

**Praktische handvatten voor een droogtebestendigere inrichting van stedelijk groen -  
Achtergronddocument**

Datum: 23 december 2022

Versie: Definitief 1.0

**Kernteam:**

Wilmer Noome (projectleiding, Sweco)  
Annemieke Feijen (TAUW)  
Reinder Brolsma (Deltares)  
Michel Moens (Arcadis)  
Floris Verhagen (Royal HaskoningDHV)  
Dante Föllmi (Hogeschool van  
Amsterdam)

**Projectteamleden:**

Suzanne Meeuwissen (Arcadis)  
Francesca Sahit (TAUW)  
Ted Veldkamp (Hogeschool van  
Amsterdam)  
Danny Heuvelink (Royal HaskoningDHV)

**Illustrator Praatplaten:**

Asja Föllmi



## Inhoudsopgave

Samenvatting .....	5
1 Inleiding droogte en stedelijk groen .....	10
1.1 Aanleiding .....	10
1.2 Doelgroep .....	10
1.3 Leeswijzer .....	10
2 Ophalen praktijkervaringen .....	12
2.1 Inleiding .....	12
2.2 Toetsing onderzoeksresultaat 2021 .....	12
2.3 Toepassing van maatregelen in de praktijk .....	14
2.4 Keuze aan maatregelen .....	15
3 De watervraag in stedelijk gebied .....	20
3.1 Inleiding .....	20
3.2 Waterbalansmodel STUW .....	20
3.3 De stedelijke waterbalans .....	20
3.4 De watervraag .....	22
3.5 Doorgerekende maatregelen en scenario's .....	23
3.6 Toename van de watervraag .....	26
3.7 Maatregelen verhoging beschikbaarheid water .....	28
4 Kosten en baten maatregelen .....	31
4.1 Inleiding .....	31
4.2 Kosten .....	31
4.2.1 Kostenopbouw .....	31
4.2.2 Kostentoedeling .....	34
4.2.3 Soort(keuze) .....	35
4.2.4 Groeiplaats .....	35
4.2.5 Vochtvoorzieningen .....	35
4.3 Baten .....	36
4.3.1 Groene baten .....	37
4.3.2 Baten voor de leefomgeving .....	37
5 Gesprekshandvatten .....	42
5.1 Inleiding .....	42
5.2 Praatplaten in relatie tot de straatkrant .....	42
5.3 Totstandkoming Praatplaat .....	42

5.3.1	Kansrijke maatregelen bloemkoolwijken .....	43
5.3.2	Kansrijke maatregelen oudere woonwijken.....	45
5.3.3	Kansrijke maatregelen Vinex wijken .....	47
6	Het gesprek inpassen in het proces.....	50
6.1	Onderdelen uit Programma van Eisen inrichting openbare ruimte .....	51
6.2	Opzet processchema .....	51
6.2.1	Omgevingswet en Convenant Klimaatadaptief Bouwen .....	51
6.2.2	Aanwijzen omgevingsregisseur .....	52
6.2.3	Proces binnen de PvE inrichting openbare ruimte .....	52
6.2.4	Initiatief- of onderzoeksfase .....	53
6.2.5	Voorontwerpfase.....	54
6.2.6	Definitief ontwerpfase.....	55
6.2.7	Bestek en realisatiefase .....	55
6.3	Beheer- en onderhoudsfase .....	57
7	Discussie en conclusie .....	58
7.1	Mogelijke maatregelen.....	58
7.2	Meer inzicht in lokale waterbalans .....	58
7.3	Kosten inzichtelijk maar baten lastig te bepalen .....	59
7.4	Ga het gesprek aan .....	60
7.5	Gebiedsregisseur .....	60
8	Bibliografie .....	61

## **Bijlagen**

I	Opzet waterbalansmodel .....	64
I.1	Wijktypes en kenmerken.....	64
I.2	Bodem.....	65
I.3	Maatregelen .....	67
II	Figuren modellering .....	69
II.1	Watervraag groeiseizoen.....	69
II.2	Extra watervraag in een groeiseizoen bij vergroening .....	71
II.3	Verschil in watervraag in een groeiseizoen .....	73
II.4	Verschil in watervraag per type maatregel .....	74
II.5	Verschil in watervraag ten gevolge van klimaatverandering .....	80

III	Kosten en baten.....	84
III.1	Soort(keuze) .....	84
III.1.1	Gazon .....	84
III.1.2	Bloemrijk grasland en/of ruigte.....	84
III.1.3	Struiken (sierheesters / hagen / plantenperken / vaste planten) .....	84
III.1.4	Bosplantsoen.....	85
III.1.5	Straatbomen .....	86
III.2	Groeiplaats .....	86
III.2.1	Verdikken leeflaag .....	86
III.2.2	Creëren wortelruimte .....	86
III.2.3	Verbeteren bovengrondse bodemlaag.....	87
III.2.4	Toevoegen schimmels .....	88
III.2.5	Verbeteren gasuitwisseling.....	88
III.3	Vochtvoorzieningen .....	88
III.3.1	Beschaduwten / toepassen bodembedekkers .....	89
III.3.2	Irrigatie / vochtmonitoring .....	89
III.3.3	Aanvoeren oppervlaktewater .....	90
III.3.4	Peilopzet.....	90
III.3.5	Peilgestuurde drainage .....	90
III.3.6	Extra sproeien .....	91
III.3.7	Ontharden / Vergroten boomspiegels .....	92
III.3.8	Afkoppelen daken + wegen naar oppervlaktewater/bodem.....	92
III.3.9	Minder maaien / creëren van ruigere stukken .....	92
III.3.10	Waterpasserende of infiltrerende verharding .....	92
III.3.11	Hol uitvoeren van groenvoorziening / infiltratieveld .....	93
III.3.12	Toepassen wadi's.....	93
III.3.13	Optimaliseren drainage.....	94
III.3.14	Aanleg IT-DT leidingen .....	94
IV	Praatplaten .....	96

## Samenvatting

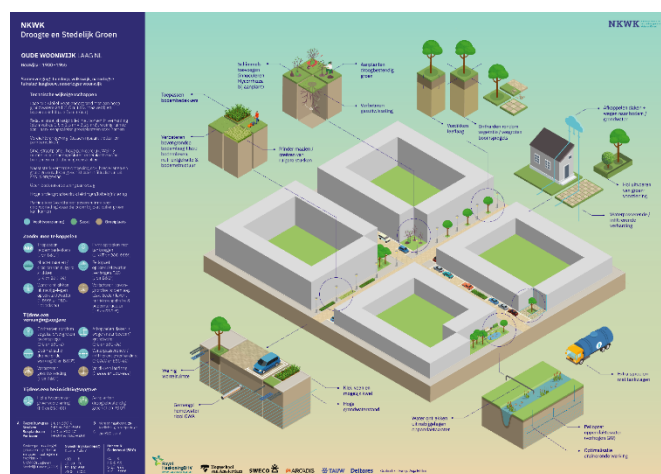
Hoofddoel van dit onderzoek is het geven van handvatten voor (groen)medewerkers van gemeenten om enerzijds het gesprek aan te gaan met andere disciplines over de droogtebestendige inrichting van bestaand en nieuw groen en anderzijds te kunnen bepalen welke maatregelen effect hebben op het droogtebestendiger maken van het groen. En daarmee dus leidend tot een duurzame en toekomstgerichte leefomgeving. Deze praktische handvatten zijn vormgegeven in de handreiking Droogte en Groen. Dit rapport is het achtergronddocument met de toelichtingen op de gemaakte keuzes. Deze studie is een vervolg op de studie NKWK Droogte 2021 [1]. Vanuit de studie uit 2021 vormen de opzet van de wijktypen en handelingsperspectieven het startpunt. De wijktypen zijn niet aangepast. De handelingsperspectieven zijn, daar waar nodig, aangepast zodat ze beter aansluiten bij de praktijk.

## Doel handreiking

De handreiking heeft meerdere doelen. De handreiking bevat een overzicht van het proces rondom (her)ontwikkeling van het openbaar gebied. In dit proces (van initiatief tot aan beheer en onderhoud) is duidelijk aangegeven op welke momenten overleg met andere disciplines binnen het fysieke domein wenselijk zijn. Hierdoor zal het gesprek makkelijker op te zetten zijn, en worden de wensen en voorwaarden van verschillende disciplines vroegtijdig meegenomen. Ook zijn belangrijke valkuilen tijdens de beheer- en monitoringsfase opgenomen. Juist in deze fase is het verbeteren of in stand houden van optimale groeiplaatsen voor groen een belangrijk aandachtspunt.

Daarnaast helpt de handreiking in de dagelijkse praktijk keuzes te maken om groen droogtebestendiger te maken en om de openbare ruimte robuuster in te richten, waarbij rekening gehouden wordt met de verschillende disciplines in de openbare ruimte.

Om het gesprek tussen afdelingen binnen gemeenten en met belanghebbenden buiten de gemeenten verder op gang te brengen, zijn enkele praatplaten opgesteld. Deze praatplaten visualiseren een toekomstschets hoe een type woonwijk droogtebestendiger ingericht kan worden.



De platen zijn voor drie wijktypes (bloemkoolwijk, oudere woonwijk en vinex wijk) en voor hoog en laag Nederland ontwikkeld. De praatplaten maken per geschikte maatregel inzichtelijk wat de inpasbaarheid is op basis van (technische) wijkarakteristieken zoals ondergrondse druk, openbare ruimte en de indeling van het huidige groen. Ook visualiseren de platen wanneer bepaalde maatregelen meegekoppeld kunnen worden aan de hand van vervangings- en herinrichtingsopgaves en hoe maatregelen op elkaar kunnen aansluiten. Door het interactieve karakter van de handreiking is alle achtergrond data direct toegankelijk.

### Gebiedsregisseur

Wel blijf het zeer wenselijk een omgevingsregisseur aan te wijzen. Met het inwerkingtreden van de Omgevingswet (naar verwachting medio 2023) worden omgevingstafels een belangrijk onderdeel van de dialoog. Hierdoor is bij nieuwe initiatieven op verschillende momenten in het proces een dialoogtafel wenselijk, en afhankelijk van het moment wordt de dialoog met andere betrokken personen gevoerd.

Juist de aanwezigheid van een verscheidenheid aan tafels, processchema's en betrokken personen vormt een risico. Het is een uitdaging om overzicht te houden over de verschillende tafels en processen, het moment waarop inspraak wenselijk of nodig is, wie betrokken is en welke afdeling wanneer moet aansluiten. Daarom is het bij grotere projecten en gemeenten verstandig om op strategisch niveau één persoon (de omgevingsregisseur) aan te wijzen die op de juiste momenten de juiste afdelingen om tafel krijgt.

### De praktijkervaring

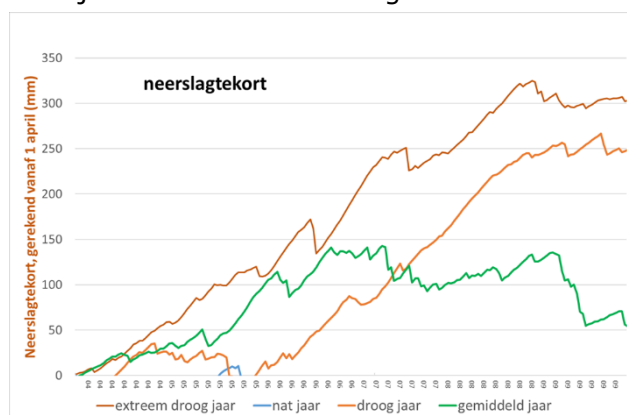
Voordat de handreiking is opgesteld, is eerst praktijkervaring opgehaald bij verschillende gemeenten. Uit deze gesprekken kwam naar voren dat niet in alle gevallen voldoende afstemming plaatsvindt tussen de verschillende disciplines. Hierdoor worden (onbewust) keuzes gemaakt die nadelig zijn voor andere disciplines.

Belangrijk aandachtspunt om de gesprekken met andere disciplines goed te kunnen voeren, is het op waarde schatten van het aanwezige groen. Uit de praktijkkennis komt naar voren dat oudere bomen (onnodig) vervangen worden door jongere bomen vanwege andere belanghebbenden (met name bij de aanleg van kabels en leidingen is dit een aandachtspunt). Hoewel bij een vervanging het aantal bomen niet wijzigt, verandert de impact wel. Jonge bomen hebben minder positieve effecten dan oudere bomen. Het creëren van dit besef en het aanpassen van het gemeentelijke beleid om meer 'volwassen' bomen te hebben is verstandig. Om dit goed in de openbare ruimte in te richten is wederom aandacht voor de groeiplaatsen nodig.

### Effecten vergroenen op de waterbalans

Vanuit de gesprekken met de gemeenten kwam duidelijk naar voren dat veel gemeenten de wens hebben om te vergroenen, zowel in openbaar terrein als op particulier terrein. Het vergroenen levert op den duur voordelen op voor de gebouwde omgeving. Denk aan meer schaduw, een betere ervaring van de openbare ruimte en het reduceren van hittestress.

Extra groen betekent echter ook dat meer water nodig is om dit groen te laten groeien. Op de gehele waterbalans valt deze extra hoeveelheid mee, maar in (extreem) droge zomers telt elke druppel. In extreme droge zomers is de algemene watervraag van het bestaande groen al groter dan water beschikbaar is. Dit benadrukt de noodzaak om maatregelen te treffen of langer/meer water beschikbaar te hebben.

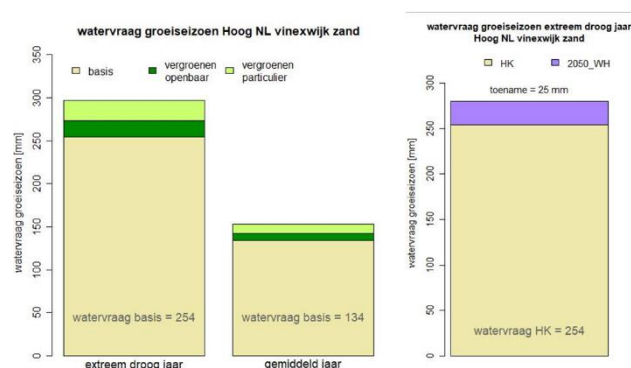




De exacte watervraag verschilt per type situatie en woonwijk. In hoog Nederland zijn de bodems zandig en staat het grondwater diep. Afkoppelen is hier effectief, maar het afgekoppelde water is niet altijd direct beschikbaar voor het groen. De watervraag is hoog, omdat geen of weinig water uit de omgeving aangevoerd kan worden. Ook de watervraag in veengebieden is relatief hoog, omdat het bodemsysteem nat gehouden moet worden om bodemdaling te voorkomen. De laaggelegen kleigebieden, waar ook kwel vanuit de diepte voorkomt, hebben de laagste watervraag. De watervraag per type woonwijk is vooral afhankelijk van het aandeel groen binnen de wijk. De Vinex-wijken hebben meer groen en daarom ook een hogere watervraag. De oudere woonwijken en bloemkoolwijken hebben meer verhard oppervlak en daarom ook meer behoefte om te vergroenen.

### Extra aanvoer beschikbaar water

Het extra vergroenen van een wijk heeft vanzelfsprekend een effect op de waterbalans. Het is van belang om water dat in droge zomers valt, zo lang mogelijk vast te houden en beschikbaar te stellen aan het aanwezige groen. Het afkoppelen van hemelwater van (gemengde) riolering blijft hoog op de agenda staan. Ook wordt in veel gemeenten gekeken naar de aanleg van waterpasserende verharding. Door deze verharding wordt water niet afgevoerd, maar lokaal geïnfiltrerd.



Het effect van het afkoppelen en aanleggen van waterpasserende verharding is niet altijd voldoende. Deze maatregelen leveren in normale jaren voldoende water voor het extra groen. In extreem droge jaren hebben deze maatregelen een beperkt effect op de benodigde hoeveelheid water, deze maatregelen zijn in hoge mate afhankelijk van de hoeveelheid neerslag.

Daarom is het aanpassen van de groeiplaatsen om water beter vast te houden noodzakelijk en is het belangrijk om bij nieuwe aanplant te kiezen voor robuuste soorten.

Denk hierbij vooral aan:

- Verbeteren boomvak door extra organische stof (zie ook NKWK Droogte 2021 [1])
- Het hol uitvoeren van groenstroken of boomvakken zodat neerslag langer vastgehouden wordt op de plaats waar het water ook nodig is.
- Toepassen van bodembedekking en ondergroei om zo verdroging van de bovenste bodemlaag te voorkomen.
- Aanpassen van de soorten op de leefcondities.

In deze studie is aangenomen dat al het afgekoppelde water ook beschikbaar is voor het groen in een buurt. Of in de praktijk ook al dit water beschikbaar is voor het groen is niet gemodelleerd. Aanvullend onderzoek is nodig om meer inzicht te krijgen in hoe de waterbalans op straatniveau eruit ziet.

### Langer vasthouden van overschotten

In dit onderzoek is niet gekeken naar een overschot aan water in andere seizoenen. Door water langer vast te houden in een winterperiode, kan dit in een zomerperiode gebruikt worden. Of het op grote schaal vasthouden van water realistisch is, is lastig in te schatten en locatieafhankelijk. Gebruikelijke methoden om meer water vast te houden (ophogen oppervlaktewater of grondwaterpeilen) is in veel situaties niet mogelijk of wenselijk. Het ophogen van waterpeilen leidt in natte perioden tot een verminderde ontwatering/drooglegging en zal tot wateroverlast leiden. In gebieden waar meer ruimte in de ondergrond is (hoog Nederland) zal een groot deel van het in natte perioden geïnfiltreerde water niet meer beschikbaar zijn in droge perioden. Het water zakt ver weg of wordt op natuurlijke wijze afgevoerd.

Vanuit provincies en waterschappen is wel meer aandacht voor deze maatregel. Het is daarom wel verstandig om het gesprek tussen gemeenten en waterschappen voort te zetten om de voor- en nadelen te bediscussiëren en gezamenlijk tot een weloverwogen besluit te komen.

### Kosten van de maatregelen

Een belangrijk onderdeel van het uitvoeren van de maatregelen zijn de bijbehorende kosten en lange termijn baten. Voor de praatplaten is op basis van kostenkengetallen een overzicht gemaakt van de investeringskosten en beheer- en onderhoudskosten (afschrijving investering en jaarlijkse onderhoud). Hierbij is gebruik gemaakt van een bandbreedte per m, m<sup>2</sup> of m<sup>3</sup>. In Tabel 1 is de bandbreedte opgenomen. Tabel 2 bevat vervolgens per maatregel de investeringskosten en beheer- en onderhoudskosten. Deze gegevens zijn ook terug te vinden in de Handreiking

Tabel 1: bandbreedte investeringskosten en beheer- en onderhoudskosten

Eenmalige investeringsuitgaven		Jaarlijkse Beheer- en onderhoudskosten	
Minder dan € 10	€	Minder dan € 2,5	€
€ 10 - € 50	€€	€ 2,5 - € 5	€€
€ 50 - € 100	€€€	€ 5 - € 10	€€€
Meer dan € 100	€€€€	Meer dan € 10	€€€€

Tabel 2: overzicht investeringskosten en beheer- en onderhoudskosten

Maatregel			
	Investeringsuitgaven	Beheer- en Onderhoudskosten	Eenheid
<b>SOORT (KEUZE)</b>			
Gazon	€	€	per m <sup>2</sup>
Ruw gras	€	€	per m <sup>2</sup>
Struiken	€€	€€€€	per m <sup>2</sup>
Bosplantsoen	€€	€€	per m <sup>2</sup>
Bomen (alleen aanplant, geen bos)	€€€€	€€€€	per boom
<b>GROEIPLAATS</b>			
Verdikken leeflaag	€€€€	€€€	per m <sup>2</sup>
Creëren wortelruimte	€€€€	€€	per m <sup>3</sup>
Verbeteren bovengrondse bodemlaag	De meerkosten voor het aanbrengen van een mulchlaag wegen op tegen de minderkosten als gevolg van minder benodigd onderhoud		
Toevoegen schimmels	Vereist maatwerk		
Verbeteren gasuitwisseling	€€€€	€€	per boom



Maatregel			
	Investeringsuitgaven	Beheer- en Onderhoudskosten	Eenheid
<b>VOCHTVOORZIENINGEN</b>			
Beschaduwen	Afhankelijk van beschaduwingsmethode, Zie soort(keuze) voor de beheerkosten van bomen		
Toepassen bodembedekkers	De meerkosten voor het aanbrengen van een mulchlaag wegen min of meer op tegen de minderkosten voor schoffelen		
Irrigatie/vochtmonitoring	maatwerk		
Aanvoer oppervlaktewater			
Peilopzet			
Extra sproeien	NVT	€€€€	per boom per keer
Ontharden	€	€	per m <sup>2</sup>
Afkoppelen	€€€	€	per afgekoppelde m <sup>2</sup>
Minder maaien	NVT	€	per m <sup>2</sup>
Waterpasserende verharding	€€€€	€€	per m <sup>2</sup>
Holle uitvoering groen	€	€€	per m <sup>2</sup>
Toepassen wadi's	€€€	€€€€	per m <sup>2</sup>
Optimaliseren drainage	€	€€	per m
IT-DT leidingen	maatwerk		per m <sup>2</sup>

Samengevat kan worden gesteld dat het lastig is om kosten met elkaar te vergelijken. Ten eerste omdat de eenheden verschillen en ten tweede omdat de lokale omstandigheden sterk bepalend zijn. Tabel 2 onderstreept het belang om naast de investeringsuitgaven ook de beheer- en onderhoudskosten in beschouwing te nemen. Relatief hoge investeringen met relatief lage beheer- en onderhoudskosten zijn op de lange(re) goedkoper (bijvoorbeeld afkoppelen in combinatie met bodeminfiltratie). Andersom geldt dit uiteraard ook (bijvoorbeeld aanleg struiken).

### Baten van verbeterde leefomstandigheden

Met betrekking tot de baten is een duidelijk onderscheid tussen groene baten en baten voor de leefomgeving (hoger abstractieniveau).

Bij groene baten gaat het om een langere levensduur van groen, minder inboet en minder aanvullende bewatering. Hier zijn weinig gegevens van bekend in de praktijk. De beheerkosten van het gemeentelijk bomenbeheer zijn de afgelopen jaren met circa 10% toegenomen. Deze stijging is veel sterker dan in andere beheercategorieën en hangt naar verwachting samen met een hoger percentage inboet als gevolg van langdurige droogte.

Bij de baten voor de leefomgeving zijn het reguleren van het grondwaterpeil, de stijging van de waarde van onroerend goed en CO<sub>2</sub>-opslag van bomen sterk bepalend. Het vermijden van schade als gevolg van verzakkingen door een beter gereguleerd grondwaterpeil loopt al snel in de miljoenen euro's. Vastgoed kan door groen zo'n € 40.000 - € 200.000 per ha stijgen en volgens twee pilots levert een Rotterdamse boom ongeveer € 50 aan baten per jaar op (met name door CO<sub>2</sub>-opslag).

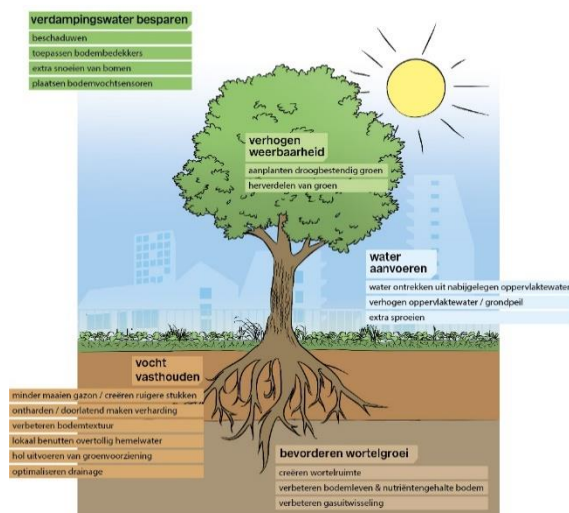
Het bepalen van de baten in de waterketen in euro's is niet mogelijk zonder een goede analyse van de waterketeninfrastructuur, het functioneren daarvan en de interactie van de waterketen met de omgeving (inclusief watersysteem).

## 1 Inleiding droogte en stedelijk groen

### 1.1 Aanleiding

Terugkijkend op de zomer van 2022 hebben we in vijf jaar tijd vier droge zomers ervaren. Drie van deze zomers horen bij de 5% droogste jaren wanneer gekeken wordt naar het neerslagtekort in de zomermaanden. Deze collectie van droge jaren benadrukt de noodzaak om groen binnen de stedelijke omgeving droogtebestendiger te maken. In 2021 is in het onderzoek NKWK Droogte en Groen [1] gekeken naar de schade aan groen door droogte en naar mogelijke maatregelen om groen droogtebestendiger te maken. Het resultaat van dit onderzoek was een set aan mogelijke maatregelen. Deze maatregelen zijn via een maatregelenboom en factsheets inzichtelijk gemaakt voor verschillende type woonwijken in Nederland.

De inzichten opgedaan in de studie uit 2021 geven de gemeenten meer houvast bij het omvormen van het bestaande groen naar droogtebestendiger groen. Uit de uitvraag (NKWK 2022) bleek echter dat de wens bestond om de lessen, opgedane kennis en uitgevoerde onderzoeken te vertalen naar meer praktische handvatten. Handvatten waar de groenbeheerder direct mee aan de gang kan alsook het gesprek met andere afdelingen kan voeren.



### 1.2 Doelgroep

Met deze duidelijk wens is in 2022 een handreiking opgezet waarmee gemeentelijke afdelingen binnen het fysieke domein het gesprek kunnen starten, zowel onderling als met externe initiatiefnemers. Het doel van de handreiking is om informatie te geven aan groenbeheerders. De handreiking geeft, per type woonwijk, inzicht in welke meekoppelkansen er zijn en welke maatregelen mogelijk zijn om het groen meer droogtebestendig te maken. Tegelijkertijd geeft de handreiking inzicht in overlegmomenten binnen het proces rondom (her)ontwikkelingen in het openbaar gebied. Hierdoor is het voor projectleiders en beleidsadviseurs inzichtelijk op welke momenten overleg wenselijk en noodzakelijk zijn. Zowel bij het voortraject van (her)ontwikkeling (initiatieffase tot realisatie) als bij het beheer en onderhoud.

### 1.3 Leeswijzer

In dit project is een handreiking droogtebestendig groen opgesteld. Deze handreiking kan als leidraad gebruikt worden bij de discussies tussen de verschillende afdelingen binnen het fysieke domein over (her)inrichting van het openbare gebied. De handreiking, en met name de praatplaten, vormt een startpunt voor deze overleggen. Door visueel in beeld te brengen per type woonwijk welke (meekoppel)kansen aanwezig zijn, is snel te bepalen of het combineren van werkzaamheden zinvol is. Per mogelijke maatregel is eveneens aangegeven wat de aanleg- en onderhoudskosten zijn.

Ook het moment van het voeren van gesprekken in het traject van initiatief tot beheer en onderhoud bij (her)ontwikkeling van de openbare ruimte is onderdeel van deze handreiking.

Dit achtergrondrapport vormt de onderbouwing van de keuzes in de handreiking. In hoofdstuk 2 van dit rapport is een samenvatting opgenomen van de gevoerde gesprekken met verschillende gemeenten in Nederland. Doel van deze gesprekken was enerzijds de ervaringen met het onderzoek NKWK Droogte 2021 te bespreken en anderzijds toetsen of de opgestelde praatplaten passen binnen het gemeentelijke proces. Resultaat is een aangepast overzicht van uit te voeren maatregelen om groen droogtebestendiger in te richten.

Met de resultaten van deze praktijkervaringen zijn waterbalansberekeningen uitgevoerd. Hoe zit de waterbalans eruit als de meest toegepaste maatregelen uitgevoerd worden. Hoofdstuk 3 beschrijft deze waterbalansberekeningen en de resultaten. Deze berekeningen helpen gemeenten inzicht te krijgen in de watervraag van groen, de toename van de watervraag bij de aanleg van extra groen en de toename van het aanbod bij aanpassingen in een woonwijk. Ook de autonome toename van de watervraag door klimaatveranderingen is inzichtelijk gemaakt. Door deze set aan data is het voor gemeenten mogelijk om, met inzicht in de veranderingen in de waterbalans, keuzes te maken in de ruimtelijke (her)inrichting.

Vervolgens is in hoofdstuk 4 bepaald welke kosten de verschillende maatregelen met zich meebrengen. Met behulp van deze data is het vervolgens mogelijk te bepalen welk budget nodig is voor aanpassingen in de openbare ruimte om het groen meer droogtebestendig te maken. Ook is geprobeerd de baten van het toepassen van deze maatregelen in beeld te brengen. Hoewel de aanleg van droogtebestendiger groen duidelijk voordele heeft, zijn deze baten lastig te vertalen naar euro's.

De ervaringen van de gemeenten, inzichten in de waterbalans en kosten en baten hebben uiteindelijk geleid tot het opstellen van zes praatplaten. In hoofdstuk 5 is het ontwerp van deze praatplaten toegelicht. In hoofdstuk 6 is vervolgens beschreven op welke momenten in het traject van initiatief tot realisatie en beheer van (her)ontwikkelingsprojecten in de openbare ruimte deze praatplaten van toegevoegde waarde zijn in de discussie tussen de verschillende afdelingen in het fysieke domein.

## 2 Ophalen praktijkervaringen

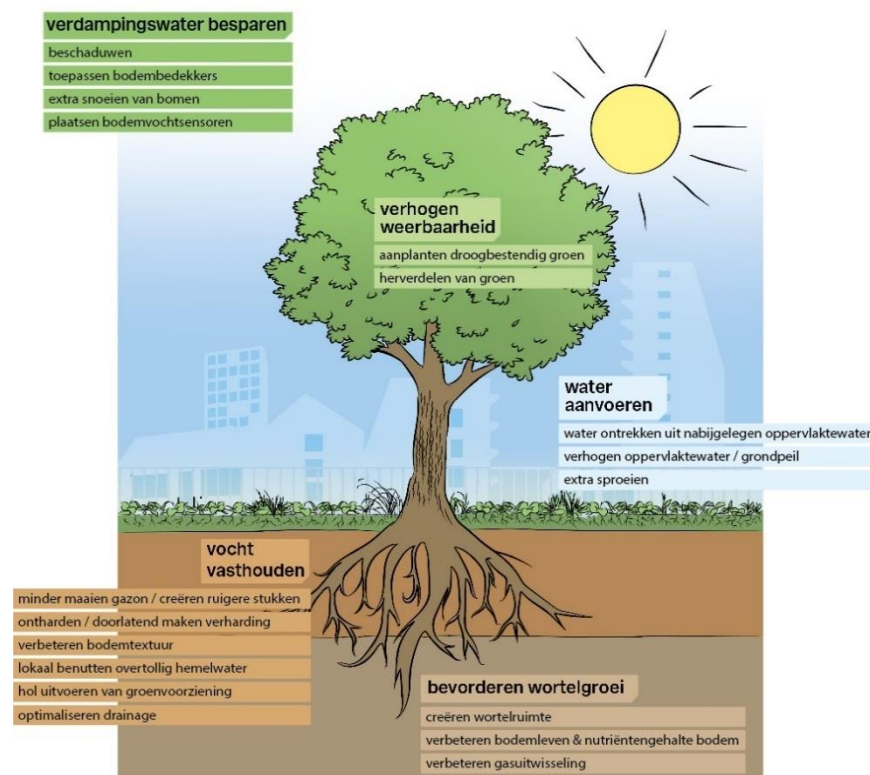
### 2.1 Inleiding

Een belangrijke stap om de kennis van nu te vertalen naar praktische handvatten is het afstemmen van de resultaten met verschillende gemeenten. Een eerste afstemming vond plaats bij de start van het project. Dit was deels om de resultaten van de NKWK-studie 2021 te toetsen en tegelijkertijd het plan van aanpak te toetsen. Op deze manier werden de input en wensen van gemeenten direct meegenomen in dit onderzoek.

### 2.2 Toetsing onderzoeksresultaat 2021

In 2021 is in de voorloper van voorliggend onderzoek een set algemene maatregelen opgesteld die kan bijdragen aan een verminderd effect van droogte (langere droge periodes) op groen in de stad. De haalbaarheid en het te verwachten succes van de maatregelen zijn voor twee landschapstypen (verder verdeeld in drie wijktypen) toegekend. De toepasbaarheid van de maatregelen verschilt per gemeente. Dit is immers afhankelijk van de beschikbare middelen van gemeenten, maar wordt ook bepaald door de behoeften van en (kwaliteit)ambities voor groen.

Om de verschillen en toepasbaarheid landelijk in beeld te brengen, zijn de toe te passen maatregelen en het onderzoek besproken met een zevental gemeenten. Deze gemeenten variëren in omvang van inwoners, grondoppervlak, stedelijk of landelijk gebied, maar ook in grondsoort en of het groen binnen de gemeente voornamelijk grondwater- of hemelwatergevoed zijn. Figuur 1 toont de 'maatregelenboom' uit NKWK Droogte 2021 [1], deze boom is gebruikt als startpunt voor de gesprekken met de gemeenten.



Figuur 1: Overzicht van typen maatregelen die geordend zijn naar de drie sleutelfactoren voor het ontwikkelen van droogte bestendig groen: Vochtvoorziening, groeiplaats en soort(keuze) [1]

De gesprekken zijn gevoerd met de volgende gemeenten:

- Breda (groot [2], sterk stedelijk op zandgrond)
- Westerveld (klein, niet stedelijk op zandgrond)
- Hardenberg (middelgroot, weinig stedelijke gemeente op zandgrond)
- Súdwest Fryslân (middelgroot, weinig stedelijke gemeente op gemengd grond veen/klei)
- Rotterdam (groot, zeer sterk stedelijk op gemengd grond veen/klei)
- Wageningen (klein, sterk stedelijk op gemengd grond klei/veen/zand)
- Arnhem (groot, sterk stedelijke gemeente op gemengd grond klei/veen/zand)

Uit de gesprekken met gemeenten komt naar voren dat gemeenten in laag Nederland (over het algemeen met een hoge grondwaterstand) voorzichtig zijn met het toepassen van droogtmaatregelen. Een gemengde bodem van voornamelijk veen en klei en hoge grondwaterstanden betekent dat deze gemeenten eerder wateroverlast ervaren dan droogte. Zo heeft in Rotterdam bijvoorbeeld pas voor het eerst in 2018 inboet van groen plaatsgevonden als gevolg van droogte (inboet is het vervangen van plantmateriaal dat na aanplant niet is aangeslagen of beschadigd is geraakt). In Súdwest Fryslân wordt de effectiviteit van maatregelen zoals het afkoppelen van verhard oppervlak en lokaal infiltreren altijd eerst goed overwogen in relatie tot de kans op wateroverlast. Optimalisatie van een drainerende werking van de bodem is eerder aan de orde. Bij afkoppelen wordt water vaker naar het oppervlaktewater geleid dan direct naar de plantvakken. Dit in tegenstelling tot gemeenten in hoog Nederland zoals Harderberg en Westerveld, waar droogte een wezenlijk probleem is. Harderberg heeft bodemvochtsensoren geplaatst om inzicht te krijgen wanneer extra gespreid moet worden. Ook Breda heeft een beperkt aantal bodemvochtsensoren laten plaatsen. De maatregelen die toch genomen worden door gemeenten in laag Nederland vloeien voort uit de wens om robuust en klimaatbestendig groen te ontwikkelen. In gemeente Súdwest Fryslân wordt veelal gebruik gemaakt van bodembedekkers, om uitdroging van de bodem te voorkomen. Het verbeteren van de groeiplaats valt hier ook onder. Zowel gemeenten in hoog als laag Nederland hebben het uitgangspunt een 'zo groot mogelijk' ondergrondse groeiplaats te voorzien voor nieuwe aanplant. Dit kan betekenen dat gekozen wordt voor minder bomen en meer ondergrondse ruimte of een kleinere boomsoort die past bij de beschikbare ondergrondse groeiplaats.

Naast bovengenoemde observaties wordt niet een uniform beeld geconstateerd tussen landelijk-stedelijk en groot-middel-kleine gemeenten. Ambities en beschikbare financiën verschillen per gemeente. Het lijkt erop dat grootstedelijke gemeenten (gemeenten met een groot deel dat stedelijk gebied is) meer geld hebben of vrijmaken voor een hoogwaardige investering in groen. Wel komt bij alle gemeenten de druk in de ondergrond en samenwerking met nutsbedrijven naar voren als knelpunten. Het gaat dan om het spanningsveld van de benodigde ruimte voor kabels en leidingen en voldoende wortelruimte. Het belang van een goede ondergrondse standplaats voor bomen met voldoende groeiruimte is door alle gemeentes benoemd. Niet zozeer in relatie tot droogte, maar voor een goede toekomst met volgroeide bomen. Met zo min mogelijk hinder en zoveel mogelijk baten in de omgeving.

Uit de gesprekken met de gemeenten blijkt dat er interesse is in handvatten om succesvol integraalwerken te bevorderen en de belangen van groen vanaf de initiatieffase tot aan de realisatiefase van een (her)ontwikkeling te borgen. Er is behoefte voor handvatten die aangeven

wie (welke disciplines en functies) wanneer (welke fase van een (her)ontwikkeling) om tafel moeten. Maar ook hoe een gemeenschappelijke doel gedurende het hele traject geborgen blijft. Voor gemeenten zoals Súdwest Fryslân, die al veelal integraal werkt, zijn proceshandvatten handig om een uniforme werkwijze te stimuleren. Door een samenvoeging van meerdere gemeenten heeft iedere voorman nog een eigen werkwijze, ongeacht de integrale visie en werkwijze die zijn opgesteld. Bij gemeenten zoals Westerveld die al een Leidraad (of Handboek) Inrichting Openbare Ruimte hebben, maar nog geen goeie handvatten om de belangen van verschillende disciplines te borgen, is behoefte hoe dit wel kan.

### 2.3 Toepassing van maatregelen in de praktijk

De verschillende gemeenten hebben aangegeven welke maatregelen (benoemd in NKWK Droogte 2021) zij al toepassen tegen droogte, welke relevant zijn en welke niet aan de orde zijn waar het gaat om de optimalisatie van groen in relatie tot het klimaat.

- Met betrekking tot maatregelen voor *optimalisatie van de vochtvoorziening* is er een duidelijk verschil tussen gemeenten in hoog en laag Nederland. Voor gemeenten in hoog Nederland zoals Harderberg en Westerveld is het niet nodig om de drainerende werking van de bodem te optimaliseren en is het zorgen van voldoende beschikbare vocht in de bodem belangrijk. In Harderberg en Breda zijn bodemvochtsensoren geplaatst om aan te geven wanneer extra gespreid moet worden. In gemeenten in laag Nederland zoals Súdwest Fryslân zijn de maatregelen meer gericht op optimalisatie van de groeiplaats (niet te veel vocht) en soortkeuzes. Het beperken van de kans op wateroverlast heeft in laag Nederland een hogere prioriteit dan het optimaliseren van de vochtvoorziening.
- *Optimalisatie van de groeiplaats* is Nederland breed terug te zien. Zowel in hoog als laag Nederland wordt hierop ingezet. Zo worden in meerdere gemeenten onderbegroeiing in de vorm van bodembedekkers of heesters toegepast, wordt minder of niet gemaaid en wordt blad teruggebracht onder de boomkroon. Ook de ondergrondse groeiplaats wordt als belangrijk gezien. Wanneer budgetten onvoldoende toereikend zijn, wordt eerder naar minder bomen met goede omstandigheden gegrepen dan naar meer bomen met een slechtere uitgangspositie wat betreft de ondergrondse groeiplaats.
- In meerdere gemeenten, zowel landelijk als stedelijk en in hoog Nederland of laag Nederland, wordt ingezet op het *aanplanten van droogtebestendig groen*. Wel speelt de discussie over het toepassen van inheemse of uitheemse soorten, omdat uitheemse soorten vaak onvoldoende aansluiten bij de ambities om lokale biodiversiteit en ecologie te versterken. In enkele gevallen is het zelfs mogelijk dat uitheemse soorten de inheemse soorten verdringen.
- Meerdere gemeenten zetten in op *ontharden* van openbaar en privaat terrein. In de gemeente Súdwest Fryslân is dit minder van belang door de aanwezigheid van hoge grondwaterstanden en de beperkte mogelijkheid tot additionele infiltratie. Lokale infiltratie wordt met beleid uitgevoerd, drainage van gebieden is vaker aan de orde.
- Maatregelen zoals *extra snoeien van bomen* en het *verhogen van het oppervlakte- of grondwaterpeil* worden nadrukkelijk niet toegepast. Uit de interviews bleek dat het extra snoeien van bomen niet toegepast wordt omdat dit niet meewerkt aan het droogtebestendiger maken van de het groen. Wel wordt in een enkele gemeente



tegenwoordig de jonge boom bij aanplant teruggesnoeid, om een betere start te krijgen. Ook het structureel verhogen van oppervlakte- of grondwaterpeilen wordt, met name in laag Nederland, niet gezien als een realistische oplossing. Bij het verhogen van grondwaterpeilen is het mogelijk dat bestaand groen nadelig wordt beïnvloed (huidige wortelstelsel).

- Bovengrondse maatregelen die niet zijn benoemd en toegepast door de geïnterviewde gemeenten zijn *beschaduwning en het hol uitvoeren (verlagen) van groenvoorzieningen*. Dit geldt ook voor het *vergroten van de ondergrondse groeiplaats* bij bestaande bomen, het toepassen van bijvoorbeeld voedingspijlers of *verbetering van de gasuitwisseling*. Ook systeemgerichte maatregelen zoals *kunstmatig water onttrekken* uit nabijgelegen oppervlaktewater of het onder vrijval laten *afstromen van hemelwater naar groen* zijn door de geïnterviewde gemeenten niet benoemd als zijnde toe te passen maatregelen.

De reacties van de gemeenten zijn meegenomen in de maatregellentabel (zie paragraaf 2.4).

