

De effecten van klimaatadaptieve maatregelen op het stedelijk watersysteem

en de omgang daarmee door waterschappen

Michel Moens

ARCADIS

Symposium donderdag 14 maart 2024

ARCADIS

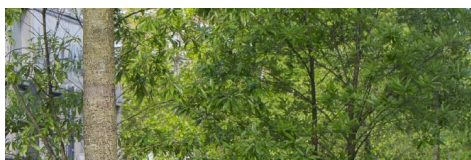


Droogte en stedelijk groen

Datum: 24 december 2021
Versie: definitief v1.0

Kernteam:
Marco Hoogvliet (projectleiding, Deltares)
Joop Spijker (WENR)
Wilmer Noome (Sweco)
Erwin Slingerland (Arcadis)
Monique de Groot – Reichwein (Tauw)

Projectteamleden:
Toine Vergroesen (Deltares)
Reinder Broisma (Deltares)
Sven van Baren (WENR)
Brian van Straalen (Sweco)
Lisanne den Ouden (Arcadis)
Michel Moens (Arcadis)
Annemieke Feijen (Tauw)
Francesca Sahit (Tauw)



Stageonderzoek

Beslisboom droogtmaatregelen voor bomen

Achtergrondrapport droogteschade beperken volwassen bomen in de stad
Gemeente Soest



**kleinschalige
KLIMAATADAPTATIEVE
MAATREGELEN EN DE WATERVRAAG
IN STEDELIJK GEBIED
VERKENNEND (EVALUATIE)ONDERZOEK**

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

Datum: 15 maart 2023
Versie: Definitief 1.0

Kernteam:
Wilmer Noome (projectleiding, Sweco)
Annemieke Feijen (TAUW)
Reinder Broisma (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



RAPPORT

2023
24

Doel STOWA onderzoek

Inventarisatie van in praktijk gemeten, berekende of waargenomen effecten onder verschillende lokale en hydrologische omstandigheden.

Onderzoeksvragen

- Welke kleinschalige klimaatadaptieve maatregelen worden beschouwd?
- In hoeverre hebben deze maatregelen een effect op de stedelijke watervraag en dienen waterschappen hier rekening mee te houden?
- Wat zijn daarbij sleutelfactoren die de mate van het effect op de stedelijke watervraag beïnvloeden?
- Wat zijn relevante aanbevelingen met betrekking tot beheer en modellering om theorie en praktijk dichter bij elkaar te brengen?

- In hoeverre hebben de kleinschalige klimaatadaptieve maatregelen een effect op (grond)wateroverlast?
- Welke informatie is er beschikbaar met betrekking tot verdampingsparameters van groen en verhard oppervlak?

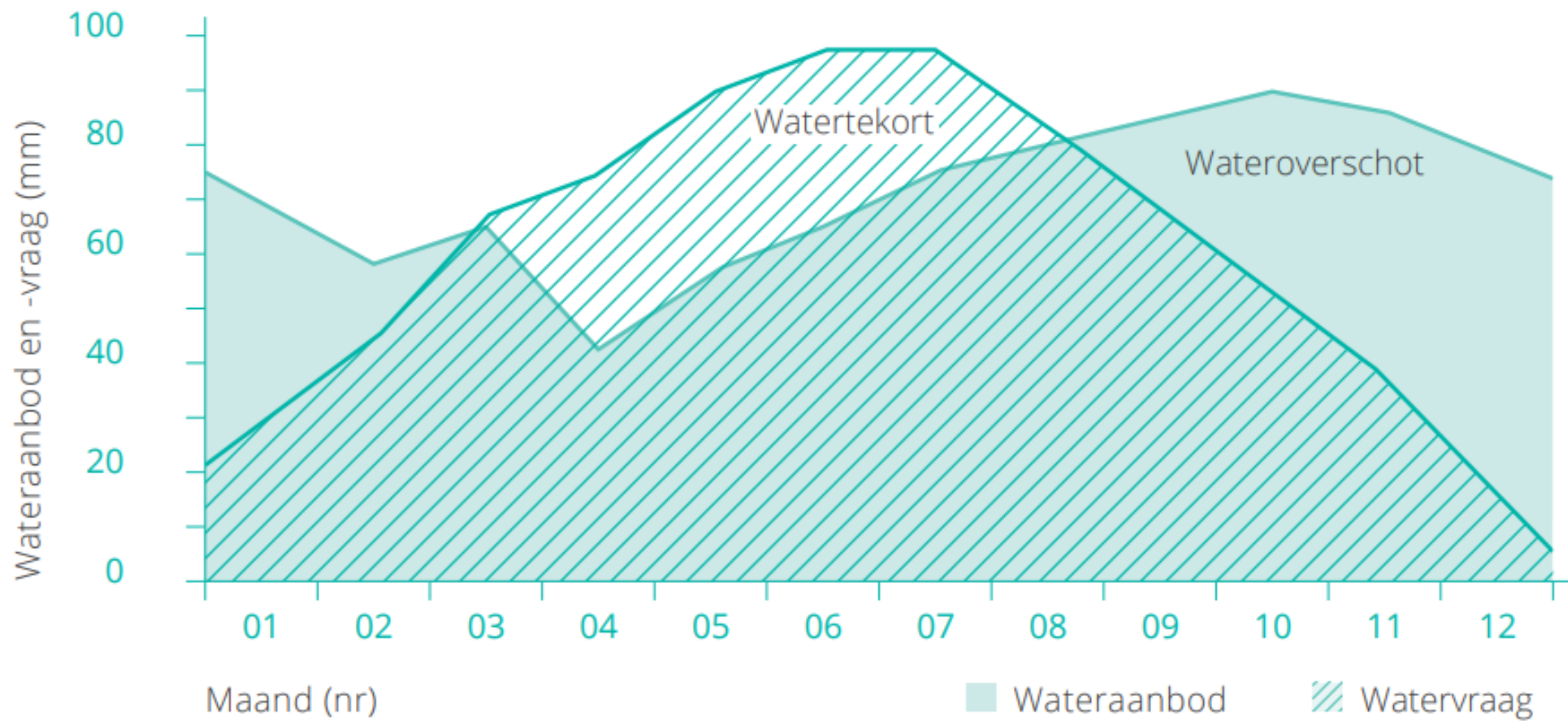
Maatregelen en effecten

- Verdampingswater besparen
- Benutten van hemelwater (blauwgroene maatregelen)
- Reguleren van ondiep grondwater
- Benutten diep grondwater
- Aanvoeren van water

