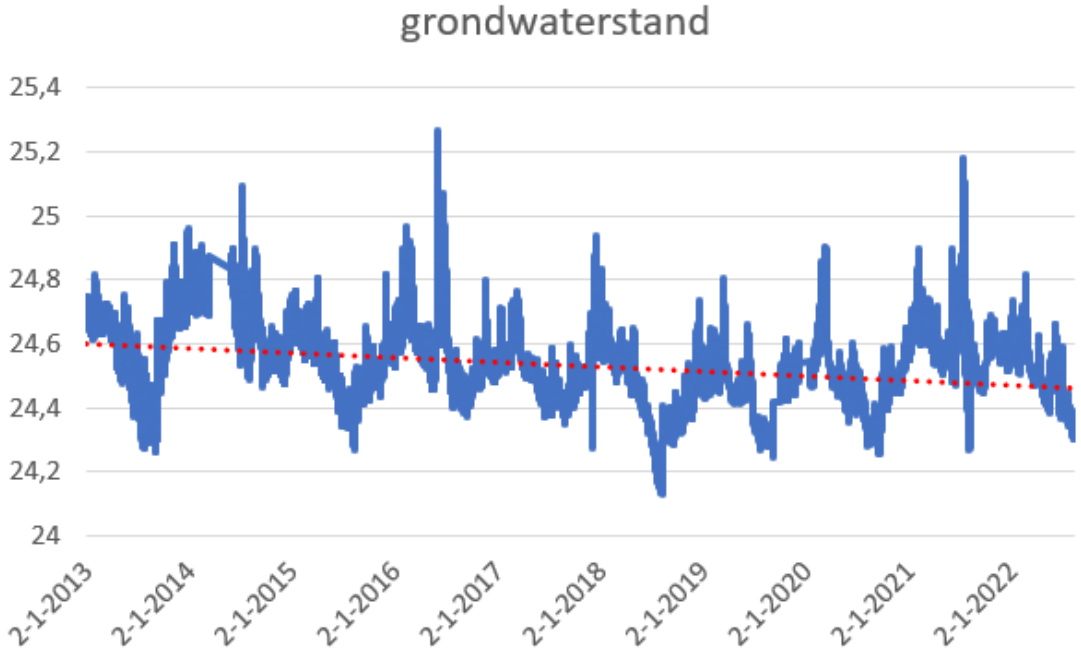


Grafiek locatie 2 Molenbeemd

De pieken bij de Molenbeemd zijn over het algemeen gelijk gebleven. Alleen in 2018 en 2019 zijn er uitschieters. In deze jaren is het grondwater gemiddeld een halve meter afgenomen ten opzichte van andere jaren. De periode van 2018-2020 is een periode geweest waarbij het in de zomer erg droog is. de gemiddelde grondwaterstand tussen 2007 en 2022 bij de Molenbeemd neemt af. Dit betekent dat de

waterbalans op deze plek niet in balans is en dat er een verschil is tussen de grondwateraanvoer en de grondwateronttrekking.

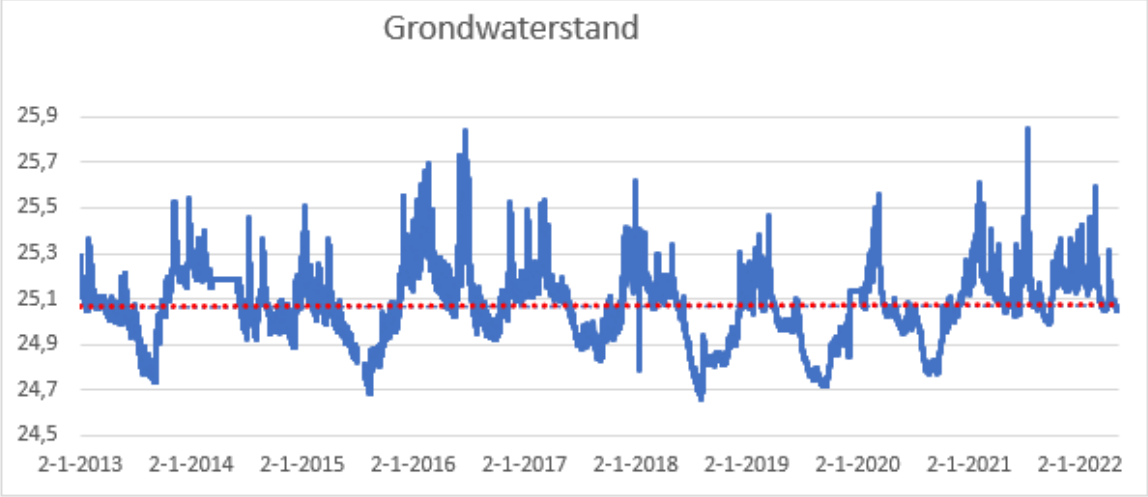
Locatie 3 Borkelsedijk



Grafiek locatie 3 Borkelsedijk

Het eerste wat opvalt is de uitschietende pieken. De grondwaterstand schommelt nogal veel. Dit betekent dat op deze plek het aan en afvoer van grondwater opeens drastisch kan veranderen. Reden hiervan kan zijn dat hemelwater snel naar deze plek toe gaat. Maar ook dat het grondwater weer snel daalt en het water dus afgevoerd wordt. Ook is op deze plek weer een trend zichtbaar van een afnemende grondwaterstand.

Locatie 4 De wetering

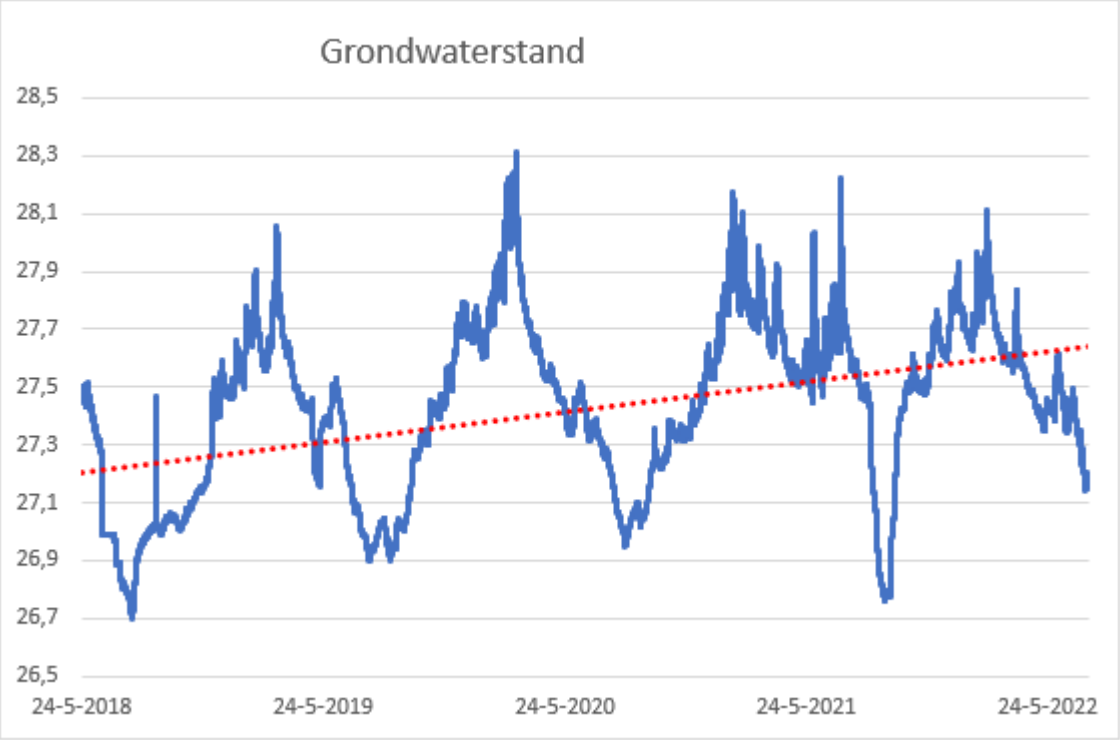


Grafiek locatie 4 De wetering

Bij deze locatie zijn veel pieken. Vooral korten pieken waarbij de grondwaterstand hoger wordt. In 2018,2019 en 2022 is zichtbaar dat de duur van een lage grondwaterstand langer wordt en dat de pieken korter duren. Echter geeft de trendlijn wel weer dat de gemiddelde grondwaterstand nauwelijks toe of afneemt. Dit betekent dat de natuur en omgeving op deze plek een constante grondwaterstand heeft. Voor de natuur en

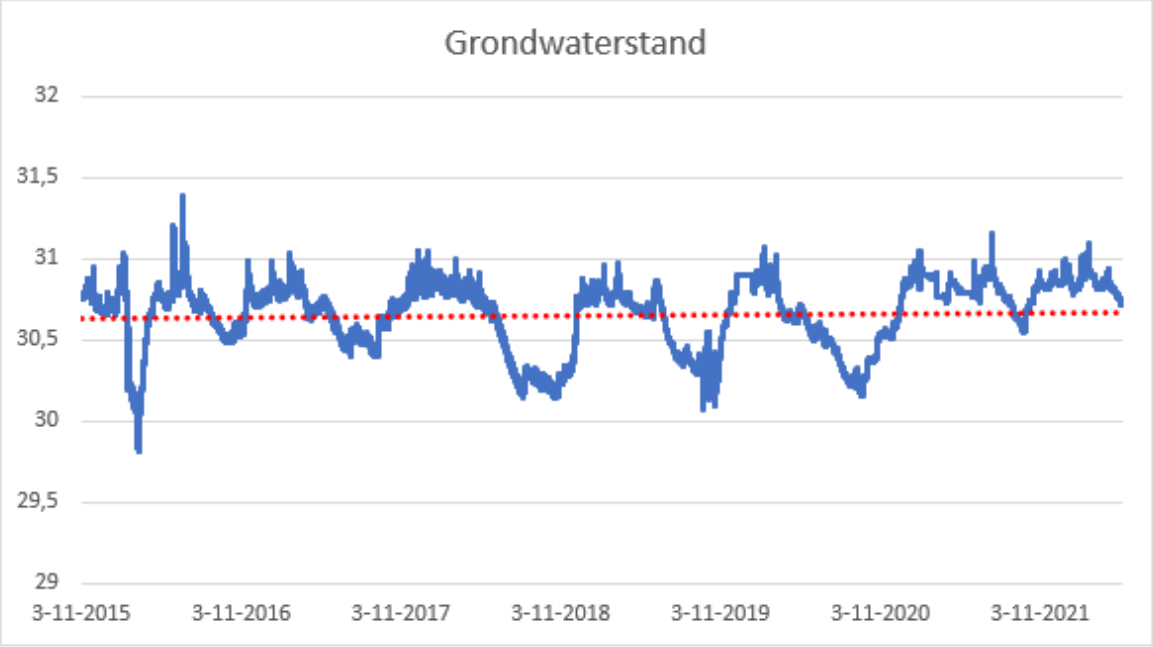
omgeving is dit goed nieuws. Wel valt op dat de duur van een lagere grondwaterstand in 2018 en 2019 lager duurden dan in 2013 en 2015.

Locatie 5 Hoekerbeemden



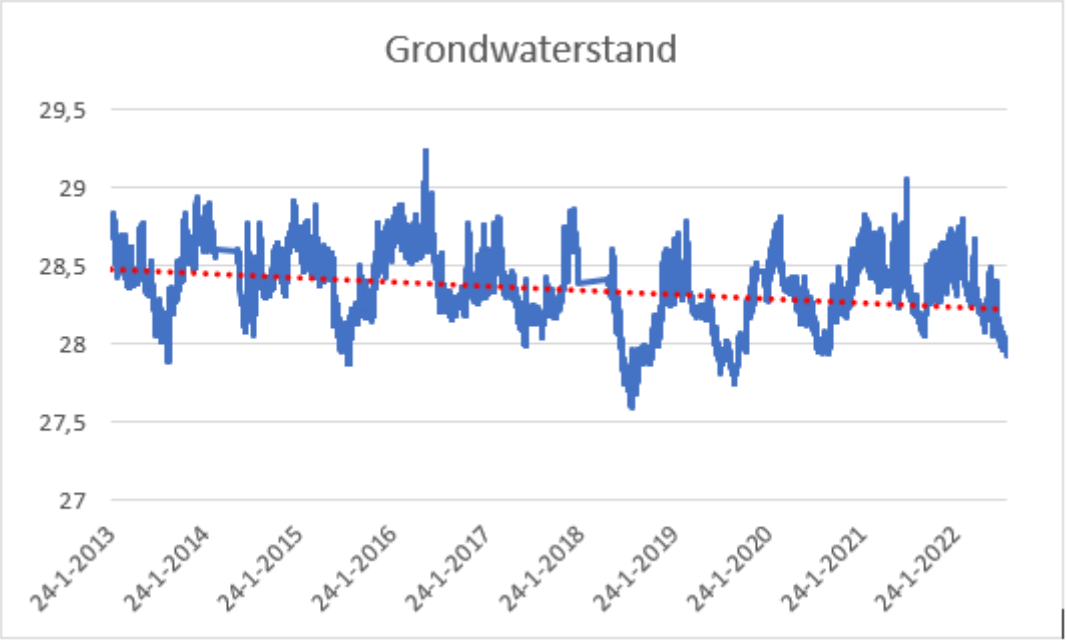
Grafiek locatie 5 hoekerbeemden
De gegevens zijn van 2018 tot 2022, dit is wel een korte periode. Hierdoor is de data niet helemaal relevant. Op deze locatie is een peilbuis meeting van een kortere duur dan andere. Daarom is deze data niet helemaal relevant om conclusies te trekken over de langdurige verandering van de grondwaterstand.
Wat wel opvalt is dat tussen 2018 en 2022 de grondwaterstand toeneemt. Dit staat in contrast met andere peil punten. Waarschijnlijk is deze trend gekomen doordat de duur van de metingen erg kort is. En in 2021 meer regen is gevallen dan in de droge jaren van 2019 en 2020.

Locatie 6 Weebosserweg



Grafiek locatie 6 Weebosserweg
Deze locatie ligt in de buurt bij Bergeijk. Wat opvalt is dat hier niet veel pieken zijn en dat het verschil tussen de laagste en hoogste grondwaterstand niet heel groot is. in 2018, 2019 en 2020 is te zien dat de duur van een lage grondwaterstand erg lang is ten opzichte van andere jaren. Een reden waarom de grondwaterstand nagenoeg gelijk blijft is dat deze peilbuis zich bevindt in stedelijk gebied. Het kan zijn dat er expres gestuurd wordt zodat de grondwaterstand gelijk blijft zodat dit geen overlast geeft aan de omwonenden.

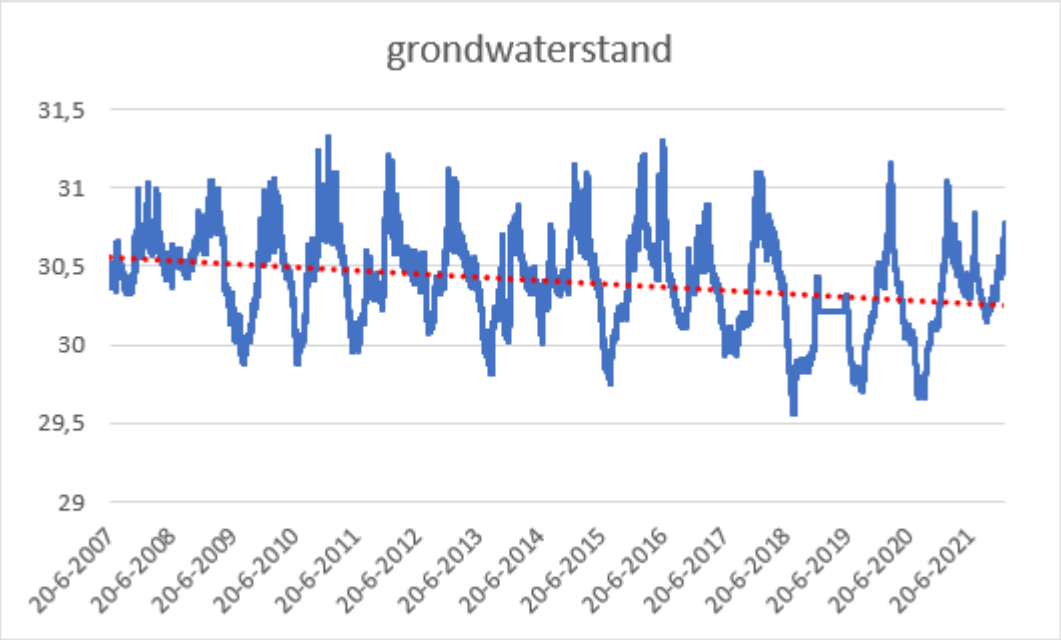
Locatie 7 Fressevenweg



Grafiek locatie 7 Fressevenweg
Op deze locatie daalt de gemiddelde grondwaterstand zo'n 20 cm. Tussen 2017,2018,2019 en 2020 zijn de pieken van een hogere grondwaterstand, dus in de winterperiode kleiner dan in de andere jaren. In 2018 en 2019 is te zien dat de grondwaterstand fors afneemt en dat de duur van deze dalen langer duurt dan

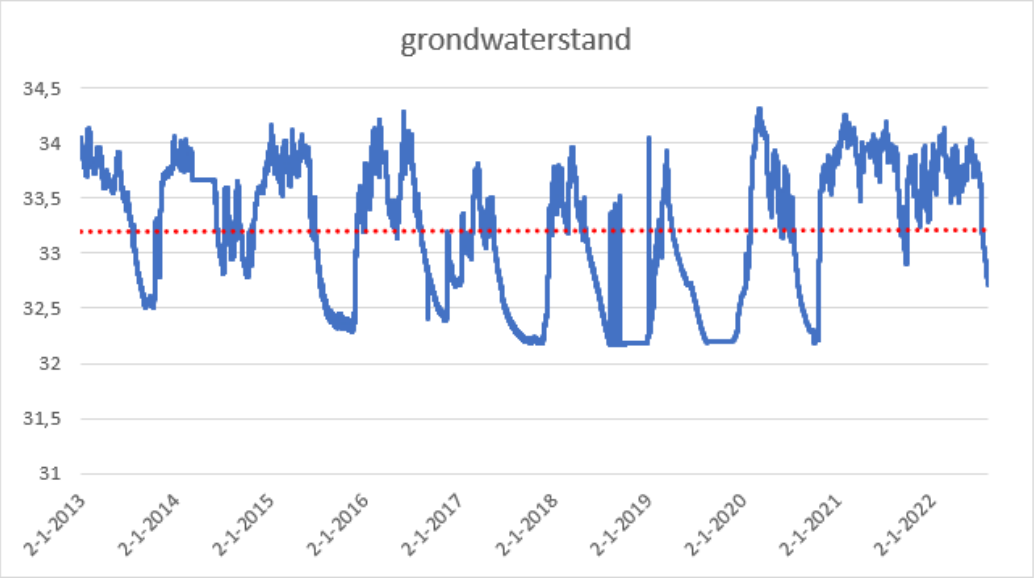
anderen jaren en dat de dalen dieper zijn dan voorafgaande jaren. Dit betekent een lagere grondwaterstand dan gemiddeld in de zomer. Een lage grondwaterstand kan veel effect hebben op de omgeving en natuur, zeker als het een tijdlang erg droog is.

Locatie 8 Kromhurken



Grafiek locatie 8 Buiten de Kromhurken en rondom de Loonerheiden
Op deze locatie is duidelijk een trend zichtbaar waar bij de gemiddelde grondwaterstand daalt. Ten opzichte van 2007 met zo'n 25 a' 30 cm. Verder valt op dat tussen 2018 en 2019 het hoogte peil nauwelijks over de trendlijn heen gaat. Het kan zijn dat in de zomer de metingen niet goed waren. Wel was het in die periode extreem droog. Ook dit kan een verklaring zijn waarom er geen piek tussen 2018 en 2019 zichtbaar is. Wat duidelijk te zien is dat de pieken de laatste jaren steeds korter en kleiner zijn. dit betekent dat er minder water in die periode beschikbaar is. Dit kan komen doordat er drogere zomers komen en meer grondwater opgepompt wordt waardoor de pieken en de duur van de pieken kleiner worden.

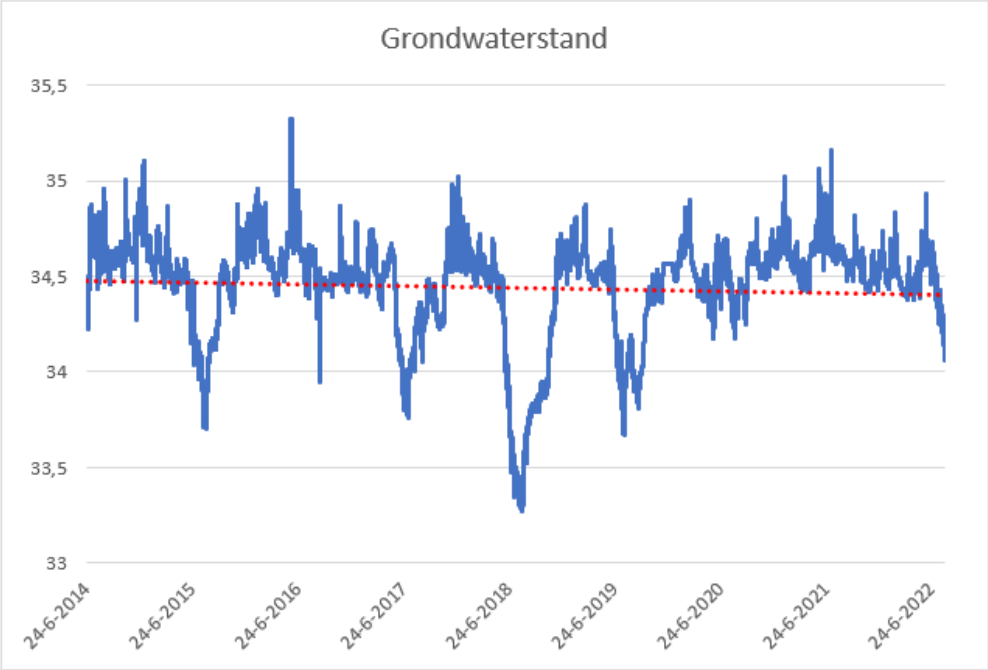
Locatie 9 Tabakspad



Grafiek locatie 9 Tabakspad

De grondwaterstand op deze plek is na genoeg in de zomerperiode als in de winterperiode gelijk. Wat opvalt is dat de dalen langer duren dan de pieken. En dat er geen echte piek is in de laagste grondwaterstand maar dat het afvlakt en gelijk blijft. Dit kan duiden dat er eventueel maatregelen genomen worden om de grondwaterstand niet nog meer te laten zakken als een bepaalde hoogte is bereikt. Iets wat opvalt is dat de metingen van de grondwaterstand in een lage periode rond de 32,2 meter boven NAP stopt. In 2020 is een duidelijke horizontale lijn te zien. Dit kan duiden dat de peilbuis niet dieper gaat. En dus een diepere grondwaterstand niet kan meten.