#### Verhogen van oppervlakte- en grondwaterpeilen

Uit de interviews blijkt dat gemeenten ophogen van grond- en oppervlaktewaterpeilen niet als realistische oplossing zien. Het ophogen van grondwaterpeilen kan leiden tot grondwateroverlast en klachten vanuit bewoners. Vanuit de zorgplicht grondwater zien gemeente dit niet als verstandige oplossing. Het verhogen van grondwaterpeilen kan leiden tot nadelige gevolgen voor bomen, hun wortelstelsel moet een verandering van de grondwaterstand kunnen verwerken.

Ook bij het oppervlaktewater geldt dat het verhogen van het peil niet moet leiden tot overlast. Op veel locaties in Nederland wordt het oppervlaktewater deels gebruikt als berging tijdens (zware) neerslag. Deze functie moet behouden blijven.

Dit lijkt haaks te staan op plannen en wensen van verschillende provincies en waterschappen. Meerdere provincies en waterschappen zetten in op het (tijdelijk) verhogen van het oppervlaktewater als maatregel tegen de droogte. Natuurlijk wordt hierbij wel gekeken naar de locatie en huidige omstandigheden. Waterschappen en provincies begrijpen dat het ophogen van peilen altijd zoeken is naar een balans tussen te droog en te nat.

Hoewel niet nagevraagd bij de gemeenten lijken gemeenten niet altijd bij dergelijke plannen betrokken te worden.

## 2.4 Keuze aan maatregelen

In de rapportage NKWK Droogte 2021 [1] zijn meerdere maatregelen benoemd om groen droogtebestendiger te maken. Op basis van de gesprekken met gemeenten en de praktijkkennis zijn enkele van deze maatregelen aangepast (zie Tabel 3). Ten opzichte van NKWK Droogte 2021 zijn, waar nodig, maatregelen verduidelijkt, toegevoegd of samengevoegd. Hierdoor ontstaat een meer complete en toepasbare set aan maatregelen. Een voorbeeld van een dergelijke samenvoeging zijn de individuele handelingen die eenzelfde soort aanpak en uitwerking hebben. Het verbeteren van bodemleven, nutriëntgehalte of bodemstructuur vallen nu onder 'verbeteren bovengrondse bodemlaag'.

Tabel 3: Maatregelen 2022

Soortkeuze optimaliseren	
<b>Aanplanten droogtebestendig groen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Droogtebestendig groen is groen dat zijn ecosysteemdiensten blijft leveren tijdens hitte/zonlicht, vorst, droogte, hevige regenval, verzilting en storm (klimaatbestendig).</li> <li>• Op moment van aanleg is er de mogelijkheid om een meer droogtebestendig soort te kiezen (dus lagere verdampingsgraad).</li> <li>• Soorten die vaak een groter continentaal verspreidingsgebied hebben en naast Nederland ook in drogere klimaatzones voorkomen (bijv. Mediterrane), kunnen zich beter aanpassen aan droogte. Hierbij dient wel aandacht te zijn dat deze soorten tegen vorst moeten kunnen.</li> <li>• Ook binnen Nederland bestaan inheemse soorten die droogtebestendiger zijn. Denk bijvoorbeeld aan soorten die groeien in een (stuif)duinlandschap.</li> <li>• Zie ook de soortentabel van Groen Kennisnet [3]. Op te zoeken via <a href="http://groenkennisnet.nl">groenkennisnet.nl</a></li> <li>• Houdt rekening met de groeipotentie van het groen: wortelruimte, levensduur en kruinhoogte etc.</li> <li>• Belangrijk bij de soortkeuze is dat maatregelen omwille van groeiplaats en vochtvoorziening een balans met elkaar vormen.</li> </ul>
<b>Herverdelen van groen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Typen groen verplaatsen naar plek (standplaats) die voor die specifieke soort/typen geschikter is.</li> <li>• Streven naar meer robuuste structuren.</li> <li>• De ondergrondse ruimte dient voldoende toereikend te zijn.</li> </ul>
Groeiplaats optimaliseren	
<b>Verdikken Leeflaag van aanwezig groen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bij plantvakken is in een gangbare situatie een leeflaag van 30-50 cm aanwezig. Zeker bij bomen is het, bij aanplant, aanbrengen van een dikkere leeflaag (bijv. humusrijke aarde of bomenzand) met een hoog organisch stofgehalte zorgt voor een grotere hoeveelheid water in de wortelzone.</li> <li>• Laag Nederland: meest effectieve maatregel voor de wortelzone, vergroot wel verdamping van de vegetatie [1].</li> <li>• Hoog Nederland: meer bodemvocht, duurt wel langer om grondwaterstand te verhogen [1].</li> <li>• Leidt er wel toe dat minder water draineert naar het grondwater; al veel water is verdampt door het groen voordat het kan draineren.</li> <li>• Humus of organische stof in met name de toplaag draagt bij aan een hogere wateropslagcapaciteit: <ul style="list-style-type: none"> <li>- 0% organisch stofgehalte = 70 l/m<sup>3</sup></li> <li>- 5% organisch stofgehalte = 150 l/m<sup>3</sup></li> <li>- 8% organisch stofgehalte = 200 l/m<sup>3</sup>.</li> </ul> </li> </ul> <p>Door het extra waterbergende vermogen is er minder snel behoefte aan beregening. Zo is binnen de landbouw bekend dat 1% extra organische stof voldoende water is om de beregening van het gewas met 2 weken uit te kunnen stellen.</p>
<b>Creëren wortelruimte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bevorderen doorwortelbaar volume geeft bomen het vermogen om vanuit diepere en grotere omgeving water te onttrekken.</li> <li>• Maak zoveel mogelijk gebruik van bomengrond, als de ruimte het toelaat. Bomengrond is het meest optimale voor de groei van bomen en houdt vocht door het hoge % organisch stof langer vast dan schralere grondsoorten.</li> <li>• Indien onvoldoende ondergrondse groeiplaats in open groen beschikbaar is, maak dan gebruik van bomenzand onder verharding om extra groeiruimte te bieden.</li> <li>• Bomen met een hoogte van 8-15 m hebben 15 m<sup>3</sup> aan wortelruimte nodig en bomen met een hoogte &gt;15 m (toekomstbomen) 25 m<sup>3</sup>.</li> </ul>
<b>Verbeteren bovengrondse bodemlaag t.b.v.: Bodemleven, Nutriëntgehalte &amp; Bodemstructuur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbeteren bovengrondse bodemlaag door het verwilderen van de boomspiegels, blad-/snoeiafval laten liggen (mulching), compost of bodemverbeteraar, of het laten staan van kruidenrijke vegetatie.</li> <li>• Mulching verlaagt de oppervlaktetemperatuur en daarmee ook de verdamping.</li> <li>• Een hoger organisch stofgehalte zorgt ervoor dat de bodem beter water vast kan houden</li> <li>• Verhoogt de biodiversiteit en beschikbaarheid van voedingsstoffen in de bodem en resulteert in een gezondere boom/plant die beter bestendig is tegen droogte.</li> <li>• Creëert een humuslaag en verbetert de bodemstructuur en stimuleert de vorming van aggregaten: samengeklonterde gronddeeltjes van zand/klei/silt met organische stof.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verhoogt het infiltrerende vermogen en de drainage naar het grondwater.</li> <li>• Leidt tot een meer vruchtbare bodem die een betere doorworteling stimuleert waardoor bomen/planten makkelijker bij het bodemvocht kunnen.</li> <li>• Humus of organische stof in met name de toplaag draagt bij aan een hogere wateropslagcapaciteit (zie Verdikken leeflaag)</li> <li>•</li> </ul>
<b>Schimmels toevoegen (Inoculeren Mycorrhiza bij aanplant)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bevordert de uitwisseling (symbiose) van voedingsstoffen tussen wortels en schimmels waardoor het wortelnetwerk wordt vergroot.</li> <li>• Het is belangrijk dat de (boom-)groeiplaats qua ruimte hiervoor geschikt is en wortels de ruimte kunnen krijgen.</li> <li>• Het toevoegen van schimmels vereist deskundigheid. Schimmels vanuit andere gebieden kunnen een bedreiging vormen omdat het groen hier mogelijk niet tegen bestand is.</li> </ul>
<b>Verbeteren gasuitwisseling</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gasuitwisseling van zuurstof tussen boomwortels en het bodemoppervlak is essentieel voor het functioneren van de wortels, een open bodemstructuur is dus belangrijk.</li> <li>• Bij een gebrek aan zuurstof zal het wortelnetwerk beperkt zijn waardoor de opname van water beperkter is.</li> <li>• Bij een grote mate van verharding is een beluchtingssysteem gewenst.</li> <li>• Een andere maatregel is halfverharding (grind, schelpen, houtsnippers) om verharding tegen te gaan.</li> <li>• Perken hebben hier over het algemeen minder last van.</li> </ul>

#### Vochtvoorziening - reduceren verdamping

<b>Beschaduwen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vermindert verdamping van bomen op (lagere) omliggende vegetatie of gras.</li> <li>• Solitaire bomen verdampen een factor 1,5 meer dan wanneer bomen elkaar schaduw bieden.</li> <li>• Het plaatsen van bomen in de schaduw van een gebouw kan de verdamping beperken afhankelijk van de straatoriëntatie en gebouwhoogte.</li> </ul>
<b>Toepassen bodembedekkers onderbegroeiing</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vermindert verdamping van het grondoppervlak.</li> <li>• Verhoogt biodiversiteit/organische stof.</li> </ul>

#### Vochtvoorziening - water vasthouden

<b>Ontharden rondom vegetatie/vergroten boomspiegels.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verhoogt de infiltratie capaciteit.</li> <li>• Vergroten van boomspiegels of het verwijderen van boomspiegelroosters zorgt voor een hogere infiltratie direct rondom de boom.</li> <li>• Er dient wel plaats te zijn in het straatprofiel. Bomenrijen kunnen bijvoorbeeld aaneengesloten 'spiegels' krijgen (zie ook 'ontharden').</li> </ul>
<b>Ontharden</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verwijderen van bestrating leidt tot een hogere infiltratie.</li> <li>• Ontharden alleen is niet genoeg, bij het verwijderen van bestrating dient ook nagedacht te worden over het aanbrengen van vruchtbare grond en/of vegetatie, halfverharding (bijv. grind) of grasbeton (parkeerplaatsen).</li> <li>• Dit kan zowel in de openbare als publieke ruimte (aanmoedigen particulieren om te ontegen).</li> </ul>
<b>Waterpasserende/infiltrerende verharding</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verhoogt infiltratiecapaciteit.</li> <li>• laag Nederland: minst effectieve maatregel, omdat het beperkt uitstroomt naar omliggende vegetatie. Mede daarom is de potentie het hoogst bij diepgewortelde straatbomen nabij de infiltrerende verharding, zodat water direct beschikbaar is voor de vegetatie [1].</li> <li>• hoog Nederland: minst effectief voor verhogen bodemvocht. Ook hier beperkt beschikbaar voor vegetatie, verhoogt wel de grondwaterstand, vergelijkbaar met het afkoppelen van wegen [1].</li> <li>• In combinatie met krattensystemen/waterberging onder de straat of parkeerplaats, zodat water minder uitzakt naar het grondwater en makkelijker beschikbaar blijft voor de hangwaterzone en omliggend groen.</li> <li>• Afhankelijk van bodemtype kan aanleg drainage noodzakelijk zijn. Klei: onderaan de doorlatende onderfundering; leem: tussen fundering en onderfundering; zand: géén drainage.</li> <li>• Ook gevoelig voor verstopping en dichtslibben, dus periodiek reiniging is gewenst.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Belasting van aantal vrachtwagens per dag kan de toepasbaarheid beperken (overweeg een andere oplossing bij meer dan 100 vrachtwagens per etmaal).</li> </ul> <p>Zie paragraaf 3.7 voor de modelresultaten van het waterbalansmodel STUW</p>
<b>Afkoppelen daken + wegen naar bodem of grondwater</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verhoogt aanvoer hemelwater naar grondwater voornamelijk gedurende natte periodes.</li> <li>Een groter dakoppervlak resulteert ook in een hogere aanvoer.</li> <li>Moet wel lokaal benut worden door bovengrondse afstroming en verwerking (holle groene berging, wadi's etc.).</li> <li>Laag Nederland: verhoging vochtgehalte wortelzone is beperkt, wel halvering aantal dagen met droogtestress, dus een effectieve maatregel [1].</li> <li>Hoog Nederland: meest effectief voor bodemvochtgehalte [1].</li> <li>Afkoppelen van daken kan lastig zijn door beperkte invloed gemeenten op private grond.</li> <li>Afkoppelen wegen met verhoogde verkeersdruk (bijv. parkeerplaatsen en marktgebieden) brengt wel risico's met zich mee van vervuilende stoffen naar infiltratiezones.</li> </ul> <p>Zie paragraaf 3.7 voor de modelresultaten van het waterbalansmodel STUW</p>
<b>Minder maaien/ creëren van ruigere stukken</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Het gras droogt minder snel uit en zorgt voor een hogere biodiversiteit.</li> <li>Een ruiger grasland en groenzones zorgen voor diepere beworteling en dus een droogtebestendigere vegetatie.</li> </ul>
<b>Hol uitvoeren van groenvoorziening</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Het hol uitvoeren van bestaande bermen, boomspiegels, groenstroken en perken waar water naartoe kan afstromen, kan zorgen voor een hogere waterbeschikbaarheid. Bijvoorbeeld het verwijderen van opstaande stoepranden rondom een boomspiegel.</li> <li>Dit is een maatregel die goed samengaat met afkoppelen.</li> <li>De effectiviteit neemt toe naarmate het holle oppervlak groter is.</li> <li>Bij een toenemende diepte bestaat het risico op wateroverlast in natte situaties. Door de diepte beperkt te houden en het groen hierop af te stemmen, hoeft dit risico niet op te treden. Voor kleinere oppervlaktes (boomspiegels) met een beperkte diepte is dit minder relevant.</li> </ul>
<b>Wadi's</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Een wadi bestaat uit een holle ondergrond met filterlaag, een infiltrerend pakket (bijv. kratten/ granulaat) en eventueel drainage al dan niet met een slokop.</li> <li>Een wadi zorgt voor lokale infiltratie en kan veel water bergen.</li> <li>Houd rekening met de ledigingstijd (infiltratietijd) zodat vegetatie maar beperkt last heeft van de hoge waterstand.</li> </ul>
<b>Optimalisatie drainerende werking</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Herstellen van drainerende riolering of cunetten vermindert de overtollige afvoer van het grondwater.</li> <li>Herstellen van peilregelaars in drainageputten voorkomt het onnodig wegzakken van het grondwaterpeil. Dergelijke regelaars kunnen schuin staan of afbreken door onderhoudswerkzaamheden (reiniging).</li> <li>Verbetering van bodemstructuur verdient de voorkeur.</li> <li>De aanleg van een Drainage -Infiltratie Transportriool (DIT), drainageputten, grindkoffers e.d. kan als meer ingrijpende maatregel worden toegepast. En zorgt ervoor dat minder hemelwater en grondwater onnodig wordt afgevoerd, maar juist lokaal beschikbaar blijft voor de vegetatie.</li> <li>In nattere periodes voorkomt het dat wortels verdrinken en de drainage van de bodem verbetert.</li> <li>Voor dimensionering houdt rekening met piekbelasting van het (afgekoppeld) afstromend oppervlak.</li> </ul>
<b>Vochtvoorziening - aanvoer duurzame bron</b>	
<b>Vochtmonitoring-systeem - sensoren in combinatie met water aanvoer/irrigatie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Slim(mer) omgaan met bodemvocht.</li> <li>Sensoren in combinatie met irrigatie of water aangevoerd vanuit het oppervlaktewater.</li> <li>Brengt wel nodige kosten met zich mee, dus bij voorkeur in hoog stedelijke condities.</li> <li>Sensoren kunnen worden ingezet voor optimalisatie van het sproeiregime.</li> </ul>
<b>Water onttrekken uit nabijgelegen oppervlaktewater</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verpompen van oppervlaktewater en te laten infiltreren in wadi's of de bodem is een maatregel om de waterbeschikbaarheid plaatselijk te verhogen.</li> <li>Bij voorkeur in de buurt van oppervlaktewater.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Er dient echter wel rekening te worden gehouden met de aanleg van leidingwerk en energie-, onderhouds- en aanlegkosten van een pompsysteem.</li> </ul>
<b>Peilopzet oppervlaktewater (verhogen Grondwaterstand)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• In afstemming met de waterbeheerder kan het verhogen van het oppervlaktewaterpeil zorgen voor een (lokaal) hogere grondwaterstand voor een betere waterbereikbaarheid.</li> <li>• In gebieden met een hoge grondwaterstand kan dit zorgen voor een beperkte buffer bij piekbelasting (bijv. in lage veenpolders waar grondwater niet altijd direct weggepompt kan worden).</li> <li>• In gebieden met een klein verschil tussen oppervlaktewaterpeil en hoogte van de overstortdrempels in de riolering kan dit leiden tot negatieve overstorten (instroom van oppervlaktewater in de riolering).</li> <li>• Laag Nederland: In augustus droogtejaar 2018, meest effectieve maatregel, zorgt voor minste droogtestress [1].</li> <li>• Hoog Nederland: niet berekend, want geen haalbare maatregel. Grondwaterstand is te diep ten opzicht van het maaiveld [1].</li> </ul>
<b>Irrigeren (druppelirrigatie)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aanleg van (druppel)irrigatie ter verhoging van het bodemvocht.</li> <li>• Vereist een investering. Voor sommige gemeenten is het vanuit kosten oogpunt wenselijker om te sproeien.</li> <li>• Een lokale bron (grond- of oppervlaktewater) nodig, tenzij (kostbaar) drinkwater wordt gebruikt (niet duurzaam).</li> </ul>
<b>Extra sproeien met tankwagen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zeker bij aangeplante bomen/struiken met beperkte worteldiepte is dit een maatregel die noodzakelijk kan zijn om bomen in leven te houden.</li> <li>• Sproeien is het meest effectief tijdens avonduren om verdamping te voorkomen.</li> <li>• Arbeidsintensieve maatregelen die met regelmaat terugkomt.</li> <li>• Niet in alle gevallen een duurzame oplossing als oppervlaktewater schaars en van onvoldoende kwaliteit is.</li> </ul>

### 3 De watervraag in stedelijk gebied

#### 3.1 Inleiding

Om meer inzicht te krijgen in het effect van maatregelen op de stedelijke waterbalans zijn enkele maatregelen (gecombineerd) doorgerekend met een waterbalansmodel. Hierbij is gekeken naar het effect van extra vergroening, afkoppelen van verhard oppervlak en het toepassen van waterpasserende verharding. De berekeningen zijn een uitbreiding op de berekeningen uit NKWK Droogte 2021 [1].

#### 3.2 Waterbalansmodel STUW

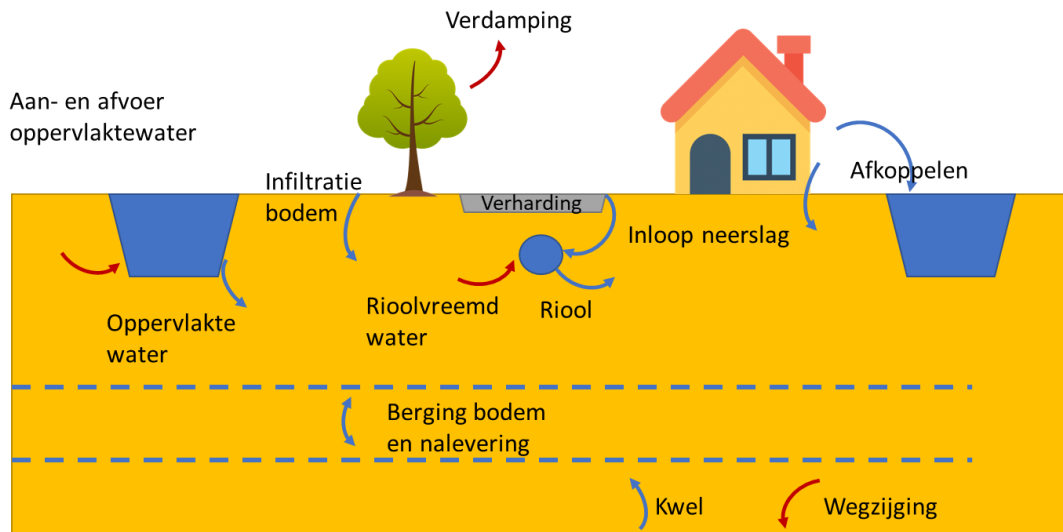
De berekeningen zijn uitgevoerd met het model STUW (STedelijke Uniforme Waterbalans). Dit model is ontwikkeld door Royal HaskoningDHV in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat [4]. Dit is een ander model dan in het onderzoek NKWK Droogte 2021 is gebruikt. Het waterbalansmodel is opgezet als conceptueel model met verschillende bakjes, waartussen uitwisseling plaats kan vinden. De rekenkern van het model is opgezet in Excel. Op dagbasis wordt uitgerekend hoeveel water er het oppervlaktewatersysteem en het grondwatersysteem in- en uitgaat, evenals de onderlinge uitwisseling tussen het oppervlaktewater- en het grondwatersysteem. Met een onverzadigde zone module (FLUZO [5]) wordt de grondwateraanvulling berekend voor het onverharde oppervlak en voor het niet op riolering aangesloten verhard oppervlak. FLUZO (versie 2.4.3) is een bakjesmodel dat met gegevens van neerslag, gewas, bodem, referentieverdamping en grondwaterstand de waterbalans van de onverzadigde zone oplost. Het model is opgedeeld in de wortelzone, ondergrond en de verzadigde zone. Het model is ontwikkeld in de jaren '90 van de vorige eeuw (3) en wordt nog steeds gebruikt voor de berekening van de grondwateraanvulling in grondwatermodellen. Het instroommodel voor de waterbalans rekent met de neerslag- en verdampingswaarden voor groen op uurbasis, omdat neerslagafvoer en infiltratie een veel kortere tijdschaal hebben dan een dag. FLUZO vertaalt de neerslag en verdamping op dagbasis naar de grondwateraanvulling (in mm) afhankelijk van de dikte van de onverzadigde zone. Zowel FLUZO als de Exceltool zijn bakjesmodellen waarin de waterstroming en de waterbalans 1-dimensionaal wordt doorgerekend. Er wordt geen rekening gehouden met ruimtelijke variaties, zoals afstand tot oppervlaktewater of drainagemiddelen. Verdamping van het groen wordt apart berekend voor gras, struiken en bomen. In bijlage I is in meer detail de opzet van het waterbalansmodel beschreven. Alle resultaten, uitgesplitst naar wijktype en meteorologisch jaar, zijn opgenomen in bijlage II.

#### 3.3 De stedelijke waterbalans

Figuur 2 presenteert de waterbalans voor een stedelijk gebied. Alle genoemde termen zijn verwerkt in het waterbalansmodel STUW. De waterbalans kent voeding (weergegeven met de blauwe pijlen) en afvoer (rode pijlen). Bij een groot verhard oppervlak is de voeding gering, het hemelwater wordt afgevoerd naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie (rwzi) (of geloosd via een overstort bij piekbuien).

In een open groengebied kan meer grondwater worden aangevuld, maar wordt ook water verbruikt voor verdamping. Zowel oppervlaktewater als lekkende riolering kunnen voedend of drainerend werken; dit is afhankelijk van de ligging van de riolering en het oppervlaktewaterpeil ten opzichte van de grondwaterstand.





Figuur 2: verschillende onderdelen in het waterbalansmodel (STUW)

### Watergebruik door bomen

Bomen verdampen water via de huidmondjes van de bladeren, een proces dat transpiratie wordt genoemd. Die verdamping kost energie en zorgt voor verkoeling van de omgeving. Daarnaast onderscheppen bomen regenwater op hun bladeren en naalden en verdampen dit weer deels (interceptieverdamping).

De hoeveelheid water die een boom gebruikt voor de transpiratie verschilt per boom en is afhankelijk van de weersomstandigheden. Gemeente Amsterdam heeft in een praktijkonderzoek [6] de sapstroom van bomen gemeten. Dit geeft een gedetailleerd beeld van de transpiratie. Begin juni gebruikte de grootste iep ongeveer 170 liter per dag. De transpiratie is evenredig met de kroongrootte van de boom. Een twee keer zo groot kroonoppervlak betekent twee keer zoveel transpiratie.

De transpiratie verschilt per boomsoort. Snelgroeïende jonge bomen zoals de wilg en de populier kunnen volgens de literatuur wel 800 liter water per dag gebruiken. In het groeiseizoen is de transpiratie het hoogst en in de winter komt de boom tot rust en gebruikt dan geen water voor verdamping. Ook gedurende de dag is er een ritme in watergebruik. In de nacht komt de verdamping tot rust en midden op de dag wordt de piek in watergebruik gerealiseerd. Dit is zichtbaar in het grondwater, zie Figuur 3 voor een voorbeeld van het dag-nachtritme van het grondwater nabij een boom.



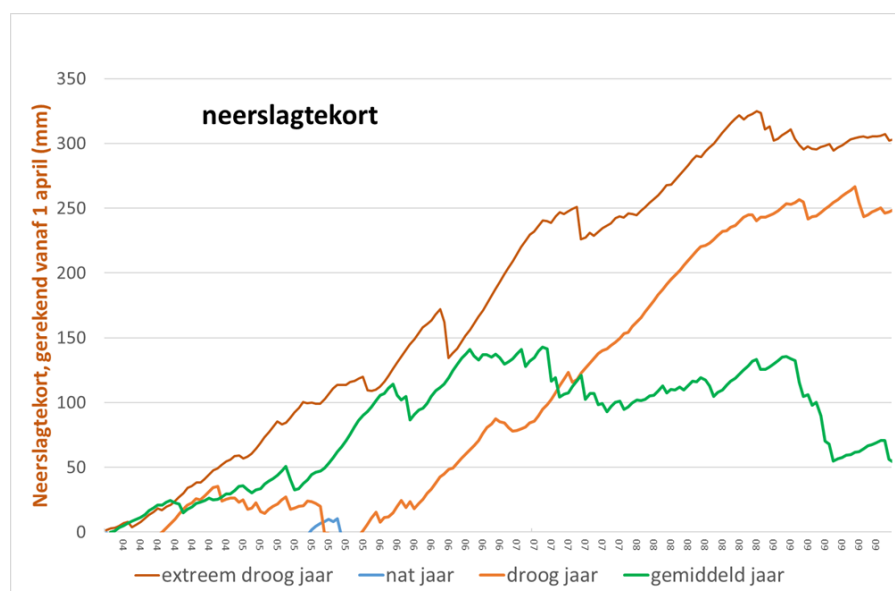
Figuur 3: dag-nachtritme grondwaterstand nabij een verdampende boom

De hoeveelheid transpiratie is sterk afhankelijk van de omgevingstemperatuur. Bij hoge temperaturen is de transpiratie hoger en gebruikt de boom meer (grond)water. Doordat de temperatuur in verstedelijk gebied hoger ligt dan in groene omgevingen is de waterbehoefte in stedelijk gebied van bomen ook hoger.

Indien een boom droogtestress ervaart, dan sluit de boom zijn huidmondjes en wordt de verdamping sterk verminderd. Dit is een verdedigingsmechanisme dat ten koste gaat van de groei van de boom. Wanneer een boom 75% verdampt ten opzichte van de ideale (potentiële) verdamping treedt schade op (5). Hoeveel schade en wanneer deze optreedt hangt onder andere af van wanneer de droogtestress optreedt in het groeiseizoen. Droogtestress later in het groeiseizoen heeft minder effect dan wanneer deze droogtestress midden in het groeiseizoen optreedt. Ook het effect van droogtestress uit voorgaande jaren zal effect hebben op de ernst van de schade.

### 3.4 De watervraag

Groen in de stad zoals gras, struiken en bomen heeft water nodig in het groeiseizoen om te groeien. Gerekend over het gehele groeiseizoen is de verdamping in een gemiddeld jaar groter dan de neerslag. Dit geeft een tekort in water. Het KNMI gebruikt als indicator het neerslagtekort, dit is het cumulatieve tekort tussen neerslag en potentiële verdamping, gerekend vanaf 1 april (tot 1 oktober). Het neerslagtekort verschilt sterk per jaar, in een gemiddeld jaar (2017) komt het neerslagtekort niet boven de 150 mm, maar in (extreem) droge jaren loopt het tekort op tot 250 of zelfs 300 mm. Dit betekent dat grondwaterstanden in een extreem droog jaar tot 90 cm kunnen wegzakken (rekening houdend met een porositeit van 30%). In een gemiddeld jaar blijft dit beperkt tot 30 cm.



Figuur 4: neerslagtekort in de verschillende doorgerekende meteorologische jaren. nat jaar (1998), gemiddeld jaar (2017), droog jaar (2003), extreem droog jaar (1976)

Een toenemend neerslagtekort betekent dat de bodem verder uitdroogt en dat meer aanvulling nodig is om het grondwater op peil te houden. Als dat water niet beschikbaar is kan hierdoor droogtestress optreden. In een gemiddeld jaar is deze droogtestress beperkt. In droge jaren neemt de droogtestress toe, de hoeveelheid droogtestress is sterk afhankelijk van de beschikbaarheid van wateraanvulling.

### 3.5 Doorgerekende maatregelen en scenario's

In deze studie zijn vijf maatregelen doorgerekend om inzicht te krijgen in het effect van de maatregelen op de stedelijke waterbalans. Voor alle maatregelen geldt dat deze zwaar zijn aangezet om gevoel te krijgen bij het effect van de maatregel. In werkelijkheid zullen de maatregelen waarschijnlijk minder ingrijpend worden doorgevoerd. In overleg met de gemeenten en op basis van praktijkervaring zijn de volgende vijf maatregelen doorgerekend:

#### 1. Meer groen in de straat

Bij deze maatregel wordt een deel van de verharding in de openbare ruimte vervangen door bomen, gras en struiken. De aanname is dat *50% van het bestaande verharde gebied* wordt vervangen door gras, struiken en bomen in dezelfde verhouding als al in de wijk aanwezig is.

#### 2. Het onttegenen van particuliere tuinen

Hierbij wordt *50% van het verharde gebied in particuliere tuinen* vervangen door groen. De verdeling tussen gras, struiken en bomen blijft hetzelfde.

#### 3. Afkoppelen en infiltreren naar de bodem

Bij deze maatregel wordt *50% van het hemelwater afkomstig van daken afgekoppeld en lokaal geïnfilteerd*. Hierbij is de aanname dat in de huidige situatie alle daken van de gebouwen op privaat terrein en de gesloten verharding zijn aangesloten op de riolering. Het hemelwater wordt via de riolering afgevoerd uit het gebied. Infiltreren kan in de praktijk op verschillende manieren zoals een wadi of infiltratie in een (hol gemaakte) groenvak. Deze uitsplitsing leent zich echter niet voor toepassing binnen het model en is daarom niet gemaakt.

#### 4. Gebruik van waterpasserende verharding in de openbare ruimte

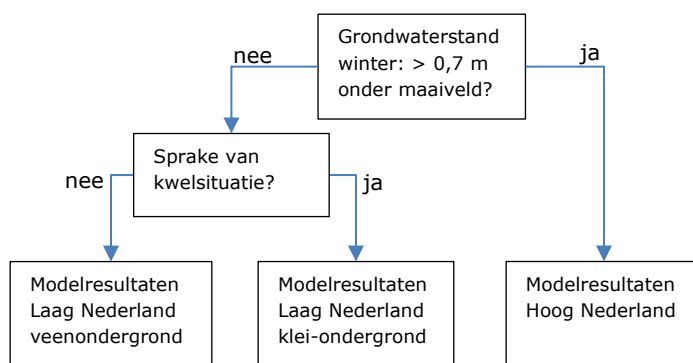
Bij deze maatregel wordt een deel van de verharding vervangen door waterpasserende verharding. Uitgangspunt is dat de bestaande verharding bestaat uit 80% open verharding en 20% gesloten verharding. *Van de gesloten in openbaar gebied verharding wordt de helft waterpasserend gemaakt*. De gevallen neerslag zal, afgezien van de 1 mm die verdampt, volledig infiltreren in de bodem.

#### 5. Water aanvoeren via oppervlaktewater (peil vasthouden)

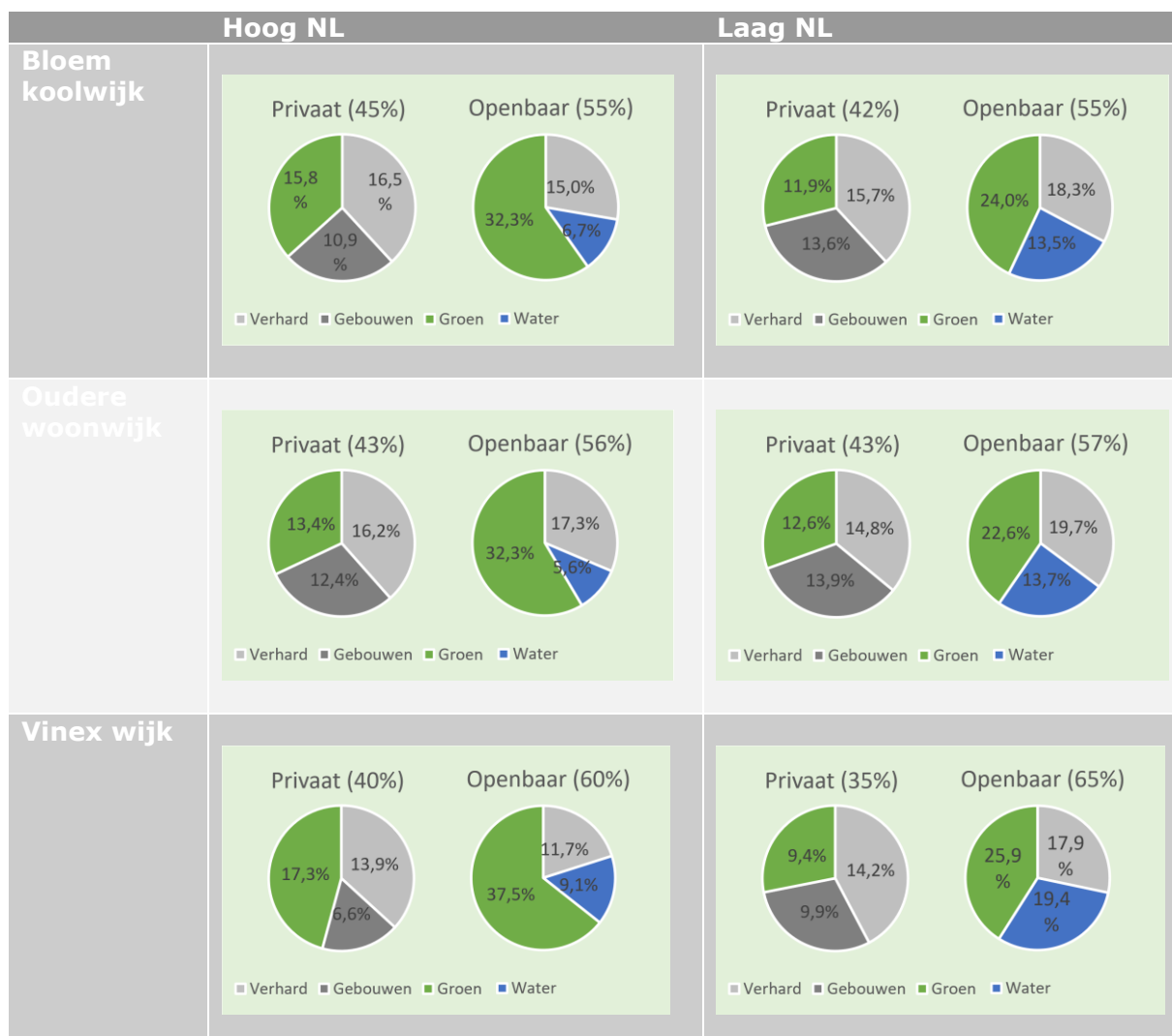
Dit is de sluitpost in het model. In laag Nederland kan dit water waarschijnlijk wel aangevoerd worden en op peil worden gehouden. In hoog Nederland is dit niet het geval en is dit onderdeel van het tekort aan water.

De maatregelen zijn voor verschillende scenario's doorgerekend:

1. Verschillende geografische situaties (hoog Nederland op zandgrond en laag Nederland met klei en veengrond). Voor hoog Nederland is uitgegaan van een infiltratieprofiel op zand. Voor laag Nederland is uitgegaan van een zandige leeflaag op klei en veen. De dikte van de leeflaag varieert per type groen: 0,28 m voor gras, 0,40 m voor struiken en 0,80 m voor bomen.  
Er wordt een verschillende hydrologische situatie aangehouden om zo ook inzicht te geven in de kwelcomponent in de waterbalans. De volgende twee situaties in laag Nederland worden onderscheiden: (1) een situatie met klei en kwel en (2) een situatie met veen en infiltratie. Hoewel elke gemeente een andere bodemopbouw heeft, zijn met deze drie scenario's het merendeel van de verschillende bodemopbouwen doorgerekend. In Figuur 5 is een stroomschema opgenomen voor de vertaling van de gemeentelijke bodemopbouw naar een doorgerekende variant.
2. In totaal zijn vier verschillende hydrologische jaren doorgerekend. Hiervoor is onderscheid gemaakt in een nat jaar (1998), een gemiddeld jaar (2017), een droog jaar (2003) en een *extreem droog jaar* (1976);
3. Het klimaatscenario KNMI WH (zichtjaar 2050). De neerslag- en verdampingsgegevens voor de vier referentiejaren zijn getransformeerd voor het KNMI WH scenario. Voor de jaren 1976 en 2003 zijn er door het KNMI getransformeerde reeksen beschikbaar, voor recente jaren hebben we de transformatie zelf uitgevoerd.
4. Twee verschillende wijktypes: de Vinexwijk en de Bloemkoolwijk. De oudere woonwijk is niet apart doorgerekend omdat deze qua verhouding verharding/groen erg lijkt op de Bloemkoolwijk (Figuur 6). Op basis van de wijktype-indeling uit het onderzoek NKWK Droogte 2021 blijkt de verdeling tussen groen, verharding en open water bij een Bloemkoolwijk en Oudere woonwijk vergelijkbaar te zijn. Daarom zijn deze wijktypen samen doorgerekend in STUW. Een Vinexwijk heeft meer groen en daarom is de potentie om hier te vergroenen en af te koppelen minder groot dan voor de twee andere wijktypes. Om deze reden is een Vinexwijk apart doorgerekend.



Figuur 5: stroomschema vertalen bodemopbouw eigen gemeente naar bodemopbouwscenario's

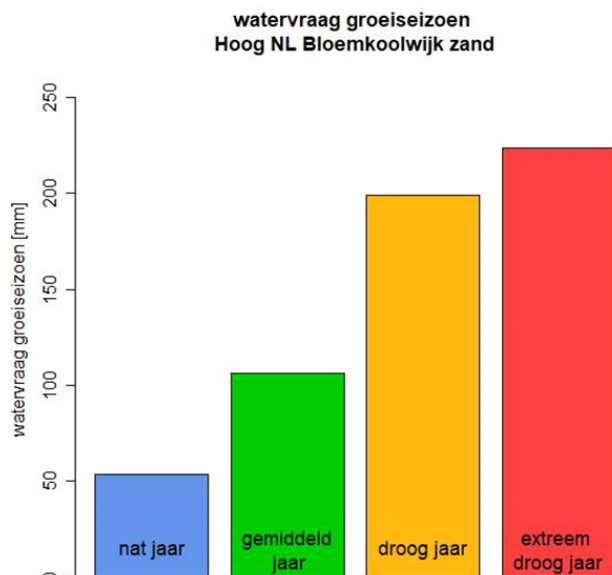


Figuur 6: karakterisering wijktypen

Alle mogelijke combinaties van wijktipe, scenario's en maatregelen zijn doorgerekend. De waterbalans geeft inzicht in hoeveel water door het groen gebruikt wordt in de stad, wanneer er tekorten optreden tekorten, hoe groot deze tekorten zijn, en wat mogelijkheden zijn om de tekorten aan te vullen.

STUW rekent de watervraag uit. Met watervraag wordt bedoeld de hoeveelheid water die in het ideale geval vanuit het oppervlaktewater aangevuld kan worden. STUW gaat ervan uit dat altijd voldoende oppervlaktewater beschikbaar is. Afhankelijk van de bodemopbouw en de diepte van de grondwaterstand wordt het grondwater aangevuld vanuit het oppervlaktewater. Dit is in de praktijk niet het geval, maar is wel een goede maatstaf om de benodigde hoeveelheid water te bepalen. De watervraag is gecorreleerd aan het neerslagtekort, maar minder groot. Met de watervraag worden de grondwaterstanden niet volledig op peil gehouden, uitzakken van de grondwaterstand vindt nog steeds plaats. Dit is een normaal proces, omdat groen grondwater verbruikt in het groeiseizoen. Het is dus niet nodig om de grondwaterstand op een constant peil te houden.

In Figuur 7 is de watervraag per hydrologisch jaar weergegeven. In een nat jaar is de extra watervraag het kleinst. In een dergelijk jaar valt veel neerslag om het grondwater aan te vullen en door de (over het algemeen) lagere verdamping verdampt het groen eveneens minder dan in andere jaren. De watervraag neemt logischerwijs toe in de drogere scenario's.



Figuur 7: watervraag in een groeiseizoen in de verschillende hydrologische jaren, zie bijlage II voor figuren overige type woonwijken

### 3.6 Toename van de watervraag

Door het vergroenen van een wijk verandert de watervraag. Aan de ene kant kan er meer water infiltreren als verharding wordt omgezet in groen. Maar aan de andere kant verbruikt groen water voor de transpiratie. Netto is meer water nodig, de watervraag neemt toe.

Figuur 8 en Figuur 9 tonen als voorbeeld de watervraag voor een Bloemkoolwijk (oudere woonwijk) en Vinexwijk in Hoog-Nederland op zandgrond. Per figuur is de watervraag voor een extreem droog jaar en een normaal jaar weergegeven. Er is weergegeven wat de watervraag is in de uitgangssituatie en wat de aanvullende watervraag is van nieuw groen. Eveneens is weergegeven hoeveel de watervraag toeneemt in 2050 in het klimaatscenario.