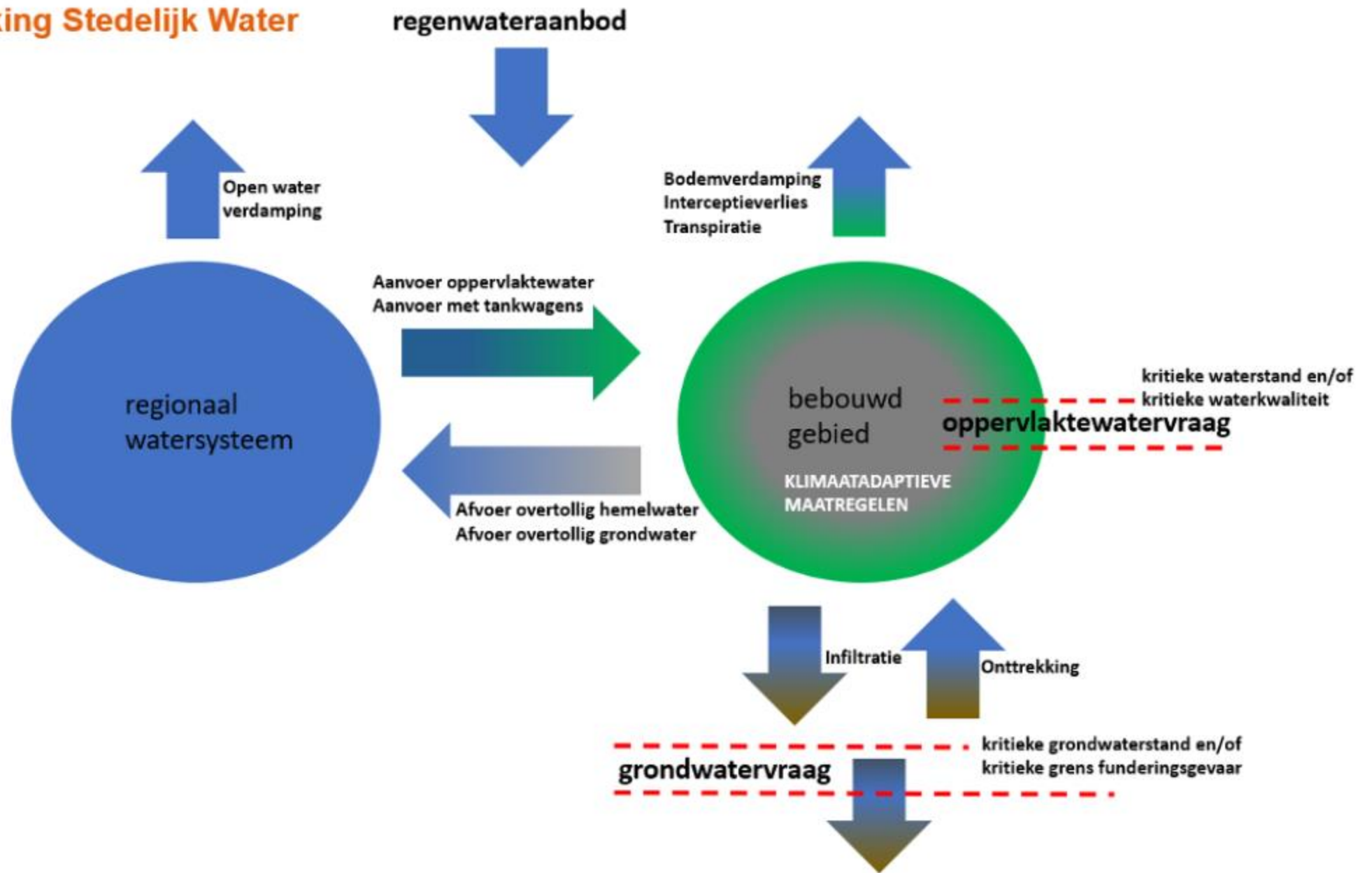
TABEL 1 MAATLAT EFFECTEN VAN MAATREGELEN (SCHAAL 1..5)

	1	2	3	4	5
Effect op stedelijke watervraag	Geen	Overbrugging korte droge periode (weken)	Overbrugging middellange droge periode (maanden)	Overbrugging lange droge periode (enkele maanden)	Structurele oplossing
Effect (grond) wateroverlast	Negatief effect Significante impact	Negatief effect Geringe impact	Geen effect	Positief effect Geringe impact	Positief effect Significante impact

Stedelijke waterbalans



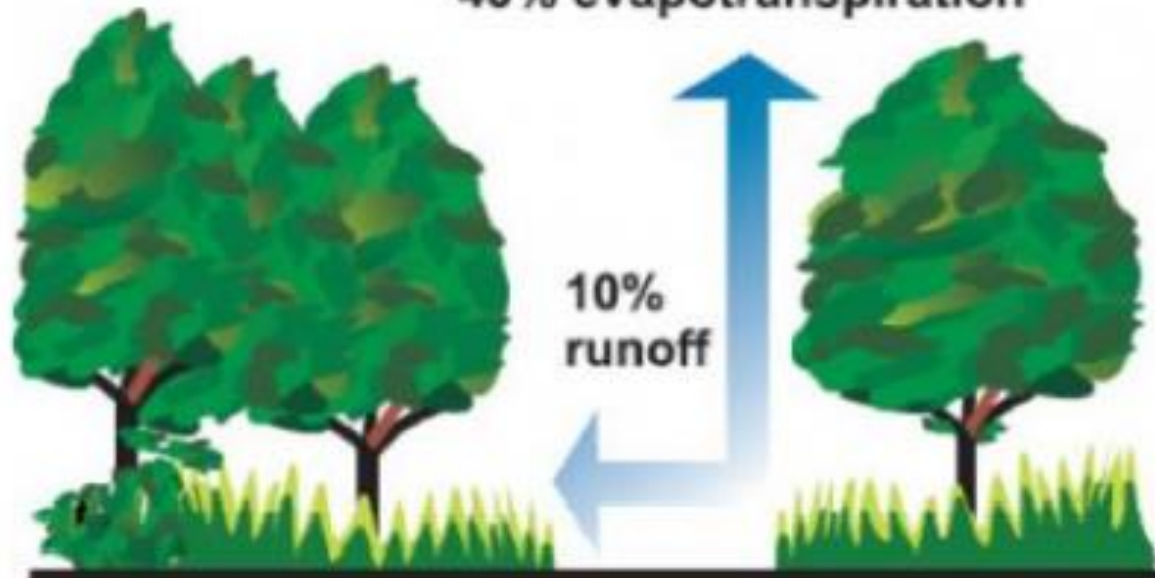
Systemwerking Stedelijk Water





- 1: neerslag
- 2: infiltratie/verdamping (onverz. zone)
- 3: infiltratie open verharding
- 4: neerslag verhard → rwzi/opp.-water
- 5: afstroming/afkoppelen
- 6: verdamping
- 7: overstort vanuit riool
- 8: afvalwater
- 9: rioolvreemd water
- 10: interactie grond-/opp.-water
- 11: ⇔ regionaal oppervlaktewater
- 12: ⇔ reg. Grondwater: kwel/wegzijing

