

Onderzoek naar droogte en waterschaarste in Antwerpen

Beschrijvende Nota WP3 Scenario's en Strategieën

Stad Antwerpen
Stadsontwikkeling

RAPPORT 04 december 2019 - versie 3.0



Colofon

International Marine & Dredging Consultants

Adres: Van Immerseelstraat 66, 2018 Antwerpen, België

: + 32 3 270 92 95

: + 32 3 235 67 11

Email: info@imdc.be

Website: www.imdc.be

Document Identificatie

Project	Onderzoek naar droogte en waterschaarste in Antwerpen
Titel rapport	Beschrijvende Nota WP3 Scenario's en Strategieën
Opdrachtgever	Stad Antwerpen - Stadsontwikkeling
Contactpersoon	Ronny Van Looveren, Tel: +32 (0)3 338 36 58, email
Datum	04/12/2019
Projectref.	11556_P012641 - Droogte en waterschaarste in Antwerpen
Rapportref.	I/RA/11556/19.105/JWA/RAD
Besteknummer	GAC_2018_00239
Trefwoorden	

Auteur	Nazicht	Goedgekeurd
--------	---------	-------------

Jan Walravens	Roeland Adams	Jan Walravens
Senior engineer	Product Manager	Senior engineer

Versie	Datum	Omschrijving	Auteur	Nazicht	Goedgekeurd
1.0	19/11/2019	Concept	JWA	RAD	JWA
2.0	04/12/2019	Revisie 1	JWA	RAD	JWA

Inhoudsopgave

1	Inleiding	6
1.1	De opdracht	6
1.2	Doel van werkpakket WP 3	6
2	WP3.1: Scenario's en strategieën m.b.t. grondwater	8
2.1	Noodzaak mitigerende maatregelen grondwaterregime	8
2.2	Voorstel mitigerende maatregelen	8
2.3	Strategie GW01: Onderzoek naar drainage van de Ring	10
2.3.1	Doel	10
2.3.2	Grondwatermodellering	13
2.3.3	Alternatieve inrichtingen	16
2.4	Strategie GW02: Hoe omgaan met bemalingen?	16
2.5	Strategie GW03: Infiltreren in de stad	19
2.5.1	Doel	19
2.5.2	Grondwatermodellering	19
3	WP3.2: scenario's en strategieën m.b.t. waterbeschikbaarheid	24
3.1	Beschikbare waterbronnen	24
3.2	Watervraag	29
3.2.1	Watervraag particulieren	29
3.2.2	Watervraag bedrijven	29
3.2.3	Watervraag Stad Antwerpen	29
3.2.4	Watervraag groen ingevolge klimaatsverandering	31
3.2.5	Totale watervraag	35
3.3	Afstemming vraag-aanbod	35
3.3.1	Transport- en opslagmodi	37
4	Conclusies	39
 Bijlagen		
Bijlage A	Scenario's Grondwater	40
A.1	Scenario GW02	41
A.2	Richtlijnen aanvraag bemalingsvergunning Stad Antwerpen	42
A.2.1	Aanvullende richtlijnen vanaf 1/4/2019	43
A.3	ScenarioGW03	44
A.3.1	Gemiddelde grondwatervoeding	44
A.3.2	Resultaten grondwatermodellering: grondwaterstanden	46
Bijlage B	Waterverbruik / ruimtelijke verdeling per sector	52
B.1	Opslagvereisten neerslagopvang bij maximaal gebruik neerslag	57

Lijst van Tabellen

Tabel 2-1: berekende verharde oppervlakte per cluster volgens GRB	12
Tabel 2-2: Termen waterbalans kernstad	17
Tabel 2-3: Afname (-) / toename (+) kwelflux ingevolge laag klimaatscenario t.o.v. huidige toestand	22
Tabel 3-1: Huidig waterverbruik groendiensten stad Antwerpen	31
Tabel 3-2: Verhoudingen dakoppervlaktes – potentieel regenwaterverbruik, gesommeerd per district	38

Lijst van Figuren

Figuur 2-1: Waterplan “Visie conceptueel raamwerk”	11
Figuur 2-2: Afbakening afwateringszone volgens cluster infiltratiegebieden	12
Figuur 2-3: Dagneerslag station te Wilrijk (www.waterinfo.be)	14
Figuur 2-4: Maximale waterstandsverhoging grondwater, periode 4/2017 – 12/2018	14
Figuur 2-5: Infiltratieflux infiltratiegebieden en drainage van de ring, periode 4/2017 – 12/2018	14
Figuur 2-6: detail grafiek Figuur 2-5	15
Figuur 2-7: Schematische voorstelling fluxen kernstad	18
Figuur 2-8: overzicht vergunningsplichtige winningen	18
Figuur 2-9: Berekende aanvullende grondwatervoeding door 100 % ontharding/infiltratie van de wegeis	20
Figuur 2-10: Evolutie bemaling van de ring R1 ingevolge huidig klimaat, laag klimaatscenario en laag klimaatscenario met achtereenvolgens 40 en 100 % ontharding.	23
Figuur 3-1: Stroomdiagram waterbalans (Sankey) huidige toestand, vertrekkende van brontermen neerslag en aanvoer drinkwater Albertkanaal	27
Figuur 3-2: Stroomdiagram waterbalans (Sankey) huidige toestand, vertrekkende van brontermen neerslag en aanvoer DWA RWZI's	28
Figuur 3-3: Totaal oppervlakte groen aanplant stad Antwerpen (exclusief haven)	33
Figuur 3-4: verhouding dakoppervlakte per district per maximaal verbruik inwoners en per gefactureerd verbruik x 44%	38

1 Inleiding

In 2014 ondertekende de stad Antwerpen de “Covenant of Mayors Adapt” en nam daarbij het engagement om een stedelijke klimaatadaptatiestrategie op te stellen en ondersteund door kennisontwikkeling de noodzakelijke klimaatadaptatiemaatregelen te nemen in de lopende stadsplannen en –projecten.

In eerdere studieopdrachten werd reeds onderzoek verricht rond het stedelijk hitte-eiland effect, de ruimtelijke verdeling van en het effect van klimaatwijziging op de neerslag in Antwerpen en de impact van de wijzigende neerslagpatronen op de lokale waterlopen. In deze studie wordt gefocust op het aspect droogte zowel m.b.t. grondwater als m.b.t. de waterbeschikbaarheid (van water met verschillende kwaliteit: hemelwater, drinkwater, ...) in het algemeen.

1.1 De opdracht

Doel van de opdracht “Onderzoek naar droogte en waterschaarste in Antwerpen” is om voor de stad Antwerpen de kans op watertekorten en belangrijke wijzigingen in het grondwaterpeil te kwantificeren ten gevolge van het wijzigende klimaat en watervraag. De verdere doorvertaling van de wijzigingen in waterbeschikbaarheid wordt zo goed mogelijk ingeschat en maatregelen/strategieën worden voorgesteld om deze effecten tegen te gaan of te mitigeren. Daarbij wordt zowel gekeken naar wijziging van de grondwatertafel als naar de algemene waterbeschikbaarheid (op langere termijn van drinkwater, proceswater, grijswater, hemelwater).

De opdracht bestaat uit vier werkpakketten:

- WP1: Analyse van de gegevens;
- WP2: Impactanalyse;
- WP3: Analyse van scenario's en strategieën;
- WP4: Beleidsaanbevelingen.

Dit rapport omvat de rapportering van de taken uit werkpakket 3.

1.2 Doel van werkpakket WP 3

In het kader van de droogtestudie voor Antwerpen worden verschillende strategieën bestudeerd en doorgerekend zowel voor wat betreft het luik grondwater als voor het luik waterbeschikbaarheid. De resultaten van deze strategieën moeten toelaten om geschikte beleidsaanbevelingen te formuleren voor de stad.

In werkpakket WP2.1, Luik I “Grondwater”, werd de impact berekend van een klimaatscenario op de grondwaterstanden en -stromingen. De resultaten werden aangewend in een beoordeling van de potentiële impact op de waterbeschikbaarheid, natuurpotenties, vijverpeilen en bouwtechnische stabiliteit. In voorliggend werkpakket WP3.1 worden scenario's en strategieën voorgesteld en de impact ervan op het grondwaterregime begroot.

In werkpakket WP2.2 werd een overzicht gegeven van de belangrijkste alternatieve waterbronnen voor de reductie van het drinkwaterverbruik alsook de potentiële impact van het klimaatscenario op deze bronnen ingeschat. In het voorliggende werkpakket 3.2 worden het potentiële verbruikers en verbruik van de alternatieve waterbronnen opgesomd en vergeleken met het totale aanbod voor de stad. Voor de

verkenning van de nodige transportmiddelen en opslagnoden wordt een ruimtelijke verdeling gemaakt van deze termen.

2 WP3.1: Scenario's en strategieën m.b.t. grondwater

2.1 Noodzaak mitigerende maatregelen grondwaterregime

Als gevolg van de verminderde neerslaghoeveelheid en verhoogde variabiliteit tussen zomer en winter regime worden significante wijzigingen van het grondwaterregime berekend:

- Verminderde grondwatervoeding.
In het beschouwde klimaatscenario daalt de grondwatervoeding jaargemiddeld met 1/3 t.o.v. het huidige klimaat. Hier daalt het voeding van zoet grondwater als buffer tegen potentieel indringend brak water uit de Schelde en Dokken. Ook het aandeel van zoet grondwater in de door grondwater gevoede kwelzones daalt, wat een risico inhoudt op een verschuiving in het ionenevenwicht.
- Daling van de grondwaterstanden.
De daling van de grondwaterstanden t.o.v. het huidige klimaat is logischerwijze het hoogst in de voedingsgebieden gelegen op de heuvelruggen zoals de cuesta van de Boomse klei vanaf de Sint-Bernardse steenweg ten zuiden van Fort 7 (Wilrijk) - Fort 6 (Hoboken) - Park Steytelinck. Hierbij aansluitend het cuestafront Mortsels-Hove. In de laaggelegen zones zoals de stadskern (met uitzondering van de hoger gelegen Sint Willibrorduswijk te Berchem), de Schijnvallei, Polder van Hoboken etc. worden dalingen van de grondwaterstanden in het klimaatscenario berekend van minder dan 50 cm.
- Verminderde grondwatervoeding van de waterpartijen en groenzones
De modelresultaten wijzen op een significante waterstandswijziging ($> 0,5$ m) en afname van grondwaterkwel voor vijverpartijen ter hoogte van de heuvelrug Fort 8 – Schoonselhof – Park den Brandt en Middelheim. De vijverpartijen verder van deze as gelegen kennen een meer gematigde daling van de kwel en grondwaterstand tijdens de zomermaanden. Een gematigde daling van de kwel en grondwaterstanden betekent echter niet dat de waterbalans van de waterpartijen niet wordt gewijzigd. Bij de gewijzigde grondwatertermen moet bijkomend rekening worden gehouden met de verminderde neerslag tijdens de zomermaanden.
- De verminderde beschikbaarheid van grondwater voor het stadsgroen.
Aangezien de grondwaterstanden in grote delen van de stad al erg laag staan, wordt aangenomen dat de meeste stadsbomen hun water betrekken uit de bovenste grondlagen eerder dan uit het grondwater. Als veiligheidsprincipe kan echter worden vooropgesteld dat ook voor stadsbomen het grondwater niet verder mag zakken.

2.2 Voorstel mitigerende maatregelen

Bij de uitwerking van milderende maatregelen t.g.v. de klimaatverandering wordt in eerste plaats onderzocht wat de antropogene invloeden zijn die aanleiding geven tot een ongunstige grondwaterdynamiek:

- Grondwaterwinningen:
In de stad Antwerpen wordt thans (situatie 2017) ca. 1 miljoen m³ per jaar vergund voor de permanente winningen (voor gebruik van het grondwater). In 2017 wordt bedraagt het totaal vergund jaardebiet voor tijdelijke bemalingen in de stad Antwerpen (exclusief havendistricten met postcodes

2030 en 2040) meer dan 3,5 miljoen m³. In 2017 werd voor bouwwerkzaamheden in de stadskern binnen de ring een jaardebiet vergund voor meer dan 3 miljoen m³.

- Verharding van de wegen en gebouwen.
De verhardingsgraad in de stad Antwerpen (exclusief havendistricten met postcodes 2030 en 2040) bedraagt gemiddelde 45 %, ca. 25 % in de buitenwijken en tussen 60 en 80 % intramuros (stadsdistricten met postcodes 2000, 2060 en 2018) . Hiervan is 45 % voor rekening van de openbare wegen en 55 % voor rekening van de daken (zowel particulier als openbare gebouwen).
- Permanente drainages
Er worden 3 type (permanente-) drainages beschouwd: 1/drainages van rioleringen en overwelfde voormalige grachten en waterlopen met afvoer naar het rioleringsstelsel 2/ permanente drainages van ondergrondse structuren (waarvoor enkel de bemaling van het stedelijk administratief centrum Den Bell gedocumenteerd is, van de overige ondergrondse structuren is geen informatie gekend, noch over de installatie of het bemaalde de biet) en 3/ de bemaling van de ring R1 te Antwerpen waarvoor de eenmalige metingen tijdens het jaar 2006 alsook de berekeningen met het grondwatermodel wijzen op een onttrekking van ca. 10 000 m³ per dag.

Voorts worden eveneens de lopende initiatieven en studieopdrachten geëvalueerd waar mogelijke een positieve bijdrage in het herstel van het grondwaterregime wordt verwacht:

- Hemelwaterplan en Studieopdracht “Over de Ring” :
Het hemelwaterplan voorziet in lokale infiltratie waar mogelijk, evenals in afwatering van de regenwaterafvoer en het infiltreren van de RWA buiten de wijken in daarvoor voorziene buffer- en infiltratiezones. Voor de afwatering van de wijken langs de ring R1 wordt het idee geopperd voor infiltratie in de bestaande vijvers (Mastvest, Brilschans, Wolvenberg, ...) alsook in nieuw aan te leggen buffer- en infiltratiebekkens. Naast een oplossing voor de beperking van de piekafvoeren bij neerslaggebeurtenissen met hoge neerslagintensiteit en extra voeding van de vijvers bij zomerbuien kan de infiltratie van de RWA ook bijdragen tot een verhoogde grondwatervoeding in de ringzone.
- Waterplan: Verhoging van de grondwatervoeding door ontharding
In het kader van het hemelwaterplan en Waterplan worden aanbevelingen geformuleerd om in te zetten op bronmaatregelen tegen wateroverlast en op ontharding van het openbaar en privaat domein. Ontharding resulteert in een potentiële verhoogde infiltratie en grondwatervoeding.

In overleg met de opdrachtgever werden een 3-tal strategieën uitgewerkt met een potentiële impact en waarvoor de nodige rekenmiddelen beschikbaar zijn om deze impact te begroten:

- In sectie 2.3 wordt het potentiële infiltratiedebiet begroot evenals de impact hiervan op het bemalingsregime van de ring.
- Voor een onderbouwing van een regulering en beperking van tijdelijke bemalingen wordt in sectie 2.4 de impact van de bemalingen geduid op de grondwaterstanden en stromingen in de kernstad.
- In sectie 2.5 wordt een begroting gemaakt van het te ontharde areaal en de impact hiervan op de grondwatervoeding en grondwaterstanden begroot.

2.3 Strategie GW01: Onderzoek naar drainage van de Ring

2.3.1 Doel

Er zijn vooralsnog geen ambities of plannen om de drainage van de ring te minderen of om deze op te heffen. Eerdere voorstellen voor waterkerende schermen rond de ring werden niet weerhouden in het kader van de studie W&E (OverDeRing).

Bij een permanente drainage van de ring als uitgangspunt kan deze worden beschouwd als een permanente bron van nutswater (met beperkte variabiliteit voor wat betreft het debiet van het bemaalde grondwater). Het quasi onveranderlijke aanbod van grondwater biedt een hoge bedrijfszekerheid waardoor een watervraag van minder kwalitatief water kan worden gestimuleerd.

In het kader van het Waterplan Antwerpen werd een visie uitgewerkt voor het nemen van bronmaatregelen voor infiltratie van de RWA. De realisatie van de bronmaatregelen is afhankelijk van de infiltratiemogelijkheden in de stadsdelen. Indien niet lokaal kan worden geïnfiltreerd, wordt de mogelijkheid onderzocht tot afwatering van stadsdelen naar waterpartijen (vijvers/wadi's) buiten de stadsdelen, zo ook in waterpartijen in de zone van de Ring.

Bij een infiltratiegraad van 100 % in de stad wordt niets afgevoerd, de impact van dit maximale infiltratieresultaat op de grondwatervoeding en grondwaterstroming wordt uitgewerkt in strategie 3 – sectie 2.5.

In voorliggende strategie 1 wordt uitgegaan van 0 % infiltratie en de volle 100 % afvoer van de stadsdelen rond de Ring naar waterpartijen (vijvers/wadi's) in de zone van de Ring. Het geïnfiltreerde water wordt vervolgens opgepompt via de drainage van de Ring.

De infiltratie- en buffervoorzieningen hebben een maximaal waterpeil tussen 3 en 6 mTAW, ruim 2 m lager dan het maaiveld van de aangesloten verharde oppervlakte.

Een schets uit het Waterplan Antwerpen “Visie | conceptueel raamwerk” geeft een impressie weer van de in te zetten waterpartijen en nieuw aan te leggen buffers (Figuur 2-1).

Een afbakening van de af te wateren verharde oppervlaktes wordt weergegeven in Figuur 2-2. Hierin wordt zowel water van dak als weg afgevoerd naar de infiltratievoorzieningen. Het wegdek van de ring ligt lager dan de infiltratievoorzieningen. Er wordt daarom geen rekening gehouden met de oppervlakte van de ring.

De infiltratievoorzieningen hebben als hoofddoel om de piekafvoeren van de verharde oppervlakte te bufferen en ten slotte te infiltreren in het grondwater. Vanuit de zoektocht naar een herstel van de grondwatertafel ingevolge het klimaatscenario alsook het gegeven van de drainage van de ring rijzen onmiddellijk de volgende onderzoeksvragen:

- Tot waar reikt deze extra grondwatervoeding in de buffergebieden? Kan dit aanleiding geven tot wateroverlast?
- Welk percentage van het geïnfiltreerde water stroomt af naar de drainage van de ring en welk percentage wordt gedraineerd door de Schelde, kanalen, waterlopen?
- Gelet op de sterke variabiliteit van de aangevoerde RWA, zorgt de infiltratie ervoor dat er afvlakking van het debiet optreedt of is het debiet van de drainage even variabel?



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
-  Potentiële bufferlocaties

3. Minerale Stad

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

4. Parkenwig

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

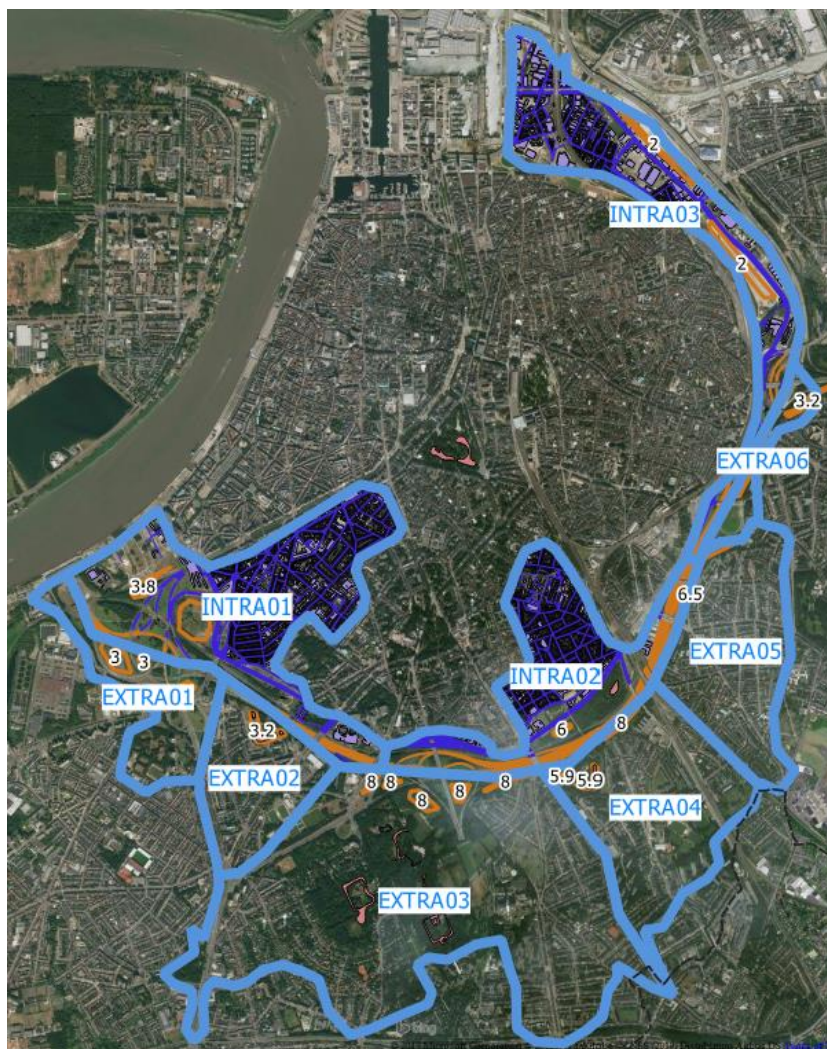
5. Radicaal lokaal

-  Lokaal opvangen hemelwater
-  Vertragende parkjes en pleintjes

Estuarien landschap

-  Schelde en haven
-  Getijdenmilieu

Figuur 2-1: Waterplan “Visie conceptueel raamwerk”



Figuur 2-2: Afbakening afwateringszone volgens cluster infiltratiegebieden

Tabel 2-1: berekende verharde oppervlakte per cluster volgens GRB

Deelgebied	Oppervlakttes [ha]					OPP/HA VERHARD
	WEG	RING	DAK	Som (excl. Ring R1)	buffer opp.	
INTRA_1	38.2	8.8	55.5	84.9	6.6	7.8%
INTRA_2	26.7	21.8	36.1	41.0	0.8	2.0%
INTRA_3	28.3	8.4	36.1	56.0	5.9	10.5%
EXTRA_1	15.3	5.1	2.2	12.4	3.5	28.3%
EXTRA_2	22.3	3.1	16.5	35.7	1.9	5.4%
EXTRA_3	95.0	3.5	64.2	155.6	4.2	2.7%
EXTRA_4	28.5	0.6	25.0	52.9	1.7	3.2%
EXTRA_5	0.0	0.0	42.1	42.1	2.4	5.8%
EXTRA_6	34.0	8.1	0.7	26.6	1.8	6.8%
SOM	288.3	59.4	278.3	507.2	28.9	5.7%

2.3.2 Grondwatermodellering

In antwoord op bovenstaande vragen zijn scenarioanalyses uitgevoerd met het tijdsafhankelijke grondwatermodel. Het effect van het scenario werd berekend voor de recente periode april 2017 tot en met einde 2018. Deze periode kent naast de droge zomer 2018 een relatief hoge neerslagsom in het voorjaar 2018 en een intense neerslag op 5 september 2018 (Figuur 2-3).