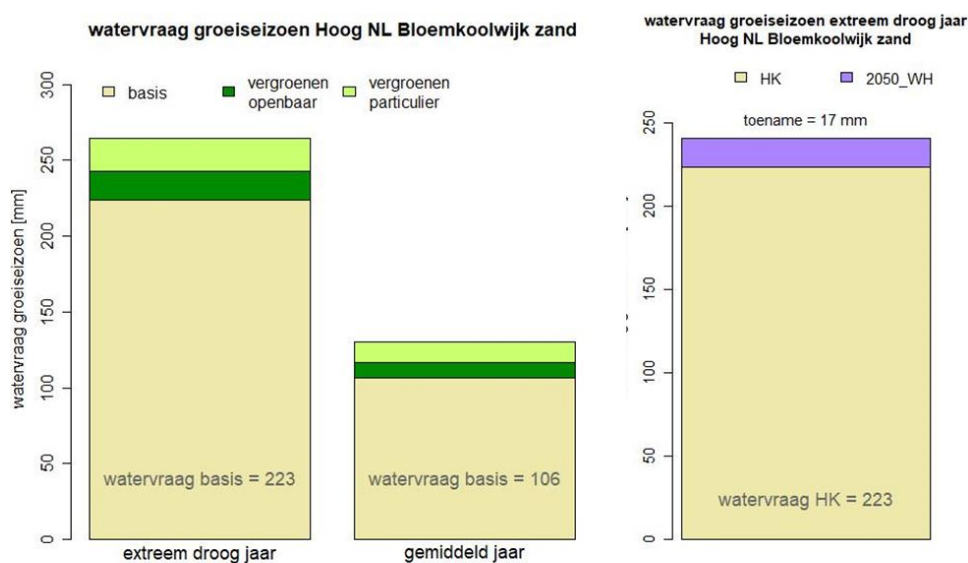
De watervraag is (logischerwijs) vooral afhankelijk van de hoeveelheid verdamping. In een extreem droog (en warm) jaar zal de boom meer water verdampen. Uit de berekeningen blijkt dat zowel in de Bloemkoolwijk als Vinexwijk de watervraag in een extreem droog jaar circa twee keer groter is dan in een gemiddeld jaar. De extra verdamping is wel begrensd, bij extreme droogte treedt droogtestress op, in dat geval zal de verdamping beperkt worden door het groen. Door klimaatverandering zal de watervraag verder toenemen. Deze extra watervraag is echter beperkt ten opzichte van de variatie in hydrologische jaren. In extreem droge jaren neemt de basisvraag met circa 10% toe als gevolg van de te verwachten klimaatverandering onder het WH scenario.

De watervraag neemt toe door het vergroenen van de wijk. Meer groen betekent ook meer verdamping en dus meer watergebruik. Het effect van vergroenen is uitgerekend voor zowel openbaar als particulier terrein. De watervraag in openbaar en particulier terrein neemt

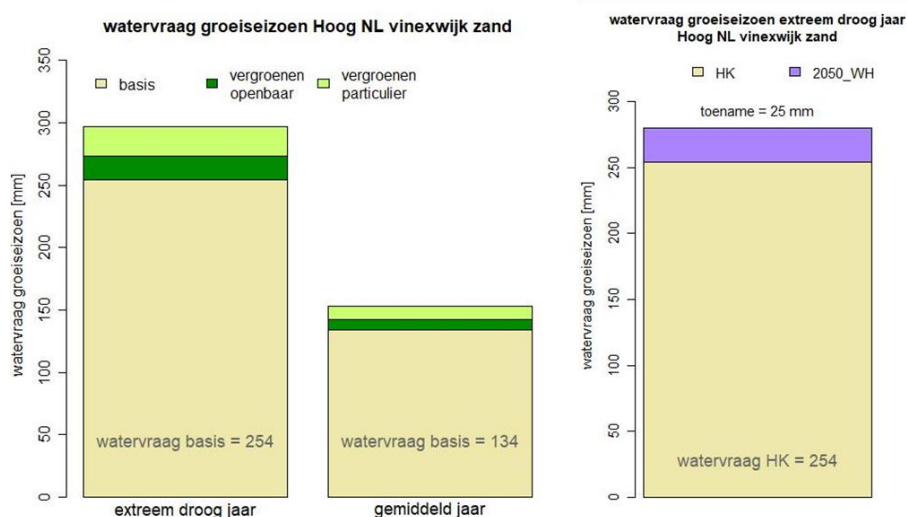


ongeveer gelijk toe omdat een vergelijkbaar oppervlak aan verharding wordt omgezet in groen. De conclusie is dat de extra watervraag aanzienlijk is als gevolg van meer verdamping door het groen (tot 50 mm per seizoen extra in extreem droge jaren). Meer vergroenen betekent dus meer watervraag en vraagt daarom om extra aandacht en maatregelen.

Bij deze berekeningen is geen rekening gehouden met het hitte-eilandeffect. Uit studies blijkt dat het stedelijk gebied tot 8 °C warmer is dan de omgeving. Het planten van extra groen verlaagt de temperatuur en indirect daarmee ook de watervraag door groen als gevolg van verdamping, het exacte effect is afhankelijk van de hoeveelheid en type groen [8] [9] [10].



Figuur 8: watervraag Bloemkoolwijk, hoog Nederland. De extra watervraag van het groen is weergegeven voor extra droog jaar (linker grafiek) en gemiddeld jaar (midden grafiek) en bij het vergroenen van de openbare ruimte (donkergroen) en particulier terrein (groen). In de rechtergrafiek is de extra watervraag ten gevolge van klimaatverandering getoond (KNMI WH klimaatscenario; in paars weergegeven) in een extreem droog jaar ten opzichte van het Huidige Klimaat (HK), zie bijlage II voor figuren overige type woonwijken



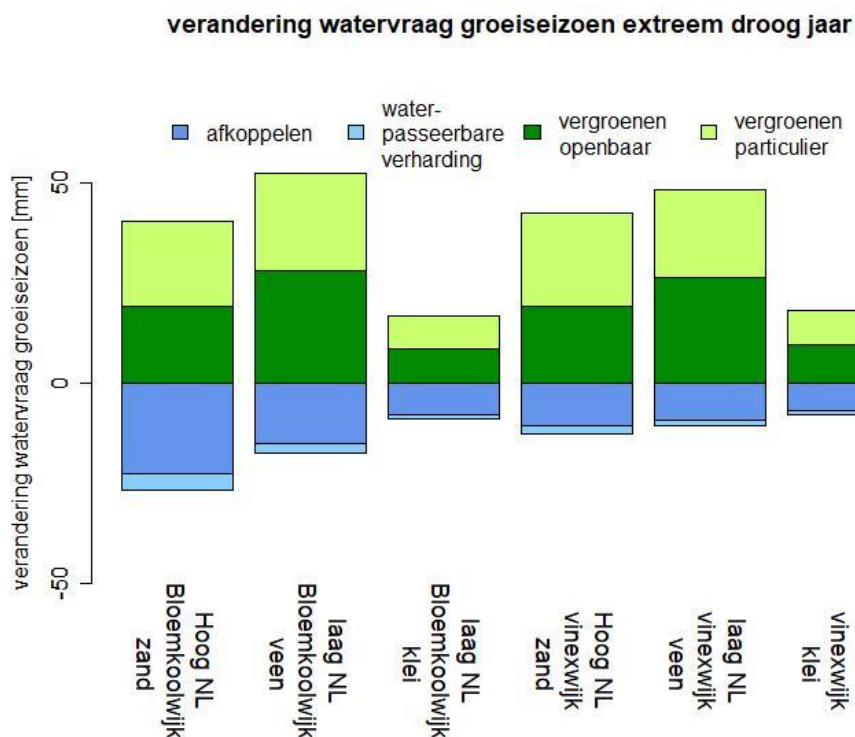
*Figuur 9: watervraag Vinexwijk, hoog Nederland. De extra watervraag van het groen is weergegeven voor extra droog jaar (linkergrafiek) en gemiddeld jaar (midden grafiek) en bij het vergroenen van de openbare ruimte (donkergroen) en particulier terrein (groen). In de rechtergrafiek is de extra watervraag ten gevolge van klimaatverandering getoond (KNMI WH klimaatscenario; in paars weergegeven) in een extreem droog jaar ten opzichte van het Huidige Klimaat (HK), zie bijlage II voor figuren overige type woonwijken*

### 3.7 Maatregelen verhoging beschikbaarheid water

In hoog Nederland is van nature het minste water beschikbaar omdat de grondwaterstanden hier diep wegzakken. Dit gebeurt ook in gemiddelde jaren. Hierdoor is groen meer gewend en beter aangepast aan perioden van droogte. Grondwaterstanden zitten hier diep onder maaiveld en de ondergrond bestaat uit zand, zodat geen of nauwelijks capillaire nalevering is. Oppervlaktewater in de buurt ontbreekt vaak, zodat deze bron van water niet beschikbaar is. En tot slot kan water snel wegzijgen door de zandige goed doorlatende ondergrond.

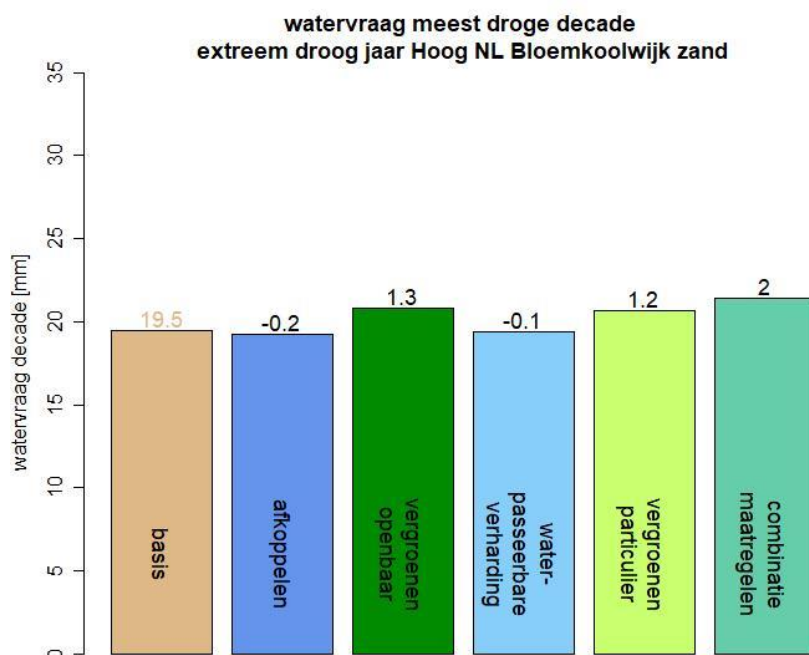
In laag Nederland is de locatie van grote invloed op de watervraag. In poldergebieden zorgt de aanvoer van kwelwater voor extra water van onderaf. Voor de kleigebieden is aangenomen dat deze kwel aanwezig is. De verandering in de watervraag is hier kleiner, ook omdat klei infiltratie naar diepere lagen beperkt. In laag Nederland met een venige ondergrond is aangenomen dat er sprake is van wegzijging. In dat geval is de watervraag hoger omdat een deel van de neerslag via wegzijging verdwijnt naar de diepere lagen. In de praktijk zal de watervraag hier ook urgenter zijn om bodemdaling te beperken.

In Figuur 10 is de verandering van de watervraag voor de verschillende wijktypen en ondergronden weergegeven. Per wijktype is de extra benodigde watervraag en het extra beschikbaar te maken waterlevering weergegeven. Hierbij is uitgegaan van een extreem droog jaar (in het huidige klimaat). Duidelijke verschillen zijn zichtbaar tussen de ondergronden met kwel en wegzijging. De extra watervraag door de vergroening in kwelgebieden is beperkt (circa 15 mm in het groeiseizoen) terwijl dat in de wegzijgingsgebieden bijna 50 mm bedraagt. In deze wegzijgingsgebieden met veen is de watervraag zelfs groter dan in zandgebieden omdat er meer water verbruikt wordt. In een veengebied is een intensief slotenstelsel aanwezig en zijn de grondwaterstanden hoog. De verdamping van water is daarom ook hoog, dit vergroot de watervraag.



Figuur 10: verandering watervraag in een extreem droog jaar ten gevolge van vergroenen en compenserende maatregelen. Zie bijlage II voor figuren overige meteorologische jaren

De meeste schade treedt op in perioden waarin het lange tijd achterelkaar niet regent. Een watertekort in het groeiseizoen hoeft geen probleem te zijn, als het tussendoor ook regent. Daarom is ook gekeken naar de watervraag in een periode van 10 aaneengesloten dagen (een decade). Dit zijn de meest kritische perioden waarin schade aan groen kan optreden. In een nat of gemiddeld jaar is dit effect beperkt. Maar in een extreem droog jaar, zoals gepresenteerd in Figuur 11, neemt de watervraag toe met bijna 20 mm in de meest droge decade. Door het verder vergroenen op openbaar en particulier terrein neemt de watervraag met 2,5 mm (13%) toe. In periodes waarin het niet regent komt er ook geen extra water beschikbaar via afkoppeling of water passeerbare verharding. Op jaarbasis is er ruim voldoende water beschikbaar, maar dit is niet allemaal beschikbaar te maken voor het groen. Een groot deel van het water zakt naar de ondergrond of wordt bij hoge grondwaterstanden afgevoerd naar het oppervlaktewater. Daarom is het belangrijk om zo veel mogelijk water in de bodem vast te houden. Dit kan met een dikke leeflaag met voldoende organisch stof. Dit zorgt ervoor dat meer vocht in de onverzadigde zone wordt vastgehouden.



Figuur 11: Verandering in watervraag per type maatregel gedurende extreem droog jaar en tijdens de meest droge decade in een Bloemkoolwijk, hoog Nederland. Zie bijlage II voor figuren overige type woonwijken

Droogtestress kan op verschillende manieren verminderd worden:

- Een leeflaag van organisch rijk materiaal. Deze maatregel is niet doorgerekend, uit NKWK Droogte 2021 [1] is bekend dat dit een effectieve maatregel is om meer water vast te houden.
- Door water af te koppelen van dakoppervlak en verhard terrein. Deze maatregel levert meer op naar mate meer oppervlak kan worden afgekoppeld. Daarom is het effect groter in Bloemkoolwijken dan in Vinex wijken. Wel werkt deze maatregel enkel als neerslag valt, in extreem droge jaren heeft deze maatregel beperkte toegevoegde waarde
- Door waterpasseerbare verharding aan te leggen. Dit effect is minder groot dan afkoppelen omdat het om een minder groot oppervlak gaat. De effectiviteit van deze maatregel kan kleiner zijn als de waterpasseerbare verharding minder water doorlaat omdat de bovenlaag verstopt raakt. Hier is geen rekening mee gehouden.

Conclusie is dat bij maximaal vergroenen de watervraag meer toeneemt dan geleverd kan worden door af te koppelen en te infiltreren. Dit is geïllustreerd voor een extreem droog jaar voor verschillende wijktypen in hoog Nederland. Dezelfde conclusie geldt ook, wel in mindere mate, voor een gemiddeld jaar en in laag Nederland.

Daarnaast moet rekening worden gehouden met de tijdsfactor. Het geïnfiltreerde water zakt naar beneden en hoeft niet allemaal ter beschikking te komen voor het groen. Dit speelt vooral op de zandgronden.

Andere manieren om meer water beschikbaar te hebben zijn:

- Infiltratie vanuit omliggend oppervlaktewater;
- Het bewateren van groen (met een tankwagen door de gemeente of door te sproeien door particulieren)

## 4 Kosten en baten maatregelen

### 4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk bepalen we op een algemeen niveau de meer- of minderkosten voor (gecombineerde) verbetermaatregelen ten opzichte van conventionele herinrichting en de mogelijke baten. Gemeenten kunnen deze kosten gebruiken bij het bepalen van de balans tussen het gemeentelijke ambitieniveau en de beschikbare financiële ruimte. De kosten zijn opgedeeld in (her)inrichtingskosten (investeringsuitgaven) en beheer- en onderhoudskosten (afschrijving + exploitatiekosten).

Voor het bepalen van de indicatieve kosten hebben we gebruik gemaakt van landelijke kentallen (kennisbank riolering, benchmark gemeentelijk groen), diverse studies, ervaringscijfers en internetbronnen. De getalswaarden zijn voornamelijk bedoeld om in een vroeg stadium de kostenefficiëntie van mogelijke maatregelen beter te kunnen inschatten. Een meer nauwkeurige kostenbepaling dient per project te worden uitgevoerd met inachtneming van de lokale omstandigheden en mogelijke combinaties die kunnen worden gemaakt.

Als gevolg van de diversiteit in type maatregelen is gebruik gemaakt van ervaringscijfers, kentallen in de literatuur en bronnen op internet. Aangezien de baten zich niet eenvoudig laten uitdrukken in euro's wordt volstaan met een kwalitatieve omschrijving en de beschikbare instrumenten om de baten in beeld te brengen.

### 4.2 Kosten

In bijlage III zijn de indicatieve kosten, exclusief omzetbelasting, inflatiecorrectie en eventuele toeslagen van de verschillende maatregelen opgenomen. De genoemde kosten zijn gebaseerd op prijspeil 2021. Indien gebruik gemaakt is van kostenkentallen met een ander prijspeil, dan zijn de kosten omgerekend met een gemiddelde jaarlijkse inflatiecorrectie (1-2%).

Een belangrijke voetnoot bij deze kosten is dat de extreme prijsstijgingen van 2022 (10-15%) niet verdisconteerd is.

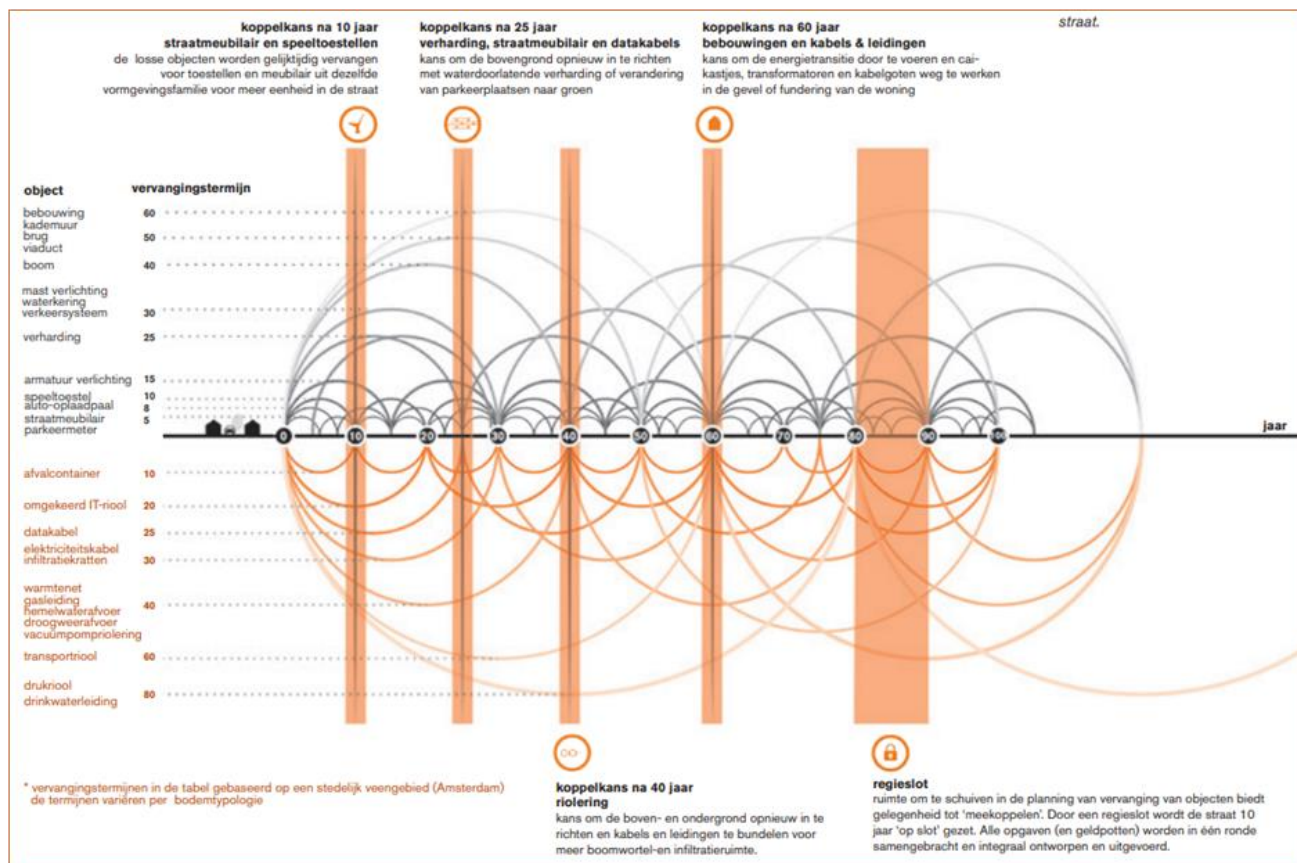
#### 4.2.1 Kostenopbouw

Bij het bepalen van de kosten per maatregel is onderscheid gemaakt in de eenmalige herinrichtingskosten en de jaarlijkse onderhoudskosten. In deze paragraaf is toegelicht hoe deze kostenonderdelen bepaald zijn.

##### *Eenmalige herinrichtingskosten*

De hoogte van de meer- of minderkosten bij herinrichting hangen sterk samen met het moment van de ingreep en de voorziene werkzaamheden. Hoe fors(er) de voorziene ingreep, des te kostenefficiënter de verbetermaatregel kan worden doorgevoerd. Zo is bijvoorbeeld het vervangen van funderingszand door bomengrond een kostbare ingreep als er geen plannen zijn om de weg op te breken. Maar als de kabels en leidingen worden vervangen, dan is alleen het verschil in materiaalkosten en een eventueel verschil in beheerkosten bepalend. Om deze reden hebben we de kosten voor zover mogelijk toegedeeld aan de bovengrond, ondergrond en kabels en leidingen op het moment van herinrichting. Uitgangspunt is dat de bestaande voorzieningen financieel zijn afgeschreven. Meerkosten als gevolg van kapitaalvernietiging door eventueel vervroegde vervanging kunnen niet in beeld worden gebracht.

Om de vertaalslag te kunnen maken naar jaarlijkse beheerkosten zijn de herinrichtingskosten gedeeld door een gemiddelde afschrijvingstermijn. Voor de afschrijvingstermijn hanteren we Figuur 12. De figuur toont de koppelkansen voor vervanging van assets en geeft hiermee tevens een indruk van de technische levensduur.



Figuur 12: Koppelkansen assets openbare ruimte [11]

Op basis van Figuur 12 komen we globaal voor de verschillende type ingrepen tot onderstaande afschrijvingstermijnen.

- Herinrichting bovengrond (o.a. waterpasserende verharding, ontharden): 25 jaar
- Herinrichting boven- en ondergrond (o.a. groeiplaatsinrichting): 40 jaar
- Kabels en leidingen (drainage/riolering): 20 tot 60 jaar

In Tabel 4 zijn de verschillende mogelijke maatregelen opgenomen. Per maatregel is aangegeven onder welk type ingreep dit valt en wat hiermee de afschrijvingstermijn is.



Tabel 4: maatregelen inclusief type ingreep en afschrijvingstermijn

Maatregel	Type ingreep	Afschrijvings- termijn in jaren	Toelichting
<b>SOORT (KEUZE)</b>			
Gazon	bovengrond	25	
Bodembedekker (bloemrijk grasland of ruigte)	bovengrond	25	
Struiken	bovengrond	25	
Categorie 1 boom	boven- en ondergrond	80	Toekomstboom (> 15 meter)
Categorie 2 boom	boven- en ondergrond	40	Structuurboom (10-15 meter)
Categorie 3 boom	boven- en ondergrond	25	Omgevingsgroen (5-10 meter)
<b>GROEIPLAATS</b>			
Verdikken leeflaag	bovengrond	40	
Creëren wortelruimte	boven- en ondergrond	40	
Verbeteren bovengrondse bovenlaag	bovengrond	2-4	Periodiek terugkerende maatregel
Toevoegen schimmels	boven- en ondergrond	10-40	Dit is nodig als het bodemleven door (natuurlijke) aanwas van voedingsstoffen vanuit blad e.d. niet meer op orde is.
Vergroten boomspiegel	Bovengrond	25	
<b>VOCHTVOORZIENING</b>			
Toepassen bodembedekkers	bovengrond	25	
Irrigatie/vochtmonitoring	boven- en ondergrond/kabels en leidingen	15-30	Sensoren 10 jaar Electromechanisch deel 15 jaar Irrigatieleidingen 25 jaar
Aanvoer oppervlaktewater	kabels en leidingen	60	Ondergrondse leiding
Peilopzet	bovengrond	25	Aanpassen kunstwerk
Extra sproeien	bovengrond	NVT	Geen aanschaf materieel
Ontharden	boven- en ondergrond	25-40	Verwijderen verharding 25 jaar Verwijderen verharding + vervangen funderingslaag 40 jaar
Afkoppelen	kabels en leidingen	60	Scheiden van waterstromen en aanbrengen hemelwaterriolering
Minder maaien	bovengrond	NVT	Geen aanschaf materieel
Waterpasserende verharding		40	Vervangen verharding + vervangen funderingslaag
Holle uitvoering groen		25	
Toepassen wadi's		25	Levensduur is afhankelijk van (kennis over) methoden/materieel voor beheer en onderhoud
Optimaliseren drainage		15	Gemiddelde reinigingsfrequentie
IT-DT leidingen	Ondergrond	20	Levensduur is beperkt als gevolg van kleine afmeting leidingen en verstoppingsgevoeligheid

### Jaarlijkse onderhoudskosten

De (meer- of minder)kosten met betrekking tot het jaarlijks onderhoud hangen samen met de aard en het type voorziening. Het betreft het feitelijke onderhoud dat in dat jaar plaatsvindt. Zo bestaan de onderhoudskosten van bestrating bijvoorbeeld uit straatvegen en de onderhoudskosten van groen uit maaien van bermen en gazons. Voor de jaarlijkse onderhoudskosten voor groen is gebruik gemaakt van de benchmark gemeentelijk groen 2017. De prijsstijging als gevolg van inflatie valt binnen de bandbreedte waarin de kosten zijn weergegeven in dit rapport. [12]



### Jaarlijkse beheerkosten

De jaarlijkse beheerkosten zijn de eenmalige herinrichtingskosten gedeeld door de afschrijvingstermijn plus de jaarlijkse onderhoudskosten.

#### 4.2.2 Kostentoedeling

Naarmate riolering en de bovengrond meer met elkaar verweven raken, wordt het lastiger om de individuele kosten ervan toe te delen. Groen kan een positieve bijdrage leveren aan de lokale waterhuishouding en de waterhuishouding kan een positieve bijdrage leveren aan de droogtebestendigheid van groen. In onderstaand kader zijn enkele voorbeelden van deze wisselwerking ter illustratie opgenomen.

De conclusie is dat hemelwaterverwerking in combinatie met groen zowel kostenbesparend als kostenverhogend kan werken. Zo brengt bewatering in langdurig droge perioden extra kosten met zich mee of kan overvloedige bladval de instroom van kolken nadelig beïnvloeden, met extra veegkosten tot gevolg. Ook kunnen boomwortels de riolering beschadigen of de doorstroom belemmeren, dit brengt reparatiekosten met zich mee. Bovenstaande in acht genomen is het niet eenvoudig om de kosten van groenblauwe voorzieningen toe te delen aan de verschillende elementen in de openbare ruimte. In de loop van de tijd zal in het kader van de riool- en waterzorgheffing hier mogelijk jurisprudentie over ontstaan.

#### **Kostenvoorbeelden combinatie groen en water**

Groen kan een deel van de neerslag opvangen en vasthouden en geeft het overschot vertraagd af aan de omgeving. Door de combinatie van deze mechanismen worden neerslagpieken afgevlakt, waardoor de kans op wateroverlast beperkt wordt [34].

Groen in de vorm van infiltratiegeulen, wadi's, verlaagde grasvelden en delen van parken kan bovendien dienen als infiltratiegebied om het water te verwerken en de grondwatervoorraad aan te vullen [40]. Onderbegroeiing bij bomen in de vorm van vaste planten of een strooisellaag beschermt de bodem en verbetert de infiltratiecapaciteit tijdens neerslag [43] [44] met als gevolg minder en vertraagde afstroming. Beplanting van wadi's met een rijkere vegetatie dan alleen gras, verbetert de infiltratiecapaciteit en het waterzuiverend vermogen en maakt frequent maaien overbodig. Tevens ondersteunt het de biodiversiteit en vergroot het de belevingswaarde [35].

Boomwortels en beplanting dragen door hun beworteling positief bij aan de infiltratiecapaciteit van de bodem, zuiveren het afstromende wegwater en voorkomen frequent maaien [46]. Boomwortels, strooisel en vegetatie werken namelijk als een filter dat verontreinigingen, sediment en meststoffen uit het afstromende water kan verwijderen voordat dit in het oppervlakte- of grondwater terecht komt [41].

Wortelgroei van bomen kan de infiltratiecapaciteit in verdichte bodemlagen sterk verhogen, mits de bodem nog doordringbaar is voor boomwortels [33]. Dit vergroot tevens de watervoorraad voor droge perioden. Beschaduwning door boomkronen beperkt de opwarming van waterlopen in het stedelijk gebied en draagt daarmee bij aan verhoging van de hoeveelheid zuurstof in het water en het beperken van ongewenste algengroei [41]. Daarnaast beperkt dit de afgifte van warmte en draagt daarmee bij aan het voorkomen van hittestress tijdens hittegolven.

### 4.2.3 Soort(keuze)

De (meer)kosten voor het vervangen van groen door droogtebestendig groen zijn afhankelijk van de soortkeuze. Door soorten te kiezen die geschikt zijn voor warme droge zomers en voldoende vorstresistent zijn, zal het percentage inboet naar verwachting niet toenemen. Mogelijk leidt een mix van hoge en lage gewassen en een grotere variëteit in gewassoorten tot meer maatwerk op het vlak van onderhoud en zou hierdoor kostenverhogend kunnen werken. In Tabel 5 zijn de kosten voor de maatregelen rondom soortenkeuze weergegeven. In de bijlage III.1 is per soortkeuze-maatregel aangegeven hoe de kosten zijn opgebouwd.

Tabel 5: maatregelen rondom soortkeuze

Maatregel	Kosten (€)				Eenheid
	Afschrijving (jaren)	Aanleg	Onderhoud	Beheer	
SOORT(KEUZE)					
Gazon	25	0,3-0,4	0,4-0,6	0,4-0,6	per m <sup>2</sup>
Ruw gras	25	0,3-0,4	0,2-0,3	0,2-0,3	per m <sup>2</sup>
Struiken	25	25-35	2-9	3-10	per m <sup>2</sup>
Bosplantsoen	25	10-25	0,3-0,8	0,7-1,8	per m <sup>2</sup>
Bomen (alleen aanplant, geen bos)	25-80	350-750	15-20	20-50*	per boom

\*de plantkosten van bomen zijn sterk afhankelijk van de lokale omstandigheden en maat van de boom [13] [12]

### 4.2.4 Groeiplaats

De(meer)kosten voor het herinrichten van een groeiplaats zijn net als het vervangen van groen sterk afhankelijk van de lokale omstandigheden. Obstakels in de ondergrond zoals kabels en leidingen en de bereikbaarheid van materieel kunnen kostenverhogend werken. De kosten in Tabel 6 zijn voor een situatie waarbij schone grond/verharding wordt afgevoerd en plaatselijk een nieuwe bodem(laag) wordt aangebracht. In de bijlage III.2 is per aanpassing aan de groeiplaats beschreven hoe de kosten zijn opgebouwd.

Tabel 6: maatregelen rondom groeiplaats

Maatregel	Kosten (€)				Eenheid
	Afschrijving (jaren)	Aanleg	Onderhoud	Beheer	
GROEIPLAATS					
Verdikken leeflaag	40	150-450	NVT	4-11	per m <sup>2</sup>
Creëren wortelruimte	40	150-200	NVT	4-5	per m <sup>3</sup>
Verbeteren bovengrondse bodemlaag	De meerkosten voor het aanbrengen van een mulchlaag wegen op tegen de minderkosten als gevolg van minder benodigd onderhoud				
Toevoegen schimmels	Vereist maatwerk				
Verbeteren gasuitwisseling	40	150-250 (materiaalkosten)	NVT	4-6	per boom

Bron: [14] [15]

### 4.2.5 Vochtvoorzieningen

De kosten voor het verbeteren van de vochtvoorziening zijn moeilijk in te schatten. In veel gevallen speelt de gebiedsgrootte en de mogelijke aanwezigheid van voorzieningen een rol. Desalniettemin geeft Tabel 7 een onderbouwde indruk van de bandbreedte in jaarlijkse beheerkosten. De eenheden waarin de kosten zijn uitgedrukt verschillen, gezien de uiteenlopende type maatregelen is het niet mogelijk de kosten om te zetten naar eenzelfde eenheid. In de bijlage III.3 is per type vochtvoorziening beschreven hoe de kosten zijn opgebouwd.

Tabel 7: maatregelen rondom vochtvoorzieningen

Maatregel	Kosten (€)				Eenheid
	Afschrijving (jaren)	Aanleg	Onderhoud	Beheer	
VOCHT VOORZIENING					
Beschaduwen	Afhankelijk van beschaduwingsmethode, Zie soort(keuze) voor de beheerkosten van bomen				
Toepassen bodembedekkers	De meerkosten voor het aanbrengen van een mulchlaag wegen min of meer op tegen de minderkosten voor schoffelen.				
Irrigatie/vochtmonitoring	15-30	Maatwerk, zie toelichting in de bijlage			
Aanvoer oppervlaktewater	60				
Peilopzet	25				
Extra sproeien	NVT	NVT		10-12	per boom per keer
Ontharden	25-40	>6	Zie soort(keuze)	>0,15-0,25	per m <sup>2</sup>
Afkoppelen	60	34-68	NVT	1-2	per afgekoppelde m <sup>2</sup>
Minder maaien	NVT	NVT	NVT	minderkosten tov gazon 0,2-0,3	per m <sup>2</sup>
Waterpasserende verharding	40	100-125	Zie toelichting	2,5-3 exclusief onderhoud	per m <sup>2</sup>
Holle uitvoering groen	25	6	2-3	2-3	per m <sup>2</sup>
Toepassen wadi's	25	50-100	7	9-11	per m <sup>2</sup>
Optimaliseren drainage	15	4-7	5	0,3	per m
Aanleg IT-DT leidingen	15-30	Maatwerk, zie toelichting			

Bron: [14] [16] [17]

### 4.3 Baten

Het toepassen van verbetermaatregelen levert (op de lange duur) baten op, zowel voor het aanwezige groen als voor de (directe) leefomgeving. In deze paragraaf zijn deze baten toegelicht. Bij een gezonde natuurlijke balans tussen watervraag en wateraanbod zijn de baten voor het groen:

- Een langere levensduur
- Minder inboet
- Minder aanvullende bewatering

Bij baten voor de (directe) leefomgeving valt te denken aan:

- Grotere boomkronen en meer schaduwwerking
- Meer verdamping en hittebestrijding
- Betere mentale gesteldheid omwonende [18]/ lagere ziektekosten / sneller ziekteherstel
- Betere ervaring van groen in de stad (groen-blauwe diensten)
- Verbetering biodiversiteit
- Kostenbesparingen in de afvalwaterketen door minder watertransport en een meer efficiënte werking van AWZI's
- Waardevermeerdering vastgoed
- Vermeden schade als gevolg van zettingsverschillen/inklinking (stabielere grondwaterpeil)

#### 4.3.1 Groene baten

De reactietijd van bomen op droogte is afhankelijk van verschillende componenten. Enerzijds reageren verschillende soorten anders op droogte, anderzijds heeft de omgeving invloed op hoe snel droogteschade zichtbaar is. Het in beeld brengen van deze indirecte schade (vermindering groei, aantasting door ziekte of zwammen, uitval na enkele jaren) is een onderwerp dat beperkt onderzocht is. Hierdoor is het nog niet mogelijk om de vermeden schade als gevolg van een goede vochtbalans in beeld te brengen [1].

Wel is op basis van praktijkervaring bekend dat de jaarlijkse inboet bij bomen in een normaal meteorologisch jaar circa 1% van het totaal aantal bomen binnen een gemeente is. Ook is bekend dat deze inboet van 1% verantwoordelijk is voor 10 tot 15% van de onderhoudskosten aan bomen [1].

De vervangingswaarde van een boom kan variëren van € 2.000 tot maar liefst € 130.000 afhankelijk van de boomhoogte, boomkroonprojectie, boomkroonvolume, groeisnelheid en beleidsklasse. Uit een eerste analyse van de gemeentelijke beheerkosten van groen en bomen blijkt dat de kosten van gemeentelijk boombeheer in Nederland gemiddeld met ruim 10% zijn toegenomen in 2018. Van gemiddeld € 17,30 per boom in 2017 naar bijna € 19,10 per boom in 2018. Deze stijging is veel sterker dan in andere beheercategorieën en hangt naar verwachting samen met een hoger percentage inboet als gevolg van langdurige droogte [19].

Het is gebruikelijk om de eerste 2 à 3 jaar na aanplant circa 5x in een zomer water te geven. Tegenwoordig is deze frequentie bijna tweemaal zo hoog. Afhankelijk van het bodemtype en de groensoort is het een afweging om 1x veel water te geven of vaak weinig water. Vaak kleine beetjes water geven (2x per week, circa 10 liter) zou het groen 'lui' kunnen maken, echter éénmaal veel water geven (1x per maand, circa 70 liter) dat direct infiltreert en niet meer bereikbaar is voor de wortels is ook niet effectief. Per locatie dient daarvoor de ervaring van de gebiedsbeheerder te worden ingezet om een juiste keuze hierin te maken.

#### 4.3.2 Baten voor de leefomgeving

Het is lastig om de baten op de leefomgeving in concrete waarden uit te drukken. Er bestaan verschillende methoden, elk met hun eigen specifieke doorvertaling.

##### *Vermeden schade*

Het lokaal vasthouden van hemelwater en actief beheren/reguleren van de grondwaterstand in zettingsgevoelige gebieden voorkomt vervroegde vervanging als gevolg van bijvoorbeeld paalrot en scheuren of kan de te verwachten technische levensduur van objecten mogelijk verder oprekken. Dit gaat al snel om miljoenen euro's, waartegen de benodigde investeringen kunnen worden afgezet. Groot onderhoud en vervanging zijn de meest kosteneffectieve momenten voor het bijleggen van drainage-/infiltratieriolen in bij voorkeur een zandcunet.

##### *Groene en gezonde leefomgeving*

Een groene stad is klimaatbestendiger, nu en in de toekomst, en daarmee leefbaarder voor mens en dier. Zo draagt groen bij aan een betere gezondheid, een hogere kwaliteit van welzijn en aan een verbetering van de sociale cohesie. Denk bijvoorbeeld aan het stressverminderende effect dat groen heeft op mensen en de ruimte die het biedt voor spelen en sporten en buitenzijn. Ook oogt een groene omgeving prettiger en is het een laagdrempelige manier om

buren te ontmoeten. Dit zijn belangrijke maatschappelijke baten voor een maatschappij die zich moet zien aan te passen aan de gevolgen van klimaatverandering.

De positieve effecten van groen kunnen niet altijd direct worden uitgedrukt in euro's. Om in deze behoefte te voorzien heeft het RIVM de Groene Baten Planner ontwikkeld. Met deze tool worden de positieve effecten van groen doorberekend. Op deze manier is het alsnog mogelijk om in concrete bedragen vast te stellen wat een vergroeningsmaatregel kan opleveren. De gebruiker van de tool kan meteen zien waar en welke maatregel de meeste meerwaarde biedt.

Met gebruikmaking van de Groene Baten Planner kan het effect van groen op de verkoeling en luchtkwaliteit in de stedelijke omgeving, de gezondheid, afvang van koolstofdioxide, huizenprijzen en energiebesparing als gevolg van beschutting door bomen worden bepaald. Ook kan de hoeveelheid energieopwekking en/of de houtproductie uit (snoei)restanten van groen worden bepaald.

De tool bouwt verder op de financiële waarden van stedelijke ecosysteem services van het Natuurlijk Kapitaal Model [20], dat al eerder door RIVM is gepubliceerd. Op deze manier kunnen ook indirecte financiële baten meegenomen worden in de afweging om te investeren in een groene stad. De baten van vergroeningsmaatregelen kunnen verschillen per locatie.

In opdracht van Gemeente Amsterdam en het ministerie van LNV heeft het RIVM de baten van groen en blauw in beeld gebracht voor verschillende vergroeningstrategieën in Amsterdam: Groen dichtbij, Groen-blauwe verbindingen en Stadsparken. Figuur 13 geeft een indruk van de mogelijk uitkomst van het gebruik van de Groene Baten Planner. Met name de verminderde zorgkosten en verhoogde waarde van het onroerend goed springen eruit. Hoe dichter bij het groen des te hoger deze baten.