40% evapotranspiration



25% shallow infiltration

25% deep infiltration

Natural Ground Cover

30% evapotranspiration



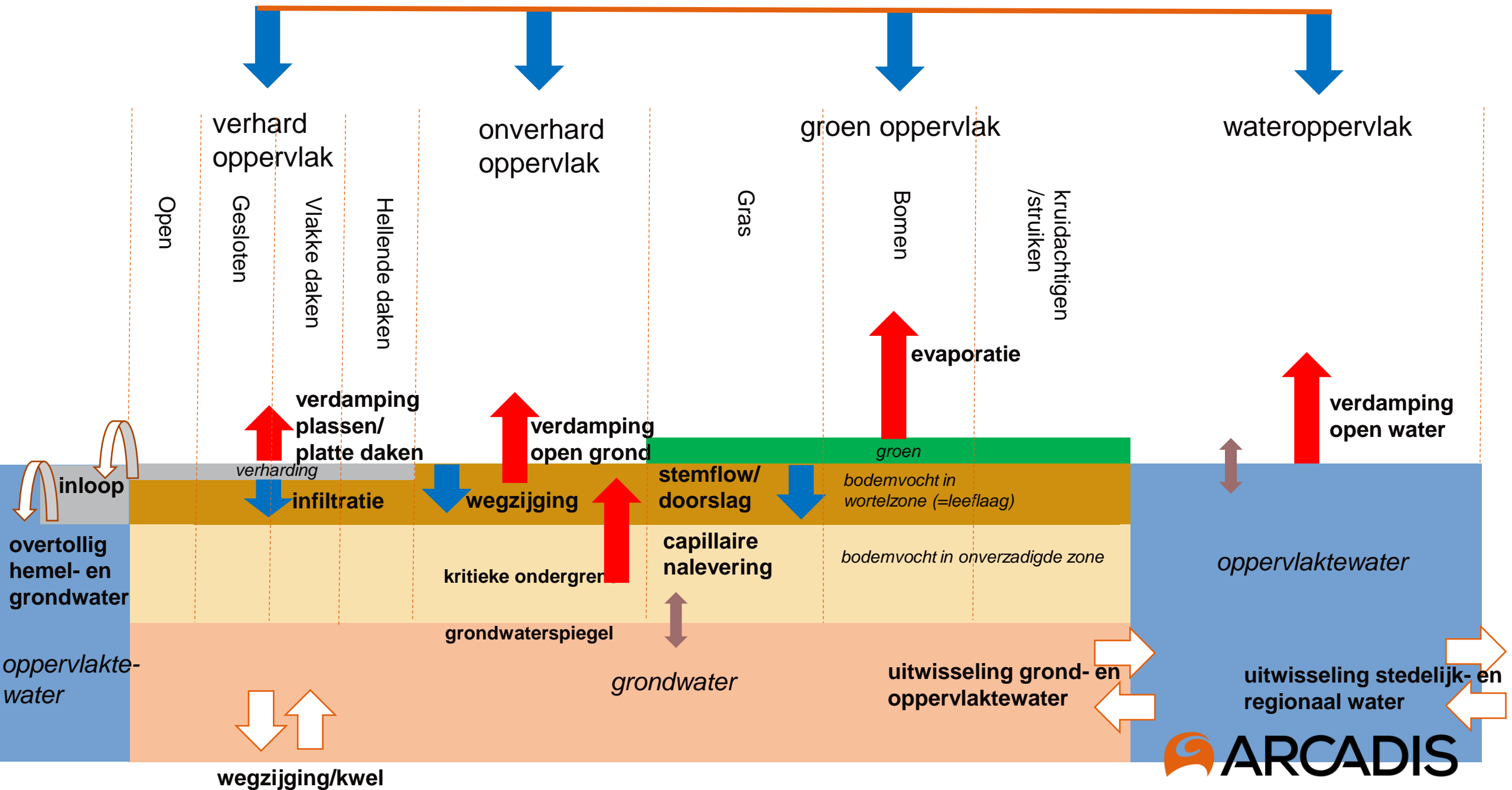
10% shallow infiltration

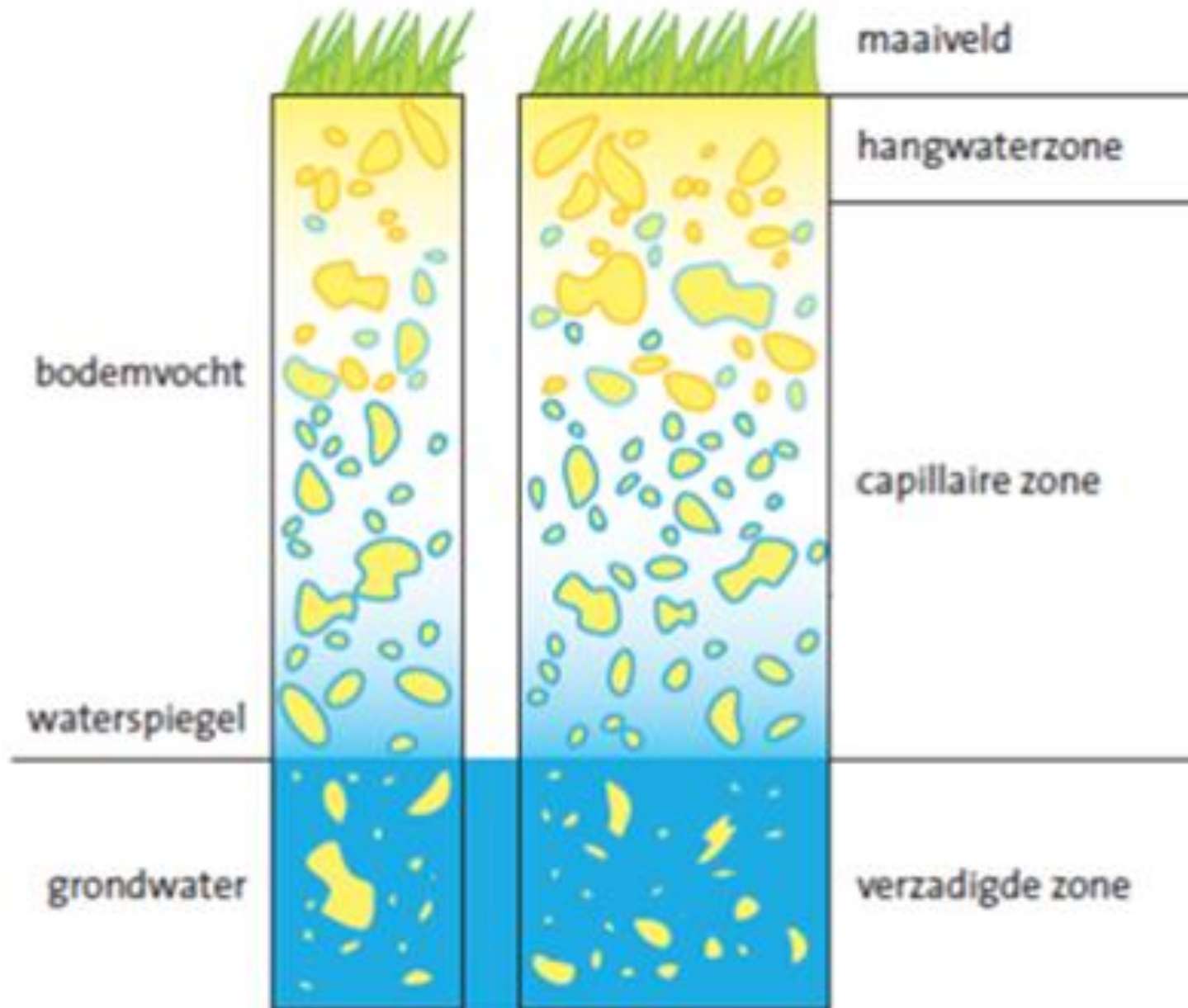
5% deep infiltration

75%-100% Impervious Cover

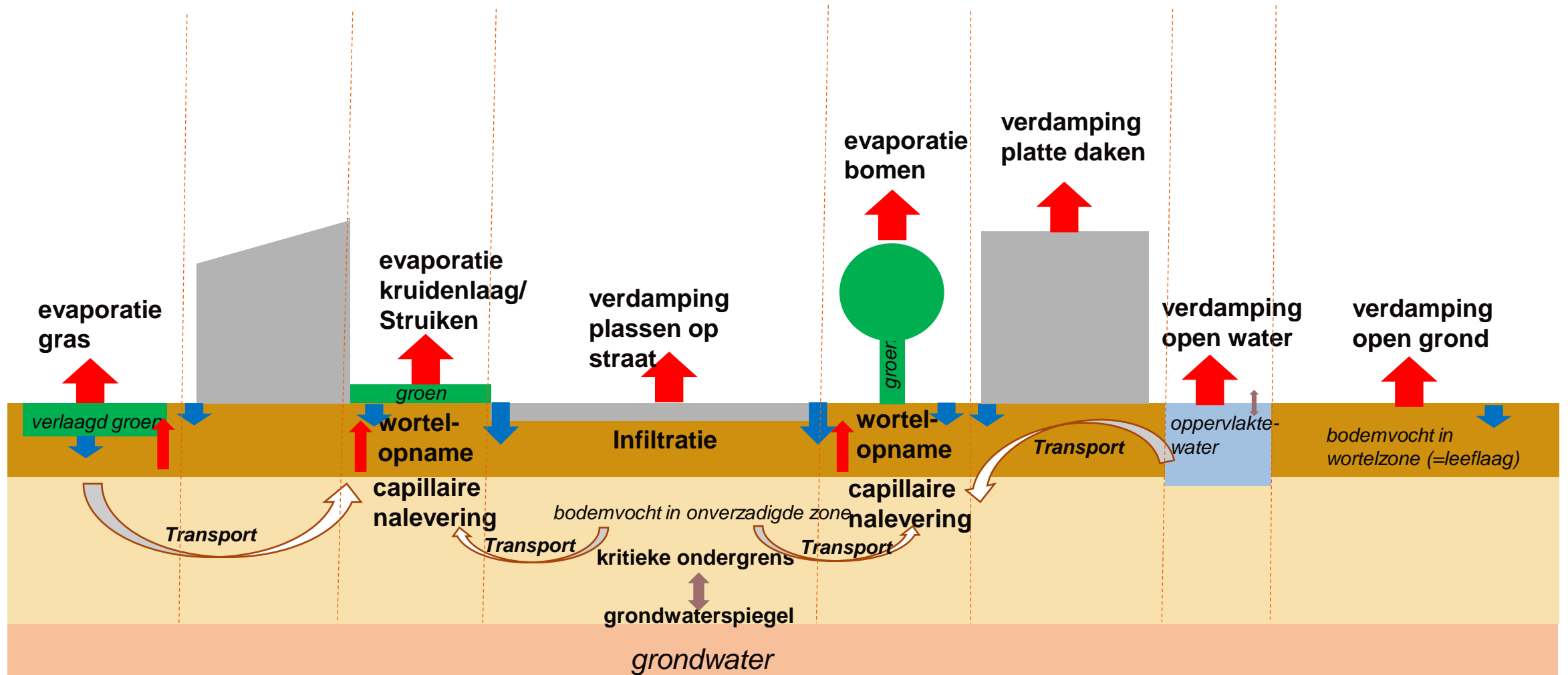
waterbalans wijkniveau

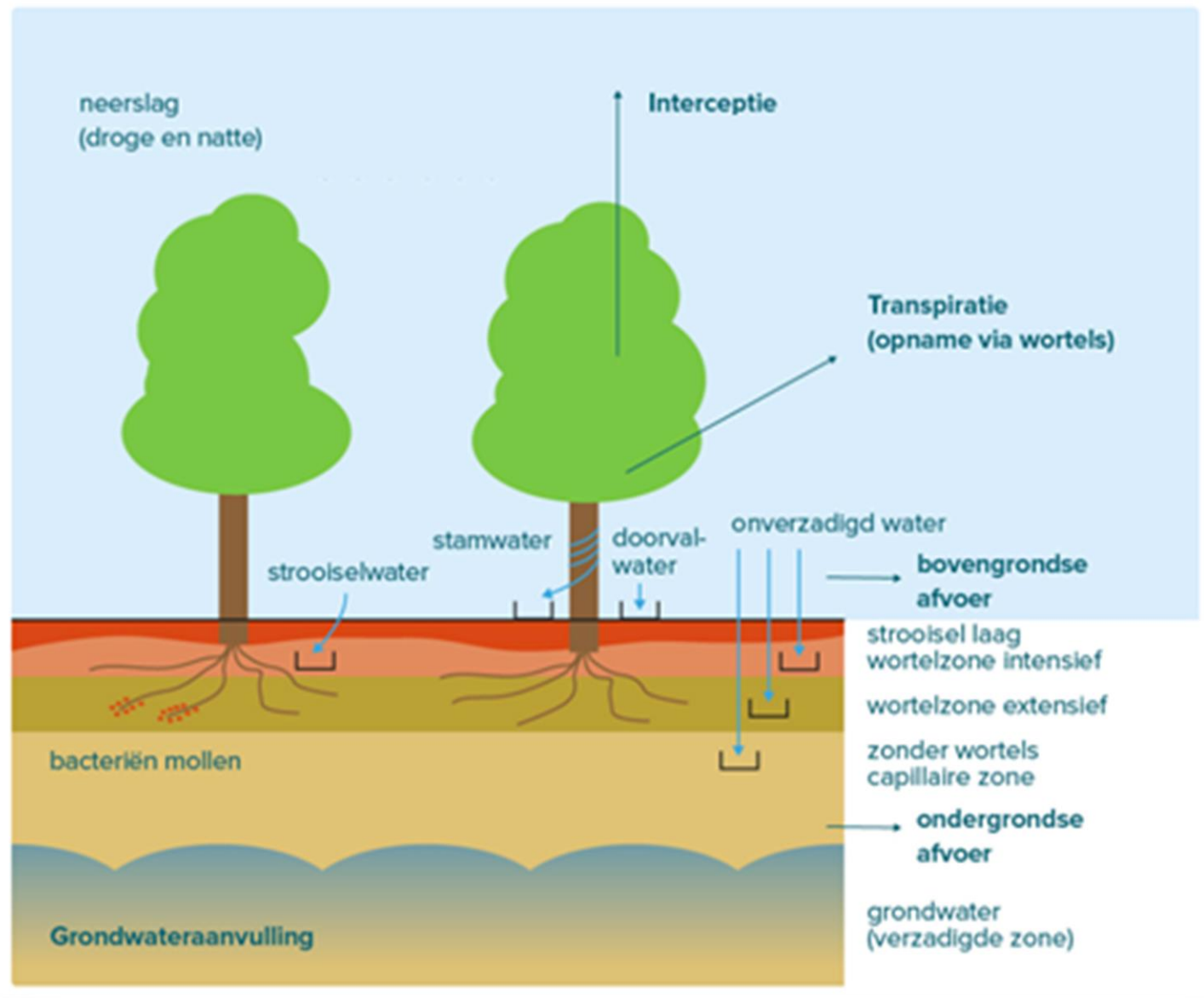
Neerslag



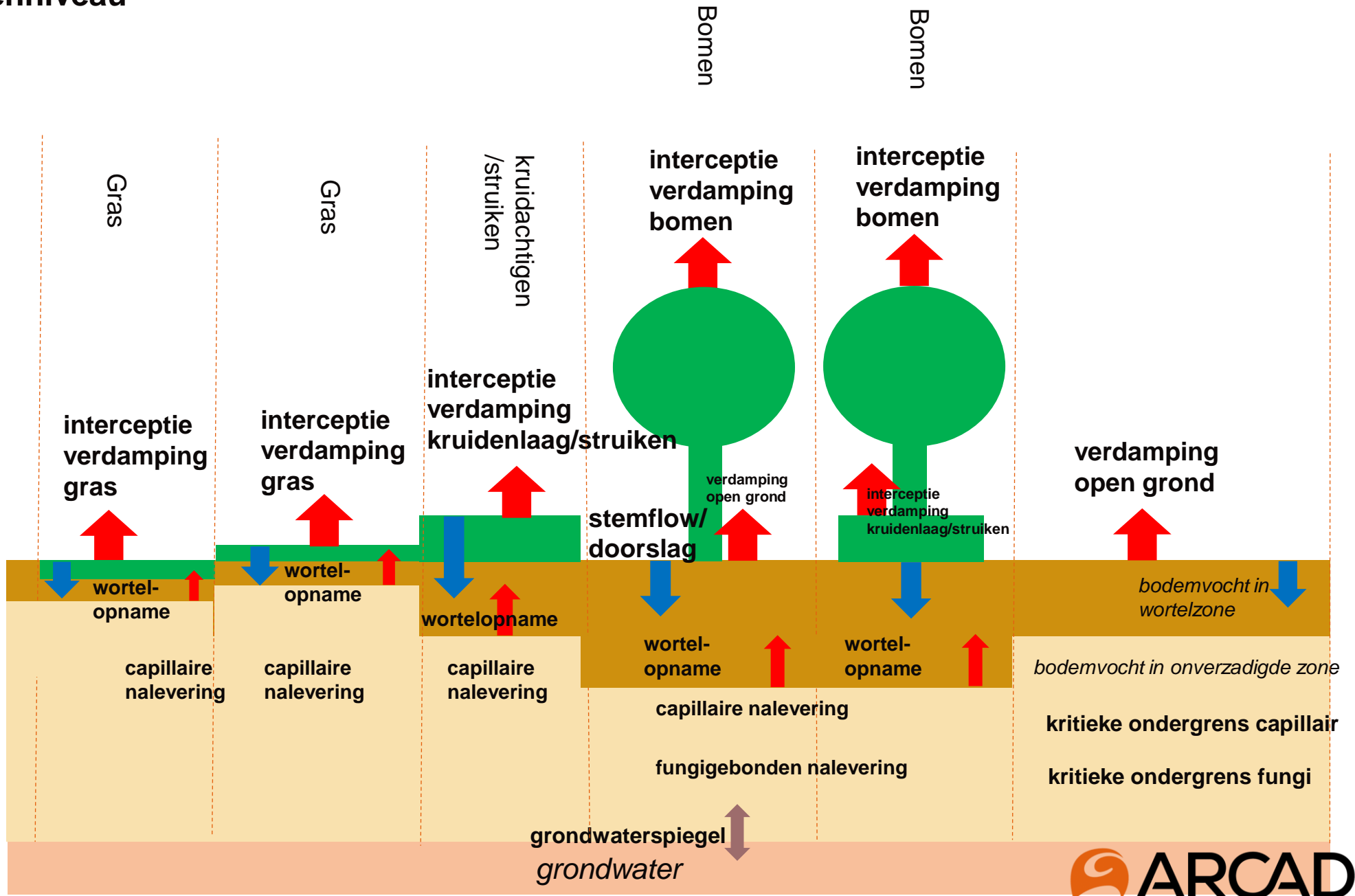


waterbalans straatniveau





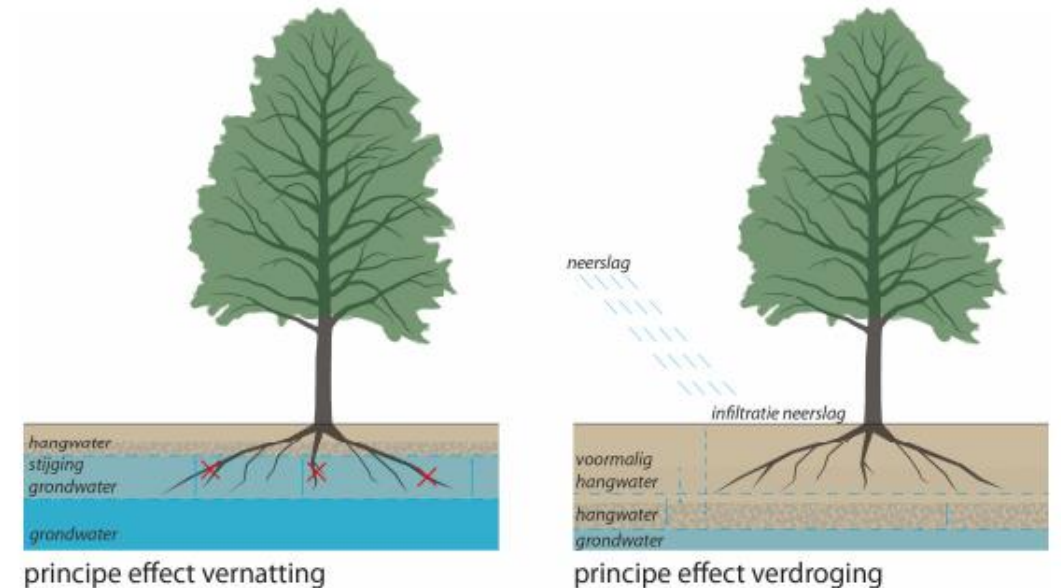
waterbalans groenniveau



Enkele onderzoeksbevindingen

Vochtvoorziening

- Groen haalt water voornamelijk uit de onverzadigde zone (hangwater + capillair water)
- Water onder verharding verdampt minder snel
- Wortels putten water niet direct uit grondwater (uitzonderingen daargelaten)
- Groen functioneert optimaal zolang het onbeperkt kan verdampen
- Onderscheid in
 - Deels regenwaterafhankelijk → meest kwetsbaar
 - Volledig regenwaterafhankelijk
 - Niet regenwaterafhankelijk
- Wegzakken grondwater dieper dan 2 meter is zeer kritisch



Figuur 3.2 Principeschets gevoeligheid bomen voor verandering grondwaterstand

Klimaatvraag en watervraag stedelijk gebied

- Piekwatervraag veenlandschap in een droog jaar is dan andere landschapstypen

Klimaatvraag en watervraag stedelijk gebied

- Piekwatervraag veenlandschap in een droog jaar is **beduidend hoger** dan andere landschapstypen (tot wel 60%)

Klimaatvraag en watervraag stedelijk gebied

- Kwel en wegzijging zijn van orde van grootte als neerslag en verdamping

Klimaatvraag en watervraag stedelijk gebied

- Kwel en wegzijging zijn van **dezelfde** orde van grootte als neerslag en verdamping

