

KWR 2013.105 | December 2013

**Potentie van
ondergrondse
waterberging voor
(glas)tuinbouw in
Zuid-Holland**

Rapport

Potentie van ondergrondse waterberging voor (glas)tuinbouw in Zuid-Holland

KWR 2013.105 | December 2013

Opdrachtnummer

A309597

Projectmanager

Dr. K.J. Raat

Opdrachtgever

Provincie Zuid-Holland

Kwaliteitsborger

Prof. Dr. P.J. Stuyfzand

Auteur(s)

Drs. A. van Doorn, MSc. K.G. Zuurbier, Dr. Ir. M.A.A.
Paalman

Begeleidingsteam

Dhr. Guus Meis, Stichting Waterbuffer
Dhr. Carl Paauwe, Stichting Waterbuffer
Dhr. Jeroen Delmeire, provincie Zuid-Holland
Dhr. Richard Vermeulen, provincie Zuid-Holland

Verzonden aan

Provincie Zuid-Holland

Jaar van publicatie
2013

Meer informatie

T 030 - 60 69 681
E annemieke.van.doorn@kwrwater.nl

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511
F +31 (0)30 60 61 165
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl



KWR | December 2013 © KWR

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd,
opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand,
of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze,
hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën,
opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande
schriftelijke toestemming van de uitgever.

Samenvatting

Aanleiding studie

Voor de glastuinbouw is de beschikbaarheid van altijd voldoende kwalitatief goed zoet gietwater een vereiste. De glastuinbouw stelt hoge eisen aan de kwaliteit van het gietwater. Deze hoge eisen laten zich vertalen in lage concentraties aan natrium (bv. 0-20 mg Na/l voor de substraatteelt). Ook om water in de kas te kunnen recirculeren en daarmee emissie van meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen te beperken, is het van belang dat het ingelaten gietwater praktisch geen opgeloste zouten (natrium) bevat.

Van de beschikbare waterbronnen voldoet alleen het hemelwater aan de gestelde eisen om zonder vergaande zuivering als gietwater te dienen. Het probleem bij het gebruik van hemelwater is de mismatch tussen watervraag en wateraanbod. In de winter is vaak sprake van een teveel aan water, terwijl de zomer een tekort aan gietwater kent. Om het gebruik van hemelwater te optimaliseren is het nodig om het water op te vangen en op te slaan (waterbuffer). In de huidige praktijk wordt dit gedaan door (een deel van) het hemelwater in bovengrondse bergingsbassins op te slaan.

Een aanvullende mogelijkheid is om hemelwater in de ondergrond op te slaan, waarna het in perioden van watertekort weer (deels) kan worden teruggewonnen. Recentelijk hebben verschillende tuinders ervaring opgedaan om de voorraad aan zoet water op deze wijze te vergroten. Belangrijke voordelen van ondergrondse voorraadvorming van zoet water zijn de grote capaciteit, relatief lage kosten en besparing van bovengronds ruimtebeslag. Alhoewel de techniek in ontwikkeling is (pilotniveau), zijn de resultaten veelbelovend.

De Provincie heeft daarom in de Verordening Ruimte en Mobiliteit opgenomen dat in de (glas)tuinbouwgebieden het eerste watervoerende pakket als prioritair wordt beschouwd voor de toepassing van zoetwateropslag als (deel)oplossing voor de watervraag van de (glas)tuinbouw. Momenteel is echter niet goed in beeld welke gebieden de grootste potentie voor zoetwaterberging in de ondergrond bieden.

Doel

Het doel van dit onderzoek is om kaarten te vervaardigen waarop de potentie voor waterberging in de ondergrond voor de concentratiegebieden (glas)tuinbouw wordt weergegeven.

Ondergrondse waterberging (OWB) van zoet water kan niet in alle gebieden even effectief worden toegepast. Of een gebied geschikt is voor zoetwaterberging hangt af van verschillende factoren, zoals:

- bodemgeschiktheid (watervoerende pakket heeft de beoogde doorlatendheid, dikte en een beperkte grondwaterstroming);
- zoutconcentratie grondwater;
- aanwezigheid van andere belangen in de directe omgeving die het rendement verstoren (denk aan andere onttrekkingen);

- risico op nadelige effecten voor de omgeving (denk bv. aan opbarsting van veenlagen bij ondiepe infiltratie of zetting t.g.v. terugwinning).

Grootte van ondergrondse waterberging (OWB) systemen

Idealiter kan middels een OWB-systeem precies de hoeveelheid zoet water opgeslagen en teruggewonnen worden die de tuinder nodig heeft. Dit is niet altijd het geval. De hoeveelheid water die opgeslagen moet worden om een voldoende robuust functionerend systeem te verkrijgen is afhankelijk van enkele bodemparameters, zoals de dikte van het watervoerende pakket, de grondwaterstroming en de grondwaterkwaliteit. Onderstaande tabel geeft weer hoe de grootte van een OWB-systeem geclassificeerd is in deze studie. Belangrijk is op te merken dat de gebieden waar een kleinschalig systeem kan worden toegepast in potentie ook geschikt zijn voor aanleg van een grootschalig systeem. Omgekeerd geldt dit niet. Locaties die bijvoorbeeld alleen geschikt zijn voor een grootschalig systeem, zijn niet geschikt voor een kleiner systeem. Kleinschaliger systemen zijn dan niet robuust genoeg om op een dergelijke locatie effectief zoetwater op te kunnen slaan en efficiënt terug te winnen.

Tabel met overzichten typen ondergrondse waterberging systemen in relatie tot benodigde aantal ha en infiltratiehoeveelheden.

Type OWB-systeem	Infiltratiehoeveelheid per jaar (vooral in winterseizoen)	Aantal benodigde ha, uitgaande van opvang 200 mm neerslag per jaar	Globaal infiltratiedebiet (uitgaande van 150 dagen per jaar infiltratie)
Klein	< 18.000 m ³	< 10 ha	< 5 m ³ /h
Gemiddeld	18.000 – 36.000 m ³	10-20 ha	5-10 m ³ /h
Middelgroot	36.000 – 90.000 m ³	20-45 ha	10-25 m ³ /h
Groot	90.000 – 180.000 m ³	45-90 ha	25-50 m ³ /h
Zeer groot	> 180.000 m ³	> 90 ha	> 50 m ³ /h

Resultaten

Zoetwateropslag in de (brakke tot zoute) bodem is op basis van de beschikbare resultaten van uitgevoerde/ lopende pilots een kansrijke (deel)oplossing voor het tekort aan zoet water van de tuinders in Zuid-Holland in droge perioden.

Het te behalen rendement (deel zoet water dat na opslag weer teruggewonnen kan worden met voldoende kwaliteit) is afhankelijk van de volgende kenmerken:

- chlorideconcentratie watervoerende pakket;
- dikte en doorlatendheid watervoerende pakket;
- snelheid grondwaterstroming;
- hoeveelheid water dat beschikbaar is voor opslag;
- waterkwaliteitseisen van de teelten.

De analyse wijst uit dat sommige delen van de provincie Zuid-Holland geschikter zijn dan andere gebieden voor OWB (ondergrondse waterberging). Hoe dikker het pakket, hoe zouter het grondwater en hoe groter de stroming in het watervoerende pakket, des te meer water opgeslagen dient te worden om voldoende rendement te kunnen leveren. Dit maakt dat zeker niet alle locaties geschikt zijn voor kleine OWB-systemen, in dat geval zullen b.v. grote systemen (collectieve initiatieven) of slimme aanpassingen aan het systeem soms wel potentie bieden.

Onderstaande tabel geeft een samenvatting van de potentie voor OWB-systemen in de 8 concentratiegebieden (glas)tuinbouw binnen de Provincie Zuid-Holland. Opgemerkt wordt dat voor de boomteelt en bollenteelt minder stringente eisen gelden, waardoor de geschiktheid gunstiger kan uitpakken.

Gebied	Conclusie
Oostland	Grotendeels geschikt voor kleine tot zeer grote systemen, hetgeen bevestigd wordt door de aanwezigheid van vele OWB-systemen
Westland	Geschikt voor grote tot zeer grote OWB-systemen. Middels toepassing van MPPW's is het ook geschikt voor kleinere systemen
Bollenstreek	Lokaal geschikt voor grote tot zeer grote OWB-systemen
Kaag en Braassem	Lokaal geschikt voor zeer grote OWB-systemen
Regio Boskoop	Grotendeels geschikt voor middel grote tot zeer grote OWB-opslagsystemen.
Zuidplas	Grotendeels geschikt voor middel grote tot zeer grote OWB-opslagsystemen
Voorne	Geschikt voor grote tot zeer grote OWB-systemen. Middels toepassing van MPPW's is het ook geschikt voor kleinere systemen
Regio Barendrecht	Grotendeels geschikt voor kleine OWB-systemen. Het watervoerende pakket is te dun voor grote OWB-systemen. Toepassing van een horizontale put kan meerwaarde bieden.

De verwachting is dat overal het rendement van het systeem verhoogd kan worden door het systeem aan te leggen middels een MPPW (multiple partially penetrating well). Momenteel lopen enkele pilots om dit nader te onderzoeken. De kosten voor MPPW's zijn hoger dan voor een eenvoudig puttensysteem. Uit een eerste globale kostenberekening blijkt dat de toepassing in vergelijking met gebruik van leidingwater een terugverdientijd heeft van circa 10 jaar.

Aanbevelingen

De geschiktheidskaarten geven een indicatief inzicht in de opbouw van de ondergrond en geschiktheid voor het toepassen van ondergrondse waterberging. Een nadere verkenning van de haalbaarheid op lokaal of gebiedsniveau is de eerste vervolgstap op deze geschiktheidskaarten. Aspecten als een lokale kweldruk, de watervraag, gewenste waterkwaliteit, beschikbaarheid zoetwaterbronnen, kosten, omvang ondergronds waterbergingssysteem en vergunningverlening zijn hierbij relevant. Zie bijlage II voor het stappenplan.

Voor het infiltreren van gebiedsvreemd water in de ondergrond moet een vergunning worden aangevraagd bij het Waterschap. Het beleid rondom infiltratie van water is in ontwikkeling. Belangrijk is dat enerzijds gebiedsgericht maatwerk wordt geleverd, en anderzijds beleidseisen op elkaar worden afgestemd. Mogelijk kan de Stichting Waterbuffer hierbij een rol vervullen.

Inhoud

Samenvatting	2
Inhoud	6
1 Inleiding	8
1.1 Beschikbaarheid gietwater	8
1.2 Ondergrondse waterberging (OWB)	9
1.3 Doel van dit onderzoek	11
2 Resultaten mogelijkheden ondergrondse waterberging	12
2.1 Inleiding	12
2.2 Randvoorwaarden	12
2.3 Methode	13
2.4 Bodemgeschiktheid	13
2.4.1 Gebied "Oostland", zie bijlage V, kaart 2	15
2.4.2 Gebied "Westland", zie bijlage V, kaart 3	15
2.4.3 Gebied "Bollenstreek", zie bijlage V, kaart 4	16
2.4.4 Gebied "Kaag en Braassem", zie bijlage V, kaart 5	16
2.4.5 Gebied "regio Boskoop", zie bijlage V, kaart 6	16
2.4.6 Gebied "Zuidplas", zie bijlage V, kaart 7	17
2.4.7 Gebied "Voorne", zie bijlage V, kaart 8	17
2.4.8 Gebied "regio Barendrecht", zie bijlage V, kaart 9	18
3 Conclusie en aanbevelingen	20
3.1 Conclusie	20
3.2 Aanbevelingen	21
4 Literatuur	24
Bijlage I – Overzicht beleid en adviezen	
Bijlage II – De praktijk	
Bijlage III – Overzicht en stand van zaken	
Bijlage IV – Analysemethode	
Bijlage V – Kaarten met mogelijkheden ondergrondse waterberging	

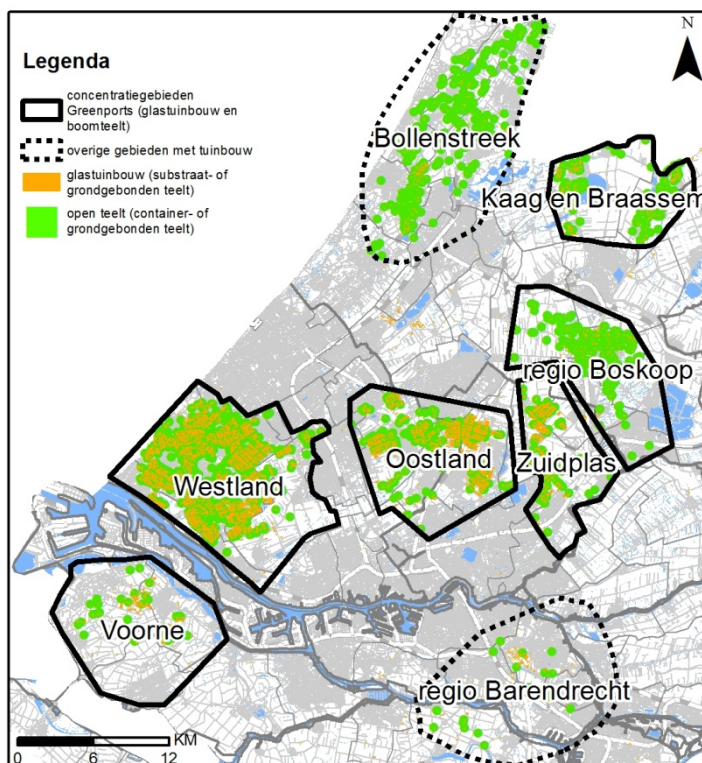
1 Inleiding

1.1 Beschikbaarheid gietwater

Om de bedrijfszekerheid te garanderen in de tuinbouwsector is de continue beschikbaarheid van voldoende en kwalitatief goed gietwater een vereiste.

Het probleem is dat - door onder andere klimaatveranderingen - de fluctuaties in het neerslagpatroon gaan toenemen. Hierdoor wordt bij periodes van langere droogte, zoals bijvoorbeeld in 2003, de sector geconfronteerd met een tekort aan gietwater van goede kwaliteit en raakt men aangewezen op andere bronnen van gietwater, zoals het oppervlaktewater en/of leidingwater. Echter de kwaliteit van deze bronnen voldoet door de te hoge concentraties aan opgeloste zouten (natrium, chloride) niet aan de kwaliteitscriteria voor goed gietwater (Paalman et al., 2013). De glastuinbouw maakt als aanvullende gietwatervoorziening vaak gebruik van brak/zout grondwater. Dit water wordt via het proces van omgekeerde osmose (Reverse Osmosis (RO)) ontzilt. Het zoete water (permeaat) wordt dan gebruikt als gietwater, terwijl het zoutcontraat in het 2^e watervoerende pakket geïnfilteerd wordt.

In figuur 1.1 worden de concentratiegebieden (glas)tuinbouw in de provincie Zuid-Holland weergegeven.



figuur 1.1: Weergave van de kassengebieden en teeltlocaties in de provincie Zuid-Holland (bron: KvK).

De land- en tuinbouwsector is daarom gebaat bij:

- (nieuwe) mogelijkheden om een langere periode van droogte te kunnen overbruggen;
- beschikbaarheid van voldoende gietwater van goede kwaliteit;
- minder afhankelijkheid van schommelingen in het neerslagpatroon, leidingwater, osmosewater en veranderingen in de samenstelling het oppervlaktewater (door verzilting van de innamepunten).