Indicator	Eenheid	Groen dichtbij	Groen-blaauwe verbindingen	Stads-parken
PM10 retentie	kg/ha/jr.	9.6	-	8.9
PM10 retentie	€/ha/jr.	540	-	470
Afname artsbezoeken	bezoeken/ha/jr.	11	5	4
Vermindering zorgkosten	€/ha/jr.	10.000	4.000	3.000
Vermindering kosten ziekteverzuim	€/ha/jr.	47.000	21.000	16.000
Tijd besteed aan fysiekactiviteiten buitenshuis	min/ha/jr.	1.100	800	600
Tijd besteed aan fietsen woon-werkverkeer	min/ha/jr.	2.200	900	500
Vermeden vroegtijdige sterfgevallen fietsen woon-werkverkeer	levens/ha/jr.	0.016	0.007	0.003
Vermeden vroegtijdige sterfgevallen fietsen woon-werkverkeer	€/ ha/jr.	46.000	20.000	9.000
Bijdrage onroerend goed waarde	€/ha	202.000	95.000	40.000
Vermindering regenwater via riool	m <sup>3</sup> /ha/jr.	4.800	2.400	2.500
Vermindering kosten afvalwaterzuivering	€/ha/jr.	3.800	2.600	2.000

Figuur 13: positieve effecten vergroening [21]

### **Ecosysteemdiensten**

In Amerika is het softwareprogramma i-Tree ontwikkeld om de baten van bomen op de omgeving inzichtelijk te maken. i-Tree kan kwantitatieve hoeveelheden van ecosysteemdiensten zoals hemelwaterregulering, afvang van vervuilende stoffen, koolstofopslag en schaduwwerking berekenen en desgewenst omzetten naar euro's. Het programma is een hulpmiddel voor beleidsmakers en boombeheerders bij boom gerelateerde vraagstukken.

Stadswerk is samen met VHG (branchevereniging voor ondernemers in het groen, zoals hoveniers, groenvoorzieners, interieurbepplanters, dak- en gevelbegroeners) actief betrokken bij het proces om het softwareprogramma i-Tree ook in Nederland beschikbaar te maken, ook voor meerdere toepassingen. Dit gebeurt in nauwe samenwerking met boomadviesbureaus, gemeenten en kennisinstellingen.

Het i-Tree model gebruikt de boomsoort en de stamdiameter als invoerparameters. Daarbij kunnen nog veel meer gegevens van de boom worden ingevoerd, zoals de boomhoogte en de kroon diameter, de kroonbasis en het percentage missende kroon. Gegevens die de uitkomst wellicht betrouwbaarder maken, maar die niet iedere gemeente paraat heeft.

Op het platform *'platform-itree-nederland.nl'* zijn diverse projecten vermeld die laten zien wat de toepassing van i-Tree kan opleveren aan resultaat. Voor sommige aspecten is hierbij een doorvertaling gemaakt naar euro's. Voor de gemeente Veenendaal is bijvoorbeeld berekend dat, voor vier van de 20 ecosysteemdiensten, bomen jaarlijks een besparing van € 350.000 kunnen opleveren. Een Rotterdamse boom levert ongeveer € 50 aan baten per jaar op volgens twee pilots. Het vastleggen van CO<sub>2</sub> bepaalt in sterke mate de hoogte van de baten.

Teeb.stad kan baten van bomen berekenen voor grotere gebieden, zoals minder zorgkosten en minder ziekteverzuim. Ook is het mogelijk om voor kleinere gebieden meer specifieke baten in beeld te brengen, zoals de afvang van fijnstof, en besparing op zorgkosten door de verbeterde luchtkwaliteit hierdoor. Teeb.stad gebruikt geen specifieke parameters, zoals boomsoort of boomgrootte. Het model is goed bruikbaar om in de beginfase van een project verschillende scenario's te verkennen.

#### *Kostenbesparingen afvalwaterketen*

De baten van afkoppelen liggen vooral in de afvalwaterketen, in het verminderen van wateroverlast en het verminderen van wateronderlast. Deze zijn echter lastig te kwantificeren. De benodigde hydraulische capaciteiten van het transportsysteem en de afvalwaterzuivering worden overwegend bepaald door de benodigde HWA-ontwerpcapaciteit. Door afkoppelen wordt het mogelijk om de benodigde pompcapaciteit uitgedrukt in m<sup>3</sup>/uur te laten dalen. In de publicatie STOWA 2015-05 is voor een nieuwe situatie (groene weide) een vergelijking gemaakt van de investerings- en exploitatiekosten van een standaard afvalwaterzuivering die een gangbare hydraulische capaciteit heeft en een afvalwaterzuivering die geen hemelwater meer verwerkt.

Als geen hemelwater verwerkt wordt, nemen de investeringskosten met ruim 40% af, terwijl de exploitatiekosten met 25% teruglopen. De relatief beperktere afname in exploitatiekosten komt doordat een groot deel van deze kosten voor rekening komen van beluchting en slibverwerking en deze posten niet samenhangen met hydraulica.

Uitgaande van een huidige situatie, waarin een deel van de rioolstelsels gemengd is uitgevoerd en waarbij een reëel afkoppelpercentage van 0,5-1% per jaar te bereiken is, gaan de kosten (ver) voor de baten uit. Bij een ontwerphorizon van 20 of 30 jaar kunnen de transportleiding en de afvalwaterzuivering pas in de eindsituatie kleiner gedimensioneerd worden. In de tussenliggende periode is de capaciteit echter nog wel benodigd. In sommige gevallen kunnen de baten sneller naar voren worden gehaald. Bijvoorbeeld bij een afvalwaterzuivering die hydraulisch volbelast is en waar hydraulische ruimte te creëren is voor het afvalwater van een nieuwbouwwijk. Bij een dergelijk kantelpunt wordt een investering in hydraulische uitbreiding voorkomen en kan soms aanzienlijk worden bespaard.

Zonder dergelijke kantelpunten bedraagt de jaarlijkse kostenbesparing op de afvalwaterzuivering (totaal van investerings- en exploitatiekosten) circa € 2-3 per m<sup>2</sup> afgekoppeld oppervlak.



De netto neerslag in Nederland is gemiddeld 600 mm/jr. Dat betekent dat per m<sup>2</sup> afgekoppeld oppervlak jaarlijks 0,6 m<sup>3</sup> regenwater wordt verwerkt. Uitgaande van een gemiddelde kostprijs van 50 euro per m<sup>2</sup> en een doorlooptijd voor afkoppelen van 20 jaar is dat 2,5 euro per m<sup>2</sup> per jaar. Omgerekend komt dit overeen met circa € 4 per m<sup>3</sup> verwerkte neerslag. De kostprijs per m<sup>3</sup> behandeld afvalwater is in de orde grootte € 0,3-0,5 per m<sup>3</sup>.

De op de AWZI te bereiken besparing door afkoppelen bij volledig afkoppelen is dus een fractie van de kostprijs om 1 m<sup>3</sup> regenwater lokaal te verwerken. De directe baten van afkoppelen liggen dus vooral bij de waterbeheerder. De baten voor afkoppelen zijn voor gemeenten meer gelegen in het verminderen van de kans op wateroverlast en/of droogte.

Afkoppelen gecombineerd met stedelijke herinrichting biedt kans om wateroverlast te beperken. Het grootste deel van te vermijden schade door wateroverlast kan echter al worden bereikt met maatregelen die goedkoper zijn dan afkoppelen, zoals vergroenen, de aanleg van berging in groenvoorzieningen en het herinrichten van wegen. Als vervolgens aanvullend wordt ingezet op afkoppelen, dan nemen de kosten naar verhouding sterker toe dan dat de schade afneemt. Afkoppelen via infiltratie ten behoeve van het beperken van wateroverlast is in verhouding doelmatiger dan afkoppelen ten behoeve van kostenbesparingen op de AWZI. Uiteraard hangt dit af van de ondergrond. Infiltreren in kleigebieden met een hoge grondwaterstand of kwel is minder goed haalbaar.

In een door Sweco uitgewerkt voorbeeld neemt de droogteschade, door afkoppelen, af met een bedrag van circa € 16 per m<sup>2</sup> afgekoppeld oppervlak [22] [23].

Afkoppelen met volledige infiltratie leidt lokaal tot flink meer aanvulling van het grondwater. Of daarmee ook droogte voorkomen wordt is locatieafhankelijk. De verwachting is dat de grootste kostenpost, funderingsschade aan woningen, niet kan worden beperkt door afkoppelen. Wel kan met de aanleg van DIT-riolen (drainage-infiltratie-transport riolen, ook een vorm van afkoppelen) de verwachte schade aan wegfundering of stedelijk groen door droogte (volledig) worden ondervangen. De aanname hierbij is dat het oppervlaktewaterpeil ook tijdens droogte niet wegzakt en voor aanvulling van het grondwater zorgt.

Het bepalen van de baten in euro's is niet mogelijk zonder een goede analyse van de waterketeninfrastructuur, het functioneren daarvan en de interactie van waterketen met de omgeving (inclusief watersysteem).

## 5 Gesprekshandvatten

### 5.1 Inleiding

Een belangrijke conclusie uit de gesprekken met de gemeenten is dat het voor groenbeheerders lastig is op de juiste momenten om tafel te zitten met andere afdelingen en aan te geven welke maatregelen wel of geen effect hebben op het droogtebestendiger maken van het groen. Om deze gesprekken meer vorm te geven, zijn verschillende 'praatplaten' opgesteld. Deze praatplaten tonen de verschillende wijktypen en hoe de maatregelen binnen de wijk toegepast kunnen worden. Deze praatplaten, gekoppeld aan de kosten en baten (hoofdstuk 4), geven een goed startpunt voor de gesprekken met andere afdelingen.

### 5.2 Praatplaten in relatie tot de straaDkrant

Deze praatplaten zijn niet de enige visuele vertalingen van inrichtingsmogelijkheden binnen de ontwikkeling van de openbare ruimte. Een goed voorbeeld van visualisatie van de toekomstige openbare ruimte zijn de figuren van de straaDkrant. De meest recente straaDkrant is krant 6.0 die het straaDleven! visueel in beeld brengt. Voorgaande kranten brachten:

1. Slimme straaDsystemen
2. StraaDambities waarmaken
3. StraaDbewoners betrekken
4. De straaD als basis voor verdichtingsopgave
5. Onder de straaD

Een belangrijk verschil tussen de praatplaten en de straaDkrant is het publiek waarop de figuren zijn gericht. Daar waar de straaDkrant een algemener beeld schets voor een breed publiek (zowel ontwerpers als bewoners van een straat) richten de praatplaten zich meer op het faciliteren van de interne discussie bij de gemeente en geeft het inzicht in de meer specifieke gemeentelijke omstandigheden. Welke keuzes kan je als gemeente maken en welke invloed heeft dat op het groen binnen een (nieuwbouw)wijk. Beide platformen kunnen derhalve ook goed naast elkaar gebruikt worden.

### 5.3 Totstandkoming Praatplaat

Iedere praatplaat omvat een visualisering van mogelijke maatregelen per wijktype in hoog of laag Nederland (Bijlage IV). Anders dan voor de modellering, is naast een Bloemkool- en Vinex wijk ook de categorie 'Oudere woonwijk' toegevoegd. Dit om een breder perspectief weer te geven van wijktypes met verschillende (technische) haalbaarheidseigenschappen. 'Oudere woonwijken' zijn een samenvoeging van de karakteristieken van verschillende wijktypes: tuindorp, volkswijk, naoorlogse tuinstad, laagbouw en naoorlogse woonwijk, allen gebouwd in de eerste helft van de 20e eeuw. Bloemkool- en Vinexwijken zijn later ontwikkeld en hebben een andere ruimtelijke indeling, groeiplaatsomstandigheden, waterhuishouding en andere technische eigenschappen (Tabel 8).

Deze aanpak resulteert in zes praatplaten (drie wijktypes met een onderscheid voor hoog en laag Nederland) die dienen als toekomstschetsen om visueel inzichtelijk te maken hoe groen in de wijk droogtebestendiger gemaakt kan worden. Voor de uiteenzetting van de maatregelen is per wijktype gekeken naar zowel de technische haalbaarheid van implementatie van maatregelen in de straat als naar planning van inpassing van maatregelen in lijn met de reguliere beheer-, vervangings- en/of herinrichtingsopgave.

Dit betekent dat de praatplaten een algemeen toekomstbeeld schetsen van maatregelen die toepasbaar zijn per wijk- en bodemtype. Het is goed mogelijk dat voor specifieke situaties weggelaten maatregelen wel implementeerbaar zijn, zowel vanuit een technisch oogpunt als vanuit het implementatie-vlak. Deze praatplaten fungeren dan ook als eerste inventarisatie van mogelijke kansen en 'bottlenecks' en vormen daarbij het startpunt voor gesprekken met andere afdelingen.

Elke praatplaat geeft inzicht in drie verschillende doelen:

- Wat betekent een set aan maatregelen voor de ruimtelijk indeling van een wijk, zowel boven- als ondergronds (indeling straatprofiel, kabels & leidingen, riolering etc.)?
- Wanneer implementeer je een maatregel en hoe zit het met koppelmogelijkheden? Zonder mee te koppelen, tijdens een vervangingsopgave (vervangen straat, riolering en groen), of tijdens een herinrichtingsopgave (herinrichting openbare ruimte).
- Welke combinaties van maatregelen zijn noodzakelijk, vullen elkaar aan of zijn conflicterend?

In de volgende paragrafen is per wijk- en bodemtype een onderbouwing gegeven voor de keuze van maatregelen die hier wél en/of in mindere mate opportuun zijn [24] [1] [25]. De wijkkarakteristieken en bodemtypes behorende bij deze onderbouwing zijn samengevat in Tabel 8.

Tabel 8: wijkkarakteristieken en bodemtypes

	Bloemkoolwijk		Oudere woonwijk		Vinex wijk	
	Hoog NL	Laag NL	Hoog NL	Laag NL	Hoog NL	Laag NL
Gemiddelde grondwaterstand t.o.v. maaiveld (m-maaiveld) [1]	2,5	1	2,5	1	2,5	1
Bergingscapaciteit over totale oppervlak (mm) [1]	175	140	145	140	235	200
Bodeminfiltratiesnelheid (mm/uur) [1]	20	5	20	5	20	5
Bouwjaar [25] [24]	1975-1980		1900 - 1955		1990 - 2005	
Riolering (hemelwater afvoer en droogweerafvoer) [1]	40-60% hwa en dwa		0-20% hwa en dwa		80-100% hwa en dwa	
Afgekoppeld straat + weg [1]	Niet tot nauwelijks		Niet tot nauwelijks		Al vaak toegepast	
Afmetingen plantvakken bomen (m <sup>2</sup> ) [1]	4		2		4 - 20	
Aanwezigheid groenvakken [1]	Ja, veel afwisseling van groene ruimtes/vakken		Ja, af en toe, maar klein van omvang en niet in het straatprofiel		Ja, veel aanwezig, maar niet direct in het straatprofiel	
Bodemverbetering (bijv. Bomengrond) [1]	Niet grootschalig toegepast		Niet tot nauwelijks aanwezig		Redelijk vaak toegepast, maar ruimte voor verbetering	
Straatprofiel – afstand tot gevels (m) [24]	20		15 - 25		15	
Aantal bomen in straat [24]	12		0 - 5		18	
Ondergrondse druk kabels en leidingen [1]	Redelijk hoog		Hoog		Redelijk laag	

### 5.3.1 Kansrijke maatregelen bloemkoolwijken

In bloemkoolwijken (bouwjaar circa 1975-1980) is het groen vaak aan vervanging toe (de verwachte levensduur van circa 40 jaar is in veel gevallen bereikt). Dit biedt direct meekoppelmogelijkheden. Er is vaak veel verharding aanwezig en de bodem van groeiplaatsen/groenstroken is vaak van slechte kwaliteit.

Voor de praatplaat is daarom gekozen voor een set aan maatregelen die gekoppeld zijn aan het vergroten en optimaliseren van de groeiplaats en de vervanging van bestaand groen door droogtebestendiger groen tijdens grootschalig onderhoud. Dit betekent dat naast makkelijk te realiseren maatregelen in de groenzones (verwijderen hoge opsluitbanden/trottoirbanden, minder maaien, toepassen bodembedekkers, verbeteren bovengrondse bodemlaag, etc.), maatregelen genomen kunnen worden met een hogere mate van inspanning, vooral tijdens de aanplant van groen. Denk aan het creëren van wortelruimte, het verbeteren van de gasuitwisseling met ontluichters of het ontharden rondom groenstroken en boomspiegels, het verdikken van de leeflaag en het inoculeren van schimmels voor een hoger organisch stofgehalte wat zorgt voor een betere wateropslagcapaciteit.

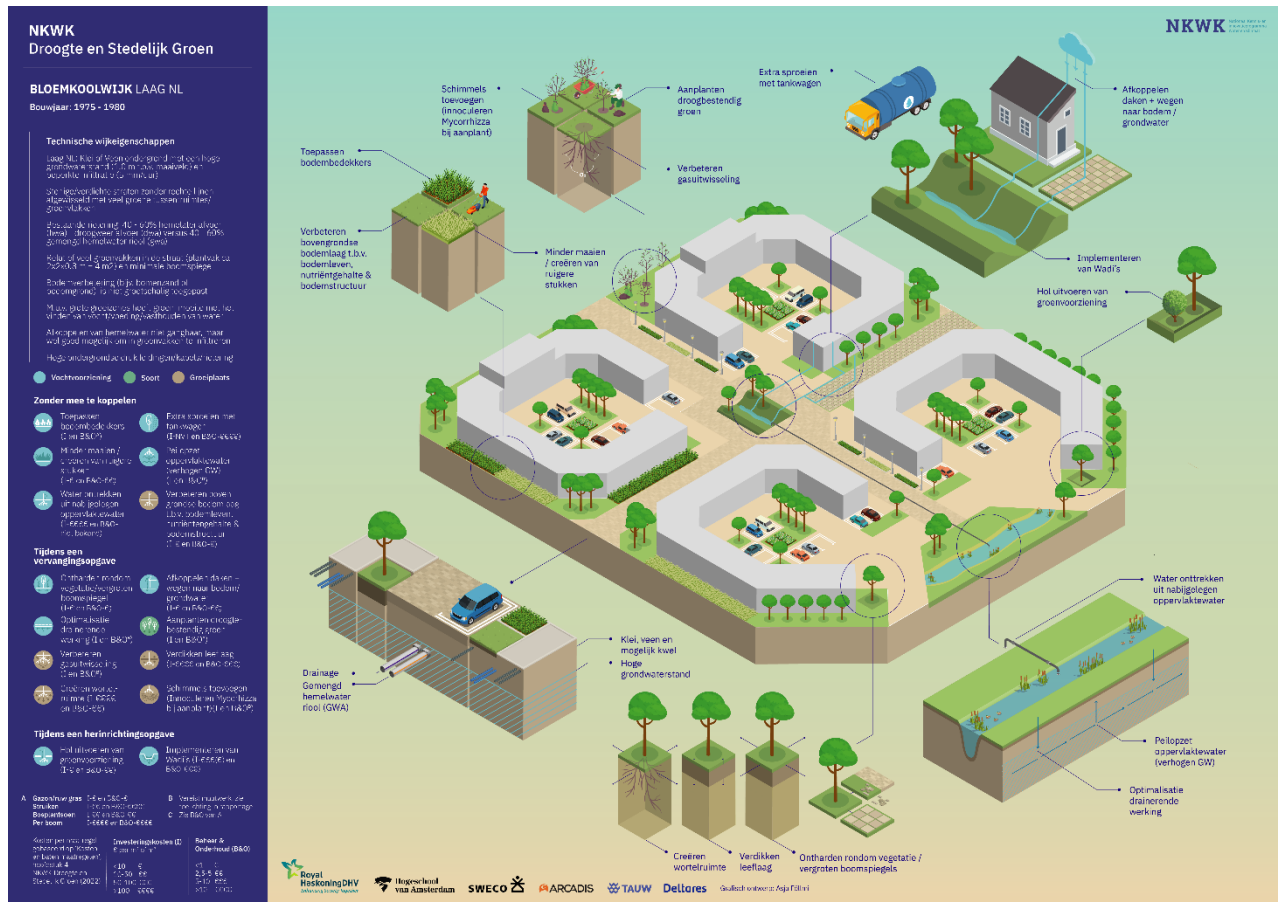
In circa de helft van de bloemkoolwijken is nog een gecombineerd rioolstelsel aanwezig dat in veel gevallen aan vervanging toe is. Dit biedt meekoppelkansen voor het afkoppelen van daken of wegen tijdens de vervangingsopgave. Voor wijken waar deze opgave al is uitgevoerd is meekoppelen niet altijd logisch en kan er alleen nog beperkt afgekoppeld worden (bijv. regenpijpen van daken).

Het heeft de voorkeur om afgekoppeld hemelwater zoveel mogelijk lokaal te infiltreren zodat het beschikbaar is voor groen. Om lokaal te infiltreren kunnen de groene ruimtes en groenstroken in de brede straten tussen de woonblokken hol uitgevoerd worden door bijvoorbeeld het verwijderen van hoge opsluitbanden rondom groenstroken. In geval van totale herinrichting kunnen wadi's aangelegd worden om zo de sponswerking te vergroten. Voor situaties met hevige regenval kan de hemelwaterafvoer (hwa) als overstort gebruikt worden (met name tijdens vervangingsopgave van het riool).

In laag Nederland kan in sommige situaties lokaal infiltreren lastig zijn door een lage infiltratiesnelheid (bijvoorbeeld kleibodems) en hogere grondwaterstand. In dat geval kan ervoor gekozen worden het afgekoppelde hemelwater sneller af te voeren naar het lokale oppervlaktewater. Mocht oppervlaktewater niet lokaal bereikbaar zijn, dan kan de drainerende werking worden vergroot door drainage onder wadi's of de aanleg van een drainage-infiltratie riool (DIT) om zo overtollig water naar verder weggelegen oppervlaktewater te transporteren. Deze maatregelen zorgen er namelijk wel voor dat een groot aandeel nog steeds lokaal kan infiltreren en ten goede komt van het grondwater en het groen.

Afgekoppeld hemelwater of direct regenwater laten infiltreren door middel van water passerende of infiltrerende verharding is een maatregel die minder voor de hand liggend is. De vele mogelijkheden voor lokale infiltratie door de ruimtelijk opzet van dit wijktype maakt de implementatie hiervan minder noodzakelijk.

Een andere maatregel die niet altijd door gemeenten als wenselijk wordt gezien, maar wel door waterschappen en provincies wordt toegepast is peilopzet van het (omliggende) oppervlaktewater. Hierdoor neemt de drainerende werking af en zakt in droge tijden de grondwaterstand (lokaal) minder snel uit. In uiterste gevallen kan oppervlaktewater extra aangevoerd en geïnfiltrerd worden in infiltratiezones (groenstroken) of wadi's, of kan oppervlaktewater gespreid worden met een tankwagen.



Figuur 14: praatplaat bloemkoolwijk laag Nederland

### 5.3.2 Kansrijke maatregelen oudere woonwijken

Doordat er in deze wijken over het algemeen sprake is van een beperkt beschikbare openbare ruimte (o.a. hoge parkeerdruk) en de ondergrondse druk door kabels en leidingen hoog is, moet hier creatief met de ruimte worden omgegaan. Dit maakt het lastig om groeiplaatsen en groenstroken te vergroten, wortelruimte te creëren of wadi's aan te leggen. Als alternatief kan binnen de huidige groeiplaatsen en boomspiegels de ruimte zo optimaal mogelijk worden ingericht, zodat een vruchtbaarder bodemprofiel ontstaat dat beter water vasthoudt en goed kan infiltreren. Maatregelen die hierop van toepassing zijn:

- verdikken van de leeflaag,
- verbeteren gasuitwisseling,
- toepassen bodembedekkers,
- minder maaien
- het verbeteren van de bovengrondse bodemlaag.

Een deel van deze maatregelen is direct implementeerbaar, bij andere maatregelen dient te worden mee-gekoppeld met een vervangingsopgave (verdikken leeflaag bij aanplant).

Doordat een gemengd rioolstelsel in veel gevallen nog aanwezig is en aan vervanging toe is, biedt het afkoppelen van daken en/of wegen kansen. Echter dient wel genoeg ruimte te zijn om het hemelwater te infiltreren of moet er een overstort naar het oppervlaktewater of het hwa gecreëerd kunnen worden om situaties met hevige regenval aan te kunnen. Door het ruimtegebrek in veel 'oude wijken' geen plek voor de aanleg van wadi's om water te

infiltreren. Om het huidige groen droogtebestendiger te maken, is het daarom noodzakelijk om de bergingscapaciteit van het beschikbare groen zo optimaal mogelijk te benutten. Dat wil zeggen dat de geoptimaliseerde groeiplaatsen hol uitgevoerd kunnen worden en infiltrerende verharding in het wegennet kan worden aangelegd om (afgekoppeld) hemelwater te infiltreren en bergen. Ook het ontharden van parkeerplaatsen (bijvoorbeeld d.m.v. het plaatsen van waterpasserende verharding) en het stimuleren van particulieren om hun voortuin te ontharden leidt tot meer infiltratie en het verhogen van bodemvocht. Met name in de smalle straatprofielen van de oudere woonwijken liggen boomwortels dicht bij parkeerzones en voortuinen zodat ze daardoor kunnen profiteren van het geïnfiltreerde hemelwater.

Bij een vervangingsopgave kan ook gekozen worden voor de aanplant van droogtebestendiger groen, alleen voor monumentale bomen/groen is dit een stuk lastiger en dient er dus goed nagedacht te worden over het optimaliseren van de groeiplaats zonder dat het groen aangetast wordt.

Mocht de waterbeschikbaarheid in hoog Nederland tijdens droogte nog niet toereikend zijn, dan kan een zuinige vorm van (druppel)irrigatie in verdichte gebieden een alternatief zijn, mits oppervlaktewater aanwezig is. Voor minder verdichte situaties in laag Nederland kan voor aanvoer van oppervlaktewater over land met buizen en pompsystemen gekozen worden, dit oppervlaktewater is immers vaker binnen handbereik. Daarnaast kan in laag Nederland voor een peilopzet van het oppervlaktewater gekozen worden om (lokaal) het grondwater te verhogen. Als laatste redmiddel kan voor zowel hoog als laag Nederland sproeien met een tankwater een oplossing zijn.



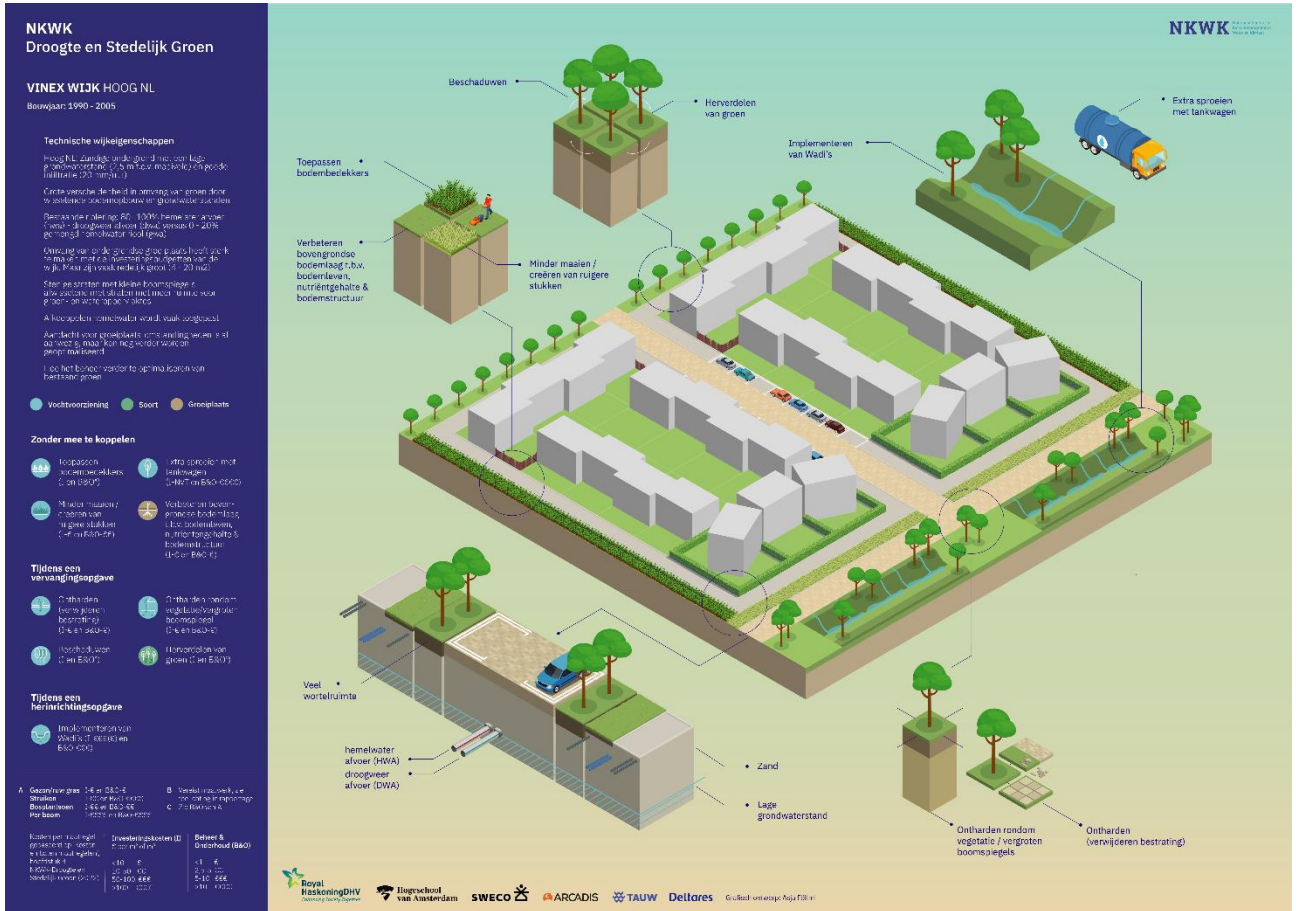




Met die reden is het zaak dat bij afgekoppelde daken en wegen het water lokaal kan infiltreren zodat het ten goede komt van bodemvocht en het groen. Het realiseren van wadi's tijdens een herinrichtingsopgave is dus een goede keuze, om zo eventueel plaatselijk hemelwater te gebruiken. Het kan wel lastiger zijn om groenstroken hol uit te voeren zonder het bestaande, nog jonge groen aan te tasten. Voor gazons kan eventueel een uitzondering gemaakt worden.

Voor waterpasserende verharding geldt dat verharding van deze relatief nieuwe wijken in veel gevallen nog niet aan vervanging toe is, waardoor dit niet altijd wenselijk is om bestrating al te vervangen. Wel kan ervoor gekozen worden om stoepen te ontharden en halfverharding terug te plaatsen of particulieren te motiveren om hun tuin te onttegen. Dit zijn relatief goedkope maatregelen waardoor (afgekoppeld) hemelwater ten goede kan komen aan het groen. De aanwezigheid van een gescheiden riool en het feit dat er geen grootschalige herinrichting op de agenda staat maakt het lastig om het groen van hemelwater van daken en wegen te laten profiteren. Het kan dus belangrijk zijn om ook maatregelen te nemen waarbij zoveel mogelijk water vastgehouden kan worden door 'simpele' groeiplaats optimalisatie, zeker als water snel infiltreert zoals in hoog Nederland. Denk bijvoorbeeld aan het verbeteren van de bovengrondse bodemlaag, ontharden rondom vegetatie of het minder maaien en het creëren van ruigere stukken. Of het verlagen van trottoirbanden/opsluitbanden tussen bestrating en groen, waardoor hemelwater oppervlakkig naar het groen kan stromen in plaats van via de kolken naar het hwa.

Voor laag Nederland kan er ook nog gekozen worden om het grondwater met peilopzet te verhogen of water te onttrekken uit nabijgelegen oppervlaktewater en dit te laten infiltreren in de aangelegde wadi's. Of, zowel in hoog als in laag Nederland, het oppervlaktewater te gebruiken voor het sproeien met een tankwagen. Dit blijft echter een laatste redmiddel, zoals ook bij de andere wijktypes.



Figuur 16: praatplaat Vinexwijk hoog Nederland.

## 6 Het gesprek inpassen in het proces

Uit de gesprekken met de gemeenten (zie hoofdstuk 2) blijkt dat er interesse is in handvatten om succesvol integraalwerken te bevorderen en de belangen van groen vanaf de initiatieffase tot aan de realisatiefase van een (her)ontwikkeling te borgen. De gemeenten gaven aan behoefte te hebben aan handvatten die aangeven wie (welke disciplines en functies) wanneer (welke fase van een (her)ontwikkeling) om tafel moeten. Maar ook hoe een gemeenschappelijke doel gedurende het hele traject geborgen blijft.

Om deze doelen te borgen is het noodzakelijk overzicht te krijgen in de momenten dat gesprekken en discussie nodig zijn in het traject van initiatieffase tot realisatiefase. In dit hoofdstuk beschrijven we de momenten om andere afdelingen of disciplines te betrekken bij de inrichting van de openbare ruimte. Hierbij is een belangrijke stap het koppelen van de gesprekken aan een bestaand framework binnen de gemeenten, door te kiezen voor een bestaand framework is het voor gemeenten makkelijker om de gesprekken te integreren in het dagelijks werk.

Een onmisbaar onderdeel bij de (her)ontwikkeling van de openbare ruimte zijn de eisen en voorwaarden vanuit de gemeente aan de verschillende onderdelen in de openbare ruimte. Hoe deze eisen zijn vastgelegd is gemeente afhankelijk. Dit gaat van (project specifieke) programma's van eisen tot gemeentelijke LIOR's of HIOR's.

Het doel is een inleidend hoofdstuk geschreven voor het PvE. Het inleidende hoofdstuk bevat een overzicht van de processtappen en de betrokken afdelingen binnen een gemeente. Per processtap is aangegeven of en met wie overleg wenselijk is om de verschillende belangen mee te nemen.

Dit inleidende hoofdstuk is niet voor alle gemeenten van toegevoegde waarde. Meer en meer gemeenten in Nederland zijn actief bezig met het verbeteren van het proces rondom de (her)ontwikkeling van openbaar gebied. Daarnaast hebben ook andere platformen, zoals Rioned, (beknopte) beschrijvingen over hoe om te gaan met werkzaamheden in de openbare ruimte.

### **Inrichting openbare ruimte**

Gemeenten stellen eisen aan de inrichting van de openbare ruimte. Hoe deze eisen zijn vormgegeven, is gemeente afhankelijk. Dit geldt ook voor de gebruikte term voor de eisen aan de openbare ruimte. Gebruikte termen zijn; LIOR (Leidraad inrichting Openbare Ruimte), HIOR (Handboek Inrichting Openbare Ruimte), DLIOR (Digitale Leidraad Inrichting Openbare Ruimte) of eenvoudig Programma van Eisen genoemd. In deze studie gebruiken wij de term PvE wanneer we praten over de eisen aan de openbare ruimte.

In een PvE zijn de technische eisen beschreven die door een organisatie aan de openbare ruimte worden gesteld. Deze eisen hebben onder andere betrekking op de infrastructuur, het groen, water en speelvoorzieningen. Organisaties koppelen ook de andere thema's, zoals klimaatadaptatie, circulaire economie en energietransitie aan een PvE.

Het PvE is richtinggevend, zowel voor externe partijen als voor de eigen organisatie.

Hierbij is het doel een openbare ruimte waar de verschillende functies elkaar versterken. Daarvoor moeten al in het voortraject de juiste keuzes worden gemaakt. Door dit beter vorm te geven, stimuleert het PvE de samenwerking tussen ontwerpers, afdelingen en beheerders wat een positieve invloed heeft op de (duurzame) inrichting van de openbare ruimte. Ook geeft het PvE ontwerppunten mee aan aannemers en ingenieursbureaus.

### **6.1 Onderdelen uit Programma van Eisen inrichting openbare ruimte**

Hoewel het PvE bij elke gemeente anders ingericht is, bevatten de PvE's vergelijkbare hoofdstukken en indelingen. Niet alle hoofdstukken binnen een PvE, en daarmee ook afdelingen binnen een gemeente, leggen een claim op de openbare ruimte. De veel voorkomende onderwerpen zijn (doorgestreepte onderwerpen leggen beperkte claim op de openbare ruimte):

- Verharding
- Kabels en leidingen
- Riolering (en water)
- Groen
- ~~— Verlichting~~
- Afval
- ~~— Verkeer~~
- ~~— Meubilair~~
- ~~— Kunstwerken~~

Deze onderwerpen komen overeen met verschillende afdelingen binnen een gemeente. Hierbij gaat het om de afdelingen:

- Groen
- Water en riolering
- Verhardingen
- Kabels en leidingen (veelal externe partijen)
- Afval(verwerking). De focus ligt hierbij op ondergrondse containers

Juist deze afdelingen claimen elk een deel van de (ondergrondse) openbare ruimte. Indien deze gesprekken niet goed gevoerd worden, kan ruimte geclaimd worden die niet voor andere belangen gebruikt kan worden. Denk hierbij aan de aanleg van riolering in gebieden met een hoge kabels- en leidingendruk of het realiseren van verharding waardoor geen ruimte is voor groen. Ook het moment waarop gesprekken gevoerd worden is bepalend voor de uitkomsten.

### **6.2 Opzet processchema**

#### **6.2.1 Omgevingswet en Convenant Klimaatadaptief Bouwen**

Inspiratiebron voor deze aanpak is de aanpak zoals deze in de omgevingswet is beschreven. Bij 'complexe initiatieven' wordt het verplicht om een zogenaamde omgevingstafel in te richten. Deze omgevingstafel is bedoeld om de dialoog tussen verschillende belanghebbende te starten met als doel een betere afstemming tussen verschillende belanghebbenden. Bij de omgevingswet is de omgevingstafel gericht op het gesprek met externe belanghebbenden en gemeentelijke partners.





Figuur 17: Omgevingstafel in de omgevingswet

#### 6.2.4 Initiatief- of onderzoeksfase

Nieuwe (her)ontwikkelingen beginnen in de initiatieffase. Deze ontwikkelingen kunnen opgezet worden door externe partijen of door interne partijen. Bij de inwerkingtreding van de Omgevingswet is het opzetten van een omgevingstafel noodzakelijk. Deze omgevingstafel richt zich met name op de dialoog met partijen buiten de gemeente. Binnen de gemeente kent de initiatieffase de volgende stappen:

##### 1. *Initiatief*

Een interne of externe partij komt met een initiatief. Na een eerste beoordeling wordt binnen de gemeente een projectleider aangewezen die het initiatief behandelt.

##### 2. *Opstellen quickscan*

In deze stap wordt beoordeeld of een initiatief past binnen het gemeentelijke beleid of dat een initiatief meekoppelkansen heeft met andere werkvelden. Hierbij is overleg tussen verschillende afdelingen noodzakelijk. **In deze stap worden alle afdelingen betrokken.** In deze stap is het voor de verschillende afdelingen mogelijk hun wensen en eisen inzichtelijk te maken. Ook komen hier de eerste knelpunten in ruimtegebruik naar voren. Door in deze fase het gesprek te voeren, kunnen onderbouwde keuzes gemaakt worden in het openbare ruimtegebruik.

Voor het bepalen of een initiatief past binnen het gemeentelijke beleid is het wel van cruciaal belang dat een gemeente een helder beleid heeft. De praktijk laat echter zien dat dit ontbreekt of gefragmenteerd is. Als het beleid wel helder is en in deze fase goed neergezet wordt wat de wensen en voorwaarden zijn, dan zijn keuzes makkelijker uit te leggen.

Ook zonder een helder beleid is het aan te raden het gesprek te voeren, echter bestaat het risico dat de discussie gericht is op keuzes in het gemeentelijke beleid en niet op het initiatief.

3. *Adviesnota college*

Indien een initiatief past binnen het gemeentelijke beleid wordt een adviesnota naar het college geschreven. Dit is een vertaling van de quickscan.

4. *Go/No-Go college*

5. *Schetsontwerp*

Deze stap wordt opgepakt door de initiatiefnemer en geeft een eerste vertaling van het initiatief naar een ruimtelijke ontwikkeling. **In deze stap worden alle afdelingen betrokken.**

Bij het opstellen van een schetsontwerp worden de eerste onderzoeken uitgevoerd. Vanuit groen is het zeer wenselijk om de volgende onderzoeken uit te voeren voordat een schetsontwerp wordt afgerond:

- Inpasbaarheid bestaande en nieuwe bomen
- Boomeffectanalyse voor bestaande bomen
- Onderzoek (on)mogelijkheden Wet natuurbescherming
- Ecologische waardebeoordeling

Op basis van dit schetsontwerp kan een bestemmingsplanprocedure gestart worden.

### 6.2.5 Voorontwerpfase

De volgende stap is het vertalen van een schetsontwerp naar een voorontwerp. Hierbij worden de wensen en ideeën zoals in het schetsontwerp zijn opgenomen, vertaald naar een meer praktisch ontwerp.

Deze fase kent de volgende stappen:

1. *Opstellen voorlopig ontwerp*

De eerste stap is het vertalen van het schetsontwerp naar een Voorontwerp. Het initiatief hiervan ligt bij de initiatiefnemer. Belangrijke voorwaarde hier is dat het Voorontwerp voldoet aan de eisen uit het PvE.

Het is belangrijk om aandacht te hebben voor de verschillende (soms tegenstrijdige) belangen vanuit de verschillende fysieke domeinen. Een belangrijk hulpmiddel hierbij is het opstellen van een (ondergrondse) zoning, zodat inzichtelijk is welke voor belangen wel en niet ruimte is.

2. *Toetsen aan randvoorwaarden en PvE*

Het Voorontwerp wordt getoetst aan eventuele aanvullende randvoorwaarden en het PvE (of Programma van Eisen). **In deze stap worden alle afdelingen betrokken.**

Dit is een belangrijke stap in het proces. Op dit moment wordt het schetsontwerp vertaald naar een daadwerkelijk uit te voeren ontwerp. In deze stap worden daadwerkelijke keuzes gemaakt die invloed hebben op de (ondergrondse) ruimteclaim.

Denk bijvoorbeeld aan:

- het vaststellen van het gewenste grondwaterpeil (is drainage nodig, kunnen kabels en leidingen aangelegd worden, is de weg stabiel genoeg),
- de omvang van boomvakken (een kleiner boomvak heeft effect op de verwachte levensduur van de boom),
- het type verharding (elementverharding zorgt voor meer aanvulling van het grondwater, waterpasserende verharding voor nog mee)



Groenonderzoeken die bij deze fase horen zijn o.a.:

- bodembalansonderzoeken
- groeiplaatsberekeningen

3. *Aanpassen Voorontwerp*

Op basis van de toetsing zal het voorlopig ontwerp worden herzien en aangevuld worden.