Klimaatvraag en watervraag stedelijk gebied

- Suburbane stedelijke inrichting heeft ... watervraag tov (hoog)stedelijk

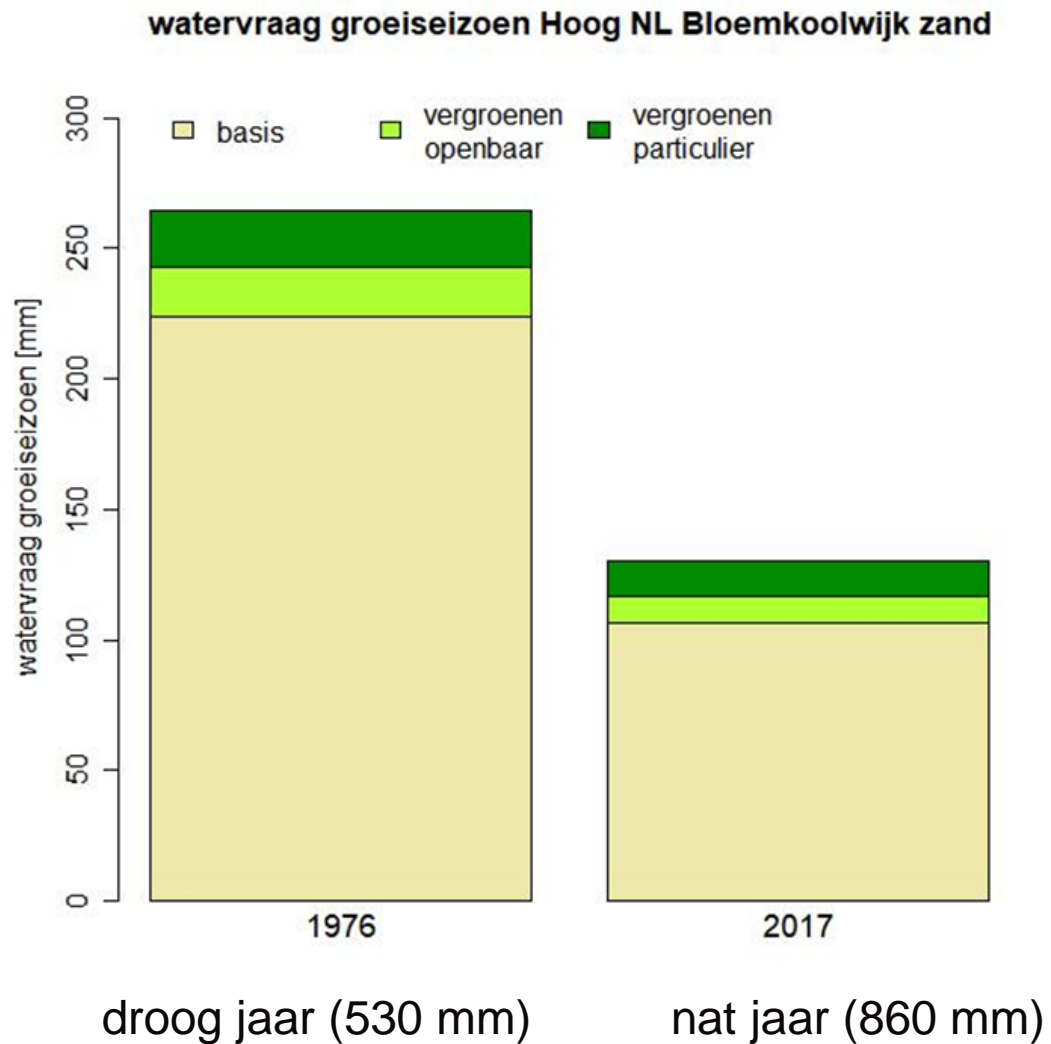


Klimaatvraag en watervraag stedelijk gebied

- Suburbane stedelijke inrichting heeft **grootste** watervraag tov (hoog)stedelijk gebied



Klimaatvraag en watervraag stedelijk gebied



Klimaatvraag en watervraag stedelijk gebied

- Ongewenste interactie tussen de riolering en het watersysteem in de vorm van kan een grote impact hebben op de watervraag.

Klimaatvraag en watervraag stedelijk gebied

- Ongewenste interactie tussen de riolering en het watersysteem in de vorm van **rioolvreemd water** kan een grote impact hebben op de watervraag.

Verdamping stedelijk – landelijk (onderzoek Arnhem)

- Gemeten verdamping neemt sterk toe met de neerslaghoeveelheid, terwijl de berekende referentieverdamping (grasland) juist afneemt
- Gemeten actuele verdamping tot 3 à 4 droge dagen verhoogd na een regendag. Terwijl de actuele, gemeten referentieverdamping geleidelijk afneemt
- Gemeten actuele verdamping vertoont geen duidelijk seizoenspatroon, terwijl de berekende referentieverdamping normaal gesproken een duidelijk maximum laat zien in de zomer

Conclusie

Bij gebruik van de referentieverdamping als maatstaf voor de stadsverdamping zou de watervraag van het centrum van Arnhem in de zomerperiode waarschijnlijk dus overschat worden

Verdamping watervoorziening

Praktijkonderzoek Parijs

- ET voor de periode juni-augustus geschat op 60-90% van de neerslag
- 8 vegetietypen
- ET gemiddeld 2,5 mm/dag (vegetaties zonder interne wateropslagtank)
- ET gemiddeld 4 mm/dag (vegetaties met interne wateropslag).
- Struiken bleken gemiddeld 6% meer te verdampen dan kruidachtigen.
- Struiken in de schaduw bleken 15% minder te verdampen.

Spanningsveld

Maximaliseren van verdamping ter bestrijding van hitte en minimaliseren van verdamping ter reductie van de watervraag

→ Gelaagdheid aanbrengen en planten/bomen in elkaars schaduw te plaatsen beperkt de verdamping



(a)



(b)

<p>Lysimeter 2</p> <p>cotoneaster sylvatica</p> <p>IWS of 20 cm</p>	<p>Lysimeter 4</p> <p>carex sylvatica + deschampsia cespitosa</p> <p>Without IWS</p>	<p>Lysimeter 6</p> <p>carex sylvatica + deschampsia cespitosa</p> <p>IWS of 20 cm</p>	<p>Lysimeter 8</p> <p>regularly removed (twice a year)</p> <p>IWS of 20 cm</p>
<p>Lysimeter 1</p> <p>carex sylvatica + deschampsia cespitosa</p> <p>IWS of 20 cm</p>	<p>Lysimeter 3</p> <p>carex sylvatica + deschampsia cespitosa</p> <p>Without IWS</p>	<p>Lysimeter 5</p> <p>spontaneous flora</p> <p>IWS of 20 cm</p>	<p>Lysimeter 7</p> <p>cotoneaster sylvatica</p> <p>AIWS of 20 cm</p>

Effect bodembedekkers



Met het aanbrengen van een leeflaag (humusrijk) kan het vochtgehalte met 14% toenemen ten opzichte van een humusarme onderlaag.

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.

Effect infiltratie (onderzoek Antwerpen)



1. Beekdalen en waterlopen

- Open water
- Tijdelijke waterbuffer
- Beekdalen
- Vertragende parken
- Water sensitief netwerk van lokale straten en verzamelstraten

2. Ringpark

- Ringzone
- Water sensitief netwerk van lokale straten en verzamelstraten
- Vertragende parken
- Gescheiden hemelwaterafvoer
- Potentiele bufferlocaties

3. Minerale Stad

- Open water / Dokken
- Netwerk van waterpleintjes
- Te activeren waternetwerk
- Oppervlakkige / verholten afwatering
- Bufferlocatie