De resultaten van dit scenariomodel werden vervolgens verwerkt tot het maximale stijghoogteverschil voor deze periode (Figuur 2-4). Vervolgens werden het geïnfiltreerde debiet van de RWA vergeleken met het door de drainage van de ring bemaalde debiet (Figuur 2-5 & Figuur 2-6).

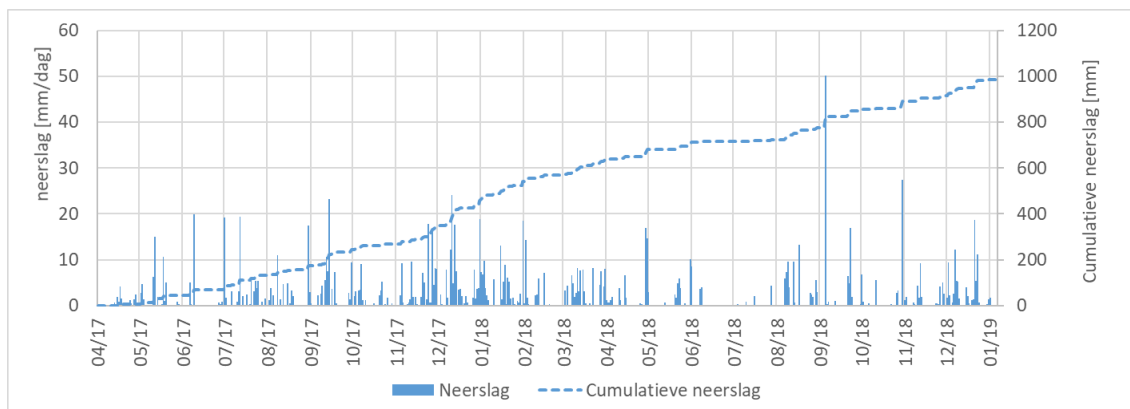
Men merkt een significante verhoging van de grondwatertafel in de zone binnen de ring tegen de Schelde aan. In de zone wordt zowel in omvang als in de diepte meer water opgeslagen dan in de overige zones. De zones buiten de ring zijn kleiner in omvang, deze worden in het zuiden begrensd door een steiler maaiveld en grondwatergradiënt die het infiltratiewater sneller richting de drainage van de ring stuurt.

In simulaties met het model van de bestaande toestand wordt over de totale periode tussen april 2017 en einde 2018 6,4 miljoen m³ bemaald. Via de infiltratievijvers werd in diezelfde periode 9,7 miljoen m³ extra water naar de ringzone gevoerd. Hierdoor stijgt het totaal bemaalde debiet van de ring met 7,5 miljoen m³ tot 13,9 miljoen m³. Men kan derhalve stellen dat ongeveer 7,5 / 9,7 of 80 % van het geïnfiltreerde debiet terug wordt gewonnen via de drainage van de ring. De resterende 20 % stroomt onder meer naar de Schelde en het Schijn.

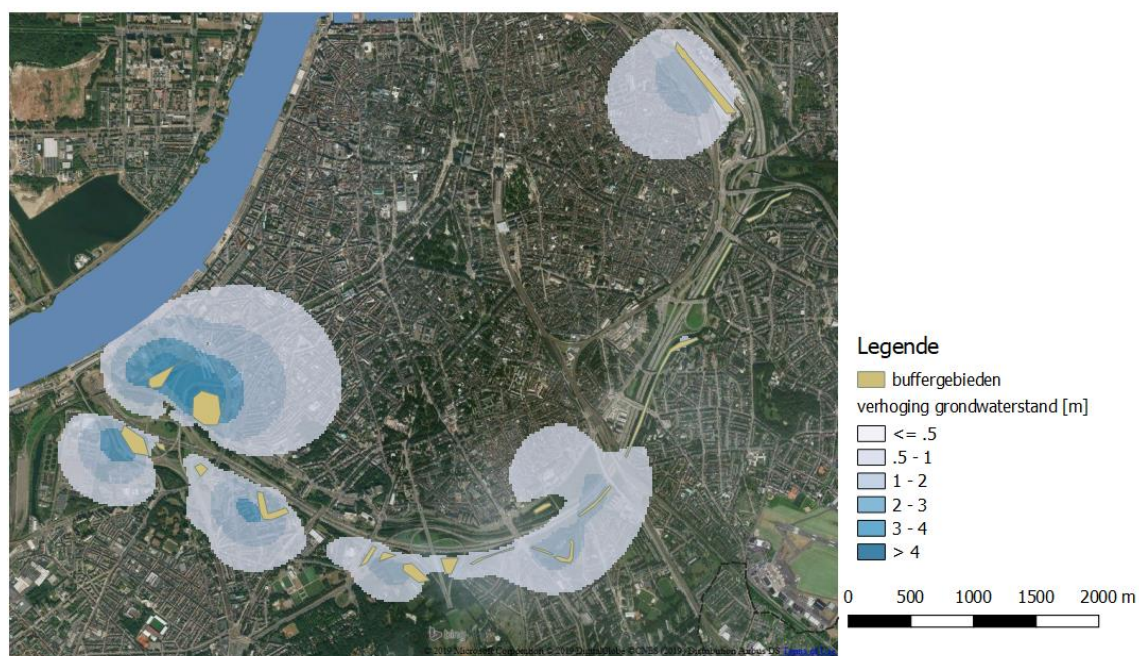
Of het extra bemaalde water zinvol kan worden gebruikt, hangt onder meer af van de stabiliteit van het bemaalde debiet. Het bemaalde debiet met buffervijvers (oranje lijn) wordt in Figuur 2-5 vergeleken met het verloop van het basisdebiet in de huidige toestand (zwarte lijn). Het maximaal bemaalde debiet stijgt kortstondig tot meer dan 100 000 m³/dag. Het minimum bemaalde debiet stijgt van 8 600 m³/dag met ca. 40 % naar 11 800 m³/dag. De kortstondig verhoogde debieten zijn slechts een fractie van de beschikbare pompcapaciteiten van de gemalen van de ring. Deze zijn beiden uitgerust met 3 vijzels met capaciteit 2 m³/s en 3 vijzels met capaciteit van 0.5 m³/s, of een totaal van 650 000 m³/dag/pompstation.

Er moet worden vermeld dat de weergegeven debieten het resultaat zijn van modelberekeningen. Voor de afijking van het model was slechts een beperkte set gegevens beschikbaar (maandelijkse bemaalde debieten voor het jaar 2006 voor het noordelijk gelegen pompstation 2 te Borgerhout). Niettegenstaande het model de in 2006 bemaalde debieten bevestigt, moet met rekening houden met een voldoende onzekerheidsmarge op de absolute waarden.

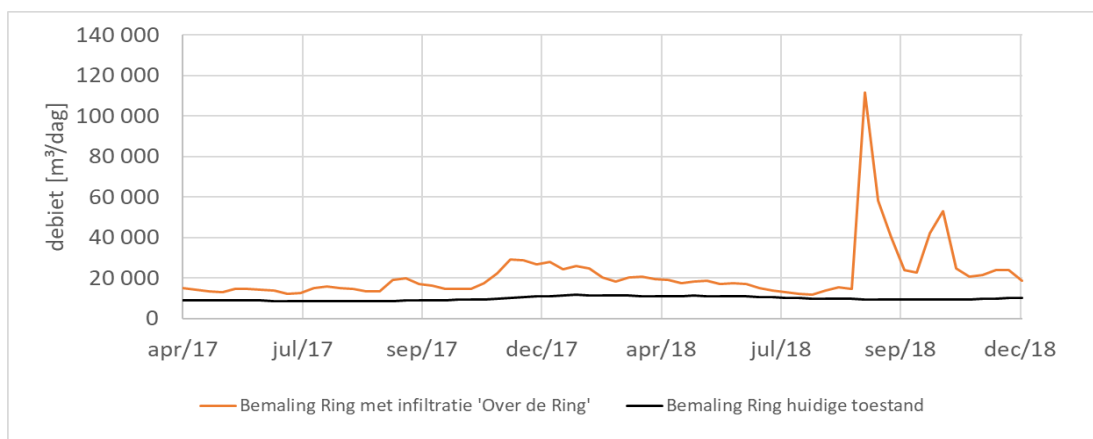
Het gebruik van de vijvers als buffer voor de verharde oppervlaktes stuurt een overaanbod van oppervlaktewater naar de vijvers. Door infiltratie stijgt ook de grondwaterstand in de ruime omgeving van de vijvers.



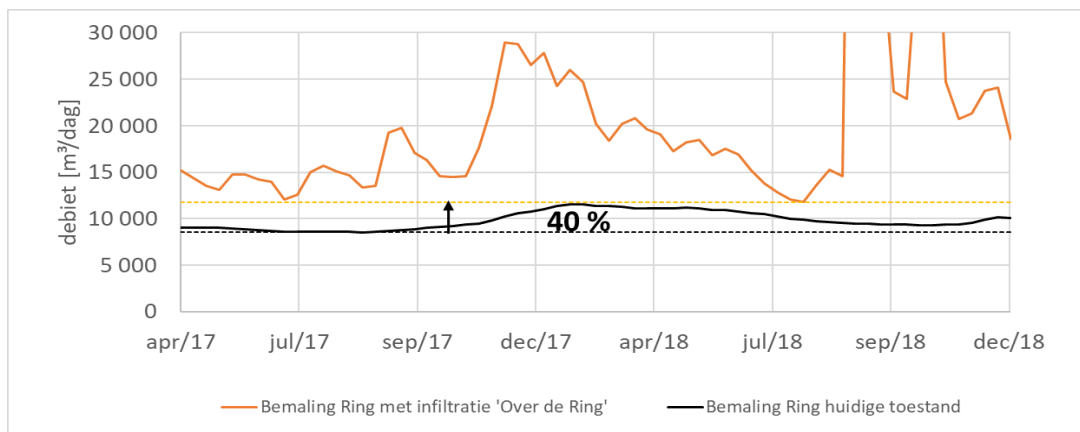
Figuur 2-3: Dagneerslag station te Wilrijk (www.waterinfo.be)



Figuur 2-4: Maximale waterstandsverhoging grondwater, periode 4/2017 – 12/2018



Figuur 2-5: Infiltratieflux infiltratiegebieden en drainage van de ring, periode 4/2017 – 12/2018



Figuur 2-6: detail grafiek Figuur 2-5

2.3.3 Alternatieve inrichtingen

Bovenstaand voorbeeld is slechts richtinggevend voor verdere inrichtingsalternatieven in het kader van de lopende studie Water & Energie over de ring. Indien een hoger rendement of afvlakking van het door de ring bemaalde debiet wordt geambieerd kan worden gekozen voor een alternatieve strategie met de plaatsing van de infiltratievoorzieningen op een grotere afstand van de ring. Het rendement (aandeel van het geïnfiltreerde water dat wordt bemaald door de ring) zal dan wel dalen doordat het geïnfiltreerde water zal worden gedraineerd door andere drainages zoals de Schelde, Schijn, bemalingen in de stad stadspark etc.

2.4 Strategie GWo2: Hoe omgaan met bemalingen?

Bemalingen zijn vergunningsplichtig krachtens de Vlarems indelingslijst (rubriek 53.2 / 53.11) Wanneer meer dan 30.000m³ netto wordt opgepompt op jaarbasis én de watertafel dieper dan 4m –mv wordt verlaagd, is de bemaling vergunningsplichtig. Voor vergunningsplichtige bemalingen moet de vergunningsaanvraag een bemalingsstudie bevatten (Richtlijnen bemalingen ter bescherming van het milieu, 2019). Deze omgevingsvergunning moet worden bekomen alvorens de werf kan worden gestart. Voor bemaling lager dan 30.000 m³ op jaarbasis of minder diep dan 4m –mv geldt enkel een meldingsplicht.

De vergunningsdatabank van de VMM bevat naast de vergunningen voor onttrekking van grondwater enkel de gegevens van alle permanente en tijdelijke bemalingen waarvoor door de VMM een vergunning werd afgeleverd. Deze bevat dus niet de bemalingen waarvoor slechts meldingsplicht geldt.

Een overzicht van de tijdelijke bemalingen (met een door de VMM afgeleverde vergunning) voor bouwwerkzaamheden actief in 2017 wordt gegeven in Figuur 2-8 . Er wordt onderscheid gemaakt tussen de bemalingen binnen en buiten de stadskern gelegen. Het totaal vergund bemalingsdebiet binnen de stadskern bedraagt 3.65 miljoen m³ per jaar of 10 003 m³ per dag. Voor dit stadsdeel werd voor het huidige klimaat een jaargemiddelde grondwatervoeding berekend van 3300 m³/dag. Het aangevraagd vergund debiet bedraagt dus 3 maal de grondwatervoeding.

Het aangevraagd bemalingsdebiet op jaarbasis dient zowel voor de bemaling van neerslag in de bouwkuip als voor de bemaling van grondwater. Met het grondwatermodel wordt naar een inschatting van het werkelijke bemaalde grondwater gezocht door het gradueel verhogen van het winningsdebiet tot een goede overeenkomst wordt bekomen met de waargenomen grondwaterstand in de stad. Vanaf een winning van 30 à 40 % van het totaal vergund debiet wordt een grondwaterstand in de stad bekomen die de waargenomen ca. 3m TAW benadert. In Figuur bijlage A-1 worden de verlagingscontouren t.o.v. de nulwinning weergegeven, telkens bij winning van hogere percentages van het vergund jaardebiet. Vanaf dat er meer dan 50 % van het vergunde debiet wordt bemaald dalen de grondwaterstanden stadsbreed met meer dan 2 m, bij 100 % vergund debiet worden onrealistische dalingen van meer dan 4 m berekend.

Voor de kernstad worden in onderstaande Tabel 2-2 de berekende grondwaterfluxen weergegeven zoals schematisch weergegeven in Figuur 2-7. Wanneer 1/3 van het vergund debiet aan grondwater (2) wordt opgepompt komt dit quasi overeen met de grondwatervoeding (1) in de kernstad. Het verlies van bemalingen (2), drainage naar de ring (4) en de overige drainages in de stad (3) wordt slechts gedeeltelijk gecompenseerd door stroming vanuit de haven (6). Stroming van potentieel brak water uit de Schelde (5) zorgt voor een sluiting van de waterbalans. De verhouding van

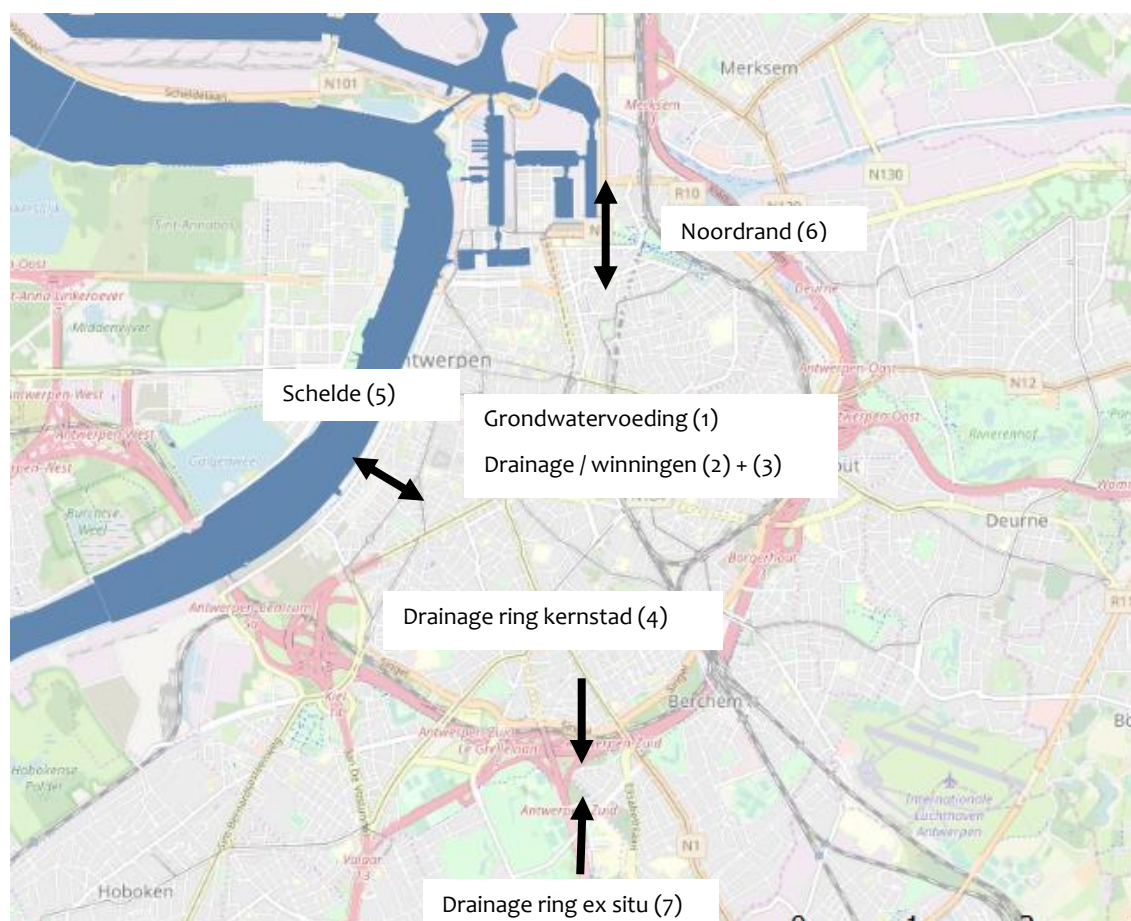
potentieel brak Scheldewater t.o.v. de overige (overwegend) zoetwaterbronnen (neerslag en grondwaterstromingen) is een maat voor de potentiële verzilting van het grondwater in de binnenstad.

Bij een bemaling van grondwater voor 100 % van het bemalingsdebiet verschuift het evenwicht verder naar een hogere flux uit de noordrand (+ 80 %) en de Schelde (+ 270 %). Het aandeel van Scheldewater t.o.v. zoetwaterstromen verhoogt tot 74 %.

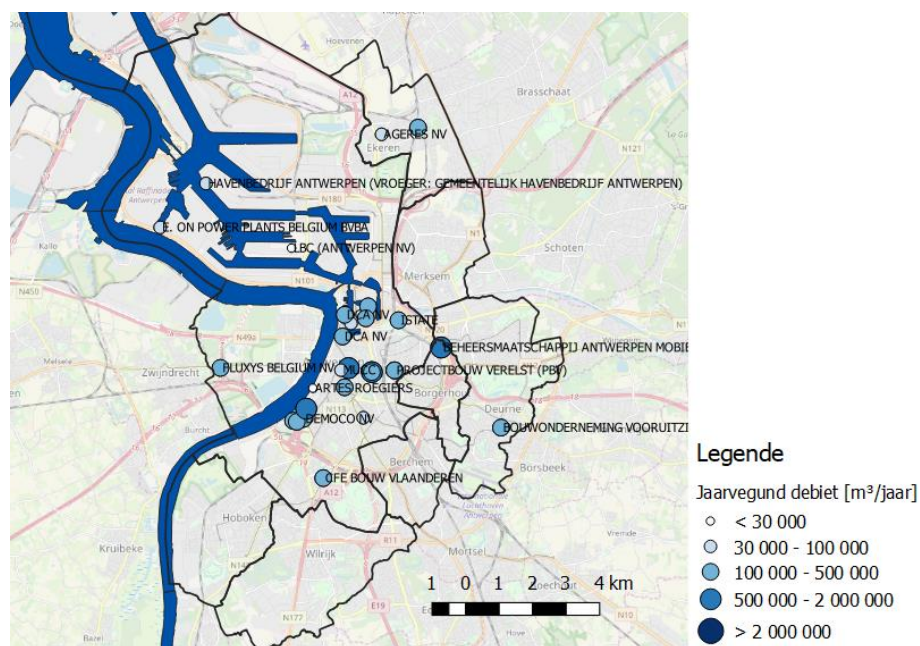
Uit deze analyse volgt dat de tijdelijke bemalingen in de stad (ook als het effectieve bemalingsdebiet maar 1/3 van het vergunde debiet zou zijn) een risico met zich meebrengen tot verzilting van het grondwater.

Tabel 2-2: Termen waterbalans kernstad

Budget Stad	1/3 vergund debiet bemaald grondwater	100% vergund debiet bemaald grondwater	100% vergund debiet bemaald grondwater
Grondwatervoeding m³/dag (1)	3 563		
Bemalingen bouwwerken			
Vergund kernstad anno 2017 : 10 003 m³/dag (2)	3 344	10 003	0
Onttrekking van overige drainage en bemalingen kernstad (3)	526	203	1 659
Drainage kernstad naar ring [m³/dag] (4)	2 416	206	3 134
Grondwaterstroming Schelde > Stad = + (5)	1 156	4 384	-144
GWS Haven. Naar stad = + (6)	1 529	2 382	1 372
Verhouding Schelde/ inflows (5) / [(1)+ (6)]	23%	74%	-4%
Totale drainage ring (kernstad + ex situ) (4) + (7)	13 240	10 706	14 100



Figuur 2-7: Schematische voorstelling fluxen kernstad



Figuur 2-8: overzicht vergunningsplichtige winningen

2.5 Strategie GWo3: Infiltreren in de stad

2.5.1 Doel

Als gevolg van het klimaatscenario werd een verlaging van de grondwaterstanden berekend (zowel de jaargemiddelde als zomer- en winterextremen) gaande van minder dan 50 cm in de laagst gelegen delen tot meer dan 1 m op de heuvelruggen.