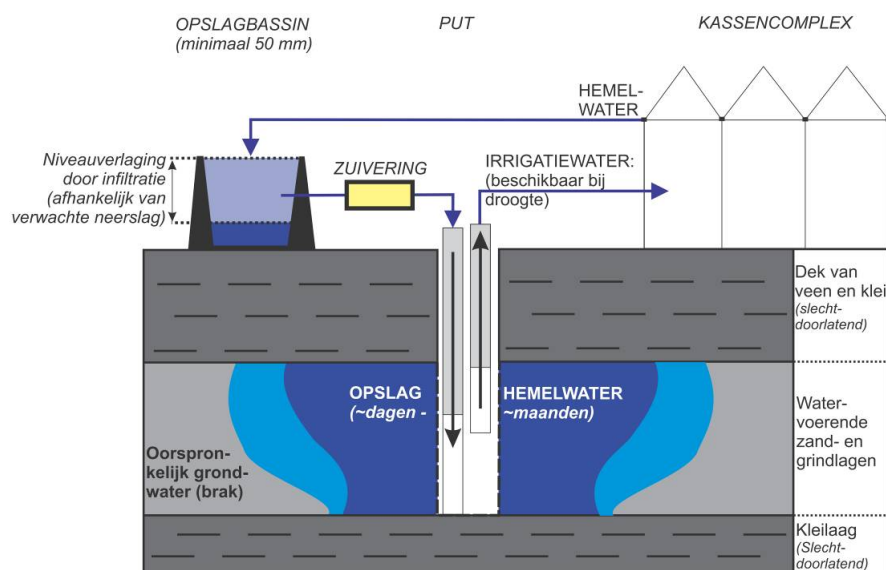
Ondergrondse waterberging kan een belangrijke bijdrage leveren aan de doelstelling voor 'goed gietwater'. Dit wordt in het engels Aquifer Storage and Recovery (ASR) genoemd.

1.2 Ondergrondse waterberging (OWB)

In de huidige situatie wordt door de relatief beperkte bassincapaciteit in de (glas)tuinbouwgebieden slechts een deel van het hemelwater opgevangen en benut als gietwater. Vooral in het najaar is sprake van een overschot aan neerslag, terwijl in de zomer de vraag naar gietwater vaak groter is dan het aanbod. Om een betere matching van wateraanbod en watervraag te verkrijgen, zou de bergingscapaciteit vergroot moeten worden. Een goede mogelijkheid is wellicht om dit water (tijdelijk) in de ondergrond op te slaan, waarna het bij behoefte weer aan de ondergrond onttrokken kan worden.

Eén van de grote voordelen van de ondergrond is dat de bergingscapaciteit voor de opslag van zoet water in potentie erg groot is. Dit houdt in dat ook zoet water uit andere bronnen dan het regenwater in de ondergrond kan worden opgeslagen, zoals oppervlaktewater of gezuiverd effluent.

In figuur 1.2 wordt schematisch weergegeven voor een glastuinbouwbedrijf hoe het overschot aan hemelwater in de ondergrond wordt opgeslagen en teruggewonnen. Het overschot aan hemelwater wordt vanuit een bovengronds gietwaterbassin na zuivering middels (bijvoorbeeld) een snelle en langzame zandfiltratie geïnjecteerd in de ondergrond en bij behoefte weer aan dit grondwatersysteem onttrokken.



figuur 1.2: Schema van ondergrondse wateropslag, in dit geval gebruikmakend van hemelwater.

Ondergrondse waterberging (OWB) levert de volgende voordelen:

- er wordt een grotere bedrijfszekerheid verkregen, doordat langere periodes van droogte overbrugd kunnen worden (uitbreiding op huidige bassin);
- er is sprake van ruimtebesparing doordat de omvang van de bergingsbassins van gietwater kleiner kan worden, zodat ruimte ontstaat voor andere doeleinden zoals bv. uitbreiding teeltareaal of benutting van de bovengrondse bassins voor opslag piekbuien;
- er ontstaat geen brijn als nevenproduct;
- het opgeslagen water wordt beschermd tegen invloeden van buitenaf en heeft een zeer goede kwaliteit (geen zwevend stof, constante (lage) temperatuur, geen algengroei, minder zuur dan direct hemelwater);
- er is geen dure en energie-intensieve zuivering nodig (zoals R.O.);
- geïnjecteerd zoet water dat niet wordt teruggewonnen draagt wel bij aan verbetering van de waterkwaliteit in het watervoerende pakket (verzoeting);

Bijlage I geeft een overzicht weer van het beleid rondom ondergrondse waterberging. Bijlage II geeft weer waar een tuinder aan moet denken bij het inventariseren of ondergrondse waterberging mogelijkheden biedt. Bijlage III biedt een overzicht van de stand van zaken qua ondergrondse waterberging en enkele voorbeelden en toepassingen.

Een belangrijke vraag is of de ondergrond in Zuid-Holland geschikt is voor de berging van zoet water. Binnen het onderzoeksprogramma van Kennis voor Klimaat vindt in het Westland onderzoek plaats naar de mogelijkheden om zoet water op te slaan in de ondergrond.

Factoren die de geschiktheid van de ondergrond bepalen, zijn vooral:

- chlorideconcentratie van het grondwater: Indien het grondwater zout is dan drijft het geïnjecteerde zoete water al snel "omhoog" door het dichtheidsverschil met het zoutere grondwater, waardoor in het onderste deel van de put water met een hogere chlorideconcentratie teruggewonnen wordt;
- grondwaterstroming: een snelle grondwaterstroming (door topografische hoogteverschillen of onttrekkingen in de omgeving) zorgt voor afstroming van de zoete bel. Hierdoor zal het opgeslagen water sterker mengen met het omliggende zoutere grondwater en hierdoor een hogere chlorideconcentratie verkrijgen en wellicht ook (sporen van) ongewenste metalen of andere elementen;
- opbouw van de ondergrond.

Daar de ondergrond variabel is qua opbouw, samenstelling, huidig gebruik en hydrologie, is de geschiktheid voor ondergrondse waterberging bepaald op basis van een modelmatige analyse van regionale gegevens van de eigenschappen van de ondergrond. Per (glas)tuinbouwgebied wordt nader aangegeven voor welke type opslag de ondergrond geschikt is, welke condities van invloed zijn en of er (lokale) aandachtspunten of risico's aanwezig zijn.

Voor deze analyse geldt dat het een regionale inschatting betreft. De kaarten dienen daarom vooral gebruikt te worden als een tool om nader inzicht te verkrijgen of ondergrondse berging en terugwinnen van zoet water kansrijk is. Voor daadwerkelijke aanleg van een systeem raden wij aan de situatie op lokaal niveau nader te verkennen en te analyseren.

1.3 Doel van dit onderzoek

Het primaire doel van dit onderzoek is om kaarten te vervaardigen die de mogelijkheden van waterberging in de ondergrond voor de concentratiegebieden (glas)tuinbouw in de provincie Zuid-Holland weergeven. In de koersnotitie "Visie Ruimte en Mobiliteit" van de provincie Zuid-Holland (juli 2013) wordt voor de greenports het volgende aangegeven: "ten behoeve van een duurzame gietwatervoorziening heeft waterberging in het eerste watervoerende pakket in de ondergrond in de glastuinbouwgebieden prioriteit boven andere gebruiksvormen in de ondergrond".

Daarnaast worden op basis van de kaarten en ervaringen die zijn opgedaan in enkele pilots aanbevelingen gedaan voor het beleid van de Provincie met betrekking tot de Structuurvisie Ondergrond. Uitgangspunt hierbij is dat zoetwaterberging zoveel mogelijk de ruimte krijgt in land- en tuinbouwgebied maar wel op een duurzame wijze voor de toekomst en in harmonie met andere grondwatergebruikers.

2 Resultaten mogelijkheden ondergrondse waterberging

2.1 Inleiding

De Provincie Zuid-Holland heeft 8 gebieden gedefinieerd waar zoetwaterberging prioriteit krijgt in het eerste watervoerend pakket boven andere gebruiksvormen in de ondergrond. Dit zijn de concentratiegebieden (glas)tuinbouw. Het onderzoek is alleen uitgevoerd voor het eerste watervoerende pakket, omdat dit pakket in de provincie Zuid-Holland het dunst is en het meest zoete grondwater bevat. Hoe zouter het grondwater en hoe dikker het pakket, des te meer opslagwater nodig is om eenzelfde hoeveelheid zoet water terug te kunnen winnen.

In bijlage IV wordt de methode van de geschiktheidsanalyse, zoals beknopt gepresenteerd in par.2.3, nader uitgelegd. In die bijlage wordt ook gedefinieerd welke brondata voor de analyses zijn gebruikt. De analyse heeft geresulteerd in 9 kaarten waarop de mogelijkheden voor ondergrondse waterberging zijn aangegeven, 1 voor de gehele Provincie en 8 ingezoomde kaarten voor deelgebieden. Deze zijn gepresenteerd in bijlage V.

Dit hoofdstuk gaat nader in op wat de kaart nu betekent voor de (glas)tuinbouwgebieden, wat de lokale verschillen zijn en welke aandachtspunten/ risico's dit met zich mee kan brengen.

2.2 Randvoorwaarden

Systeemgrootte

In een eerdere studie is de zoetwatervraag voor de Provincie Zuid-Holland geanalyseerd voor 6 van de tuinbouwgebieden (KWR, 2011). Uit deze studie blijkt dat de benodigde hoeveelheid per gebruiker sterk uiteenloopt. Dit komt vooral omdat de grootte van de bedrijven, de gewastypen en manier van teelt (grondgebonden vs. substraat) verschillen.

Dit maakt het lastig om eenduidige kaarten voor waterberging voor de (glas)tuinbouw te maken. Om deze reden is een globale indeling gemaakt voor 5 schaalgrootten. Omdat inzicht in schaalgrootten en watervraag niet voor iedereen op eenzelfde manier verkregen wordt zijn enkele kenmerken erbij benoemd, zie Tabel 2.1.

Tabel 2.1- Indeling van Ondergrondse WaterBerging (OWB) op basis van grootte, met enkele globale kenmerken

Type OWB-systeem	Infiltratiehoeveelheid per jaar (vooral in winterseizoen)	Aantal benodigde ha, uitgaande van opvang 200 mm neerslag per jaar	Globaal infiltratiedebiet (uitgaande van 150 dagen per jaar infiltratie)
Klein	< 18.000 m ³	< 10 ha	< 5 m ³ /h
Gemiddeld	18.000 – 36.000 m ³	10-20 ha	5-10 m ³ /h
Middelgroot	36.000 - 90.000 m ³	20-45 ha	10-25 m ³ /h
Groot	90.000 – 180.000 m ³	45-90 ha	25-50 m ³ /h
Zeer groot	> 180.000 m ³	> 90 ha	> 50 m ³ /h

Belangrijk is op te merken dat de gebieden waar een kleinschalig systeem kan worden toegepast in potentie ook geschikt zijn voor aanleg van een grootschalig systeem.

Omgekeerd geldt dit niet. Locaties die bijvoorbeeld alleen geschikt zijn voor een grootschalig systeem, zijn niet geschikt voor een kleiner systeem. Kleinschaliger systemen zijn dan niet robuust genoeg om op een dergelijke locatie effectief zoetwater op te kunnen slaan en efficiënt terug te winnen.

Bepalende factoren

Of een gebied geschikt is voor zoetwaterberging hangt af van verschillende factoren:

- bodemgeschiktheid (watervoerende pakket heeft de beoogde doorlatendheid, dikte en een beperkte grondwaterstroming);
- chlorideconcentratie van het grondwater;
- aanwezigheid van andere belangen in de directe omgeving die het rendement verstoren (denk aan andere onttrekkingen);
- risico op nadelige effecten voor de omgeving (denk bv. aan opbarsting van veenlagen bij ondiepe infiltratie).

Kostprijs

Uitgangspunt is dat technieken van ondergrondse waterberging worden toegepast en ontwikkeld, waarbij de kostprijs van vergelijkbare orde grootte is als de huidige gietwatervoorziening. Indicatie van de kostprijs is 0.60 €/m^3 zoet water.

In een haalbaarheidsstudie zijn de technische, financiële en beleidsmatige haalbaarheid beschouwd (Zuurbier en Paalman, 2011).

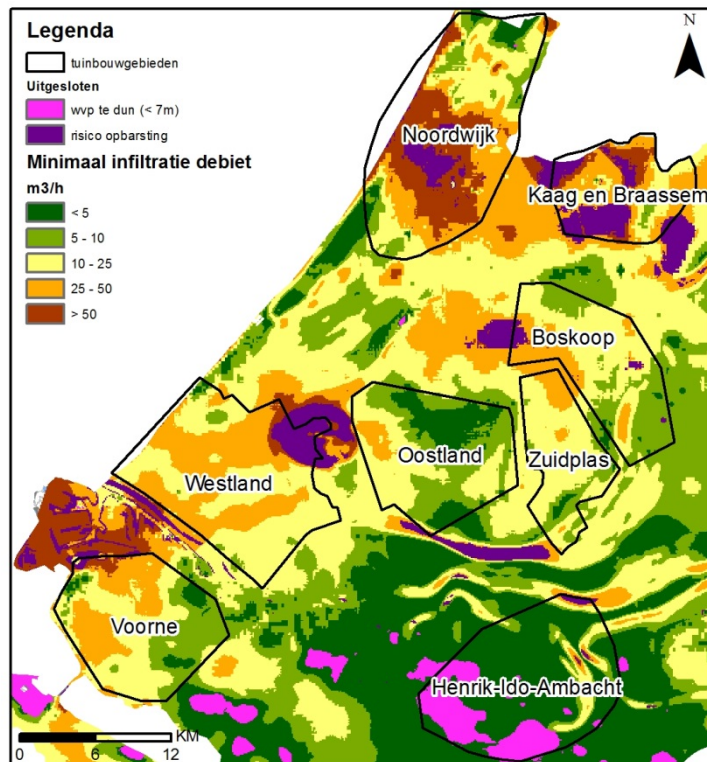
2.3 Methode

De methode en gebruikte brondata om het minimale infiltratiedebiet voor succesvolle zoetwaterberging vast te stellen zijn toegelicht in bijlage IV. Met een GISmodel is berekend welk minimaal debiet nodig is om een zoetwateropslag in de ondergrond te realiseren met voldoende rendement (voldoende als 60 % van het opgeslagen water terugwinbaar is met voldoende kwaliteit). Daarnaast is op basis van vuistregels vastgesteld wat het maximale te infiltreren debiet op een locatie bedraagt. Ook zijn enkele andere randvoorwaarden en aandachtspunten vastgesteld:

- een locatie is qua geschiktheid uitgesloten als:
 - de dikte van het watervoerende pakket minder dan 7 m bedraagt;
 - het benodigde debiet om het rendement te halen groter is dan het debiet dat opgeslagen kan worden in de ondergrond.
- een locatie wordt aangemerkt op de kaart als aandachtsgebied indien:
 - op de locatie een beschermde status rust (drinkwater of natuur);
 - de locatie een veenbodem heeft;
 - op de locatie onttrekkingen aanwezig zijn;
 - onduidelijk is of de 1e scheidende laag aaneengesloten onder het watervoerende pakket aanwezig is.