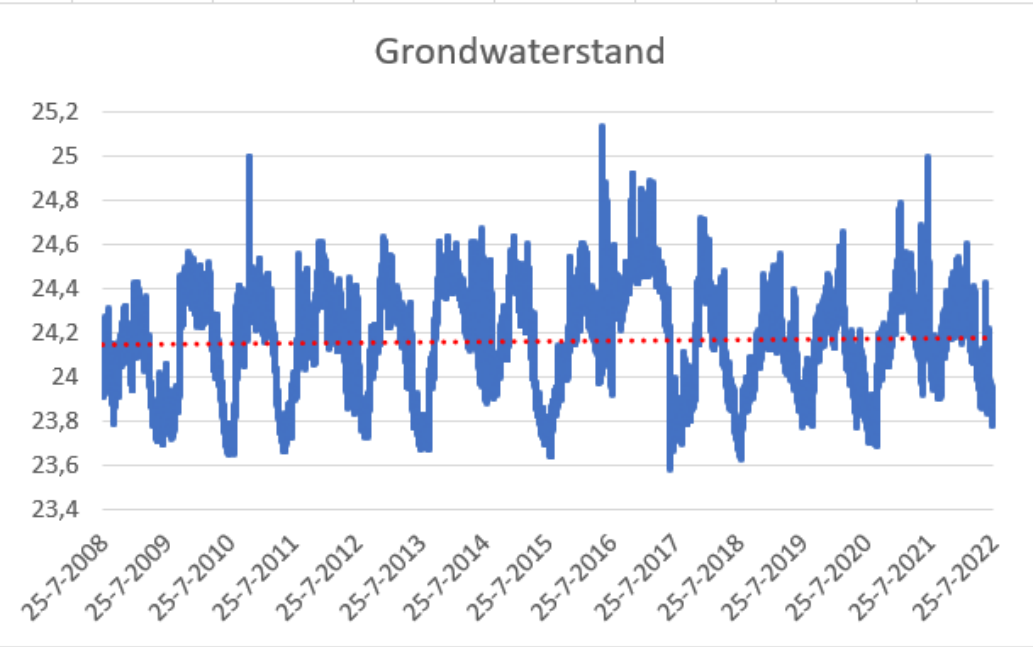
Locatie 10 Bredasedijk



Grafiek locatie 10 Bredasedijk

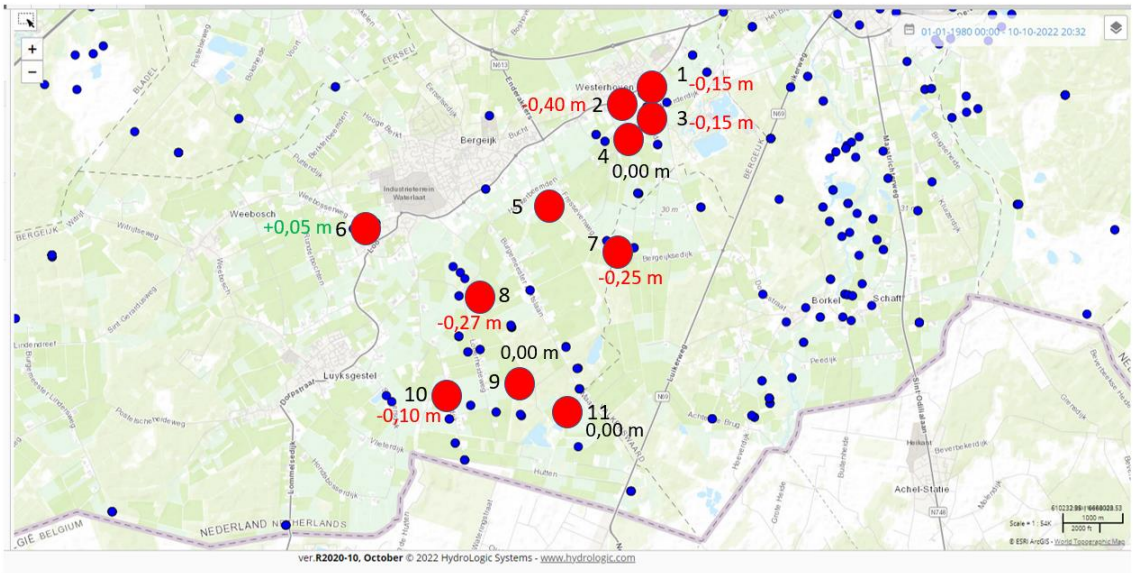
Het eerste wat opvalt is het dal in 2018. In vergelijking met de rest van de data is dit een flinke daling van de grondewaterstand optreed. Dit kan veel effect hebben op de omgeving en natuur. Ook helpt een verdrogend effect niet mee. Want in tijden van droogte wordt er meer water verbruikt en dat heeft weer een negatief effect op de grondwaterstand. Dit kan wel een oorzaak zijn waarom de grondwaterstand opeens zo veel afneemt

Locatie 11 Beekloop (Liskes)



Grafiek locatie 11 weg de Liskes bij de Beekloop.
Wat opvalt is in 2010, 2016 en 2021 de pieken het hoogst zijn. In deze jaren piekte de grondwaterstand het meest. In 2018 is het grootse dal zichtbaar, Toen was het grondwaterstand het laagst. Ook valt op dat de duur van een lage grondwaterstand vele malen groter is dan andere jaren. Verder valt op dat de trendlijn erg recht is. Dit betekent dat de gemiddelde grondwaterstand op deze plek nauwelijks is veranderd de afgelopen jaren.

Grondwaterstanden
Hieronder is per locatie aangeven of de gemiddelde grondwaterstand ten opzichte van de jaren ervoor gedaald, toegenomen of gelijk gebleven is. Locatie nummer 5 is niet meegenomen omdat de waarde die hieruit kwam niet representatief is door de korte duur.



Figuur 23: Locaties peilbuismetingen

Wat opvalt bij deze vergelijking is het volgende:
Benedenstrooms, dus rondom Westerhoven daalt de grondwaterstand. Op locatie 2 is dit 40 cm, dit is best wel flink en op locatie 1 en 3 met 0,15 cm.

In locatie 7 daalt de grondwaterstand 25 cm en in locatie 1 en 3, 15 cm. Dit is anders dan bij de Keersop.
Op locatie 6 stijgt de grondwaterstand nihil, namelijk met 5 cm.
Op locatie 8 daalt de grondwaterstand met 27 cm.

Bij locatie 9,10 en 11 (bij de Belgische grens) valt op dat alleen op locatie 10 de grondwaterstand daalt met 10 cm. Op locatie 9 en 11 blijft de grondwaterstand gelijk.

Waarnemingen:
Uit de bovenstaande analyse is het mogelijk om het volgende zeggen. De gemiddelde grondwaterstand neemt door de jaren heen af. In 2018, 2019 en 2020 was het extreem droog en dit is ook te zien in de grondwaterstanden. In deze periode waren de grondwaterstanden relatief laag en duurde de periode van een lage grondwaterstand langer dan gemiddeld. Daarnaast zijn de pieken bij sommige peilbuizen hoger, maar duren deze minder lang. Dit betekent dat er meer water valt in een kortere tijd. De trendlijn van de waterstanden van locatie 4, 9 en 11 blijven nagenoeg recht en veranderen nauwelijks. De gemiddelde grondwaterstand op deze plekken blijft dus ongeveer gelijk. Er is geen toe of afname van de grondwaterstand hoogte op deze plekken.

Bij de grondwaterstanden van locatie 1,2 en 3 is het zichtbaar dat het grondwater op deze plekken afneemt. De trendlijnen in deze grafieken lopen naar beneden toe. Bij locatie 1 en 3 is te zien dat het grondwater nogal fluctueert. En af en toe zijn er pieken die uitschieten. Verder valt op dat de laagste grondwaterstand elk jaar toe neemt. Dit wil zeggen dat de grondwaterstand elk jaar niet goed wordt aangevuld of dat er te veel grondwater wordt opgepompt waardoor de grondwaterstand daalt.

Peilbuis nummer 5 heeft een korte meetperiode. De reden hiervoor is onbekend. Hierdoor kan het zijn dat de metingen niet relevant genoeg is en de resultaten anders zijn als de meting langer was. Het enige wat opvalt is dat hier de gemiddelde grondwaterstand toe neemt.

Bij peilbuis nummer 6 is te zien dat de gemiddelde grondwaterstand een klein beetje stijgt, hier neemt dus de gemiddelde grondwaterstand toe in de afgelopen jaren. Bij peilbuis nummer 10 is aan de trendlijn te zien dat het gemiddelde hoogte van de grondwaterstand af neemt. Wat opvalt bij locatie 10 is de duur en diepte van het dal. In 2018 zakte het grondwater erg rap en bleef het grondwater een tijd lang er laag staan.

De peilbuis van locatie 7 laat een gemiddelde grondwaterstand daling zien van 25 cm en de peilbuis van locatie 8 een daling van 27 cm. Dit is ook logisch aangezien de peilbuismeeting van locatie 8 eerder begonnen is. Dit betekent echter wel dat de daling van de grondwaterstand op die plek waarschijnlijk al een tijd aan de gang is. Beide locaties liggen ongeveer halverwege tussen de eerste meetpunt en het laatste meetpunt en liggen dus ongeveer in het midden van het gebied.

Uit de peilbuizen analyse blijkt dat benedenstrooms door de jaren heen het gemiddelde grondwaterstand hoogte afneemt en dat bovenstrooms de gemiddelde grondwaterstand hoogte niet of nauwelijks afneemt. Dit betekent dat op de locaties van de peilbuizen waarbij de hoogte niet afneemt, er minder maatregelen of zelfs geen maatregelen getroffen hoeven te worden om de grondwaterstand op peil te houden. Verder wordt aangeraden om benedenstrooms wel maatregelen te nemen als gewenst wordt om het gemiddelde grondwaterpeil wel instant houden of zelfs verhogen.

Aan de hand van een peilbuisanalyse is het mogelijk om vast te stellen of er veranderingen plaats hebben gevonden in de grondwaterstand in de afgelopen jaren. Belangrijk hierbij is dat er naar lange periodes van minimaal 10 jaar gekeken wordt en niet naar korte periodes. Uit korte periodes kunnen geen conclusies getrokken worden omdat het geen trend kan weergeven.

Bijlage 5

Maatregel mogelijkheden

Landelijk gebied

Royal HaskoningDHV

A5 Maatregelen landelijk gebied

Deze bijlage is gericht op de maatregelen die getroffen kunnen worden om de grondwaterstand in het landelijkgebied omhoog te krijgen. De verschillende maatregelen hebben een korte omschrijving. Daarnaast zullen ook de voor- en nadelen per maatregel uitgewerkt worden. Deze bijlage hoort bij paragraaf 4.2.1.

De huidige waterhuishouding zorgt ervoor dat grote delen van Nederland droog komen te staan door dalende grondwaterstanden. Veenbodems die gebruikt kunnen worden voor verschillende doeleinden worden drooggelegd voor landbouw en andere doeleinden.

Waterinfiltratiesysteem (WIS)
Het waterinfiltratiesysteem is voornamelijk positief in gebieden van bijvoorbeeld veenweiden en andere hydrofobe landschappen. Het water infiltreert minder makkelijk de bodem in waardoor deze gebieden in droge en warme omstandigheden gevoeliger zijn voor verdroging. Het waterinfiltratiesysteem zorgt door middel van drainagebuizen dat water gelijkmatig verspreid wordt over het perceel, waardoor er in de zomer meer water beschikbaar is voor bijvoorbeeld gewassen. Tevens heeft het in de winter een positief effect dat er juist niet te veel water in de bodem terecht komt, ook weer door middel van de buizen (drains). Het overschot aan regenwater wordt dan afgevoerd naar de sloot. Het WIS is, zoals eerder vermeld, voornamelijk effectief bij bodems die slecht water doorlaten zoals veenpakketten of een klei dek op veen (*Waterinfiltratiesystemen – Bodemdaling Delfland*, n.d.).

Het WIS is wel een prijzige ingreep. De exacte kosten hiervan zijn nog niet bekend, maar zijn naar verwachting tussen de €2500,- en €3500,- per hectare. Voor ondernemers kan dit een grote ingreep zijn, daarom zou financiële bijdrage van een overheidsorgaan wenselijk zijn om zo de drempel wat lager te maken (*Waterinfiltratiesystemen – Bodemdaling Delfland*, n.d.).

Naast een natuurlijk infiltratiesysteem, dus zonder de aansturing van pompen, is het ook mogelijk om door middel van infiltratie en peil gestuurde drainage. Suevia (*Suevia BN | Agrarische Drinksystemen, Breektanks En Solar Systemen*, n.d.) is gestart met het plaatsen van drukdrainagesystemen die werken op zonne-energie. Het drukdrainagesysteem is inzetbaar bij werkzaamheden waar een constant waterpeil gewenst is. Het peilgestuurde drukdrainagesysteem werkt twee kanten op. Naast de traditionele drainerende werking kan het drainagesysteem ook infiltreren. Via deze wijze kan het dus ook bijdrage aan de grondwateraanvulling. Voor elk moment en elk peil kan het drukdrainagesysteem ingezet worden. Doordat het systeem beide kanten op werkt, zowel infiltrerend als drainerend, is het mogelijk om het waterpeil in de bodem op de meest wenselijke hoogte te houden (*Suevia BN | Agrarische Drinksystemen, Breektanks En Solar Systemen*, n.d.).

Peilbeheer gericht op grondwateraanvulling
Waterschap De Dommel wil dat er een vermindering in verdroging in haar beheergebied is en dat dit aantoonbaar moet zijn. Het waterbeheerprogramma 2022-2027 (Waterschap de Dommel, 2022) kaart aan dat gericht peilbeheer een positieve invloed kan hebben op de aanvulling van het grondwater en dus op het tegengaan van verdroging.

Peilbeheer helpt om het doel van een gezond, robuust en natuurlijk watersysteem te bereiken. Het peil staat vaak per beheergebied vastgesteld (*Richtlijn Peilbeheer*, 2012). Daarnaast draagt het ook bij aan de bewoonbaarheid en waterveiligheid in een gebied. Bij peilbeheer kan aan drie afwegingen gedacht worden die te maken hebben met de doelen van het waterschap, namelijk; voldoende en robuust, gezond en natuurlijk en veilig en bewoonbaar. Water aan- en afvoer is noodzakelijk bij peilbeheer en watersystemen. Zonder deze twee elementen valt er niks te reguleren en is er geen systeem. Om tot het gewenste peil te

komen worden er op drie niveaus afwegingen gemaakt. Dit gebeurt op basis van beleid, GGOR (gewenst grond en oppervlakte-waterregime) en op locatie.

Peilbeheer is vaak afgestemd op de functie en het gebruik van het land waar het aan grenst. Omdat het niet in elk geval mogelijk is om alle verschillende eisen en wensen in het gebied te verwezenlijken is er een nota opgesteld waarbij er beleidslijnen zijn vastgesteld (*Nota Peilbeheer in Vrij Afwaterende Gebieden*, n.d.; *Richtlijn Peilbeheer*, 2012).

Beheer gericht op grondwateraanvulling is een manier om het grondwater gelijkmatig aan te vullen. Het streefpeil bij dit type peilbeheer is vaak hoger dan het gemiddelde streefpeil, omdat het water langer vastgehouden wordt. Op deze manier krijgt het water in de watergangen de tijd om te infiltreren in de bodem en zo de grondwaterstand aan te vullen. Daarnaast kan dit type beheer ook nuttig zijn om een buffer te creëren voor warmere dagen. Door het waterpeil hoger te houden is er zelfs in warme, droge tijden water beschikbaar voor de gewassen en hoeven niet meteen extra kosten voor besproeiing gemaakt te worden [redacted]

Vijvers inzetten voor grondwateraanvulling
(Vis)Vijvers zijn toepasbaar als het gaat om de aanvulling van de grondwaterstand. Bovenstrooms, dus in de hooggelegen gebieden tussen twee waterscheidingen, infiltreert het water via de vijver in de bodem. Vervolgens heeft dit ondergronds een drainerende werking en stroomt het grondwater af naar de bodem benedenstrooms, waar het dan een infiltrerende werking heeft (van der Wal, 2016).

Tijdens een sessie met [redacted] van waterschap De Dommel is naar voren gekomen dat er in het gebied van Keersop Midden een grote hoeveelheid vijvers aanwezig is. Vijvers aangesloten op de Beekloop en de Keunensloop zijn interessant om in te zetten voor de infiltratie van water dat ingelaten wordt vanuit het Kempisch kanaal. De exacte werking van de vijvers is in 4.2.2 te vinden.

Plaatsen van stuwen (Bartholomeus et al., 2021)
In de Keersop zelf zijn slechts een paar stuwen geplaatst. Stuwen helpen met het vasthouden van water en het reguleren van het waterpeil in sloten en beken. Dit is een effectieve manier om de bodems vochtig te houden en de grondwaterstand op peil te houden. De plaatsing van stuwen biedt de mogelijkheid om de drainerende werking van watergangen te verminderen en meer water vast te houden.

Dammen, stuwen, gemalen en sluizen worden ingezet om het water te managen. Ze beschermen Nederland voor overstromingen en andere rampen. Daarnaast kunnen stuwen en sluizen in tijden van droogte het water dat aanwezig is dusdanig reguleren dat de watergebruikers nog steeds de benodigde hoeveelheid zoetwater tot hun beschikking hebben. Echter, vanuit afgelopen zomers bleek wel dat dit niet altijd mogelijk is en dat soms de kraan dicht moet (*Dammen, Sluizen En Stuwen* | *Rijkswaterstaat*, n.d.; O'Mahoney et al., 2018).

De ondernemers [redacted] hebben zelf 5 stuwen in hun beheer. In het principe hoeven zij niet te beregenen zolang er water in de sloten en beken staat. Deze sloten en beken zijn een visuele weergave of het grondwaterpeil hoog genoeg is ja of nee. Daarnaast dienen de stuwen ook als hulpmiddel om een buffer voor in de warme droge periodes op te bouwen. Bij [redacted] hebben ze afgelopen zomer een deel van de zomer kunnen overbruggen zonder te beregenen doordat er veel water in de watergangen stond. Uiteindelijk was het dusdanig droog en warm dat beregening de enige oplossing was, maar het vastgehouden water zorgde ervoor dat dit pas veel later van toepassing was.

Automatiseren van stuwen
Door middel van de juiste maatregelen kunnen waterbeheerders vrij direct het grondwaterpeil beïnvloeden. Met het juiste materiaal kunnen de afvoergegevens verzameld worden en kan bepaald worden of het huidige debiet passend is voor de wenselijke situatie of niet (Filius & ten Kate, 2007). Het automatiseren van stuwen zorgt ervoor dat er op een gemakkelijke wijze veel informatie over het watersysteem verzameld kan worden waardoor passend beheer en gebruik opgesteld kan worden. Het is hierbij echter wel van belang dat de controles frequent plaatsvinden om zo gebruik te maken van de meest actuele data.

Handbediende stuwen worden niet elke dag gecontroleerd of deze goed ingesteld staan voor het waterpeil dat er op dat moment is. Meestal worden deze eens in de zowel weken en/of maanden gecheckt en staan de stuwen op een standaard ingesteld voor een winter- of zomerpeil. Echter is dit niet altijd efficiënt voor het laten infiltreren van water en andere doeleinden. Elektrische stuwen reageren direct op peilverandering in plaats van handbediende stuwen die door de beheerder anders ingesteld moeten worden. Dit betekent dat op het moment dat er iets met het waterpeil in bijvoorbeeld een beek of sloot gebeurt de geautomatiseerde stuw direct reageert of dit met een druk op een knop iets verander kan worden. Automatische stuwen maken het beheren van de stuwen minder inspannend, maar ook effectiever. Agrariërs en andere peilbeheerders kunnen op een gemakkelijke manier het streefpeil voor bijvoorbeeld landbouw en natuurontwikkeling doeleinden handhaven met de geautomatiseerde stuwen (P. J. T. van Bakel, 1985).

Geautomatiseerde stuwen zijn echter prijziger dan handgestuurde stuwen. Het elektrische systeem wat ingezet wordt om de stuwen te besturen is prijzig. Daarnaast zijn ook de extra onderdelen die bij de geautomatiseerde stuwen horen niet goedkoop. Denk hierbij aan schakelpaneel, motor, elektroden, etc (P. J. T. van Bakel, 1985).

Passend beheer watergangen
Het beheer van watergangen, beken en sloten heeft invloed op de afvoersnelheid in een watergang. Een watergang met minimale tot geen beplanting heeft een hogere afvoersnelheid dat een watergang met veel begroeiing. [redacted] geeft aan dat passend beheer per type watergang een positieve invloed kan hebben op de stroomsnelheid en dus de mogelijkheid voor water om te infiltreren. Door het verminderen van de stroomsnelheid staat het water langer in de watergang waardoor het meer tijd heeft om in de bodem te zakken.

Bij [redacted] is het beheer afgestemd op het type watergang, namelijk A, B of C. A-watergangen worden eens in de zoveel tijd volledig gemaaid. B-watergangen worden ook eens in de zoveel tijd gemaaid, echter wordt de vegetatie op de bodem behouden om op deze wijze de stroomsnelheid te remmen [redacted]

Riolering
Riolering is een ondergronds netwerk van buizen en andere hulpstukken die via pompen, kolken en putten water ervoor zorgen dat (verontreinigd) water in oppervlaktewateren of rioolwaterzuiveringen terecht komen. Rioolnetwerken zijn gelegen in steden of dorpen. Door het rioolnetwerk kan het afvalwater en hemelwater op een veilige manier naar de rioolwaterzuiveringen afgevoerd worden. De kans dat schadelijke stoffen en/of bacteriën overgedragen worden naar mensen en dieren is door het rioolnetwerk geminimaliseerd (*Riool - Wikipedia*, n.d.; *Rioolstelsels - DYKA Kennis*, n.d.).

Gescheiden en gemengd stelsel
In oudere wijken in Nederland ligt vaak een gemengd rioolstelsel. Dit houdt in dat het afvalwater en het schone hemelwater samenkomen in dezelfde rioolbuis. Vanuit hier voert het water via de buizen af naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI). Omdat er ook hemelwater in de rioolbuizen terecht komt, en de

hoeveelheid hiervan sterk kan wisselen, heeft het stelsel de mogelijkheid om te overstorten op oppervlaktewater. Dit wordt gedaan indien het rioolstelsel niet genoeg capaciteit heeft om de grote hoeveelheid water op te slaan. Dan stort het ongezuiverde water over op het oppervlaktewater, waardoor 'schoon' en vuil water gemengd raken (DYKA, n.d.; *Rioolstelsels - DYKA Kennis*, n.d.).

Bij een gescheiden rioolstelsel zit het rioleringssysteem anders in elkaar. Het afvalwater wordt gescheiden van het schone hemelwater, wat inhoudt dat er twee rioolbuizen zijn. Er is een droogweerafvoer (DWA), dit is afvalwater afkomstig van bijvoorbeeld huishoudens en industrieën en er is een hemelwaterafvoer (HWA), dit is regenwater afkomstig van neerslag (*Rioolstelsels - DYKA Kennis*, n.d.; *Soorten Riolering - RIOOLINFO*, n.d.).