Ontharding van de wegenis, hetzij door het voorzien van waterdoorlatende bestrating, hetzij door afstroming naar plaatselijke infiltratievoorzieningen, biedt een waaier aan voordelen. De piekafvoer van de RWA leidingen naar waterloop of RWZI wordt sterk gereduceerd en het geïnfilterde water kan lokaal zorgen voor een verhoogde vochttoestand in groenzones en bomenaanplant.

In het kader van de droogtestudie rees de vraag welke milderende invloed de ontharding/infiltratie heeft op de grondwaterdynamiek:

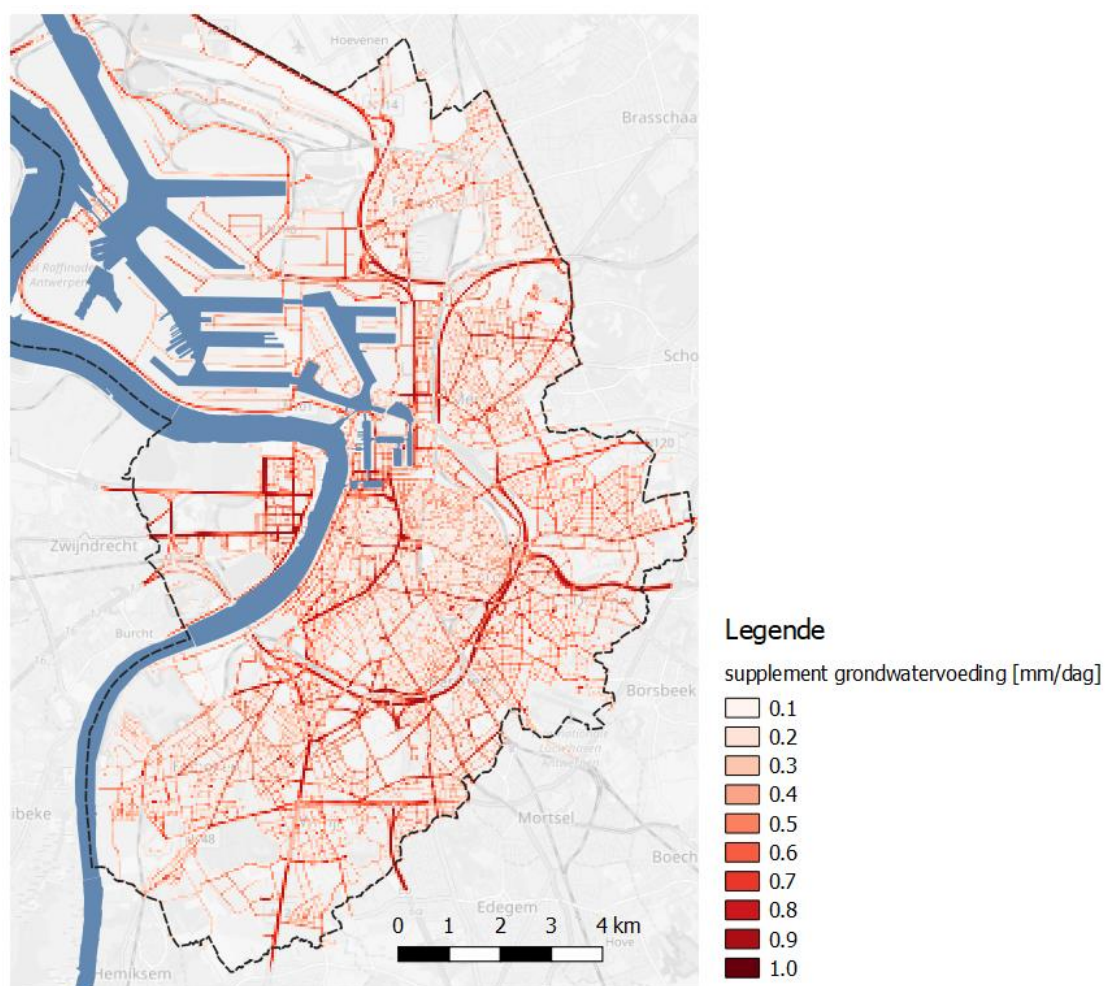
- Kan verminderde neerslag ingevolge een klimaatscenario worden gecompenseerd door ontharding en, zo ja, welk percentage ontharding moet hiervoor worden gerealiseerd?
- Is het zinvol om, naar analogie met het hemelwaterplan, een onderscheid te maken in onthardingsgraad tussen de verschillende wijken? Hierin wordt voorgesteld om in bepaalde wijken meer in te zetten op lokale infiltratie dan op afvoeren en infiltratie buiten de wijk. Of nemen we stadsbreed dezelfde waarde?
- Wat zijn beleidsmatig realistische percentages? Is het mogelijk om 30% van het publieke domein te ontharden? De verhouding verharding/ontharding is zeer goed gekend voor het publiek domein (op basis van vectoriële gegevens), slechts benaderend voor het privaat domein (cf. satellietbeelden en Vlaamse studie). Maar inschattingen zijn mogelijk.
- Wat met de toekomstig verwachte toename van verharding? Kan worden verondersteld dat dit steeds gecompenseerd wordt met de nodige wadi's e.d.?

2.5.2 Grondwatermodellering

In de referentietoestand wordt geen grondwatervoeding berekend voor de oppervlakte van de wegenis. In deze scenariovariant wordt de neerslag op de wegenis afgeleid naar het grondwater. In een antwoord op de eerste vraag worden oriënterende berekeningen met het grondwatermodel uitgevoerd met een ontharding/infiltratie van de openbare wegenis van 40 % en 100%. Hiervoor worden de berekeningen met het grondwatervoedingsmodel aangepast.

De grondwatervoeding door ontharding is sterk afhankelijk van de wijze waarop het water naar de infiltratievoorziening (wadi, infiltratiegracht, afvoer naar ondergrondse infiltratievoorzieningen, geperforeerde bestrating) wordt gestuurd: Bij een afstroming van de verharde oppervlakte naar een ondergrondse infiltratievoorziening wordt interceptie en opname door diep wortelende vegetatie in rekening genomen. In het geval van oppervlakkige afwatering naar een groot infiltratieoppervlak stijgt het verlies door evapotranspiratie. In deze oriënterende berekeningen wordt voor de resulterende grondwatervoeding beschouwd dat de helft van de infiltratie gebeurt door waterdoorlatende bestrating en de andere helft via afvoer naar centrale (al dan niet ondergrondse) infiltratiezones. Ook in het Waterplan zijn immers beide mogelijkheden opgenomen.

Met het grondwatervoedingsmodel werd vervolgens de dagelijkse voeding berekend voor de referentieperiode 1981-1991 met zowel de huidige neerslag- en evapotranspiratie tijdreeksen als voor tijdreeksen van het klimaatsscenario. In Figuur 2-9 wordt ter illustratie de resulterende supplementaire jaargemiddelde grondwatervoeding weergegeven (uitgedrukt in mm grondwatervoeding/dag). Het resultaat van deze tijdsafhankelijke berekening wordt gesommeerd per district weergegeven in Figuur bijlage A-2, Figuur bijlage A-3 en Figuur bijlage A-4 voor achtereenvolgens de districten met postcodes 2000, 2018 en 2600. Voor alle districten zien we een significante verhoging van de grondwatervoeding, vooral tijdens de wintermaanden als gevolg van de ontharding/infiltratie van de wegenis. Tijdens de zomermaanden juli-augustus blijft de grondwatervoeding onder het niveau van het huidige klimaat (en huidige toestand zonder ontharding).



Figuur 2-9: Berekende aanvullende grondwatervoeding door 100 % ontharding/infiltratie van de wegenis

De resulterende grondwaterstanden van de doorrekening met het grondwatermodel worden in bijlage A.3.2 voorgesteld onder de vorm van verschilkaarten met de huidige toestand (en de huidige 0 % ontharding). De impact van de verhoogde grondwatervoeding ter hoogte van de in de stad voorkomende waterpartijen wordt weergegeven in Tabel 2-3.

Grondwaterstanden (bijlage A.3.2):

- Als referentie worden in Figuur bijlage A-5 en Figuur bijlage A-6 de grondwaterstands dalingen weergegeven voor achtereenvolgens de zomer- en winterperiode.
- Ontharding 40 % van de wegenis.
De extra voeding bij een ontharding/infiltratie van 40 % van de wegenis blijkt relatief beperkt voor een significante aanvulling van de grondwatertafel:
 - In het stadscentrum binnen de ring R1 worden de dalingen vermeden, zowel tijdens de winter- (Figuur bijlage A-8) als tijdens de zomermaanden (Figuur bijlage A-7). De infiltratie van de hoge verhardingsgraad is voldoende om het verlies aan grondwatervoeding te compenseren.
 - Over de volledige as van Sorghvliedt-Schoonselhof tot Boekenbergpark blijft er een daling tijdens de zomermaanden van minimaal 50 cm met een maximum van meer dan 75 cm t.h.v. Park Den Brandt / Nachtegalenpark (Figuur bijlage A-9). Deze gebieden bevinden zich op een heuvelrug (> hogere respons op verlaagde grondwatervoeding) en hebben met uitzondering van Boekenbergpark een zeer beperkt areaal in de onmiddellijke omgeving te ontharden en te infiltreren.
- Ontharding 100 % van de wegenis.
De extra voeding bij een ontharding/infiltratie van 100 % van de wegenis wordt in grote delen van de stad een hogere grondwatervoeding berekend in het klimaatscenario dan in het huidige klimaat.
 - In de stadskern wordt een verhoging van de grondwatertafel tot 50 cm berekend tijdens de zomerperiode (Figuur bijlage A-9) en tot 75 cm tijdens de winterperiode (Figuur bijlage A-10). Noot: De stadsvijver krijgt in de berekeningen een constant drainagepeil opgelegd. Waardoor de berekende waarden op dit drainagepeil worden gehouden.
 - Op de heuvelruggen wordt de daling van het klimaatscenario grotendeels weggewerkt, zowel tijdens zomer- als winterperiode. Op de meest kritische locaties wordt echter nog een lichte daling van de grondwaterstand berekend t.o.v. de huidige toestand.

Grondwatervoeding vijverpartijen.

De met het grondwatermodel berekende grondwatervoeding wordt uitgemiddeld over een jaar weergegeven in onderstaande Tabel 2-3. De berekende waarden voor de jaargemiddelde kwel vallen grotendeels binnen de verwachte range. Doch gelet op de grove ruimtelijke resolutie van het modelrooster (100 bij 100 m = 10 000 m²) in verhouding tot de kleine oppervlakte van de 23 vijverpartijen (met mediaan oppervlakte van 1 000 m²) kunnen deze waarden slechts als indicatief worden beschouwd. Voor waterpartijen met een lage kweldruk, gelegen op heuvelruggen (Boekenbergpark, Schoonselhof, Middelheim) en met streefpeil hoger dan het drainagepeil van de drainerende ring R1 (Brilschans, Wolvenberg) wordt de massabalans in hoofdzaak gevormd door de aanvoer van neerslag en evaporatie, hetgeen niet het onderwerp is van de voorliggende grondwaterstromingsmodellering. Voor waterpartijen met een hogere kweldruk (Mastvest, Stadspark, Park van Merksem, Hof de Bist, Fort van Merksem) vormt de grondwaterstroming een belangrijke(re) bijdrage van de waterbalans. Voor deze waterpartijen is de ontharding en verhoogde grondwaterstroming signifikanter. Voor deze waterpartijen wordt in het klimaatscenario een daling van de kwel van gemiddeld 35 % berekend. De grondwateraanvulling door ontharding/infiltratie van 40 % van de wegenis geeft aanleiding tot een beperkt herstel van de kwel naar de waterpartijen met een afname

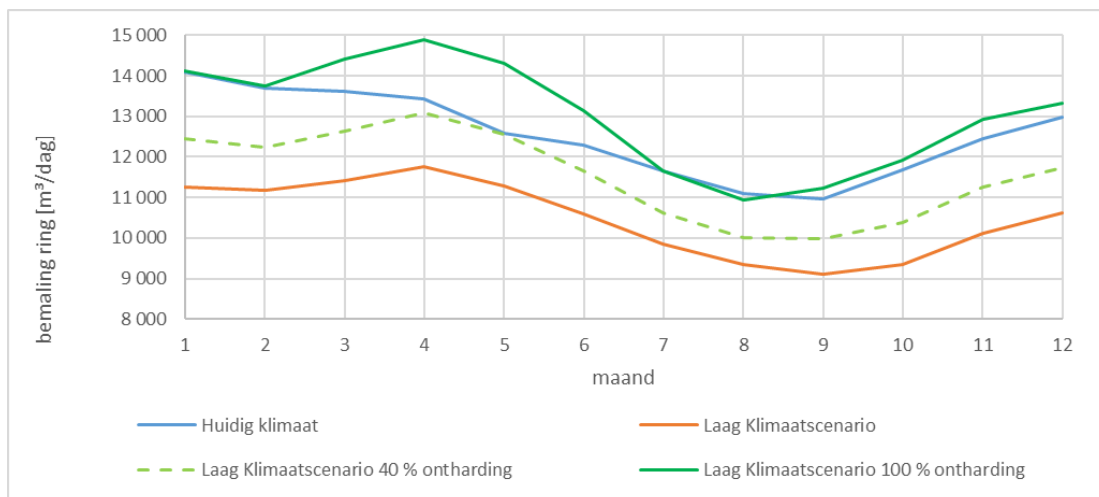
van ca. 15 % t.o.v. de huidige toestand. Voor de zone van het stadspark wordt de significante daling van 70 % in het laagklimaatscenario quasi tenietgedaan. Bij een onthardingsgraad van 100 % wordt er voldoende grondwaterstroming naar de meeste zones met waterpartijen gegenereerd om het effect van de klimaatsverandering te milderen. De relevantie van vergaande ontharding en infiltratie in de binnenstad wordt hiermee nogmaals onderstreept.

Enkel ter hoogte van fort 8 blijft een afname van 30 % t.o.v. de huidige toestand.

De verhoging van de infiltratie geeft eveneens aanleiding tot een verhoogde grondwaterstroming richting ring R1 en de bemalingen (Figuur 2-10). Als gevolg van het laag klimaatscenario wordt een daling van het bemaalde debiet van ca. 15 % berekend t.o.v. het huidig klimaat. Een onthardingsgraad van 40 % van de wegnis compenseert deze daling slechts gedeeltelijk, bij een ontharding van 100 % wordt het klimaateffect volledig tenietgedaan.

Tabel 2-3: Afname (-) / toename (+) kwel flux ingevolge laag klimaatscenario t.o.v. huidige toestand

Zone	Jaargemiddelde kwel huidig klimaat (mm/dag)	Afname (-) kwel laag klimaatscenario t.o.v. huidig klimaat		
		0 % ontharding wegnis	40 % ontharding wegnis	100 % ontharding wegnis
Schoonselhof & fort 7	0.7	-70%	-50%	-40%
Hobokense Polder	1.2	-40%	-30%	-30%
Boekenbergpark	1.1	-100%	-90%	-60%
Mastvest	2.5	-30%	-10%	10%
Stadspark	3.4	-70%	0%	100%
Hof ter Beke	1.4	-60%	-40%	-10%
Fort 6	0.3	-100%	-80%	-40%
Middelheim	0.0	-	-	-
Merksem	5.3	-30%	-10%	0%
Hof de Bist	8.5	-20%	-20%	-10%
Veltwijckpark	1.3	-70%	-50%	-20%
Fort 8	2.2	-50%	-40%	-30%
Brilschans	0.2	-100%	-100%	-50%
Wolvenberg	0.0	-	-	-
Bremweide	0.0	-100%	-100%	100%
Bisschoppenhof	13.0	-30%	-10%	10%
Fort van Merksem	4.2	-30%	-20%	-20%
Put van Ekeren	5.0	-20%	-20%	-10%



Figuur 2-10: Evolutie bemaling van de ring R1 ingevolge huidig klimaat, laag klimaatscenario en laag klimaatscenario met achtereenvolgens 40 en 100 % ontharding.

3 **WP3.2: scenario's en strategieën m.b.t. waterbeschikbaarheid**

In de impactanalyse (Werkpakket 2) werden de watervraag en de (toekomstige) waterbeschikbaarheid tegenover elkaar uitgezet.

In de analyse van scenario's en strategieën worden pistes voor alternatief watergebruik verkend. Pistes voor verdeling en opslag van alternatieve waterbronnen worden verkend, en er wordt rekening gehouden met de ruimtelijke verdeling van de watervraag binnen de stad.

Van de huidige vraag van particulieren naar drinkwater van 24 miljoen m³/jaar, wordt het potentieel voor een overschakeling op alternatieve bronnen op 44% of ca. 10 miljoen m³/jaar geschat. Het potentieel van de overige watervragen van bedrijven (1.9 miljoen m³/jaar) en de stadsdiensten (1.1 miljoen m³/jaar) om over te schakelen op alternatieve bronnen is niet gekend.

Voor de stad zijn er verschillende pistes voor het overschakelen naar alternatieve bronnen mogelijk. Voor stadsgroen, bomen, fontein, veegwagens, reinigen stadswagens, openbare toiletten, geldt een huidig verbruik van 43 000 m³/jaar. Dit zou volledig op alternatieve bronnen omgeschakeld kunnen worden.

Om de potentiële vraag en aanbod van de verschillende types water op elkaar af te stemmen wordt in onderstaande oefening een overzicht gegeven van de verschillende waterbronnen en hun huidige functie in sectie 3.1.

Vervolgens wordt in sectie 3.2 de huidige watervraag en toekomstige watervraag ingevolge het klimaatscenario opgesomd en begroot. Daarbij wordt zoveel als mogelijk rekening gehouden met de ruimtelijke verdeling van de watervraag binnen de grenzen van de stad.

Ten slotte wordt in sectie 3.3 een overzicht gegeven van de opgesomde opslag- en transportmogelijkheden om vraag en aanbod om mekaar af te stemmen.

3.1 **Beschikbare waterbronnen**

In werkpakket WP1.2 werden volgende niet-limitatieve lijst van bronnen voor niet-drinkbaar water beschouwd. Onderstaand worden voor de verschillende posten de mogelijke toepassingen vermeld, huidige ontvanger (gebruiker of lozingspunt) en welke mogelijke restricties hieraan verbonden zijn bij herbestemming van de waterbron.

Permanente bemalingen met lozing op oppervlaktewater of riolering.

Vergunde, permanente winningen van grondwater worden niet beschouwd als waterbron maar als watervraag.

Bemalingen van bouwwerken worden bij voorkeur geretourneerd (zie strategie GW02) of, indien zuivering van verontreinigd bemalingswater voor retourneren niet mogelijk is, geloosd op de riolering. In bepaalde gevallen kan door een beperkte vrije ruimte geopteerd worden voor ook de lozing van niet-verontreinigd bemalingswater op de riolering. Het totaal vergunde debiet voor de stad Antwerpen wordt op jaarbasis begroot op meer dan 1 miljoen m³. Berekeningen met het grondwatermodel wijzen

erop dat naar schatting 1/3 van het vergunde bemalingsdebiet wordt onttrokken aan de grondwatertafel.

Als potentiële gebruiker van het bemaalde niet geretourneerde worden beschouwd:

- Lozing van het bemalingswater via RWA naar RWZI of waterlopen (**e-flow waterlopen**)
- Lozing van het bemalingswater via RWA naar waterpartijen (**waterpartijen**)
- Recuperatie van het bemaald grondwater voor gebruik van laagwaardige toepassingen (**waterrecuperatie en gebruik**)

Regenwateropvang

Er wordt onderscheid gemaakt tussen afstroming van daken en wegenis. Er wordt aangenomen dat de afvoer van dakoppervlaktes slechts beperkt verontreinigd is en voldoende geschikt is voor lokale opslag en hergebruik. De afvoer van de wegenis wordt bij voorkeur geretourneerd naar het grondwater.

Voor de afvoer van de neerslag van daken worden dus 4 potentiële ontvangers gedefinieerd:

- Afvoer via RWA naar oppervlaktewater (laagwaterafvoer van de waterlopen of **e-flow**)
- Afvoer via RWA naar waterpartijen (**waterpartijen**)
- Waterrecuperatie en -gebruik voor huishoudens, stad en/of industrie
- Herinfiltratie (**grondwatervoeding**)

Voor de afvoer van de neerslag van de wegenis worden 3 potentiële ontvangers gedefinieerd:

- Afvoer via riolering naar oppervlaktewater (**e-flow waterlopen**)
- Herinfiltratie (onderwerp van grondwaterstrategie GWO3 -sectie 2.5) voor lokale aanvulling van de grondwatertafel (**grondwatervoeding**)
- Afvoer naar buffers / vijvers voor een gecentraliseerde aanvulling van de grondwatertafel (onderwerp van grondwaterstrategie GWO1 sectie 2.3). Gelet op de uitzonderlijke situatie voor de stad Antwerpen kan deze 3^e ontvanger (waterpartij) ook functioneren als buffer en doorgeefluik voor een 4^e ontvanger / waterbron, nl de drainage van de ring.

In het Waterplan Antwerpen wordt een doorgedreven afkoppeling en infiltratie van de afvoer van de wegenis voorgesteld. Er wordt daarbij een onderscheid gemaakt tussen de verschillende wijken in opvang en afvoerwijze. Een bloemlezing uit de “Visie conceptueel raamwerk” van het Waterplan geeft ons volgende geprivilegieerde ontvangers van de afkoppelingvisies:

- | | |
|---------------------------------------|---|
| • Verdragende parkjes en pleintjes | > grondwatervoeding |
| • Lokaal opvangen van hemelwater | > waterrecuperatie en gebruik |
| • Bufferende parken | > waterpartijen |
| • Tijdelijke waterbuffer lang de ring | > waterpartijen + drainage van de ring |

Effluent RWZI's.