2.4 Bodemgeschiktheid

In Figuur 2.1 worden de mogelijkheden voor zoetwaterberging op basis van de eigenschappen van het watervoerende pakket weergegeven. Er is een duidelijke variatie in geschiktheid tussen de verschillende (glas)tuinbouwgebieden zichtbaar. De verschillen hangen sterk samen met de verschillen in dikte van het watervoerende pakket, de grondwaterstroming en chlorideconcentratie.



Figuur 2.1: De 8 (glas)tuinbouwconcentratiegebieden (Westland, Oostland, Zuidplas, Voorne, Noordwijk (Bollenstreek), Kaag en Braassem en regio Barendrecht/Hendrik Ido Ambacht) met het berekende minimale debiet. Paars- en rozegekleurde vlakken zijn uitgesloten gebieden (zie paragraaf 2.3).

De kaarten met mogelijkheden en risico's van ondergrondse waterberging zijn in bijlage V weergegeven. De bespreking hiervan volgt in par. 2.4.1-2.4.8. Of de op kaarten weergegeven risico's inderdaad een risico vormen, wordt bepaald door (zeer) lokale eigenschappen van de ondergrond, afstand etc.. Het gaat te ver om deze risico's per geval hier toe te lichten. Daarom volstaan wij met het hieronder benoemen van enkele richtlijnen:

- grondwatergebruikers: het risico is dat OWB-systemen een zodanige invloed op het lokale stromingspatroon hebben dat andere grondwatergebruiker hiervan negatieve beïnvloeding ondervinden. De verwachting is dat dit risico gering is. Mochten andere grondwatergebruikers in de directe omgeving (en in hetzelfde watervoerende pakket) aanwezig zijn dan zijn de systemen wellicht door onderlinge afspraken op elkaar af te stemmen;
- beleidsgebieden: de verwachting is dat OWB-systemen voor de tuinbouw in drinkwaterbeschermingsgebieden niet worden toegestaan. Binnen EHS of andere "groene" beschermde gebieden kan het systeem een (geringe) invloed op de ondiepe verticale stroming en/ of grondwaterstand hebben. Dit zal afgestemd moeten worden met het bevoegde gezag. De uitspraak zal mede afhangen van het type natuur (aanwezig of nagestreefd) en de randvoorwaarden hiervan;
- veengebieden: veen heeft een laag soortelijk gewicht, zodat opbarsting van de bodem in deze gebieden eerder optreedt. Of dit risico optreedt is sterk afhankelijk van de bodemparameters en de hoeveelheid te infiltreren water. De verwachting is dat de aanwezigheid van een dikke veenlaag geen belemmering hoeft te vormen maar wellicht voor het ontwerp enkele aanpassingen kan betekenen (grotere diameter of extra aantal infiltratieputten);

- de bodemparameters zijn afkomstig uit REGIS II. Niet van alle locaties is duidelijk op welke diepte exact een goede afsluitende laag onder het watervoerende pakket aanwezig is. Daarom kan op deze locaties het berekende debiet een onderschatting zijn van het benodigde debiet. De aanbeveling is om op deze locaties de bodemopbouw op basis van lokale gegevens te verifiëren.

2.4.1 Gebied "Oostland", zie bijlage V, kaart 2

Oostland is het (glas)tuinbouwgebied waar de afgelopen 10 jaar al vele OWB-installaties gerealiseerd zijn. Uit gegevens beschikbaar van enkele geanalyseerde bestaande OWB-systemen blijkt dat:

- de ouderdom van de systemen varieert tussen 2 en 9 jaar;
- de toegestane mix-factor van infiltratiewater met grondwater 0,4 tot 0,9 bedraagt voor het teruggewonnen water;
- de infiltratiedebieten variëren tussen 5 en 25 m³/h (op basis van 150 dagen infiltratie);
- het rendement is berekend op minimaal 50 – 80 %. Waarschijnlijk is dit niet het maximum, omdat de onttrekking niet stopte omdat het water niet meer voldeed qua kwaliteit, maar omdat er geen water meer nodig was.

Geconcludeerd mag worden dat de geanalyseerde systemen goed functioneren. Dit is vooral het gevolg van de relatief goede kwaliteit van het oorspronkelijke grondwater waardoor de waterkwaliteit van teruggewonnen infiltratiewater niet snel verslechtert ten gevolge van menging daarmee.

De dikte van het eerste watervoerende pakket in Oostland loopt op van zuid naar noord, van circa 20 tot circa 30 m. De chlorideconcentratie loopt af in noordelijke richting, van circa 800 tot 200 mg/l. In het westen van het gebied en het zuidoosten zijn lokale plekken waar de chlorideconcentratie fors hoger is (> 1.000 mg/l). Alleen aan de westkant van het gebied is de grondwaterstroming aanzienlijk, tot 40 m/jaar.

De locaties waar de chlorideconcentratie niet hoger dan 1.000 mg/l is en de grondwaterstroming beperkt is, zijn goed geschikt voor kleine OWB-systemen. De overige locaties zijn alleen geschikt voor middelgrote tot zeer grote OWB-systemen (minimale infiltratiedebiet varieert tussen 20 – 35 m³/h). De proef met MPPWs (multiple partially penetrating wells, zie bijlage II) in Nootdorp (ook Oostland) toont inderdaad aan dat bij chlorideconcentraties rond 1.000 mg/l in dit gebied een relatief hoog rendement haalbaar is voor een klein OWB-systeem (2 ha).

Verder kenmerkt dit gebied zich door een aanzienlijke kwel, waarvan het effect niet is meegenomen in deze haalbaarheidsinschatting. Een putconfiguratie met MPPW (zoals in Nootdorp) kan ervoor zorgen dat dit niet of nauwelijks leidt tot lagere rendementen.

Conclusie: Het centrale gedeelte van Oostland is goed geschikt voor kleine OWB-systemen. Aan de randen lijken vooral middelgrote tot zeer grote OWB-systemen succesvol, welke met MPPW-toepassing verbeterd kunnen worden.

2.4.2 Gebied "Westland", zie bijlage V, kaart 3

De dikte van het eerste watervoerende pakket loopt op van het zuidoosten naar het noordwesten, van circa 10 tot circa 30 m dik. De chlorideconcentratie is behalve in de noordwesthoek hoog (> 2.000 mg/l). In de noordwesthoek van het gebied is de

chlorideconcentratie nog steeds relatief hoog (> 800 mg/l). De grondwaterstroming is binnen een straal van 4 km rondom de winning van DSM (in Delft) hoog (> 30 m/jaar).

Dit resulteert erin dat het gebied vooral voor grote tot zeer grote OWB-systemen geschikt is (minimale debiet > 25 m³/h). Samen met aanpassingen in het putontwerp (MPPWs) zou dit kunnen leiden tot rendabele systemen. Om deze reden is in 2012 een proef gestart in 's Gravenzande om de toepassing met MPPWs verder te ontwikkelen. Het lijkt daar wel mogelijk om 'een groot deel' van het geïnjecteerde water terug te winnen, waarmee het voedingswater voor bestaande osmosesystemen aanzienlijk verbeterd kan worden.

Conclusie: Het gebied is vooral geschikt voor grote tot zeer grote OWB-systemen. Op basis van de beschikbare resultaten van de lopende proeven kunnen OWB-systemen uitgerust met MPPW's collectieve systemen beter rendabel worden.

2.4.3 Gebied "Bollenstreek", zie bijlage V, kaart 4

In het gebied Bollenstreek is het eerste watervoerende pakket op de meeste plekken 30- 50 m dik. Omdat de zoetwateropslag zich uiteindelijk zal verspreiden over het gehele watervoerende pakket is een groot debiet nodig om een significante zoetwaterbel te kunnen creëren in de ondergrond. Dit leidt ertoe dat bijna het gehele gebied alleen geschikt is voor middelgrote tot zeer grote OWB- systemen (minimale infiltratiedebiet varieert van 10 tot 60 m³/h).

In het midden van het gebied is de chlorideconcentratie hoog in het watervoerende pakket (> 1000 mg/l). Dit resulteert erin dat hier lokaal een nog grotere hoeveelheid opgeslagen moet worden om te zorgen dat het 60 % rendementsniveau gehaald wordt. Deze hoeveelheid is zo hoog dat het alleen realistisch is indien er met meerdere putten gewerkt wordt.

Daarnaast zijn in dit gebied verschillende aandachtspunten aanwezig zoals: beschermde gebieden en onduidelijkheid over de diepteligging/ aanwezigheid van de 1^e scheidende laag.

Conclusie: alleen lokaal (noord- en zuidkant) geschikt voor middelgrote tot zeer grote OWB-systemen. In het midden is het gebied beperkt tot niet geschikt.

2.4.4 Gebied "Kaag en Braassem", zie bijlage V, kaart 5

Het watervoerende pakket is in dit gebied het dikst, deze varieert namelijk tussen 40 en 55 m. Daarnaast is de chlorideconcentratie in het grootste gedeelte van dit gebied > 1000 mg/l. Dit resulteert erin dat het grootste gedeelte van de polder Kaag en Braassem niet geschikt is voor zoetwaterberging. De benodigde infiltratiehoeveelheid om een zoetwaterbel met voldoende rendement te verkrijgen is te groot.

Conclusie: Het gebied is alleen aan de oostkant geschikt voor zoetwaterberging. Het overige gedeelte is alleen lokaal soms geschikt voor grote tot zeer grote OWB-systemen.

2.4.5 Gebied "regio Boskoop", zie bijlage V, kaart 6

Het watervoerende pakket in dit gebied is circa 37 - 45 m dik. De gemiddelde chlorideconcentratie in het eerste watervoerende pakket varieert van circa 100-600 mg/l. In het noordwesten van het gebied loopt de chlorideconcentratie op tot 1.500 mg/l. Deze overgang is vrij fors (van 400 naar meer dan 800 mg/l binnen 500 m op basis van de beschikbare gegevens). Deze chlorideverandering is de hoofdreden dat de geschiktheid van de ondergrond ook lokaal sterk verandert.

De poldergebieden: Gouwepolder, Laag Boskoop, Rietveldse polder en het Zaanse Rietveld zijn in ontwikkeling. Momenteel wordt door het Waterschap het gebiedsplan opgesteld voor deze polders. Het gebied wordt in tweeën gesplitst door de Gouwe die van zuid naar noord loopt. Het gebied ten oosten van de Gouwe heeft minder last van droogte in de zomer dan het westelijke gebied (bron: Hoogheemraadschap Rijnland).

Deze polders bevinden zich allen in het gebied dat een gemiddelde chlorideconcentratie heeft van circa 400 mg/l. Het bijbehorende minimale infiltratiedebiet om 60 % rendement te behalen bedraagt circa 10-15 m³/h. Voor ondergrondse wateropslag van alleen regenwater is dit een vrij fors debiet. Dit zou alleen gerealiseerd kunnen worden als meerdere partijen samen een opslagsysteem beheren. Een andere mogelijkheid is om water van extern aan te voeren, bijvoorbeeld wegstromend slootwater in natte tijden, water uit de Gouwe, Oude Rijn of van omliggende RWZI's. Aandachtspunten hierbij zijn dat eerst uitgezocht moet worden of de beherende instanties hiervoor open staan, de kwaliteit van water voldoende is of te maken valt tegen aanvaardbare kosten, en of een dergelijk systeem kostendekkend is.

Richting het zuidoosten neemt het minimaal benodigde infiltratiedebiet af tot circa 5 – 8 m³/h rondom de Reeuwijkse plassen. Ten westen van de Reeuwijkse plassen is een gebied waar lokaal een hoge grondwaterstroming heerst waardoor het minimaal benodigde debiet veel hoger is (tot 45 m³/h).

Conclusie: Het gebied Boskoop is (met enkele lokale uitzonderingen) redelijk geschikt voor middelgrote tot zeer grote OWB-systemen.

2.4.6 Gebied "Zuidplas", zie bijlage V, kaart 7

De dikte van het watervoerende pakket neemt af van noord naar zuid (van circa 40 m tot circa 25 m dik). De gemiddelde chlorideconcentratie in het eerste watervoerende pakket bedraagt circa 500 – 800 mg/l. Langs de Hollandse IJssel is de chlorideconcentratie lager, namelijk 150-300 mg/l, maar kan lokaal de stromingssnelheid groter zijn.

Behalve langs de Hollandse IJssel is het gebied vooral geschikt voor zoetwaterberging met een debiet van minimaal 15-20 m³/h. Dit betekent dat dit gebied vooral geschikt is voor middelgrote tot zeer grote systemen (waarbij water van elders wordt gebruikt om tot de benodigde hoeveelheid te komen). Langs de Hollandse IJssel is daar waar geen grote grondwaterstroming verwacht wordt de ondergrond lokaal geschikt voor kleine systemen (debiet circa 5 m³/h).

Conclusie: Het gebied Zuidplas is (met enkele lokale uitzonderingen) geschikt voor middelgrote tot zeer grote OWB-systemen.

2.4.7 Gebied "Voorne", zie bijlage V, kaart 8

Het centrale gedeelte van het gebied heeft een hoog gemiddelde chlorideconcentratie in het eerste watervoerende pakket (> 2.000 mg/l). De chlorideconcentratie neemt af naar de oost- en westkant naar circa 1.000 mg/l. De dikte van het eerste watervoerende pakket is beperkter, namelijk 15 – 20 m dik. De grondwaterstroming is nergens limiterend.

In het zeer zoute gebied bedraagt de minimale infiltratiehoeveelheid circa 20 – 40 m³/h. Ter plaatse van de west- en oostkant is het debiet beperkter < 10 m³/h.

Conclusie: Het gebied is vooral aan de west- en oostkant geschikt voor kleine tot zeer grote OWB-systemen. In het midden is het gebied alleen geschikt voor grote systemen. De meervoudige putfiltertoepassing zal hier het rendement verbeteren.

2.4.8 Gebied "regio Barendrecht", zie bijlage V, kaart 9

De chlorideconcentratie loopt af van het zuidwesten naar het noordoosten, van circa 400 tot minder dan 100 mg/l). De dikte van het eerste watervoerende pakket is beperkter dan in de overige gebieden, namelijk 5 – 15 m dik. Gezien de beperkte dikte van het watervoerende pakket is de verwachting dat het lastig is om het water te infiltreren in een pakket met een dikte kleiner dan 7 m (tenzij er met bredere putten, meerdere putconfiguraties of horizontale putten wordt gewerkt). De grondwaterstroming is langs de oude en nieuwe Maas hoog (> 30 m/jaar).

Het gebied is met uitzondering van de plekken met een hogere grondwaterstroming langs de oude en nieuwe Maas en de locaties waar de dikte van het watervoerende pakket te beperkt is goed geschikt voor kleine OWB-systemen. Vanwege de dikte van het watervoerende pakket zal bij grote opslagsystemen waarschijnlijk gebruik gemaakt moeten worden van meerdere putten (meerdere kleine systemen naast elkaar).

Conclusie: Het gebied is vooral goed geschikt voor kleine OWB-systemen. Op sommige locaties kan de dikte van watervoerende pakket te dun zijn voor de toepassing. In dunne pakketten kan de horizontale bron een interessante optie zijn.