Riooldimensionering

Met behulp van dimensionering van de rioolbuizen ontstaat de mogelijk om de opslagcapaciteit in de riolering te vergroten, al helemaal in een gescheiden stelsel. In het geval van een gescheiden stelsel gaat het om de dimensionering van de hemelwaterleidingen aangezien hier meer afwijkingen zijn in de afvoer dan in de afvalwaterleidingen. Specifiek op plekken waar geen plek is voor waterbergingen of waar geen infiltratievoorzieningen zijn kan een vergroting van de rioolcapaciteit als noodzakelijk beschouwd worden. Echter kost de vergroting van de capaciteit van het riool veel geld en is het daarom voordeliger om dit te doen wanneer vervanging van de huidige riolering gepland staat. Daarnaast moet er ook onderzoek gedaan worden of in het plangebied überhaupt genoeg ruimte beschikbaar is voor het dimensioneren van de rioolbuizen. In oudere dorpen en/of steden liggen kabels en leidingen vaak dicht op en langs elkaar waardoor er niet altijd genoeg ruimte beschikbaar is (Stantec.io, n.d.).

Drukriolering

Drukriolering is een riool waarin het afvalwater met een pomp door een persleiding naar de RWZI stroomt (*Soorten Riolering - RIOOLINFO*, n.d.). Voordat het water in de persleiding terecht komt stroomt het water via reguliere rioolleidingen een put in, waarna het vervolgens via de persleiding doorgaat naar de RWZI (*Wivi - Drukrioleringen*, n.d.). De riolering wordt veelal op het platteland en woonboten ingezet.

Bewustzijn creëren bij grondwatergebruikers

Veel gebruikers van grondwaters, zoals bewoners, landbouwers en fabrikanten maken gebruik van de grondwatervoorzieningen zonder zich bewust te zijn van hun gebruikspatroon. De mens weet wel wat de gevolgen van droogte zijn op het oppervlak, maar zijn zich vaak niet bewust van de gevolgen onder de grond. Zo geeft *Ons Water* aan dat watergebruikers op warme dagen vaak extra douchen, meer de tuin sproeien en zwembaden vullen. Het is begrijpelijk dat gebruikers dit doen aangezien dit een effectieve manier van verkoeling is, echter is het wel een extra klap op de (grond)watervoorraad die in lange periodes van droogte al vrij schaars is (*Zuinig Op Ons Water Met Nieuwe Waterverbruiktool | Nieuwsbericht | Ons Water*, 2021).

Waterschap De Dommel vindt het belangrijk om meer bewustzijn te creëren bij watergebruikers. Dit op gebied van verbruik, maar ook op de huidige situatie. Nederland heeft geen oneindige voorraad water (bron waterschap de Dommel). Sterker nog, de onttrekking en aanvulling van het grondwater is in disbalans. Momenteel wordt er veel meer water in Brabant onttrokken dan dat er aangevuld wordt waardoor, zoals in hoofdstuk 0 te lezen is, de grondwaterstand daalt (Maas Geesteranus et al., 2022). Een dalende grondwaterstand heeft ingrijpende gevolgen voor het leven in en boven de bodem. Door bewust zijn te creëren hoopt Waterschap De Dommel een verandering in gedrag te zien bij de consument en een verantwoorde omgang met het grondwater te laten ontstaan (*Overlast Door Grondwater | Waternet*, n.d.; Waterschap de Dommel, 2022).

Lozingsvergunningen
Een lozingsvergunning is een vergunning die toestaat dat afvalwater zoals bijvoorbeeld koelwater of procesafvalwater, geloosd mag worden op oppervlaktewater. Dit kan een in kanalen, rivieren, etc. gedaan worden. De vergunningen kunnen op verschillende overheidsniveaus gegeven worden, afhankelijk van op welk water de lozing plaats gaat vinden (*Waterkwaliteit En Lozing Afvalwater | Rijkswaterstaat*, n.d.). Lozingsvergunning moeten ervoor zorgen dat het afvalwater dat geloosd wordt op het oppervlaktewater zo min mogelijk schadelijke impact heeft op het ecologische systeem. Echter zijn de vergunning verouderd en voldoen velen niet meer aan de huidige norm, waardoor er veel meer 'vuil' water terecht komt in het oppervlaktewater. Beter toezicht is noodzakelijk om deze problematiek op te lossen en zo de impact op de natuur te verkleinen (*'Lozingsvergunningen Voor Afvalwater Moeten Transparanter' - Drinkwaterplatform*, 2021).

Bebossing en verdamping
De Bosnota is een beleid vanuit de het Rijk waarin het plan voor bos en bosbouw geformuleerd staat. Het beleid is opgesplitst in beleid voor bestaand bos en voor nieuw bos (Kapsenberg & Hoefnagels. A.J.M., 1998). Omdat het een beleid is, moet de Bosnota opgenomen worden in het rapport. De vraag is dan of bebossing een positieve invloed kan hebben op het beperken van verdamping en de aanvulling van het grondwater.

Vanuit de Bosnota is dus de vraag waar plaats is voor nieuwe bebossing en waar de bestaande bebossing is en hoe deze beheerd wordt. Vanuit hier volgt echter de vraag voor de opgave van Keersop Midden: Wat is de invloed van bebossing op de verdamping en de grondwaterstand in het plangebied? Het is mogelijk dat extra bebossing een positieve invloed heeft op beide of één van de twee. Echter is het ook mogelijk dat het een negatieve invloed heeft op de grondwaterstand en de verdamping. Daarnaast is het ook mogelijk dat de gevolgen ook nog verschillen per soort boom/bos.

Verdamping en de hoeveelheid daarvan is afhankelijk van veel verschillende factoren waarbij de beschikbaarheid van nutriënten en grondwater een grote rol spelen. Deze twee factoren samen met nog vele andere aspecten bepalen de groeisnelheid van de vegetatie en ook de dichtheid hiervan ("The Interpretation of the Variations in Leaf Water Potential and Stomatal Conductance Found in Canopies in the Field," 1976). Bij een beperkte hoeveelheid vegetatie geldt over het algemeen dat er minder verdamping is. Gesloten vegetaties zorgen er juist voor dat er continue verdamping plaats vindt. Hoe meer bladoppervlak er is hoe meer water er kan verdampen. Uit onderzoek is gebleken dat de verdamping van loofbossen vergelijkbaar is met de verdamping van agrarisch grasland, wat een groot deel van de oppervlakte langs de Keersop is. Dit heeft voornamelijk te maken met het oppervlak van de bebossing. Zoals eerder benoemd is de verdampingsgraad afhankelijk van het oppervlak en over het algemeen geldt hoe groter het oppervlak hoe meer er kan verdampen. (Lesschen et al., 2012)

Hoe goed het bodemwater opneemt is mede afhankelijk van de ruimte die er in de bodem aanwezig is en aan het gehalte van organische stoffen in de bodem. Minder organische stoffen betekend dat de bodem minder sponswerking heeft en dus dat water minder makkelijk infiltreert in de bodem [redacted]) (Massop et al., 2005; Moors et al., 1996). Goed ontwikkelde, natte bebossing draagt bij aan het vasthouden van water. De bebossing zorgt voor ervoor dat het organische stofgehalte in de bodem minder aangetast kan worden door bijvoorbeeld ploegen en dat de bodem losser gemaakt wordt door de groei van wortels. Hierdoor komt er ruimte vrij in de bodem waardoor water makkelijker kan infiltreren (Lesschen et al., 2012).

Bijlage 6

Maatregel mogelijkheden

Stedelijk gebied

Royal HaskoningDHV

A6 Maatregelen stedelijk gebied

Maatregelen waterschap de dommel

In het waterbeheerprogramma 2022-2027 van waterschap de Dommel zijn verschillende maatregelen voor het stedelijk gebied beschreven. De gemeentes zijn zelf verantwoordelijk voor het afkoppelen en infiltreren van hemelwater. Het waterschap ondersteund en stimuleert de gemeentes om deze ambities na te leven. Het waterschap streeft tussen 2021 en 2027 een stijging van 15% extra afgekoppeld oppervlakte in hun gebied.

Maatregelen waterbeheerprogramma voor Stedelijk gebied.

- Iedere gemeente heeft een uitvoeringsstrategie met afspraken over termijnen en inzet van middelen.
- We richten klimaatbuffers in bij iedere bebouwingskern, dit in samenwerking met gebiedspartners. Dichter bij de bron, tegen dorpen en steden aan. We onderzoeken daarbij meekoppelkansen, bijvoorbeeld ten aanzien van recreatief gebruik. Met duidelijke afspraken over de kosten voor inrichting, beheer en onderhoud.
- Er komen duidelijke kaders in de omgevingsverordening en in gemeentelijke omgevingsvisies en –plannen. Bij iedere ingreep in het gemeentelijke rioolstelsel is het uitgangspunt dat regenwater en (huishoudelijk) afvalwater gescheiden worden bij nieuwbouw en bij vervangingen. Een ander uitgangspunt is dat regenwater maximaal infiltreert. Denk aan meer eisen voor vergroening en multifunctioneel ruimtegebruik.
- We inspireren, stimuleren en belonen goede initiatieven (met subsidies). We verkennen nieuwe mogelijkheden om het waterbewustzijn bij gemeenten, bedrijven en inwoners te vergroten
- We faciliteren regionale kennisdeling over water tussen gemeenten en overige partners, zoals provincie, bedrijven en scholen. We geven gevraagd en ongevraagd advies om het belang van een klimaatbestendig watersysteem te borgen in alle ruimtelijke ontwikkelingen.
- We maken een bewuste keuze welke initiatieven we wel of niet oppakken. We handelen in geval van een urgente wateropgave(n). We zeggen nee als dat nodig is.
- We lopen niet weg voor onze verantwoordelijkheid in dit complexe vraagstuk. We geven zelf het goede voorbeeld, door onze eigen gebouwen en terreinen te vergroenen, regenwater af te koppelen en te laten infiltreren.

(Waterschap de Dommel, 2022)

Maatregelen stedelijk gebied

In het beekdal liggen de volgende Kernen, Bergeijk, Westerhoven en Luyksgestel. Deze dorpen vallen onder de Gemeente Bergeijk. Om de Keersop klimaatneutraal en water robuust maken wordt er ook gekeken naar de flanken van het stromingsgebied. En in deze flanken liggen de dorpen. Maatregelen voor het stedelijk gebied kunnen bijdragen aan een positief effect voor het stedelijk gebied en voor het beekdal en met namen de Keersop en de Beekloop zelf.

A6.1 Maatregelen particulieren kunnen nemen:

Groene daken en daktuinen

Dit zijn daken die bedekt zijn met vegetatie bijvoorbeeld gras, mos en sedum. Voordelen hiervan is dat het deze daken wateroverlast tegengaan en voorkomt overstromingen in het riool. Verder zorgt de vegetatie ervoor dat het effect van zure regen minder wordt. Ook filtert de vegetatie een deel van de stikstofvervuiling op. Een nadeel van groene daken kan zijn dat het dak niet bestand is tegen het gewicht. Als er veel water op het dak blijft staan, zorgt dit ook voor meer gewicht op het dak. (Wavin, 2017)

Doorlatende bestrating, stoepen en tuinen

In veel stedelijk gebied is er gebouwd met materialen die water niet of nauwelijks door laten. Hierdoor kan regenwater niet in de grond infiltreren en blijft het op het oppervlakte liggen of moet het via riolering afgevoerd worden. Als er plotseling een hevige/ lange regenbui valt met veel neerslag kan dit voor problemen zorgen. Daarom kan men de niet doorlaatbare materialen vervangen door bijvoorbeeld gras en verharding in de tuin veranderen naar geen verharding. Hierdoor kan water op de plek infiltreren en raakt het riool minder snel verstopt. (Wavin, 2017)

Regenpijp afkoppelen

Een maatregelen die particulieren kunnen nemen is om de regenpijn van het dak af te koppelen. Het regenwater wordt anders via de pijp naar het riool gebracht en afgevoerd. Door dit af te koppelen wordt het riool ontzien en kan het hemelwater zelf opgevangen worden en voor eigen gebruik, gebruikt worden. Een andere optie is om het regenwater van het dak, via het oppervlak af te voeren naar een wadi of bergingsvijver in de buurt. Echter zal dit niet in alle gevallen kunnen omdat er misschien helemaal geen groenstrook en of bergingsvijver aanwezig is in de buurt. (*Dit Kun Jij Doen Tegen: Wateroverlast - Arnhem Klimaatbestendig*, n.d.) (Wavin, 2017)

Regenwatersysteem

Om echt heel duurzaam bezig te zijn is het een optie om regenwater wat valt op je huis op te slaan in een grote tank

Om echt een slag te slaan en te verduurzamen is er een optie om het regenwater wat valt op je huis op te slaan in een grote tank en dit water gebruiken voor bijvoorbeeld het doorspoelen van je wc en wasmachine. Het idee is goed, alleen de uitwerking is niet altijd even praktisch of kan. Particulieren moeten wel de ruimte hebben voor een grote tank en de infrastructuur aanleggen voor het water. Het kan zijn dat de tank droogvalt in drogere periodes. Verder wordt er natuurlijk ook gekeken naar het financiële plaatje. (*Regenwatersysteem - Arnhem Klimaatbestendig*, n.d.)

Moestuinen en volkstuinen

Een manier om wateroverlast en hittestress tegen te gaan is een moestuin/volkstuin. Dit zijn plekken in woonwijken en steden waar een stuk grond beschikbaar is voor het telen van gewassen en siergewassen. Op deze plek kan het hemelwater vaak rechtstreeks de grond in infiltreren. Dit komt doordat er nauwelijks verhardoppervlakte aanwezig is. Verder zorgen deze gewassen voor een koelend effect in het gebied. De gewassen halen koelwater uit de grond en verplaatst dit naar de lucht toe. Hierdoor krijg je een koelend effect. Een ander effect van een moestuin/volkstuin is dat het bijdraagt aan een duurzame leefomgeving en recreatiebeleving. Zo kunnen mensen uit de buurt samen komen bij de volkstuin en worden ze bewust van

hun eigenomgeving. Het draagt ook bij aan maatschappelijke vraagstukken voor de omgeving en community. (Dirven-van Breemen et al., 2011)

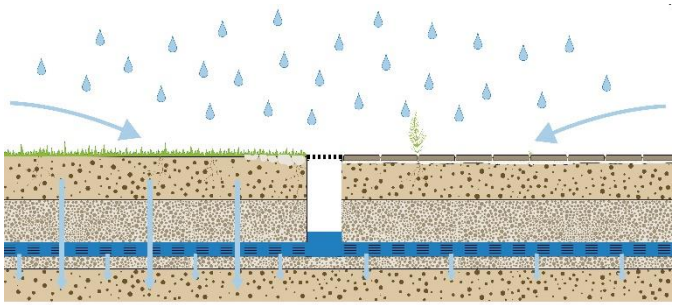
A6.2 Maatregelen die gemeente Bergeijk kan nemen:

Regenwater scheiden van het rioolstelsel.
In veel gemeentes en gebieden is er nog geen gescheiden rioolstelsel. Dit betekent dat hemelwater en vuilwater samen door een buis gaan. Ook komt dan relatief schoonwater terecht bij waterzuiveringsinstallaties. Daarom is het van belang om het rioolstelsel aan te passen. Hemelwater en vuilwater gescheiden houden. Het beste is om ouden rioleringsbuizen waar het water nog gemengd is te vervangen voor een gescheiden stelstel. Echter zal dit wel veel geld en tijd kosten.

Een andere maatregelen is infiltreren onder wegen. Met speciale infiltratie kratten kan dit gerealiseerd worden. Ook zouden deze kratten in de ondergrond van andere openbare ruimtes geplaats kunnen worden, bijvoorbeeld in wadi's of speeltuinen. Particulieren zouden deze kratten ook in hun tuin (Wavin, 2017)

*Figuur 24 infiltratiekratten, bron: (*Alles over Infiltratiekratten | Rockflow*, n.d.)*

IT-riool
Een alternatief om hemelwater terplekken te laten infiltreren is een IT-rioolsysteem. Dit systeem is geschikt voor plekken waar het niet mogelijk is om water aan de oppervlakte te laten infiltreren. Een IT-riool (Infiltratie- en Transportriool) is een rioolbuis dat zowel water laat infiltreren als water laat transporteren. In Bergeijk is de ruimte in het centrum beperkt. Daarom zou dit een goed alternatief zijn. Op plekken waar het niet mogelijk is om bijvoorbeeld wadi's of groenstroken aan te leggen voor het bergen en infiltreren van hemelwater is dit een mooi ondergronds alternatief. Een voorwaarde voor dit systeem is wel dat de buis boven de grondwaterstand ligt. Anders kan het water niet in de grond infiltreren. Als er op plekken een hoge grondwaterstand is dat werkt dit systeem niet.



Figuur 25 IT-riool, Bron: Omgekeerde Drainage/IT-Riool*, n.d.)*

De werking van een IT-riool is als volgt. Als er een bui valt, komt dit via het verhard oppervlakte en kolken terecht in het riool. Bij een IT-buis infiltreert het water uit de buis in de grond. Als er te veel water of de intensiteit van de bui te groot is, voert het IT-riool het overtollige water af. Dit kan bijvoorbeeld op het oppervlaktewater wat in de buurt zit of op het regenwaterriool. De rioolbuizen kunnen ook worden ingezet voor het tijdelijk bergen van water. Hierdoor is het mogelijk om regenwater onder de grond in IT-buizen tijdelijk vasttehouden en langzaam in de bodem te laten infiltreren. Wel moet er rekening gehouden worden

met de beperkte berging en met de kans dat nog een intensieve bui valt als er al water in de buizen zit. Een oplossing hiervoor is een overstort klep die het overige watertransport naar bijvoorbeeld Klimaatbuffers. (Omgekeerde Drainage/IT-Riool, n.d.-)

Afkoppelen
Een maatregel die toegepast gaat worden in Gemeente Bergeijk is het afkoppelen van huizen op het vuilwater rioolstelsel. Hemelwater wat valt op daken wordt afgekoppeld en afgevoerd naar groen en waterstroken in de buurt. Het zal niet altijd mogelijk zijn om het water in de buurt te bergen in bijvoorbeeld wadi's door ruimtegebrek. Daarom moet er voor Bergeijk alternatieven verzonnen worden. (*Hoe Ontstaat Wateroverlast?* | *Ons Water*, n.d.)

Bomen
Een oplossing die niet alleen tegen wateroverlast is maar ook zorgt voor minder hitte stress is het planten van bomen in stedelijk gebied. Bomen met veel bladeren zorgen voor schaduw op de grond. Verder neemt het wortelsysteem van bomen veel water op. Hoe groter het wortelsysteem, hoe meer water erop genomen kan worden. Hierdoor raakt het rioolstelsel niet overbelast. Ook in tuinen kan men bomen planten. Van de verschillende soorten bomen is een tabel gemaakt die weergeeft waar deze boom het beste kan staan en wat de duurzame bijdrage is aan de omgeving. Een nadeel is dat als een grote boom dicht bij de weg staat. De wortels de verharding rondom de boom beschadigd. (*Dit Kun Jij Doen Tegen: Wateroverlast - Arnhem Klimaatbestendig*, n.d.)

Half verharding
Parkeerplaatsen voor auto's zijn vaak aangelegd van steen/bestrating. Tussen de stenen is bijna geen ruimte voor het water om te infiltreren. Half verharding biedt hiervoor een oplossing. Zoals de naam zegt zit er meer ruimte tussen de stenen en of zit er ruimte in de verharding. Hierdoor kan water makkelijk infiltreren en kunnen auto's alsnog op een veilige manier geparkeerd worden.(RHDHV, 2022a)

Berg-bezink bassin
Een oplossing waarbij een grote hoeveelheid regenwater tijdelijk geborgen kan worden is een berg-bezink bassin. Zo'n bassin kan onder de weg, een gebouw en of onder een groenstrook aangelegd worden. Een bassin zit ondergronds en geeft dus weinig overlast bovengronds en staat niet in het zicht. Dit is eventueel een oplossing voor de krappe ruimte in Bergeijk. (*Hoe Ontstaat Wateroverlast?* | *Ons Water*, n.d.)
Preventief beheren
Niet alleen water komt in het riool terecht, ook veel afval en vuil. Denk bijvoorbeeld al wat weggespoeld wordt door de wc. Of wat aan etensresten wordt weggespoeld door de gootsteen. Dit komt allemaal niet ten goede voor het riool. Daarom is het van belang dat het riool goed beheerd wordt zodat er geen verstoppingen zitten en het water makkelijk weg kan stromen. (*Hoe Ontstaat Wateroverlast?* | *Ons Water*, n.d.)

A6.3 Maatregelen die Waterschap De Dommel kunnen nemen:

Klimaatbuffer stedelijk gebied
Een klimaatbuffer is een gebied waarbij hemelwater vertraagd kan infiltreren. En een plek waar water geborgen kan worden en langzaam in de grond kan infiltreren. Er zijn verschillende soorten klimaatbuffers. (*Klimaatbuffers* | *Home*, n.d.) Ook is recreatie mogelijk in natuurlijke klimaatbuffers, bijvoorbeeld voor wandelaars, vogel- en dierenliefhebbers. (*Nederland Klimaatbestendig, Mooier Én Veiliger* | *Natuurmonumenten*, n.d.)

Het doel van natuurlijke klimaatbuffers is om water zo lang mogelijk vast te houden. Klimaatbuffers liggen op plekken waar het geen probleem is om water langdurig vast te houden. Klimaatbuffers bij de keersop zijn bedoeld om regenwater wat valt in Bergeijk en Westerhoven op te vangen en vertraagd af te laten

voeren richting de beek. Ook is het de bedoeling om extreme neerslag op te vangen en ervoor te zorgen dat er geen overstromingen plaats vinden. In droge periodes kunnen klimaatbuffers juist water afgeven waardoor de grondwaterstand in drogeren tijden minder zakt. (*Nederland Klimaatbestendig, Mooier Én Veiliger* | *Natuurmonumenten*, n.d.)

Een klimaatbuffer wat tussen Bergeijk en de Keersop zou passen is een Natuurlijke spons. De Natuurlijke spons houdt water vast. Rondom de Keersop kunnen locatie aangeduid worden waar water vast gehouden kan worden. Door het gebied natuurlijk in te richten wordt grondwater aangevuld en het oppervlaktewater vertraagd af te voeren. Een andere optie is een iets minder natuurlijke oplossing, door middel van stuwen en dammen kan water geborgen worden en vertraagd afgevoerd worden. Als er een te grote afvoer piek is, kan het water alsnog geloosd worden op de Keersop. Tot slot blijft het een investering om een het gebied om te vormen tot een natuurlijke klimaatbuffer. Maar deze investering wordt terugverdiend doordat economische schade beperkt blijft en overstromingen voorkomen worden. (*Klimaatbuffers* | *Home*, n.d.). (*Nederland Klimaatbestendig, Mooier Én Veiliger* | *Natuurmonumenten*, n.d.)

Bergingsberekening

Om te bepalen hoeveel berging er nodig is, is er een berekening gemaakt voor de hoeveelheid berging die nodig is. Hierbij zijn enkele randvoorwaardes gebruikt.