4. *Inspraak op Voorontwerp*

Afhankelijk van de grootte van het initiatief zullen externe belanghebbende betrokken worden bij het proces.

5. *Vaststellen Voorontwerp*

De stappen 1 tot 3 zijn een iteratief proces waarbij zowel de initiatiefnemer als de verschillende afdelingen om tafel zitten. In dit proces wordt bekeken welke belangen spelen en wat de waarde is van deze belangen. Belangrijk startpunt in dit proces is dat alle belangen even zwaar wegen, gedurende het proces kunnen dan bewuste keuzes gemaakt worden (bijvoorbeeld; langere riool, zodat groen voldoende groeiruimte heeft. Of beperkter groen vanwege het ruimtegebruik). Vanuit het nieuwe rijksoverheidsbeleid zijn water en ondergrond leidend bij het ontwerp.

### **6.2.6 Definitief ontwerpfase**

1. *Opstellen definitief ontwerp*

De initiatiefnemer vertaalt een geaccepteerd voorontwerp naar een definitief ontwerp. Ook is dit het moment dat eventuele vergunningen aangevraagd worden. In deze stap worden ook de laatste onderzoeken uitgevoerd:

- Beheerparagraaf
- Beplantingsplan

2. *Toetsen aan randvoorwaarden en PvE*

In deze stap wordt het definitieve ontwerp getoetst aan het PvE.

3. *Aanpassen definitief ontwerp*

4. *Vaststellen definitief ontwerp*

### **6.2.7 Bestek en realisatiefase**

1. *Conceptbestek*

Het definitieve ontwerp wordt vertaald naar één of meer bestekken. Deze actie ligt bij de initiatiefnemer. Wederom is het PvE een richtlijn voor het opstellen van het bestek.

Bij het opstellen van meerdere bestekken is het belangrijk dat de onderlinge belangen goed meegenomen worden in de verschillende en juiste bestekken. Hier is een belangrijke rol weggelegd voor de gebiedsregisseur.

## 2. *Inspraak bestek*

In deze stap beoordeeld de gemeente het bestek en controleert of het PvE is overgenomen. Ook hier is overleg tussen de afdelingen wenselijk. **In deze stap worden alle afdelingen betrokken.**

In deze stap is het van belang dat de gemaakte afspraken tussen de afdelingen ook goed verwoord zijn in de bestekken en dat onderlinge relaties tussen de bestekken helder zijn. Een mogelijk risico in deze stap is de versnippering van werkzaamheden over verschillende bestekken. Een voorbeeld hiervan is de bodemverbetering voor groen, deze werkzaamheden moeten meegenomen worden in het civiele werk.

## 3. *Uitwerken bestek*

Eventuele opmerkingen op het conceptbestek worden verwerkt. Het resultaat is een bestek dat gebruikt kan worden bij de aanbesteding van het werk.

## 4. *Aanbesteding*

## 5. *Opdrachtverlening*

## 6. *Uitvoering*

In deze stap wordt het uitgevoerde werk gecontroleerd aan de hand van het definitieve ontwerp. Eventuele aangetroffen bijzonderheden (afwijkingen op de opdracht) worden besproken met een toezichthouder. Het is hierbij van belang dat deze toezichthouder de eisen en wensen van alle afdelingen in het achterhoofd houdt en aanpassingen voorlegt aan de desbetreffende afdeling.

In deze stap bestaat het risico dat de meest eenvoudige oplossing wordt gekozen, zonder rekening te houden met mogelijke lange termijneffecten. Hierdoor bestaat, met name voor groen en water, het risico dat oplossingen een nadelig effect hebben op de levensduur van groen, of de capaciteit van de waterberging.

**Bij bijzonderheden of afwijkingen van het plan is overleg met alle afdelingen noodzakelijk.**

## 7. *Oplevering*

De laatste stap van het voortraject. In deze stap wordt in het veld gecontroleerd of alles is aangelegd zoals afgesproken. Eventuele wijzigingen in het ontwerp dienen helder te zien, zodat in de beheer- en onderhoudsfase geen onduidelijkheden zijn over gemaakte keuzes.

Tabel 9: betrokken afdelingen per fase en stap –initiatief, ontwerp, en realisatiefase.

Fase	Stap	Betrokken afdelingen	Gebruik maken van praatplaten
Initiatiefase	Opstellen quickscan	Groen, water, wegen, kabels&leidingen, afval	Ja
Voorlopig ontwerpfas	Opstellen schetsontwerp	Groen, water, wegen	Ja
	Toetsen Voorontwerp	Groen, water, wegen, kabel&leidingen, afval	Ja
Definitief ontwerpfas	Toetsen aan randvoorwaarden	Groen, water, wegen	nee
Bestek en realisatiefase	Inspraak bestek	Groen, water, wegen, kabels&leidingen, afval	ja
	Uitvoering	Groen, water, wegen, kabels&leidingen, afval	nee

### 6.3 Beheer- en onderhoudsfase

Na realisatie van de ontwikkelingen, en een afgesproken onderhoudstermijn begint de beheer- en onderhoudsfase. Dit is de fase waarin de ontwikkelingen in stand gehouden worden. Mogelijk worden kleine aanpassingen gedaan. Ook is dit de fase waarin eventuele schade gerepareerd wordt.

Juist in deze fase is onderling contact belangrijk, hierbij zijn vragen als "wat veroorzaakt de schade?" en "hoe zorgen we ervoor dat dit niet nog eens gebeurt" belangrijk.

Hieronder is een tabel opgenomen met gangbare aanpassingen aan de openbare ruimte. Per onderhoudsaanpassing is aangegeven welke discipline leidend is en welke disciplines betrokken moeten worden.

Deze lijst is niet volledig, maar geeft wel een goed beeld welke disciplines wanneer betrokken moeten worden.

Tabel 10: betrokken disciplines bij beheer en onderhoud, beheerfase.

Onderhoud	Afdeling	Betrokken disciplines	Gebruik maken van praatplaten
Schade aan wegen door boomwortels	Wegen	Groen	Nee
Vervangen parkeerplaatsen	Wegen	Groen en water	Ja
Realiseren waterberging	Water	Wegen, Kabels&Leidingen en groen	Ja
Aanleg of onderhoud Kabels & Leidingen	Kabels&leidingen	Groen en wegen	Nee
Vervangen lekke riolering	Water	Groen en wegen	Nee
afkoppelen woonwijk	Water	Groen en wegen	Ja
Dode bomen	Groen	Water	Nee

## 7 Discussie en conclusie

### 7.1 Mogelijke maatregelen

We hebben een verscheidenheid aan gemeenten in Nederland en hiermee ook een grote verscheidenheid van aanpakken om groen droogtebestendiger te maken. Bij veel gemeente speelt echter met name het beschikbare budget, en daarmee ook een groenambitie, een belangrijke rol bij de aanpak. Hoewel bekend is dat een goede ondergrondse standplaats voor bomen van belang is, wordt dit in de praktijk niet altijd toegepast door de gemaakte keuzes in het ontwerptraject. Met name de druk in de ondergrond en samenwerking met nutsbedrijven komen naar voren als knelpunt. Hulp bij het opzetten van het gesprek en het vaststellen van de doelen wordt als zeer wenselijk beschreven.

Dit geldt niet voor alle gemeenten, uit de gesprekken lijkt het erop dat grootstedelijke gemeenten (gemeenten met een groot deel dat stedelijk gebied is) meer geld hebben of vrijmaken voor een hoogwaardige investering in groen. Zij maken hierdoor ook beter onderbouwde keuzes rondom de standplaats en inrichting van het groen

Uiteindelijk hebben deze gesprekken en het onderzoek NKWK Droogte 2021 geleid tot een uitgebreide set met (samengestelde) maatregelen om het bestaande en nieuwe groen droogtebestendiger te maken. Deze set is opgedeeld in maatregelen rondom soortkeuze, groeiplaatsoptimalisatie en vochtvoorziening. Deze set aan maatregelen helpt groenbeheerders te bepalen welke maatregelen wel en niet geschikt zijn.

### 7.2 Meer inzicht in lokale waterbalans

Veel gemeenten hebben een vergroeningsdoelstelling of ambitie. Extra groen betekent echter ook dat meer water nodig is om dit groen te laten groeien. Op de gehele waterbalans valt deze extra hoeveelheid mee, maar in (extreem) droge zomers telt elke druppel. In extreme droge zomers is de algemene watervraag van het bestaande groen al groter dan de hoeveelheid water dat beschikbaar is. Dit benadrukt de noodzaak om maatregelen te treffen of langer/meer water beschikbaar te hebben. De toename van de watervraag hangt erg af van de lokale situatie en het type woonwijk. Met name de grondwaterdiepte en mogelijke kwelsituatie is bepalend voor de extra watervraag. In zandgebieden is weinig water ondiep beschikbaar, hierdoor is de watervraag groter. In veengebieden is met name het op peil houden van de grondwaterstand zeer bepalend. In gebieden met aanvoer van grondwater via kwel is de extra watervraag het kleinst.

#### Voldoende water beschikbaar?

Om inzicht te geven in het effect van afkoppelen en het vervangen van verharding door waterpasserende verharding, zijn deze maatregelen doorgerekend. Deze maatregelen leveren in normale meteorologische jaren voldoende water voor het extra groen, maar deze maatregelen zijn in hoge mate afhankelijk van de hoeveelheid neerslag. In extreem droge jaren zullen ook deze maatregelen een beperkt effect hebben op de benodigde hoeveelheid water. Daarom is het aanpassen van de groeiplaatsen om water beter vast te houden noodzakelijk en is het belangrijk om bij nieuwe aanplant te kiezen voor robuuste soorten.

Denk hierbij vooral aan:

- Verbeteren boomvak door extra organische stof (zie ook NKWK Droogte 2021 [1])
- Het hol uitvoeren van groenstroken of boomvakken zodat neerslag langer vastgehouden wordt op de plaats waar het water ook nodig is.
- Toepassen van bodembedekking en ondergroei om zo verdroging van de bovenste bodemlaag te voorkomen.
- Aanpassen van de soorten op de leefcondities.

In deze studie is aangenomen dat al het afgekoppelde water ook beschikbaar is voor het groen in een buurt. Of in de praktijk ook al dit water beschikbaar is voor het groen is niet gemodelleerd. Aanvullend onderzoek is nodig om meer inzicht te krijgen in hoe de waterbalans op straatniveau eruit ziet.

In dit onderzoek is niet gekeken naar een overschot aan water in andere seizoenen. Door water langer vast te houden in een winterperiode, kan dit in een zomerperiode gebruikt worden. Of het op grote schaal vasthouden van water realistisch is, is lastig in te schatten en locatieafhankelijk. Gebruikelijke methoden om meer water vast te houden (ophogen oppervlaktewater of grondwaterpeilen) is in veel situaties niet mogelijk of wenselijk. Het ophogen van waterpeilen leidt in natte perioden tot een verminderde ontwatering/drooglegging en zal tot wateroverlast leiden. In gebieden waar meer ruimte in de ondergrond is (hoog Nederland) zal een groot deel van het in natte perioden geïnfiltreerde water niet meer beschikbaar zijn in droge perioden. Het water zakt ver weg of wordt op natuurlijke wijze afgevoerd.

Vanuit provincies en waterschappen is wel meer aandacht voor deze maatregel. Het is daarom wel verstandig om het gesprek tussen gemeenten en waterschappen voort te zetten om de voor- en nadelen te bediscussiëren en gezamenlijk tot een weloverwogen besluit te komen.

### **7.3 Kosten inzichtelijk maar baten lastig te bepalen**

Duidelijk is dat verschillende maatregelen meewerken aan het droogtebestendiger maken van het groen. Echter gemeenten geven aan dat het budget vaak bepalend is in hoeverre maatregelen daadwerkelijk doorgevoerd worden. Door inzicht te geven in de kosten van de diverse maatregelen, zowel in de aanlegkosten als onderhoud- en beheerkosten is het voor gemeenten eenvoudiger de discussie over (extra) budgetten te voeren.

De baten van droogtebestendiger groen (voor zowel het groen als de omgeving) zijn lastig op waarde te zetten. Het is bekend dat groen voldoende baten heeft, diverse studies onderbouwen dit. In de praktijk blijkt dit lastig echter lastig vast te stellen. Er zijn verschillende tools beschikbaar die helpen deze baten/opbrengsten goed in beeld te brengen. Uiteindelijk zit de meeste winst van het vergroenen van steden in de waardeverhoging van onroerend goed, verlaging van ziektekosten en het vastleggen en -houden van CO<sub>2</sub>.

De aanleg van groen heeft dus een positief effect op de omgeving en de beleving van het gebied. Deze effecten worden vergroot als goed nagedacht wordt over de groeiplaats en de juiste maatregelen getroffen worden voor het verbeteren van de groeiplaats. In veel gevallen zijn de positieve effecten groter dan de gemaakte kosten.

In deze studie was het niet mogelijk om een eenduidig beeld te schetsen, ook hier geldt dat de lokale omstandigheden veel invloed hebben op de kosten en het effect van de maatregelen.

#### **7.4 Ga het gesprek aan**

Uit de onderzoeken en gesprekken komt duidelijk naar voren dat maatregelen helpen bij het droogtebestendiger maken van het groen. Om te helpen bij het gesprek binnen de gemeenten is een handreiking opgesteld. Deze handreiking heeft als doel inzichtelijk te maken welke maatregelen per bodemtype en wijktype direct uitgevoerd kunnen worden (het 'laaghangende fruit'), welke maatregelen mogelijk zijn bij vervangingsopgaven binnen een wijk en welke maatregelen meer geschikt zijn voor tijdens (grootschalige) herinrichtingsopgaven.

Onderdeel van deze handreiking zijn praatplaten per wijktype die een visueel overzicht geven van de mogelijke maatregelen binnen een wijk. Ook tonen de praatplaten welke maatregelen goed te combineren zijn en geven ze op hoofdlijnen aan wat de investerings- en onderhoudskosten zijn. Hierdoor zijn de praatplaten uitermate geschikt om het gesprek op te starten om zo tot een betere inrichting van de openbare ruimte te komen.

#### **7.5 Gebiedsregisseur**

Bij nieuwe initiatieven is op verschillende momenten in het proces een dialoogtafel wenselijk, en afhankelijk van het moment wordt de dialoog met andere betrokken personen gevoerd. Juist de aanwezigheid van een verscheidenheid aan tafels, processchema's en betrokken personen vormt een risico. Het is een uitdaging om overzicht te houden van de verschillende tafels en processen, het moment waarop inspraak wenselijk of nodig is, wie betrokken is en welke afdeling wanneer moet aansluiten. Daarom is het bij grotere projecten en gemeenten verstandig om op strategisch niveau één persoon (de omgevingsregisseur) aan te wijzen die op de juiste momenten de juiste afdelingen om tafel krijgt.

Hoewel nog enkele kennishiaten aanwezig zijn, is ook duidelijk dat een groot deel van maatregelen al toegepast kan worden. Deze maatregelen zorgen ervoor dat groen droogtebestendiger wordt. We raden alle gemeenten aan om, daar waar nodig, het interne gesprek aan te gaan en de maatregelen uit te voeren.

## 8 Bibliografie

- [1] Hoogvliet, Marco, E. Slingerland, A. Feijen en W. Noome, „NKWK werkpakket Droogte en Groen,” 2021.
- [2] CBS, „Gebieden in Nederland 2021,” 2021. [Online]. Available: <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/84929NED/table>. [Geopend 2022].
- [3] j. Hiemstra, „Soortentabel,” WUR, 2018. [Online]. Available: <http://edepot.wur.nl/460540>. [Geopend 2022].
- [4] D. Heuvelink, I. Jensen, R. Hulsman en W. Stapel, „Klimaat en Watervraag Stedelijk Gebied,” 2021.
- [5] IWACO, „Modelling of flow in the unsaturated zone. The programme Fluzo,” 1992.
- [6] F. Smits en J. Slinger, „Transpiratie van bomen - Hittebestendige stad,” Waternet, 12 8 2019. [Online]. Available: <https://www.waternet.nl/innovatie/klimaatadaptatie/transpiratie-van-bomen/>. [Geopend 9 2022].
- [7] T. Janson en i. J. Janssen, „Stadsbomenvademecum, 5e druk,” 2013.
- [8] Y. Zhang, A. T. Murray en B. L. Turner II, „Optimizing green space locations to reduce daytime and nighttime urban heat island effects in Phoenix,” Arizona, 2017.
- [9] F. Aram, E. H. García, E. Solgi en S. Mansournia, „Urban green space cooling effect in cities,” Heliyon, 2019.
- [10] J. Park, J. H. Kim, D. K. Lee, C. Y. Park en S. G. Jeong, „The influence of small green space type and structure at the street level on urban heat island mitigation,” 2017.
- [11] G. Tilburg, „IBOR,” Tilburg, 2021.
- [12] J. De Jong, R. Smidt, J. van Raffe en J. Spijker, „Algemene Rapportage Benchmark Gemeentelijk Groen,” WENR, wageningen, 2018.
- [13] N. I. Bomen, Handboek Bomen, 2022.
- [14] Arcadis.
- [15] Breda.
- [16] Rioned, „kostenkentallen”.
- [17] „MRA Klimaatadaptieve stadsharten”.
- [18] S. Groot Jebbink, J. Meliefste, M. Visser en J. Ligterink, Voorkomen is beter dan genezen: ruim 8 patiënten minder voor elke hectare extra groen, Sweco, 2022.
- [19] S. CAS, „Klimaatschadeschatter,” 2020. [Online]. Available: <https://klimaatschadeschatter.nl/>. [Geopend 2022].
- [20] R. D. N. T. & P. M. Remme, „atural Capital Model. Technical documentation of the quantification, mapping and monetary valuation of urban ecosystem services,” vol. 2017, nr. 2017-0040, 2017.
- [21] vol. 38, nr. 10.
- [22] d. i. J. Langeveld, „Afkoppelen, kansen en risico's van anders omgaan met hemelwater in de stad 2019-22,” Stowa, 2019.
- [23] E. Leusink, „Naar een kosteneffectieve aanpak van klimaatadaptatie in Nederland,” Sweco, 2018.



- [24] J. Kluck, R. Loeve, W. Bakker, L. Kleerekoper, M. Rouvoet, R. Wentink en F. Boogaard, „Het klimaat past ook in uw straatje,” Hogeschool van Amsterdam, 2017.
- [25] L. Kleerekoper, „Urban Climate Design. Improving thermal comfort in Dutch neighbourhood typologies,” Delft University of Technology, 2016.
- [26] „NHI Data Portaal,” [Online]. Available: <https://data.nhi.nu/>. [Geopend 2022].
- [27] B. G. Groen, 2022.
- [28] Faber en Dikker, 2009.
- [29] Y. Zhang, L. Qiao, C. Chen, L. Tian en X. Zheng, „Effects of organic ground covers on soil moisture content of urban green spaces in semi-humid areas of China,” vol. 60, nr. 1, 2021.
- [30] F. Kool, C. Kempenaar, J. Riepma en A. Medema, „Vergelijkingsproef bodemvochtsensoren : vergelijking van verschillende bodemvochtsensoren op twee praktijkpercelen in het kader van NPPL,” WUR, 2022.
- [31] E. van der Burgt en D. Verstand, „De kosten van irrigatiesystemen in beeld,” WUR, 2021.
- [32] „Kostprijs,” 2022. [Online]. Available: [www.gidsduurzamegebouwen.brussels/wadis/kostprijs](http://www.gidsduurzamegebouwen.brussels/wadis/kostprijs).
- [33] Bartens en e. al., „Can Urban Tree Roots Improve Infiltration through Compacted Subsoils for Stormwater Management,” vol. 2008, nr. 37, 2008.
- [34] Berland en e. al., „The role of trees in urban stormwater management,” vol. 2017, nr. 162, 2017.
- [35] Boogaard en e. al., „oonderzoek natuurvriendelijke wadi’s; inrichting, functioneren en beheer,” nr. 2003-04, 2003.
- [36] KNMI, „KNMI’14-klimaatscenario’s voor Nederland; Leidraad voor professionals in klimaatadaptatie,” KNMI, De Bilt, 2015.
- [37] Keuhler en e. al., „Quantifying the benefits of urban forest systems as a component of the green infrastructure stormwater treatment network,” vol. 2017, nr. 10, 2016.
- [38] McPherson en Geiger, „environmentalbenefitsoftreesinurbanareas.pdf,” [Online]. [Geopend oktober 2022].
- [39] McPherson en e. al., „Surface storage of rainfall in tree crowns: not all trees are equal,” vol. 2017, nr. June, 2017.
- [40] Pauleit en Duhme, „Assessing the environmental performance of land cover types for urban planning,” vol. 52, 2000.
- [41] Vilhar, „Water regulation and purification,” in *The Urban Forest: Cultivating Green Infrastructure for People and the Environment*, Springer International Publishing, 2017.
- [42] Wang en e. al., „Mechanistic simulation of tree effects in an urban water balance model,” vol. 44, 2008.
- [43] Wang en e. al., „Effects of Urbanization, Soil Property and Vegetation Configuration on Soil Infiltration of Urban Forest in Changchun, Northeast China,” vol. 28, nr. 3, 2018.
- [44] Kluck en e. al., „De klimaatbestendige wijk,” HvA Faculteit Techniek, 2017.
- [45] „Mulchen: beter voor de bodem, goedkoper dan schoffelen!,” [Online]. Available: [arborconsultancy.nl/mulchen-beter-voor-de-bodem-goedkoper-dan-schoffelen/](http://arborconsultancy.nl/mulchen-beter-voor-de-bodem-goedkoper-dan-schoffelen/). [Geopend 2022].

[46] k. Nederland, „klimaatadaptatie Nederland,” [Online]. Available: <https://klimaatadaptatieNederland.nl>. [Geopend 2022].

## Bijlagen

### I Opzet waterbalansmodel

Deze bijlage beschrijft de gehanteerde uitgangspunten voor de waterbalansberekeningen met het model STUW.

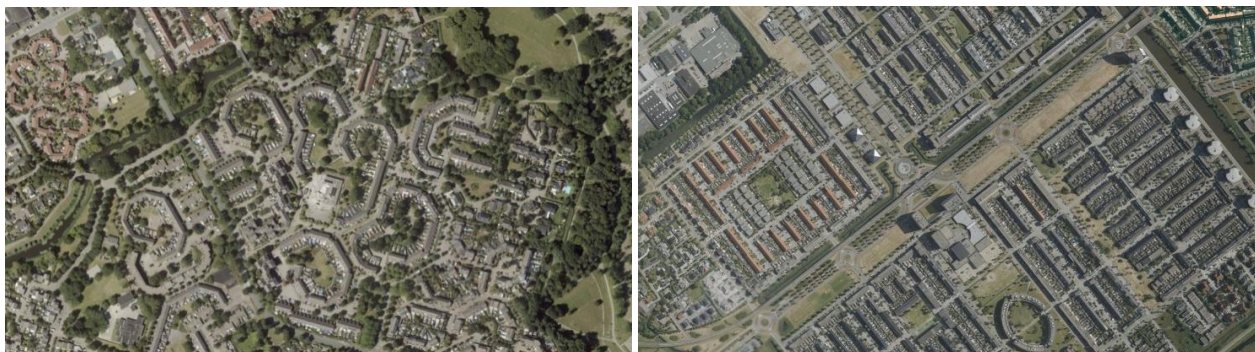
#### I.1 Wijktypes en kenmerken

Bij de waterbalansberekeningen is met twee wijktypes gewerkt: Bloemkoolwijken en Vinex wijken. Uit het NKWK Droogte 2021 [1] is informatie beschikbaar over de gemiddelde oppervlaktes daken, verharding en groen per type wijk. Het model STUW heeft een iets andere invoer nodig:

Daken		Verharding wegen		Groen			Niet aangesloten verharding
% vlak	% hellend	% open	% gesloten	% bomen	% struiken	% gras	%

Hiervoor zijn de volgende aannames gedaan:

- Private verharding bestaat voor 80% uit open verharding en 20% uit gesloten verharding. De aanname is dat tuinen vooral open verharding hebben.
- Openbare verharding bestaat uit 80% open verharding en 20% gesloten verharding. Deze waarde zijn eerder afgeleid [4] uit de Basisregistratie Grootchalige Topografie (BGT) voor negen wijken.
- Het percentage vlakke daken verschilt per type woonwijk en is geschat uit luchtfoto's (Figuur 18):
  - Bloemkoolwijken 80% hellende daken en 20% vlakke daken
  - Vinexwijken: 60% hellende daken en 40% vlakke daken
- Voor het percentage niet aangesloten verharding is aangenomen:
  - Alle verharding op openbaar terrein is aangesloten op de riolering
  - Alle gebouwen op privaat terrein zijn aangesloten op de riolering
  - 30% van de verharding op privaat terrein is aangesloten op de riolering
  - De overige 70% van het oppervlak infiltreert naar de ondergrond. Kleine buien van minder dan 1 mm worden niet toegevoegd aan het grondwater, dit water zal verdampen.
- Groen bestaat uit bomen en laag groen. In het waterbalansmodel wordt geen onderscheid gemaakt of deze boom in groen terrein staat of binnen verharding. Voor de waterbalans is het laaggroen onderverdeeld in gras en struiken:
  - Particulier terrein: 50% gras en 50% struiken
  - Openbaar terrein: 70% gras en 30% struiken
- Het oppervlak open water per wijk is overgenomen uit het NKWK Droogte 2021.
- De restpost per wijk van 3-5% is evenredig verdeeld over de andere oppervlakken.



Figuur 18: Luchtfoto's voor schatting van percentage hellende en vlakke daken voor Vinexwijk (links) en Bloemkoolwijk (rechts)

## I.2 Bodem

De volgende bodem types zijn gehanteerd:

- Hoog Nederland: Zand
- Laag Nederland: Veen en Klei (met een ophooglaag van zand)

Dit geeft drie combinatie van bodemtypes binnen het programma FLUZO (Tabel 11):

- Laag Nederland Klei: bovengrond nr. 1 en ondergrond nr. 17
- Laag Nederland Veen: bovengrond nr. 1, ondergrond nr. 11
- Hoog Nederland Zand: bovengrond nr. 1, ondergrond nr. 1

Tabel 11: Bodemtypes in het programma FLUZO

Dutch version (Staringreeks from Wösten et al. 1994)		
Nr	Bovengronden	Ondergronden
1	Leemarm, zeer fijn tot matig fijn zand	Leemarm, zeer fijn tot matig fijn zand
2	Zwak lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	Zwak lemig, zeer fijn tot matig fijn zand
3	Sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	Sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand
4	Zeer sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand	Zeer sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand
5	Grof zand	Grof zand
6	Keileem	Keileem
7	Zeer lichte zavel	Beekleem
8	Matig lichte zavel	Zeer lichte zavel
9	Zware zavel	Matig lichte zavel
10	Lichte klei	Zware zavel
11	Matig zware klei	Lichte klei
12	Zeer zware klei	Matig zware klei
13	Zandige leem	Zeer zware klei
14	Siltige leem	Zandige leem
15	Venig zand	Siltige leem
16	Zandig veen en veen	Oligotroof veen
17	Venige klei	Mesotroof en Eutroof veen
18	Kleiig veen	Moerige tussenlaag

De verschillende modelparameters per bodem type zijn samengevat in Tabel 12.

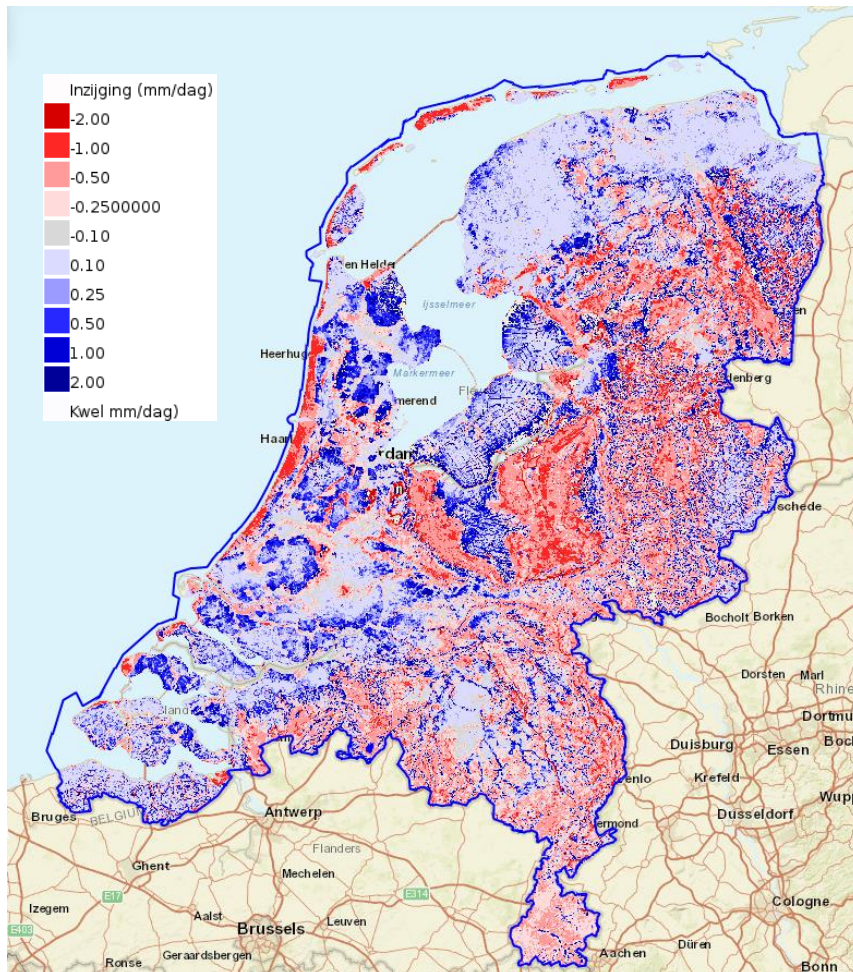
Tabel 12: Modelparameters per bodemtype

Typologie	naam typologie	Bergings coëfficiënt (-)	weerstand deklaag (d)	Drainageweerstand (d)	Infiltratieweerstand (d)	kwel/wegzijing zomer (mm/d)	kwel/wegzijing winter (mm/d)	initiele grondwaterstand (m)	Drooglegging(m)
Laag NL 1	veen	0.15	2500	7	14	-0.4	-0.4	-0.4	0.5
Laag NL 2	klei	0.15	500	10	20	1	1	-0.9	1.2
Hoog NL	zand	0.2	250	3	6	-1	-1	-1	1.2

De diepte van de grondwaterspiegel wordt berekend door het model en is afhankelijk van neerslag en verdamping. De drooglegging wordt gebruikt om het peil van het open water te bepalen, waarbij de grondwaterstand in de winter voornamelijk op of boven deze drooglegging zal worden berekend en in de zomer eronder zakken. De drooglegging is in principe 1,2 meter, dit is de richtlijn voor drooglegging in stedelijk gebied. Voor veen is een kleinere drooglegging gekozen omdat hier een kleine drooglegging noodzakelijk is om bodemdaling te voorkomen.

De mate van kwel en wegzijing verschilt in Nederland per locatie (Figuur 19). Voor kleigebieden is een gemiddelde kwelsterkte aangehouden van 1 mm/d; voor veengebieden 0,4 mm/d infiltratie en voor zandgebieden 1,0 mm/d infiltratie.





Figuur 19: Berekende kwel en infiltratie uit het LM4.1 [26]

### I.3 Maatregelen

Er zijn vier maatregelen doorgerekend, waarbij het percentage verharding of afgekoppeld terrein is aangepast:

1. Meer groen in de straat
2. Het onttegenen van particuliere tuinen
3. Afkoppelen en infiltreren naar de bodem
4. Gebruik van waterpasserende verharding in de openbare ruimte

De gebruikte percentages oppervlak per wijktype en per situatie zijn samengevat in Tabel 13 tot en met Tabel 16:

- Voor het private terrein is een onderverdeling gemaakt in verhard gebied, de gebouwen en het groen. Voor de gebouwen is vermeld welk deel van het oppervlak afgekoppeld is.
- Voor het openbare terrein is een onderverdeling gemaakt in verhard gebied, de gebouwen, het groen en water. Voor het verharde gebied is vermeld welk deel van het wegoppervlak waterpasserend is.

Tabel 13: Gebruikte percentages oppervlak voor Bloemkoolwijk op zandgrond in hoog Nederland

	Bloemkoolwijk hoog Nederland (zand)							
	Privaat				Openbaar			
	Verhard	Gebouwen / Afgekoppeld	Groen	Water	Verhard / Passerend	Gebouwen	Groen	Water
Referentie	16,5	10,9 / 0	15,8	0	15 / 0	0,0	32,3	6,7
Scenario 1	16,5	10,9 / 0	15,8	0	7,5 / 0	0,0	39,8	6,7
Scenario 2	8,25	10,9 / 0	24,05	0	15 / 0	0,0	32,3	6,7
Scenario 3	16,5	5,45 / 5,45	21,25	0	15 / 0	0,0	32,3	6,7
Scenario 4	16,5	10,9 / 0	15,8	0	7,5 / 7,5	0,0	32,3	6,7

Tabel 14: Gebruikte percentages oppervlak voor Bloemkoolwijk op klei en veengronden in laag Nederland

	Bloemkoolwijk laag Nederland (klei en veen)							
	Privaat				Openbaar			
	Verhard	Gebouwen / Afgekoppeld	Groen	Water	Verhard / Passerend	Gebouwen	Groen	Water
Referentie	15,7	13,6 / 0	11,9	0	18,3 / 0	0,0	24	13,5
Scenario 1	15,7	13,6 / 0	11,9	0	9,15 / 0	0,0	33,15	13,5
Scenario 2	7,85	13,6 / 0	19,75	0	18,3 / 0	0,0	24	13,5
Scenario 3	15,7	6,8 / 6,8	11,9	0	18,3 / 0	0,0	24	13,5
Scenario 4	15,7	13,6 / 0	11,9	0	9,15 / 9,15	0,0	24	13,5

Tabel 15: Gebruikte percentages oppervlak voor Vinexwijk op zandgrond in hoog Nederland

	Vinexwijk hoog Nederland (zand)							
	Privaat				Openbaar			
	Verhard	Gebouwen / Afgekoppeld	Groen	Water	Verhard / Passerend	Gebouwen	Groen	Water
Referentie	13,9	6,6 / 0	17,3	0	11,7 / 0	0,0	37,5	9,1
Scenario 1	13,9	6,6 / 0	17,3	0	5,85 / 0	0,0	43,35	9,1
Scenario 2	6,95	6,6 / 0	24,25	0	11,7 / 0	0,0	37,5	9,1
Scenario 3	13,9	3,3 / 3,3	17,3	0	11,7 / 0	0,0	37,5	9,1
Scenario 4	13,9	6,6 / 0	17,3	0	5,85 / 5,85	0	37,5	9,1

Tabel 16: Gebruikte percentages oppervlak voor Vinexwijk op klei en veengronden in laag Nederland

	Bloemkoolwijk Hoog Nederland							
	Privaat				Openbaar			
	Verhard	Gebouwen / Afgekoppeld	Groen	Water	Verhard / Passerend	Gebouwen	Groen	Water
Referentie	14,2	9,9 / 0	9,4	0	17,9 / 0	0,0	25,9	19,4
Scenario 1	14,2	9,9 / 0	9,4	0	8,95 / 0	0,0	34,85	19,4
Scenario 2	7,1	9,9 / 0	16,5	0	17,9 / 0	0,0	25,9	19,4
Scenario 3	14,2	4,95 / 4,95	9,4	0	17,9 / 0	0,0	25,9	19,4
Scenario 4	14,2	9,9 / 0	9,4	0	8,95 / 8,95	0	25,9	19,4

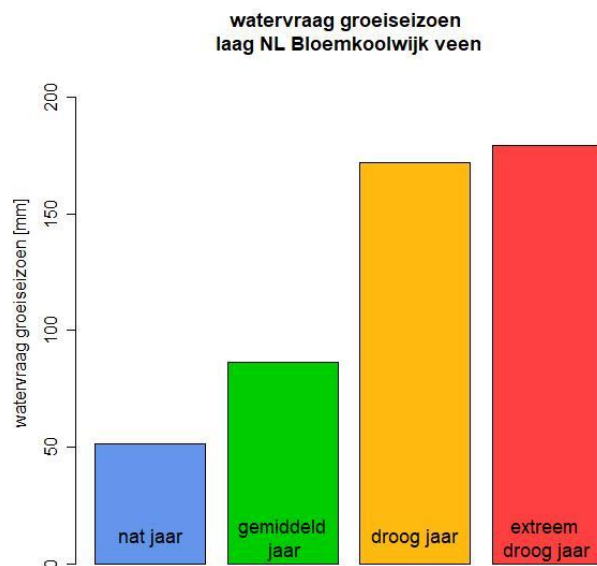
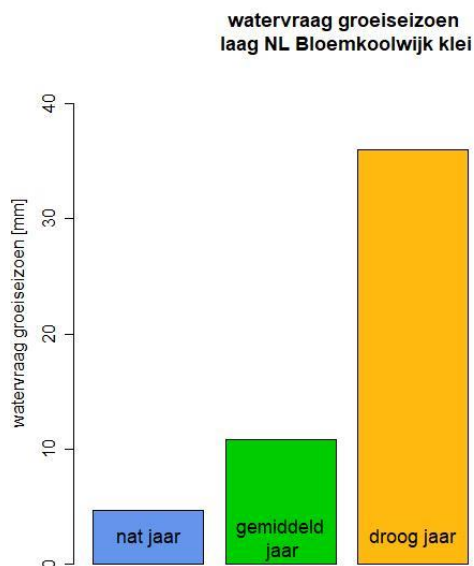
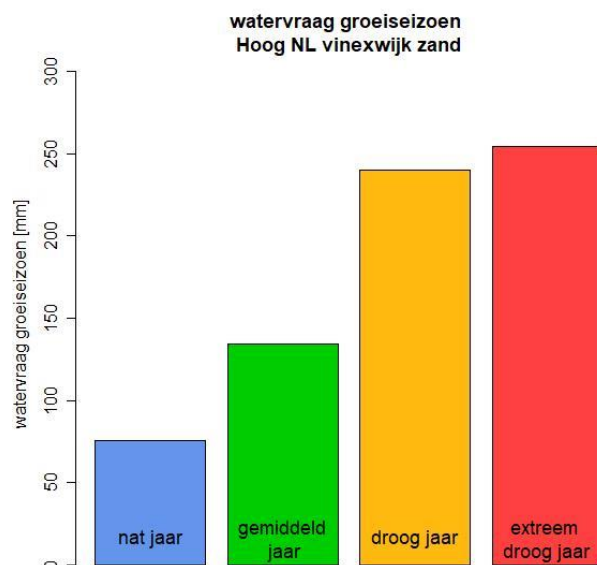
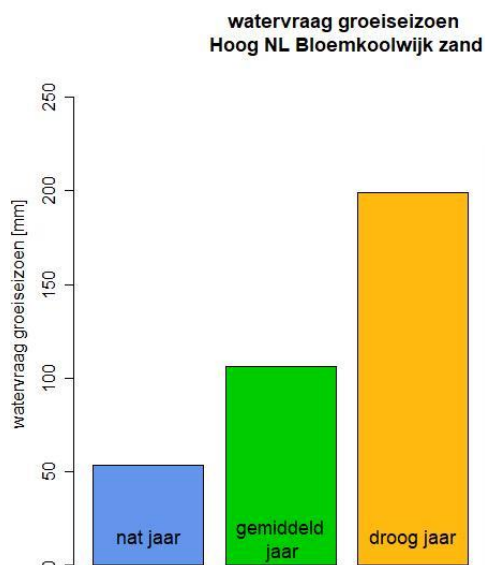


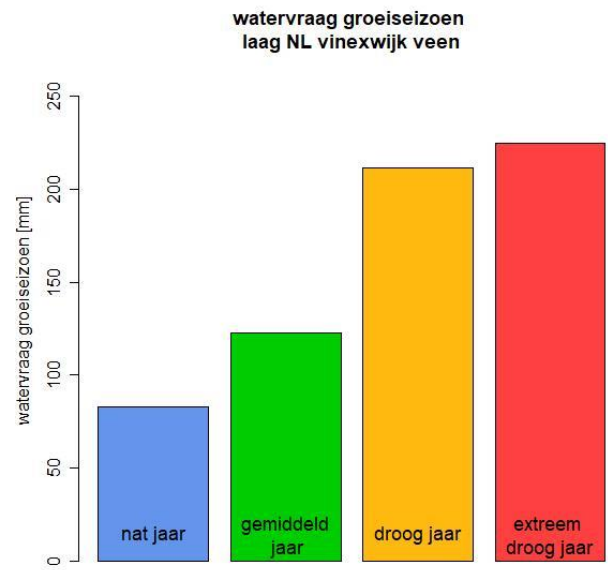
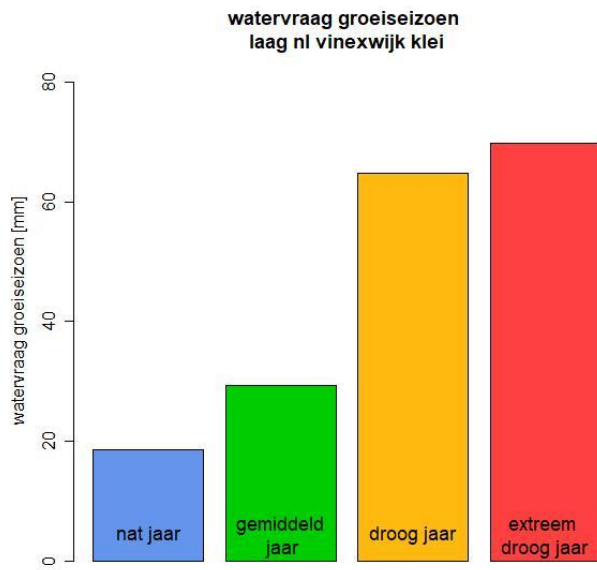
## II Figuren modellering

### II.1 Watervraag groeiseizoen

In dit hoofdstuk is per wijktype opgenomen wat de basiswatervraag is. Hierbij is de watervraag voor de vier verschillende meteorologische jaren weergegeven.