3 Conclusie en aanbevelingen

3.1 Conclusie

Zoetwateropslag in de (brakke tot zoute) bodem is op basis van de beschikbare resultaten van uitgevoerde/ lopende pilots een kansrijke (deel)oplossing voor het tekort aan zoet water van de tuinders in Zuid-Holland in droge perioden.

Het te behalen rendement (deel zoet water dat na opslag weer teruggewonnen kan worden met voldoende kwaliteit) is afhankelijk van de volgende kenmerken:

- chlorideconcentratie watervoerende pakket;
- dikte en doorlatendheid watervoerende pakket;
- snelheid grondwaterstroming;
- hoeveelheid water dat beschikbaar is voor opslag;
- waterkwaliteiteisen van de teelten.

De analyse wijst uit dat sommige delen van de provincie Zuid-Holland geschikter zijn dan andere gebieden voor OWB (ondergrondse waterberging). Hoe dikker het pakket, hoe te zouter het grondwater en hoe groter de stroming in het watervoerende pakket, des te meer water opgeslagen dient te worden om voldoende rendement te kunnen leveren. Dit maakt dat zeker niet alle locaties geschikt zijn voor kleine OWB-systemen, in dat geval zullen bv. grote systemen (collectieve initiatieven) of slimme aanpassingen aan het systeem soms wel potentie bieden.

De grootte van een OWB-systeem (infiltratie/jaar) is in deze studie als volgt geclassificeerd:

- | | |
|---------------------------|---------------------------------|
| • klein systemen | < 18.000 m ³ |
| • gemiddeld systeem | 18.000 – 36.000 m ³ |
| • gemiddeld groot systeem | 36.000 – 90.000 m ³ |
| • groot systeem | 90.000 – 180.000 m ³ |
| • zeer groot systeem | > 180.000 m ³ |

De tabel op de volgende pagina geeft een samenvatting van de potentie voor OWB-systemen in de 8 concentratiegebieden (glas)tuinbouw binnen de Provincie Zuid-Holland. Opgemerkt wordt dat voor de boomteelt en bollenteelt minder stringente eisen gelden, waardoor de geschiktheid gunstiger kan uitpakken.

De verwachting is dat overal het rendement van het systeem verhoogd kan worden door het systeem aan te leggen middels een MPPW (multiple partially penetrating wells). Momenteel lopen enkele pilots om dit nader te onderzoeken. De kosten voor MPPW's zijn hoger dan een eenvoudig puttensysteem. Uit een eerste globale kostenberekening blijkt dat de toepassing in vergelijking met gebruik van leidingwater een terugverdientijd heeft van circa 10 jaar.

Gebied	Conclusie
Oostland	Grotendeels geschikt voor klein tot zeer grote systemen, hetgeen bevestigd wordt door de aanwezigheid van vele OWB-systemen
Westland	Geschikt voor grote tot zeer grote OWB-systemen. Middels toepassing van MPPW's is het ook geschikt voor kleinere systemen
Bollenstreek	Lokaal geschikt voor grote tot zeer grote OWB-systemen
Kaag en Braassem	Lokaal geschikt voor zeer grote OWB-systemen
Regio Boskoop	Grotendeels geschikt voor middel grote tot zeer grote OWB-opslagsystemen
Zuidplas	Grotendeels geschikt voor middel grote tot zeer grote OWB-opslagsystemen
Voorne	Geschikt voor grote tot zeer grote OWB-systemen. Middels toepassing van MPPW's is het ook geschikt voor kleinere systemen
Regio Barendrecht	Grotendeels geschikt voor kleine OWB-systemen. Het watervoerende pakket is te dun voor grote OWB-systemen. Toepassing van een horizontale put kan meerwaarde bieden.

Op de kaarten zijn aandachtsgebieden en belanghebbenden aangegeven. Hiervoor geven we enkele richtlijnen:

- grondwatergebruikers: het risico is dat het OWB-systeem een zodanige invloed op het lokale stromingspatroon heeft dat andere grondwatergebruikers hiervan negatieve beïnvloeding ondervinden. Het risico dat dit onoverkoombare problemen met zich meebrengt is klein. Mochten andere grondwatergebruikers in de directe omgeving (en in hetzelfde watervoerende pakket) aanwezig zijn dan zijn de systemen wellicht door onderlinge afspraken op elkaar af te stemmen;
- beleidsgebieden: ondergrondse waterbergingssystemen voor de tuinbouw worden naar verwachting in de drinkwaterbeschermingsgebieden niet toegestaan. Binnen een Ecologische Hoofdstructuur (EHS) of andere "groene" beschermde gebieden kan het systeem een (geringe) invloed op de ondiepe verticale stroming en/ of grondwaterstand hebben. Dit zal afgestemd moeten worden met het bevoegde gezag. De uitspraak zal mede afhangen van het type natuur dat er beoogd is en de randvoorwaarden hiervan;
- veengebieden: veen heeft een laag soortelijk gewicht, hierdoor treedt opbarsting van de bodem in deze gebieden eerder op. Of dit risico optreedt is sterk afhankelijk van de bodemparameters en de hoeveelheid te infiltreren water. De verwachting is dat de aanwezigheid van een dikke veenlaag geen belemmering hoeft te vormen maar wellicht voor het ontwerp enkele aanpassingen kan betekenen (grotere diameter of extra infiltratieputten);
- de bodemparameters zijn afkomstig uit REGIS II. Niet van alle locaties is duidelijk op welke diepte exact een goede afsluitende laag onder het watervoerende pakket aanwezig is. Daarom kan op deze locaties het berekende debiet een onderschatting zijn van het benodigde debiet. De aanbeveling is om op deze locaties de bodemopbouw op basis van lokale gegevens te verifiëren.

3.2 Aanbevelingen

De geschiktheidskaarten geven een indicatief inzicht in de opbouw van de ondergrond en geschiktheid voor het toepassen van ondergrondse waterberging. Een nadere verkenning van de haalbaarheid op lokaal of gebiedsniveau is de eerste vervolgstap op deze geschiktheidskaarten. Zie bijlage II voor het stappenplan.

Voor het infiltreren van gebiedsvreemd water in de ondergrond moet een vergunning worden aangevraagd bij het Waterschap. Het beleid rondom infiltratie van water is in ontwikkeling. Belangrijk is dat enerzijds gebiedsgericht maatwerk wordt geleverd, en anderzijds dat beleidseisen op elkaar worden afgestemd. Mogelijk kan de Stichting Waterbuffer hierbij een rol vervullen.

4 Literatuur

- Agrimaco, 2010. Alternatieven voor brijn in Zuid-Holland, kosten en milieueffecten.
- Bakker, M., 2010. Radial Dupuit interface flow to assess the aquifer storage and recovery potential of saltwater aquifers. *Hydrogeology Journal*, 18(1): 107-115.
- Bot, B., 2011. Grondwaterzakboekje.
- Busschers, F.S. et al., 2005. Sedimentary architecture and optical dating of Middle and Late Pleistocene Rhine-Meuse deposits – fluvial response to climate change, sea-level fluctuation and glaciation. *Netherlands Journal of Geosciences*, 84(1): 25-41.
- Oude Essink, G.H.P., van Baaren, E.S. and de Louw, P.G.B., 2010. Effects of climate change on coastal groundwater systems: A modeling study in the Netherlands. *Water Resour. Res.*, 46: W00F04.
- NVOE, 2006. NVOE richtlijnen Ondergrondse Energieopslag.
- Paalman, M., Appelman, W. and Raterman, B., 2011. Watervraag concentratiegebieden glastuinbouw in Zuid-Holland, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein.
- Paalman M. Appelman W, Stein-Koeman N., Raterman. B. Voogt W., 2013. Gietwatervoorziening glastuinbouw regio Haaglanden. kansrijke alternatieve gietwaterbronnen (Kennis voor Klimaat,
- Pyne, R.D.G., 2005. Aquifer Storage Recovery - A guide to Groundwater Recharge Through Wells. ASR Systems LLC, Gainesville, Florida, 608 pp.
- Roelofsen, F., 2008. Grondwatereffecten aan de oppervlakte (gebracht): Onderzoek naar effecten van stopzetting grondwateronttrekking DSM Delft - Hoofdrapport. 2008-U-R0960/A, Deltares.
- Stuyfzand, P.J., P. Nienhuis, A. Anthoniou & K. Zuurbier 2012. Haalbaarheid van ondergrondse berging via A(S/T)R in Hollands kustduinen. KWR-rapport KWR 2012.082, 107p.
- TNO, 2010. DINOloket.
- Ward, J.D., Simmons, C.T. and Dillon, P.J., 2007. A theoretical analysis of mixed convection in aquifer storage and recovery: How important are density effects? *Journal of Hydrology*, 343(3-4): 169-186.
- Ward, J.D., Simmons, C.T. and Dillon, P.J., 2008. Variable-density modelling of multiple-cycle aquifer storage and recovery (ASR): Importance of anisotropy and layered heterogeneity in brackish aquifers. *Journal of Hydrology*, 356(1-2): 93-105.
- Ward, J.D., Simmons, C.T., Dillon, P.J. and Pavelic, P., 2009. Integrated assessment of lateral flow, density effects and dispersion in aquifer storage and recovery. *Journal of Hydrology*, 370(1-4): 83-99.
- Zuurbier, K.G., Paalman, M. and Stuyfzand, P.J., 2011. Making innovative water technologies feasible in practice: use of Aquifer Storage and Recovery (ASR) in irrigation water supply and water reuse, International Water Week 2011, Amsterdam.
- Zuurbier, K.G. and Paalman M., 2012. Haalbaarheid ondergrondse waterberging Westland (KWR 2012.003)
- Zuurbier, K.G., Bakker, M., Zaadnoordijk, W.J. and Stuyfzand, P.J., 2013. Identification of potential sites for aquifer storage and recovery (ASR) in coastal areas using ASR performance estimation methods. *Hydrogeology journal*.

Bijlage I - Overzicht beleid en adviezen

Rijksbeleid

Op 22 december 2009 is de Waterwet in werking getreden. Een achttal wetten is samengevoegd tot één wet, de Waterwet. De Waterwet regelt het beheer van oppervlaktewater en grondwater, en verbetert ook de samenhang tussen waterbeleid en ruimtelijke ordening. Daarnaast levert de Waterwet een flinke bijdrage aan kabinetsdoelstellingen zoals vermindering van regels, vergunningstelsels en administratieve lasten.

Voor het onttrekken of infiltreren van grondwater is het waterschap de beheerder en vergunningverlener, behalve voor de volgende gevallen waarvoor de provincie bevoegd gezag is:

- onttrekkingen ten behoeve van de openbare drinkwatervoorziening;
- bodemenergiesysteem (koude- en warmteopslag);
- industriële onttrekkingen groter dan 150.000 m³/jaar.

Provinciaal beleid (Provincie Zuid-Holland)

In het waterplan van de provincie Zuid-Holland 2010-2015 wordt voor de glastuinbouw als (voor deze studie relevante) problemen aangegeven:

- een watertekort door schaarste aan zoete gietwaterbronnen;
- verontreiniging van grond- en oppervlaktewater door zouten (brijnlozingen), meststoffen en bestrijdingsmiddelen;
- Als streefbeeld 2040 voor een duurzame waterhuishouding voor de "Greenports" wordt aangegeven dat:
 - alleen gebruik gemaakt wordt van duurzame waterbronnen om in de waterbehoefte te voorzien. Daarbij zijn de glastuinbouw en boomteelt zelfvoorzienend door maximaal gebruik te maken van hemelwater als bron voor beregening en gietwater;
 - bij de opwerking van (ruw)waterbronnen tot beregenings- en gietwater geen afvalstromen ontstaan die niet duurzaam kunnen worden verwerkt (zoals sommige brijnsoorten);
 - er geen brijnlozingen meer plaatsvinden die niet voldoen aan het Lozingenbesluit Bodembescherming, Besluit Glastuinbouw en de Waterwet.

Beleid Waterschappen

Het **Hoogheemraadschap van Delfland** heeft een leidraad Regulering Grondwateronttrekkingen en Infiltraties vastgesteld (d.d. 18 januari 2010). Deze is een uitwerking van het beleid zoals verwoord in de 'Beleidsnota Grondwaterbeheer Delfland

2009-2012'. Hoofdpijnen op basis waarvan de afweging voor vergunningverlening plaatsvindt zijn:

- grondwateronttrekkingen en –infiltraties mogen geen negatieve effecten hebben op het grondwatersysteem, de grondgebruikfuncties of op andere systemen die mede afhankelijk zijn van de bodem en/of grondwater;
- er moet door de initiatiefnemer naar worden gestreefd om de onttrekkingshoeveelheid te beperken, door waar mogelijk waterbesparende maatregelen te nemen;
- als het onttrokken grondwater uit de strategische zoete voorraad komt, moet het zoete grondwater geretourneerd of aangevuld worden (compensatie eis);
- bij het afgeven van de vergunning zullen voorwaarden voor beëindiging of vermindering in de vergunning worden opgenomen;
- om verontreiniging van grondwater te voorkomen worden eisen gesteld aan het infiltratiewater;
- om milieubeschermingsgebieden voor grondwater te beschermen worden in deze gebieden geen vergunningen verleend voor permanente onttrekkingen.

Het **Hoogheemraadschap Schieland en de Krimpenerwaard** verwijst naar de Blauwdruk Waterstromen glastuinbouw (Glastuinbouw Waterproof):

- Infiltrateur alleen schoon water bij ondergrondse waterberging in een watervoerend pakket door het eerste afstromende hemelwater bovengronds op te slaan in bijvoorbeeld een dagvoorraad of af te voeren naar oppervlaktewater als condenswater volledig gescheiden wordt opgevangen. Voor infiltratie in een watervoerend pakket is een watervergunning vereist;
- In geen geval mag condenswater dat mogelijk verontreinigd is met gewasmiddelen geïnfiltreerd worden in de ondergrond.

Advies Technische Commissie Bodem (TCB)

In 2009 heeft de Technische Commissie Bodem advies gegeven over diepinfiltratie van afvloeiend regenwater zonder hergebruik. In dit advies hanteert de TCB als uitgangspunt dat belasting van het grondwater voorkomen moet worden. De TCB concludeert dat:

- diepinfiltratie van afvloeiend hemelwater een uiterste middel is, wanneer blijkt dat geen alternatieven voorhanden zijn;
- de afweging voor diepinfiltratie gebiedsgericht dient te worden gemaakt;
- alternatieve opties kunnen bestaan, zoals het benutten van lokale mogelijkheden voor het vergroten van natuurlijke infiltratie en het nemen van brongerichte maatregelen;
- diepinfiltratie bij voorkeur een ander doel zou moeten dienen.

Het advies van de TCB geeft op hoofdpijnen de richting aan, maar het is aan de regio om hier verdere invulling aan te geven. Voor toepassing van ondergrondse berging van hemelwater in het Westland is dan relevant de positie die door de bevoegde gezagen (provincie Zuid-Holland, Hoogheemraadschap Delfland) wordt ingenomen.