- Subsidieregeling gemeente Bergeijk afkoppelen (particulieren/perceeleigenaars)
  - 80 procent doet mee
  - Van 80 procent is 70 procent succesvol in volledig afkoppelen van het hemelwatersysteem.
  - Geldt voor daken en tuinen
- Onderscheid tussen daken en tuinen/erven gemaakt.
- Onderscheid tussen bedrijven- en particulieren bebouwing
- Onderscheid tussen Bedrijven- en particulieren erfterrein
- Infrastructuur (verharden wegen) doet ook mee
- Verschillende voorwaardes voor de berging (Royal haskoningDHV, 2022)
  - 60 mm
  - 30 mm
  - 10 mm
  - 5 mm

60 mm is een uitgangspunt die wordt gebruikt bij nieuwbouwwijken. Naar een minder hevige bui (30 mm) is ook gekeken, net zoals Buien van 10 mm en 5 mm buien die een paar keer per jaar voorkomen (RIONED, 2019).

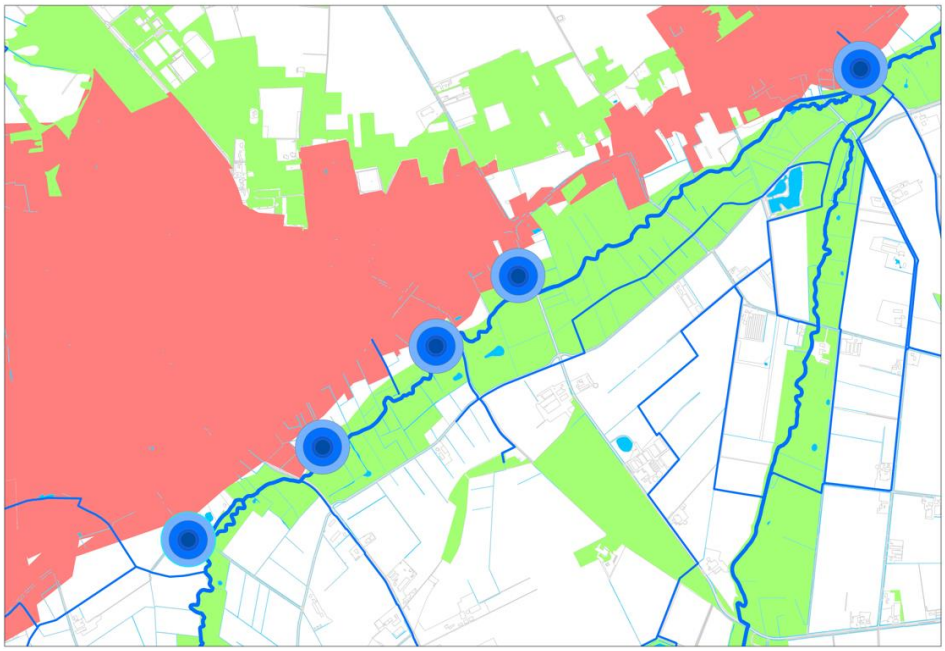
Oppervlakte Klimaatbuffer.

De oppervlakte van de verschillende bergingen zijn berekend en in kaart gebracht. De klimaatbuffers zijn evenredig uitgewerkt. De oppervlakte is gedeeld door 5 aangezien op 5 locatie klimaatbuffers geplaats kunnen worden. In de tabel hieronder zijn de oppervlakte (in meters), straal en diameter berekend.

Hoeveelheid Berging (mm)	5 mm	10 mm	30 mm	60 mm
Oppervlakte (m2)	5.000 m2	10.000 m2	30.000 m2	60.000 m2
Straal (m)	40 m	57 m	98 m	138 m
Diameter (m)	80 m	114 m	196 m	276 m

In de kansenkaart zijn de verschillende bergingshoeveelheid uitgewerkt. Dit geeft een beeld over de grootte en ruimte gebruik van de Klimaatbuffers.
Niet overal rondom de Keersop is plek om een grootte Klimaatbuffer te creëren. Verder kan het zijn dat op bepaalde plekken de berging juist groter wilt hebben dan op andere plekken.

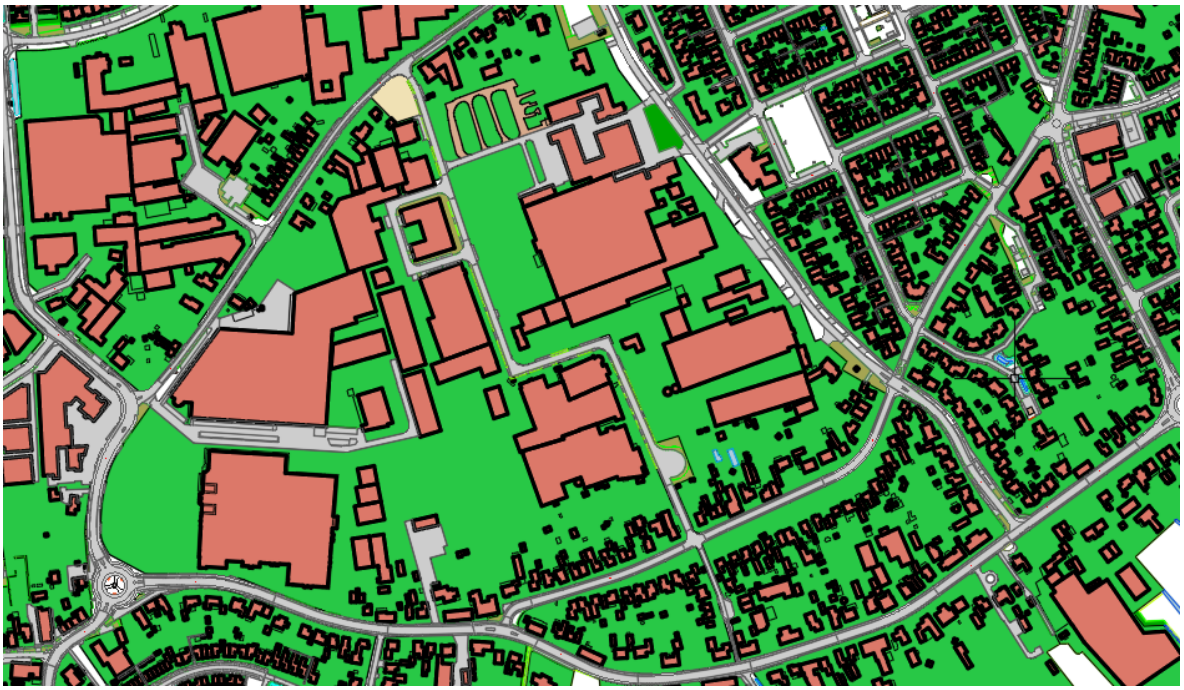
Het advies is daarom ook de verschillende bergingen mee te nemen en te kijken wat het beste geschrikt is voor het gebied.



Figuur 26 Locatie Klimaatbuffers

Legenda:

- Hoofd_watergang
- A_watergang
- Oppervlakte_water
- NNB
- bebouwing_en_verhardoppervlakte
- BGT__2022
- Klimaatbuffer_berging_60mm
- Klimaatbuffer_berging_30mm
- Klimaatbuffer_Berging_10mm
- Klimaatbuffer_berging_5mm



Figuur 27 (deel)gebied Bergeijk

Legenda:

Groen	**= erfterrein**
Grijs	**= verhard oppervlakte (wegdelen)**
Lichtrood met zwarte rand	**= bebouwing**
Wit	**= onverhard oppervlakte**

Van boven genoemde vlakvulling is de oppervlakte bepaald. Zowel van particulieren, als van bedrijven. De gegevens hieruit zijn gebruikt voor de berekening. Dit is gedaan voor het stedelijk gebied van Bergeijk, Westerhoven en Luyksgestel.

In de bijlage is een hoeveelhedenstaat te zien van de verschillende dorpskernen in gemeente Bergeijk op gebied van wegverharding, gebouwen en erf terreinen.

De hoeveelheden en berekening.

Vanuit Bergeijk is een subsidie regel voor het afkoppelen van je eigen huis en tuin voor particulieren. Hiervan doet 80 procent mee en 70 procent van de 80 procent koppelt volledig af. Voor de berekening van de Berging is deze regel meegenomen. Bij de 30 procent die niet volledig afkoppelt is er bij deze berekening vanuit gegaan dat nog de helft hiervan alsnog volledig afkoppelt.

Bij de berekening gaat het om de oppervlakte van particulieren die niet bestemd is als bouwvlak. Het gaat om tuinen etc. Dit valt onder het grond van particulieren en ook dit wordt afgekoppeld. Het water wat op deze gebieden vallen, wordt het liefst ook op deze plekken geïnfiltreerd.

Bij de berekening is reken gehouden met het erfterrein van bedrijven, en van gemeentelijke instellingen zoals scholen en gemeentehuis.

In Maatregelen stedelijk gebied staat de Excel sheet waar de gegevens van deze paragraaf vandaan komen. Door middel van Civil3D en de BGT (Basisregistratie Grootschalige Topografie) zijn de oppervlaktes bepaald. Randvoorwaardes geven aan dat een berging van 60mm nodig is voor het verhard oppervlak. Echter kunnen sommige bufferzones berekend worden op minder berging doordat er niet genoeg draagvlak

of ruimte beschikbaar is. Daarom wordt er ook rekening gehouden met andere Bergingshoeveelheden. Verder is er ook onderscheid gemaakt tussen gebouwen, percelen en verharding van infrastructuur. Ook tussen bedrijven en particulieren.

Hoeveelheid m3 berging

Hieronder is de hoeveelheid bergingsruimte berekend per 60, 30, 10 en 5mm berging. Gemeente Bergeijk kan op basis van deze gegevens bepalen voor welke typen berging het systeem en de Klimaatbuffer gemaakt kan worden.

Voor 60 mm berging

	Bergeijk	Westerhoven	Luyksgestel	Totaal
Verharding (wegen)	3.9421	9686	9229	58.336 m3
Particulieren (gebouw)	10.936	2400	2847	16.183 m3
Particulieren (erfterrein)	15.948	5306	5020	26.274 m3
Bedrijven (gebouw)	18.121	5050	2291	25.462 m3
Bedrijven (erfterrein)	13.793	6042	2288	22.123 m3
Totaal	98.219 m3	28.484 m3	21.675 m3	148.378 m3

Voor 30 mm berging

	Bergeijk	Westerhoven	Luyksgestel	Totaal
Verharding (wegen)	19.710	4843	4614	29.167 m3
Particulieren (gebouw)	5.468	1200	1423	8.091 m3
Particulieren (erfterrein)	7.974	2653	2510	13.137 m3
Bedrijven (gebouw)	9.060	2525	1495	13.080 m3
Bedrijven (erfterrein)	6.896	3021	1143	11.060 m3
Totaal	49.108 m3	14.242 m3	11.185 m3	74.535 m3

10 mm berging

	Bergeijk	Westerhoven	Luyksgestel	Totaal
Verharding (wegen)	6.570	1.614	1.538	9.722 m3
Particulieren (gebouw)	1.822	400	475	2.697 m3
Particulieren (erfterrein)	2.658	884	836	4.378 m3
Bedrijven (gebouw)	3.020	841	498	4.359 m3
Bedrijven (erfterrein)	2.298	1.007	381	3.686 m3
Totaal	16.368 m3	4.746 m3	3.728 m3	24.842 m3

Royal HaskoningDHV

5 mm berging

	Bergeijk	Westerhoven	Luyksgestel	Totaal
Verharding (wegen)	3.285	807	769	4.861 m3
Particulieren (gebouw)	911	200	237	1.357 m3
Particulieren (erfterrein)	1.329	442	418	2.189 m3
Bedrijven (gebouw)	1.510	420	249	2.179 m3
Bedrijven (erfterrein)	1.149	503	190	1.842 m3
Totaal	8.184 m3	2.372 m3	1.865 m3	12.419 m3

Hoeveelheden Bergeijk

De hoeveelheden uit Civil3d zijn verwerkt in een Excel sheet. Zie hieronder Excel sheet.

Bergeijk	Totalen oppervlakte bergijk (binnen het vlak)			
	4685444			
type verharding	**hoeveelheden (m2)**		**oppervlakte bedrijven Bergeijk (m2)**	
asfalt	150819		31130	
betronstraatsteen	283988		24033	
tegel verharding	103332		58029	
straatbaksteen	83424		7198	
beton	12118		26264	
bedrijfsvloerplaat	3516		26852	
open verharding	3053		64186	
verharding gesloten	62		33568	
sierbestrating	2112		12565	
tegelrubber	11499		7425	
open verharding	2308		10777	
weg verharding	792			
			totaal oppervlakte bedrijven (m2)	
totaal	657023	m2	302027	m2
	x 60 mm berging		x 60 mm berging	
berging	39.421	m3	17.029	m3

erf terrein (niet gebouwd)		meting gebouwen Bergeijk (inclusief oppervlakte bedrijven)		oppervlakte terrein Bergeijk
2033432	m2			4685444
		871634	m2	
Oppervlakte erf terren bij bedrijven				
		-302027	m2	
61704	m2	Bebouwing particulier (zonder bebouwing bedrijven)		
9287	m2	569607	m2	
4350	m2			
197860	m2			
14165	m2			
287366	m2			
2033432(84779+287366) = 1746066	m2			
Hoeveelheid van particulieren				

Verharding (wegen)

657023 m2 verharding.

Hoeveelheid berging (mm)	60 mm	5 mm	10 mm	30 mm
Berging (m3)	39421 m3	3285 m3	6570 m3	19710 m3

Overzicht van de benodigde berging bij verschillende uitgangpunten berging in mm.

Oppervlakte bebouwing particulier

De verhard oppervlakte (daken) wat niet volledig afgekoppeld is 182.275 m2 voor het dorp Bergeijk. Als het uitgangspunt 60 mm berging is, moet er een berging zijn van 10.936 m3 voor Bergeijk

Hoeveelheid berging (mm)	60 mm	5 mm	10 mm	30 mm
Berging (m3)	10936 m3	911 m3	822 m3	5.468 m3

Overzicht van de benodigde berging bij verschillende uitgangpunten berging in mm.

Bij 5mm (een bui die 30x per jaar voorkomt) (RHDHV, 2022)
(Totaal bebouwd oppervlakte – bebouwd oppervlakte van bedrijven = bebouwd oppervlakte particulieren.)
569.607 m2 bebouwd oppervlakte.
569.607/100% x 80% = 455.685 m2
455.685/100%x70% = 318.979 m2

(455.685-318.979) x 0,5 = 68.353 m2
318.979 + 68.353 = 387.332 m2
569.607- (318.979 + 68.353) = 182.275 m2
Uitgangspunt 60 mm berging
182.275 x 0,06 = 10.936 m3
Voor Bergeijk geldt dat nog 10.936 m3 berging nodig is.

Oppervlakte erfterrein particulier

In deze situatie gaan wij uit van dat 50 procent verhard is en 50 procent onverhard. Het is lastig te bepalen wat nu het precieze percentage van de verhard oppervlakte is.

531.606 x 0,5 = 265.803 m2

Erfterrein (tuinen en grond van particulieren)
(Totale erf terrein – verharding gebouwen) = 2.033.432 – 84.799 = 1.948.633 m2
Erf terrein- erfterrein bedrijven = 1.948.633 -287.366 = 1.661.267 m2
1.661.267/100% x 80% = 1.329.013 m2
1.329.013 /100% x 70% = 930.309 m2
(1.329.013 – 930.309) x 0,5 = 199.352 m2
1.661.267 – (930.309+199.352) = 531.606 m2
531.606 x 0,06 (60mm berging) = 31.896 m3

Een deel van het erfterrein zal bebouwd zijn en een deel niet.

Volgens het waterschap en de gemeente zijn particulieren zelf verantwoordelijk voor het hemelwater wat op hun land valt. Daarom is nog maar de vraag wat er gedaan wordt met dit gebied en wie verantwoordelijk is voor het water. (bron (van Dongen-Hermans & Callewaert-de Groot, 2019)

531.606 x 0,5 = 265.803 m2

Hoeveelheid berging (mm)	60 mm	5 mm	10 mm	30 mm
Berging (m3)	15948 m3	1329 m3	2658 m3	7974 m3

Overzicht van de benodigde berging bij verschillende uitgangpunten berging in mm.

Bedrijfspanden
302.027m2 x 60 mm = 18.121 m2.
Hiervan zijn geen gegevens over afkoppeling van de panden. Daardoor wordt ervanuit gegaan dat niks afgekoppeld is en alles in het riool terecht komt.

Hoeveelheid berging (mm)	60 mm	5 mm	10 mm	30 mm
Berging (m3)	18121 m3	1510 m3	3020 m3	9060 m3

Oppervlakte erfterrein bedrijven
287.366 m2 uitgangspunt is dat 80 procent verhard is. Op lucht foto's is te zien dat rond om bedrijven af en toe groen en grondstroken te zien zijn, echter is de precieze hoeveelheid lastig te achterhalen.
287.366 x 0,8 = 229.892 m2

Hoeveelheid berging (mm)	60 mm	5 mm	10 mm	30 mm
Berging (m3)	13793 m3	1149 m3	2298 m3	6896 m3

Hoeveelheden Westerhoven
De hoeveelheden uit Civil3d zijn verwerkt in een Excel sheet. Zie hieronder Excel sheet.

Westerhoven				
type verhading	**hoeveelheden (m2)**		**oppervlakte bedrijven westerhoven**	
asfalt	49940		21619	m2
betonstraatstenen	62149		11959	m2
tegel verharding	20504		26571	m2
straatbaksteen	25495		23486	m2
beton verharding	591		540	m2
sierbestrating	435			
weg verharding	1995			
tegel rubber	339			
	161448	m2	84175	m2
	x60 mm		x60 mm	
	9686	m3	5050	m3
			209180 - 84175 =	
gebouwen			125.005	m2
Bergeijk gebouw	209180			
opslag tank	1384			
schuur	6865			
bebouwing basin	2362			
verharding bedrijfsvloerplaat	528			
	220319	m2		

erf terrein		**maximale oppervlakte gebied**	
678654	m2	1455441	m2
-125880	m2	**erf terrein bedrijven (m2)**	
552774	m2	32811	
		21224	
		6329	
		5255	
		5416	
		5975	
		38647	
		10223	
		125880	m2

Verharding (wegen)

Totale oppervlakte = 161.448

Hoeveelheid berging (mm)	60 mm	5 mm	10 mm	30 mm
Berging (m3)	9686 m3	807 m3	1614 m3	4843 m3

Overzicht van de benodigde berging bij verschillende uitgangpunten berging in mm.

Oppervlakte bebouwing particulier

De oppervlakte van de verbouwing is 40.000 m2

Hoeveelheid berging (mm)	60 mm	5 mm	10 mm	30 mm
Berging (m3)	2400 m3	200 m3	400 m3	1200 m3

Overzicht van de benodigde berging bij verschillende uitgangpunten berging in mm.

125.005 / 100% x 80% = 100.004 m2

100.004 /100% x 70% = 70.002 m2

100.000 -70.000 = 30.000 m2
30.000 x 0,5 = 15.000 m2
70.000 + 15.000 = 85.000 m2
125.000- (70.000 + 15.000) = 40.000 m2
40.000 x 0.06 = 2.400 m3

In Westerhoven moet rekening gehouden worden dat na de maatregelen 2.400 m3 extra van de daken van particulieren komen.

Oppervlakte terrein
678.654-125.880 = 552.774
552.774 m2 is van particulieren
552.774/100% x 80% = 442.219 m2
442.219/100% x 70% = 309.553 m2
442.219-309.553 = 132.666 m2
132666 x 0,5 = 66.333 m2
552.774 (309.553 +66.333) = 176.888 m2

Verder is een deel van het oppervlakte verhard en een deel niet. Het is lastig om deze percentage te bepalen. Voor dit onderzoek wordt er uitgegaan van 50% verhard en 50% onverhard.
176.888x 0,5 = 88444 m2

Hoeveelheid berging (mm)	60 mm	5 mm	10 mm	30 mm
Berging (m3)	5306 m3	442 m3	884 m3	2653 m3

Overzicht van de benodigde berging bij verschillende uitgangpunten berging in mm.

Bedrijfspanden
84.175 m2
Hiervan zijn geen gegevens over afkoppeling van de panden. Daardoor wordt ervanuit gegaan dat niks afgekoppeld is en alles in het riool terecht komt.

Hoeveelheid berging (mm)	60 mm	5 mm	10 mm	30 mm
Berging (m3)	5050 m3	420 m3	841 m3	2525 m3

Oppervlakte erfterrein bedrijven
125.880 m2 uitgangspunt is dat 80 procent verhard is. Op lucht foto's is te zien dat rond om bedrijven af en toe groen en grondstroken te zien zijn, echter is de precieze hoeveelheid lastig te achterhalen.
125.880 x 0,8 = 100.704 m2

Hoeveelheid berging (mm)	60 mm	5 mm	10 mm	30 mm
Berging (m3)	6042 m3	503 m3	1007 m3	3021 m3

Hoeveelheden Luyksgestel De hoeveelheden uit Civil3d zijn verwerkt in een Excel sheet. Zie hieronder Excel sheet.

Luyksgestel				
type verharding	**Hoeveelheden (m2)**		**oppervlakte bedrijven Luckysgestel**	
asfalt	36697		6186	
betonstraatstenen	74685		10070	
tegelverharding	22254		28434	
straatbakstenen	17907		5171	
bedrfijsvloerplaat	147			
tegel rubber	564			
sierbestrating	1574			
totaal	153828	m2	49861	m2
	x60 mm berging		60 mm berging	
berging	9.229	m3	2991	m3
gebouwen				
bebouwing schuur	1099	m2		
luifel	7298	m2		
loods	540	m2		
overbebouwing	222	m2		

erf terrein niet gebouwd		maximale oppervlakte	
570680	m2	1346690	m2
erfterrein bedrijven		**alle gebouwed oppervlakte lucyksgestel**	
21026		197912	m2
21496			
900			
1445			
1800			
1000			
47667	m2		

Verharding (wegen)

Totale oppervlakte = 153.828

Hoeveelheid berging (mm)	60 mm	5 mm	10 mm	30 mm
Berging (m3)	9229 m3	769 m3	1538 m3	4614 m3

Particulieren bouw

49.861 m2 (gebouw bedrijven)
Oppervlakte gebouwen in Luyksgestel = 197.912 m2
19.7912-49.681 = 148.231 m2
148.321/100% x 80% = 118.656 m2
148.321-118656 = 29.665 m2
118.656/100% x 70% = 83.059 m2
118.656-83.059 = 35.597 x 0,5 = 17.799 m2
148.321 - (83.059 +17.799) = 47.463 m2

Hoeveelheid berging (mm)	60 mm	5 mm	10 mm	30 mm
Berging (m3)	2847 m3	237 m3	475 m3	1423 m3

Overzicht van de benodigde berging bij verschillende uitgangpunten berging in mm.