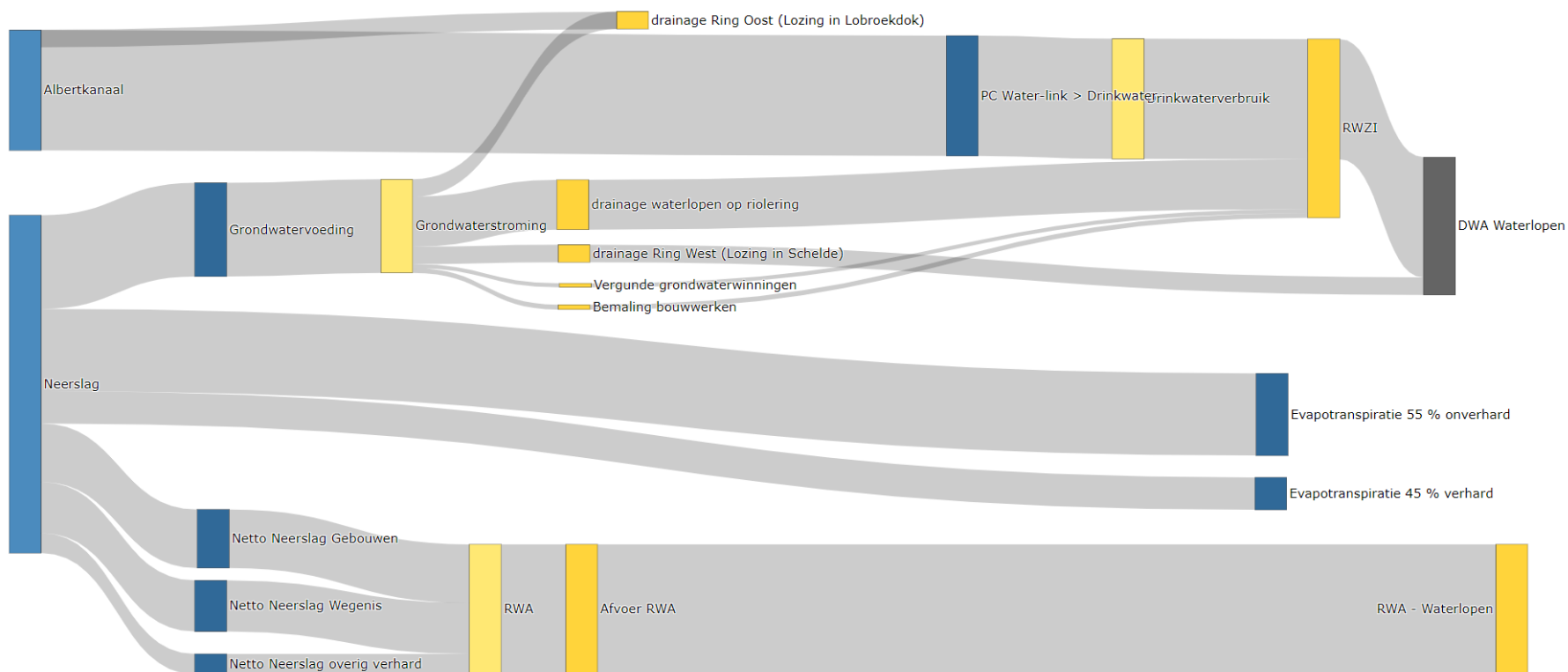
Het effluent van de RWZI's bestaat uit RWA, parasitaire debieten en de behandeling van afvalwater. In het kader van WP1.2 werden de 5-percentieldebieten van de verschillende RWZI's berekend. Dit debiet bestaat uit de volgende brontermen:

- Verwerking afvalwater
- Parasitaire drainage van grondwater

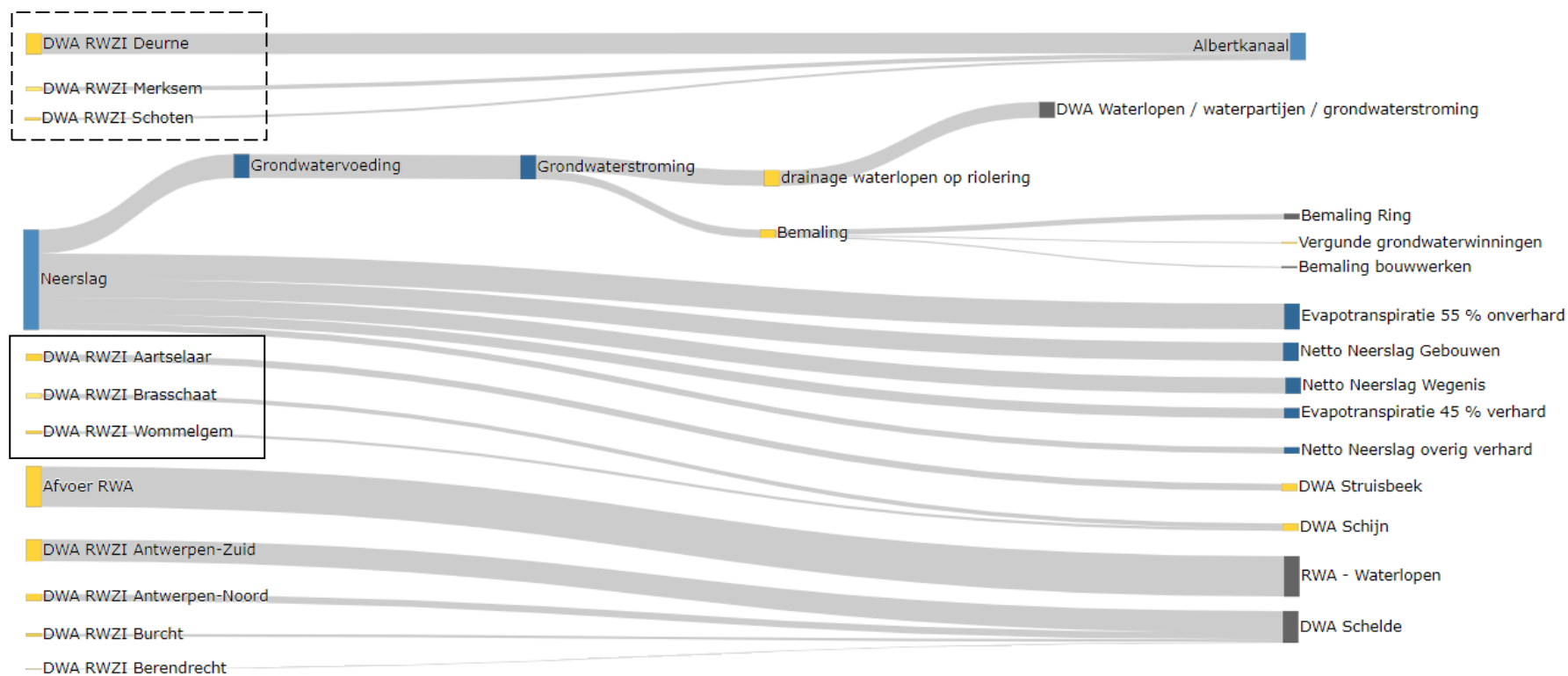
Na zuivering wordt het effluent beschouwd als beschikbare bron voor:

- waterrecuperatie en gebruik
- **e-flow waterlopen**, meer bepaald voor volgende stromen:
 - Voor Antwerpen zuid (Schelde) worden geen problemen verwacht met ecologische flow als gevolg van het afnemen van het effluent.
 - De DWA van de RWZI Wilrijk/Aartselaar draagt bij tot de basisafvoer van de Grote Struisbeek/Benedenvliet.
 - De RWZI Brasschaat (buiten grondgebied Antwerpen) bemaalt de RWA met stormvijzels naar de overwelfde Schijn, hier wordt geen basisafvoer gevraagd. Het effluent daarentegen watert af naar Donkse Beek en blijft bij voorkeur behouden.
- RWZI's Deurne zuid (Lobroekdok), en bij uitbreiding Merksem en Schoten wateren af naar het Albertkanaal. De DWA van deze RWZI's wordt in de nabije toekomst gerecupereerd door de WPC's van Water-link.

De bovenvermelde brontermen worden in Figuur 3-1 voorgesteld, vertrekkend van het aanbod neerslag en captatie door water-link uit het Albertkanaal voor drinkwater (voor watervoorziening in de Stad excl.; haven). In Figuur 3-2 wordt een gewijzigd stromingsdiagram weergegeven vertrekkende vanuit het neerslagaanbod en het DWA debiet van de RWZI's rond de stad. De met stippellijn omcirkelde RWZI's lozen op het Albertkanaal en zijn onderdeel van de waterbalans van het Albertkanaal, de in volle lijn omkaderde RWZI's lozen thans op kleinere waterlopen met een beperkte afvoer. De DWA is derhalve noodzakelijk voor de basisafvoer van deze waterlopen.



Figuur 3-1: Stroomdiagram waterbalans (Sankey) huidige toestand, vertrekkende van brontermen neerslag en aanvoer drinkwater Albertkanaal



Figuur 3-2: Stroomdiagram waterbalans (Sankey) huidige toestand, vertrekkende van brontermen neerslag en aanvoer DWA RWZI's

3.2 Watervraag

Er wordt onderscheid gemaakt tussen (quasi) permanente watervragen van particulieren en industrie enerzijds (secties 3.2.1 en 3.2.2) en anderzijds de occasionele mogelijk watervraag voor interventie in groenzones tijdens periodes van extreme droogte. Deze hebben in hoofdzaak betrekking op het waterverbruik van de groendiensten van de stad.

Vervolgens wordt in sectie 3.2.4 de potentiële watertekorten geschetst ingevolge het klimaatscenario.

3.2.1 Watervraag particulieren

De huidige totale drinkwatervraag op basis van de facturatiegegevens van water-link bedraagt 27,5 miljoen m³ per jaar. Hiervoor is 24,0 miljoen m³ voor rekening van particulieren.

Een schatting van het aantal hemelwaterputten of het werkelijk gebruik van hemelwater is niet beschikbaar voor de stad Antwerpen. Veiligheidshalve kan men ervan uitgaan dat het gebruik van de regenwateropvang zeer laag is. De te realiseren omschakeling naar een maximaal regenwaterverbruik bedraagt dan 24,0 x 44 % regenwaterverbruik of 10,6 miljoen m³ per jaar.

3.2.2 Watervraag bedrijven

De huidige totale drinkwatervraag voor rekening van bedrijven is 1,9 miljoen m³ (ter herinnering wordt in de voorliggende studie geen bedrijven verrekend in de haven – districten met postcode 2030 en 2040). Het potentieel gebruik van alternatieve bronnen is niet gekend en bedrijfsafhankelijk.

3.2.3 Watervraag Stad Antwerpen

3.2.3.1 Huidige watervraag

De huidige totale drinkwatervraag van de stad Antwerpen werd in werkpakket WP1.2 bergroot op 1,1 miljoen m³/jaar. De totale som voor rekening van de stad en haar dochters is samengesteld uit stedelijke ziekenhuizen, crèches, stadsdiensten, etc. Een inschatting van het totaal volume dat door niet-drinkbaar water kan worden vervangen is niet gekend.

Onderstaand wordt een verdere onderverdeling weergegeven voor de gekende vragen van niet drinkbaar nutswater

Opgave stadsdiensten:

- Stadsgroen: bomen (en andere vegetatie)

Nieuw aangeplante bomen worden in de Stad Antwerpen gedurende de eerste twee seizoenen na het aanplanten bevoeid. Dit gebeurt in de periode van mei tot en met september (5 maanden). De jonge bomen krijgen wekelijks water. Per beurt wordt gemiddeld 80 l water gegeven. Er wordt onderscheid gemaakt tussen straatbomen en bomen in parken.

Het bevoeien van straatbomen gebeurt in onderaanneming van de stad Antwerpen. In 2017 worden in totaal 204 bomen bevoeid in de stadsdelen in de

nabijheid van de Zuiderdokken (postcodes 2000 en 2018). Op basis van een gift van 80 l per boom komt dit neer op een verbruik van 16 320 l per week of 353 m³ per 5 maanden. Er wordt gebruik gemaakt van oppervlaktewater dat wordt opgepompt vanuit het bufferbekken van het stedelijk servicecenter aan de Neerlandweg te Wilrijk of vanuit het Albertkanaal t.h.v. het centrum “Dokske” te Merksem. Op basis van de tankbeurten wordt een verbruik van 20 000 l per week of 433 m³ per 5 maanden berekend.

De Stad Antwerpen staat zelf in voor het bevoelen van de bomen in parken. Voorheen werd wekelijks bevoeld met leidingwater, thans wordt effluentwater van de RWZI's en kanaalwater gebruikt. In 2017 gaat het om 215 bomen. Op basis van een gift van 80 l per boom komt dit neer op een verbruik van 17 200 l per week of 372 m³ per 5 maanden.

Het totaal voor de stad Antwerpen wordt begroot op 800 m³ per jaar gedurende de maanden mei tot en met september. Voor het bevoelen van bomen volstaat water van hemelwaterkwaliteit.

- **Fonteinen:**

Totaal verbruik stad Antwerpen bedraagt 14 000 m³ per jaar, met als belangrijkste afnemer de fonteinen van Park Spoor Noord. Voor de fonteinen wordt een zwemwaterkwaliteit vereist, hiervoor wordt ook chloor toegevoegd (cf. Park Spoor Noord).

- **Veegwagens en reinigen van stadswagens (veegwagens en vuilniswagens)**

De bestaande installatie voor veegwagens aan de kaaien in het Zuid worden op termijn uitgebreid met 2 nieuwe clusters in de stad, een technische cluster noord (TCN) en technische cluster zuid (TCZ) die alle bestaande veeg- en wasinstallaties gaan vervangen.

- Het geschatte verbruik voor TCN zijn is 26,5 m³/dag voor de vulling van de veegwagens en +- 23 m³/dag voor het kuisen van de wagens, eenzelfde volume wordt begroot voor de installatie TCZ wat het totaal op ruwweg 50 m³/dag of 18 250 m³ brengt.

- **Vullen van lege vijvers :**

Het peil van de vijvers wordt niet kunstmatig op peil gehouden. Uitzondering hierop vormen de vijvers van het Middelheim en Nachtegalenpark (bemaling van de Craeybeckxtunnel, debiet niet gekend), park Den Brandt waarvoor een eigen grondwaterwinning werd aangelegden de tijdelijke oplossing voor het lage waterpeil in de stadsvijver.

- **Openbare toiletten :**

Het totale verbruik bedraagt 10 000 m³/jaar

- **Overige verbruiken**

- Uit gesprekken met de brandweer blijkt dat het niet haalbaar is om water uit de collectieve regenwaterbuffer te hergebruiken noch als bluswater, noch als water voor sprinklers in de voorziene ondergrondse parkeergarages.
- VDV cleaning staat via het huidige onderaannemingscontract in voor het reinigen van de riolen en straatkolken in opdracht van water-link (gemeentelijke infrastructuur) en Aquafin (bovengemeentelijke infrastructuur). Door Jurgen Daelewyn (Operational Manager, VDV cleaning) worden de volgende volumes in verband met het gemiddelde waterverbruik op jaarbasis ter beschikking gesteld: 18,0 m³ voor rioolreiniging en 0,6 m³ voor kolkenreiniging.

De bovenstaande vermelde termen opgesomd, brengt de totale vraag van de stadsdiensten op 43 000 m³/jaar

Tabel 3-1: Huidig waterverbruik groendiensten stad Antwerpen

Vraag	Volume [m³/jaar]
Bomen	800
Fonteinen	14 000
Veegwagens	18 250
openbare toiletten	10 000
Totaal	43 050

3.2.4 Watervraag groen ingevolge klimaatsverandering

Er wordt onderscheid gemaakt tussen de totale jaarlijkse neerslaghoeveelheid waarvoor als gevolg van de klimaatwijziging een maximale daling met 1/3 werd berekend, de daling van de neerslag tijdens het groeiseizoen en de verhoogde variabiliteit van de neerslag tijdens de zomermaanden.

Er wordt onderscheid gemaakt tussen particulier en openbaar groen. De potentiële watervraag voor particulier groen wordt reeds verrekend onder sectie 3.2.1. De huidige vraag voor het openbaar groen werd reeds verrekend in de (thans beperkte) huidige watervraag van de stadsdiensten onder sectie 3.2.3. Voor een behoud van de huidige eco-hydrologische toestand in de stad ingevolge het voorgestelde klimaatscenario rijzen een aantal significante punten in de watervraag naar (in hoofdzaak) niet-drinkbaar water. De in werkpakket WP2.2 aangehaalde impact vormt als inleiding tot onderstaande opsomming van de te kwantificeren punten:

- Droogtestress bomen (sectie 3.2.4.1)
- Droogtestress groenaanplant en sportvelden (sectie 3.2.4.2)
- Waterbalans vijverpartijen en afname kwel natuurgebieden (sectie 3.2.4.3)
- De potentiële verschuiving zoet/zout evenwicht door infiltratie van Scheldewater is het rechtstreeks effect van een te hoog bemalingsdebiet (zonder retourbemaling) in verhouding tot de beperkte grondwatervoeding. Naast een strengere reglementering op de bemalingspraktijken kan een verhoging van de grondwatervoeding leiden tot een opbolling in het centrum van de stad en een (zoet)waterflux richting de Schelde/Dokken/ring (cf. sectie 2.5).
- Daling grondwaterstanden. De daling van de grondwaterstanden kan grotendeels worden gematigd door een doorgedreven onthardingsbeleid van de openbare wegen (cf. sectie 2.5).

3.2.4.1 Droogtestress bomen

De grotere variatie van neerslag tijdens het groeiseizoen leidt tot een verschuiving naar de optimale standplaatscondities voor de soorten met een hogere droogtetolerantie (score ≥ 3). Gezien het grootste aandeel van de stadsbomen gebruik maakt van een hangwaterprofiel (de grondwaterstand staat reeds te laag) wordt ingezet op (hemel)waterbeschikbaarheid. In het kader van het Waterplan wordt ingezet op

ontharding van de wegenis en infiltratiebuffering. Een gestuurde afleiding naar bomen tijdens periodes met neerslagoverschot kan leiden tot een verhoogde weerstand van de bomen tijdens droogte.

Als structurele maatregel wordt in werkpakket WP2.2 voorgesteld om de infiltratievoorzieningen van het Waterplan Antwerpen te integreren in de groeiplaats. Echter, aangezien de droogte zich mogelijk sneller inzet dan de vervanging van boomsoorten en de uitwerken van het Waterplan kan bevoeien worden overwogen.

Een synthese van de groeninventaris van de stad Antwerpen levert de volgende kengetallen:

- Het totaal aantal bomen in de stad (excl. Haven) wordt geraamd op 96 500 , waarvan 77 000 of 80 % met lagere droogtetolerantie.
- Hiervan zijn een 3000-tal bomen jonger dan 2 jaar
- 386 bomen worden beschouwd als zogenaamde toekomstboom, waarvoor de stad een lange levensduur (100 jaar) vooropstelt.

Als gevolg van het klimaatscenario verhoogt de kans op langere periodes zonder neerslag. De nodige watergift om minder droogtebestendige te beschermen tegen schade van langdurige droogte is afhankelijk van veel factoren (boomsoort, ouderdom, grootte, grondsoort, antecedente neerslaghoeveelheden, standplaats , ...). Een zeer gedetailleerde schatting van de nodige watergift is daarom niet mogelijk in het kader van de studie. Hooguit kan een orde van grootte worden bepaald. De schatting is dan richtinggevend voor de toe te passen strategie: via manuele watergift door de stadsdiensten of door de aanleg van een irrigatienetwerk.

Als maat voor de nodige watergift kan de potentiële evapotranspiratie worden voorgesteld. Bij een gemiddelde luchtvochtigheid en bij een luchttemperatuur van 15 à 20°C wordt deze berekend op 3 mm per dag of 100 mm per maand. Rekening houdend met een gemiddelde kruinoppervlakte voor een boom met kruindiameter 10 m en even grote bewortelde oppervlakte bedraagt de oppervlakte waarover de evapotranspiratie dient te worden gecompenseerd 78 m² kruinprojectie per boom. Vermenigvuldigd met x 100 mm geeft dit een orde van grootte van 7 m³ per maand/boom of 544 000 m³/maand voor 77 000 bomen met lagere droogtetolerantie

De te voorziene maandelijkse waterbuffer voor bevoeiing van de bomen bedraagt dan:

- 544 000 m³/maand voor de compensatie van de gemiddelde evapotranspiratie van 3 mm/dag;
- 1 680 m³/maand indien de watergift zich beperkt tot de 3000 bomen jonger dan 2 jaar
- 216 m³/maand indien beperkt tot de watergift aan de 386 toekomstbomen.

Aangezien het niet de ambitie is van de stad om alle bomen met droogtestress te bevoeien kan de potentiële watervraag zich beperken tot de toekomstbomen. Bij een arbitraire prognose van eenzelfde aantal toekomstbomen in de toekomst komt de watergift van 386 bomen * 560 l/maand op 216 m³/maand.

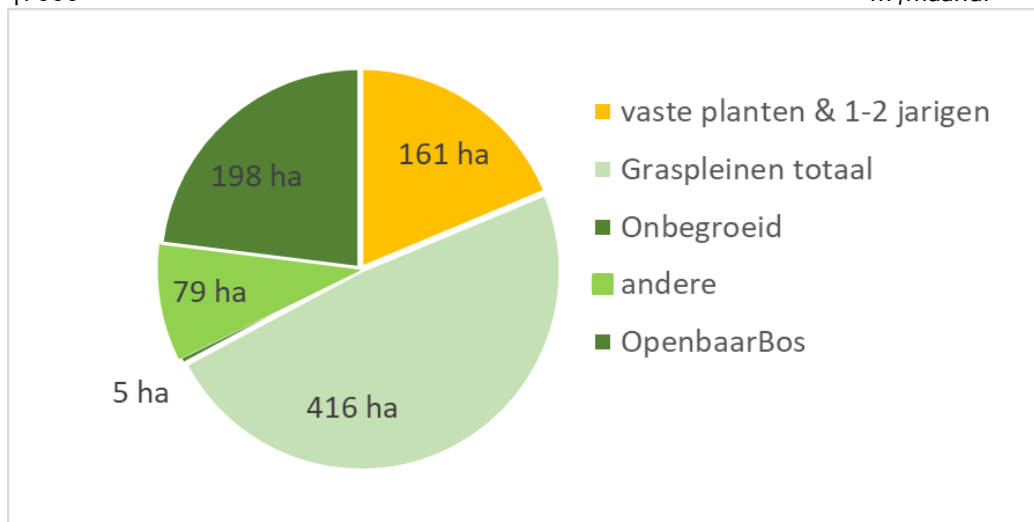
3.2.4.2 Groenaanplant en grasvelden

Een gezonde, groene toestand van de groenaanplant en (sport)grasvelden kan een zinvolle mitigatie vormen tegen het stedelijk hitte-effect. Een voldoende dik bodemsubstraat biedt de nodige wateradsorptie voor een overbrugging van langdurige droogte. Een goed daktuinsubstraat op basis van lava buffert ca. 50 l per 10 cm substraat. Een substraatlaag van 10 cm is bijgevolg toereikend om een droogteperiode van 5 à 17 dagen te overbruggen. Gelet op de potentiële langdurige droogteperiode, wordt voor grasvegetatie en vaste planten een minimale substraathoogte van 40 cm aanbevolen. Een teelaarde op basis van lemig zand met 5% organische stof en een goede bodemstructuur, buffert slechts 20 l per 10 cm substraat. Om de buffercapaciteit van een daktuinsubstraat op basis van lava te evenaren is voor grasvegetatie en vaste planten een laag van minimaal 1 m teelaarde nodig.