Conclusie

Op basis van het advies van de TCB en het beleid van de provincie Zuid-Holland en het Hoogheemraadschap van Delfland kan met betrekking tot ondergrondse infiltratie en onttrekking van hemelwater het volgende worden geconcludeerd:

- Het toepassen van ondergrondse infiltratie en onttrekking is onder inachtneming van bepaalde voorwaarden beleidsmatig mogelijk. In de praktijk blijkt dit ook het geval daar er in Nederland voor verschillende locaties vergunningen zijn afgegeven (bv. locaties in het glastuinbouwgebied van het Oostland, Agriport A7 etc.);
- Het TCB advies is terughoudend ten aanzien van infiltratie van hemelwater. Belangrijke overweging hierbij is de zorg dat verontreinigingen via het hemelwater in het diepere grondwater terecht kunnen komen. Ook het beleid van het Hoogheemraadschap van Delfland geeft aan dat er geen negatieve effecten mogen plaatsvinden;
- Voor de duurzaamheid van een infiltratiesysteem is het ook belangrijk dat het ingebrachte water zo schoon mogelijk is. Vooral zwevende stof deeltjes, waaraan zich ook het merendeel van de verontreinigingen hecht, dienen voordat injectie plaatsvindt verwijderd te worden. Dit is ook van belang om putverstopping te voorkomen;
- Op basis van de gebiedsgerichte berekeningen, welke uitgevoerd moeten worden bij de vergunningaanvraag, zal duidelijk worden of er negatieve effecten te verwachten zijn op de gebruiksfuncties en/of andere systemen. Het Hoogheemraadschap van Delfland heeft hiertoe een checklist opgesteld. In de praktijk blijkt dat er weinig negatieve effecten optreden bij de al vergunde locaties.

Daarnaast wordt opgemerkt dat:

- andere ondergrondse systemen, zoals WKO installaties, van negatieve invloed kunnen zijn op de effectiviteit van ondergrondse berging van water. Belangrijk is dat bij de visievorming over het gebruik van de ondergrond en toekenning van ondergrondse gebruiksfuncties een goede afstemming en/of prioritering plaatsvindt tussen de verschillende gebruiksopties;
- De toepassing van ondergrondse waterberging waarbij neerslagwater of water van elders wordt opgeslagen in de ondergrond een relatief nieuw concept is. Het beleid van de verschillende instanties ligt daarom nog niet vast en wijzigt wellicht mettertijd nog. Ook is het goed mogelijk dat afhankelijk van de herkomst van het infiltratiewater verschillende eisen voor vergunning gesteld worden of dat er verschillende vergunningsmogelijkheden zijn. Ook gaan de verschillende instanties verschillend met de vergunningseisen om; zo zijn de infiltratie-eisen bij Hoogheemraadschap Delfland anders dan bij het Hoogheemraadschap Rijnland.

Voor meer informatie, zie:

http://www.glastuinbouwwaterproof.nl/fileadmin/user_upload/waterproof/Goed_gietwater/doc/Overzicht_noodzakelijke_meldingen_en_vergunningen_bij_onttrekkingen_uit_infiltraties_in_grondwater.pdf

Bijlage II - De praktijk

Indien op een locatie vanuit de (glas)tuinbouw behoefte is aan de toepassing van ondergrondse waterberging en uit de kaart blijkt dat ondergrondse waterberging inderdaad potentie heeft, dan zijn vervolgstappen noodzakelijk om de toepassing nader te onderzoeken. Wij hebben hierbij een volgend stappenplan voor ogen.

Lokale analyse die antwoord geeft op de volgende vragen op basis van lokale gegevens:

- bodemopbouw: klopt de aangenomen bodemopbouw van de ondergrond? Zo nee, welk effect heeft dit op de geschiktheid van het watervoerende pakket;
 - grondwaterstroming: klopt de aangenomen horizontale grondwaterstroming? Zo nee, welk effect heeft dit op de geschiktheid van het watervoerende pakket. Heerst er (lokaal) een sterke kweldruk in het gebied? Zo ja, dit kan het rendement van het OWB-systeem negatief beïnvloeden;
 - chlorideconcentratie: klopt de aangenomen chlorideconcentratie van het watervoerende pakket? Zo nee, welk effect heeft dit op de geschiktheid van het watervoerende pakket;
 - waterkwaliteit vraag en aanbod: wat is de kwaliteit van het te infiltreren water en wat is de gewenste waterkwaliteit vanuit de gewassen (welke gewassen groeien er)?;
 - waterkwantiteit vraag en aanbod: wat is de vraag die je minimaal / maximaal met de OWB-installatie wilt kunnen leveren, en hoe verhoudt deze zich tot de mogelijkheden van het watervoerende pakket?;
 - indien clustering van bedrijven noodzakelijk is om de gevraagde infiltratiehoeveelheid te bereiken, welke clustering is dan mogelijk en wat zijn de afstanden tussen de gebruikers (leidingen)?;
 - indien andere waterbronnen dan regenwater gebruikt worden, welke waterbronnen zijn dan beschikbaar, en op welke afstand liggen deze bronnen (leidingen)?;
 - wat is het risico voor anderen? Aanbevolen wordt een recent overzicht van de belanghebbenden in de omgeving op te vragen (denk hierbij aan, beschermde gebieden, grondwatergebruikers, type bodem (veenlagen));
 - Kan het terugwinrendement via omgekeerde osmose worden verhoogd? Wanneer het teruggewonnen hemelwater net niet meer voldoet aan de kwaliteitseisen, dan is via RO een efficiencyverhoging mogelijk, waarbij wel een brijnstroom ontstaat. Deze is echter kleiner/minder geconcentreerd dan bij het (huidige) gebruik van brakwater. Aanbevolen wordt nader onderzoek naar effecten op vervuiling van membranen en de brijnstroom.
- Is de locatie nog steeds geschikt?;
- Welke vergunningen zijn noodzakelijk en moeten hiervoor nog aparte zaken uitgezocht/ overlegd moeten? Dit geldt vooral voor het infiltratiebesluit als andere waterbronnen dan neerslagwater ingezet worden voor infiltratie. Daarnaast wordt opgemerkt dat het beleid rondom infiltratie voor OWB-systemen nog in ontwikkeling is en niet door alle instanties op dezelfde wijze hoeft te worden geïnterpreteerd;
- Hoe ziet de globale kostenraming eruit op basis van de gegevens?;
- Wat is de go/ no go beslissing? Het kan ook zo zijn dat bepaalde gegevens niet voldoen of onvolledig zijn, en dat eerst aanvullend onderzoek plaats dient te vinden.

pagina 2 - bijlage 2

Deze analyse kan vanuit (glas)tuinbouwers zelf geïnitieerd worden, daarnaast is het ook mogelijk dat een overkoepelende tuinbouworganisatie een analyse initieert. Het laatste heeft meerwaarde in gebieden die alleen geschikt zijn voor middelgrote tot zeer grote OWB-systemen.

Voor meer informatie:

- Provincie Zuid-Holland;
- Hoogheemraadschap Rijnland;
- Hoogheemraadschap Delfland;
- Hoogheemraadschap Schieland en de Krimpenerwaard.

Contactgegevens waterschappen :

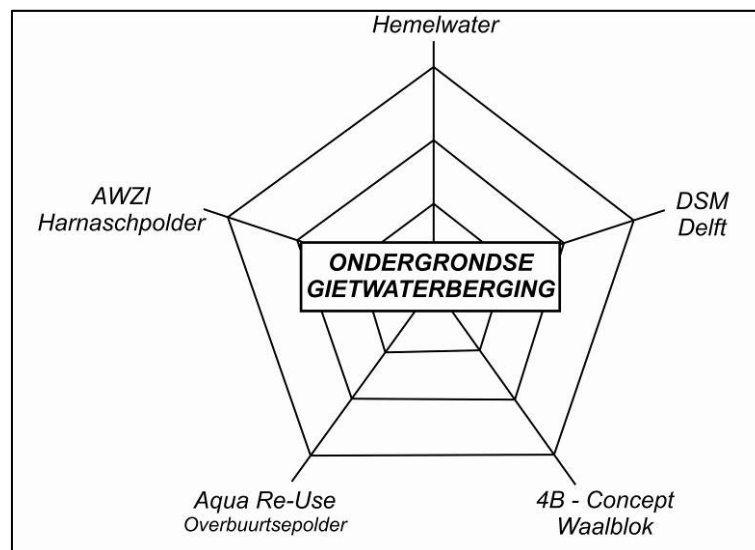
http://www.glastuinbouwwaterproof.nl/fileadmin/user_upload/waterproof/Goed_gietwater/doc/Overzicht_contactgegevens_waterschappen_voor_onttrekkingen_uit_infiltraties_in_grond_water.pdf

Bijlage III - Overzicht en stand van zaken

1.1 Is ondergrondse waterberging nieuw?

Het principe van waterberging in de ondergrond is niet nieuw en wordt op verschillende plekken in ons land al toegepast. Voor een overzicht in de drinkwatersector zie Stuyfzand et al. (2012). Enkele voorbeelden in de tuinbouw zijn:

- regio Oostland, Agriport A7 in Wieringermeer;
- vele actuele initiatieven voor alternatieve gietwatervoorziening in de glastuinbouw in de Greenport Oostland-Westland (Aqua ReUse, Delft Blue Water) tonen telkens de wens van ondergrondse berging om zo pieken in de gietwatervraag aan te kunnen zonder ruimtegebruik bovengronds (figuur 1).



Figuur 1: Opties voor gietwatervoorziening in Greenport Oostland-Westland. In alle opties is de ondergrond belangrijk of als opslagmedium voor gietwater in beeld.

Ook in het buitenland wordt deze techniek op grote schaal toegepast (opslag drink- en gietwater), men spreekt dan vaak van Aquifer Storage and Recovery (ASR). Een nieuwe ontwikkeling is om gietwater op te slaan in brakke tot zoute aquifers. Hiervoor zijn de afgelopen twee jaar enkele pilots gestart, die in paragraaf 5.4 worden toegelicht.

1.2 Potentie OWB voor (glas)tuinbouw

De ervaring van de glastuinbouw in Nederland met ondergrondse waterberging (OWB) wordt als volgt samengevat:

- OWB wordt in de glastuinbouw in bepaalde gebieden succesvol en zonder veel problemen toegepast. In het Oostland worden al jaren goedwerkende OWB systemen gebruikt voor teeltareaal. Hierbij wordt opgemerkt dat de ondergrond

pagina 2 - bijlage 3

- voor deze techniek lokaal goed geschikt is en een standaardinstallatie (putsysteem) goed functioneert;
- in gebieden waar sprake is van grondwaterstroming en/of zout grondwater (bv. Westland) zijn de terugwinrendementen (veel) lager. Met het terugwinrendement (hierna genoemd rendement) wordt bedoeld het percentage water dat na injectie succesvol teruggewonnen kan worden. Momenteel wordt onderzoek uitgevoerd naar mogelijkheden om het rendement ook in de "op het oog" minder geschikte locaties te verhogen. Hierbij kan gedacht worden aan:
 - de ontwikkeling en toepassing van slimme ondergrondse bergingsystemen;
 - het beschikbaar maken van extra infiltratiewater (bv. door clustering bedrijven/ water vanuit sloten/ RWZI's) om de benodigde infiltratiehoeveelheden te kunnen leveren;
 - het afvangen van opgekegeld brakwater, evt. in combinatie met omgekeerde osmose.

De financiële haalbaarheid van een OWB-systeem is sterk afhankelijk van de lokale situatie. In eerdere studies zijn wel globale kosten in kaart gebracht (KWR, 2012); deze zijn als volgt:

- de kostprijs per m³ terug te winnen zoet water bedraagt voor een standaard OWB installatie bij seizoenale opslag (aanvullend op bestaande opslag) tussen ca. 0.30 en 0.77 euro/m³. De kostprijs voor een "slim" OWB-systeem (Multiput) ligt hoger en bevindt zich tussen ca. 0.55 en 1.53 euro/m³. Uitgaande van de huidige benchmark van 0.60 euro/m³ (Agrimaco 2010) is een standaard OWB gunstig en ligt de prijs van een geavanceerd systeem dus meestal hoger (bij seizoenale opslag, niet bij continue opslag);
- als vrijwel al het opgevangen water wordt opgeslagen in de ondergrond (vervanging hemelwaterbassin), dan daalt de prijs per kuub tot tussen 0.17 en maximaal 0.63 euro/m³. Daarmee is zowel conventionele als slimme ondergrondse waterberging meer dan concurrerend ten opzichte van andere waterbronnen.
- stroomkosten zijn zeker bij continue OWB systemen van grote invloed op de kostprijs. Goedkopere stroomvoorziening zoals WKK is daarom sterk sturend voor de kostprijs;
- ter indicatie: de investeringskosten voor het installeren van een OWB systeem zijn in de orde van 55 k€ voor een 1 putsysteem (10 ha) tot ca. 150 k€ voor een 2 puttensysteem (40ha). Wanneer horizontale putboring (HDWW) wordt toegepast liggen de kosten ca. een factor 2 hoger (ca. 200 k€ - 300 k€);
- het concept van HDWW kan interessant zijn om toe te passen op een groter schaalniveau (> 100 ha), waarbij investeringen en te verpompen kuubs zich beter tot elkaar verhouden.

1.3 OWB in de praktijk: ervaringen in het Oostland, omgeving Bleiswijk

De regio waar OWB in de praktijk al veelvuldig op kleine schaal is toegepast, is de omgeving Bleiswijk. In 1983 is het eerste systeem gerealiseerd met een 'volkomen put', waarbij het lange filter vrijwel het gehele pakket doorsneed. Al snel werd de EC van het teruggewonnen water hier te hoog. Na onderzoek werd vastgesteld dat brakwater aan de onderzijde het putfilter binnenkwam. Vervolgens is geprobeerd om met een zogenaamde 'flap' (Engels: packer) in de put de onderzijde tijdens terugwinning af te sluiten. In de jaren '90 is het ontwerp verder verbeterd door middel van voorzuivering (snelle- en langzame zandfiltratie) en automatisering. Tevens werd overgeschakeld op een zogenaamde 'viervoudige bron' om zo makkelijker dan met de flap het zoete water bovenin het pakket terug te winnen zodra het teruggewonnen water te zout werd. De diepere putfilters werden dan één-voor-één afgesloten. In een latere fase werd het mogelijk gemaakt om tijdens het ondiep terugwinnen

pagina 3 - bijlage 3

van zoet water een klein deel van het zoete winwater opnieuw op grotere diepte te infiltreren ('retour'). Aangenomen wordt voornamelijk dat hierdoor het moment van verzilting bij de ondiepe putfilters verder kan worden uitgesteld, maar dit wordt momenteel nog nader onderzocht.