47.463 x 0,06 = 2.847m3
47.463 x 0,005 = 237 m3
47.463 x 0,01 = 475 m3
47.463 x 0,03 = 1.423 m3

Erfterrein
83.682 m2 wordt niet afgekoppeld

Hoeveelheid berging (mm)	60 mm	5 mm	10 mm	30 mm
Berging (m3)	5020 m3	418 m3	836 m3	2510 m3

Overzicht van de benodigde berging bij verschillende uitgangpunten berging in mm.
570.680 m2 is het totale gebied
570.680-47.667 = 523.013 m2
Is van particulieren

523.013/100% x 80% = 418.410
418.410/100% x 70% = 292.887

418.410-292.887 x 0,5 = 62.761 m2
523.013- (292.887+62.761) = 167.365 m2
167.365 x 0,06 = 10.041 m3
167.365 x 0,5 = 83.682 m2

Bedrijfspanden
49.861 m2
Hiervan zijn geen gegevens over afkoppeling van de panden. Daardoor wordt ervanuit gegaan dat niks afgekoppeld is en alles in het riool terecht komt.

Hoeveelheid berging (mm)	60 mm	5 mm	10 mm	30 mm
Berging (m3)	2291 m3	249 m3	498 m3	1495 m3

Oppervlakte erfterrein bedrijven
47.667 m2 uitgangspunt is dat 80 procent verhard is. Op lucht foto’s is te zien dat rond om bedrijven af en toe groen en grondstroken te zien zijn, echter is de precieze hoeveelheid lastig te achterhalen.
47.667 x 0,8 = 38.133 m2

Hoeveelheid berging (mm)	60 mm	5 mm	10 mm	30 mm
Berging (m3)	2288 m3	190 m3	381 m3	1143 m3

Overzicht van de benodigde berging bij verschillende uitgangpunten berging in mm.

Bijlage 7

Afweging matrix

Royal HaskoningDHV

A7 Afweging matrix

Deze bijlage biedt verdiepende informatie over welke afwegingen er zijn gemaakt om tot de uiteindelijke invulling van de afwegingmatrix te komen. De bijlage vangt aan met een toelichting van de categorisering voor de afweging. Vervolgens ligt het toe welke scenario's er in de afweging matrix gaan en het sluit af met de invulling van de afweging matrix.

A7.1 Parameters voor afweging

In deze paragraaf komen de verschillende parameters voor de afweging aan bod. Hierin wordt per parameter het belang van de parameter beschreven.

A7.1.1 Kosten

De post kosten gaat over het financiële aspect dat komt kijken bij een scenario. Hierbij wordt wegens beperkte tijd een afbakening gemaakt tot de realisatiekosten. Het kostenoverzicht van de scenario's richt zich dus op de kosten die er gemaakt worden om een scenario te realiseren en niet meer dan dat. Om de kosten te bepalen is gebruik gemaakt van GWW-kosten (*GWWkosten.Nl - Welkom Op GWWkosten.Nl*, n.d.).

Hoe wordt schaal 1 – 5 gebruikt, wat is 1, wat is 5?
1 = 80 – 100% van de kosten van de duurste maatregel
2 = 60 – 80% van de kosten van de duurste maatregel
3 = 40 – 60% van de kosten van de duurste maatregel
4 = 20 – 40% van de kosten van de duurste maatregel
5 = 0 – 20% van de kosten van de duurste maatregel

Aangezien dit onderzoek aanvullend is op het huidige project om de leefbaarheid in het beekdal van de Keersop te verbeteren, spelen kosten een grote rol. Lage kosten verlaagd de drempel om een maatregel wel of niet te implementeren.

A7.1.2 Draagvlak

Stakeholders kunnen veel invloed uitoefenen op een project. Stakeholders bestaan uit verschillende groepen die ieder hun eigen belangen hebben. Soms botsen deze belangen met elkaar en/of met het project, waardoor wrijving kan ontstaan binnen het project (Jonker, 2018). In de post draagvlak wordt afgewogen welke wensen de verschillende stakeholders hebben, of er genoeg draagvlak is en wat hun invloed op het project is.

Draagvlak staat ervoor of er acceptatie vanuit de omgeving en andere belanghebbenden is voor een project en/of nieuwe aanpak. Doordat de scenario's in deze studie grote impact kunnen hebben en echt verandering kunnen brengen in de huidige situatie is het belangrijk om rekening te houden met het draagvlak vanuit de belanghebbenden. Zonder draagvlak kunnen er vervelende situaties ontstaat waarbij belanghebbenden tegenwerking kunnen gaan uitoefenen en voor vertraging van de realisatie zorgen. Omdat grote negatieve reacties kunnen ontstaat door de implementatie van bepaalde maatregelen is het daarom van belang om op te nemen wat de reactie vanuit de omgeving is op deze maatregelen en mogelijke negatieve response te beperken (Claassen Moolenbeek & Partners, n.d.).

Schaal 1 – 5 voor draagvlak:
1 = Weinig tot geen draagvlak bij belangrijkste stakeholders, moeilijk te overtuigen

2 = Gering draagvlak bij belangrijkste stakeholders, serieuze concessies/aandacht nodig om tot succes te komen.
3 = Wisselend draagvlak bij belangrijkste stakeholders, succes mogelijk door stakeholders te betrekken
4 = Draagvlak van belangrijkste stakeholders
5 = Draagvlak bij alle stakeholders

A7.1.3 Effectiviteit

Dit onderdeel richt zich op het effect van de maatregelen. Naast kosten en draagvlak speelt effectiviteit een grote rol. Om te bepalen welke maatregelen en scenario's de grootste bijdragen hebben moet vastgesteld worden wat het effect ervan is.

Bij dit criterium staat centraal waarom het scenario aansluit bij het behalen van de vastgelegde doelstelling en wat het verwachtte effect is van de implementatie van het scenario (Rijksoverheid, 2021a). Kortom, waarom is de maatregel relevant voor de doelstelling en hoe groot is het effect van de maatregel?

Om na te gaan of de maatregelen aansluiten bij het behalen van de doelstelling wordt het doel nog een keer aangehaald: Het doel van dit onderzoek is om te komen tot concrete afweegbare maatregelen die bijdragen aan het tegen gaan van verdroging en het opvangen van (lokale) neerslag.

Gebruik schaal 1 – 5:
1 = 0 – 20% van gewenste doestelling wordt met de maatregel bereikt
2 = 20 – 40% van gewenste doestelling wordt met de maatregel bereikt
3 = 40 – 60% van gewenste doestelling wordt met de maatregel bereikt
4 = 60 – 80% van gewenste doestelling wordt met de maatregel bereikt
5 = 80 – 100% van gewenste doestelling wordt met de maatregel bereikt

A7.1.4 Haalbaarheid

De laatste categorie; haalbaarheid. Kosten, draagvlak en effectiviteit zijn van groot belang als het gaat om keuzes te maken welke maatregelen wel en niet geïmplementeerd worden, echter speelt haalbaarheid ook een zeer significante rol. Het onderdeel haalbaarheid richt zich op de volgende elementen (Montgomery & Storm van Leeuwen, 2021):

- Is het al eerder uitgevoerd?
- Is de implementatie van het scenario realistisch en passend?
- Zijn er risico's verbonden aan (de uitvoering van) dit scenario?

De schaal van 1 – 5, hoe wordt deze gebruikt?
1 = Inschatting kans van slagen 0 – 20% (nooit eerder uitgevoerd, hoge realisatie risico's, etc.)
2 = Inschatting kans van slagen 20 – 40% (weinig ervaring met realisatie, risico's hoog)
3 = Inschatting kans van slagen 40 – 60% (is eerder uitgevoerd met wisselende successen, risico's lastig in te schatten en mitigeren)
4 = Inschatting kans van slagen 60 – 80% (is vaker succesvol uitgevoerd, risico's bekend maar mitigatie vereist serieuze kennis en aandacht)
5 = Inschatting kans van slagen 80 – 100% (is vaker succesvol uitgevoerd, risico's bekend en mitigeerbaar)

A7.2 Scenario's

Er zijn 5 type maatregelen geidentificeerd die kunnen worden toegepast om de doelstelling te behalen. Per type maatregel zijn 1 of meerdere scenario's uitgewerkt voor de toepassing ervan. In onderstaand overzicht zijn de eerste drie type maatregelen van toepassing op het landelijke gebied en de laatste twee op het bebouwde gebied. Korte definitie van de maatregelen en scenario's:

1. Efficiënter beregenen
    a. Irrigatielandbouw, ofwel landbouw met kunstmatige wateraanvoer, is één van de mogelijkheden om verdroging tegen te gaan en de grondwaterstand omhoog te krijgen. Voor een duurzaam effect en optimaal resultaat is een drukdrainagesysteem vereist.
2. Infiltratie kanaalwater
    a. Infiltratie van kanaalwater kan op twee manieren gebeuren, namelijk het inzetten van vijvers en het aanleggen van sloten en (extra) automatische stuwen. Met kanaalwater wordt het water dat vanuit het kanaal bij Lommel de Beekloop instroomt bedoeld.
        i. Vijvers kunnen ingezet worden om water via de hoge zandruggen te laten infiltreren. Via de bodem stroomt het water dan richting beekdal waardoor het grondwater direct aangevuld wordt.
        ii. Extra automatische stuwen en sloten geven het water de kans om in de sloten langzaam te infiltreren in de bodem. Het water wordt namelijk langer vastgehouden. Daarnaast zorgt het automatiseren van de stuwen ervoor dat er gemakkelijk peilgericht beheer kan plaatsvinden en dat in verschillende situaties snel gehandeld kan worden om voor dat moment het passende waterpeil aan te houden.
3. Regenwater vasthouden
    a. Bossen/bodemverbetering
        i. Het verbeteren van de bodem slaat op het verbeteren van het organisch stofgehalte in de bodem. Een gezonde bodem heeft een goed organisch stofgehalte wat bijdraagt aan het sponseffect van de bodem. Een hoger gehalte staat vaak gelijk aan een gezonde en vitale bodem. Er is meer ruimte en leven in de bodem waardoor water gemakkelijker kan infiltreren en het grondwater kan aanvullen.
    b. Stuwen
        i. Extra automatische stuwen geven het water de kans om in de sloten langzaam te infiltreren in de bodem. Het water wordt namelijk langer vastgehouden. Daarnaast zorgt het automatiseren van de stuwen ervoor dat er gemakkelijk peilgericht beheer kan plaatsvinden en dat in verschillende situaties snel gehandeld kan worden om voor dat moment het passende waterpeil aan te houden.
4. Inzetten op infiltratie door afkoppelen
    a. Afkoppeling zorgt ervoor dat de druk op de riolering en de RWZI verlicht wordt. Doordat het relatief schone regenwater niet meer gezuiverd hoeft te worden en lokaal geïnfiltreerd wordt is er minder energie nodig om het vuile water schoon te krijgen. Echter moet er een kleine kanttekening gemaakt worden bij dit scenario, aangezien dit een autonome ontwikkeling is. Dit houdt in dat het scenario al in uitvoering is in de gemeente Bergeijk. Dit scenario geeft echter wel aanvulling op het nieuwe huidige systeem in het plangebied.
        i. De eerste manier is om regenwater te infiltreren in de tuinen en huishoudens niet meer aan te sluiten op het hemelwaterriool. Door water in de tuinen te laten infiltreren en af te koppelen van het riool wordt de druk op het riool verlicht en wordt regenwater lokaal opgevangen en geïnfiltreerd in de bodem.
        ii. Optie twee is om de huidige gesloten hemelwaterbuizen te vervangen voor IT-rioolbuizen. IT-riolering, ofwel infiltratieriolering, heeft kleine gaatjes in de buizen waardoor het water in de buizen langzaam de bodem in kan zakken en lokaal kan infiltreren. Het voordeel hiervan is dat het water niet op straat hoeft blijven te staan en ondergronds via de IT-buizen direct de bodem in kan zakken en het grondwater kan aanvullen.
5. Klimaatbuffer
    a. Een klimaatbuffer is een gebied waar hemelwater vertraagd kan infiltreren en niet direct de watergang in stroomt. De beoogde klimaatbuffer vangt het hemelwater van de gemeente Bergeijk dat op de Keersop overstort op en laat het via de bodem richting de Keersop stromen. Klimaatbuffers bieden het grote voordeel om het water dat toch nog de

hemelwaterriool buizen in gaat vertraagd af te voeren. Deze buffer is gelegen nabij de Keersop. Via overstorten komt het hemelwater vanuit de riolering naar de buffer waar het binnen een bepaalde tijd infiltreert. Bij de klimaatbuffer is echter wel onderscheid gemaakt van de grootte van de buffer aangezien deze voor verschillende intensiteiten gemaakt kan worden.

i. 5 mm
ii. 10 mm
iii. 30 mm
iv. 60 mm

In de uitwerking is van onderstaande implementatie scenario's uitgegaan:

Nummer	Omschrijving
1a	Efficiëntere beregening
2a	Infiltratie kanaalwater door middel van vijvers
2b	Infiltratie kanaalwater door middel van stuwen en sloten
3a	Regenwater vasthouden door middel van bodemverbetering
3b	Regenwater vasthouden met behulp van stuwen
4a	Inzetten op infiltratie door afkoppelen: regenwater infiltreren in tuinen
4b	Inzetten op infiltratie door afkoppelen: IT-riool
5a	Klimaatbuffer 5mm
5b	Klimaatbuffer 10 mm
5c	Klimaatbuffer 30 mm
5d	Klimaatbuffer 60 mm

A7.3 Afweging matrix

LEGENDA	
score / risico	**waardering**
Zeer positief	5
Positief	4
Neutraal	3
Negatief	2
Zeer negatief	1

Tabel 12: Afweging matrix

	Effectiviteit	Haalbaarheid	Draagvlak	Kosten	Totaal
Maatregel 1a *Efficiëntere beregening*	4	3	2	1	10
Maatregel 2a *Infiltratie kanaalwater d.m.v. vijvers*	5	3	2	5	15
Maatregel 2b *Infiltratie kanaalwater d.m.v stuwen en sloten*	4	3	2	5	14
Maatregel 3a *Regenwater vasthouden d.m.v. bodemverbetering*	4	4	3	5	16
Maatregel 3b *Regenwater vasthouden met behulp van stuwen*	4	3	2	5	14
Maatregel 4a *Inzetten op infiltratie door afkoppelen: regenwater infiltreren in tuinen*	AUTONOME ONTWIKKELING				
Maatregel 4b *Inzetten op infiltratie door afkoppelen: IT-riool*					
Maatregel 5a *Klimaatbuffer 5mm*	2	5	3	5	15
Maatregel 5b *Klimaatbuffer 10mm*	3	4	3	5	16
Maatregel 5c *Klimaatbuffer 30 mm*	3	3	3	4	13
Maatregel 5d *Klimaatbuffer 60mm*	5	3	3	3	14

De maatregelen worden beoordeeld op een schaal van 1 tot 5, waarbij 1 voor zeer negatief staat en 5 voor zeer positief.

A7.3.1 Maatregel 1a

Irrigatielandbouw is een vorm van landbouw waarbij water kunstmatig aangevoerd wordt door bijvoorbeeld overstromingen (de Blois & van der Spek, 2017). Voor dit onderzoek geldt de vorm efficiëntere beregening dat een drukdrainage systeem ingezet wordt om de bodem met slootwater met behulp van een pompsysteem vochtiger te maken. De drukdrainage systemen werken zowel infiltrerend als drainerend. Zo kan water uit de sloten gepompt worden en in de bodem zakken, maar kan bij een te hoge grondwaterstand ook water uit de bodem gedraineerd worden om landbouwen mogelijk te houden (*Suevia BN | Agrarische Drinksystemen, Breektanks En Solar Systemen*, n.d.). Daarnaast kan ook op druppelirrigatie ingezet worden, waarbij water de bodem in druppelt via slangen (Deltaprogramma agrarisch waterbeheer, n.d.).

In de praktijk komt de toepassing van irrigatie landbouw voornamelijk voor in landen met een warm, droog klimaat, echter is het wereldwijd van toepassing. Grondwater wordt vaak opgepompt en gebruikt voor beregening of het vullen van sloten om op deze wijze de bodem vochtig te houden, in landen zoals India en China wordt het frequent toegepast (Chekol Zewdie, 2021). Dit onderzoek richt zich echter op de grondwater aanvulling, waardoor deze manier van irrigatielandbouw niet passend is.

Effectiviteit
Deze maatregel scoort een 4 op effectiviteit. Het inzetten van drukdrainage systemen en druppelirrigatie is een oplossing voor het aanvullen van de grondwatervoorraad. Sloten worden op een natuurlijke wijze aangevuld door neerslag, kwel en/of aanvoer vanuit kanalen en andere grote watergangen. Met behulp van het infiltratie en peil gestuurde drainage wordt water uit de sloten gepompt en door middel van infiltratiebuizen kan dit water dan gelijk de bodem in zakken. Op deze manier blijft de bodem vochtig, wordt het grondwater aangevuld en hoeft er geen water uit de grond gepompt te worden voor onder andere beregening (*Suevia BN | Agrarische Drinksystemen, Breektanks En Solar Systemen*, n.d.). Het water wordt op een optimale wijze ingezet en verdamping tijdens bijvoorbeeld beregening wordt beperkt doordat er minder snel beregend moet worden. De maatregel is enorm relevant en heeft in de praktijk bewezen gewenst effect als er gekeken wordt naar de doelstelling om verdroging tegen te gaan.

Aangezien er (nog) geen onderzoek gedaan is naar het exacte effect van de implementatie van deze maatregel in plangebied Keersop Midden, kan geen 5 gegeven worden. De verwachting is echter wel dat het een effectieve maatregel is.

Haalbaarheid
De score wordt op 3 gezet, dus neutraal. In het principe is het in praktijk goed toepasbaar en is het realistisch. Echter bestaat het risico dat er onvoldoende animo is om het daadwerkelijk uit te voeren.

Infiltratie en peil gestuurde drainage wordt in de praktijk al toegepast, echter niet in en rondom de Keersop. Het is mogelijk om dit toe te passen. Of het realistisch is in het gebied van Keersop Midden, is onzeker. Als het puur gaat om de maatregel zelf, dan is het implementeren van de maatregel realistisch, het struikelblok daarentegen is dat er in het plangebied weinig draagvlak is voor het project. Er bestaat een onzekerheid of er te veel afhankelijkheden zijn van landbouwondernemers. Indien de maatregel geïmplementeerd wordt zal dit op het terrein van de landbouwondernemers gebeuren, er is dus een grote afhankelijkheid van die groep. Dit is een relatief groot risico zeker gezien het draagvlak in de omgeving vanuit landbouwers.

Draagvlak
Maatregel 1a scoort een 2 in de categorie draagvlak. Er is veel tijd nodig voor de omschakeling van huidige landbouwpraktijken naar natuurinclusieve landbouw leert de ervaring van boeren die dit al doen. Er is dus

een concessie nodig – meer tijd – om het draagvlak te vergroten en de doelen te bereiken. Zeker gezien het feit de bodem veel natter gaat worden en landbouwen op de huidige manier daardoor zeer waarschijnlijk niet meer mogelijk is.
Bodemvernatting en landbouw bleek tijdens de inloopbijeenkomst een gevoelige discussie te zijn en het draagvlak is zeer klein in het plangebied. Aan de hand van de inloopbijeenkomst op 24-11 is geproefd hoe landbouwondernemers in het project staan [redacted]). Het merendeel v an de ondernemers is niet tevreden met de ontwikkelingen. De veranderingen die plaatsvinden ten gevolge van de maatregelen die genomen worden hebben een negatieve impact op de bedrijfsvoering van ondernemers afhankelijk van de locatie in het plangebied. Ondernemers die gevestigd zijn op de hoge zandruggen zullen meer baat hebben bij vernatting dan ondernemers die tegen het beekdal zitten. Dit is een terugkerend thema bij alle maatregelen die impact hebben op landbouwgrond.

Om meer draagvlak te creëren is het volgens natuurinclusieve landbouwondernemer [redacted] belangrijk om ondernemers de tijd te geven voor transitie. Momenteel krijgen veel ondernemers het gevoel dat zij heel hun bedrijf en insteek moeten veranderen in een tijdspan van enkele jaren, terwijl deze transitie misschien wel 10 tot 20 jaar nodig heeft. Neem ondernemers **tijdig** mee in de veranderingen en geef ze de kans om geleidelijk mee te veranderen. Heldere informatieverstrekking, duidelijke afspraken en tijd zullen bijdragen aan het creëren van meer draagvlak.

Kosten
Deze maatregel scoort op kosten een 1, want het is de duurste maatregel. Er wordt vanuit gegaan dat er nog geen drainagesysteem ligt. De kosten van een regelbaar drainagesysteem komen gemiddeld neer op €6000,- per hectare. Dit is het richtbedrag dat binnen Royal HaskoningDHV gehanteerd wordt.

Een grove meting van het plangebied leert dat het landelijk gebied van Keersop midden grofweg 2000 ha groot is. De aanname is dat 70% van deze grond gebruikt wordt als landbouwgrond. Dit bedraagt een oppervlak van circa 1400 ha.

Dit resulteert in de totale kosten: 1400ha x €6000,-/ha = €8.40 miljoen.

A7.3.2 Maatregel 2a

Infiltratie kanaalwater door middel van vijvers. De Beekloop en de Keunensloop krijgen water aangevoerd via kanaal Bocholt – Herentals. Door onderzoek gedaan door Acacia Water (’Roelandse, 2022) in opdracht van waterschap De Dommel is onderzocht of het inzetten van vijvers kan bijdragen aan de aanvulling van de grondwaterstand. Deze vijvers zijn hoger gelegen dan het beekdal, waardoor het water in de bodem van boven naar beneden kan stromen. De vijver kan gerealiseerd worden door zowel uitgraving als het plaatsen van dijken, waarbij afgraven het meest gebruikelijke is.

Er is onderzoek gedaan voor twee verschillende locaties die gelegen zijn aan de Keulensloop en de Beekloop. Let op de resultaten in deze paragraaf zijn afkomstig uit het onderzoek *‘Infiltratie bovenloop Beekloop en Keunensloop*’. De gegevens zijn bepaald voor een gebied van om en nabij 165 ha voor locatie 1 en 135 ha voor locatie 2. Daarnaast is er ook gekeken naar een aanvulling van 5mm per dag en 2mm per dag die extra geïnfiltreerd zou worden. Om het begrijpelijker te maken wordt in dit onderzoek slechts gefocust op de grootte van de aanvulling in plaats van op de verschillende grootte van de vijvers.

Effectiviteit
De maatregel is relevant en passend bij de doelstelling om verdroging tegen te gaan en neerslag op te vangen en scoort daarom een 5 op effectiviteit. Ondanks dat het effect van de grondwateraanvulling gebonden is aan infiltratieperiodes (winterperiode) waarbij water wordt ingelaten, is het effect van de

infiltratie in vijvers groot om verdroging tegen te gaan. Er is een toename in kwel in droge periodes waardoor deze beter te overbruggen zijn en er minder heftige periodes van droogte ontstaan.

Uit de rapportage blijkt dat de extra infiltratie zich slechts beperkt tot de infiltratieperiode (winterperiode). In het geval van 5mm extra infiltratie per dag zou dit betekenen dat er een maximale grondwaterstijging van 30 tot 50 cm plaatsvindt en vrijwel overal een stijging van 5cm. In het geval van 2mm infiltratie ligt de maximale waarde van grondwaterstijging tussen de 15 tot 20 cm en in de nabije omgeving van de bron tot maximaal 5cm.