Indien niet beschikbaar wordt bevoeiing aanbevolen. Voor een inschatting van het benodigde watervolume wordt uitgegaan van een bevoeiing gedurende 2 zomermaanden en rekening houdend met een verdamping van 100 mm per maand (de potentiële evapotranspiratie wordt voor een gemiddelde luchtvochtigheid berekend op 3 mm bij een luchttemperatuur van 15 à 20°C en tot 10 mm bij een luchttemperatuur 30°C).

Voor de begroting van de te bevoeien oppervlakte wordt gebruik gemaakt van de beschikbare kartering van het openbaar groen van de Stad. Het totaal areaal graspleinen bedraagt 416 ha. In deze totale oppervlakte zijn ook alle graspartijen in beschouwing genomen, zo ook graspleinen in parkgebied met voldoende schaduw, wat een overschatting is van de watervraag.

De opslag van water voor de bevoeiing van 416 ha gedurende 2 maanden met een intensiteit van 100 mm/maand bedraagt vervolgens (oppervlakte x 100 mm/maand) = en 41 600 m³/maand.



Figuur 3-3: Totaal oppervlakte groen aanplant stad Antwerpen (exclusief haven)

3.2.4.3 Waterbalans vijverpartijen en natuurgebieden

Door grondwaterstandsaling wordt algemeen een verminderde grondwaterstroming en kwel naar de waterpartijen berekend. Aanvullend met een verminderd neerslagaanbod wordt de waterbalans van de waterpartijen sterk beïnvloed.

Als mitigerende maatregelen voor deze waterpartijen worden volgende opties opgeworpen:

- Indirecte verhoging van de grondwaterstromingen door een vergevorderde ontharding van de wegenis, onderwerp van de strategieanalyse in sectie 2.5 (GW03). De resultaten tonen aan dat de grondwaterstanden globaal pas worden hersteld vanaf een onthardingsgraad van meer dan 40 % en dat het milderend effect sterk ruimtelijk verdeeld is. Met name de waterpartijen op de heuvelruggen Schoonselhof, Boekenbergpark, Fort 6, Middelheim, Fort 8 en Brilschans bevinden zich in een grondwatervoedingsgebied met een beperkt areaal verharde oppervlakte in de omgeving, ontharding levert hier geen of beperkte verhoging van de grondwatervoeding.
- Afleiding en buffering van de RWA van wegenis naar de waterpartijen. In deze vorm als infiltratiebuffer voor de RWA wordt een sterk fluctuerend aanbod van afstromingswater naar de waterpartijen gevoerd. Evenzeer wordt tijdens droogteperiodes geen oppervlakkige RWA afvoer naar de waterpartijen gevoerd. Mogelijk zorgt de RWA aanvoer tijdens periodes met neerslagoverschot voor een voldoende grondwaterbuffer en mildering tijdens de droogteperiodes.
- Rechtstreekse aanvulling van vijverpartijen tijdens de droogteperiodes met beschikbare permanente waterstromen (bv. drainage water ring)

De totale oppervlakte voor de waterpartijen Schoonselhof, Boekenbergpark, Fort 6, Middelheim, Fort 8 en Brilschans bedraagt 27,8 ha. Naar analogie met de begroting voor de groenvoorziening wordt voor de compensatie van een verdamping van 10 cm/maand een buffervolume van 27 800 m³/maand gedurende 2 maanden.

3.2.5 Totale watervraag

In de huidige toestand wordt uitgegaan van zeer beperkte inspanningen in het gebruik van neerslagwater door particulieren, bedrijven en de stadsdiensten. De totale vraag wordt daarom gelijk gesteld aan het huidige gefactureerde drinkwaterverbruik. Met uitzondering van de groendienst, waarvoor reeds maximaal niet-drinkbaar water wordt ingezet, wordt voor de overige watervragen een gelijk potentieel regenwatergebruik toegekend, overeenkomstig 44% van het totaal verbruik, het minimaal te voorzien drinkwater bedraagt dus 56% van het huidige verbruik.

	Drinkwater- verbruik (m³/jaar)	Drinkwaterverbruik (m³/maand)		alternatief water (m³/maand)
	maximaal	Maximaal (100 %)	Minimaal (56 %)	maximaal
Particulieren	24 041 478	2 003 457	1 121 936	881 521
Bedrijven	1 912 292	159 358	89 240	70 117
Stadsdiensten, OCMW, Scholen etc.	1 144 314	95 360	53 401	41 958
Groendienst				43 050
Extra watervraag klimaatscenario				
Groenvoorzieningen				41 600
Aanvulling vijverpartijen				27 800
Watergift minder droogte tolererende bomen				544 000
Totaal	27 000 000	2 300 000	1 300 000	1 600 000

3.3 Afstemming vraag-aanbod

Globaal over de stad is er op jaarbasis (zowel in het huidige klimaat als de geselecteerde klimaatprojectie) een overaanbod aan regenwater, effluentwater en drainagewater om te voldoen aan de potentiële vraag. Vraag en aanbod zijn echter niet optimaal verdeeld, niet in tijd en niet in ruimte. Mogelijk is een combinatie van lokaal gebruik en een beperkt verdeelnet aangewezen om reeds een hoge bedieningsgraad te realiseren. Hiervoor moeten zowel transport- als opslagmogelijkheden worden voorzien.

Het aanbod en de vraag worden vervolgens zoveel als mogelijk ruimtelijk verdeeld. Voor deze oefening worden de beschikbare gegevens en watervragen geknipt op de grenzen van de statistische sector van het Nationaal Instituut voor de Statistiek NIS.

De watervraag in termen van totaal drinkwaterverbruik werd geanonimiseerd ter beschikking gesteld per straat. Deze werd vervolgens onderverdeeld in de sectoren op basis van de lengte straatsegment in de sector. Vervolgens werd het verbruik van de straat toegekend aan een statische sector. Het resultaat van deze oefening wordt weergegeven in Figuur bijlage B-1.

Voor een lokale collectie van regenwater is zowel een voldoende neerslagopvang als opslag nodig. Aan de hand van de beschikbare neerslagtijdreeksen werd voor een

maximaal regenwaterverbruik (44% van het huidige totale drinkwaterverbruik) de vullingsgraden van de regenwateropslag berekend voor buffers die achtereenvolgens $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, 1 x, 2, en 4 maal het maandelijks verbruik kunnen opvangen. De oefening werd herhaald voor verschillende beschikbare dakoppervlaktes zijnde 20, 30 en 40 m² per inwonersequivalent. In Figuur bijlage B-5, Figuur bijlage B-7 en Figuur bijlage B-9 worden de resultaten weergegeven voor het huidige neerslagklimaat voor dakoppervlaktes van achtereenvolgens 20, 30 en 40 m², in Figuur bijlage B-6, Figuur bijlage B-8 en Figuur bijlage B-10 voor het laag klimaatscenario.

Voor een opvang van 20 m² per verbruik van 55 l/inwoner/dag in het huidig klimaat is de vullingsgraad slechts in 40 % van de tijd onder 10 % (Figuur bijlage B-5). Bij een beschikbaarheid van 30 m² per verbruik van 55 l/inwoner/dag wordt slechts bij beperkte opslag (minder dan 2 x het maandelijks verbruik) een depletie van de buffers berekend (Figuur bijlage B-7).

In het laag klimaatscenario zijn de buffers in meer dan de helft van de tijd leeg bij een dakopvang van 20 m² (Figuur bijlage B-6). Bij een verhoging van de dakoppervlak tot 30 m² wordt het risico op lege buffers slechts tot 30 – 40 % verlaagd, bij 40 m² wordt een risico op een lege opvang sterk verlaagd mits voldoende regenwaterbuffer.

Samengevat kan men stellen dat in het huidig neerslagklimaat 30 m² dakoppervlak per equivalent inwonersverbruik voldoende is om met een redelijke opslagcapaciteit ten allen tijde te voldoen aan de potentiële watervraag. In het laag klimaatscenario wordt een dakopvang van minimaal 40 m² aanbevolen, inclusief een buffer voor meer dan 2 maanden verbruik. In Figuur bijlage B-2 en Figuur bijlage B-3 wordt het beschikbaar dakoppervlak gedeeld door het potentieel regenwaterverbruik (maandelijks gefactureerd verbruik x 44%) en gesommeerd per statistische sector weergegeven. In Figuur bijlage B-2 wordt het resultaat weergegeven voor het huidige klimaat, in Figuur bijlage B-3 in geval van het laag klimaatscenario. De resultaten van de berekening worden gesommeerd per district weergegeven in Tabel 3-2 en Figuur 3-4.

Er wordt daarbij onderscheid gemaakt tussen het potentieel verbruik per ingeschreven inwoner en het gefactureerd verbruik. Met name voor het district Antwerpen 1 met postcode 2000 wordt een hoge verhouding dakoppervlakte per inwonersverbruik berekend als gevolg van het hoge oppervlakte openbare gebouwen en commerciële panden. De verhouding tussen dakoppervlakte en werkelijk gefactureerd verbruik ligt dan weer in lijn met de overige districten.

In de binnenstad bedraagt de gemiddelde verhouding dak/gefactureerd verbruik minder dan 20 %, voor de buitenwijken met minder hoogbouw wordt meer dakoppervlakte berekend (verhoudingen doorgaans hoger dan 20 m² per inwonersequivalent).

3.3.1 Transport- en opslagmodi

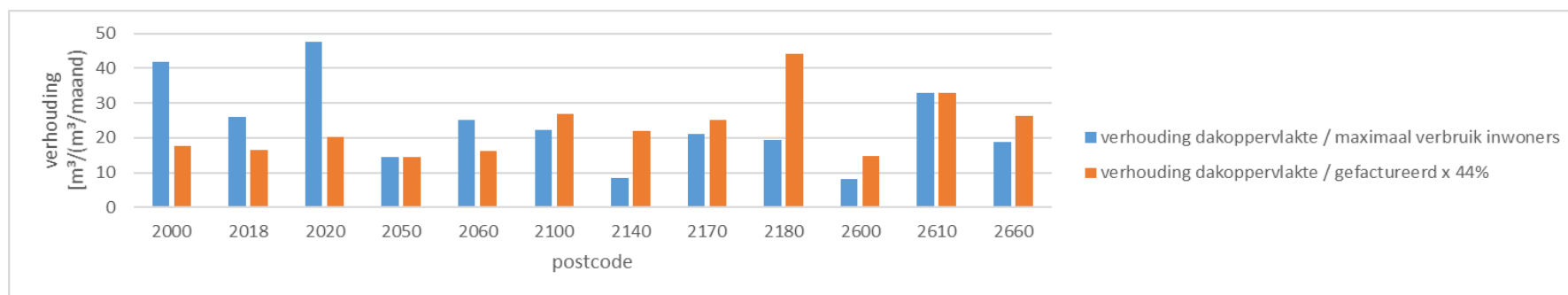
Transport moet worden voorzien voor zowel aanvoer (naar verdeelpunt, opslag als voor verdere distributie). Het is vooralsnog niet de ambitie om een stadsbreed distributienet voor niet-drinkwater parallel aan het drinkwaternet uit te bouwen.

Mogelijk is een combinatie van lokaal gebruik en een beperkt verdeelnet voldoende om al een hoge gebruiksvraag van alternatieve waterbronnen te realiseren. Hiervoor moeten zowel distributie als opslagmogelijkheden worden voorzien. Volgende potentiële transportmodi worden beschouwd, een overzicht wordt gegeven in Figuur bijlage B-4:

- Ring R1: Transport van bemalingswater langs de ring R1. Thans wordt het bemalingswater via een persleiding van pompstation 1 naar de Schelde en van pompstation 2 naar het Lobroekdok bemaald. De beschikbare ruimte langs de ring biedt echter de mogelijkheid om een persleiding langs weerszijden van de ring te leggen en dit over het volledige tracé van de ring.
- Transport langsheen verkeersassen voorzien van collectoren met grote doorvoeroppervlakte. De collectoren zijn thans begroot op de ontwerpbuien. Bij de dimensionering is geen rekening gehouden met de ambities van het Waterplan tot afkoppeling van de regenwaterafvoer (afkoppeling van dak naar opslag, afkoppeling van straatoppervlak naar infiltratievoorziening). De kans bestaat dat de collectoren in de toekomst te groot gedimensioneerd zijn voor de ontwerpafvoer. Er bestaat vervolgens de mogelijkheid om een in de thans gemengde riolering ruimte te voorzien voor een extra transportleiding voor de verdeling van niet-drinkbaar water.
- Transport RWA leidingen. Bij de uitbouw van een volledig gescheiden stelsel wordt via de regenwatercollectoren (onder voorbehoud van calamiteiten, illegale lozingen etc.) geen huishoudelijke afvalwater afgevoerd. Een opzuivering door de RWZI's is derhalve niet noodzakelijk voor de verdeling van niet-drinkbaar water.
- Assen spoorwegen en de Scheldekaaien kunnen worden vermeld vanwege de beschikbare ruimte, maar worden vooralsnog niet weergegeven in Figuur bijlage B-4
- Havendokken. De dokken kunnen door hun vertakking en verbinding met het Albertkanaal zowel als opslag als transportmedium worden beschouwd. Gelet op de verschillende functies van het watervolume in de dokken (regelpeil) als waterkwaliteit (zoetwateraanvoer van Albertkanaal voor terugdringen zoutfront) moet de waterrecuperatie uit de dokken nauw afgestemd worden met het extra aanvoer. Indien men in periodes van droogte een status quo van de huidige zoetwateraanvoer wenst te behouden is het nodig om bv. extra water via de bemaling van de ring te voorzien en erover te waken slechts het extra aanbod terug te winnen.
- Ruïen. In het kader van de het Waterplan Antwerpen werden de verschillende functies van de voormalige kanalen en waterpartijen in de stad weergegeven.

Tabel 3-2: Verhoudingen dakoppervlaktes – potentieel regenwaterverbruik, gesommeerd per district

Postcode	# inwoners 2017	potentieel verbruik neerslagwater [m³/maand] (55 l/dag/inw.)	Gefactureerd verbruik [m³/maand]	Dakoppervlakte totaal [m²]	verhouding dakoppervlakte / (# inwoners * potentieel verbruik regenwater van 55 l/dag/inw x 44%)	verhouding dakoppervlakte / gefactureerd x 44%
2000	41 137	69 007	371 156	2 891 279	42	18
2018	61 977	103 966	369 467	2 694 142	26	17
2020	28 520	47 842	254 232	2 272 060	47	20
2050	16 160	27 108	61 510	390 679	14	14
2060	46 684	78 312	276 319	1 957 023	25	16
2100	82 716	138 756	262 476	3 100 143	22	27
2140	47 977	80 481	70 135	676 275	8	22
2170	46 193	77 489	147 596	1 628 004	21	25
2180	24 409	40 946	40 918	795 383	19	44
2600	45 610	76 511	96 646	621 932	8	15
2610	43 069	72 248	164 538	2 380 768	33	33
2660	41 310	69 298	112 354	1 295 561	19	26



Figuur 3-4: verhouding dakoppervlakte per district per maximaal verbruik inwoners en per gefactureerd verbruik x 44%

4 Conclusies

Met het grondwatermodel zijn pistes onderzocht om strategieën te ontwikkelen rond het aanpakken van de effecten van droogte.

Een strategie rond het infiltreren van regenwater rond de ring toont een verhoogde beschikbaarheid van drainagewater. Het drainagewater is een permanente alternatieve bron. Het infiltreren in de onmiddellijke nabijheid van de ring zorgt voor een relatief snelle opname door de drainage. Gerichtte infiltratie verder van de ring, doch binnen het voedingsgebied van de Ring (cf. bronmaatregelen) kan ingezet worden om de grondwatertafel te verhogen en de verhoging van de toevoer naar de (ring)drainage meer 'uit te smeren' in de tijd.

De invloed van (tijdelijke) bemalingen is onderzocht. Er wordt geschat dat een 30% van de vergunde debieten effectief opgepompt wordt. Voor het klimaatscenario komt dit min of meer overeen met de volledige neerslagafhankelijke grondwatervoeding. Het oppompen van het volledige vergunde debiet heeft een drastische impact op de grondwatertafel en stroming, met een sterk verhoogde toevoer van brak water uit de Schelde. Het is van belang om bij het verlenen van vergunningen het evenwicht te bewaken tussen voeding en het opgepompt debiet.

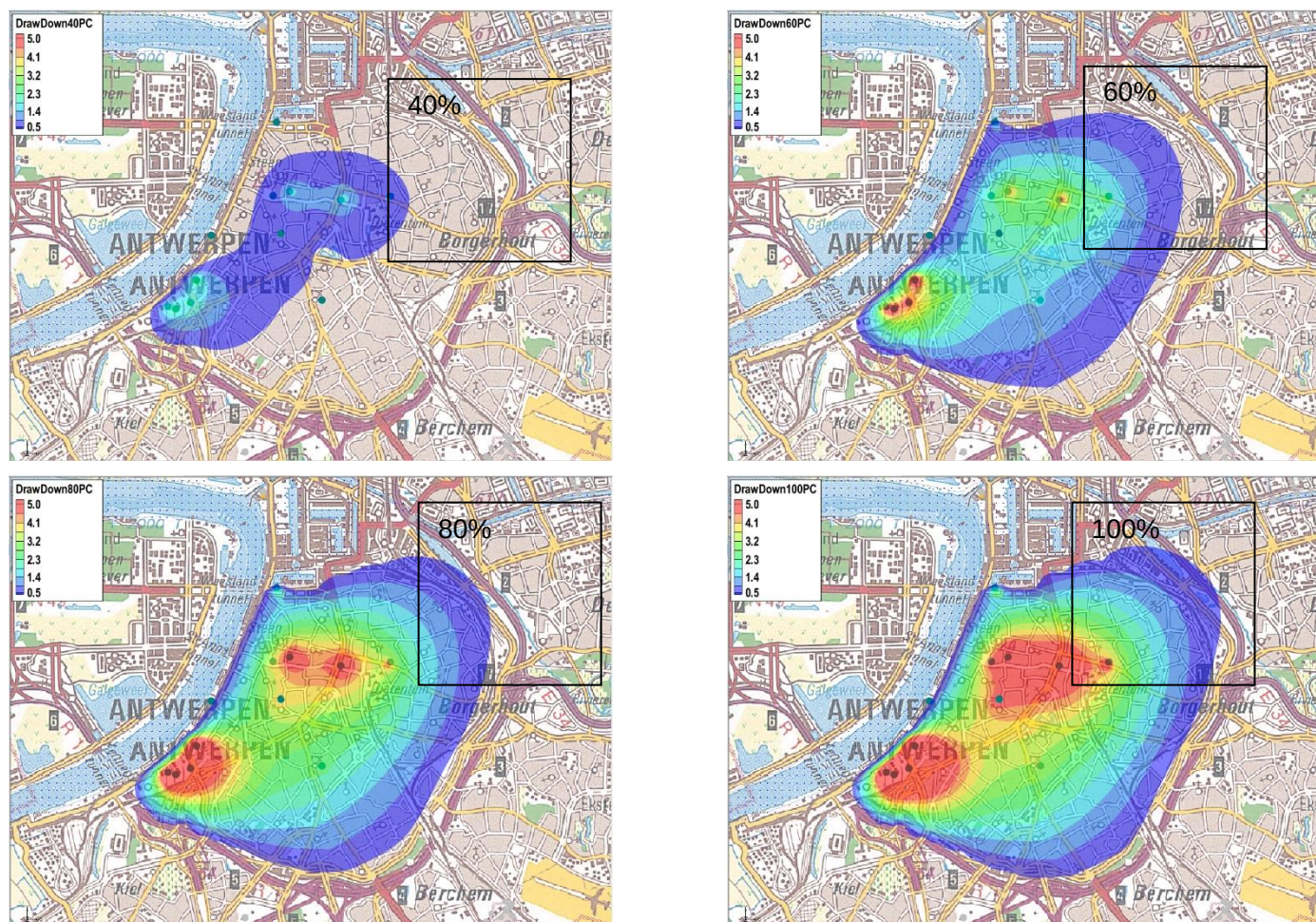
Een strategie rond ontharding en verhoogde infiltratie in de zones gevoelig aan meteorologische grondwaterstandswijziging toont het belang van de grondwatervoeding. Als 100 % van de wegenis wordt onthard of aangesloten op een infiltratievoorziening, is er een sterke mate van herstel van de effecten van verminderde neerslag op de grondwatertafel. Binnen de ring neemt de grondwaterstand zelfs toe ten opzichte van de huidige.

Voor het waterverbruik zijn de effecten moeilijker kwantificeerbaar. Het is duidelijk dat er voldoende alternatieve waterbronnen aanwezig zijn in de stad. Naast sensibiliseren van het gebruik van alternatieve bronnen, ligt de uitdaging in het verdelen van het water van alternatieve bronnen, en het plaatselijk opslaan van water. Dit vergt een ruimtelijk analyse die geen onderwerp vormt van dit onderzoek. Een kartering van een perimeter rond het buurtgebruiksgroen geeft bijvoorbeeld wel aan waarnaar bemalingswater zou kunnen worden gevoerd. Een analyse van dakoppervlak in relatie tot de vraag van huishoudens per wijkniveau geeft aan waar de meeste potenties voorkomen voor lokale neerslagrecuperatie, en waar het meeste nood is aan aanvoer van elders.