Tot 2012 zijn er naar schatting 100 relatief kleine systemen (soms dicht op elkaar) gerealiseerd in de regio, waarvan een deel ook weer is verdwenen daar waar glastuinbouw plaats heeft gemaakt voor woningbouw. De meest recente opzet is volledig geautomatiseerd. Hemelwater wordt hierbij opgevangen in een tank met een dusdanige omvang dat 20 mm (of 200 m³/hectare) kan worden opgevangen. Dit blijkt in de praktijk voldoende om vrijwel altijd te voorkomen dat de tank overloopt en water verloren gaat. De infiltratie van zoet water start zodra de tank een vooraf ingestelde vullingsgraad overstijgt. Vervolgens vindt injectie met ca. 12 m³/h plaats tot een tweede vooraf ingestelde minimumwaarde in de opslagtank wordt bereikt. De dagvoorraad voor watergift wordt automatisch bijgevuld zodra deze een (wederom) opgelegd minimumniveau bereikt door onttrekking uit de bron. Deze opstelling is ook bij de proef in Nootdorp geïnstalleerd. De bedrijfsvoering week hier echter sterk af door zoet water vooral onderin te injecteren, en alleen bovenin te winnen. Dit bleek een zeer positieve invloed op het terugwinrendement te hebben.

In 2011/2012 zijn van een negental systemen die een goede registratie van verpompte volumes kenden de prestatie geanalyseerd. Hieruit bleek het terugwinrendement tussen 45 % en 83% te liggen (Zuurbier et al., 2013), een range die ook via de inschattingmethode voor OWB zoals gebruikt in deze studie werd voorspeld. Onbekend is echter of dit echt het maximale terugwinrendement is: in vrijwel alle gevallen werd terugwinning gestopt omdat er geen watervraag meer was, niet omdat het winwater te zout werd.

1.4 Pilotprojecten

1.4.1 Project Nootdorp

Aanleiding

In de regio Haaglanden is veel (glas)tuinbouw aanwezig met een grote watervraag en vaak strenge kwaliteitseisen aan het gietwater. Het water wordt verkregen vanuit bassins waarin regenwater wordt opgevangen, de sloot, ontzilt grondwater of (in droge perioden) ingekocht leidingwater. Vooral in droge perioden is het wenselijk om op een duurzame wijze gietwater beschikbaar te hebben.

De ondergrond in Nootdorp is ten opzichte van het Oostland minder geschikt voor ondergrondse waterberging omdat het watervoerende pakket zouter grondwater bevat, namelijk rond 1.000 mg/l in Nootdorp, waardoor het terugwinrendement van ondergrondse waterberging beduidend minder is. Het zoete water stijgt sterker op in het watervoerende pakket en al vroeg tijdens terugwinning treedt zoutwater de onderzijde van de put binnen.

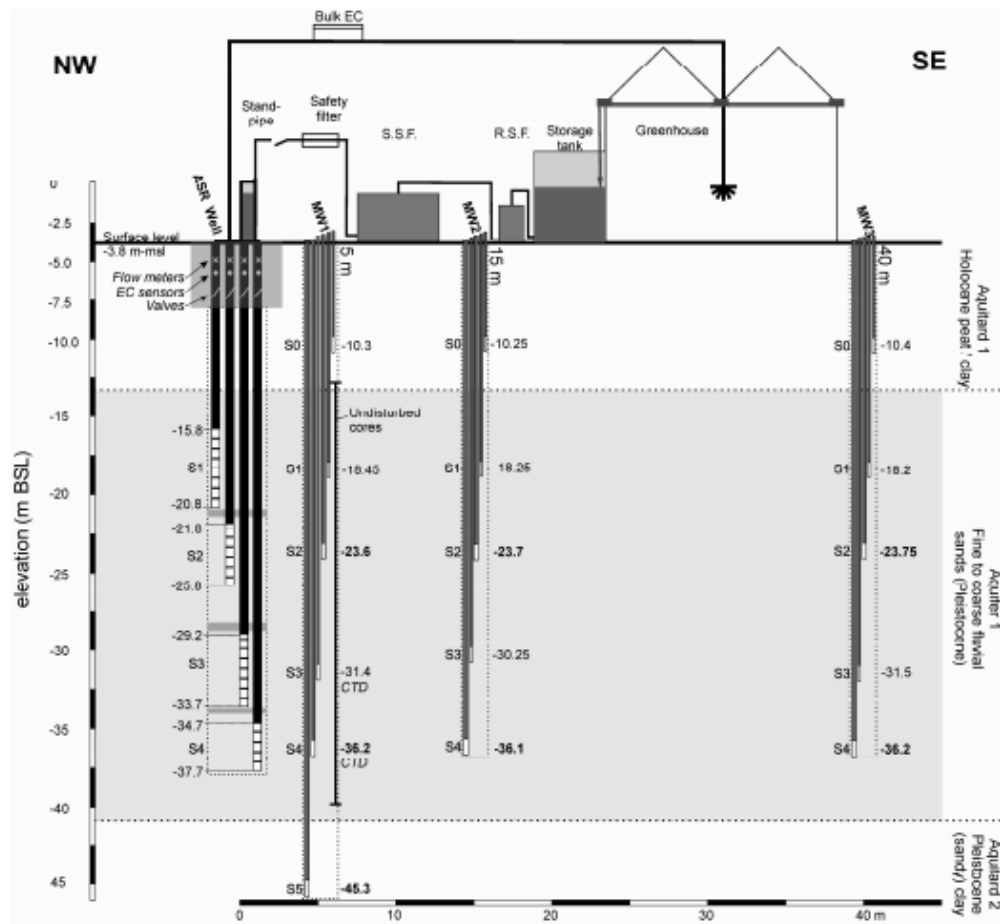
Deze kleinschalige proef bij Van der Goes orchideeën is opgestart om te onderzoeken of met een slimmere putconfiguratie (namelijk meerdere putten die op verschillende diepten water injecteren en onttrekken) het rendement verhoogd kan worden, opdat er voldoende gietwater gewonnen kan worden.

Proefopzet "MPPWs (multiple partially penetrating wells)"

Figuur 2 geeft de proefopzet weer. Het onttrekken en infiltreren van grondwater gebeurt via de 4 putfilters geplaatst in 1 boorgat die allen een aparte diepte beslaan. Op enige afstand

van de MPPW zijn monitoringsputten geplaatst om de verbreiding van de zoetwaterlens te kunnen monitoren.

Infiltratie vindt voornamelijk middels de diepere putten plaats (het zoete water drijft namelijk op) en de onttrekking via de ondiepere putfilters. Bijsturing hiervan vindt plaats op basis van de monitoring. Van januari 2012 tot en met september 2013 heeft uitvoerige monitoring plaatsgevonden. Sindsdien blijft het systeem operationeel maar wordt minder uitvoerig gemonitord.



Figuur 2: Proefopzet MPPW in Noordorp (ASR well = onttrekkings- en infiltratieputten, MW = monitoringsput).

Resultaat

Na 9 maanden konden de eerste conclusies getrokken worden:

- gedurende het eerste jaar is een terugwinrendement bereikt van 40 % voor water met een goede waterkwaliteit (praktisch ongemengd), een verhoging van het rendement van globaal 30 % t.o.v. een eenvoudig OWB-systeem. Uit aanvullende SEAWATberekeningen blijkt namelijk dat:
 - bij een eenvoudig OWB-systeem (put over de gehele lengte van het watervoerende pakket) een rendement van circa 15 % bereikt zou zijn;

pagina 5 - bijlage 3

- o bij een eenvoudig OWB-systeem (put over gedeelte van het watervoerende pakket) een rendement van circa 30 % bereikt zou zijn;
- o het rendement van een "slim" OWB-systeem na enige jaren hoger zal liggen, rond 60 %.

Randvoorwaarden voor succes

De MPPW-techniek zal doorgaans een beter rendement van ondergrondse waterberging opleveren dan de gangbare techniek. Het kan daarom reeds goed functionerende systemen verbeteren of niet rendabele systemen beter rendabel maken. Of de techniek voldoende succes biedt is echter wel afhankelijk van enkele factoren:

- het systeem is monitoringgestuurd. Dit vereist enige mate van monitoring, kennis en doorlopende inzet om het systeem te beheren en optimaliseren;
- het systeem verbetert gangbare OWB-systemen. Of de verbetering voldoende is om de aanvullende kosten terug te verdienen dient afgewogen te worden op basis van een lokale geschiktheidsanalyse en modelberekeningen (globale richtlijnen zijn op basis van deze proef niet voorhanden, omdat niet onderzocht is hoe het functioneren van het systeem van de verschillende bodemkenmerken afhankelijk is);
- Terugwinning van jaarlijks 100% van het geïnjecteerde water zal niet worden bereikt, er blijft een verliespost van zoetwater door menging met zout grondwater (vooral onderin pakket) en door afstromen van zoetwater. Door ondergrondse waterberging worden dan ook vooral bedrijven met een kleine of gemiddelde watervraag zelfvoorzienend. Om ook bedrijven met een grote watervraag te voorzien dient extra injectiewater voorhanden te zijn, of aanvullende ontzilting van lokaal brakwater.

1.4.2 Project Westland, locatie Groeneweg**Aanleiding**

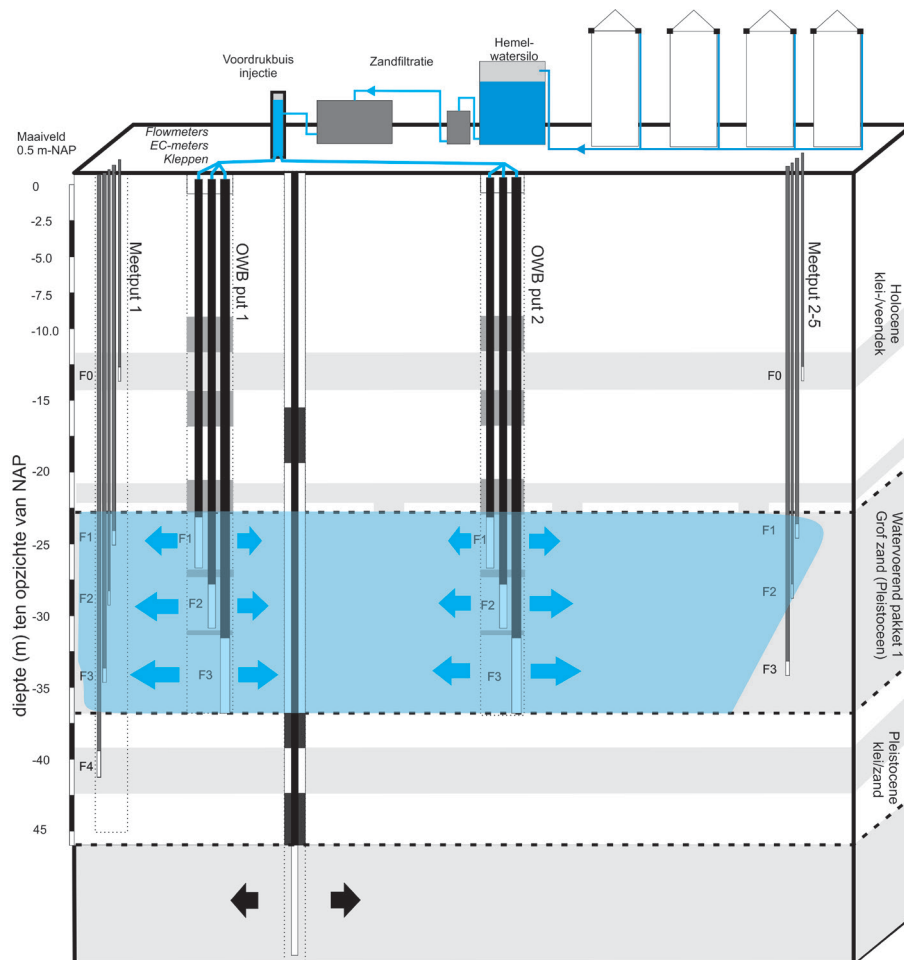
De resultaten van de kleinschalige proef in Nootdorp waren goed. Wel waren er nog voldoende vragen met betrekking tot het gebruik van deze toepassing, zoals: kan ook in een zouter milieu een hoger terugwinrendement bij ASR worden behaald, om zo ook in het Westland een grotere mate van zelfvoorzienendheid te bereiken?

Om deze reden is binnen Kennis voor Klimaat een grootschaligere proef opgestart in 2012. De chlorideconcentratie van het grondwater bedraagt op de locatie Groeneweg circa 4.000 mg/l.

Proefopzet "MPPWs (multiple partially penetrating wells)"

Deze proef bevat de volgende uitbreidingen t.o.v. de proef in Nootdorp:

- opschaling van het systeem voor ondergrondse waterberging door koppeling van 4 glastuinbouwbedrijven (totaal: 27 hectare)). Het regenwater wordt opgevangen en geïnfilterd (orde grootte 55.000 m³ per jaar), een verdubbeling van de hoeveelheid die in de bassins geborgen kan worden;
- optimale terugwinning van het geïnjecteerde zoet water via twee bronlocaties met ieder 3 separate putfilters;
- inzet van ontzilting door omgekeerde osmose. Zo kan ook het water dat door vermenging niet direct inzetbaar is als gietwater worden teruggewonnen en benut;
- monitoring in het veld, gevolgd door zoet-zoutmodellering.



Figuur 3: Proefopzet MPPWs op locatie Groeneweg (zijaanzicht).

Resultaat

De resultaten worden op dit moment verwerkt en aangeboden richting financiers. Uit de resultaten blijkt dat de regionale omstandigheden overeenkomen met de verwachting in het vooronderzoek (KWR2012.003), wat een terugwinning op termijn van 65% van het zoete water zou betekenen. Een lokale factor (lek in onderliggende kleilaag ter plaatse van voormalige WKO-bron) en een kort infiltratiesezoen hebben er echter voor gezorgd dat dit rendement nog niet is behaald. In 2013 is gepoogd het lek te dichten en is reeds in september gestart met infiltreren, om zo een grotere bel op te bouwen. Daarnaast lijkt het met wat aanpassingen mogelijk het zoete water dat (net) niet geschikt is voor terugwinning terug te winnen en te ontzilten via omgekeerde osmose (RO). Het gaat er hier om dat het terugwinnen van ook dit water uit de mengzone van zoet en zout water, zal leiden tot een afname in brijnproducties en/of de concentraties in de brijnstroom.

Randvoorwaarden voor succes

Gelijk aan de proef in Nootdorp. Bij gebruik van de omgekeerde osmose bij terugwinning van het geïnjecteerde water dient aanvullende voorfiltratie te geschieden bijvoorbeeld via ultrafiltratie (UF).