De infiltratie is dan wel periode gebonden, echter is de toename in de aanwezigheid van kwelwater in de maanden maart tot en met november zichtbaar in de 5mm situatie en van maart tot en met oktober zichtbaar in de 2mm situatie. De toename van kwel kan in droge periodes wel toe nemen van waardes tot tientallen millimeters.

Haalbaarheid
Wegens de onzekerheden en risico's scoort de maatregel een 3. Het is realistisch om de vijvers in te zetten om het water van het kanaal te infiltreren, echter zijn er wel een aantal risico's aan gebonden waar nader onderzoek naar gedaan moet worden.

Volgens het onderzoek van [redacted] is er in het principe voldoende water aanvoer om de Beekloop en de Keunensloop aan te voeren en daarmee ook de vijvers. In theorie is het dus mogelijk om te de vijvers voldoende aan te vullen en in te zetten om de grondwaterstand aan te vullen.

Eén van de zaken die echter nog niet onderzocht is wat de invloed van aanvulling van het kanaalwater is op de waterkwaliteit in het plangebied. Het kanaalwater heeft een bijzondere samenstelling van kalk, nutriënten, goed zuurstofgehalte en een hoge stroomsnelheid. Er moet nader onderzoek komen om te ondergaan of de effecten van de toevoer van dit water negatief kunnen uitpakken voor de huidige ecologie en biodiversiteit. Daarnaast moet er nader onderzoek gedaan worden om te voorzien wat de risico's van wateroverlast in de winter zijn om te bepalen of de aanvoer vanuit België kleiner moet zijn in die periode ('Roelandse, 2022).

Draagvlak
Ook maatregel 2a scoort een 2 voor draagvlak. Het draagvlak voor vernatting van de landbouw in het plangebied is klein. Aan de hand van de inloopbijeenkomst op 24-11 is geproefd hoe landbouwondernemers in het project staan. Het merendeel van de ondernemers gaf aan niet blij te zijn met de ontwikkelingen voor het plangebied. De veranderingen die plaatsvinden ter gevolgen van de maatregelen die genomen worden hebben een negatieve impact afhankelijk van de locatie.

Dezelfde mogelijkheden om het draagvlak te vergroten als bij maatregel 1a gelden voor deze maatregel.

Kosten
Deze maatregel scoort een 5. Deze bedraagt 0-20% van de kosten van de duurste maatregel. De kosten zijn per hectare berekend. De prijzen zijn afkomstig van GWW kosten (*GWWkosten.Nl - Welkom Op GWWkosten.Nl*, n.d.).

Maatregel 2a	Hoeveelheid		PPE	Bedrag
Realiseren stuwen tbv inregeling systeem	8	ha	€ 25.000	€ 200.000
- Geautomatiseerde stuwen, 2 per vijvercomplex				
- Bij Liskesvijver, Pastoorsweijer, Brouwerswijer en ijsbaanvijver				
- Kantelstuw in put voorzien van auma				
- Inclusief telemetrie				
Onvoorzien	20%			€ 40.000
Staart: (u.k., a.k. & w&r)	20%			€ 48.000
Totaal uitvoeringskosten				€ 288.000
Engineering, vergunningen en begeleiding	20%			€ 57.600
Totaal (excl. BTW)				€ 633.600

A7.3.3 Maatregel 2b

Infiltratie kanaalwater door middel van sloten en stuwen (Borren et al., 2017). Gericht en dynamisch peilbeheer gaat om het anticiperen en omgaan met natte weersomstandigheden. Vroegtijdig water opslaan in onder andere watergangen door middel van bijvoorbeeld stuwen is één van de mogelijkheden. Het gerichte en dynamische peilbeheer maakt het mogelijk om in te spoelen op bijvoorbeeld het vochtgehalte van de bodem. Dit type peilbeheer speelt in op actuele situaties. Het wordt veelal ingezet voor landbouw gebieden om de gewenste hoeveelheid water voor landbouw te behouden, echter kan het ook gebruikt worden om water te laten infiltreren en het waterpeil omhoog te halen (Borren et al., 2017; J. van Bakel et al., 2019).

Effectiviteit

De maatregel is erg relevant als het gaat om verdroging tegen gaan en draagt ook bij aan het behalen van de doelstelling. Het enige nadeel is dat het erg gebonden is van de beschikbare hoeveelheid water in de watergangen. Om deze reden scoort de maatregel een 4 in plaats van een 5.

In het principe heeft gericht peilbeheer in sloten met behulp van stuwen een positief effect op het vochtgehalte in de bodem en daarmee ook de grondwaterstand. Echter is de snelheid van de stijging van de grondwaterstand wel gedeeltelijk afhankelijk van de doorlatendheid van de bodem (Borren et al., 2017). In het gebied van de Keersop zitten voornamelijk grote hydrofiele lagen als zand en grind (*Ondergrondgegevens | DINOloket*, n.d.), waardoor het water in het principe gemakkelijk in de bodem zou moeten infiltreren.

Haalbaarheid

Wegens de onzekerheden door afhankelijkheid wordt het onderdeel haalbaarheid beoordeeld met een 3.

Het gebied van de Keersop is al voorzien van veel A-, B- en C-watergangen, dus het is maar de vraag of er meer watergangen geplaatst moeten worden. Landelijk worden stuwen en watergangen al ingezet om water vast te houden en lokaal te laten infiltreren (*Dammen, Sluizen En Stuwen | Rijkswaterstaat*, n.d.). Tijdens het interview met [redacted] werd ook door de natuurinclusieve landbouwondernemers dat het gebruik van stuwen voor een buffer zorgt in droge periodes. Uitvoerbaar is het dus zeker.

Of de implementatie van extra stuwen realistisch is, is afhankelijk van de animo van de landbouwondernemers. De stuwen komen in B- en C-watergangen die veelal in beheer zijn van particulieren (Waterschap de Dommel, 2022). Hierdoor ontstaat een grote afhankelijkheid van particulieren. Daarnaast bestaat het grote nadeel dat he wisselende peil bij dynamisch peilbeheer geen positieve bijdragen hebben aan de ecologie in de sloot (Hoving et al., n.d.).

Draagvlak

Opnieuw wordt draagvlak beoordeeld met een 2. Het draagvlak voor vernatting van de landbouw in het plangebied is klein. Aan de hand van de inloopbijeenkomst op 24-11 is geproefd hoe landbouwondernemers in het project staan. Het merendeel van de ondernemers is niet blij met de ontwikkelingen. De veranderingen die plaatsvinden ter gevolgen van de maatregelen die genomen worden hebben een negatieve impact afhankelijk van de locatie.

Indien landbouwondernemers de tijd krijgen om de transitie door te maken is er mogelijk meer animo. Naast het feit dat peilgericht beheer positief werkt op de grondwateraanvulling, kan het afhankelijk van de locatie ook rendabel zijn voor de gewasproductie (Borren et al., 2017). Echter is een nadeel dat dit peilgerichte beheer vaak meer geld kost. De systemen die nodig zijn om de stuwen automatisch te beheren zijn voor de realisatiefase prijziger, waardoor de drempel hoger wordt om deze aan te leggen en kost het onderhoud vaak meer. Hierdoor neemt de onzekerheid toe of er genoeg animo zou zijn (Borren et al., 2017). Daarnaast zorgt de maatregel voor een stijgende grondwaterstand waardoor de bodem natter wordt. Afhankelijk van de locatie van de landbouwondernemers kan dit positief ofwel negatief uitpakken.

Kosten

Deze maatregel scoort een 5. Deze valt binnen de 0-20% kosten van de duurste maatregel. Om de kosten enigszins te drukken is uitgegaan van het plaatsen van handmatig bediende stuwen. De prijs per handmatig bediende stuw is €5000,-, geïnventariseerd moet worden hoeveel stuwen aanvullen geïnstalleerd moeten worden.

Er zijn twee A-watergangen die geschikt zijn voor het plaatsen van stuwen en om daar kanaal water in te laten infiltreren:

1. A-watergang aangesloten op Keunensloop: 3.4 km lengte met een verval van circa 3 meter (*Google Maps*, n.d.; Waterschap De Dommel, n.d.). Op dit moment geen stuwen aanwezig.
2. A-watergang aangesloten op de Beekloop: 4.4 km en een verval circa van 6 meter (*Google Maps*, n.d.; Waterschap De Dommel, n.d.). Op dit moment twee stuwen, aan het begin en aan het einde van de watergang.

De veronderstelling is dat per 50 cm hoogteverschil een stuw geplaatst moet worden om water vast te houden.

Op basis van het gemeten verval (*AHN Viewer | AHN*, n.d.) betekent dit dat er 8 stuwen geplaatst worden in de A-watergang aan de Keunensloop en 10 extra stuwen in de A-watergang aan de Beekloop.

Maatregel 2b	Hoeveelheid		PPE	Bedrag
Realiseren stuwen tbv inregeling systeem	18	st	€ 5.000	€ 90.000,00
- Handbediende stuwen				
- Betreft de Keunensloop en A-watergangen KS11 en KS52				
- Schotbalkstuw				
- Stuw per 50cm hoogteverschil in bodemverloop				
Onvoorzien	20%			€ 18.000
Staart: (u.k., a.k. & w&r)	20%			€ 21.600
Totaal uitvoeringskosten				€ 129.600
Engineering, vergunningen en begeleiding	20%			€ 25.920
Totaal (excl. BTW)				€ 285.120

A7.3.4 Maatregel 3a

Vasthouden regenwater door middel van bodemverbetering. Bodemverbetering houdt in dat het organisch stofgehalte in de bodem verbeterd wordt en daarmee de sponswerking van de bodem. Een gezonde bodem heeft een grotere sponswerking dan een bodem die vaak is aangetast door de mens. Een verbeterde sponswerking houdt in dat de bodem gemakkelijker water doorlaat en dat er meer ruimte in de bodem ontstaat om water op te slaan (Snellen, 2017).

Effectiviteit

Maatregel 3a scoort een 4 op effectiviteit. Bodemverbetering speelt een grote rol als het gaat om de opname capaciteit van de bodem. De bodem kan als buffer ingezet worden om water lokaal op te slaan en vast te houden en op deze wijze het grondwater aan te vullen. Echter, omdat er (nog) geen onderzoek is gedaan naar de daadwerkelijke effecten van bodemverbetering voor de grondwaterstand in Keersop Midden kan de maatregel geen 5 scoren.

Volgens onderzoek van STOWA draagt een gezonde bodem bij aan het aanvullen van grondwater en kan het dusdanig effect hebben dat droge zomers overbrugd worden door de aanvulling. Doordat er meer buffer is hebben landbouwers ook meer speling in de droge periodes. Zij zijn dan minder afhankelijk van beregening omdat de bodem goed verzadigd is met grondwater en door de organische stoffen weerbaarder is tegen ziektes (Snellen, 2017). Ondernemers van [redacted] benoemen tevens ook dat bodemverbetering een positieve bijdrage heeft voor het organische stofgehalte in de bodem. Hoe beter het organisch stofgehalte is, hoe beter de grond ingezet kan worden voor landbouw.

Een andere manier om bij te dragen aan bodemverbetering is het inzetten van bebossing. Uit onderzoek blijkt dat de verdamping van gewassen en loofbossen nagenoeg gelijk is. Wat verdamping betreft heeft bebossing dus geen negatief effect. Bebossing heeft een positief effect als het gaat om ruimte creëren in de bodem. Doordat bomen wortelen hebben die tot diep (blijven) groeien ontstaat er ruimte in de bodem. Deze ruimte zorgt ervoor dat er meer plek is voor lucht en water. Het (regen)water kan, doordat er meer ruimte is, makkelijker in de bodem infiltreren en het grondwater aanvullen ([redacted]

[redacted], (Lesschen et al., 2012; Massop et al., 2005; Moors et al., 1996; “The Interpretation of the Variations in Leaf Water Potential and Stomatal Conductance Found in Canopies in the Field,” 1976).

Haalbaarheid
Op haalbaarheid scoort deze maatregel een 4. Het is een erg realistische maatregel die in de praktijk goed uit te voeren is. Het voornaamste risico dat er bij haalbaarheid speelt is of dat er te veel afhankelijkheid is van landbouwondernemers om de maatregel te implementeren.
Bodemverbetering is al eerder uitgevoerd. Concrete voorbeelden hiervan zijn bij [redacted] en [redacted] opgehaald tijdens de interviews. Beide partijen gaven tijdens de interviews aan dat zij de bodem zo veel mogelijk met rust laten, waardoor het organische stofgehalte in de bodem verder kan ontwikkelen. Dit houdt in, zo min mogelijk ploegen, zo min mogelijk onttrekken en zo min mogelijk gebruik maken van kunstmatige bemesting. Daarnaast kunnen koeien ingezet worden om het land te begrazen in plaats van materieel daarvoor te gebruiken. Zolang er draagvlak is, is deze maatregel enorm haalbaar en niet ingrijpend en vaak positief voor landbouwers ([redacted]).

Er is onderzoek gedaan naar het waterverbruik van bossen in Nederland en of extra beplanting van bomen een negatief effect zou hebben op de grondwaterstand, echter is dit niet het geval (Dolman et al., 2005). Het voornaamste risico bij de maatregel is, net zoals bij de andere maatregelen de afhankelijkheid van medewerking. Is er voldoende steun vanuit de ondernemers om deze maatregel op te pakken. Zo ja, dan is het zeer haalbaar. Zo nee, dan moet er een andere wijze gevonden worden waardoor er meer animo komt. Een mogelijkheid hiervoor is om het kleinschalig toe te passen, dus bijvoorbeeld alleen door het planten van bomen, of alleen inzetten op anders land gewas klaar te maken.

Draagvlak
Het draagvlak voor vernatting van de landbouw in het plangebied is klein, echter is dit wel een maatregel die de bodemkwaliteit bevorderd. Mogelijk dat dit aan kan sporen tot meer draagvlak. Om deze reden scoort draagvlak een 3.

Aan de hand van de inloopbijeenkomst op 24-11 is bevestigd hoe landbouwondernemers in het project staan. Het merendeel van de ondernemers is niet blij met de ontwikkelingen en vreest voor zijn/haar onderneming. De veranderingen die plaatsvinden ter gevolgen van de maatregelen die genomen worden hebben mogelijk een negatieve impact afhankelijk van de locatie. Doordat de maatregel wel bevorderend werkt voor de bodemkwaliteit en daarmee de gewasproductie kan het draagvlak wel groter worden.

Kosten
Deze maatregel scoort een 5. Deze valt binnen de 0-20% kosten van de duurste maatregel. Bodemverbetering hoeft niet veel te kosten, maar het vergt wel een nieuwe denk- en werkwijze. De huidige manieren van beheren door bijvoorbeeld ploegen en met zwaar materieel te werken is niet wenselijk voor het organische stofgehalte in de bodem. De kosten zitten voornamelijk in het investeren in begeleiding van en opleidingen voor landbouwbedrijven.

De inschatting is dat ongeveer 40 landbouwbedrijven actief zijn in dit gebied (1400 ha/ 33ha gemiddelde grootte landbouwbedrijf (Rijksoverheid, 2019)). Voor deze maatregel wordt per landbouwbedrijf een stelpost opgenomen van €3000,-.

Totale kosten bedragen 40 ondernemingen x €3000,- = €120.000,-

A7.3.5 Maatregel 3b

Vasthouden regenwater door middel van stuwen. In de Keersop zelf zijn slecht een klein aantal stuwen geplaatst. Zoals eerder benoemd dragen stuwen bij aan het reguleren van de waterstand in een gebied. Juist geautomatiseerde stuwen hebben een grote bijdrage aan het reguleren van de (grond)waterstand. Met een druk op de knop kan op afstand bepaald bepaalt worden welke waterstand er in de watergang wenselijk is voor welke situatie en kan deze ingesteld worden. Handgestuurde stuwen worden door de hoeveelheid werk die erbij komt kijken niet iedere keer aangepast op de actuele situatie, dit is simpelweg niet mogelijk. Een geautomatiseerde stuw vergt veel minder tijd om in te stellen en kan met behulp van actuele informatie precies passend ingesteld worden op de situatie (Filius & ten Kate, 2007; O'Mahoney et al., 2018; Uni van Waterschappen et al., n.d.; P. J. T. van Bakel, 1985).

Effectiviteit
Deze maatregel is vergelijkbaar met die van maatregel 2b en scoort ook een 4 op effectiviteit. Het verschil tussen deze twee maatregelen is dat maatregel 3b zich niet beperkt tot het kanaalwater, maar zich richt op alle B- en C-watergangen en op de infiltratie van regenwater.

Regenwater vasthouden door middel van stuwen is een nuttige maatregel. Het is een kleine implementatie met een groot effect, al helemaal wanneer geautomatiseerde stuwen geplaatst worden (Borren et al., 2017). Uit praktijk casussen, zoals die bij [redacted], blijkt dat het plaatsen van stuwen een grote bijdrage heeft gehad gedurende de warme zomermaanden. De stuwen in de watergangen hebben twee voordelen. Het belangrijkste voordeel dat de gewenste hoeveelheid water vastgehouden wordt in het gebied en de tijd krijgt om geleidelijk in de bodem te infiltreren. Daarnaast heeft het als voordeel dat ze een visuele weergave zijn van de grondwaterstand. Als de grondwaterstand niet gelijk is aan de waterstand in de sloten dan staat de sloot droog. Zolang er dus water in de sloot staat is het grondwaterpeil in de bovenste laag hoog.

Haalbaarheid
Op gebied van haalbaarheid scoren de stuwen een 3. Dit heeft voornamelijk met animo te maken, aangezien de implementatie van stuwen aan zich erg haalbaar is.

De realisatie van extra stuwen in B- en C-watergangen is al in vaak in de praktijk toegepast en heeft in de praktijk al bewezen dat het een gewenst effect heeft. Een voorbeeld hiervan is bij [redacted], de natuurinclusieve landbouwonderneming. Na de implementatie van de 5 extra stuwen hebben zij gemerkt dat de bodem vochtiger is en dat er in tijden van droogte minder snel beregend hoeft te worden. Wat betreft realisme kan op twee manieren een oordeel geveild worden. Enerzijds is het erg realistisch om de maatregel te implementeren. Aan de hand van berekeningen en onderzoek kan bepaald worden hoeveel geautomatiseerde stuwen wenselijk zijn om het waterpeil in de watergangen te reguleren en kunnen deze gemakkelijk geplaatst worden. Om te peilen hoeveel animo daadwerkelijk is om de stuwen te implementeren kan nader onderzoek naar het effect van de stuwen in dit specifieke gebied gedaan worden.

Een wenselijk effect voor landbouwers betekend vaak meer animo. Ondervindt of wat de effecten in het plangebied zijn en hoe deze effecten de huidige landbouwers beïnvloeden. Door deze onzekerheid voor landbouwers weg te nemen kan er meer draagvlak ontstaan waardoor het grote risico van genoeg animo mogelijk wegvalt of verminderd.

Draagvlak
Net zoals bij de vorige maatregelen is het draagvlak laag. Ook hier scoort het draagvlak een 2. Dit komt veelal doordat de implementatie van de maatregel zorgt voor vernatting van de bodem, wat de huidige manier van landbouw kan beïnvloeden.

Het draagvlak voor vernatting van de landbouw in het plangebied is klein. Aan de hand van de inloopbijeenkomst op 24-11 werd geproefd hoe landbouwondernemers in het project staan. Het merendeel van de ondernemers staat niet achter de geplande ontwikkelingen. De veranderingen die plaatsvinden ter gevolgen van de maatregelen die genomen worden hebben een negatieve impact afhankelijk van de locatie.

Kosten
Deze maatregel scoort een 5. Deze valt binnen de 0-20% kosten van de duurste maatregel.

Maatregel 3b	Hoeveelheid		PPE	Bedrag
Realiseren stuwen tbv inregeling systeem	20	st	€ 5.000	€ 100.000,00
- Handbediende stuwen				
- A-watergangen KS32, KS35, KS9, KS18, KS26, KS24				
- Schotbalkstuw				
Onvoorzien	20%			€ 20.000
Staart: (u.k., a.k. & w&r)	20%			€ 24.000
Totaal uitvoeringskosten				€ 144.000
Engineering, vergunningen en begeleiding	20%			€ 28.800
Totaal (excl. BTW)				€ 316.800

A7.3.6 Maatregel 4a en 4b

De maatregelen 4a en 4b zijn autonome ontwikkelingen. Dit houdt in dat het ontwikkelingen zijn die al in gang zijn gezet. Gemeente Bergeijk is momenteel druk bezig om het huidige rioolstelsel te verbeteren en klimaatbestendig en waterrobuust te maken.

01-11-2022 heeft er een overleg plaatsgevonden waar [redacted] aanwezig was. Hij heeft toegelicht op welke manier de gemeente Bergeijk haar gemeente klimaatbestendiger en waterrobuust wil maken. De belangrijkste uitgangspunten hierbij waren:

- Diverse straten zijn in het verleden afgekoppeld, waarbij dichte buizen werden toegepast. Momenteel geldt het beleid om IT-riolering (infiltratie-riolering) toe te passen waar de mogelijkheid zich voor doet;
- De aanpassing van de riolering gaat in verschillende deelgebieden. Per deelgebied wordt een blauwe ader aangelegd. De blauwe ader staat voor de hoofdleiding van de riolering waar diverse straten op aansluiten. Hierbij is het doel ook om te ondervinden hoe bewoners kunnen afkoppelen, waarbij een stimuleringsregeling geldt: voor grotere tuinen geldt €8,- per m2 om water vast te houden en €4,- om aan te sluiten op gemeentelijk riool. Deze regeling is voor 80% succesvol, waarvan 70% van de participanten volledig is afgekoppeld;
- De blauwe aders worden aangesloten op de Keersop. In het huidige rioolsysteem zijn er riool overstorten die uitkomen op de Keersop. Per deelgebied wordt onderzocht of er naast de afkoppeling ook nog een buffer ingericht kan worden voor het hemelwaterriool.

- Momenteel staat er een helofytenfilter waar water van het gemengde stelsel in buffert, echter werkt deze niet naar behoren. Het filter is te groot en er stroomt niet genoeg water binnen om het systeem rendabel te maken. Daarnaast zijn de onderhoudskosten hoog en moet er grondwater opgepompt worden om ervoor te zorgen dat het filter blijft werken. Gemeente Bergeijk wil in samenwerking met het waterschap het een en ander hieraan veranderen.

Gemeente Bergeijk is kortom al hard bezig om hard bezig om het huidige watersysteem aan te passen naar de huidige situatie. Zij doen al veel om de grootste overlast te voorkomen en de gemeente klimaatbestendig te maken. In dit onderzoek zijn nog een aantal aanvullende maatregelen gevonden die kunnen bijdragen aan deze ontwikkelingen. Inzetten op infiltratie door afkoppelen is in dit onderzoek op twee manieren aanschouwd, namelijk: regenwater infiltreren in tuinen en het realiseren van IT-riolen.

De huidige riolering moet waar kan alleen nog maar vervangen worden door IT-buizen. Vooral op plekken waar in de openbare ruimte geen plek is om water op straat op te vangen zijn IT-buizen erg effectief. De IT-buizen hebben kleine gaatjes waardoor het hemelwater dat in het riool beland langzaam direct de bodem in kan zakken.