4. Parkenwig

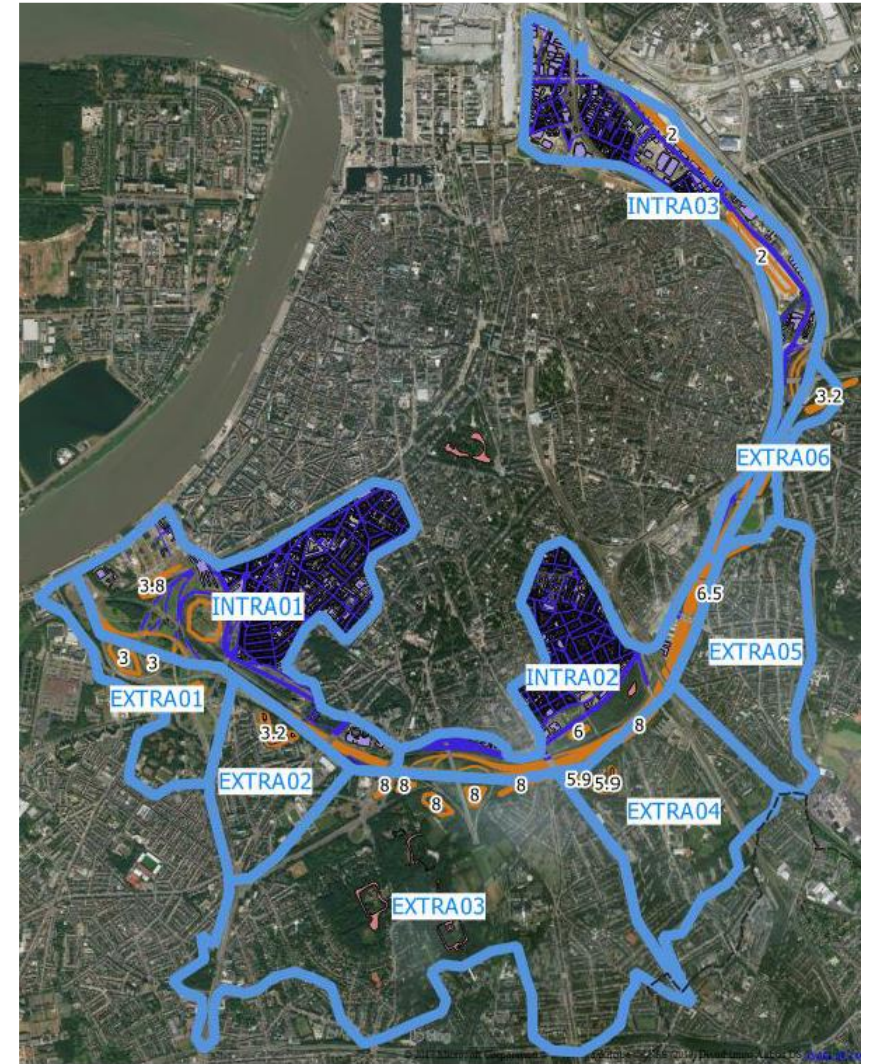
- Bufferende parken
- Groenblauwe parkverbindingen
- Water sensitief netwerk van lokale straten
- Gescheiden hemelwaterafvoer

5. Radicaal lokaal

- Lokaal opvangen hemelwater
- Vertragende parkjes en pleintjes

Estuarien landschap

- Schelde en haven
- Getijdenmilieu



- Er is voldoende, maar vraag en aanbod zijn echter niet optimaal verdeeld, niet in tijd en niet in ruimte




Legende

 buffergebieden

verhoging grondwaterstand [m]

 $\leq .5$

 .5 - 1

 1 - 2

 2 - 3

 3 - 4

 > 4

0 500 1000 1500 2000 m





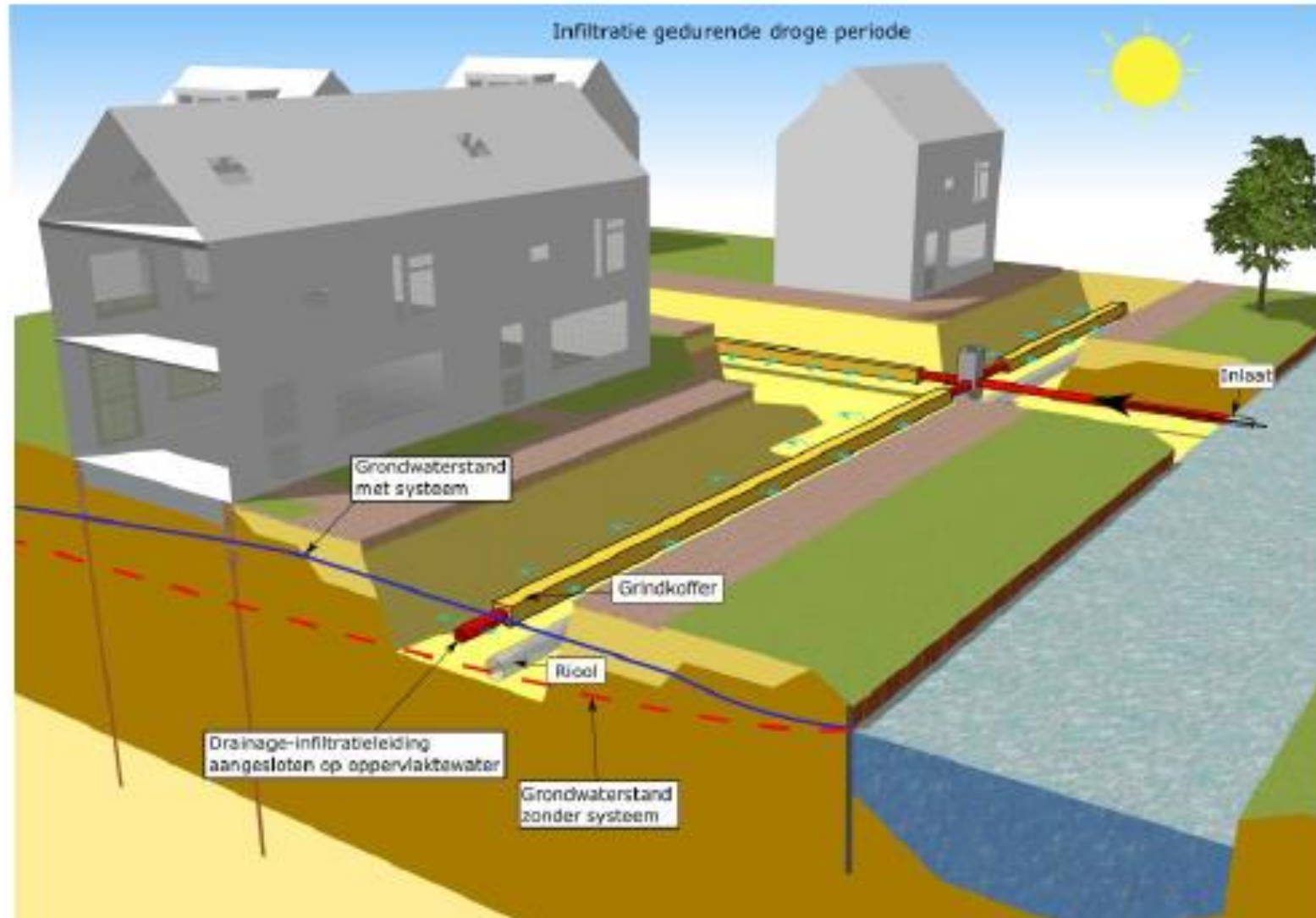
© 2019 Microsoft Corporation © 2019 DigitalGlobe © CNES (2019) Distribution Airbus DS [Terms of Use](#)

Effect infiltratie (onderzoek Antwerpen)

- Er is voldoende, maar vraag en aanbod zijn echter niet optimaal verdeeld, niet in tijd en niet in ruimte
- Watergift nieuw aangeplante bomen 80 liter per boom per week gedurende de eerste 2 seizoenen (in mei-september) → 1,6 m³/boom per jaar per kroonprojectie;
- Benodigde watergift ca. 7 m³ per boom per maand (kruindiameter 10 m) → omgerekend een tankwagen per boom per 2 maanden of ca. 3 mm/dag per kroonprojectie;
- Besproeiing bij tekort 100 mm/maand gedurende 2 zomermaanden → 3 mm/dag per kroonprojectie.