1.4.3 Project Zuid-Beveland (Freshmaker), locatie Overzande

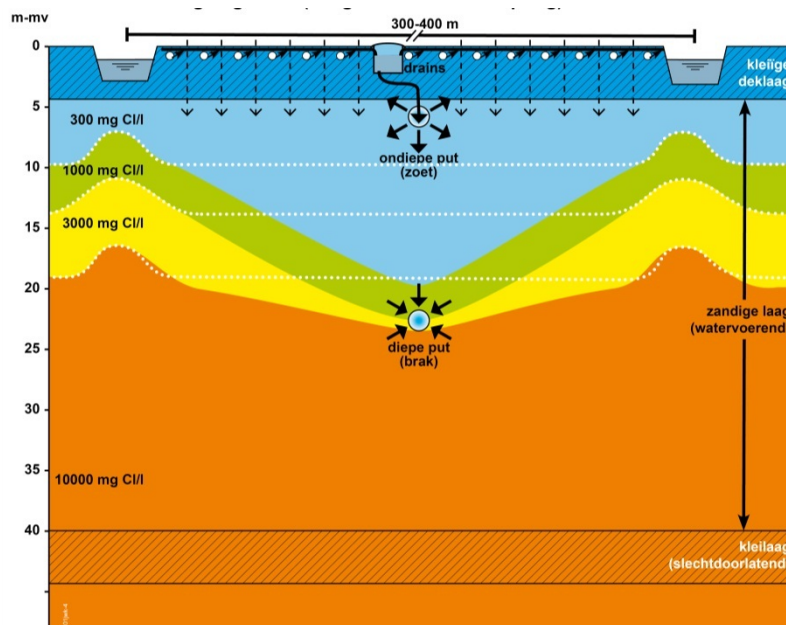
Aanleiding

In Zeeland zijn op sommige locaties oude kreekruigen in het landschap zichtbaar. Dit zijn verhogingen in het landschap. In deze gebieden ontstaat door het neerslagoverschot opbolling van het grondwater. Door het dichtheidsverschil, zoet op zout grondwater, wordt het zoute grondwater lokaal naar een grote diepte weggedrukt. Boven het zoute water vormt zich dus van nature een zoetwaterlens. Uit een dergelijke zoetwaterlens kan water worden gewonnen met een ondiepe put. Om deze zoetwaterlensen te behouden kan slechts een beperkte hoeveelheid water gewonnen worden. Daarnaast is op de meeste plaatsen een dergelijke zoetwaterlens afwezig, of simpelweg te dun (< 15 m) om nu en in de toekomst duurzaam voldoende zoet water te leveren.

Het Freshmakerconcept is uitgewerkt met het doel de zoetwaterlens te creëren op plaatsen waar deze niet (van nature) aanwezig is, of indien de dikte ervan te gering is deze te vergroten.

Proefopzet "Freshmaker"

De Freshmaker technologie beoogt een groter deel van het zoete neerslagoverschot (zo'n 250 mm/jaar, temporeel geconcentreerd in herfst, winter en voorjaar) vast te houden in de ondergrond voor supplementaire irrigatie in de tuinbouw. Hiervoor is, afhankelijk van teelt en locatie, zo'n 200 mm/jaar vereist. Door ondergrondse opslag wordt het neerslagoverschot hiervoor inzetbaar, en niet meer (zoals nu) uitgeslagen door gemalen. Daarnaast zorgt de ondergrondse opslag voor behoud (of zelfs verbetering) van de waterkwaliteit, ook in warme perioden.



Figuur 4: De Freshmaker injecteert en wint zoet water met een ondiepe, lange horizontale put en vangt zoutwater af met een diepere horizontale put.

Anders dan eerdere (verticale) OWB-systemen, maakt de Freshmaker gebruik van horizontale putten, waarbij de diepste wordt gebruikt als interceptieput. Hiermee wordt zoutwater, dat de neiging heeft zoet water te verdrücken afgevangen. Het opgeslagen zoet water wordt hiermee beschermd, ook in tijden dat er geen injectie plaatsvindt. Met de ondiepe put wordt zoet water ondiep geïnjecteerd in een reeds aanwezige zoetwaterlens.

Horizontale putten maken het verschil voor de "Freshmaker"-toepassing

Horizontal directional drilled wells (HDDWs, oftewel horizontale putten) zijn het resultaat van een relatief jonge techniek. Hierbij wordt vanuit een intredeput een lang horizontaal transect geboord, waarbij boorspoeling wordt gebruikt om sediment af te voeren en het boorgat open te houden. Hierdoor is het mogelijk kabels en leidingen aan te leggen, zonder dat graafwerkzaamheden nodig zijn. Sinds enkele jaren is deze techniek zover dat ook putfilters met deze techniek op hun plaats kunnen worden gebracht. Zo is het voor het eerst mogelijk om zonder verstoring van het maaiveld en dieper dan 5,5 m een lang horizontaal putfilter te plaatsen.

Resultaat

De proef is recent gestart (zomer 2013). De nu beschikbare resultaten zijn daarom gebaseerd op de eerste korte meetreeksen. De Freshmakerproef heeft aangetoond dat:

- met de Freshmaker zoetwateroverschotten in de grond relatief snel kunnen worden ingebracht. De eerste meetresultaten onderbouwen de verwachte potentie van de methode;
- deze overschotten beschermd kunnen worden door diepe afvang van onderliggend zoutwater;
- het water bij terugwinning geschikt lijkt voor irrigatie, maar vervolgonderzoek noodzakelijk is aangaande mobilisatie van metalen in de ondergrond tijdens (langere) opslag;
- een concurrerende kostprijs per m³ goed haalbaar is, mits de monitoringseis vanuit bevoegd gezag rond deze kleinschalige systemen beperkt blijft. De verwachting is dat het huidige systeem met een opslag capaciteit van 8.000 m³ voor ca. 25 k€ kan worden aangelegd. De levensduur van dergelijke systemen voor ondergrondse berging wordt op basis van gebruik in de glastuinbouw geschat op 20 jaar. Rekening houdend met afschrijving, rentekosten (2%) en onderhoud zou de kostprijs uitkomen op ongeveer 0,34 € per m³. In vergelijking met een landbouwwaterleiding (LWL, ca. 0.7 €/m³) wordt (bij gelijk watergebruik) door de Freshmaker jaarlijks 2,850 € bespaard. Hiermee kan de investering in 9 jaar worden terugverdiend.

Het onderzoek is echter nog pril, vervolgonderzoek is noodzakelijk op het gebied van monitoring, fine-tuning van het ontwerp en risico's als putverstopping en waterkwaliteit.

Randvoorwaarden voor succes

Het principe van natuurlijke vorming van zoetwaterlenzen in zoute aquifers is afhankelijk van twee kenmerken:

- opbolling van het grondwater t.o.v. omliggend slootpeil. Hoe meer de grondwaterstand kan opbollen (hoog maaiveld t.o.v. peilniveau) hoe dikker de zoetwaterlens van nature wordt;

pagina 9 - bijlage 3

- chlorideconcentratie grondwater. Hoe groter het verschil met het te infiltreren water (dus hoe zouter het grondwater) hoe dikker de zoetwaterlens van nature wordt.

De techniek focust vooralsnog op locaties waar:

- een dunne zoetwaterbel aanwezig is (<15 m), maar niet winbaar is doordat onderliggende zoutwater de winput snel bereikt;
- een deklaag dun of afwezig is, waardoor verticale bronnen geen optie zijn in verband met effecten aan maaiveld. Daarnaast is het met de HDDW techniek niet mogelijk om tot zeer grote diepte te boren (max. ~25 m);
- het watervoerende pakket relatief dun is, waardoor er met verticale putten te weinig filterlengte gecreëerd kan worden om voldoende putcapaciteit te behalen. Een diepe interceptie put is dan geen vereiste.

Bijlage IV – Analysemethode

In deze bijlage worden de brondata, methode en randvoorwaarden voor de geschiktheidsanalyse toegelicht. Hiervoor is o.a. gebruik gemaakt van de studie binnen Kennis voor Klimaat (Zuurbier et al, 2013), (Zuurbier et al, 2011) en (KWR, 2012).

Of een gebied geschikt is voor zoetwaterberging hangt af van verschillende factoren:

- bodemgeschiktheid (watervoerende pakket heeft de beoogde doorlatendheid en dikte, en beperkte grondwaterstroming);
- zoutconcentratie grondwater (hoe zouter het grondwater hoe meer water opgeslagen moet worden voor voldoende terugwinrendement);
- aanwezigheid van andere belangen in de directe omgeving die het rendement verstoren (denk aan andere onttrekkingen);
- capaciteitsvraag en opslagcapaciteit zijn op elkaar af te stemmen;
- er treden geen lokale nadelige effecten op (denk bv. aan opbarsting van veenlagen bij ondiepe infiltratie).

Binnen een gebied kunnen deze factoren sterk verschillen, waardoor de geschiktheid wellicht voor de ene gebruiker wel rendabel is en voor een andere gebruiker niet.

1.1 Geschiktheid ondergrond

Brondata: REGIS II.I

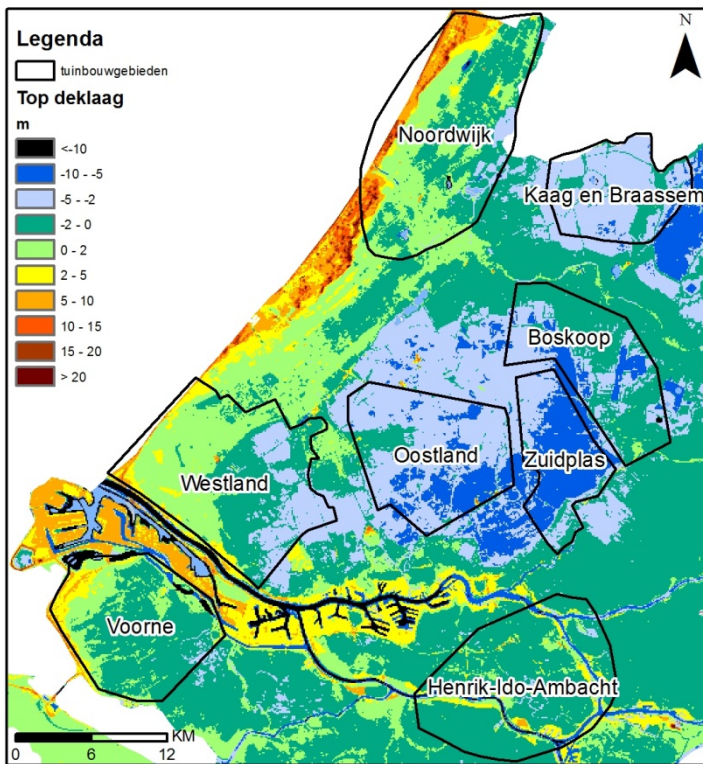
1.1.1 Bodemopbouw

Maaiveld

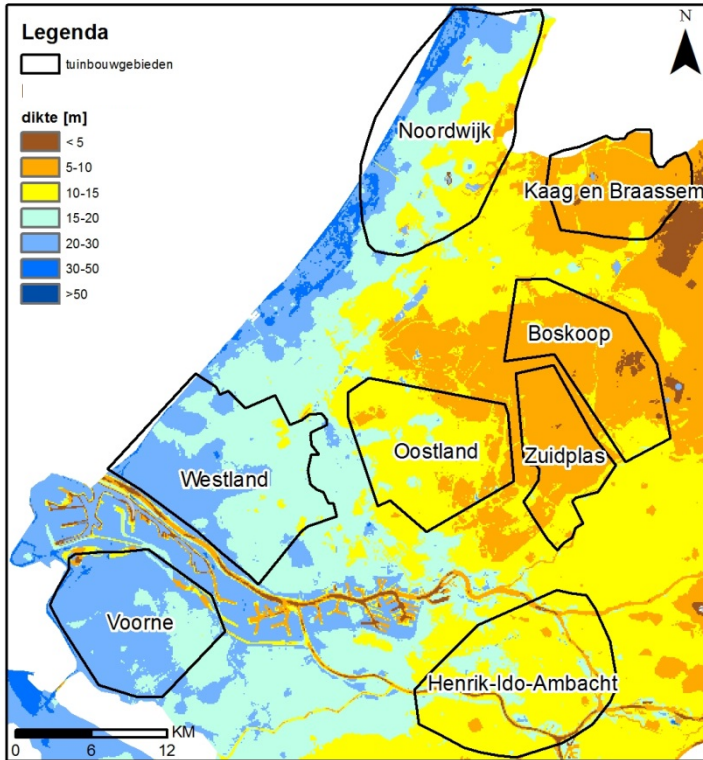
De maaiveldhoogte in het grootste gedeelte van Zuid-Holland bevindt zich rond 0 m+NAP +/- 2 m (figuur 1). In de duinen loopt het maaiveld op tot lokaal 40 m +NAP. In de twee poldergebieden (ten noorden van Alphen aan de Rijn en tussen Gouda, Zoetermeer en Capelle aan de IJssel) is het maaiveld lager, tot circa -4 tot -5 m+NAP (en lokaal tot -9 m+NAP).

Deklaag

Gelegen aan de westelijke rand van de Nederlandse Delta, kent het Westland met name de laatste 10.000 jaar (Holocene) een sterke invloed van de nabijgelegen kust. Onder het maaiveld, bevindt zich een pakket van zowel wadafzettingen (zand, silt, klei) als lagunaire afzettingen (silt, klei, veen) uit deze periode, die doorgaans matig tot slecht-doorlatend zijn. Ruimtelijk is behoorlijk veel variatie aanwezig in deze deklaag; zo varieert de dikte van 4 tot 20 m en lijkt de deklaag in de kustzone aanzienlijk zandiger en dus beter doorlatend.



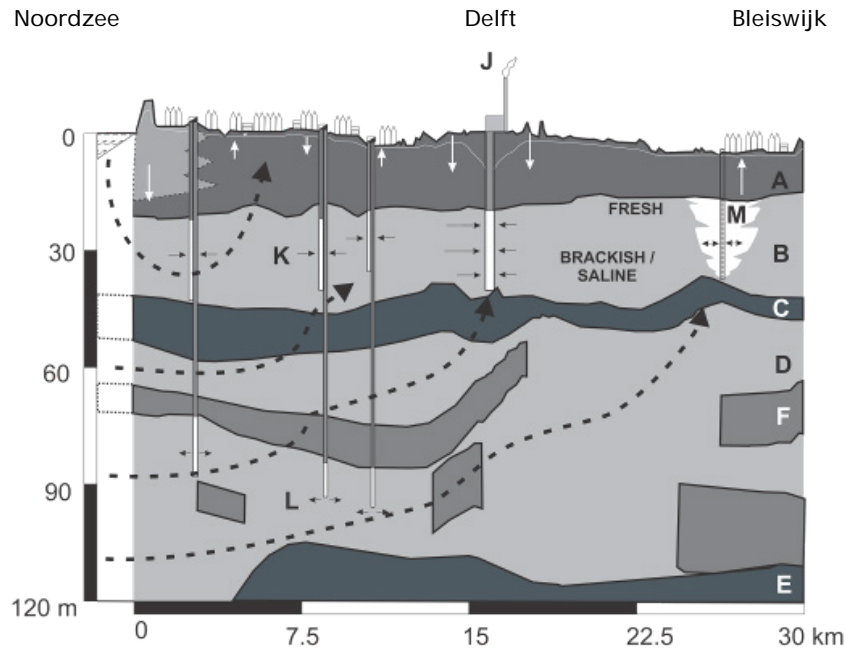
Figuur 1: Top van deklaag volgens REGIS



Figuur 2: Dikte van de holocene laag volgens REGIS

Eerste watervoerende pakket

Onder de slecht-doorlatende deklaag bevinden zich de Pleistocene goed-doorlatende zandpakketten (aquifers of watervoerende pakketten). Het eerste watervoerende pakket varieert qua dikte. In het zuidoosten van de Provincie is de dikte beperkt (5-10 m). De dikte neemt toe richting het noorden waar de dikte circa 50-60 m bedraagt. Dit bovenste watervoerende pakket bestaat uit grindhoudende rivierafzettingen van de Formatie van Kreftenheye en de meer zandige Formatie van Urk (noordelijke helft Westland). De Kreftenheyeformatie is over het algemeen behoorlijk grof van aard en is goed doorlatend (Busschers et al., 2005). De gemiddelde doorlatendheid wordt op circa 25-35 m/d geschat.