Afkoppelen kan op verschillende manieren gebeuren. In de openbare ruimte kan bijvoorbeeld gebruik gemaakt worden van half verharding, zodat neerslag niet in de riolering terecht hoeft te komen en direct de grond in kan zakken. Daarnaast kunnen bewoners hun regenpijpen afkoppelen en hun tuin van het gescheiden rioolstelsel afkoppelen. In plaats van dat het hemelwater direct in de hemelwaterbuizen terecht komt kan het lokaal in de tuinen infiltreren en het grondwater aanvullen (Cleven et al., n.d.).

A7.3.7 Maatregel 5

Maatregelen 5a t/m -d slaan op een klimaatbuffer. De klimaatbuffer ligt tussen het bebouwde gebied en de Keersop en dient als bufferzone om de overstort van het gescheiden rioolstelsel op te vangen. In plaats van dat het water via de overstort direct met grote hoeveelheden te Keersop in stroomt en de watergang mogelijk ontregelt, ligt een buffer waar (een deel van) het water opgevangen wordt en geleidelijk in de bodem kan infiltreren. Omdat de grootte van de buffer verschil maakt in kosten, effectiviteit, haalbaarheid en draagvlak maakt, is gekozen om de buffers in 4 verschillende maten uit te werken. Een buffer van 5mm, 10mm, 30mm en 60mm, waarbij 5 mm als minimale opvang uitgewerkt is en 60 mm voor het opvangen van een grote piek bui is berekend. De reden dat 60 mm als grote bui is genomen is omdat 60 mm als nieuwe randvoorwaarde van berging is genomen in nieuwbouw wijken (Error! Reference source not found.).

Neerslaghoeveelheid (mm)										
Tijdvak	Herhalingstijd (jaar) en buinummer									
(min)	v 0.25 a		v 0.5 a		v 1.0 a		v 2.0 a		5.0	10.0
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
0-5	.30	.15	.30	.15	.30	.15	.60	.30	1.50	1.80
5-10	.60	.15	.60	.30	.60	.30	1.20	.60	2.70	3.60
10-15	.90	.15	.90	.45	1.50	.45	2.10	.90	4.80	6.30
15-20	1.20	.30	1.50	.60	2.70	.60	3.30	1.20	4.80	6.30
20-25	1.50	.45	2.10	.75	2.70	.75	3.30	1.50	4.20	5.70
25-30	1.50	.60	2.10	.90	2.10	.90	2.70	2.10	3.30	4.80
30-35	1.05	.75	1.50	1.05	1.50	1.05	2.10	2.70	2.70	3.60
35-40	.90	.90	1.20	1.20	1.20	1.20	1.50	3.30	2.10	2.40
40-45	.75	1.05	1.05	1.50	1.05R	1.50	1.20	3.30	1.50	1.20
45-50	.60	1.50	.90	2.10	.90	2.10	.90	2.10	.90	
50-55	.45	1.50	.75	2.10	.75	2.70	.60	1.20	.60	
55-60	.30	1.20	.60	1.50	.60	2.70	.30	.60	.30	
60-65	.15	.90	.45	.90	.45	1.50				
65-70	.15	.60	.30	.60	.30	.60				
70-75	.15	.30	.15	.30	.15	.30				
totaal	10.50		14.40		16.80		19.80		29.40	35.70

RioNED heeft een overzicht van referentiebuien waarin staat hoe vaak een bui met welke intensiteit per jaar in Nederland voor komt. Dit overzicht is in het naast staande figuur Error! Reference s ource not found.te vinden. Een bui van 10 mm (bui01 en 02) komt 4 keer per jaar voor. Een bui van 30 mm komt één keer in 10 jaar voor. Groter dan dat is de kans van optreden nog kleiner (RIONED, 2019).

De klimaatbuffers zijn gelegen tussen het bebouwde gebied van de gemeente Bergeijk en de Keersop op de flanken. De gemeente wil klimaatbuffers inzetten om hemelwater lokaal rechtstreeks in de bodem te laten infiltreren. De klimaatbuffer voor gemeente Bergeijk komt in een natuurgebied terecht, waardoor de grond niet zomaar aangeraakt en dus aangetast kan worden. Het organisch stofgehalte blijft door de minimale aantasting hoog waardoor het natuurlijke spons effect van de bodem intact blijft en water goed kan infiltreren (*Klimaatbuffers | Home*, n.d.).

In Maatregelen stedelijk gebied is uitgewerkt hoeveel water per grootte van de buffer opgevangen wordt per deelgebied. In deze paragraaf is uitgegaan van de totale opvang. Om het overzichtelijk te houden is bij de aanvang van elke maatregel (5a t/m -d) beschreven hoeveel water per buffer opgevangen wordt in Bergeijk, Westerhoven, Luyksgestel en de drie gebieden samen.

A7.3.8 Maatregel 5a

Klimaatbuffer voor een 5 mm bui. Onderstaand staat hoeveel neerslag in het geval van een 5mm bui opgevangen moet worden per deelgebied. Let op: hierbij is in de berekening afkoppeling van woningen en bedrijventerreinen al meegenomen. Afvalwaterbuizen zijn ook niet opgenomen in de hoeveelheden. Het gaat hierbij enkel om neerslag.

- Bergeijk: 8184 m3
- Westerhoven: 2372 m3
- Luyksgestel: 1863 m3
- Totaal: 12419 m3

Van alle buien die voorkomen komt de 5mm bui het vaakste voor. Om deze reden neemt dit onderzoek de 5 mm berging als minimale bergingshoeveelheid.

De verandering in het landschap van een klimaatbuffer is de verhoging die de buffer creëert. Zie het als een kleine dijk die ervoor zorgt dat het water dat vanuit inlaten in Bergeijk overstort op de Keersop niet direct in de Keersop terecht komt. Een klimaatbuffer dient als bufferzone om water op te vangen en te laten infiltreren in de bodem.

Effectiviteit
Op effectiviteit scoort de klimaatbuffer een 2. Het effect van de 5mm buffer is zeer minimaal echter draagt het wel bij aan het behalen van de beoogde doelstelling.

Een klimaatbuffer voor een 5mm bui heeft een minimaal effect op de grondwateraanvulling en de wateropvang. In het totaal wordt er van uit gegaan dat in de klimaatbuffer 12419 m3 water opgevangen moet worden. Dit houdt in dat dit water niet direct in de Keersop terecht komt, maar voor de Keersop in de bodem infiltreert. Deze hoeveelheid is echter niet heel groot.

De hoeveelheid water die opgevangen moet worden komt niet in één buffer terecht, maar zal verspreid worden over 4 buffers. De buffers liggen verspreid in heel gemeente Bergeijk tussen het bebouwde gebied en de Keersop op de flanken.

Vanuit Natuurlijke Klimaatbuffers zijn verschillende klimaatbuffers door heen Nederland gerealiseerd. Klimaatbuffers kunnen op verschillende vlakken bijdragen aan het behalen van de beoogde doelstelling en daarnaast mogelijk aan het behalen van secundaire doelstellingen. In de praktijk is bewezen dat de klimaatbuffers daadwerkelijk een positieve invloed hebben op de verdroging in een gebied en dat water langer vastgehouden wordt. De omstandigheden van de omliggende natuur zijn sinds de aanleg van de klimaatbuffers. Niet alleen de grondwaterstand maar ook de kwaliteit van de wateren is verbeterd (*Projecten | Klimaatbuffers*, n.d.).

Daarnaast bestaat de mogelijkheid om ook nog recreatieve functie te geven aan de klimaatbuffer in plaats van alleen verbetering van de water- en natuurkwaliteit. In klimaatbuffers kunnen wandelpaden liggen, maar ook een voetgangersbrug of infopanelen (*Projecten | Klimaatbuffers*, n.d.). Op deze manier kan de wens van de bewoners om meer wandelpaden te realiseren ook opgenomen worden in het plangebied (bijlage Error! Reference source not found.).

Haalbaarheid
Op haalbaarheid scoort maatregel 5a een 5.

In de overzichtskaart van Natuurlijke Klimaatbuffers(*Projecten | Klimaatbuffers*, n.d.) is een overzicht te vinden waarin staat waar in Nederland klimaatbuffers gerealiseerd zijn en waar deze in uitvoering zijn. Het is dus in de praktijk al eerder gerealiseerd en haalbaar.

Door de gemeente Bergeijk is al bekeken op welke plaatsen het ongeveer wenselijk is om een klimaatbuffer te plaatsen. Daarnaast is in dit onderzoek ook al aanschouwd waar de klimaatbuffers geplaatst kunnen worden en of hier genoeg ruimte voor is. Er is genoeg ruimte in het plangebied om 4 klimaatbuffers van verschillende grote te realiseren.

De risico’s bij de 5mm buffer zijn gering. Het is geen ingrijpende maatregel waar veel kans op overlast of fouten kunnen ontstaan.

Draagvlak
Het draagvlak voor deze maatregel is relatief neutraal. Op draagvlak scoort de maatregel een 3.

In het principe hebben omwoners geen last van de klimaatbuffers en zou het geen hinder moeten veroorzaken. Echter bestaat de mogelijkheid altijd dat er overlast ervaren wordt van bijvoorbeeld muggen wanneer er wat langer water staat of mogelijk geuroverlast van stilstaand water. Verder zouden de klimaatbuffers wel de mogelijkheid kunnen bieden om een wandelpad gelijk mee te realiseren om zo de recreatieve wens van bewoners te vervullen.

Kosten
Deze maatregel scoort een 5. Deze valt binnen de 0-20% kosten van de duurste maatregel. De kosten zijn per hectare berekend. De prijzen zijn afkomstig van GWW Kosten (*GWWkosten.Nl - Welkom Op GWWkosten.Nl*, n.d.)

Bij het bepalen van de kosten zijn verschillende uitgangspunten gehanteerd:
-Er wordt 0,25m en 0,5m ontgraven om de bergingsruimte te creëren in de klimaatbuffer
-De grond wordt afgevoerd.
-Het inrichten van de klimaatbuffer wordt niet mee berekend.

Maatregelen	Hoeveelheid	Ontgraving	Oppervlakte (m2)	Km2
5a	12.419 m3	0,5	24.838	0,024

Per m3 kost het 1,17 euro.
12.419 x 1,17 = 14.530 euro.

Maatregel 5a	**Hoeveelheid**		**PPE**	**Bedrag**
Realiseren klimaatbuffer 5mm	12.419	m3		
- Aanlsuiten riolering op uitstroomvoorziening	5	keer	€ 10.000	€ 50.000
- Ontrgaven (0,25-0,50 m)	12.419	m3	€ 1,17	€ 14.530
- Vervoeren grond (in terrein tot 0,5 km)	12.419	m3	€ 1,57	€ 19.498
- Afzet overblijvende grond	12.419	m3	€ 5,00	€ 62.095
- Aanbrengen inrichtings- en inpassingselementen	4800	m2	€ 2,00	€ 9.600
Onvoorzien	20%			€ 31.145
Staart: (u.k., a.k. & w&r)	20%			€ 37.374
Totaal uitvoeringskosten				€ 224.241
Engineering, vergunningen en begeleiding	20%			€ 44.848
- Grondverwerving	24.383	m2	€ 9,00	€ 219.447
Totaal (excl. BTW)				€ 488.536

Totaal: €488.536,-

A7.3.9 Maatregel 5b

Klimaatbuffer voor een 10 mm bui. Onderstaand staat hoeveel neerslag in het geval van een 10 mm bui opgevangen moet worden per deelgebied. Let op: hierbij is in de berekening afkoppeling van woningen en bedrijventerreinen al meegenomen. Afvalwaterbuizen zijn ook niet opgenomen in de hoeveelheden. Het gaat hierbij enkel om neerslag.

- Bergeijk: 16368 m3
- Westerhoven: 4746 m3
- Luyksgestel: 3728 m3
- Totaal: 24842 m3

De 10 mm bui komt 4 keer per jaar in Nederland voor (RIONED, 2019). Dit betekent echter niet dat er 4 keer per jaar in gemeente Bergeijk een Bui01 of Bui02 voor komt (KNMI, 2016).

De verandering in het landschap van een klimaatbuffer is de verhoging die de buffer creëert. Zie het als een kleine dijk die ervoor zorgt dat het water dat vanuit inlaten in Bergeijk overstort op de Keersop niet direct in de Keersop terecht komt. Een klimaatbuffer dient als bufferzone om water op te vangen en te laten infiltreren in de bodem.

Effectiviteit
Maatregel 5b scoort een 3 op effectiviteit. Omdat de 10 mm bui buffer is berekend voor een grotere hoeveelheid hemelwater is de effectiviteit en bijdragen van de 10 mm bui klimaatbuffer groter dan die van de 5mm.

Net zoals de 5mm buffer, kan de 10 mm berging klimaatbuffer een bijdrage leveren aan de kwaliteit van de natuur en omgeving. Het principe van de klimaatbuffer blijft voor elke grootte hetzelfde. Het verschil zit in de grootte van de buffer en daarmee de bijdrage die de buffer levert aan het behalen van de doelstelling.

Een 10 mm bui buffer vangt twee keer zo veel water op als een 5 mm bui buffer. In het totaal moet deze buffer 24842 m3 per keer opvangen om ervoor te zorgen dat al het hemelwater dat valt in het stedelijk gebied van gemeente Bergeijk opgevangen kan worden. De hoeveelheid water die opgevangen moet worden komt niet in één buffer terecht, maar zal verspreid worden over 4 buffers. De buffers liggen verspreid in heel gemeente Bergeijk tussen het bebouwde gebied en de Keersop op de flanken.

Haalbaarheid
De maatregel scoort een 4 op haalbaarheid. Net zoals bij de 5mm bui klimaatbuffer is de maatregel in de praktijk al uitgevoerd en gerealiseerd door heel Nederland (*Projecten | Klimaatbuffers*, n.d.).

De maatregel heeft in de praktijk bewezen haalbaar te zijn. De haalbaarheid van de 10 mm bui klimaatbuffer is kleiner dan die van de 5mm bui omdat er net meer ruimte nodig is voor de realisatie. Bij de 10 mm bui buffer is een iet wat groter risico wat betreft haalbaarheid. Omdat er meer ruimte nodig is om de buffer te realiseren moet er meer grond verworven worden. Hoe kleiner de grondverwerving hoe haalbaarder de maatregel is. Dit is dus wel een risico waar rekening mee gehouden dient te worden.

Draagvlak
Het draagvlak voor de 10 mm bui staat gelijk aan het draagvlak voor de 5 mm bui en scoort daarom neutraal, een 3.

Net zoals bij de 5mm bui buffer is er in het principe geen weinig aanleiding tot hinder door de klimaatbuffer. Echter moet er rekening gehouden worden met het feit dat er wel overlast kan ontstaan wanneer de buffer vol staat. Om de exacte hinder in kaart te brengen moet nader onderzoek gedaan worden. Net zoals bij de 5mm buffer bestaan er mogelijkheden om de klimaatbuffer ook een recreatieve functie te geven door bijvoorbeeld wandelpaden te realiseren.

Kosten
Deze maatregel scoort een 5. Deze valt binnen de 0-20% kosten van de duurste maatregel. De kosten zijn per hectare berekend. De prijzen zijn afkomstig van GWW Kosten (*GWWkosten.Nl - Welkom Op GWWkosten.Nl*, n.d.)

Bij het bepalen van de kosten zijn verschillende uitgangspunten gehanteerd:
-Er wordt 0,25m en 0,5m ontgraven om de bergingsruimte te creëren in de klimaatbuffer

-De grond wordt afgevoerd.
-Het inrichten van de klimaatbuffer wordt niet mee berekend.

Maatregel	Hoeveelheid	Ontgraving	Oppervlakte (m2)	Km2
5b	24.842 m3	0,5	49.684	0,049

Maatregel 5b	Hoeveelheid		PPE	Bedrag
Realiseren klimaatbuffer 10mm	24.842	m3		
- aanlsuiten riolering op uitstroomvoorziening	5	keer	€ 10.000	€ 50.000
- Ontrgaven (0,25-0,50 m)	24.842	m3	€ 1,17	€ 29.065
- Vervoeren grond (in terrein tot 0,5 km)	24.842	m3	€ 1,57	€ 39.002
- Afzet overblijvende grond	24.842	m3	€ 5,00	€ 124.210
- Aanbrengen inrichtings- en inpassingselementen	1000	m2	€ 2,00	€ 2.000
Onvoorzien	20%			€ 48.855
Staart: (u.k., a.k. & w&r)	20%			€ 58.626
Totaal uitvoeringskosten				€ 351.759
Engineering, vergunningen en begeleiding	20%			€ 70.352
- Grondverwerving	49.684	m2	€ 9,00	€ 447.156
Totaal (excl. BTW)				€ 869.267

Totaal: €869.267, -

A7.3.10 Maatregel 5c

Klimaatbuffer voor een 30 mm bui. Onderstaand staat hoeveel neerslag in het geval van een 30 mm bui opgevangen moet worden per deelgebied. Let op: hierbij is in de berekening afkoppeling van woningen en bedrijventerreinen al meegenomen. Afvalwaterbuizen zijn ook niet opgenomen in de hoeveelheden. Het gaat hierbij enkel om neerslag.

- Bergeijk: 49108 m3
- Westerhoven: 14242 m3
- Luyksgestel: 11185 m3
- Totaal: 74535 m3

De verandering in het landschap van een klimaatbuffer is de verhoging die de buffer creëert. Zie het als een kleine dijk die ervoor zorgt dat het water dat vanuit inlaten in Bergeijk overstort op de Keersop niet direct in de Keersop terecht komt. Een klimaatbuffer dient als bufferzone om water op te vangen en te laten infiltreren in de bodem.

Effectiviteit
De effectiviteit bij een 30mm bui buffer wordt met een 3 gescoord. Een relatief grote hoeveelheid water kan met behulp van de klimaatbuffer geborgen worden, echter met buien groter dan 30mm zal er ook nog een grote hoeveelheid water zijn die direct over loopt naar de Keersop.
Het principe van de klimaatbuffer blijft, ongeacht de grootte, hetzelfde. Water kan vastgehouden worden in de klimaatbuffer in plaats van dat de overstort direct op de Keersop plaats vindt. Niet alleen wordt de natuur hiermee in bescherming genomen, ook geeft dit het water meer de tijd om in de bodem te infiltreren (*Projecten | Klimaatbuffers*, n.d.). De Keersop heeft een watervoerende functie, wat inhoudt dat water niet lang in de watergang blijft staan. Juist door de overstort van het hemelwaterriool op te vangen in de klimaatbuffer ontstaat er meer tijd voor water om in de bodem te zakken en de grondwatervoorraad aan te vullen.

Haalbaarheid
Maatregel 5c, een klimaatbuffer voor een bui van 30 mm, scoort een 3 op haalbaarheid. De realisatie van een klimaatbuffer is, zoals maatregelen 5a en -b realistisch. Klimaatbuffers zijn vaker in Nederland gerealiseerd en de mogelijkheid bestaat dat deze ook in plangebied Keersop Midden gerealiseerd kunnen worden.

De locaties van de klimaatbuffers heeft de gemeente Bergeijk al bekeken en daar zijn al ideeën voor. In hoofdstuk 4 in de kansenkaart staat ook waar de klimaatbuffers aan de hand van dit onderzoek geplaatst zouden worden.

De risico’s bij de 30mm buffer zijn wat groter dan die van de 10 en 5 mm buffers. De 30 mm buffer is ingrijpender dan de kleinere buffers. Er is meer ruimte nodig voor de realisatie van de buffers omdat er meer water opgevangen moet worden.

Draagvlak
Het draagvlak scoort, net zoals maatregel 5a en -b een 3. De klimaatbuffer heeft in principe geen negatief effect voor de belanghebbenden.

Echter kan er wel weerstand ontstaan door mogelijke overlast indien de buffers vol staan of doordat er mogelijk geen wandelpad kan komen wegens vochtigheid. Echter moet hier nader onderzoek naar gedaan worden omdat de exacte effecten voor dit plangebied niet helder in kaart zijn.

Daarnaast moet er rekening gehouden worden met het effect van de buffers. Deze zullen water opvangen en infiltreren waardoor het natter in het beekdal wordt. Dit kan gevolgen hebben voor agrariërs die gelegen zijn aan het beekdal en kan daardoor mogelijk weerstand opleveren.

Kosten
Deze maatregel scoort een 4. Deze valt binnen de 20-40% kosten van de duurste maatregel. De kosten zijn per hectare berekend. De prijzen zijn afkomstig van GWW Kosten (*GWWkosten.Nl - Welkom Op GWWkosten.Nl*, n.d.)

Bij het bepalen van de kosten zijn verschillende uitgangspunten gehanteerd:

-Er wordt 0,25m en 0,5m ontgraven om de bergingsruimte te creëren in de klimaatbuffer
-De grond wordt afgevoerd.
-Het inrichten van de klimaatbuffer wordt niet mee berekend.

Maatregel	Hoeveelheid	Ontgraving	Oppervlakte (m2)	Km2
5c	74.535 m3	0,5	149070	0,149

Maatregel 5c	Hoeveelheid		PPE	Bedrag
Realiseren klimaatbuffer 30mm	74.535	m3		
- aanlsuiten riolering op uitstroomvoorziening	5	keer	€ 10.000	€ 50.000
- Ontrgaven (0,25-0,50 m)	74.535	m3	€ 1,17	€ 87.206
- Vervoeren grond (in terrein tot 0,5 km)	74.535	m3	€ 1,57	€ 117.020
- Afzet overblijvende grond	74.535	m3	€ 5,00	€ 372.675
- Aanbrengen inrichtings- en inpassingselementen	29600	m2	€ 2,00	€ 59.200
Onvoorzien	20%			€ 137.220
Staart: (u.k., a.k. & w&r)	20%			€ 164.664
Totaal uitvoeringskosten				€ 987.985
Engineering, vergunningen en begeleiding	20%			€ 197.597
- Grondverwerving	149.070	m2	€ 9,00	€ 1.341.630
Totaal (excl. BTW)				€ 2.527.212

Totaal = €2.527.212,-

A7.3.11 Maatregel 5d

Klimaatbuffer voor een 60 mm bui. Dit wordt gezien als een grote bui. Onderstaand staat hoeveel neerslag in het geval van een 60 mm bui opgevangen moet worden per deelgebied. Let op: hierbij is in de berekening afkoppeling van woningen en bedrijventerreinen al meegenomen. Afvalwaterbuizen zijn ook niet opgenomen in de hoeveelheden. Het gaat hierbij enkel om neerslag.

- Bergeijk: 98219 m3
- Westerhoven: 28484 m3
- Luyksgestel: 21675 m3
- Totaal: 148378 m3

De verandering in het landschap van een klimaatbuffer is de verhoging die de buffer creëert. Zie het als een kleine dijk die ervoor zorgt dat het water dat vanuit inlaten in Bergeijk overstort op de Keersop niet direct in de Keersop terecht komt. Een klimaatbuffer dient als bufferzone om water op te vangen en te laten infiltreren in de bodem.

Effectiviteit

De klimaatbuffer voor een 60 mm bui scoort een 4 op effectiviteit. Net zoals bij de bovenstaand benoemde maatregelen is de effectiviteit van de klimaatbuffer voor een 60 mm bui groot. Er moet echter wel nader onderzoek gedaan worden naar de effectiviteit in het plangebied Keersop Midden.