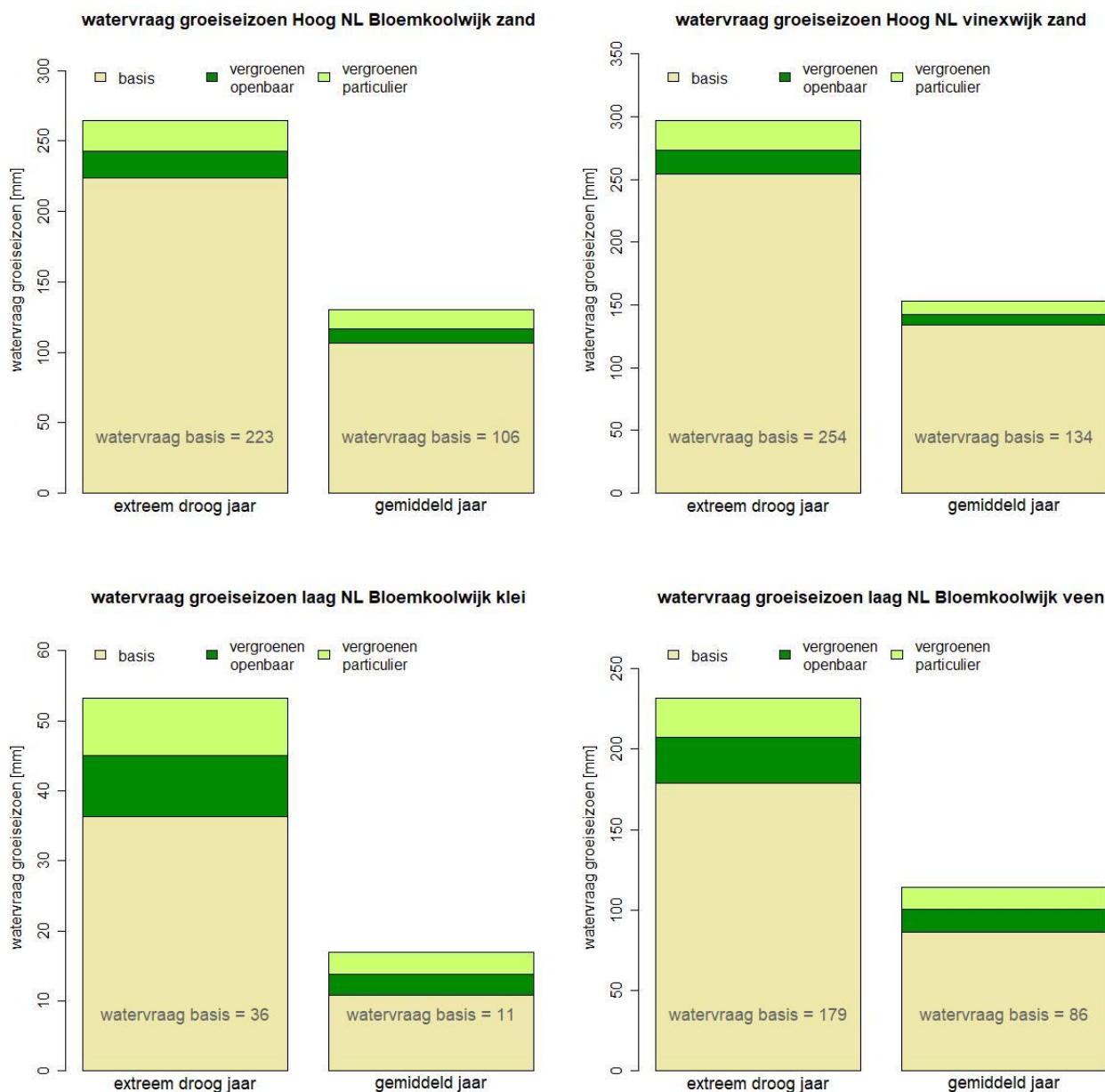
De watervraag is de hoeveelheid water die groen nodig heeft, maar niet (direct) beschikbaar is.

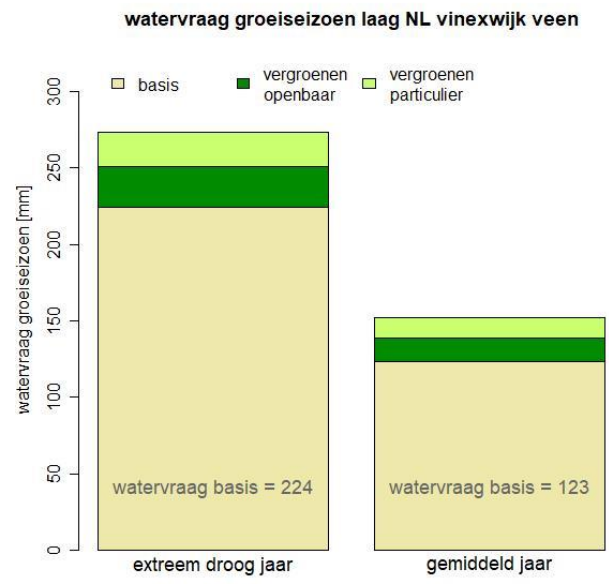
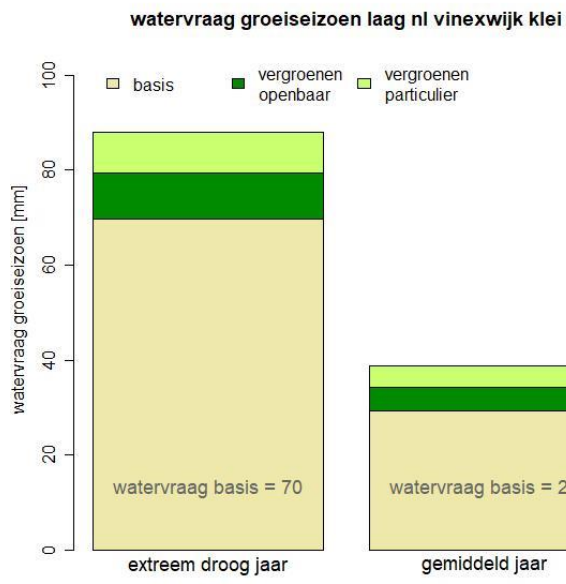




## II.2 Extra watervraag in een groeiseizoen bij vergroening

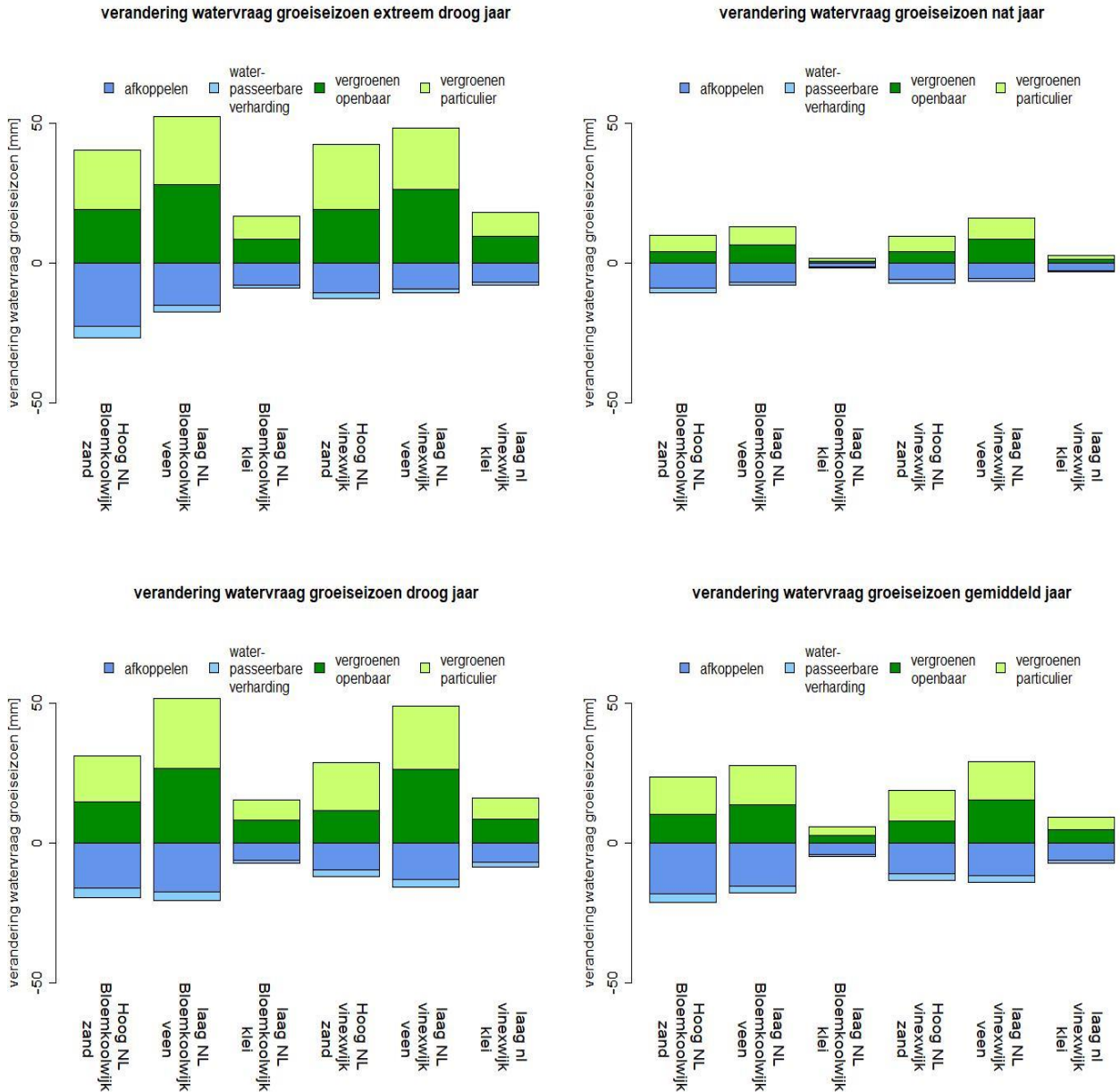
In dit hoofdstuk is per wijktype aangegeven wat de extra watervraag is van de vergroening van de wijk. Hierbij is zowel de vergroening van particulier terrein als openbaar terrein weergegeven. De watervraag is in beeld gebracht voor een gemiddeld en extreem droog jaar.





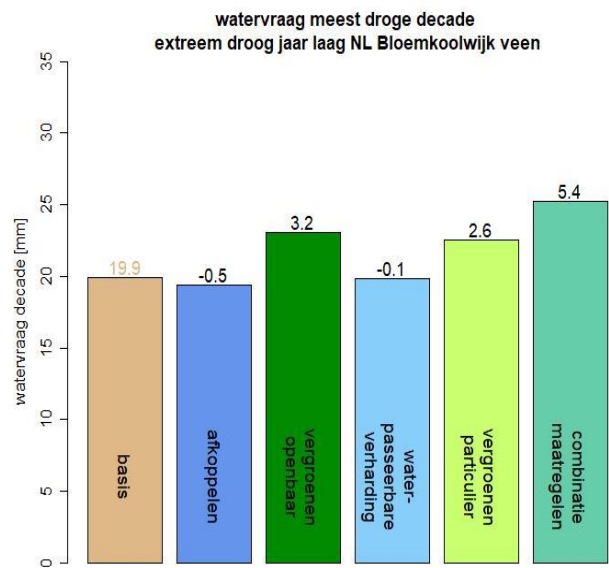
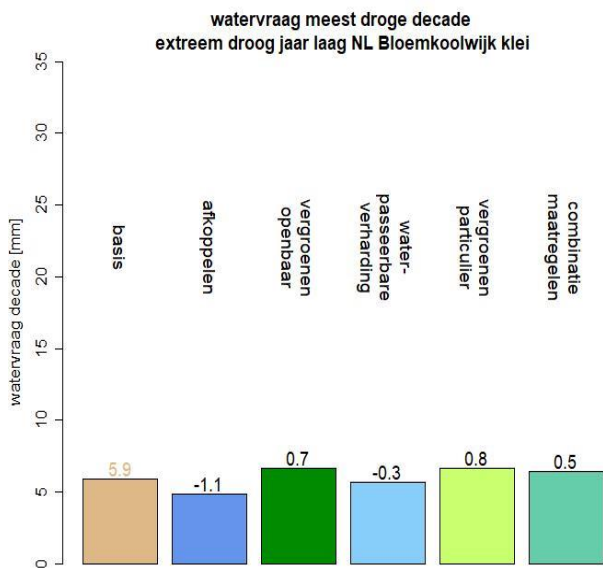
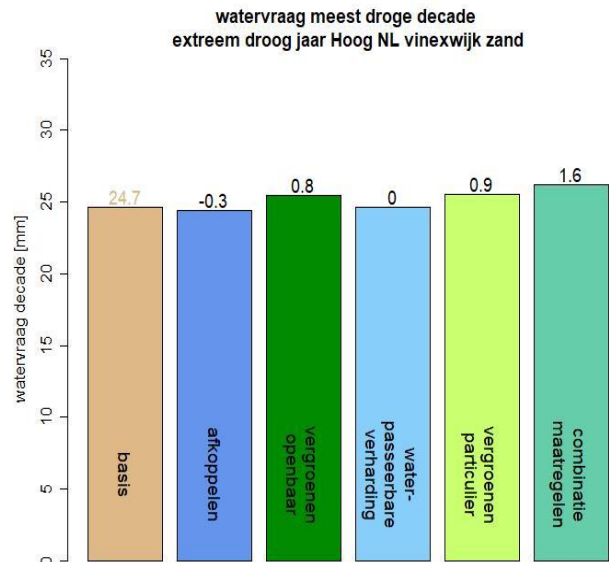
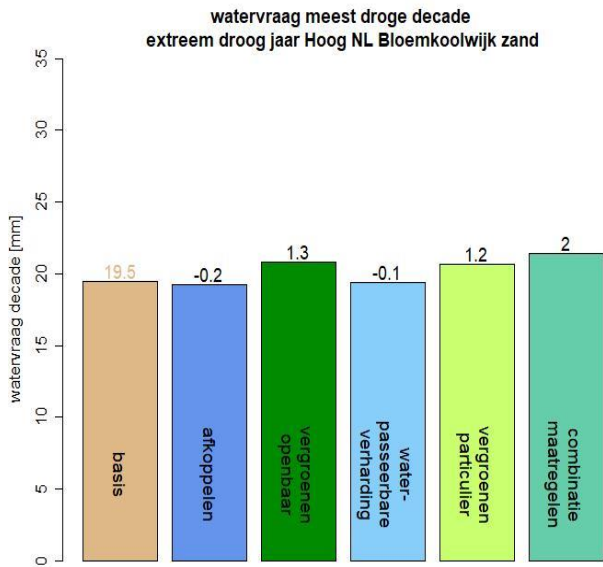
### II.3 Verschil in watervraag in een groeizoen

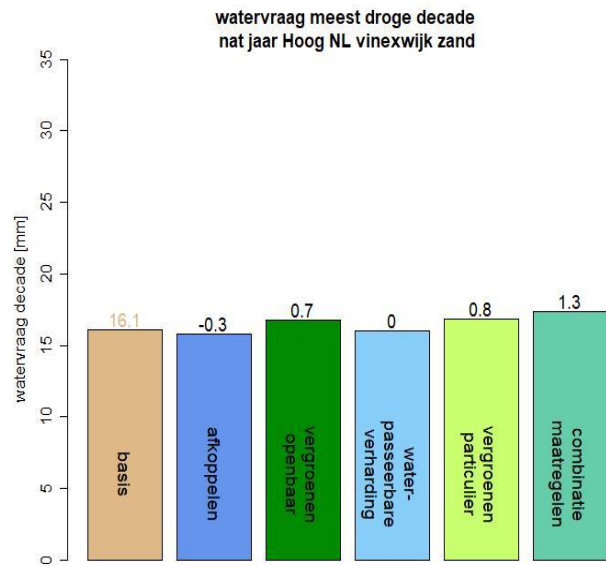
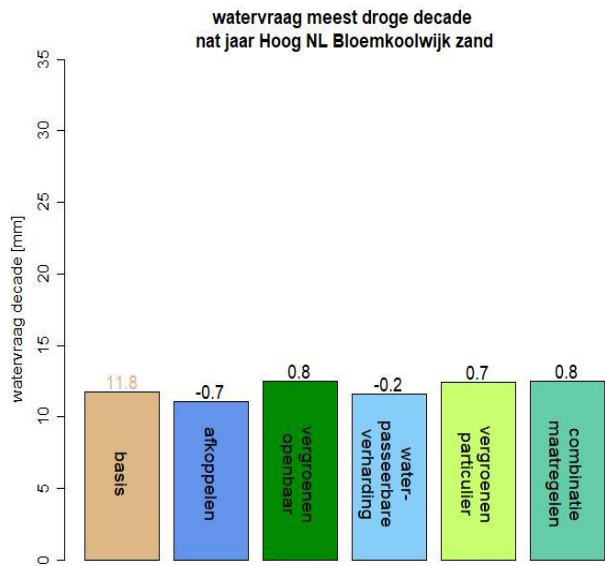
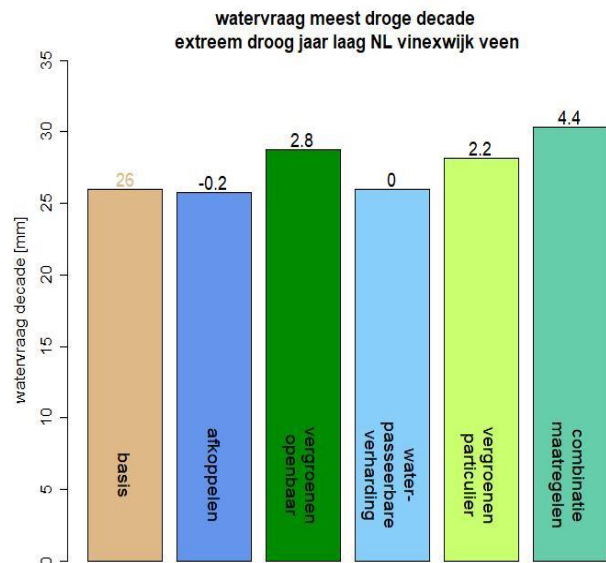
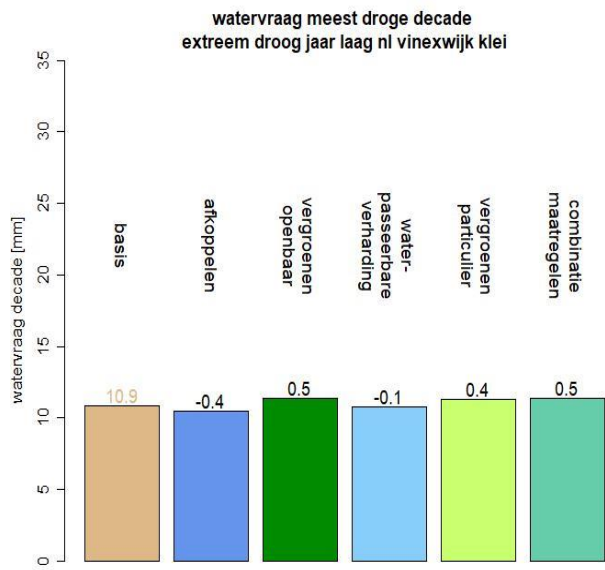
In dit hoofdstuk is per meteorologisch jaar weergegeven wat de aanvullende watervraag is door het vergroenen van een wijk en wat het afkoppelen en toepassen van waterpasserende verharding aan extra water kunnen toevoegen.



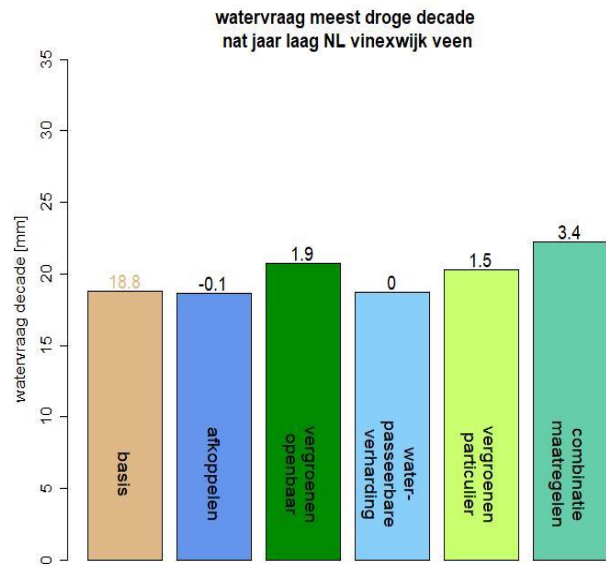
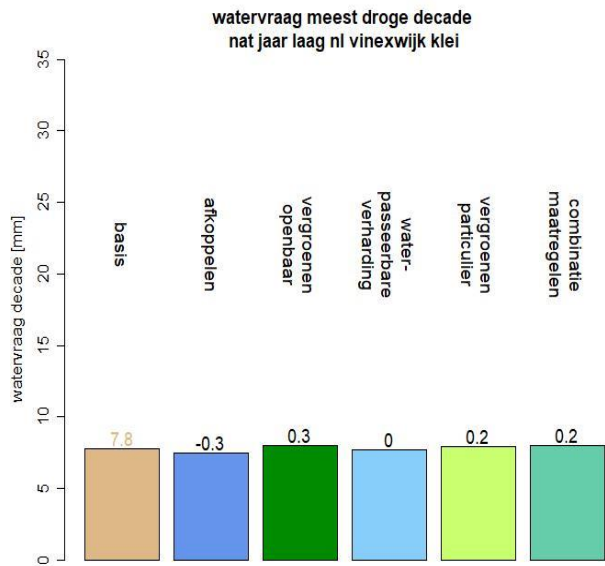
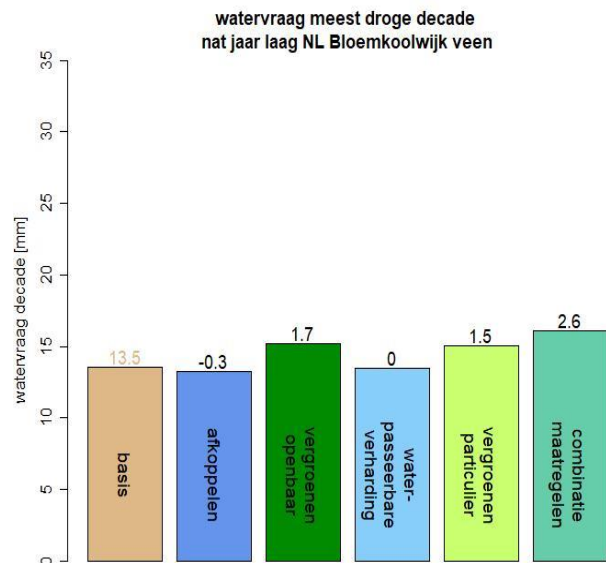
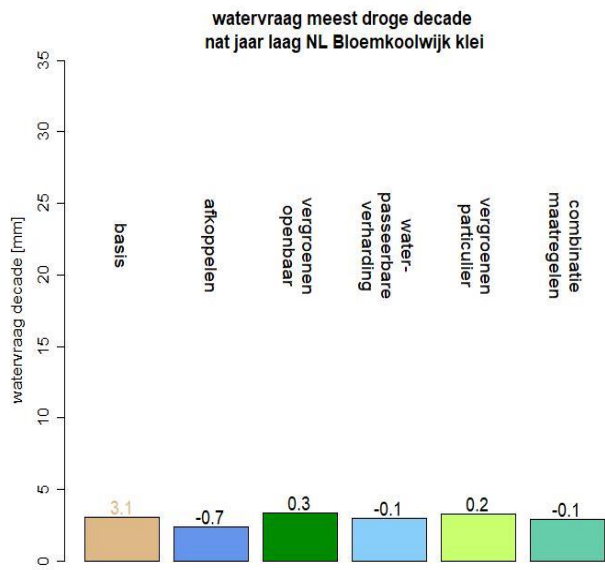
### II.4 Verschil in watervraag per type maatregel

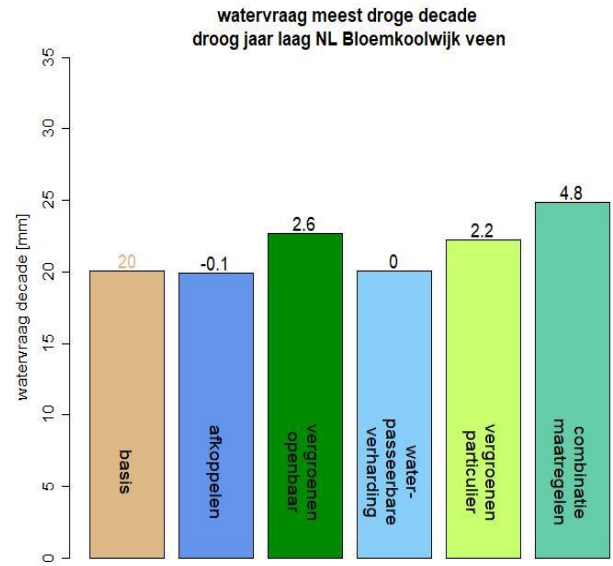
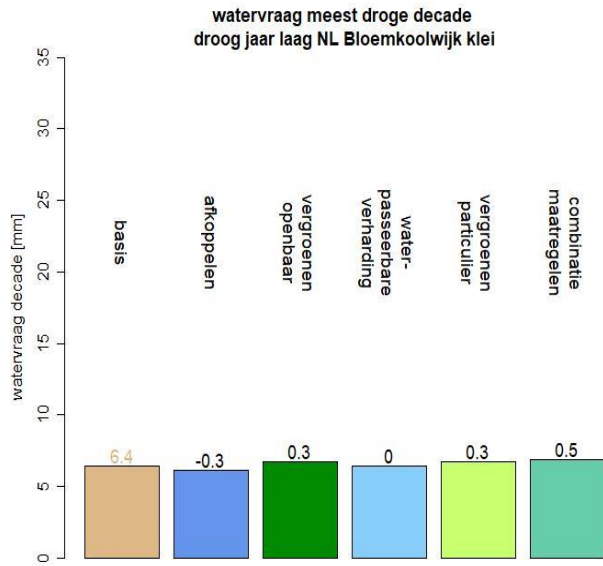
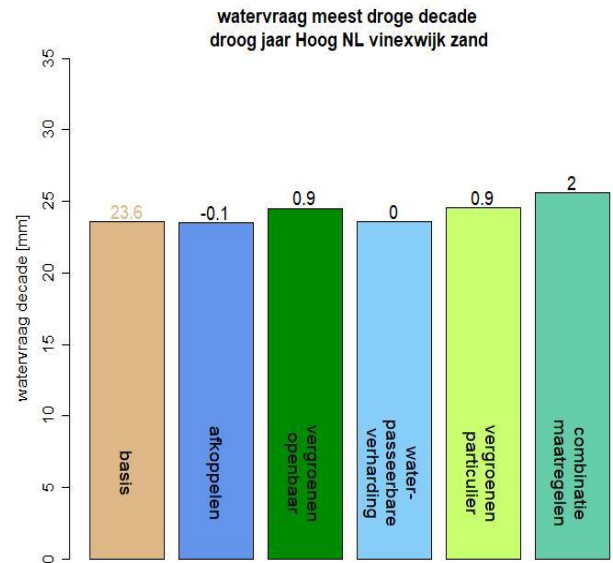
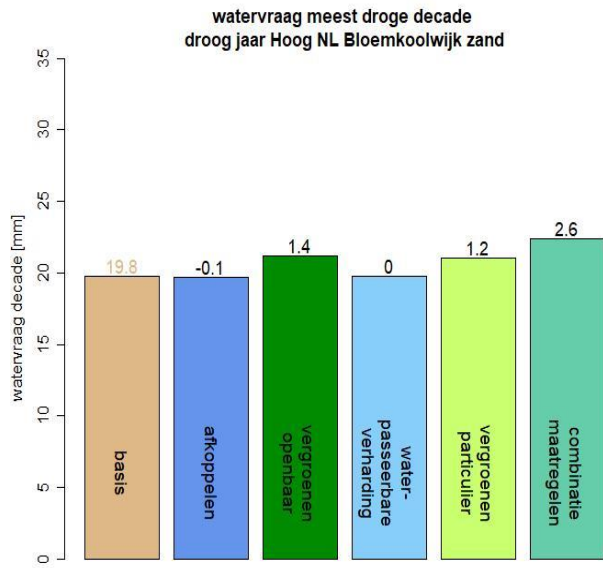
In dit hoofdstuk is voor het meest kritische decade (periode van 10 aaneengesloten dagen) in beeld gebracht wat de watervraag is per type maatregel. In elke figuur is de basiswatervraag, het verschil in watervraag door vergroening of afkoppelen/waterpasserende verharding en de watervraag bij een combinatie van maatregelen weergegeven.

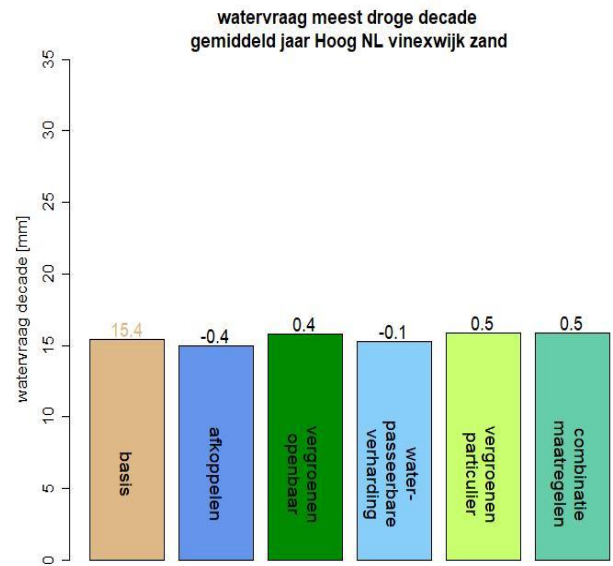
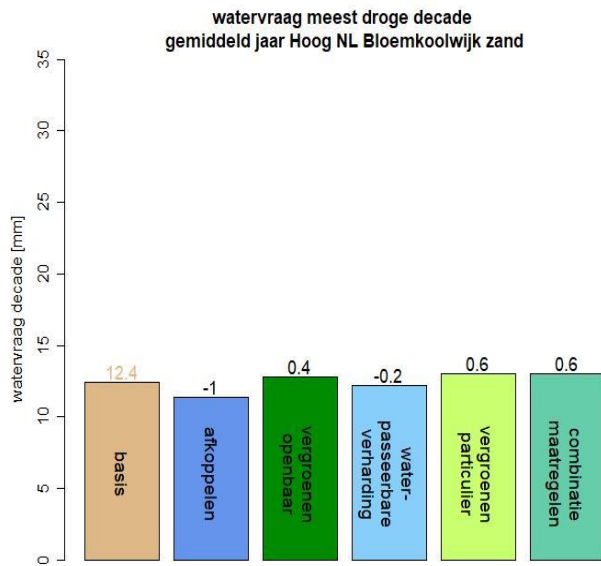
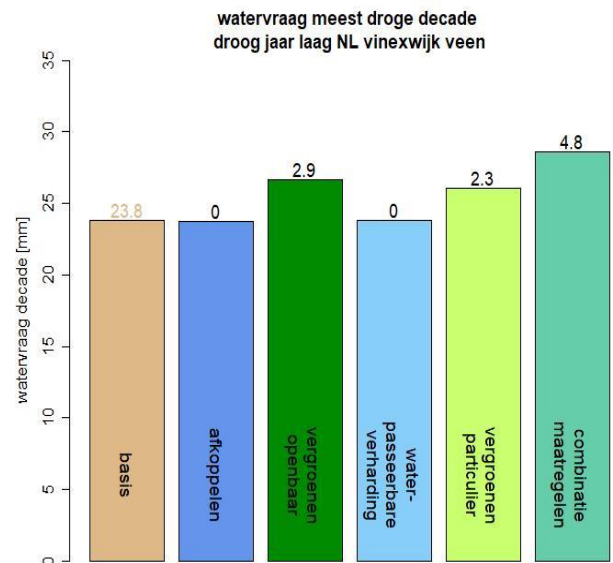
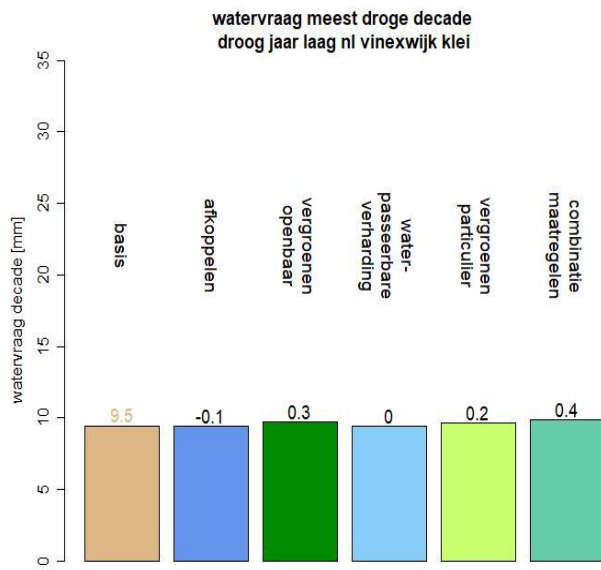


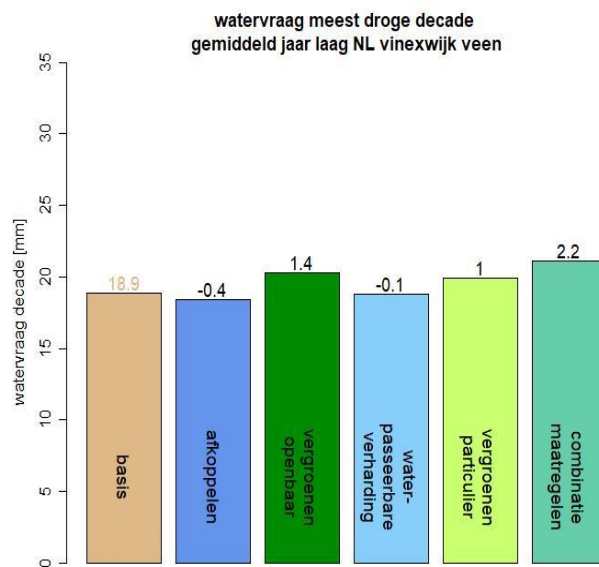
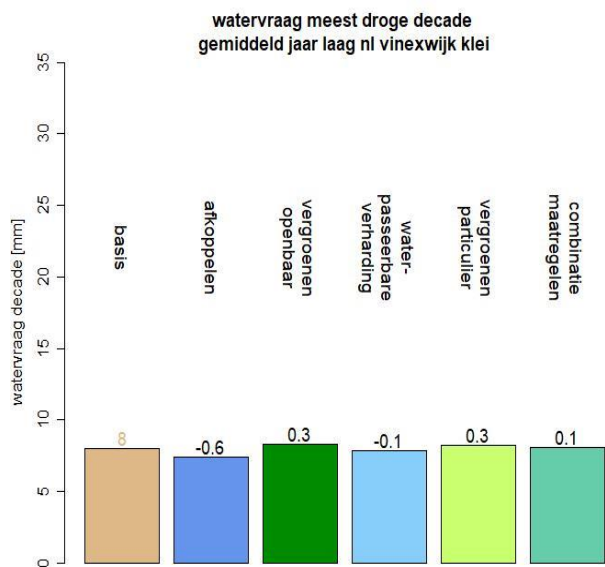
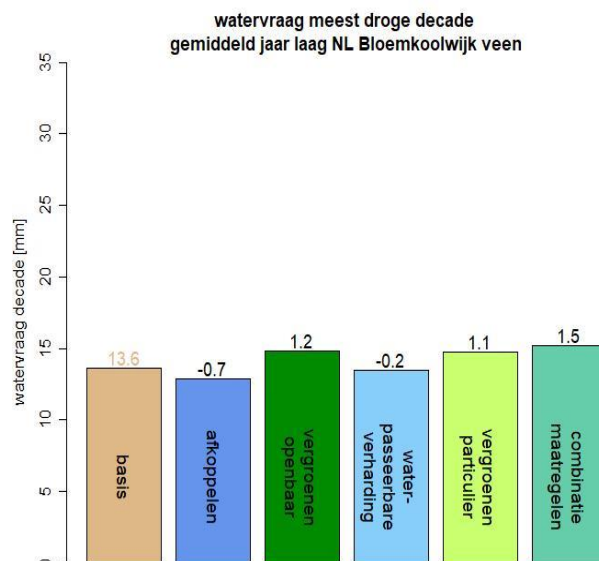
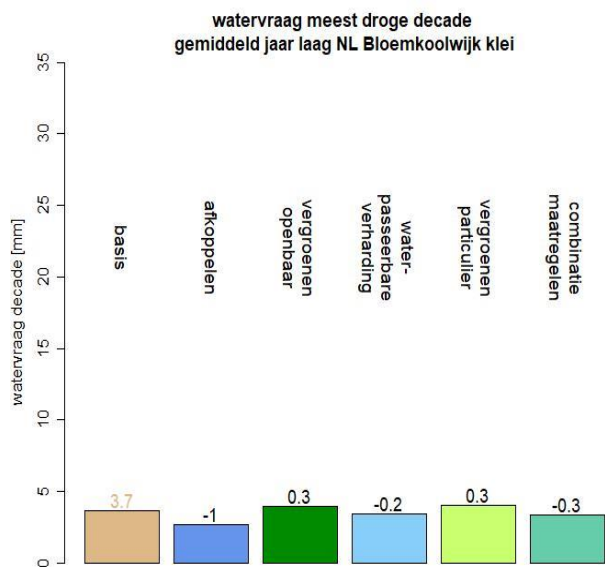