Mogelijke projecten liggen in lijn van reeds uitgevoerde pilootprojecten en praktijken in het buitenland. Uit de uitgevoerde benchmarkstudie worden enkele projecten uitgelicht die toepasbaar (en al toegepast worden) en inspirerend kunnen zijn voor Antwerpen. Deze zetten in op: sensibilisering (zoals ook in het Waterplan aangegeven wordt), financiële ondersteuning (bijvoorbeeld bij plaatsing van regenwaterputten), beperken van verliezen (taak voor de beheerders van de rioleringen en drinkwaterdistributie), geïntegreerde planning van het landgebruik en watergebruik (denk aan Over de Ring), rechtstreeks hergebruik van afvalwater, productie van drinkwater uit afvalwater, grootschalige regenwateropvang en het uitvoeren van pilootprojecten waarbij de burgers betrokken worden (niveau stadskwartier, denk aan Zuiderdokken), afstemmen vraag en aanbod, ...

Bijlage A Scenario's Grondwater

A.1 Scenario GWo2



Figuur bijlage A-1: verlagingcontouren t.o.v. nulwinning voor een toepassing van 40 %, 60 %, 80% en 100% van het jaarlijks vergund bemalingsdebiet

A.2 Richtlijnen aanvraag bemalingsvergunning Stad Antwerpen

In de bemalingsstudie worden naast de zettingsberekeningen, debieten, fasen tenminste ook volgende aspecten beschreven en gemotiveerd:

- Een beschrijving van de resultaten van het vooronderzoek (o.b.v. DOV, bodemkaarten, hydrogeologische kaarten, ...). Specifiek voor Antwerpen zijn grondwaterpeilgegevens beschikbaar op een 300-tal locaties en werd in 2015 een studie uitgevoerd rond de infiltratiegevoeligheid van de bodem (ABO, 2015);
- Een beschrijving van het uitgevoerde grondonderzoek (sonderingen, boringen, metingen grondwaterpeil, pompproeven, doorlatendheidsproeven, ...);
- een risico-inschatting (wat betreft verdroging, verzilting, verontreiniging en zettingen);
- het bepalen van de doorlatendheidscoëfficiënt in situ;
- een beschrijving van het bemalingsconcept;
- een beschrijving van de afscherpende maatregelen
 - verticale waterremmende wanden (bv. berlinerwand, bentonietwand, secanspalen, ...), al dan niet tot in een waterremmende grondlaag
 - horizontale waterremmende laag
 - retourbemaling of oppervlakte-infiltratie
 - beperken duur van de bemaling;
- als geen retourbemaling mogelijk is: grondige motivatie en alternatief voorstel, een aanduiding van het lozingspunt, lozing op oppervlaktewater, toelating van Aquafin bij lozing op riolering van $> 10\text{m}^3/\text{u}$;
- berekende grondwaterstanden voor en tijdens bemaling, inclusief de invloedstraal van de bemaling (op plan - formule van Sichardt mag niet gebruikt worden voor de berekening van de invloedstraal) en de bemalingsdebieten;
- een beschrijving van het monitoringprogramma.

De aandacht van de initiatiefnemer wordt er best op gevestigd dat bemalingswerken, noodzakelijk voor de realisatie van bouwkundige werken, vergunningsplichtig zijn krachtens de Vlare indelingslijst (rubriek 53.2).

Deze omgevingsvergunning moet worden bekomen alvorens de werf kan worden gestart. Indien het gaat om een bemaling van meer dan 30.000 m^3 op jaarbasis of een bemaling dieper dan 4m –mv moet de vergunningsaanvraag een bemalingsstudie bevatten. De inhoud van deze studie wordt bepaald door VMM (Richtlijnen bemalingen ter bescherming van het milieu 2019 - zie checklist 1 en 2).

Bij lozing van $>10\text{ m}^3/\text{u}$ of een bemaling langer dan 6 maanden op de openbare riolering moet toelating van Aquafin verkregen worden.

De aandacht van de initiatiefnemer wordt er eveneens op gevestigd dat de opstart van de bemaling dient aangekondigd te worden bij aanvang. Deze aankondigingsplicht geldt ook voor die bemalingen waarvoor geen bemalingsstudie wordt gevraagd (dus als de bemaling langer is dan 30.000 m^3 op jaarbasis en minder diep dan 4m –mv).

Voor toekomstige projecten wordt er aangeraden een bemaling tegelijk met de stedenbouwkundige handelingen aan te vragen zodat men niet voor ongewenste verrassingen komt te staan in verband met kosten, timing en dergelijke.

A.2.1 Aanvullende richtlijnen vanaf 1/4/2019

De aandacht van de initiatiefnemer wordt er best op gevestigd dat bemalingswerken, noodzakelijk voor de realisatie van bouwkundige werken, vergunningsplichtig zijn krachtens de Vlarem indelingslijst (rubriek 53.2).

Deze omgevingsvergunning moet worden bekomen alvorens de werf kan worden gestart. Indien het gaat om een bemaling van meer dan 30.000 m³ op jaarbasis of een bemaling dieper dan 4m –mv moet de vergunningsaanvraag een bemalingsstudie bevatten. De inhoud van deze studie wordt bepaald door VMM (Richtlijnen bemalingen ter bescherming van het milieu 2019 - zie checklist 1 en 2).

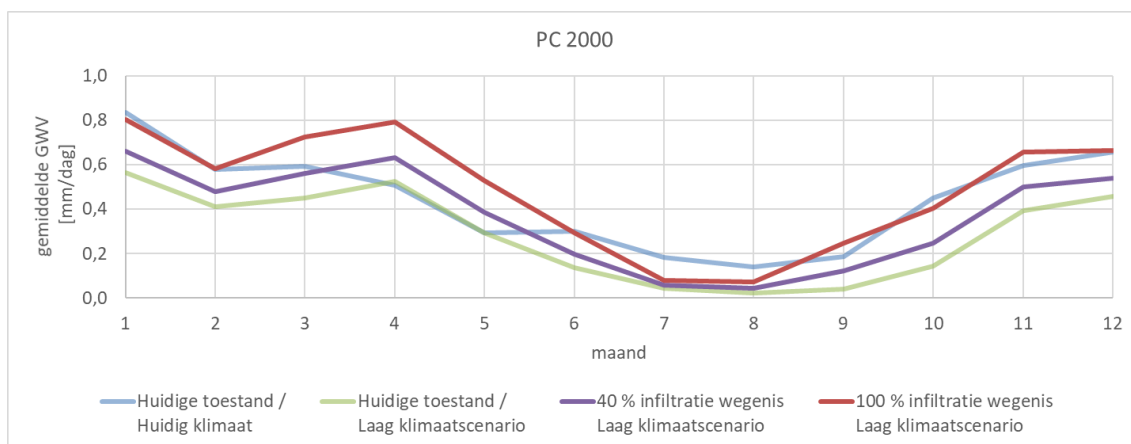
Bij lozing van >10 m³/u of een bemaling langer dan 6 maanden op de openbare riolering moet toelating van Aquafin verkregen worden.

De aandacht van de initiatiefnemer wordt er eveneens op gevestigd dat de opstart van de bemaling dient aangekondigd te worden bij aanvang. Deze aankondigingsplicht geldt ook voor die bemalingen waarvoor geen bemalingsstudie wordt gevraagd (dus als de bemaling lager is dan 30.000 m³ op jaarbasis en minder diep dan 4m –mv).

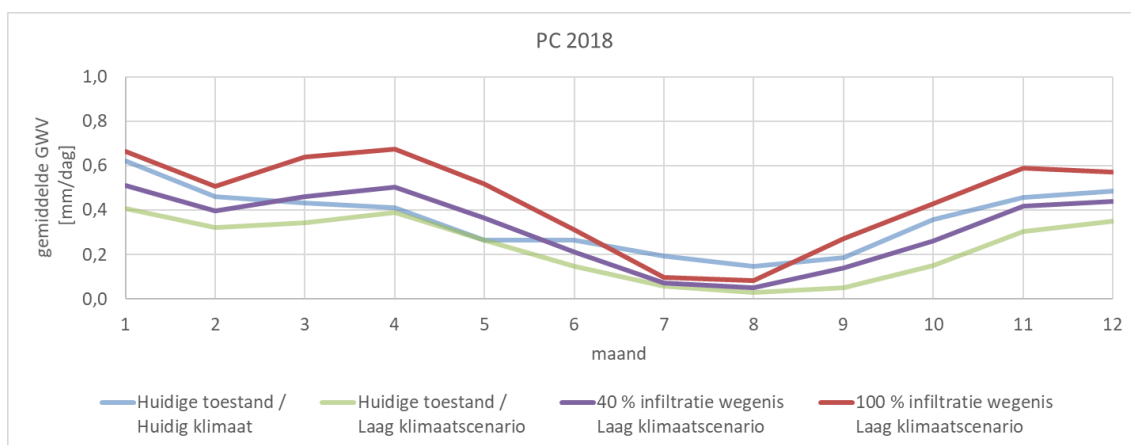
Voor toekomstige projecten wordt er aangeraden een bemaling tegelijk met de stedenbouwkundige handelingen aan te vragen zodat men niet voor ongewenste verrassingen komt te staan in verband met kosten, timing en dergelijke.

A.3 ScenarioGW03

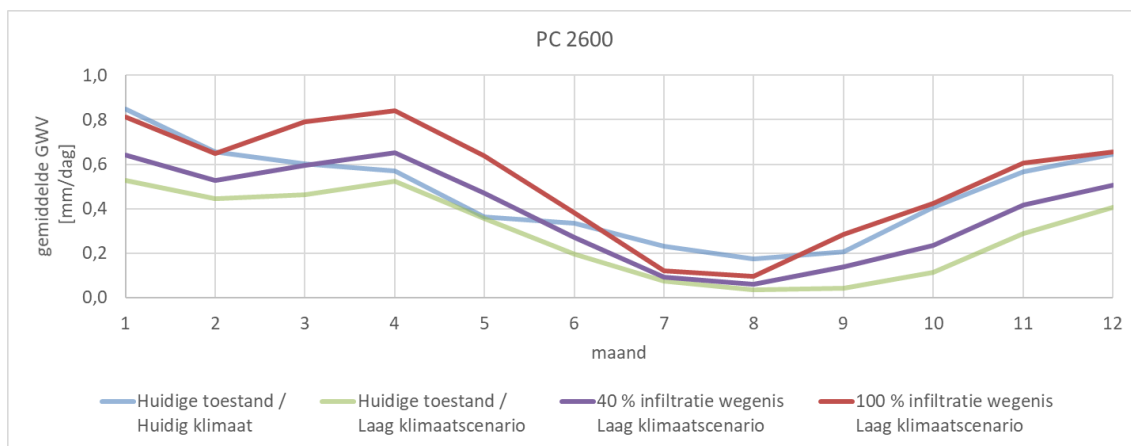
A.3.1 Gemiddelde grondwatervoeding



Figuur bijlage A-2: Gemiddelde grondwatervoeding (mm/dag) voor het district met PC 2000 (Antwerpen-1), gemiddelde per maand



Figuur bijlage A-3: Gemiddelde grondwatervoeding (mm/dag) voor het district met PC 2018 (Antwerpen-7), gemiddelde per maand

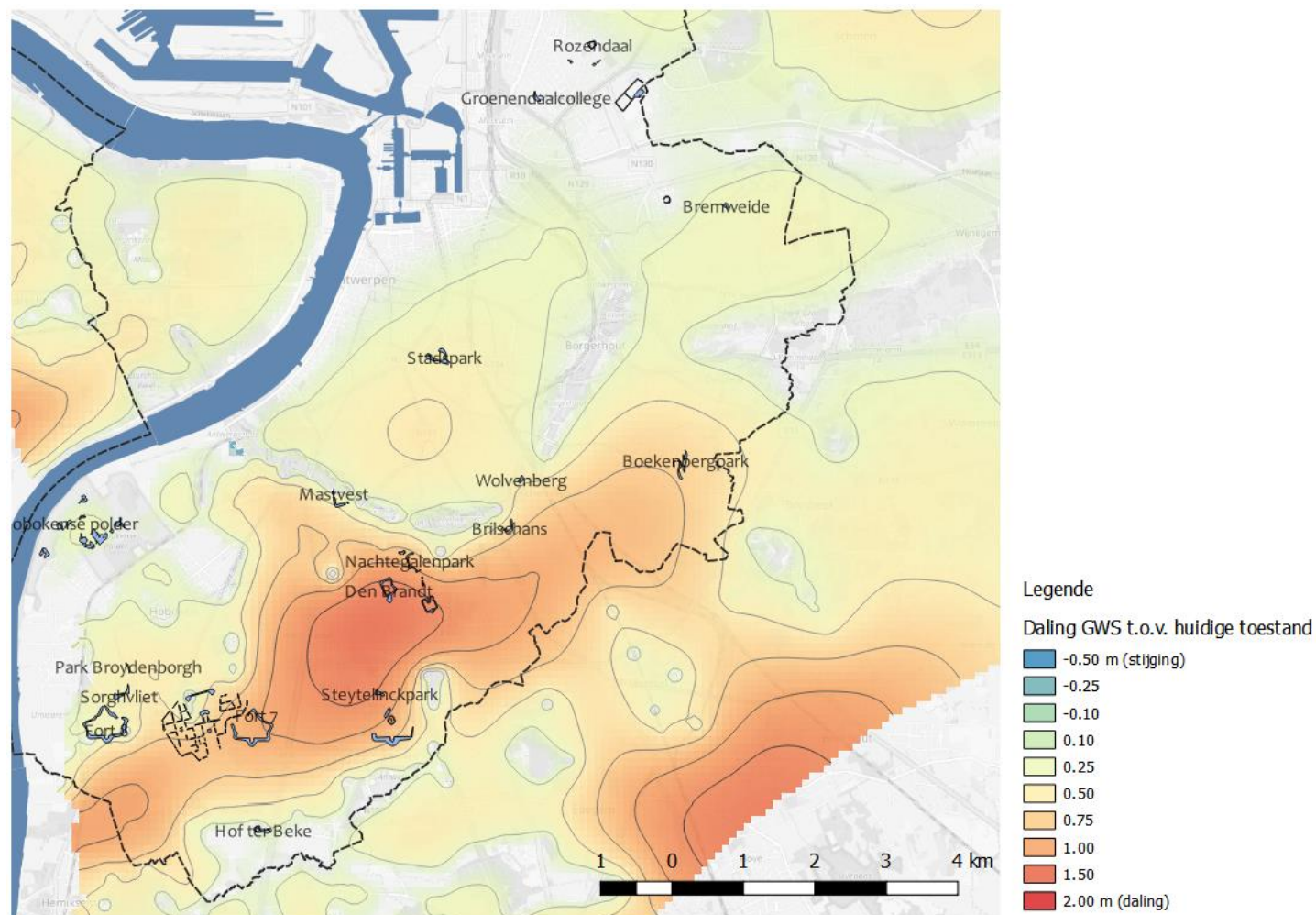


Figuur bijlage A-4: Gemiddelde grondwatervoeding (mm/dag) voor het district met PC 2600 (Berchem), gemiddelde per maand

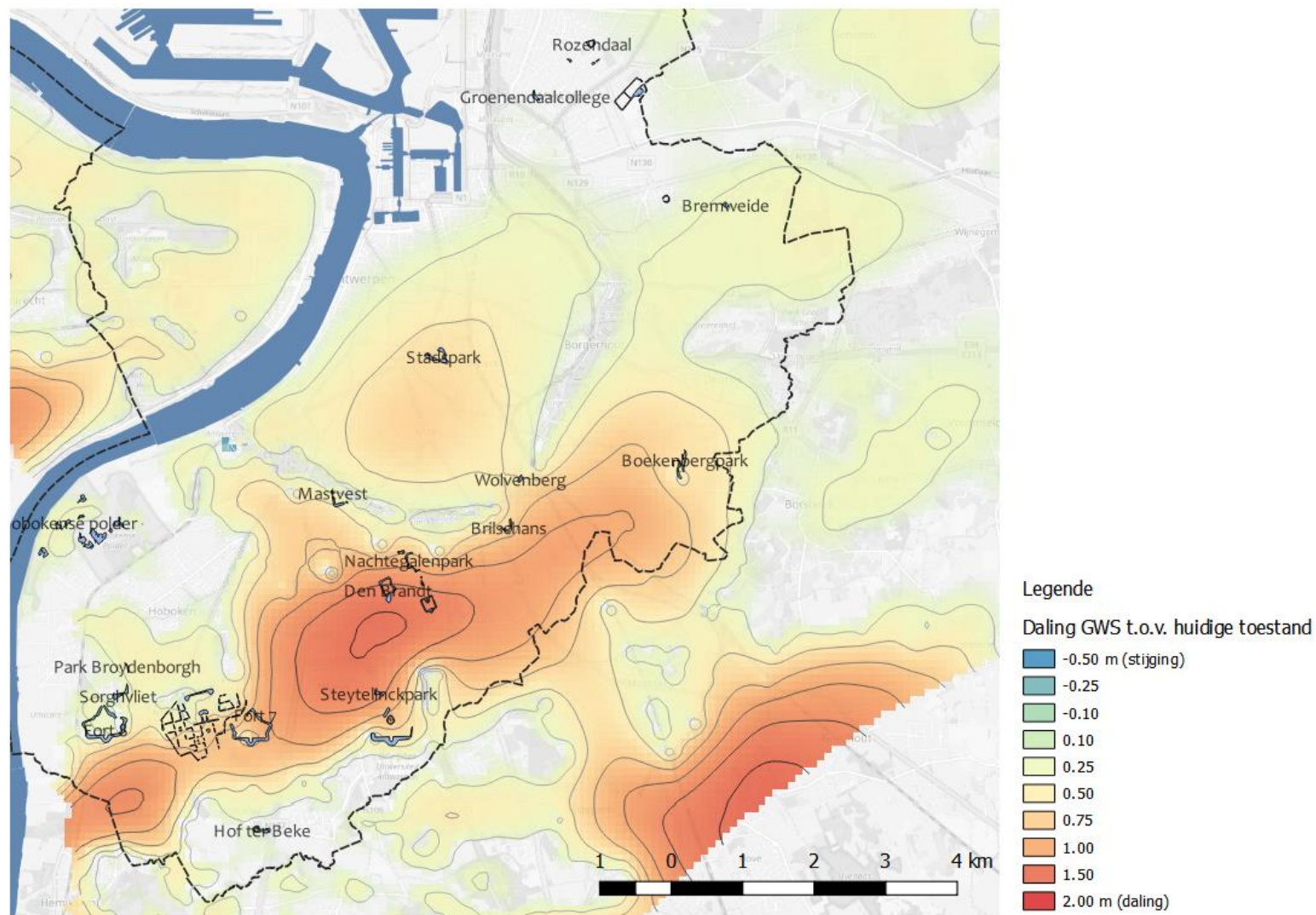
Tabel bijlage A-1: gemiddelde grondwatervoeding [mm/dag]

Huidige toestand /Laag klimaatscenario								
	gemiddelde grondwatervoeding				verschil huidige toestand/huidig klimaat			
PC	jaar	zomer	winter	juli-aug	jaar	zomer	winter	juli-aug
2000	0,29	0,18	0,40	0,03	-35%	-34%	-35%	-79%
2018	0,23	0,16	0,31	0,04	-34%	-36%	-33%	-74%
2020	0,45	0,29	0,62	0,06	-35%	-36%	-35%	-80%
2030	0,35	0,21	0,49	0,02	-37%	-29%	-40%	-87%
2040	0,43	0,26	0,60	0,03	-37%	-30%	-39%	-87%
2050	0,51	0,32	0,70	0,04	-37%	-33%	-39%	-85%
2060	0,17	0,12	0,23	0,04	-34%	-36%	-33%	-70%
2100	0,36	0,24	0,48	0,06	-35%	-36%	-35%	-76%
2140	0,27	0,19	0,35	0,06	-35%	-35%	-35%	-72%
2170	0,35	0,23	0,48	0,05	-34%	-35%	-34%	-79%
2180	0,48	0,30	0,66	0,05	-35%	-36%	-34%	-83%
2610	0,36	0,24	0,47	0,05	-38%	-34%	-40%	-77%
2600	0,29	0,21	0,37	0,06	-38%	-35%	-40%	-73%
2660	0,37	0,25	0,49	0,05	-37%	-35%	-38%	-77%
40 % infiltratie wegenis Laag klimaatscenario								
	gemiddelde grondwatervoeding				verschil huidige toestand/huidig klimaat			
PC	jaar	zomer	winter	juli-aug	jaar	zomer	winter	juli-aug
2000	0,37	0,24	0,50	0,05	-17%	-10%	-20%	-68%
2018	0,32	0,22	0,41	0,06	-10%	-8%	-12%	-63%
2020	0,51	0,34	0,69	0,07	-26%	-26%	-27%	-76%
2030	0,37	0,23	0,52	0,03	-32%	-22%	-36%	-83%
2040	0,45	0,27	0,63	0,03	-34%	-27%	-37%	-85%
2050	0,56	0,35	0,76	0,05	-31%	-25%	-34%	-81%
2060	0,25	0,18	0,32	0,06	-3%	0%	-4%	-56%
2100	0,42	0,29	0,55	0,08	-24%	-23%	-25%	-70%
2140	0,37	0,27	0,47	0,08	-11%	-8%	-13%	-61%
2170	0,43	0,29	0,57	0,06	-20%	-18%	-21%	-72%
2180	0,52	0,33	0,71	0,06	-29%	-28%	-29%	-80%
2610	0,41	0,29	0,54	0,06	-29%	-22%	-32%	-71%
2600	0,38	0,28	0,49	0,08	-18%	-10%	-22%	-62%
2660	0,41	0,28	0,54	0,06	-30%	-26%	-32%	-73%
100 % infiltratie wegenis Laag klimaatscenario								
	gemiddelde grondwatervoeding				verschil huidige toestand/huidig klimaat			
PC	jaar	zomer	winter	juli-aug	jaar	zomer	winter	juli-aug
2000	0,49	0,34	0,64	0,08	10%	25%	3%	-52%
2018	0,45	0,33	0,57	0,09	25%	33%	21%	-46%
2020	0,61	0,41	0,80	0,09	-13%	-9%	-15%	-69%
2030	0,41	0,26	0,57	0,03	-25%	-11%	-30%	-77%
2040	0,48	0,29	0,66	0,04	-30%	-21%	-34%	-82%
2050	0,63	0,41	0,85	0,07	-23%	-13%	-27%	-75%
2060	0,37	0,28	0,47	0,08	44%	53%	39%	-36%
2100	0,51	0,37	0,66	0,10	-7%	-3%	-10%	-62%
2140	0,52	0,39	0,65	0,11	24%	32%	19%	-45%
2170	0,54	0,38	0,70	0,09	1%	8%	-2%	-61%
2180	0,59	0,38	0,79	0,07	-20%	-17%	-22%	-75%
2610	0,50	0,35	0,64	0,08	-14%	-4%	-19%	-63%
2600	0,52	0,39	0,66	0,11	12%	26%	6%	-47%
2660	0,48	0,33	0,62	0,08	-19%	-12%	-22%	-67%