In het totaal zou de klimaatbuffer een bui van 60mm moeten bergen, wat inhoudt dat in het totaal 148378 m3 geborgen kan worden in de 4 klimaatbuffers. Zoals eerder benoemd zullen de klimaatbuffers verspreid zijn tussen bebouwd gebied en de Keersop, op de flanken. Vanuit de gemeente Bergeijk stroomt het water via de hemelwaterriolering naar de klimaatbuffers, waar het vervolgens de tijd krijgt om in de bodem te infiltreren.

Het effect van de 60 mm bui buffer wordt als groot geschat. Echter moet naar het exacte effect nader onderzoek gedaan worden. De verwachting is dat het beekdal natter zal worden doordat er water langer de kans krijgt om te infiltreren en het grondwater aan te vullen.

Haalbaarheid
De haalbaarheid scoort een 3. Zoals eerder benoemd is de implementatie van de klimaatbuffers haalbaar in de praktijk en is dit ook eerder gedaan (*Projecten | Klimaatbuffers*, n.d.).

Grondverwerving is het grootste risico. 4 buffers die in het totaal 148.378 m3 water moeten bergen nemen veel ruimte in beslag. Om dit te realiseren moet een grote hoeveelheid grond beschikbaar zijn om de buffer te plaatsen. Het risico bestaat dat niet genoeg grond verworven kan worden om de 60 mm bui buffer te realiseren.

Draagvlak
Ook bij de 60mm bui buffer scoort het draagvlak 3. Het principe blijft hetzelfde. De klimaatbuffers moeten geen overlast verzorgen, al helemaal niet wanneer deze leeg staan.

Wanneer de buffers leeg staan kunnen ze recreatieve functie krijgen door bijvoorbeeld wandelgelegenheid te realiseren. Echter omdat het effect van de 60 mm bui buffer groot is kan het mogelijk voor wat meer weerstand zorgen bij bijvoorbeeld landbouwondernemers. Om zo veel mogelijk weerstand te voorkomen moet er nader onderzoek gedaan worden naar het effect van de klimaatbuffers, ook wat het verschil is in de grootte van de buffers en het bijbehorende effect. Op basis hiervan kan weerstand voorkomen worden door duidelijk toe te lichten wat de klimaatbuffer zal doen.

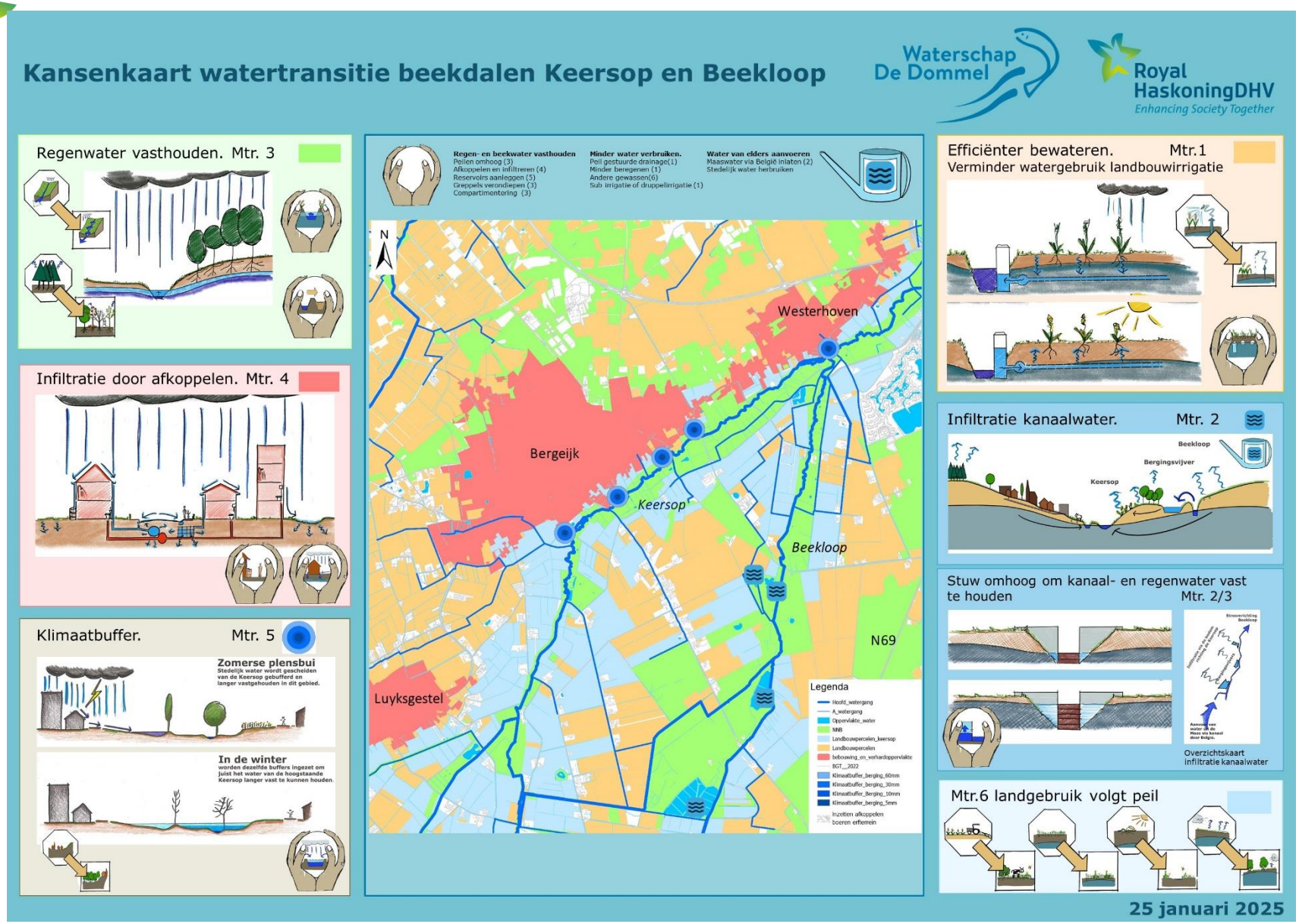
Kosten
Deze maatregel scoort een 3. Deze valt binnen de 40-60% kosten van de duurste maatregel. De kosten zijn per hectare berekend. De prijzen zijn afkomstig van GWW Kosten (*GWWkosten.Nl - Welkom Op GWWkosten.Nl*, n.d.)

Bij het bepalen van de kosten zijn verschillende uitgangspunten gehanteerd:
-Er wordt 0,25m en 0,5m ontgraven om de bergingsruimte te creëren in de klimaatbuffer
-De grond wordt afgevoerd.
-Het inrichten van de klimaatbuffer wordt niet mee berekend.

Maatregel	Hoeveelheid	Ontgraving	Oppervlakte (m2)	Km2
5d	148.378 m3	0,5	296.756	0,296

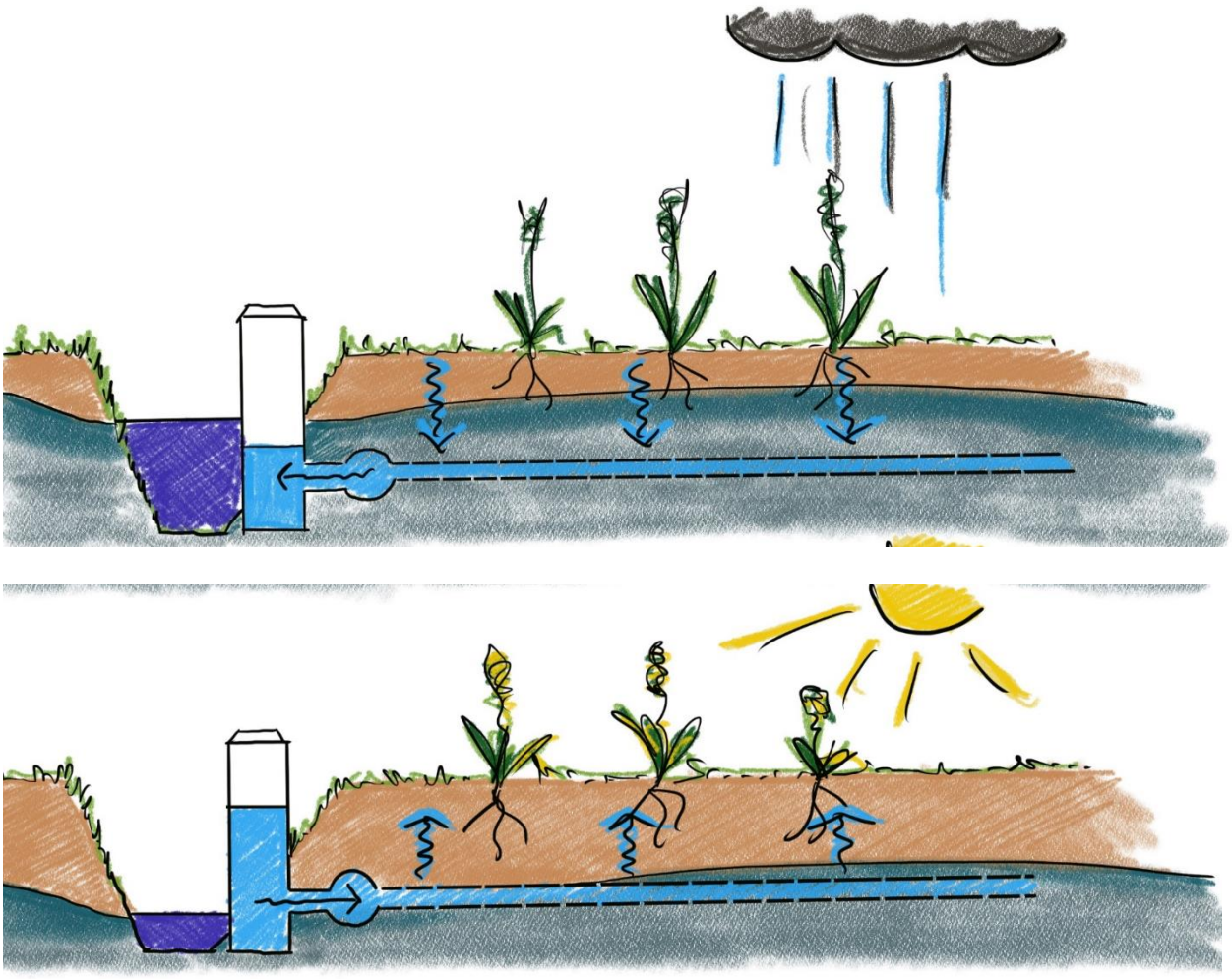
Maatregel 5d	Hoeveelheid		PPE	Bedrag
Realiseren klimaatbuffer 60mm	148.378	m3		
- aanlsuiten riolering op uitstroomvoorziening	5	keer	€ 10.000	€ 50.000
- Ontrgaven (0,25-0,50 m)	148.378	m3	€ 1,17	€ 173.602
- Vervoeren grond (in terrein tot 0,5 km)	148.378	m3	€ 1,57	€ 232.953
- Afzet overblijvende grond	148.378	m3	€ 5,00	€ 741.890
- Aanbrengen inrichtings- en inpassingselementen	59200	m2	€ 2,00	€ 118.400
Onvoorzien	20%			€ 263.369
Staart: (u.k., a.k. & w&r)	20%			€ 316.043
Totaal uitvoeringskosten				€ 1.896.258
Engineering, vergunningen en begeleiding	20%			€ 379.252
- Grondverwerving	296.756	m2	€ 9,00	€ 2.670.804
Totaal (excl. BTW)				€ 4.946.313

Totaal €4.946.313,-



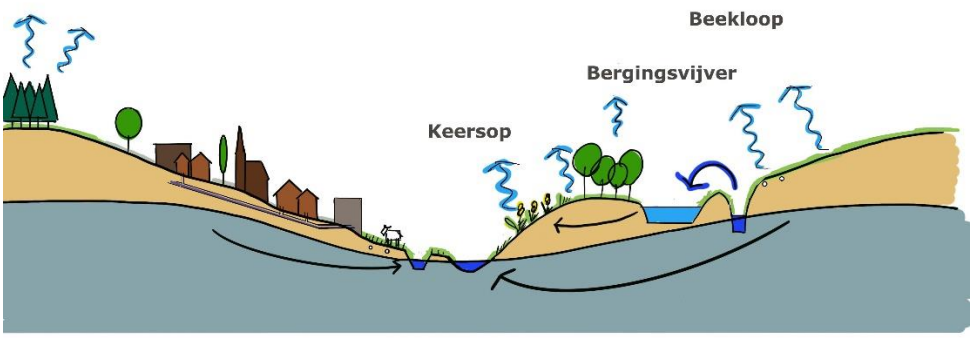
Figuur 28: Kansenkaart

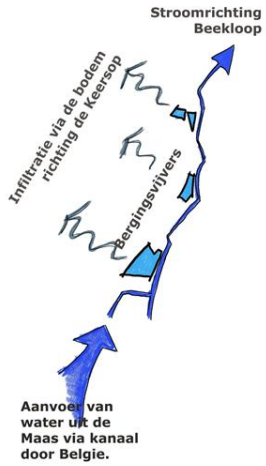
Verschillende schetsontwerpen: Efficiënter bewateren



Figuur 29: Efficiënter bewateren

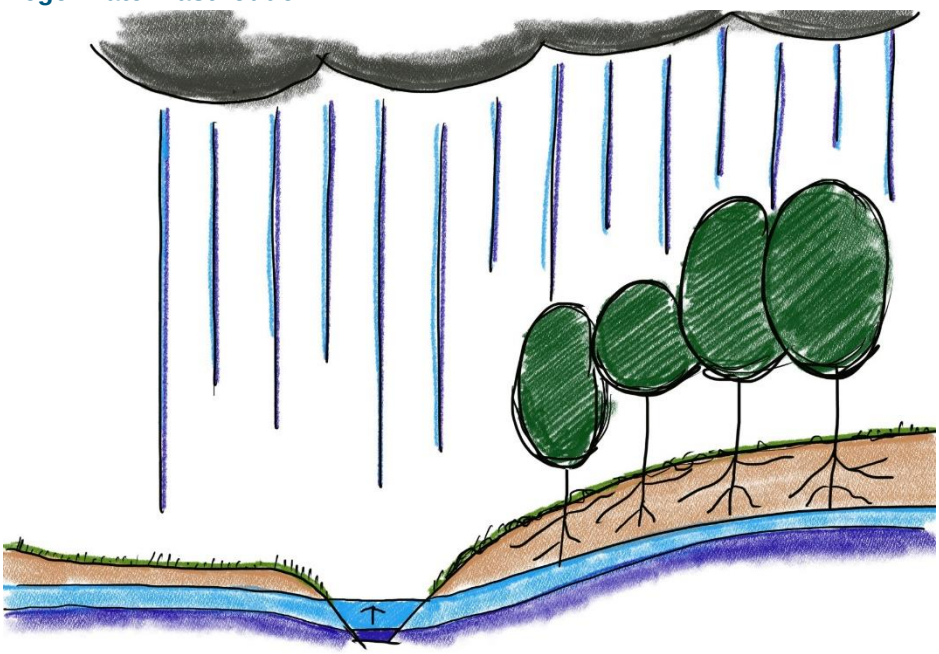
Infiltratie kanaal water





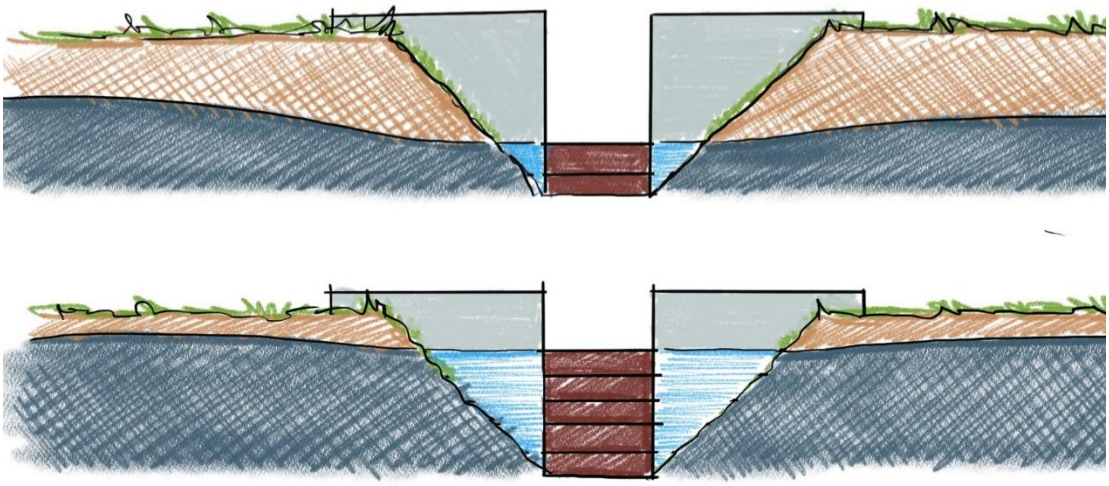
Figuur 30: Infiltratie kanaal water

Regenwater vasthouden



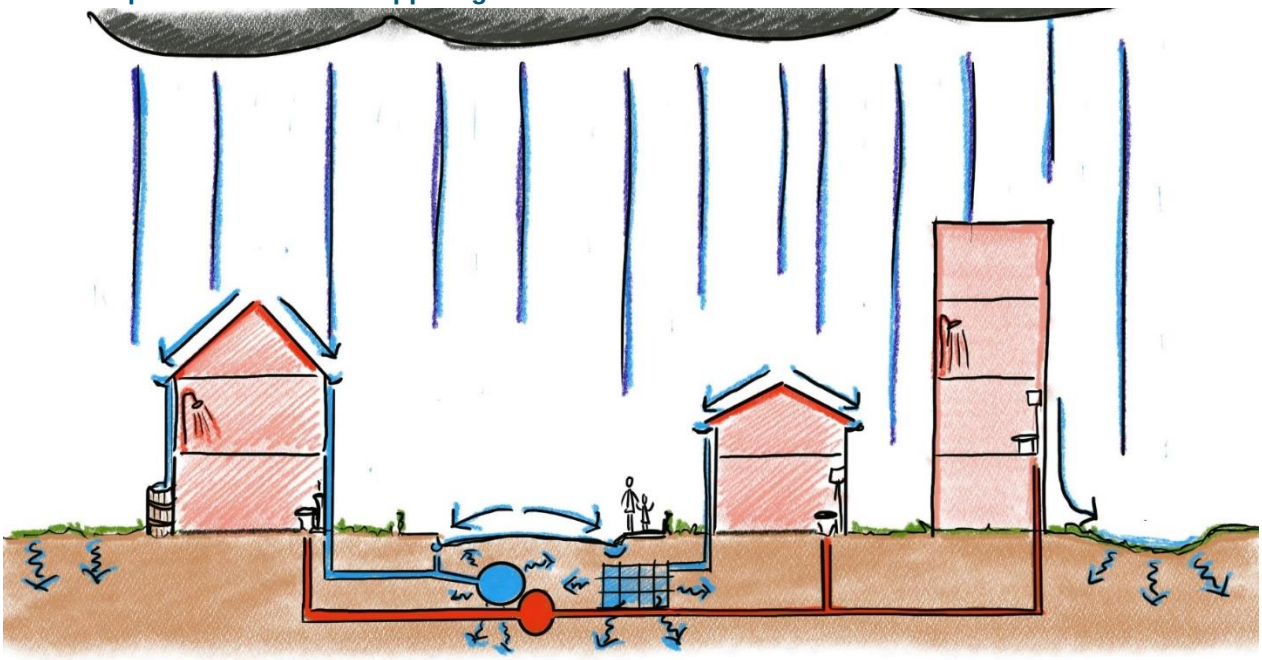
Figuur 31: Regenwater vasthouden d.m.v. bodemverbetering

Regenwater/ kanaalwater vasthouden doormiddel van een stuw.



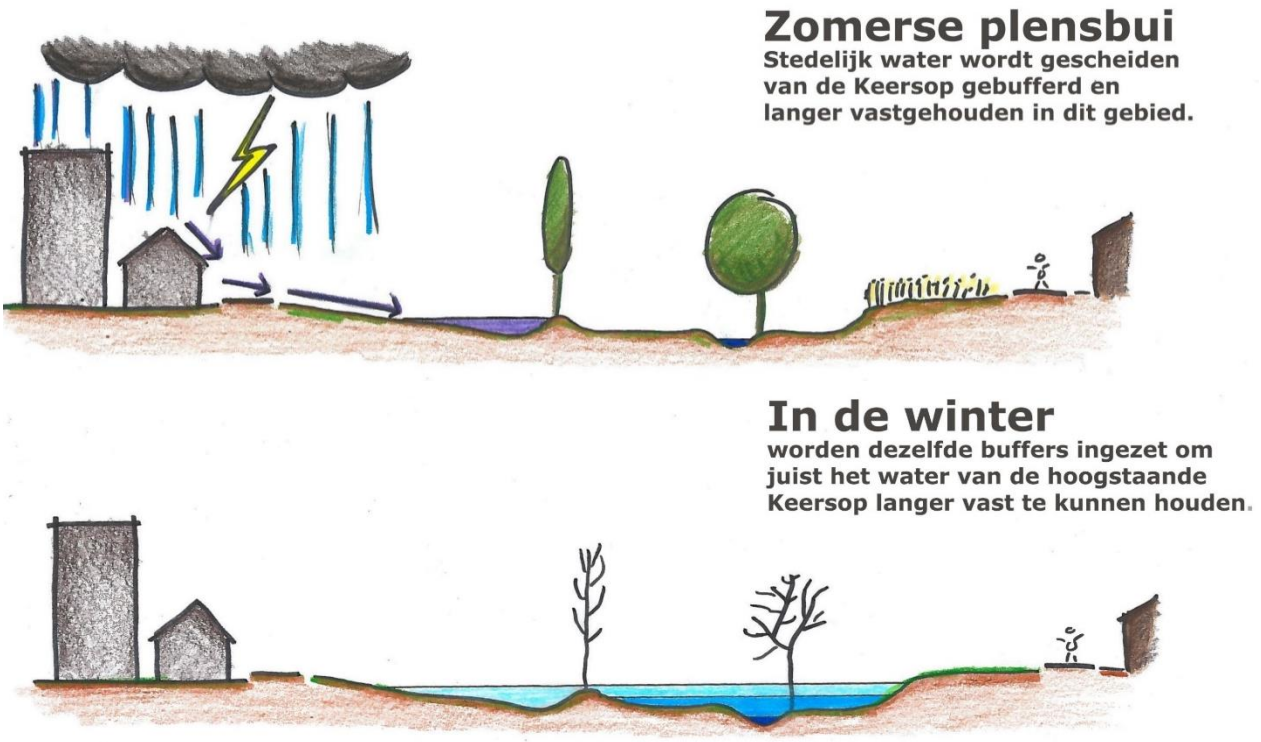
Figuur 32: Regenwater vasthouden d.m.v. een stuw

Inzetten op infiltratie door afkoppeling



Figuur 33: Afkoppeling tuinen

Klimaatbuffer



Figuur 34: Klimaatbuffer

Royal HaskoningDHV