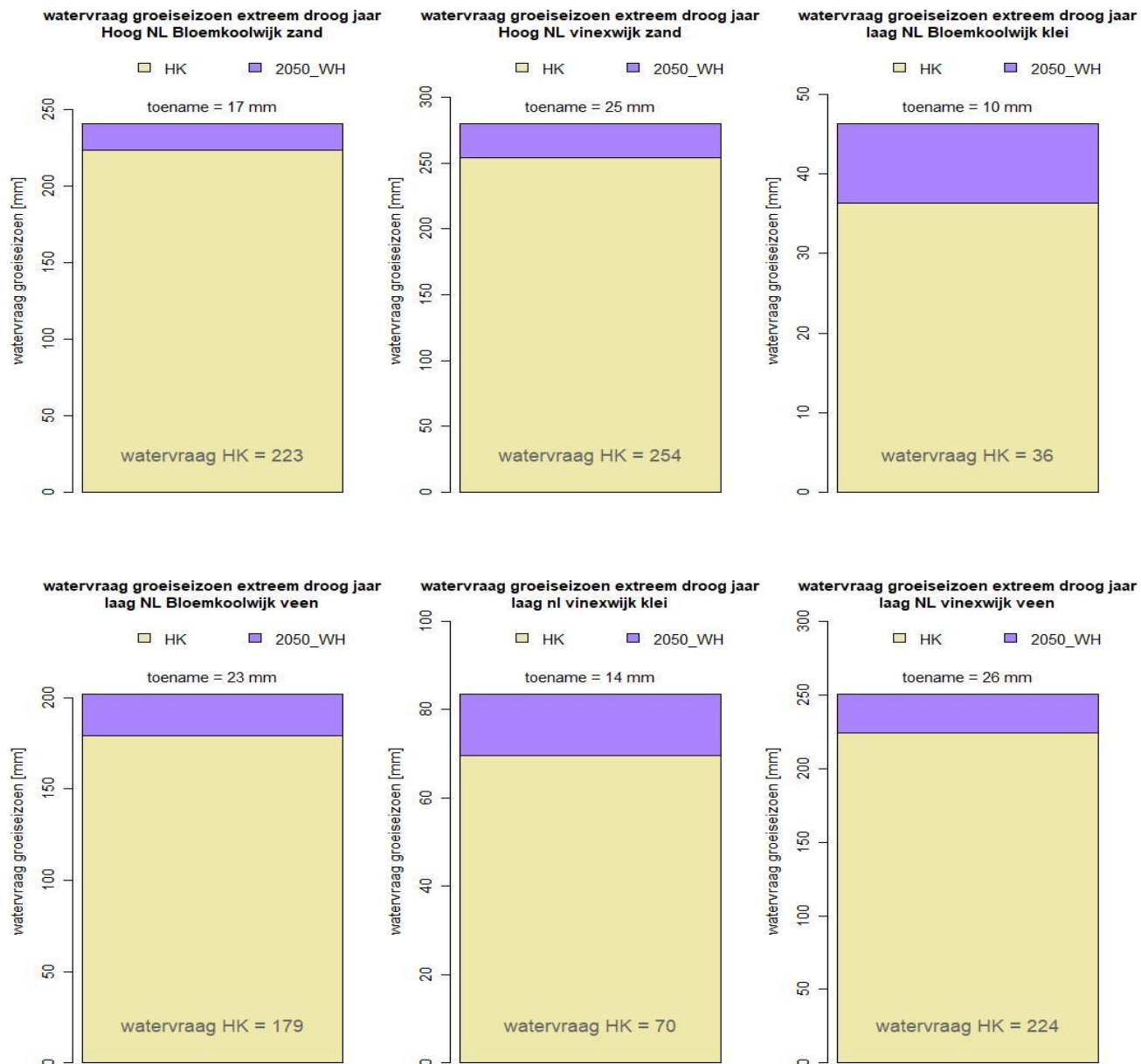


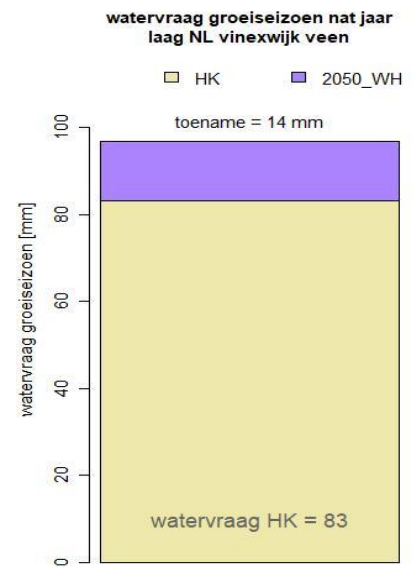
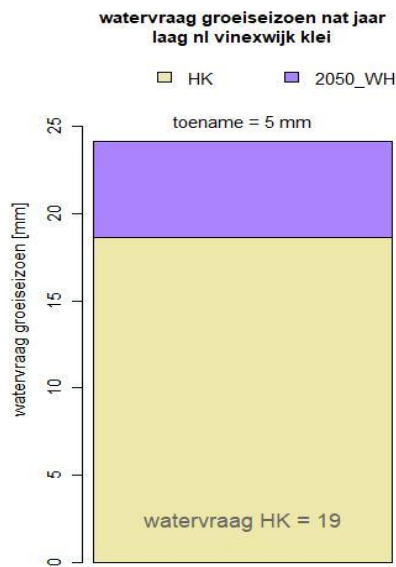
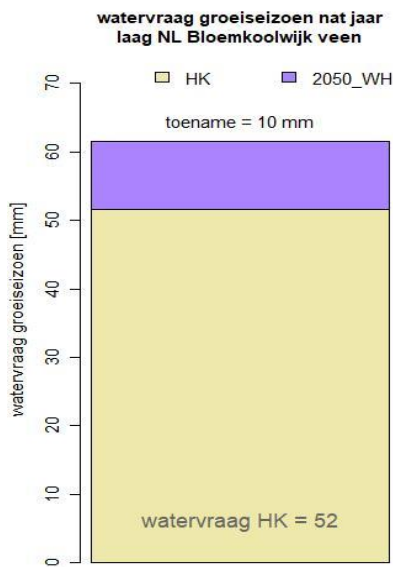
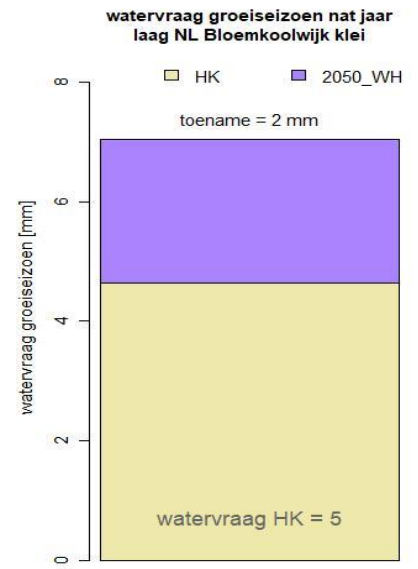
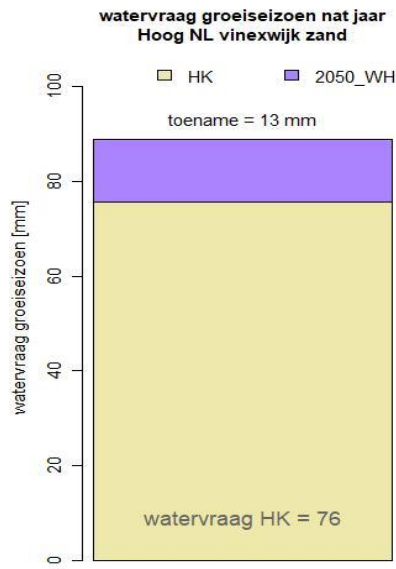
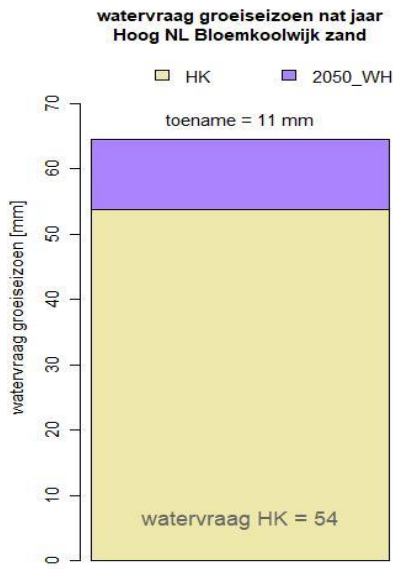


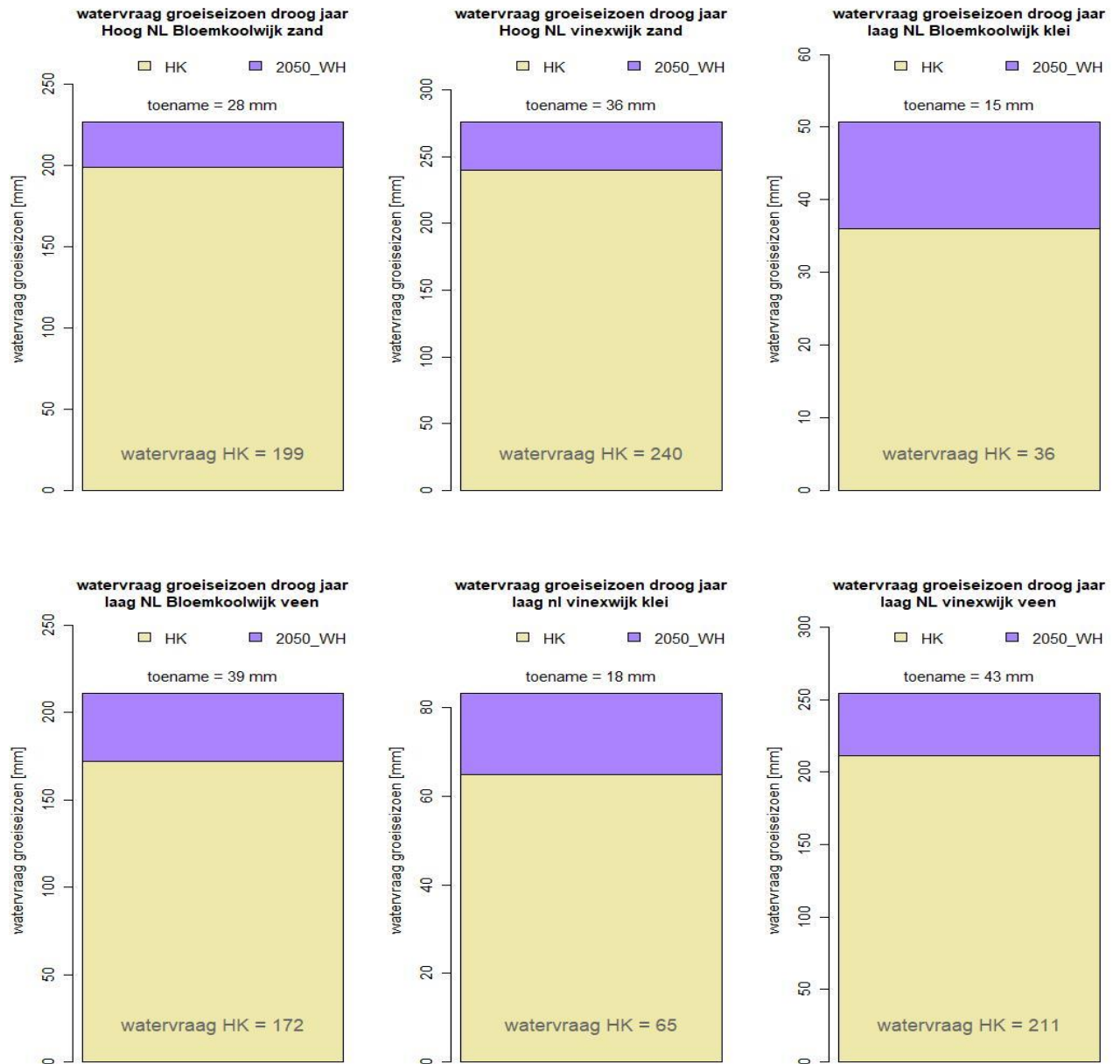


## II.5 Verschil in watervraag ten gevolge van klimaatverandering

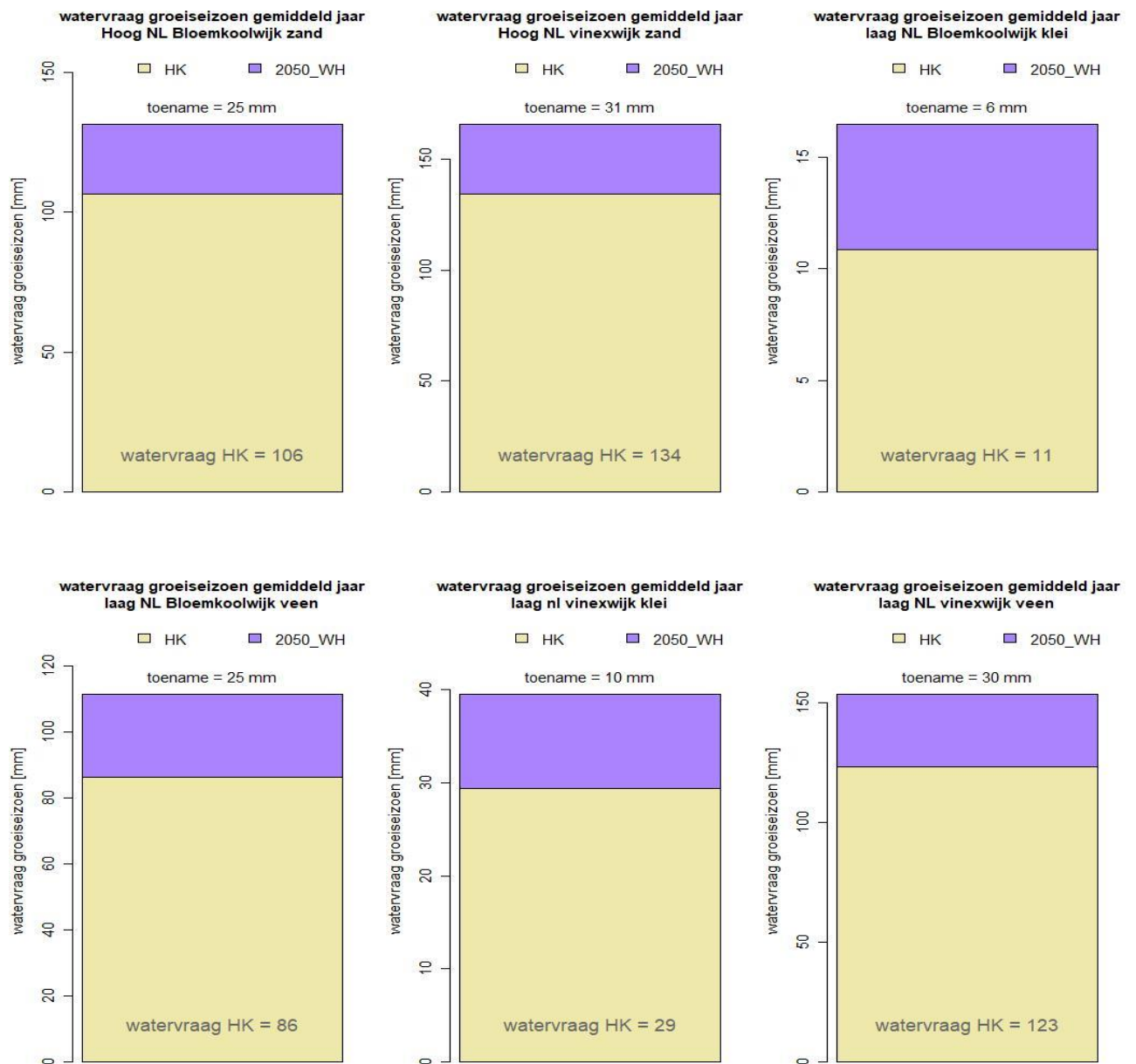
In dit hoofdstuk is per type woonwijk en meteorologisch jaar de extra watervraag weergegeven door de klimaatveranderingen. Hierbij is gekeken naar het KNMI WH-scenario, zichtjaar 2050











### III Kosten en baten

In deze bijlage zijn de indicatieve kosten, exclusief omzetbelasting, inflatiecorrectie en eventuele toeslagen van de verschillende maatregelen opgenomen. De genoemde kosten zijn gebaseerd op prijspeil 2021. Indien gebruik gemaakt is van kostenkennallen met een ander prijspeil, dan zijn de kosten omgerekend met een gemiddelde jaarlijkse inflatiecorrectie (1-2%).

Een belangrijke voetnoot bij deze kosten is dat de extreme prijsstijgingen van 2022 (10-15%) niet verdisconteerd is.

De kosten zijn gegroepeerd naar type maatregel en komt overeen met de groepering in hoofdstuk 4

#### III.1 Soort(keuze)

De (meer)kosten voor het vervangen van groen door droogtebestendig groen zijn afhankelijk van de soortkeuze. Door soorten te kiezen welke geschikt zijn voor warme droge zomers en die ook tegen strenge winters kunnen zal het percentage inboet naar verwachting niet toenemen. Mogelijk leidt een mix van hoge en lage gewassen en een grotere variëteit in gewassoorten tot meer maatwerk op het vlak van onderhoud en zou hierdoor enigszins kostenverhogend kunnen werken.

Tabel 17: maatregelen rondom soortenkeuze

Maatregel	Kosten (€)				Eenheid
	Afschrijving (jaren)	Aanleg	Onderhoud	Beheer	
SOORT(KEUZE)					
Gazon	25	0,3-0,4	0,4-0,6	0,4-0,6	per m <sup>2</sup>
Ruw gras	25	0,3-0,4	0,2-0,3	0,2-0,3	per m <sup>2</sup>
Struiken	25	25-35	2-9	3-10	per m <sup>2</sup>
Bosplantsoen	25	10-20	0,3-0,8	0,7-1,6	per m <sup>2</sup>
Bomen (geen bos)	25-80	350-750	15-20	20-50	per boom

Hieronder is per soort aangegeven hoe de kosten zijn opgebouwd

##### III.1.1 Gazon

De gemiddelde kosten voor inzaaien van gras bedragen € 0,35 per m<sup>2</sup> [14].

De gemiddelde onderhoudskosten in de vorm van maaien bedragen volgens de Benchmark Gemeentelijk Groen [27] circa € 0,4-0,6 per m<sup>2</sup>/jaar (uitgaande van minimaal 8 maai beurten per jaar).

##### III.1.2 Bloemrijk grasland en/of ruigte

De gemiddelde kosten voor inzaaien van ruw gras/bloemen bedragen € 0,35 per m<sup>2</sup> [14]. De gemiddelde onderhoudskosten in de vorm van maaien bedragen volgens de Benchmark Gemeentelijk Groen [27] circa € 0,2-0,3 per m<sup>2</sup>/jaar (uitgaande van ruw grasmaaien en afvoeren).

##### III.1.3 Struiken (sierheesters / hagen / plantenperken / vaste planten)

De kosten van de aanleg struiken bestaat uit:

- De aanschafkosten van struiken of vaste planten: € 20-30 per m<sup>2</sup>.
- Het aanbrengen van mest en doorfrozen: € 1,8 per m<sup>2</sup>.

- Het Plantgereed maken plantvak: € 1,4 per m<sup>2</sup>

De gemiddelde bandbreedte in aanlegkosten bedraagt € 25-35 per m<sup>2</sup> [14].

Indien de grond vervangen moet worden vanwege onkruidbestrijding zijn de aanlegkosten € 10-15 per m<sup>2</sup> hoger [28].

De gemiddelde onderhoudskosten bedragen volgens de Benchmark Gemeentelijk Groen [27] € 2-4 per m<sup>2</sup> voor opgaande sierheesters en bodembedekkende heesters. Voor geschoren heggen en hagen bedraagt de bandbreedte € 3-7 per m<sup>2</sup> en voor plantenperken/vaste planten € 3-9 per m<sup>2</sup>.

Gangbare activiteiten bij aanleg:

- Aanleg vak
- Onkruidbestrijding
- Diep spitten 30-35 cm
- Compost aanschaffen, verspreiden en doorfrezen
- Aanschaf planten
- Lossen, uitleggen en inplanten planten.

Gangbaar onderhoud:

- Onkruidbestrijding (circa 2-3x per jaar)
- Zwerfvuil verwijderen en afvoeren
- Maaien
- Inboeten, opnemen en uitvoeren (1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> jaar na aanleg)
- Water geven (1<sup>e</sup> en eventueel ook 2<sup>e</sup> jaar, noodzaak afhankelijk van weer en locatie)
- Bijmesten
- Afvoeren maaisel en storten

### III.1.4 Bosplantsoen

Bosplantsoen is een variatie aan groen bestaande uit één- tot driejarig plantmateriaal zoals inheemse struiken en bomen, maar ook naalddhout voor de aanplant van bossen, groensingels of houtwallen.

De kosten bij een bosplantsoen bestaan uit:

- Aanbrengen mest en doorfrezen: € 1,8 per m<sup>2</sup>
- Plantgereed maken plantvak: € 1,4 per m<sup>2</sup>
- Leveren (bos)plantsoen/heesters: € 2-7 per m<sup>2</sup> (2-7 stuks per m<sup>2</sup>, € 1,-/stuk)
- Planten (bos)plantsoen: € 4-14 per m<sup>2</sup> (2-7 stuks per m<sup>2</sup>, € 2,-/stuk)

De gemiddelde aanlegkosten bedragen circa € 10-25 per m<sup>2</sup> [14].

De gemiddelde onderhoudskosten bedragen volgens de Benchmark Gemeentelijk Groen [27] € 0,3-0,8 per m<sup>2</sup>.

### III.1.5 Straatbomen

De plantkosten (inclusief aanschaf) voor een straatboom bedragen circa € 350 - 750 [17]. De gemiddelde onderhoudskosten bedragen volgens de Benchmark Gemeentelijk Groen [27] € 15-20 per boom (exclusief monumentale bomen). Dit is inclusief de inboet van bomen, maar exclusief de heraanleg van bomenrijen.

De kostprijs voor een boom inclusief alle benodigde voorzieningen en een groeiruimte van 25 m<sup>3</sup> kan variëren van circa € 1.000 (open grond) tot € 5.000 (in verharding) [15]. In het handboek bomen van het Norminstituut staat veel nuttige informatie over kosten en baten van bomen.

### III.2 Groeiplaats

De(meer)kosten voor het herinrichten van een groeiplaats zijn net als het vervangen van groen sterk afhankelijk van de lokale omstandigheden. Obstakels in de ondergrond zoals kabels en leidingen en bereikbaarheid van materieel kunnen kostenverhogend werken. De kosten in Tabel 18 zijn voor een situatie waarbij schone grond/verharding wordt afgevoerd en plaatselijk een nieuwe bodem(laag) wordt aangebracht.

Tabel 18: maatregelen rondom groeiplaats

Maatregel	Kosten (€)				Eenheid
	Afschrijving (jaren)	Aanleg	Onderhoud	Beheer	
GROEIPLAATS					
Verdikken leeflaag	40	150-450	NVT	4-11	per m <sup>2</sup>
Creëren wortelruimte	40	150-200	NVT	4-5	per m <sup>3</sup>
Verbeteren bovengrondse bodemlaag	De meerkosten voor het aanbrengen van een mulchlaag wegen op tegen de minderkosten als gevolg van minder benodigd onderhoud. Bandbreedte aanleg € 1-2				
Toevoegen schimmels	Vereist maatwerk				
Verbeteren gasuitwisseling	40	150-250	NVT	4-6	per boom

#### III.2.1 Verdikken leeflaag

Het verdikken van de leeflaag bestaat uit het aanbrengen van humusrijke (compost)grond. In een normale situatie bedraagt de leeflaag 30-50 cm. De grond kost indicatief € 25 per m<sup>3</sup> voor levering en € 5 per m<sup>3</sup> voor verwerking, een totaal van € 30 per m<sup>3</sup>. Voor de afvoer van grond kan € 5 per m<sup>3</sup> worden aangehouden. De storkosten van grond 'klasse wonen' bedragen € 14 per ton.

Uitgaande van een gemiddelde verdikking van de leeflaag van 20 cm voor heesters bedragen de kosten dan circa € 150 per m<sup>2</sup>. Eventuele onderhoudskosten blijven gelijk. Bomen hebben een dikkere leeflaag nodig. Uitgaande van een gemiddelde verdikking van de leeflaag van 40-60 cm voor bomen bedragen de meerkosten dan € 300-450 per m<sup>2</sup>.

#### III.2.2 Creëren wortelruimte

Wortelruimte kan worden gecreëerd door bestaand zand te vervangen door bomenzand/-granulaat of bomengrond. Bomenzand heeft een paar belangrijke eigenschappen. Het zand heeft voldoende organische stof voor de ontwikkeling van de bomen, heeft een waterbufferend vermogen en een hoge draagkracht. Bomenzand mag niet in contact komen met grondwater en dient derhalve 0,2 m boven de hoogste grondwaterstand te worden verwerkt. Ondanks de

hogere stabiliteit is bomenzand geen garantie om verzakkingen te voorkomen blijkt uit praktijkervaring. Granulaat is beter te verdichten. In groenvakken is teelaarde meer geschikt vanwege de eigenschappen. Bomengrond bevat veel organisch materiaal en is makkelijk te verdichten wat niet optimaal is bij verhardingen.

De meerkosten bestaan uit de afvoer en verwerking van het bestaande zand plus de aanvoer en verwerking van het bodemzand/bomengrond. Bomenzand/bomengrond kost indicatief € 150-200 per m<sup>3</sup>. Eventuele bijkomende kosten zijn voor het aanbrengen van een beluchtingssysteem (voor kosten zie verbeteren gasuitwisseling) en het reinigen van de beluchtingskanalen, aanbrengen mantelbuis t.b.v. derden en aanbrengen kunststofinlage en een laag drainagezand (naar schatting € 50,- totaal).

De benodigde groeiruimte voor de 3<sup>e</sup> grootte bomen bedraagt circa 5-10 m<sup>3</sup>, voor 2<sup>e</sup> orde grootte bomen 15 m<sup>3</sup> en voor 1<sup>e</sup> orde bomen 25 m<sup>3</sup>. De kosten voor teelaarde bedragen indicatief € 25 per m<sup>3</sup>.

### III.2.3 Verbeteren bovengrondse bodemlaag

Het verbeteren van de bovengrondse bovenlaag omvat o.a. maatregelen gericht op verbetering van het bodemleven, de bodemstructuur en nutriënten. Denk hierbij aan het laten verwilderen van de boomspiegel, mulching, extra compostering, toepassen van een bodemverbeteraar, het laten liggen van snoeiafval, actief toevoegen van bodemleven of het laten verwilderen.

Wetenschappelijk onderzoek naar 16 verschillende organische bodembedekkers [29] heeft aangetoond dat het bodemvochtgehalte, uitzonderingen daargelaten, vrijwel onafhankelijk is van de laagdikte van de organische bodembedekker. Voor een verhoging van het bodemvochtgehalte dient de dikte van de organische bodembedekker minimaal 5 cm te zijn. Voor de opname van regenwater dient de dikte minimaal 10 centimeter te bedragen.

De meerkosten voor het aanbrengen van een mulchlaag wegen min of meer op tegen de minderkosten voor schoffelen. Als de mulchlaag dik genoeg is onderdrukt het de kieming en groei van onkruid. Zie onderstaand voorbeeld:

#### Voordelen mulchlaag

Een Zuidhollandse gemeente streeft naar onderhoudsniveau B voor hun groenvakken en boomspiegels. Zo geven zij de groenvakken en boomspiegels een voorjaars- en najaarsbeurt en in het groeiseizoen worden de vakken gemiddeld 8 maal geschoffeld en uitgeharkt. De kosten voor dit regulier onderhoud bedragen € 2,3/m<sup>2</sup>. De kosten voor een mulchlaag bestaan uit het aanbrengen van de basislaag, het verwijderen van incidentele onkruiden (2x per jaar) en na drie jaar het opnieuw aanbrengen/aanvullen van een grove laag mulch. Zo heeft de mulchlaag een gemiddelde levensduur van 6 jaar. Indien de mulchlaag in het 6<sup>e</sup> jaar opnieuw wordt aangevuld, dalen de kosten op jaarbasis nog eens extra. Op basis van het aanbrengen van de mulchlaag en onderhoud inclusief het aanvullen van de grove mulch na drie jaar bedragen de kosten € 1,5/m<sup>2</sup>. [45]

Bij het laten verwilderen van groen dient dit nog wel onkruidvrij te worden gehouden. Om te bepalen wat onkruid is dient de gemeente wilde kruiden en onkruiden te definiëren.

### III.2.4 Toevoegen schimmels

Schimmels vormen een brug in de wortelzone die de planten helpt om voedingsstoffen en water op te nemen. Vanuit hydrologisch oogpunt kan dit wenselijk zijn. Echter vanuit ecologisch oogpunt kan het minder wenselijk zijn, omdat in veel gevallen de herkomst van de schimmels niet bekend is of dat de schimmels gewend zijn aan de locatie van herkomst en niet of minder gedijen op de nieuwe locatie. Gebiedseigen teelaarde heeft daarom de voorkeur. Dit is echter nog een vrij nieuwe ontwikkeling (Onder ander NIOO-KNAW voert momenteel onderzoek uit naar deze ontwikkeling). Om schimmels toe te kunnen voegen dient de bestaande grond te worden verwijderd en met schimmels verrijkte grond te worden teruggebracht. De kosten zijn derhalve minimaal hetzelfde als het vervangen van grond door bomenzand / humusrijke grond. Afhankelijk van schaarste en de benodigde expertise zal de kostprijs hoger liggen.

### III.2.5 Verbeteren gasuitwisseling

Om een optimale zuurstofvoorziening te garanderen is het gebruikelijk ter plaatse van een boom in verharding een beluchttingsvoorziening aan te brengen. De materiaalkosten van een eenvoudig beluchttingssysteem bedragen circa € 150-250. Alternatief is het aanbrengen van halfverharding (grind, schelpen, houtsnippers). Die kosten zijn vergelijkbaar met het verbeteren van de bovengrondse bodemlaag.

### III.3 Vochtvoorzieningen

De kosten voor het verbeteren van de vochtvoorziening zijn moeilijk in te schatten. In veel gevallen speelt de gebiedsgrootte en de mogelijke aanwezigheid van voorzieningen een rol. Desalniettemin geeft Tabel 19 een onderbouwde indruk van de bandbreedte in jaarlijkse beheerkosten. De eenheden waarin de kosten zijn uitgedrukt verschillen, gezien de uiteenlopende type maatregelen is het niet mogelijk de kosten om te zetten naar eenzelfde eenheid.

Tabel 19: maatregelen rondom vochtvoorzieningen

Maatregel	Kosten (€)				Eenheid
	Afschrijving (jaren)	Aanleg	Onderhoud	Beheer	
VOCHTVOORZIENING					
Beschaduwten	Afhankelijk van beschaduwingsmethode, zie soort(keuze) voor de beheerkosten van bomen				
Toepassen bodembedekkers	De meerkosten voor het aanbrengen van een mulchlaag wegen min of meer op tegen de minderkosten voor schoffelen				
Irrigatie/vochtmonitoring	15-30	Maatwerk, zie toelichting			
Aanvoer oppervlaktewater	60				
Peilopzet	25				
Extra sproeien	NVT	NVT		10-12	per boom per keer
Ontharden	25-40	>6	Zie soort(keuze)	>0,15-0,25	per m <sup>2</sup>
Afkoppelen	60	34-68	NVT	1-2	per afgekoppelde m <sup>2</sup>
Minder maaien	NVT			minderkosten tov gazon 0,2-0,3	per m <sup>2</sup>
Waterpasserende verharding	40	100-125	Zie toelichting	2,5-3 excl. onderhoud	per m <sup>2</sup>
Holle uitvoering groen	25	6	2-3		per m <sup>2</sup>
Toepassen wadi's	25	50-100	7	9-11	per m <sup>2</sup>
Optimaliseren drainage	15		5	0,3	per m
Aanleg IT-DT leidingen	15-30	Maatwerk, zie toelichting			

### III.3.1 Beschaduwen / toepassen bodembedekkers

Beschaduwen van groen zorgt voor een verlaging van de omgevingstemperatuur en daarmee de verdamping. Dit effect wordt pas bereikt door gelaagdheid aan te brengen en planten/bomen in elkaars schaduw te plaatsen. Bodembedekkers zorgen ook voor schaduw en hiermee beperking van de verdamping van open grondoppervlak. De meerprijs van het aanbrengen/bijplaatsen en onderhouden van gelaagd groen is afhankelijk van de soortkeuze en dichtheid.

De kosten voor aanplant van bomen voor schaduw zijn geraamd op basis van een rendement van 25 m<sup>2</sup> schaduw na 20 jaar. Hiervoor is gerekend met een loofboom met een stamomtrek van 20-25 cm. Van deze boom wordt aangenomen dat deze na 20 jaar een hoogte van circa 8 meter heeft bereikt en een kroonoppervlak van circa 25 m<sup>2</sup> heeft en daarom minimaal 25 m<sup>2</sup> schaduw geeft op 21 juni om 14.00u (conservatieve aanname). De prijs is inclusief plantplaats, bomengrond/zand, beluchtungs-, infiltratiedrain en boomverankering. De (meer)kosten bedragen € 350-750 per boom.

De kosten voor het creëren van schaduwroutes bedragen 120-190 m<sup>2</sup>. Deze kosten zijn geraamd op basis van een 50% aansluitende bomenrij en 50% harde constructie (bv. pergola). De prijs is exclusief onderliggende verhardingen [17].

Zie soort(keuze), hoofdstuk III.1, voor de beheerkosten van bomen, planten en bodembedekking.

### III.3.2 Irrigatie / vochtmonitoring

Druppelirrigatie voorziet groen van water middels slangen in de grond. De slangen zijn van dun geperforeerd kunststof. Een pomp met filter zorgt voor de wateraanvoer naar de druppelslangen. Hierbij kan een beregeningscomputer geplaatst worden om het systeem te besturen vanaf een andere locatie. Door bodemsensoren kan het vochtgehalte gemeten worden voor aansturing.

Een druppelirrigatiesysteem bestaat uit een aantal onderdelen:

- de pomp
- een filter als gebruik gemaakt wordt van oppervlaktewater
- transportslangen om de afstand van het areaal naar de waterbron te overbruggen
- een kraanset met verdeelleiding
- de druppelslangen

Het aanleggen van een druppelleiding kost circa € 6-10 per meter bij nieuwe aanleg. Binnen stedelijk gebied zullen de kosten hoger zijn als gevolg van obstakels. Indien de druppelleiding wordt aangesloten op het drinkwaternet komen de kosten voor drinkwater erbij. In geval van een onttrekking uit oppervlaktewater- of grondwater komen er kosten bij voor beheer en onderhoud van een pomp.

Door gebruik te maken van (draadloze) bodemvochtsensoren kunnen groenbeheerders tijd én water besparen. Aan de hand van de data kunnen de watergeefroutes efficiënter worden ingericht. De kosten van bodemvochtsensoren kunnen sterk uiteenlopen. Daar komen dan nog kosten voor telemetrie bij om de gegevens op een hoofdpst te kunnen verzamelen. In een



vergelijkingsproef bodemvochtsensoren [30] zijn de aanschaf- en onderhoudskosten voor verschillende sensoren in beeld gebracht. De goedkoopste sensor is € 89 met bijbehorende onderhoudskosten van € 63 per jaar.

### III.3.3 Aanvoeren oppervlaktewater

Om permanent water te kunnen onttrekken uit oppervlaktewater en transporteren naar de gewenste locatie is een persleidingsysteem nodig. Het aanleggen van een persleiding kost bij nieuwe aanleg € 25 per meter voor de kleinste diameters tot € 220 per meter voor de grootste diameters (€ 37 tot € 310 per meter inclusief uitvoeringskosten, CAR-verzekering, algemene kosten, winst en risico, voorbereiding, toezicht en advies). Voor een persleiding met een diameter tot 315 mm kan de kostprijs worden berekend uit de buisdiameter in mm maal de factor 0,7. In een bestaande situatie zullen de kosten hoger zijn als gevolg van het mogelijk opbreken van verhardingen [16].

De kosten voor de pomp (inclusief put, elektronica en besturing) bedragen naar schatting € 30.000-40.000. De kosten voor reiniging, inspectie en reparatie zijn sterk afhankelijk van diameter, materiaal en locatie.

### III.3.4 Peilopzet

De kosten voor peilopzet hangen af van de vertaktheid van het watersysteem. Hoe meer vertakkingen des te meer locaties dienen te worden voorzien van een voorziening.

In de meest eenvoudige vorm gaat het om het wijzigen van het stuwpeil van een peilgereguleerd gebied. Bijvoorbeeld via het aanpassen van de ingestelde waarde of het (tijdelijk) aanpassen van aanwezige stuwen.

In het geval nog geen voorzieningen aanwezig zijn, dienen deze te worden aangebracht. De kosten zijn uiteenlopend van aard. De voorkeur gaat uit naar peilopzet in het voorjaar omdat dan voldoende water beschikbaar is en de kans op verdringing tijdens droogte kleiner.

### III.3.5 Peilgestuurde drainage

Het betreft hier samengestelde peilgestuurde drainage waarbij de drains uitkomen in een verzamelput waarvan het peil aanpasbaar is. Met peilgestuurde drainage is de grondwaterstand dus te regelen [31]. In Figuur 20 is een tabel met uitgangspunten, vaste kosten en variabele kosten uit [31] opgenomen.

<b>Uitgangspunten</b>	
<b>Oppervlakte</b>	10 ha
<b>Drainafstand (m)</b>	6 - 10
<b>Aantal putten</b>	2
<b>Aantal T-stukken</b>	25
<b>Prijs T-stuk (€)</b>	30
<b>Hoofddrain (m)</b>	200
<b>Prijs hoofddrain (€/m)</b>	3
<b>Drain (m)</b>	12000 - 16000
<b>Prijs drain (€/m)</b>	0,20
<b>Onderhoudskosten</b>	20 procent van investeringskosten

<b>VASTE KOSTEN per hectare</b>	
<b>Materiaal</b>	
<b>Putten</b>	400 - 600
<b>T-stukken</b>	700 - 800
<b>Hoofddrain</b>	800 - 1200
<b>Drains</b>	1500 - 2000

<b>VARIABLE KOSTEN per hectare</b>	
<b>Onderhoudskosten</b>	680 - 920

Figuur 20: Uitgangspunten, vaste kosten en variabele kosten van samengestelde peilgestuurde drainage.

Een samengesteld regelbaar drainage (SRD) systeem gaat zo'n 15 tot 20 jaar lang mee. De vaste kosten van een SRD systeem zijn geschat op € 3400 - € 4600 per hectare. Op een perceel van 10 hectare met een afschrijving van 20 jaar komt dat neer op geschatte kosten van € 1700 - € 2300 per hectare per jaar ofwel € 0,17-0,23 per m<sup>2</sup> per jaar. De kosten voor het oppompen van oppervlaktewater of grondwater zijn hierin niet opgenomen.

### III.3.6 Extra sproeien

De kosten voor sproeien zijn afhankelijk van de nabijheid van oppervlaktewater. Als kostprijstarief (inclusief materieel en brandstof) kan € 60 per uur worden aangehouden. Gemiddeld kunnen (afhankelijk van de onderlinge afstand) 1 à 2 bomen per 10 minuten van water worden voorzien. Uitgaande van een tank van 6.000 liter komen de kosten per boom inclusief reistijd uit op circa € 11 exclusief aannemersvergoeding. Deze aannemersvergoeding is niet nodig indien de eigen onderhoudsdienst het werk uitvoert.

De hoeveelheid water benodigd om minder droogtebestendig groen te beschermen tegen schade van langdurige droogte is afhankelijk van veel factoren (waaronder boomsoort, ouderdom, grootte, grondsoort). Een zeer gedetailleerde schatting van de nodige watergift via tankwagens of druppelirrigatie is daarom niet mogelijk.

Volgens praktijkonderzoek in Antwerpen bedraagt de watergift van nieuw aangeplante bomen 80 liter per boom per week gedurende de eerste 2 seizoenen (in mei-september). In ditzelfde onderzoek is de watergift berekend op 500-600 liter per maand voor bomen met een lage droogtetolerantie.

#### **Toelichting prijsbepaling extra sproeien**

Per tank van 6.000 liter kun je naar schatting in twee dagen circa 85 bomen van 70 liter water voorzien:

- 20 minuten rijden naar oppervlaktewater
- 30-60 minuten vullen van 6.000 liter tank (genoeg voor circa 85 bomen)
- 20 minuten retour rijden
- Dag 1: 7 uur watergeven 40-45 bomen
- Dag 2: 7 uur watergeven 40-45 bomen

Na dag 2 is de tank leeg en herhaalt de cyclus zich.

Uitgaande van 16 uur watertank à € 60,00 per uur = € 960. Hiermee is het mogelijk om 85 bomen van water te voorzien. De kosten komen hiermee op € 11 per boom per keer. Afhankelijk van de grootte van de tank, de afstand tot het oppervlaktewater en de watergift kunnen de kosten naar schatting 10% hoger of lager zijn. Als bandbreedte wordt € 10-12 aangehouden.

#### **III.3.7 Ontharden / Vergroten boomspiegels**

Ontharden is het vervangen van bestratingsmateriaal door open grond of groen. Het onderliggende zand wordt dan vervangen door een leeflaag. De kosten voor het vergroten van boomspiegels zullen overeenkomen met de gemiddelde prijs voor ontharden. Het betreft de eenmalige kosten voor het afvoeren van de verharding en het opnieuw inrichten van het grondoppervlak (verdichting opheffen etc). De eenmalige kosten bedragen circa € 6 per m<sup>2</sup> (opbreken tegelverharding met opsluitbanden en afgraven cunet + afvoer naar depot). Afhankelijk van de gewenste situatie komen hier kosten bij voor het aanbrengen van een leeflaag en inzaaien/inplanten.

#### **III.3.8 Afkoppelen daken + wegen naar oppervlaktewater/bodem**

Voor het afkoppelen kan een standaard kostprijs gerekend worden van € 42 per m<sup>2</sup>. De exacte kostprijs hangt af van de doelstelling van een gemeente en kan per m<sup>2</sup> variëren tussen € 34 en € 68.

De standaardprijs geldt voor 20-60% afgekoppeld oppervlak. In de kostenonderbouwing van Rioned is rekening gehouden met een afschrijving van 2% per jaar, rente van 1% per jaar en beheerkosten van 2% per jaar. [16]

1

#### **III.3.9 Minder maaien / creëren van ruigere stukken**

De onderhoudskosten van een gazon bedragen circa € 0,4-0,6 per m<sup>2</sup> en voor ruw gras circa € 0,2-0,3 per m<sup>2</sup> [27].

#### **III.3.10 Waterpasserende of infiltrerende verharding**

Waterpasserende of infiltrerende verharding is verharding waarbij het regenwater door de verharding of via de voegen in de ondergrond kan infiltreren. De kostenindicatie is gebaseerd op kentallen uit de kennisbank Riolering van Stichting Rioned.

De aanlegkosten van waterpasserende of infiltrerende verharding bedragen circa € 100-125 per m<sup>2</sup>. Dit is inclusief het benodigde grondwerk.

Infiltrerende verharding dient jaarlijks visueel te worden geïnspecteerd. Eenmaal in de drie jaar dient de doorlatendheid te worden gemeten. De inspectiekosten bedragen circa € 0,25 per m per jaar en het meten van de doorlatendheid kost circa € 1,10 per m per jaar.

Onderhoud bestaat uit het periodiek vegen van het wegdek, het veeg-zuigen met een zoabcleaner en het aanvullen van lege voegen met nieuw split. De onderhoudsfrequentie is locatie afhankelijk door onder meer de wegbelasting en de verwachte vervuiling van het wegdek. Als richtlijn kunnen de volgende bandbreedtes worden aangehouden:

- Vegen: 1 tot 6 keer per jaar.
- Diepreiniging: 1 keer per jaar tot 1 keer per 7 jaar.
- Na diepreiniging (een deel van) het voegsplit aanvullen.

De veegkosten bedragen circa € 0,55 per m infiltrerende verharding per keer.

De kosten voor het veeg-zuigen met een zoabcleaner zijn circa € 2,25 per m infiltrerende verharding per keer.

De kosten voor het aanvullen van lege voegen met nieuw split zijn circa € 0,55 per m infiltrerende verharding per keer.

### **III.3.11 Hol uitvoeren van groenvoorziening / infiltratieveld**

Een infiltratieveld is een verlaging in het maaiveld met een toplaag waarin (hemel)water zich kan verzamelen en kan infiltreren.

De standaard kostprijs bedraagt € 6 per m<sup>2</sup> per aan te leggen groenoppervlak. Deze kosten gelden bij toepassen groot onderhoud en/of vervanging van groen. Dit bedrag is gebaseerd op enkele proefprojecten [16].

De jaarlijkse onderhoudskosten bedragen circa € 2,75 per m<sup>2</sup>. Deze kosten zijn hoger dan voor een standaard gazons, dit komt mogelijk door de benodigde infiltrerende werking van de toplaag.

### **III.3.12 Toepassen wadi's**

Wadi's zijn verdiepingen in het (openbaar) groen waar overtollig hemelwater naar toe wordt geleid en waar het in de ondergrond kan infiltreren. Een wadi bevat, afhankelijk van de ondergrond, een grindlaag (0,25 m hoog, omgeven met filterdoek) en een drain. De bovenste laag van de wadi bestaat uit een humusrijk zandlaag van 0,40 m dik.

De prijzen voor wadi's kunnen fors variëren, afhankelijk van type en uitvoering. In Figuur 21 is een overzicht van de kostprijs van wadi's opgenomen.