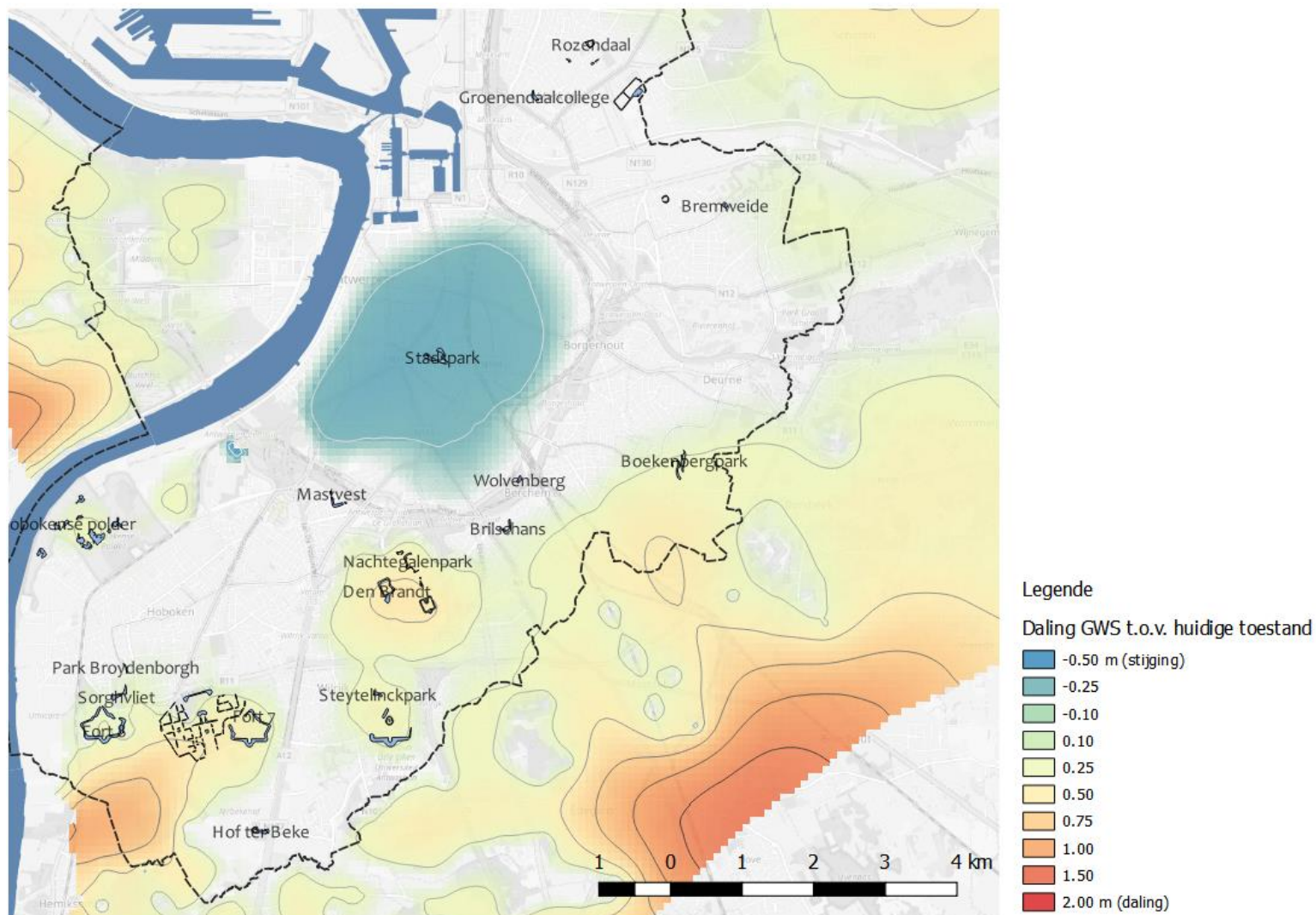
A.3.2 Resultaten grondwatermodellering: grondwaterstanden



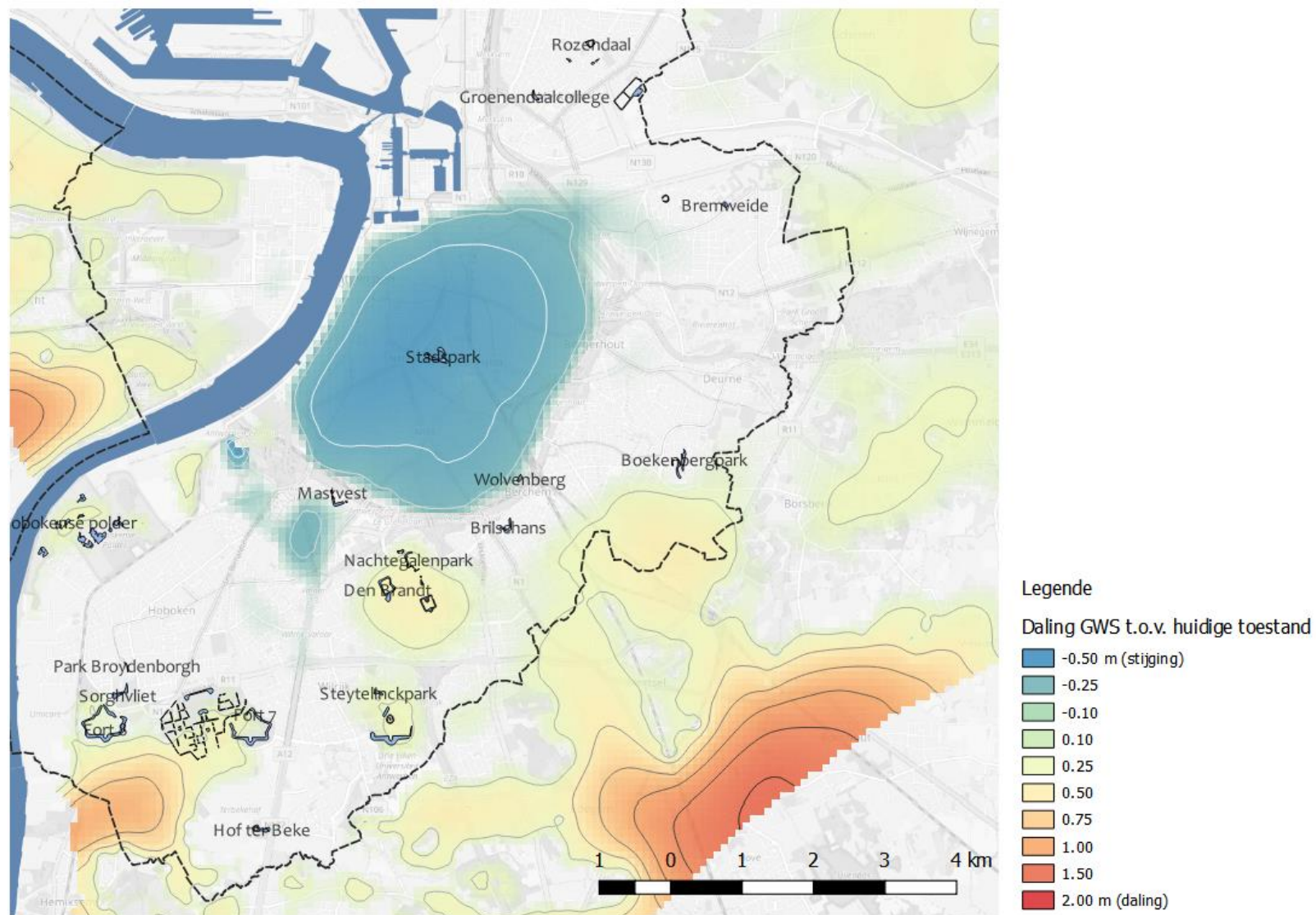
Figuur bijlage A-5: Grondwaterstandsding zomerperiode GLG (gemiddeld lage grondwaterstand) ontharding en infiltratie o % oppervlakte wegenis



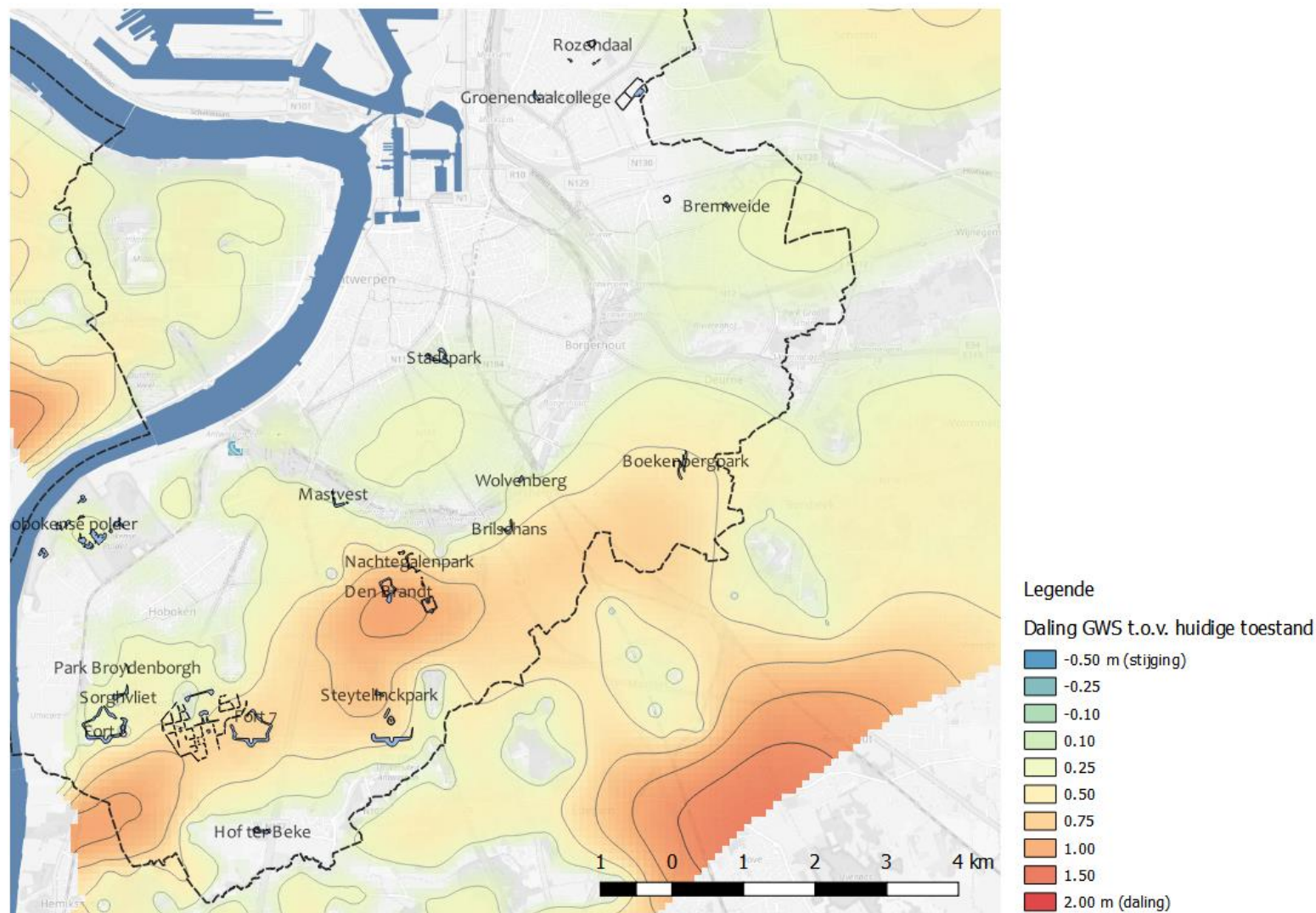
Figuur bijlage A-6: Grondwaterstandsaling winterperiode GHG (gemiddeld hoge grondwaterstand) ontharding en infiltratie 0 % oppervlakte wegenis



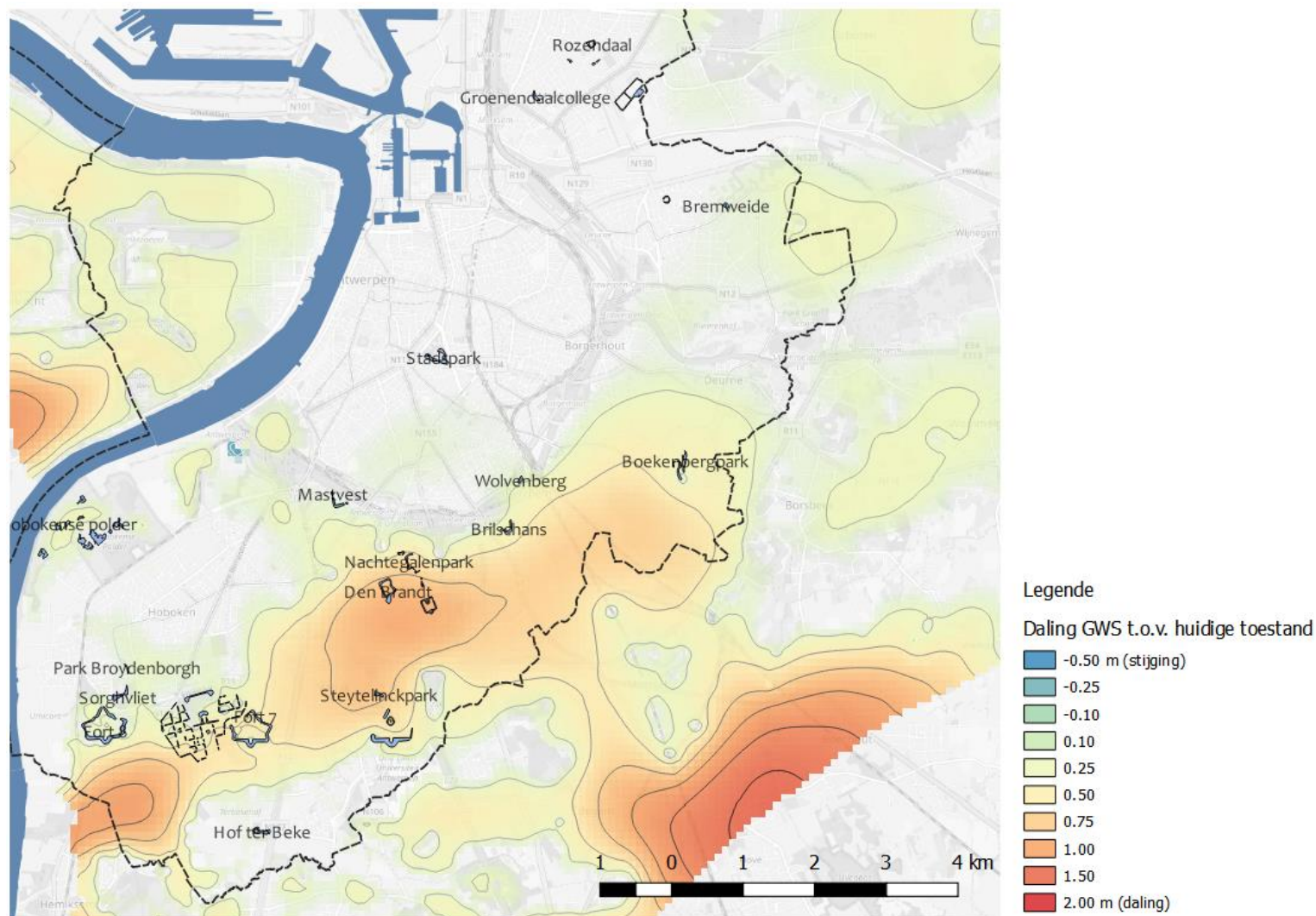
Figuur bijlage A-7: Grondwaterstandsaling zomerperiode GLG (gemiddeld lage grondwaterstand) ontharding en infiltratie 100 % oppervlakte wegenis



Figuur bijlage A-8: Grondwaterstandsaling winterperiode GHG (gemiddeld hoge grondwaterstand) ontharding en infiltratie 100 % oppervlakte wegenis

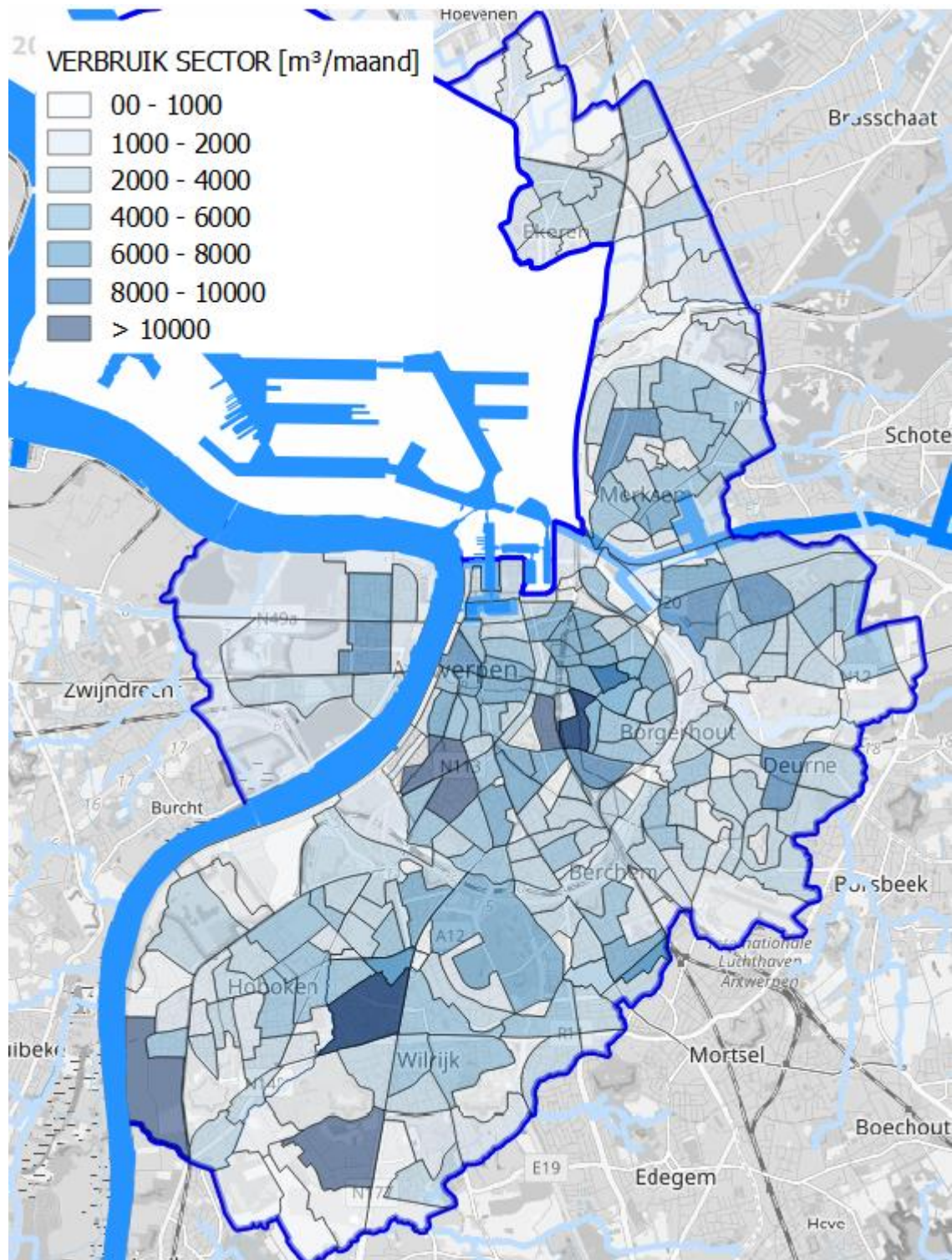


Figuur bijlage A-9: Grondwaterstandsaling zomerperiode GLG (gemiddeld lage grondwaterstand) ontharding en infiltratie 40 % oppervlakte wegenis