*De stedelijke watervraag voor de stedelijk waterbeheerder voor **besproeien en kunstmatige watergift** wordt op basis van bovenstaand onderzoek geschat op ca. **3 mm/dag** om (van bovenaf) te voorzien in water om een langdurig droge periode te overbruggen.*

Peilopzet



Effect Peilopzet

- Het verhogen of verlagen van het oppervlaktewaterpeil heeft een structureel effect op de watervraag. Het verhoogde oppervlaktewaterpeil voedt lokaal het grondwater met als gevolg dat de grondwatervoorraad wordt aangevuld en het grondwaterpeil stijgt.
- De aanleg van een DIT-stelsel kan zowel een positief als negatief effect op de watervraag hebben (winter-zomer)
- Louter peilopzet is een proces van 1-3 maanden en niet van dagen/weken
- De aanleg van een DIT-stelsel is effectiever in het ophogen van het grondwaterpeil in vergelijking met het toepassen van een verhoogd oppervlaktewaterpeil
- De (oppervlakte)watervraag ligt in een droge zomerperiode veelal in de orde van grootte van **1 tot 1,5 mm per dag (bruto oppervlak)**, maar kan in gebieden met een goed doorlatende, dikke ophooglaag hoger zijn.

Overall

ARCADIS

TABEL 2 EFFECT OP STEDELIJKE WATERVRAAG

	1 Geen	2 Overbrugging korte droge periode (weken)	3 Overbrugging middellange droge periode (1-2 maanden)	4 Overbrugging lange droge periode (enkele maanden)	5 Structurele oplossing
Verdampingswater besparen				■	■
Benutten van hemelwater		■	■	■	
Reguleren van ondiep grondwater				■	■
Benutten van diep grondwater			■	■	
Aanvoeren van water			■	■	

TABEL 3 EFFECT OP (GROND)WATEROVERLAST / MILIEU

	1	2	3	4	5
Effect (grond)wateroverlast	Negatief effect Significante impact	Negatief effect Geringe impact	Geen effect	Positief effect Geringe impact	Positief effect Significante impact
Verdampingswater besparen				■	
Benutten van hemelwater				■	■
Reguleren van ondiep grondwater				■	■
Benutten van diep grondwater	■	■			
Aanvoeren van water		■	■		

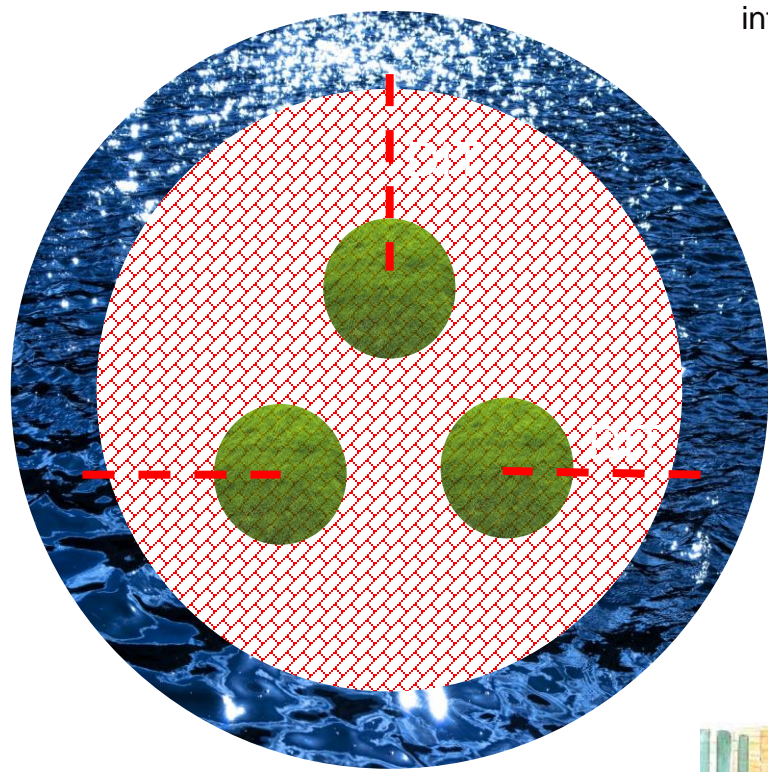
- Er is nog maar weinig bekend
- Gelet op de positieve effecten van het reguleren van ondiep grondwater (dynamisch peilbeheer), mag worden verwacht dat dit in omvang zal toenemen. Regionale waterbeheerders kunnen hier al concreet rekening mee houden in de modellering
- Het effect van ontharding en vergroening op de vraag naar oppervlaktewater of via tankwagens aan te voeren water kan worden overschat. Met voldoende aandacht voor de aan- en herplant van droogtebestendig groen, verbetering van de leeflaag/vochthuishouding en extra percolatie/infiltratie door ontharding is er een compenserend effect

DIT of DAT in bestaand stedelijk gebied?

DIT - - - - -

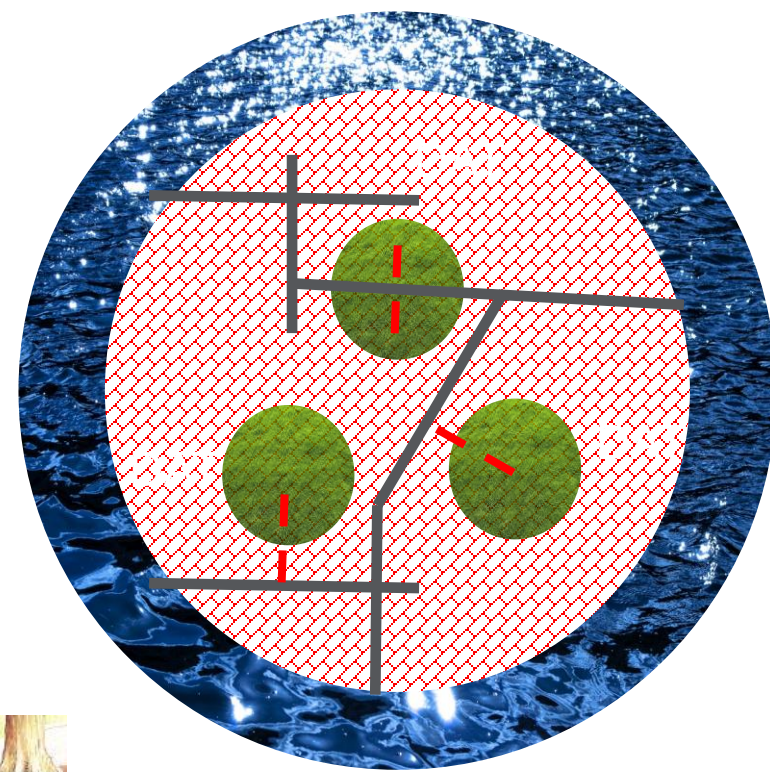
DAT - - - - -

Drainage Infiltratie Transportriool



- - - - -
nieuwe drainage
infiltratie riolering

Droogte Adaptatie Transportriool?



— — — — —
bestaande
gescheiden riolering