Type van wadi	Prijs [€/m]		(*)
	Van...	tot...	
Gewone infiltratiewadi	57	134	21%
Infiltratiewadi met steenbestorting	100	230	32%
Drainerende wadi	115	276	32%
Drainerende ondoorlatende wadi	199	360	53%
Gewone infiltratiewadi	95	223	21%
Infiltratiewadi met steenbestorting	167	383	32%
Drainerende wadi	192	460	32%
Drainerende ondoorlatende wadi	332	600	53%

Figuur 21: kostprijs aanleg wadi's [32]

Voor grote wadi's liggen de prijzen fors lager, tot € 30 per m minder voor bijvoorbeeld een eenvoudige infiltratiewadi. In dit onderzoek houden we voor de aanleg van een wadi een bandbreedte aan van € 50-100 (eenvoudige gewone infiltratiewadi).

Het preventieve groenonderhoud van een wadi bestaat uit grasmaaien, zwerfvuil en bladeren verwijderen, en verticuteren. De kosten voor een wadi met gewoon gras bedragen circa € 7,20 per m<sup>2</sup> wadi per jaar. Dit is gebaseerd op:

- Driewekelijks grasmaaien en zwerfvuil verwijderen,
- tweemaal per jaar blad verwijderen en verticuteren.

Daarnaast is correctief onderhoud nodig bestaande uit: lege plekken opvullen en inzaaien (jaarlijks), bodemverbetering aanbrengen (eens per 2 jaar) en de toplaag vervangen (eens per 10 jaar). Het op orde houden van de infiltrerende werking en vervangen van de toplaag werken sterk door in de prijs. Bij een kruidenrijke wadi zijn de maaikosten lager (circa 2x per jaar).

### III.3.13 Optimaliseren drainage

De onderhoudsfrequentie is afhankelijk van de mate van vervuiling. De gemiddelde reinigingskosten bedragen € 5 per meter. De gemiddelde reinigingsfrequentie van een HWA-riool is 1x per 14 jaar [16]. Drainage ter plaatse van bomen dient weloverwogen te worden aangelegd. Het is zeker niet altijd nodig of mogelijk.

### III.3.14 Aanleg IT-DT leidingen

Met de aanleg van kleine drainage-infiltratie-transportleidingen (DIT-leidingen) onder het oppervlaktewaterniveau kan water verder het gebied in worden gebracht. Dergelijke leidingen kunnen op de lange(re) termijn mogelijk wel verstopt raken door de vorming van ijzeroxide, ingroei van wortels (indien de leiding droogt ligt) en verstopping van de filterspleten door zeer fijn (blad)materiaal. Door het systeem volledig onder het waterniveau aanleggen kan zuurstof niet bij het ijzerrijke grondwater komen en neemt het risico op wortelingroei af. Dit reduceert de kans op verstopping.

De standaardkostprijs wijkt niet ver af van de aanleg van gewone drainageleidingen. De kosten zijn onder meer afhankelijk van de diameter en het soort omhulling. Een meegelegde drainageleiding (aanleg gecombineerd met de aanleg van de riolering) heeft vaak een diameter

van 80 of 100 mm. De kostenkengetallen zijn gemiddelden voor deze diameters. De levensduur van drainage is beperkt tot 15-30 jaar.

Levering en aanleg drainagebuizen:

- Drainagebuis met kokosmantel: € 4 per m.
- Drainagebuis met polypropyleenomhulling 700: € 7 per m.

Gemeente Diemen heeft jarenlange ervaring met DIT-riolen. Deze gemeente heeft gekozen voor drainage-omhulling met een maaswijdte van 700 micrometer in drainzand. Deze voorziening draineert en infiltreert na circa tien jaar nog steeds goed. Een kale of omhulde drainagebuis met daaromheen een drainagecunet (grof zand/fijn zand) zal op basis van praktijkervaring naar verwachting minder snel tot verstoppingen leiden dan omhulsels. De onderkant (circa 20%) zal eerder dichtslibben dan het overige deel (circa 80%).

Levering en montage hulpstukken:

- Eindbuis met taludgoot: € 22 per stuk.
- Kruisstukken: € 36 per stuk.
- Klikmoffen: € 7 per stuk.
- Verloopstuk 80-100 mm: € 10 per stuk.

Levering en montage controledoorspuitput (315 mm, exclusief afdekking):

- Putje met twee aansluitingen, gemiddeld 1,5 m diepte: € 135 per stuk.

De aanlegkosten hangen sterk af van lokale omstandigheden. Bij separate aanleg stijgen de kosten aanzienlijk ten opzichte van het meeleggen bij werkzaamheden [16].

## **IV Praatplaten**



## NKWK Droogte en Stedelijk Groen

### BLOEMKOOLWIJK HOOG NL

Bouwjaar: 1975 - 1980

#### Technische wijkeigenschappen

Hoog NL: Zandige ondergrond met een lage grondwaterstand (2,5 m t.o.v. maaiveld) en goede infiltratie (20 mm/uur)

Stenige/verdichte straten zonder rechte lijnen afgewisseld met veel groene tussentruimtes/groenvakken

Bestaande riolering: 40 - 60% hemelwater afvoer (hwa) - droogweer afvoer (dwa) versus 40 - 60% gemengd hemelwater riool (gwa)

Relatief veel groenvakken in de straat (plantvak ca 2x2x0,8 m = 4 m<sup>2</sup>) en minimale boomspiegel

Bodemverbetering (bijv. bomenzand of bodemgrond) is niet grootschalig toegepast

M.u.v. grote groeizones heeft groen moeite met het vinden van vocht/voeding/vasthouden van water

Afkoppelen van hemelwater niet gangbaar, maar wel goed mogelijk om in groenvakken te infiltreren

Hoge ondergrondse druk leidingen/kabels/riolering

● Vochtvoorziening ● Soort ● Groeiplaats

#### Zonder mee te koppelen

- Toepassen bodembedekkers (I en B&O<sup>3</sup>)
- Extra sproeien met tankwagens (I-NVT en B&O-€€€€)
- Minder maaien / creëren van ruigere stukken (I-E en B&O-€€)
- Verbeteren bovengrondse bodemlaag t.b.v. bodemleven, nutriëntengehalte & bodemstructuur (I-E en B&O-€)

#### Tijdens een vervangingsopgave

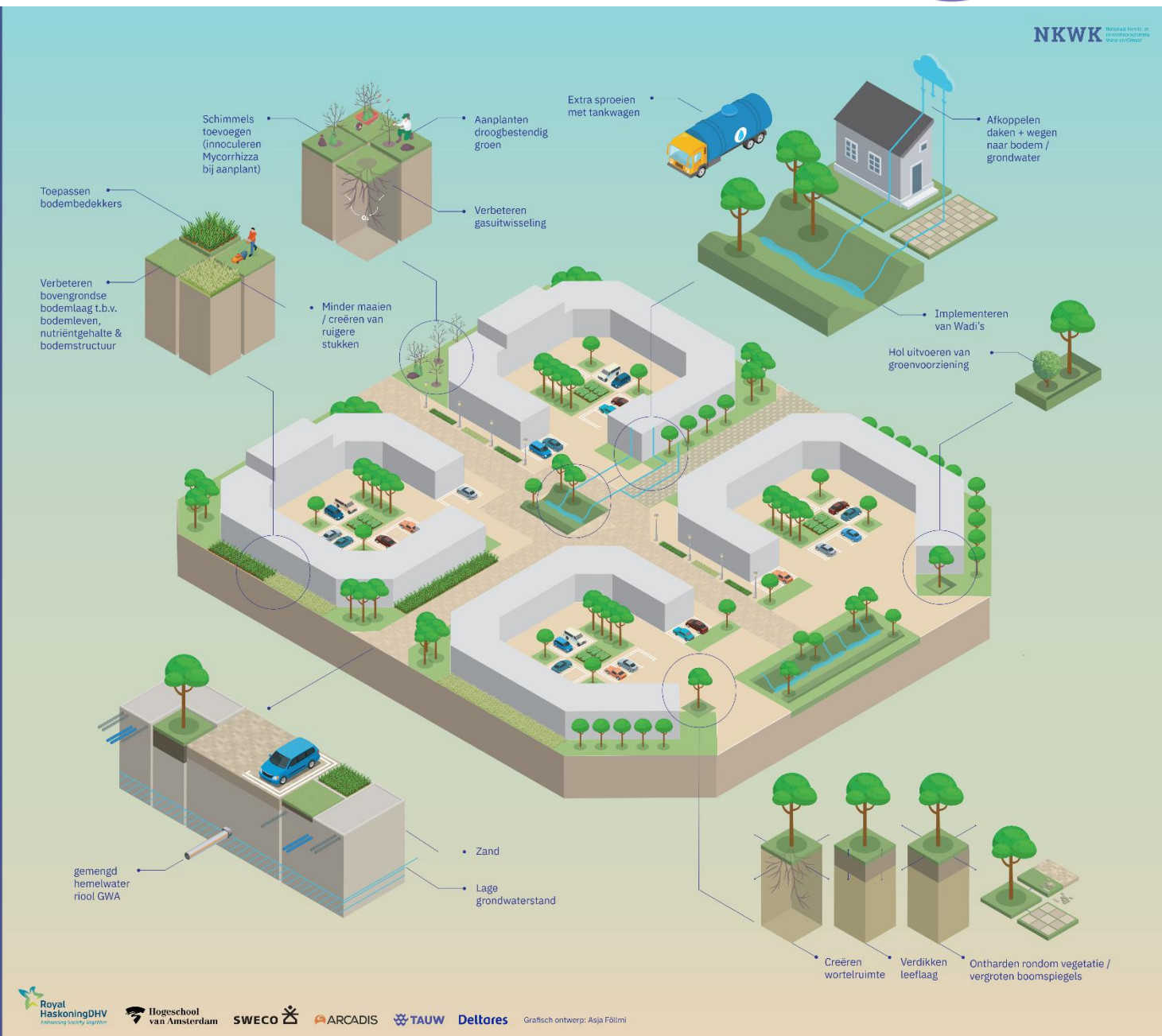
- Ontharden rondom vegetatie/vergroten boomspiegel (I-E en B&O-€)
- Afkoppelen daken + wegen naar bodem/ grondwater (I-E en B&O-€€)
- Verbeteren gasuitwisseling (I en B&O<sup>3</sup>)
- Verdikken leeflaag (I-€€€€ en B&O-€€€)
- Creëren wortelruimte (I-€€€€ en B&O-€€)
- Schimmels toevoegen (Innoculeren Mycorrhiza bij aanplant) (I en B&O<sup>3</sup>)
- Aanplanten droogtebestendig groen (I en B&O<sup>3</sup>)

#### Tijdens een herinrichtingsopgave

- Hol uitvoeren van groenvoorziening (I-E en B&O-€€)
- Implementeren van Wadi's (I-€€€€) en B&O-€€€

A	Gazon/ruw gras	I-E en B&O-€	B	Verstel maaiveld, zie toelichting in rapportage
	Struiken	I-€€ en B&O-€€€€	C	Zie B&O van A
	Besplantsoen	I-€€ en B&O-€€		
	Per boom	I-€€€€ en B&O-€€€€		

Kosten per maatregel gebaseerd op 'Kosten en baten maatregelen', hoofdstuk 4	Investeringskosten (I)	Beheer & Onderhoud (B&O)
	€ per m <sup>2</sup> of m <sup>3</sup>	€ per m <sup>2</sup> of m <sup>3</sup>
NKWK Droogte en Stedelijk Groen (2022)	<10 €	<1 €
	10-50 €€	2,5-5 €€
	50-100 €€€	5-10 €€€
	>100 €€€€	>10 €€€€



## NKWK Droogte en Stedelijk Groen

### BLOEMKOOLWIJK LAAG NL

Bouwjaar: 1975 - 1980

#### Technische wijkeigenschappen

Laag NL: Klei of Veen ondergrond met een hoge grondwaterstand (1,0 m t.o.v. maaiveld) en beperkte infiltratie (5 mm/uur)

Stenige/verdichte straten zonder rechte lijnen afgewisseld met veel groene tussentruimtes/groenvlakken

Bestaande riolering: 40 - 60% hemelwater afvoer (hwa) - droogweer afvoer (dwa) versus 40 - 60% gemengd hemelwater riool (gwa)

Relatief veel groenvakken in de straat (plantvak ca 2x2x0,8 m = 4 m<sup>2</sup>) en minimale boomspiegel

Bodemverbetering (bijv. bomenzand of bodemgrond) is niet grootschalig toegepast

M.u.v. grote groeizones heeft groen moeit met het vinden van vocht/voeding/vasthouden van water

Afkoppelen van hemelwater niet gangbaar, maar wel goed mogelijk om in groenvakken te infiltreren

Hoge ondergrondse druk leidingen/kabels/riolering

● Vochtvoorziening ● Soort ● Groeiplaats

#### Zonder mee te koppelen

- Toepassen bodembedekkers (I en B&O<sup>3</sup>)
- Extra sproeien met tankwagens (I-NVT en B&O-€€€€)
- Minder maaien / creëren van ruigere stukken (I-E en B&O-€€)
- Peilopzet oppervlaktewater (verhogen GW) (I en B&O<sup>3</sup>)
- Water onttrekken uit nabijgelegen oppervlaktewater (I-€€€€ en B&O-niet bekend)
- Verbeteren bovengrondse bodemlaag t.b.v. bodemleven, nutriëntengehalte & bodemstructuur (I-E en B&O-€)

#### Tijdens een vervangingsopgave

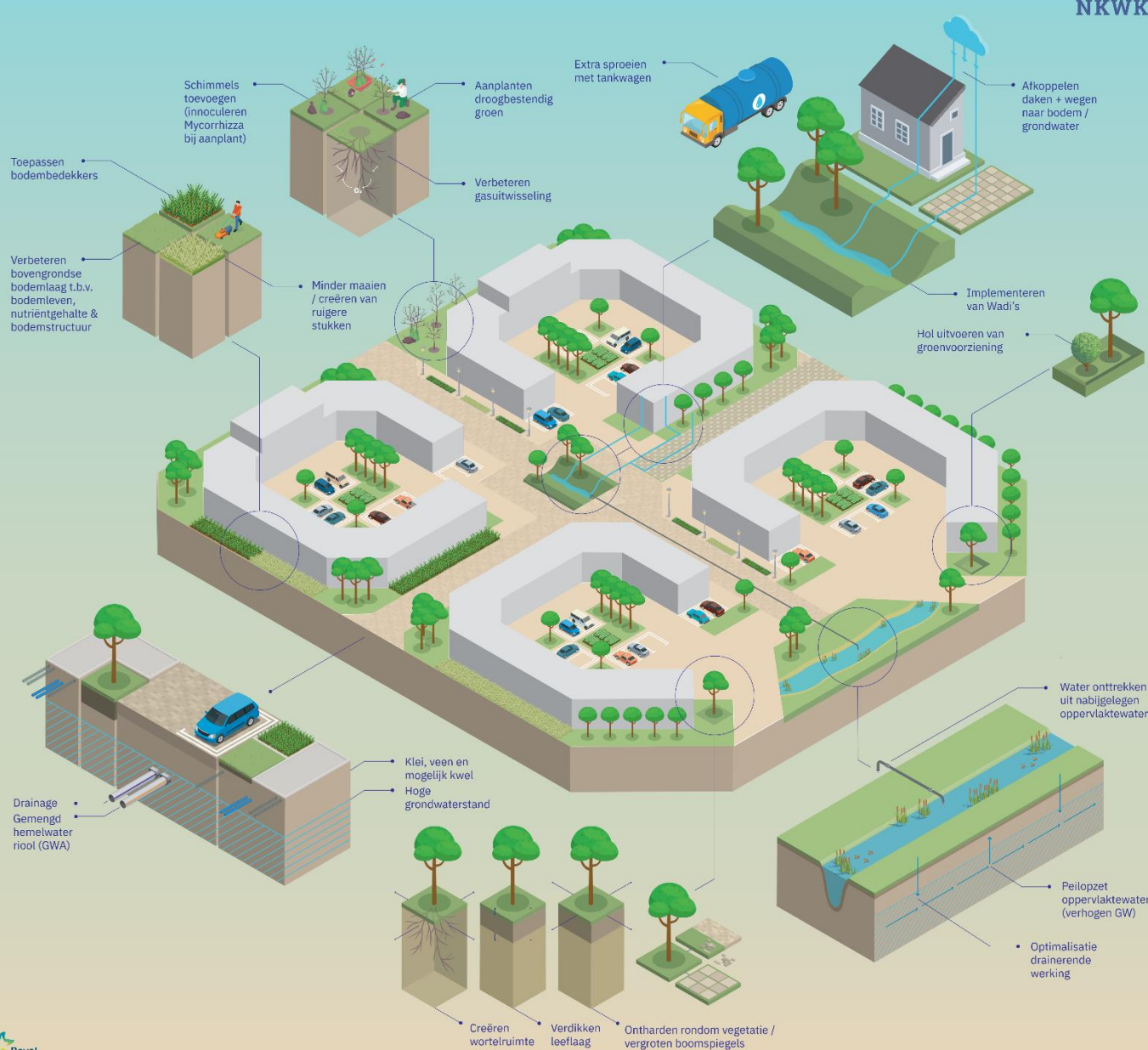
- Ontharden rondom vegetatie/vergroten boomspiegel (I-C en B&O-€)
- Afkoppelen daken + wegen naar bodem/ grondwater (I-E en B&O-€€)
- Optimalisatie drainerende werking (I en B&O<sup>3</sup>)
- Aanplanten droogtebestendig groen (I en B&O<sup>3</sup>)
- Verbeteren gasuitwisseling (I en B&O<sup>3</sup>)
- Verdikken leeflaag (I-€€€€ en B&O-€€€)
- Creëren wortelruimte (I-€€€€ en B&O-€€)
- Schimmels toevoegen (Innoculeren Mycorrhiza bij aanplant) (I en B&O<sup>3</sup>)

#### Tijdens een herinrichtingsopgave

- Hol uitvoeren van groenvoorziening (I-C en B&O-€€)
- Implementeren van Wadi's (I-€€€€) en B&O-€€€

A	Gazon/ruw gras	I-E en B&O-€	B	Vorst maatwerk, zie
	Struiken	I-€€ en B&O-€€€€		leedtijd in rapportage
	Basplantsoen	I-€€ en B&O-€€	C	Zie B&O van A
	Per boom	I-€€€€ en B&O-€€€€		

Kosten per maatregel gebaseerd op 'Kosten en baten maatregelen'	Investeringskosten (I) € per m <sup>2</sup> of m <sup>3</sup>	Beheer & Onderhoud (B&O)
maatsluit /	<10 €	<1 €
NKWK Droogte en Stedelijk Groen (2022)	10-20 €€	2,5-5 €€
	20-100 €€€	5-10 €€€
	>100 €€€€	>10 €€€€





**NKWK**  
Droogte en Stedelijk Groen

**VINEX WIJK HOOG NL**

Bouwjaar: 1990 - 2005

**Technische wijkeigenschappen**

Hoog NL: Zandige ondergrond met een lage grondwaterstand (2,5 m l.o.v. maaiveld) en goede infiltratie (20 mm/jaar)

Grote verscheidenheid in omvang van groen door wisselende bodemopbouw en grondwaterstanden

Bestaande riolering: 80-100% hemelwater afvoer (HWA) - droogweeer afvoer (DWA) versus 0-20% gemengd hemelwater riool (gwa)

Omvang van ondergrondse groeiplaats heeft sterk te maken met de investeringsbudgetten van de wijk. Maar zijn vaak redelijk groot (4-20 m<sup>2</sup>)

Stenige straten met kleine boomspiegels afwisselend met straten met meer ruimte voor groen- en wateroppervlaktes

Afkooppelen hemelwater wordt vaak toegepast

Aandacht voor groeiplaats-omstandigheden is al aanwezig, maar kan nog verder worden geoptimaliseerd

Hoe het beheer verder te optimaliseren van bestaand groen

● Vochtvoorziening ● Soort ● Groeiplaats

**Zonder mee te koppelen**

- Toepassen bodembedekkers (I en B&O)
- Extra sproeien met tankwagens (I-NVT en B&O-€€€)
- Minder maaien / creëren van ruigere stukken (I-C en B&O-CC)
- Verbeteren bovengrondse bodemlaag t.b.v. bodemleven, nutriëntgehalte & bodemstructuur (I-C en B&O-C)

**Tijdens een vervangingsopgave**

- Ontharden (verwijderen bestrating) (I-E en B&O-€)
- Ontharden rondom vegetatie/vergroten boomspiegel (I-E en B&O-€)
- Beschaduwen (I en B&O)
- Hervorderen van groen (I en B&O)

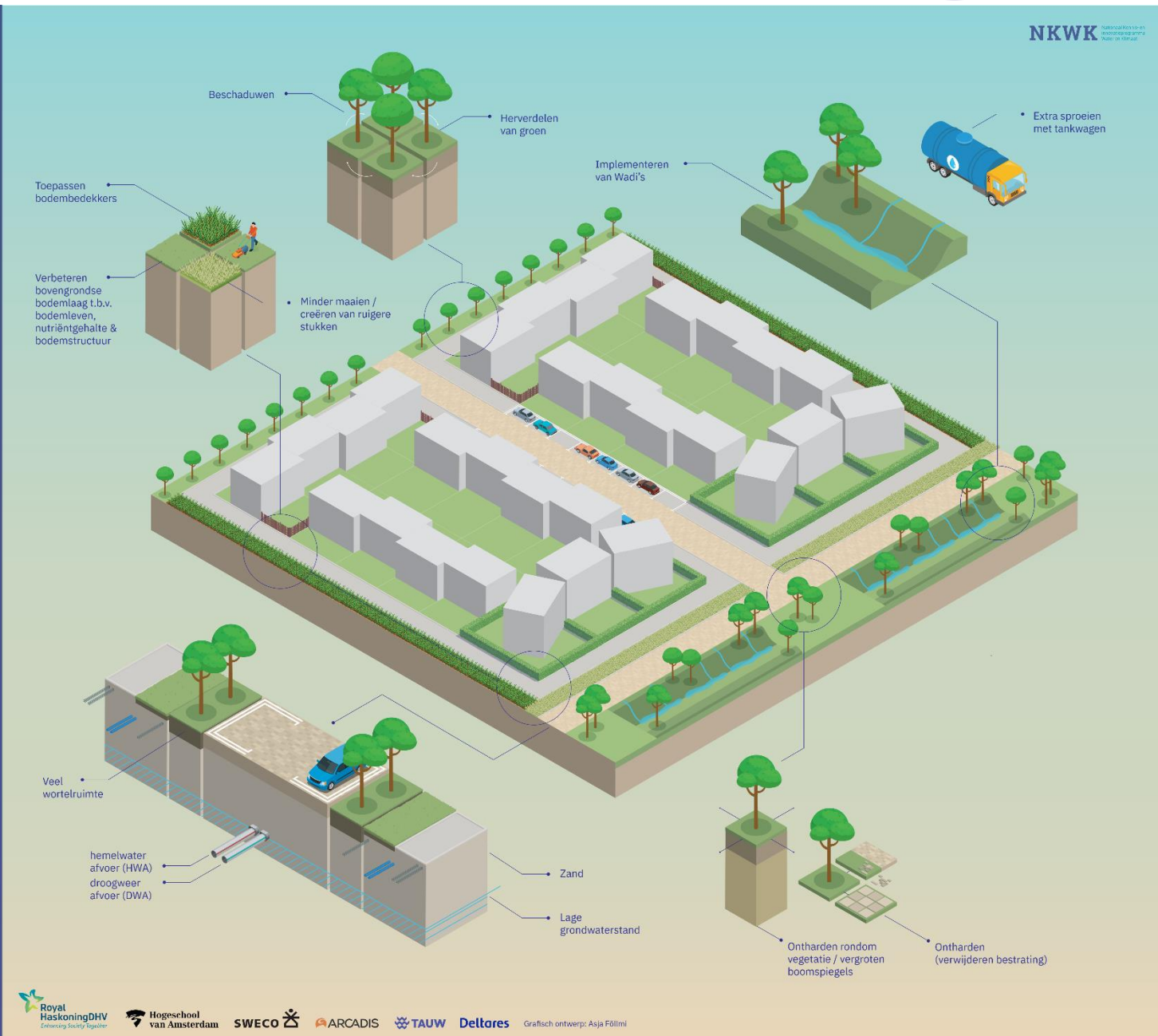
**Tijdens een herinrichtingsopgave**

- Implementeren van Wadi's (I-CCO,C) en B&O-CCO)

A	Gazon/ruw gras	1-€ en B&O-€	B	Verest maatwerk, zie toelichting in rapportage
	Struiken	1-€ en B&O-€€€€	C	Zie B&O van A
	Bosplantsoen	1-€€ en B&O-€€		
	Per boom	1-€€€€ en B&O-€€€€		

Kosten per maatregel gebaseerd op 'Kosten en baten maatregelen'	Investeringskosten (I)	Beheer & Onderhoud (B&O)
Footstuk 4	<10 €	<1 €
NKWK-Droogte en Stedelijk Groen (2022)	10-50 €€	2,5-5 €€
	50-100 €€€	5-10 €€€
	>100 €€€€	>10 €€€€



## NKWK Droogte en Stedelijk Groen

### VINEX WIJK LAAG NL

Bouwjaar: 1990 - 2005

#### Technische wijkeigenschappen

Laag NL: Klei of Veen ondergrond met een hoge grondwaterstand (1,0 m t.o.v. maaiveld) en beperkte infiltratie (5 mm/uur)

Grote verscheidenheid in omvang van groen door wisselende bodemopbouw en grondwaterstanden

Bestaande riolering: 80-100% hemelwater afvoer (HWA) - droogweeer afvoer (DWA) versus 0-20% gemengd hemelwater riool (gwa)

Omvang van ondergrondse groeiplaats heeft sterk te maken met de investeringsbudgetten van de wijk. Maar zijn vaak redelijk groot (4 - 20 m<sup>2</sup>)

Stenige straten met kleine boomspiegels afwisselend met straten met meer ruimte voor groen- en wateroppervlaktes

Afkooppelen hemelwater wordt vaak toegepast

Aandacht voor groeiplaats-omstandigheden is al aanwezig, maar kan nog verder worden geoptimaliseerd

Hoe het beheer verder te optimaliseren van bestaand groen

● Vochtvoorziening ● Soort ● Groeiplaats

#### Zonder mee te koppelen

- Toepassen bodembedekkers (I en B&O\*)
- Minder maaien / creëren van ruigere stukken (I-E en B&O-€€)
- Water onttrekken uit nabijgelegen oppervlaktewater (I-€€€€ en B&O-niet bekend)
- Extra sproeien met tankwagens (I-NVT en B&O-€€€€)
- Peilopzet oppervlaktewater (verhogen GW) (I en B&O\*)
- Verbeteren bovengrondse bodemlaag t.b.v. bodemleven, nutriëntengehalte & bodemstructuur (I-E en B&O-€)

#### Tijdens een vervangingsopgave

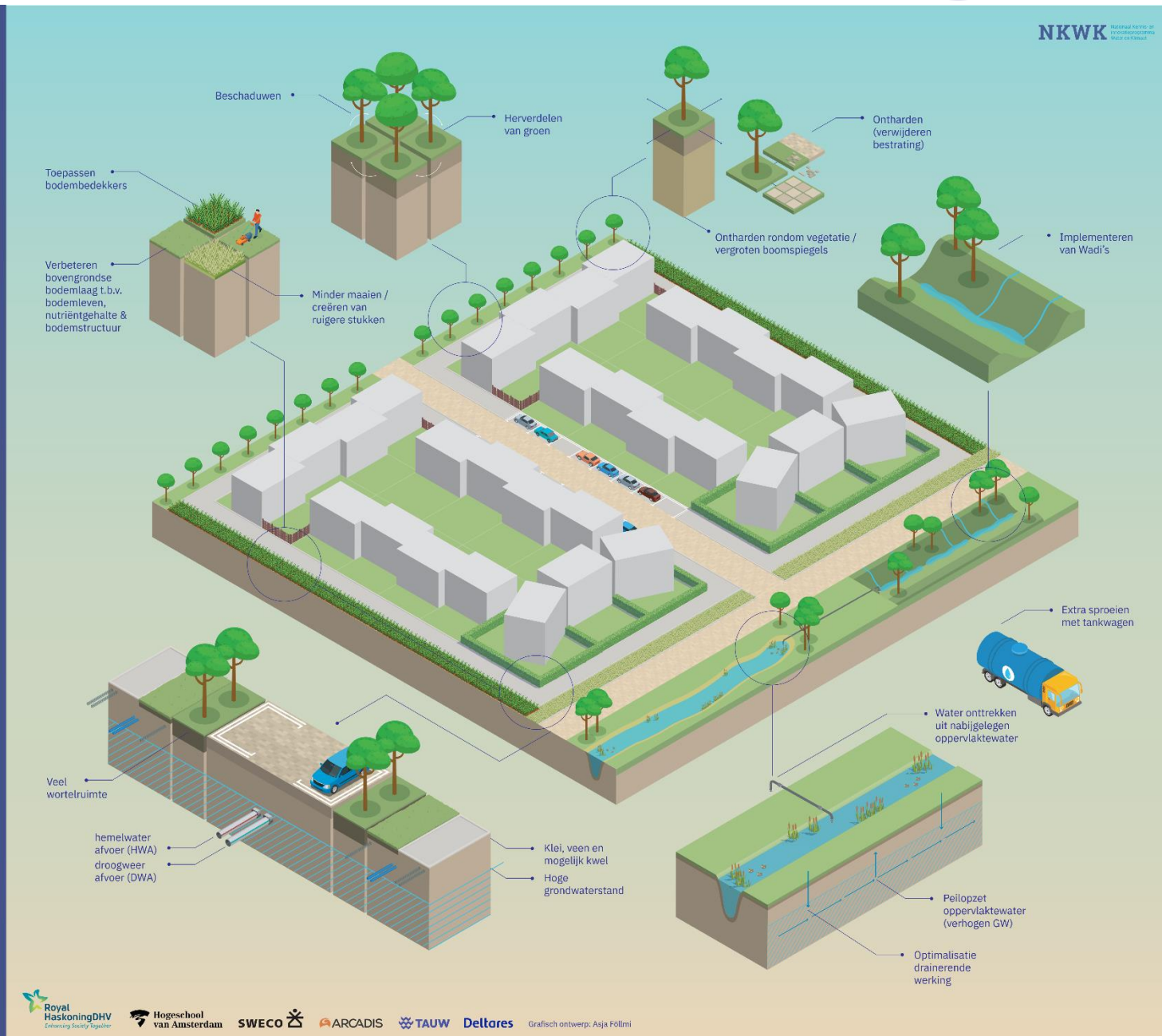
- Ontharden (verwijderen bestrating) (I-E en B&O-€)
- Ontharden rondom vegetatie/vergroten boomspegel (I-E en B&O-€)
- Beschaduwen (I en B&O\*)
- Herverdelen van groen (I en B&O\*)

#### Tijdens een herinrichtingsopgave

- Implementeren van Wadi's (I-CC(C) en B&O-CC)

A	Gazon/ruw gras	1-€ en B&O-E	B	Verst maatwerk, zie toelichting in rapportage
	Struiken	1-€€ en B&O-€€€€	C	Zie B&O van A
	Bosplantsoen	1-€€ en B&O-€€		
	Per boom	1-€€€€ en B&O-€€€€		

Kosten per maatregel gebaseerd op: Kosten en baten maatregelen, heffingen	Investeringskosten (I) € per m <sup>2</sup> of m <sup>3</sup>	Beheer & Onderhoud (B&O)
NKWK-Droogte en Stedelijk Groen (2022)	<10 €	<1 €
	10-50 €€	2,5-5 €€
	50-100 €€€	5-10 €€€
	>100 €€€€	>10 €€€€





## NKWK Droogte en Stedelijk Groen

### OUDE WOONWIJK HOOG NL

Bouwjaar: 1900 - 1955

Samenvoeging: tuindorp, volkswijk, naoorlogse tuinstad laagbouw, naoorlogse woonwijk

#### Technische wijk eigenschappen

Hoog NL: Zandige ondergrond met een lage grondwaterstand (2,5 m t.o.v. maaiveld) en goede infiltratie (20 mm/uur)

Relatief smal straatprofiel met bomen in verharding (plantvak ca 1,5 x 1,5 m = 2,25 m<sup>2</sup>), weinig ruimte voor aan- eengesloten groeiplaatsen voor bomen

Verdichte omgeving (tussen rijbaan, trottoir en parkeervakken)

Smal straatprofiel, hoge parkeerdruk. Weinig ruimte voor aan- eengesloten groeiplaatsen voor bomen en infiltratie in groenstroken

Naast sterk verharde omgeving ook: brede lanen en grote groenvakken geschikt voor infiltratie vanuit nabije omgeving

Geen bodemverbetering aanwezig

Hoge ondergrondse druk leidingen/kabels/riolering

Particuliere (voor)tuinen geven ruimte voor doorworteling waar de boom bij particulier groen kan komen

● Vochtvoorziening ● Soort ● Groeiplaats

#### Zonder mee te koppelen

- Toepassen bodembedekkers (1 en B&O\*)
- Extra sproeien met tankwagens (1-NVT en B&O-€€€€)
- Minder maaien / creëren van ruigere stukken (1-E en B&O-€€)
- Verbeteren bovengrondse bodemlaag t.b.v. bodemleven, nutriëntengehalte & bodemstructuur (1-E en B&O-€)

#### Tijdens een vervangingsopgave

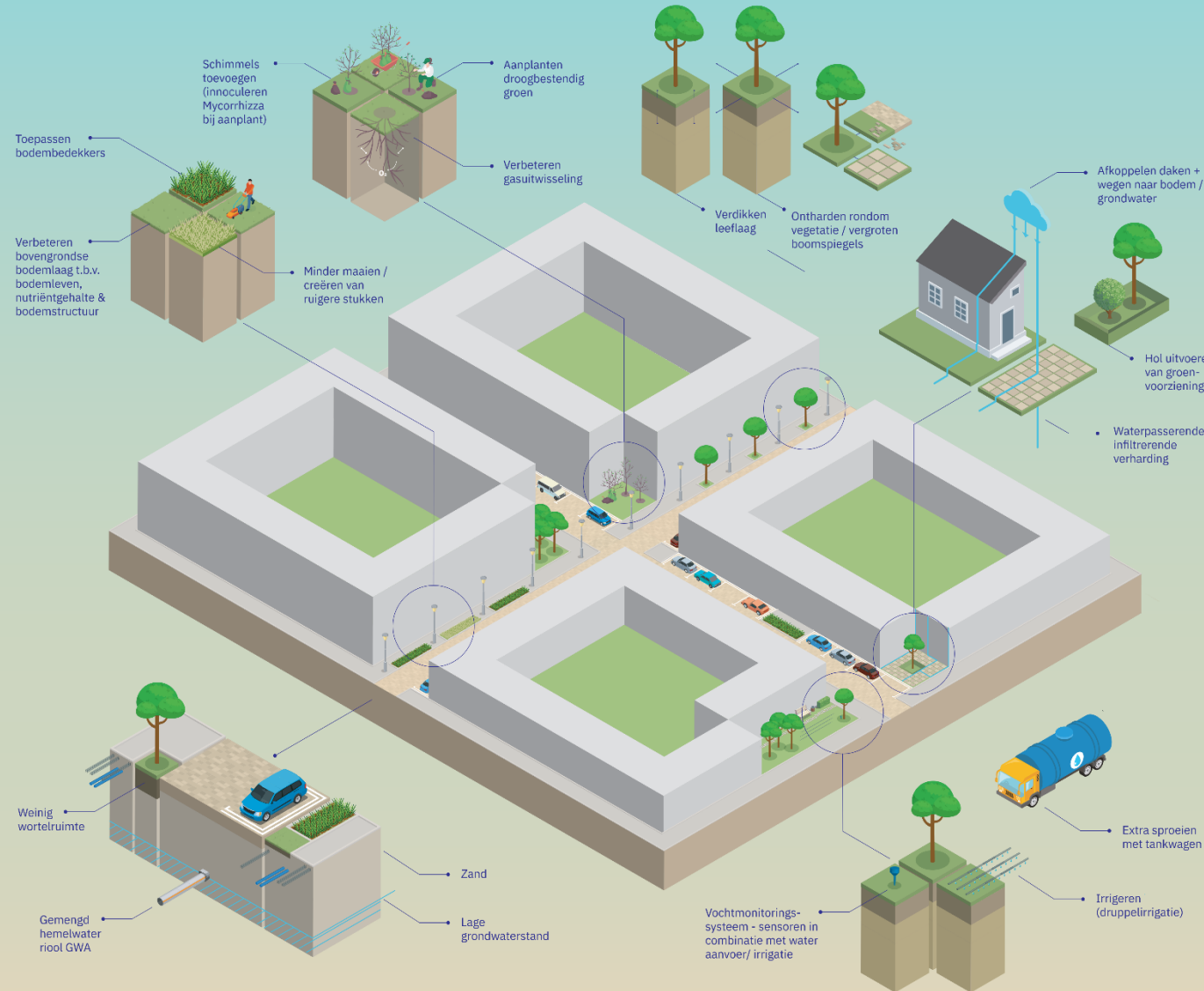
- Ontharden rondom vegetatie / vergroten boomspiegels (1-E en B&O-€)
- Afkoppelen daken + wegen naar bodem/ grondwater (1-E en B&O-€€)
- Irrigieren (druppelirrigatie) (1-E en B&O-niet bekend)
- Waterpasserende / infiltrerende verharding (1-E€€€ en B&O-€€)
- Vochtmonitorsysteem - sensoren in combinatie met water aanvoer/ irrigatie (1-E€€€ en B&O-€€€€)
- Verdikken leeflaag (1-E€€€ en B&O-€€€)
- Verbeteren gasuitwisseling (1 en B&O\*)

#### Tijdens een herinrichtingsopgave

- Hol uitvoeren van groenvoorziening (1-E en B&O-€€)
- Aanplanten droogbestendig groen (1 en B&O\*)

<b>A</b>	<b>Gazon/ruw gras</b>	1-E en B&O-€	<b>B</b>	Vorst maatwerk, zie toelichting in rapportage
	<b>Struiken</b>	1-E€ en B&O-€€€€	<b>C</b>	Zie B&O van A
	<b>Besplantsoen</b>	1-E€ en B&O-€€		
	<b>Per boom</b>	1-E€€€ en B&O-€€€€		

Kosten per maatregel gebaseerd op: Kosten en kosten maatregelen; Invalsbak 4 NKWK-Droogte en Stedelijk Groen (2022)	Investeringskosten (I) € per m <sup>2</sup> of m <sup>3</sup>	Beheer & Onderhoud (B&O) € per m <sup>2</sup> of m <sup>3</sup>
<0	€	<1
10-50	€€	2,5-5
50-100	€€€	5-10
>100	€€€€	>10



## NKWK Droogte en Stedelijk Groen

### OUDE WOONWIJK LAAG NL

Bouwjaar: 1900 - 1955

Samenvoeging: tuindorp, volkswijk, naoorlogse tuinstad laagbouw, naoorlogse woonwijk

#### Technische wijkeigenschappen

Laag NL: Klei of Veen ondergrond met een hoge grondwaterstand (1,0 m t.o.v. maaiveld) en beperkte infiltratie (5 mm/uur)

Relatief smal straatprofiel met bomen in verharding (plantvak ca 1,5 x 1,5 m = 2,25 m<sup>2</sup>), weinig ruimte voor aaneengesloten groeiplaatsen voor bomen

Verdichte omgeving (tussen rijbaan, trottoir en parkeervakken)

Smal straatprofiel, hoge parkeerdruk. Weinig ruimte voor aaneengesloten groeiplaatsen voor bomen en infiltratie in groenstroken

Naast sterk verharde omgeving ook brede lanen en grote groenvakken geschikt voor infiltratie vanuit nabije omgeving

Geen bodemverbetering aanwezig

Hoge ondergrondse druk leidingen/kabels/riolering

Particuliere (voor)tuinen geven ruimte voor doorworteling waar de boom bij particulier groen kan komen

● Vochtvoorziening ● Soort ● Groeiplaats

#### Zonder mee te koppelen

- Toepassen bodembedekkers (I en B&O\*)
- Minder maaien / creëren van ruigere stukken (I-C en B&O-CC)
- Water onttrekken uit nabijgelegen oppervlaktewater (I-CCCC en B&O-niet bekend)
- Extra sproeien met tankwagens (I-NVT en B&O-EEEE)
- Peilopzet oppervlaktewater (verhogen GW) (I en B&O\*)
- Verbeteren bovengrondse bodemlaag t.b.v. bodemleven, nutriëntengehalte & bodemstructuur (I-C en B&O-C)

#### Tijdens een vervangingsopgave

- Ontharden rondom vegetatie/vergroten boomspiegel (I-C en B&O-C)
- Optimalisatie drainerende werking (I en B&O\*)
- Verbeteren gasuitwisseling (I en B&O\*)
- Afkoppelen daken + wegen naar bodem/ grondwater (I-C en B&O-CC)
- Waterpasserende / infiltrerende verharding (I-CCCC en B&O-CC)
- Verdikken leeflaag (I-EEEE en B&O-EEEE)

#### Tijdens een herinrichtingsopgave

- Hol uitvoeren van groenvoorziening (I-E en B&O-EE)
- Aanplanten droogbestendig groen (I en B&O\*)

A	Gazon/ruw gras	I-C en B&O-E	B	Verst maatwerk, zie toelichting in rapportage
	Struiken	I-EE en B&O-EEEEE	C	Zie B&O van A
	Besplantsoen	I-EE en B&O-EE		
	Per boom	I-EEEEE en B&O-EEEEE		

Kosten per maatregel, gerekend op 'Kosten en baten maatregelen', maatsch. 4	Investeringskosten (I) € per m <sup>2</sup> of m <sup>3</sup>	Behoer & Onderhoud (B&O)
NKWK Droogte en Stedelijk Groen (2022)	<10 €	<1 €
	10-20 €	2,5-5 €
	20-50 €	5-10 €
	>100 €	>10 €