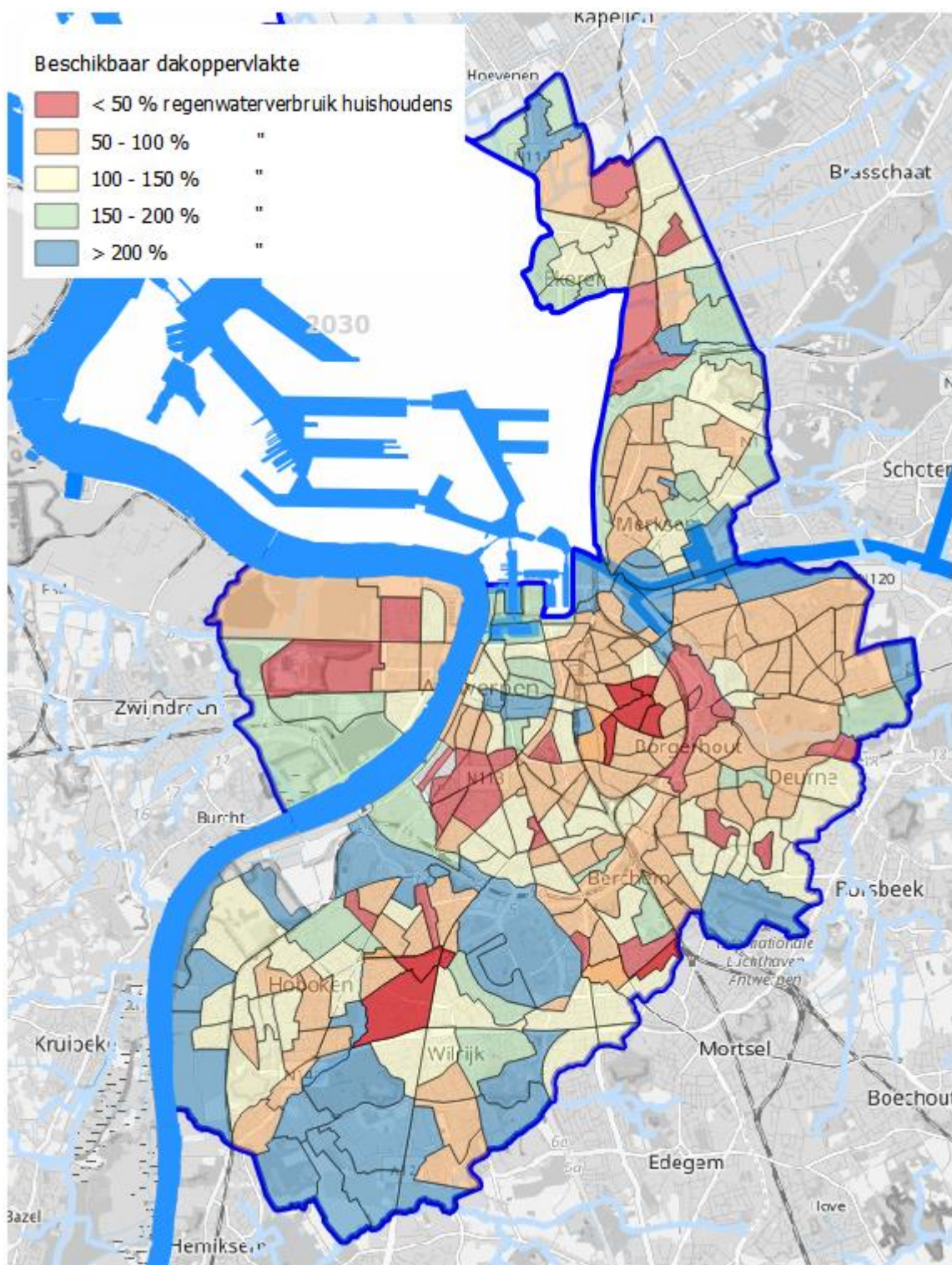


Figuur bijlage A-10: Grondwaterstands daling winterperiode GHG (gemiddeld hoge grondwaterstand) ontharding en infiltratie 40 % oppervlakte wegenis

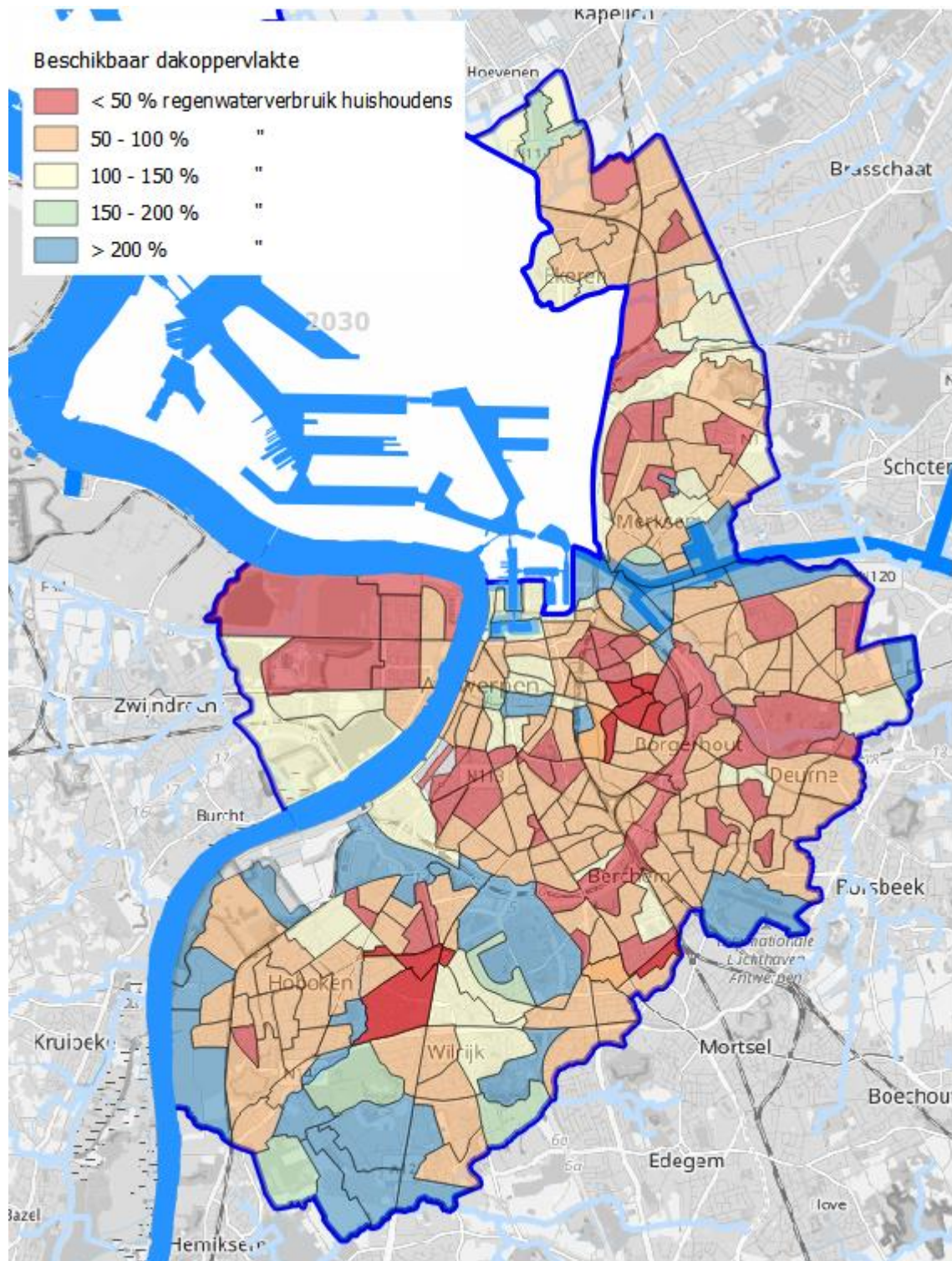
Bijlage B Waterverbruik / ruimtelijke verdeling per sector



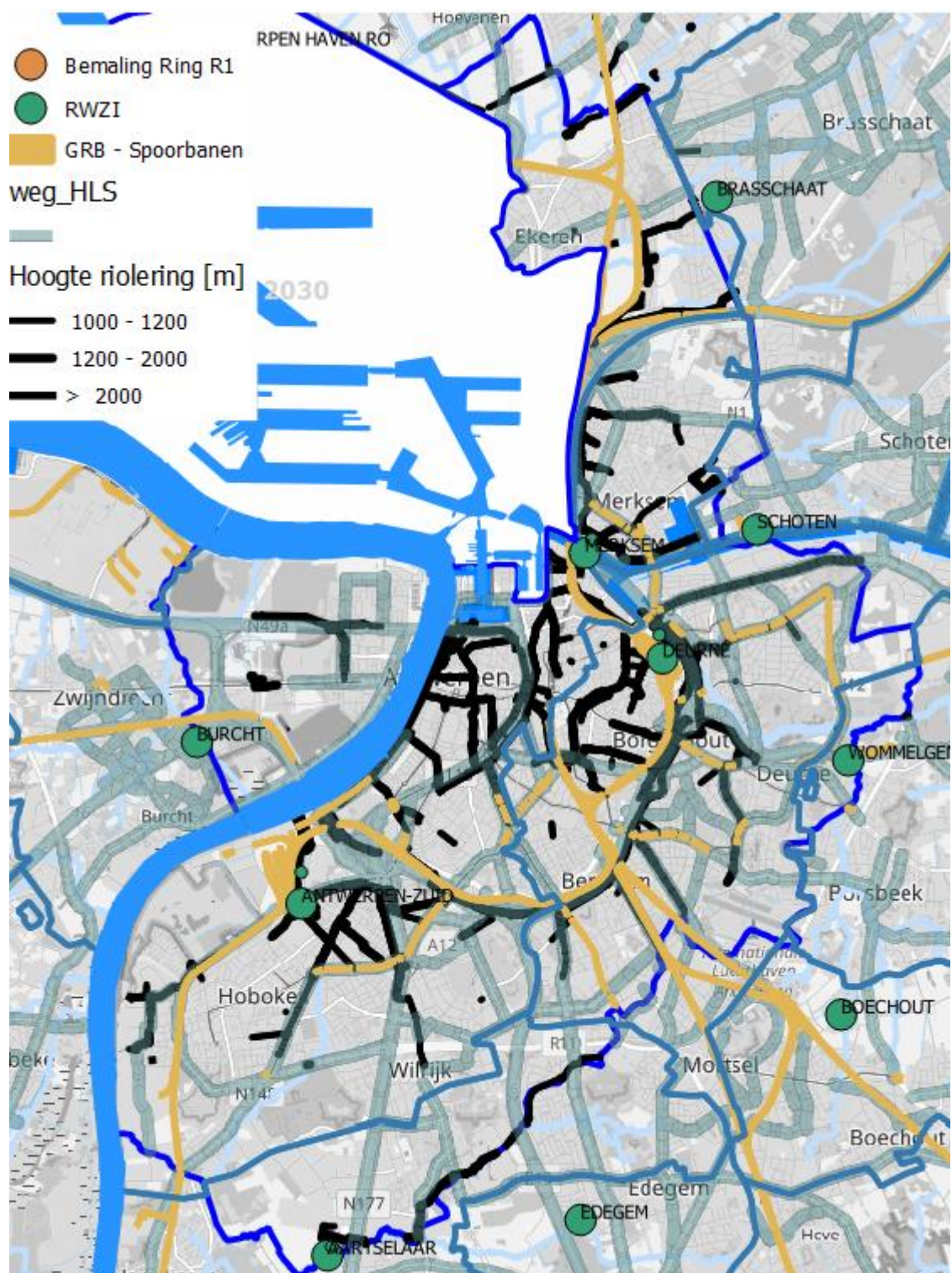
Figuur bijlage B-1: Totaal maandelijks drinkwaterverbruik per statistische sector



Figuur bijlage B-2: Beschikbaar dakoppervlakte per inwoner voor regenwaterrecuperatie. (uitgedrukt in % van potentieel regenwaterverbruik door huishoudens) in het huidig klimaat

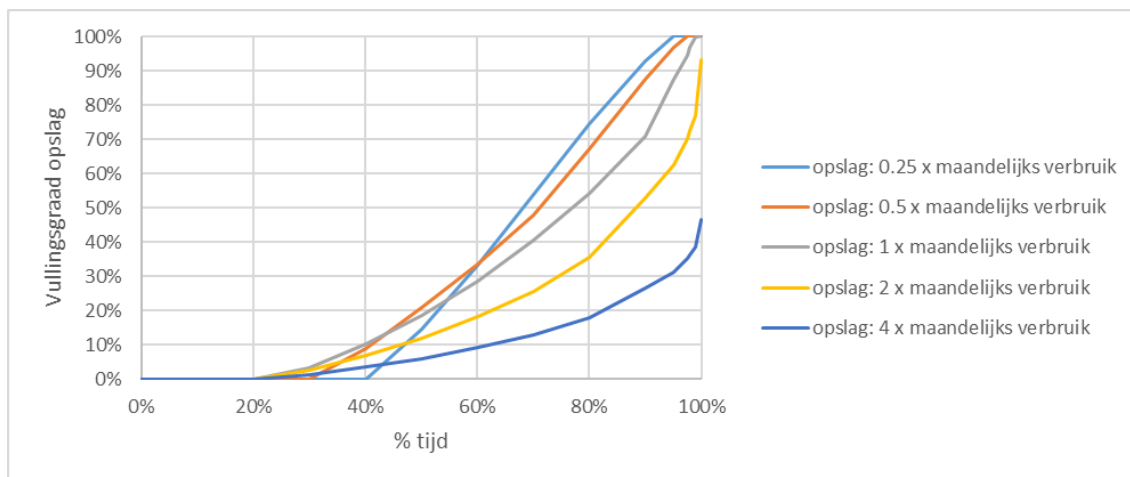


Figuur bijlage B-3: Beschikbaar dakoppervlakte per inwoner voor regenwaterrecuperatie. (uitgedrukt in % van potentieel regenwaterverbruik door huishoudens) in het laag klimaatscenario

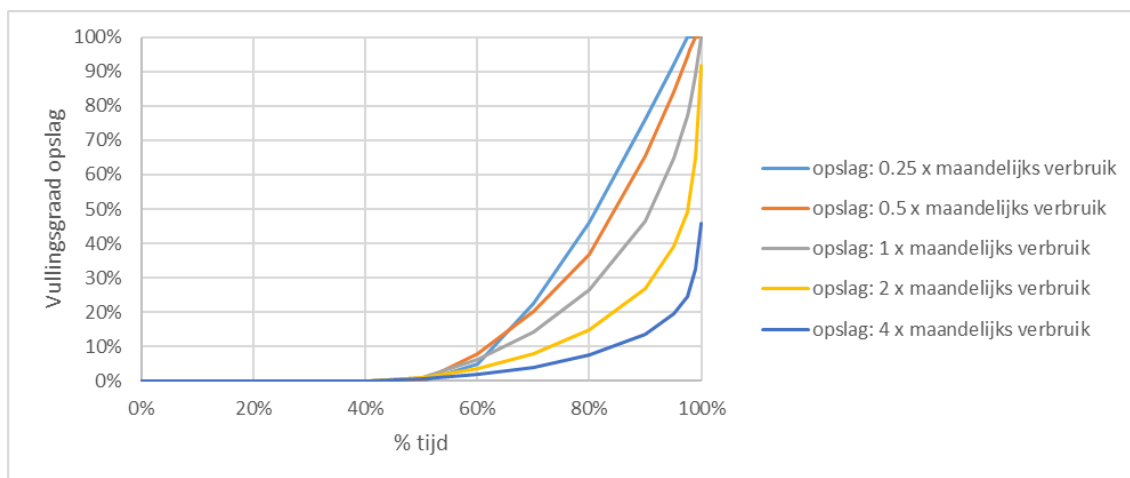


Figuur bijlage B-4: potentiële transportmodi voor verdeling tussen de sectoren

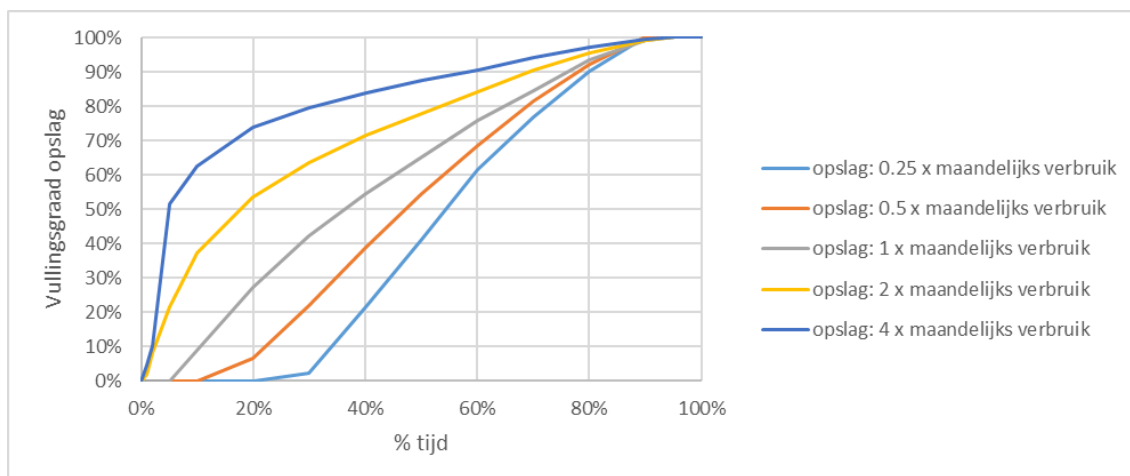
B.1 Opslagvereisten neerslagopvang bij maximaal gebruik neerslag



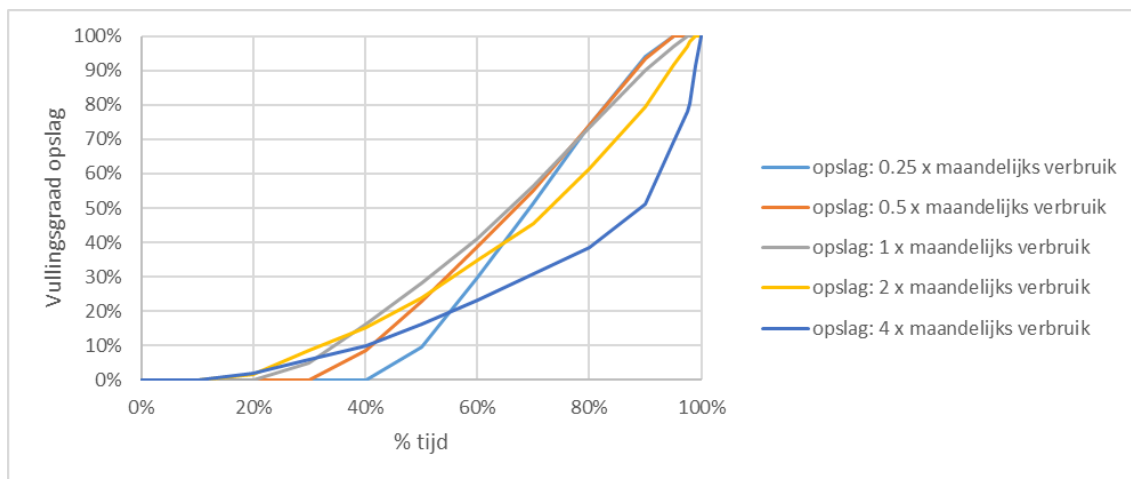
Figuur bijlage B-5: tijdsverdeling vullingsgraad regenwaterreservoirs voor 20 m² dakopvang in het huidige klimaat



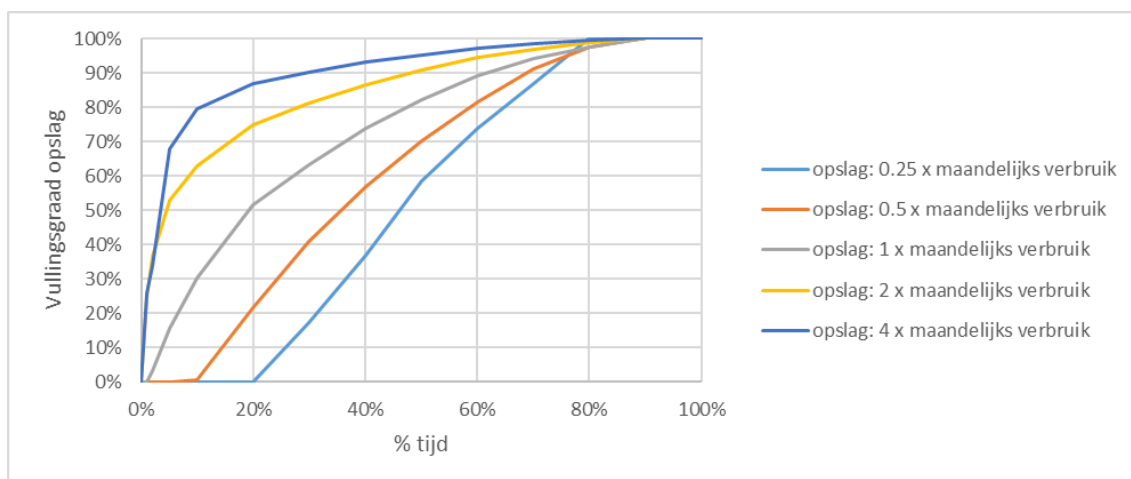
Figuur bijlage B-6: tijdsverdeling vullingsgraad regenwaterreservoirs voor 20 m² dakopvang in het laag klimaatscenario



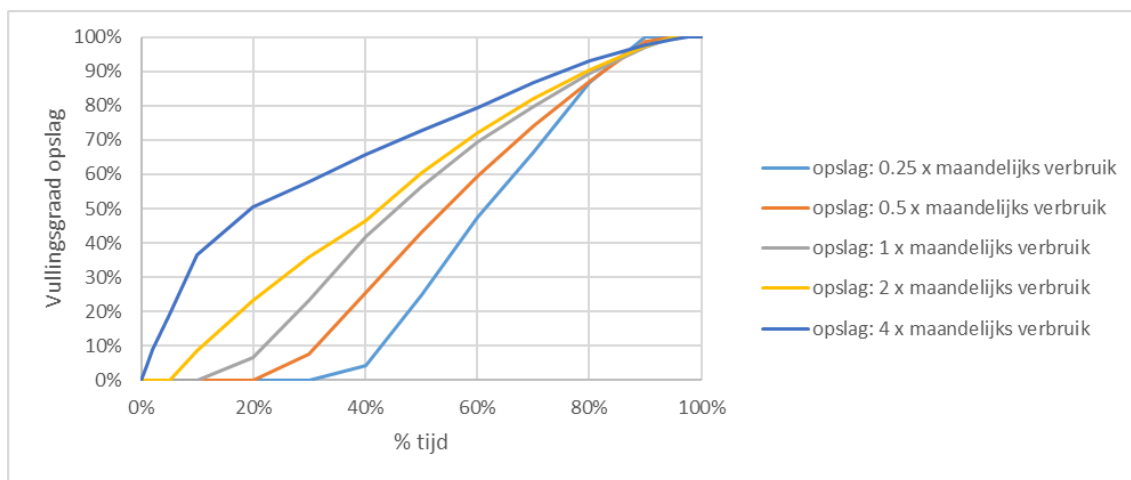
Figuur bijlage B-7: tijdsverdeling vullingsgraad regenwaterreservoirs voor 30 m² dakopvang in het huidige klimaat



Figuur bijlage B-8: tijdsverdeling vullingsgraad regenwaterreservoirs voor 30 m² dakopvang in het laag klimaatscenario



Figuur bijlage B-9: tijdsverdeling vullingsgraad regenwaterreservoirs voor 40 m² dakopvang in het huidige klimaat



Figuur bijlage B-10: tijdsverdeling vullingsgraad regenwaterreservoirs voor 40 m² dakopvang in het laag klimaatscenario