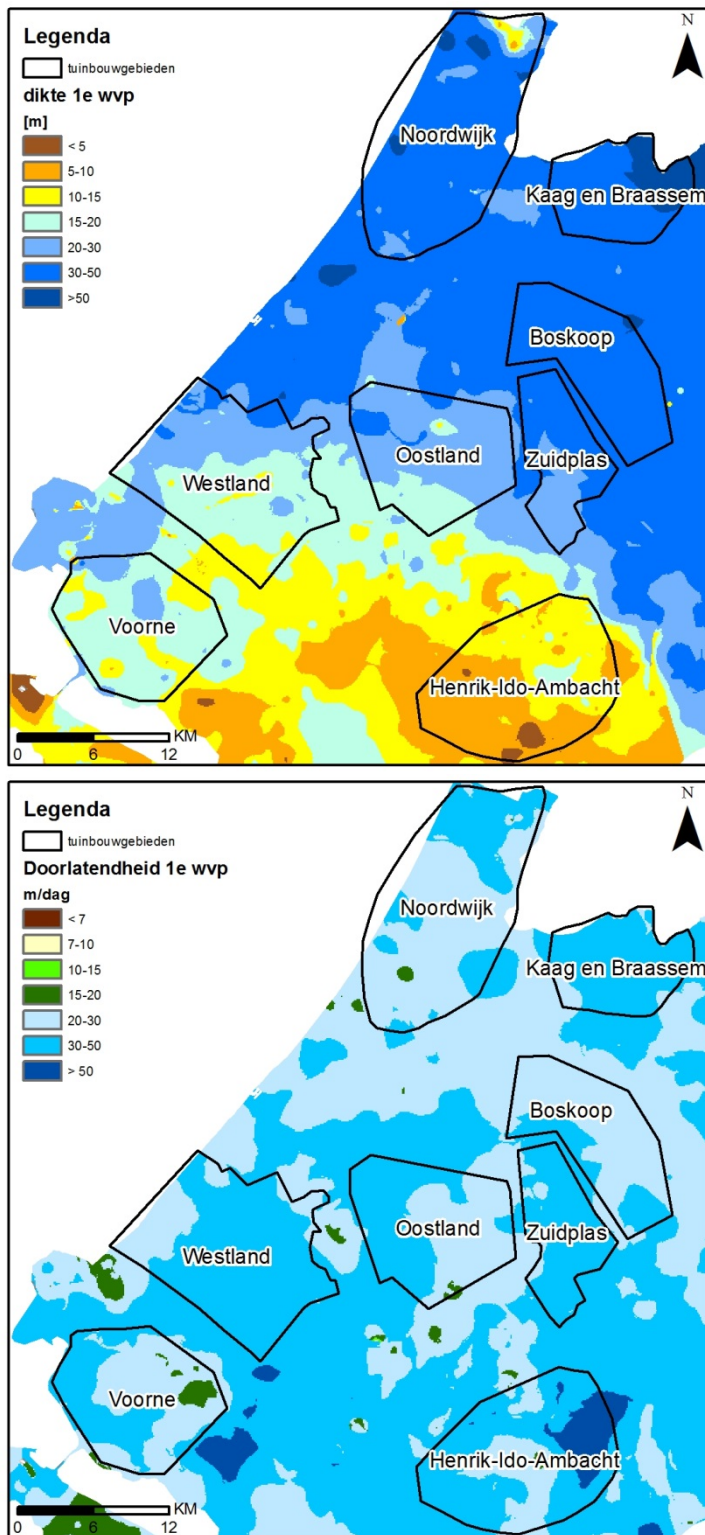
Figuur 3: Doorsnede van Westland naar Oostland (Zuurbier et al, 2013)

- | | |
|--|---|
| <i>A = Holocene deklaag,</i> | <i>B = Watervoerend pakket 1,</i> |
| <i>C = Slecht-doorlatende laag 1,</i> | <i>D = Watervoerend pakket 2 en 3,</i> |
| <i>E = Slecht-doorlatende laag 3,</i> | <i>F = Lokale kleilaag,</i> |
| <i>G = Duindgebied,</i> | <i>H = Westland,</i> |
| <i>I = Oostland,</i> | <i>J = Onttrekking vml. DSM,</i> |
| <i>K = Onttrekking t.b.v. omgekeerde osmose,</i> | <i>L = Injectie t.b.v. omgekeerde osmose,</i> |
| <i>M = Zoetwaterberging.</i> | |

Diepere lagen

De eerste scheidende laag (SDL-1) bestaat uit de eenheden met hoofdbestanddeel klei van de Formatie van Waalre en plaatselijk Stramproy. Gezien de aard van deze slecht-doorlatende laag (kleiige rivierafzettingen) is het zeer aannemelijk dat deze laag niet in het gehele gebied aanwezig is, terwijl ook de dikte en de scheidende werking ervan in het gebied sterk variëren.

De veelal aaneengesloten tweede en derde watervoerende pakketten hebben doorgaans een kleinere doorlatendheid, maar vormen samen wel een veel dikker pakket tot zeker 100 m-mv. Ook deze pakketten bestaan uit rivierafzettingen (Formatie van Peize en Waalre) en worden plaatselijk doorsneden door kleilagen.



Figuur 4: Dikte (boven) en doorlatendheid (onder) van het eerste watervoerende pakket volgens REGIS

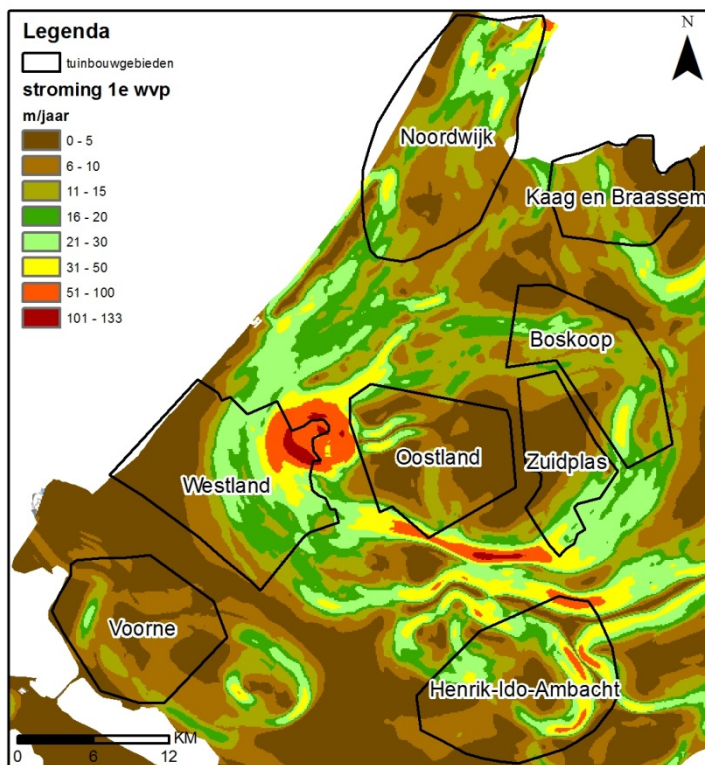
Uitgangspunt 1^e watervoerende pakket voor zoetwaterberging: pakket moet minimaal 7 m dik zijn.

1.1.2 Hydrologie, grondwaterstroming

Als brondata is gebruikt het isohypsenpatroon REGIS I op 28 april 1995 (meest recent beschikbare). In hydrologisch opzicht wordt de grondwaterstand in het Westland vooral beïnvloed door de volgende factoren:

- de ligging van de Noordzee aan de (noord)westzijde, met een gemiddeld constant niveau (~ NAP);
- de ligging van de droogmakerijen ter plaatse van de poldergebieden met een zeer diep drainageniveau (-4 tot -6 m+NAP);
- een grote grondwateronttrekking op het voormalige DSM terrein in Delft, die tevens voor een grote verlaging van de grondwaterstand zorgt.

De grondwaterstroming is in de omgeving van de DSM-winning en nabij grotere ontwateringsmiddelen (rivieren en langs de droogmakerijen) beduidend hoger dan daarbuiten. Volgens de berekeningen kunnen de stroomsnelheden lokaal oplopen tot > 100 m/dag. In de droogmakerijen en poldergebieden hierbuiten is de grondwaterstroming lager (maximaal 20 m/jaar en op veel plekken zelfs lager dan 10 m/jaar).



Figuur 5: Inschatting stroomsnelheden in het 1^e watervoerende pakket volgens REGIS

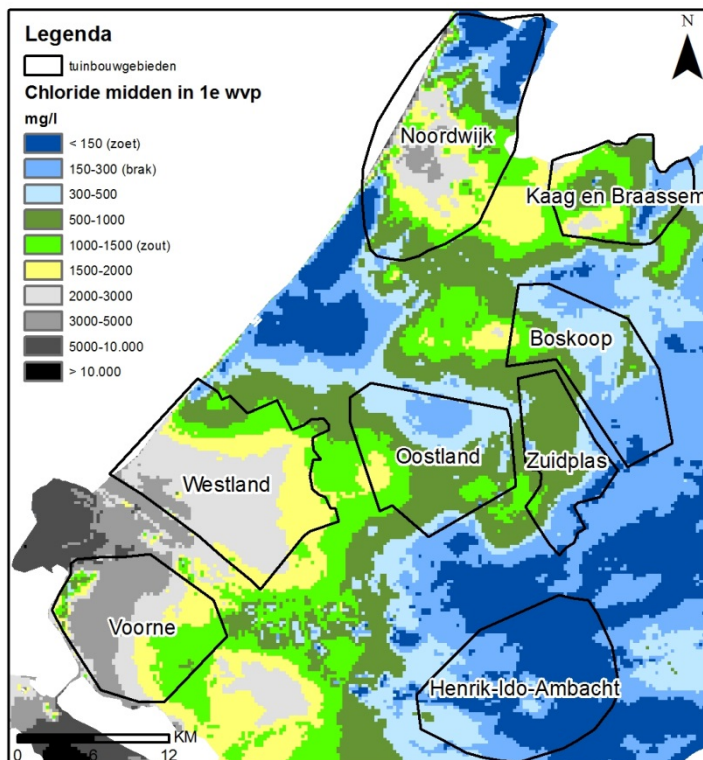
Uitgangspunten t.a.v. grondwaterstroming voor zoetwaterberging: Er is geen voorwaarde opgenomen. Als de grondwaterstroming hoog is dan resulteert dit in een hoog minimaal debiet om het rendement te behalen. Vraag en aanbod bepalen dan of de locatie geschikt is of niet.

1.1.3 Waterkwaliteit

Brondata: Geïnterpoleerde chloridebeelden op telkens 5 m diepere niveaus binnen WVP.1 volgens Deltares (Oude Essink et al., 2010).

De zoutconcentratie van het grondwater is van groot belang voor het te behalen rendement van de zoetwateropslag. Hoe zouter het grondwater hoe meer zoet water geborgen zal moeten worden.

Een nuttige parameter voor de zoutconcentratie is de concentratie van chloride in het grondwater, omdat dit het belangrijkste ion is in brak en zout water, zich makkelijk laat meten en niet hecht aan (klei)deeltjes in de ondergrond. Een gebiedsdekkend grondwatermeetnet is in Zuid-Holland echter niet aanwezig. Op basis van de gegevens (VES, metingen en model) die wel beschikbaar zijn, zijn de chlorideconcentraties in het grondwater geïnterpoleerd per 5 m diepte (Oude Essink et al., 2010). Dit geeft een beste schatting van de zoutconcentratie van het grondwater weer.



Figuur 6: Gemiddelde chlorideconcentratie in het midden van het 1^e watervoerende pakket op basis van Oude Essink et al (2010).

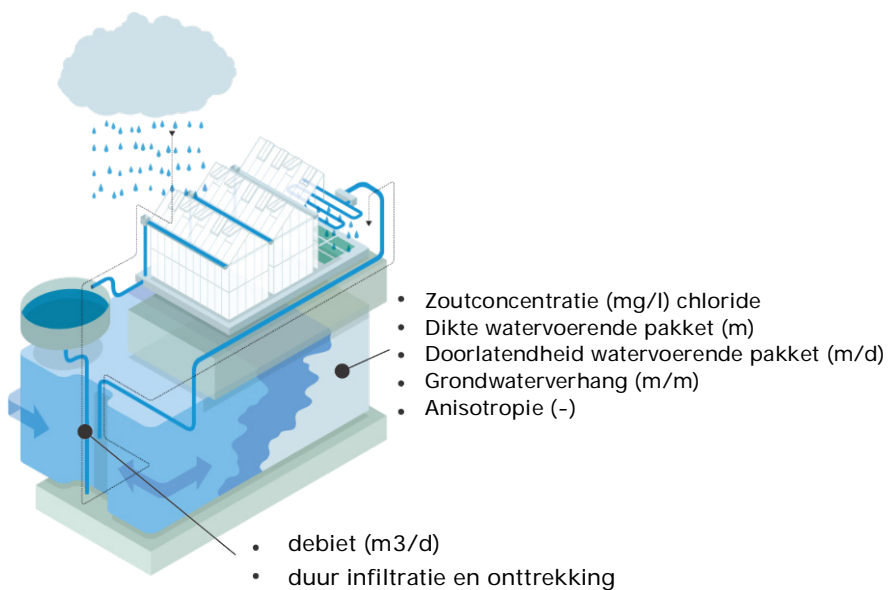
Uitgangspunten chloride voor zoetwaterberging:

- de chlorideconcentratie van het grondwater berekend in het midden van het watervoerende pakket is gebruikt in de analyse;
- op basis van REGIS is het voor sommige gebieden onduidelijk of het 1^e watervoerende pakket is afgesloten aan de onderkant door een scheidende laag. Indien dit het geval is, dan onderschat de gebruikte rekenmethode het benodigde debiet om het rendement te behalen. Deze zone's worden weergegeven als aandachtsgebied.;
- er zijn geen locaties uitgesloten op basis van de chlorideconcentratie. Hoe zouter de ondergrond hoe hoger het debiet dat nodig is om het rendement te behalen. Vraag en aanbod bepalen dan of een locatie geschikt is of niet.

1.2 Geschiktheid OWB op basis van gegevens ondergrond

1.2.1 Inschatting rendement

De prestatie-indicator van een OWB is berekend met de methode van Bakker (2010) aangevuld met een methode om het verlies door stroming te bepalen. Deze methode gaat uit van algemene eigenschappen van de ondergrond in combinatie met operationele parameters (duur, debiet). In deze methode wordt aangenomen een volkomen, lang filter over de gehele diepte van het watervoerende pakket. Voor meer achtergrond over de werking en geschiktheid van de methode zie Zuurbier (2013).



Figuur 7: Belangrijke inputvariabelen voor schatting haalbaarheid/ rendement OWB

Om te komen tot deze haalbaarheidsfactoren is gebruik gemaakt van:

- geofysische eigenschappen van het eerste watervoerende pakket (dikte en hydraulische conductiviteit);
- stijghoogteverdeling in het eerste watervoerende pakket (samen met hydraulische conductiviteit bepalend voor stroomsnelheden);
- chemische eigenschappen van het grondwater in het eerste watervoerende pakket (geïnterpoleerde concentraties chloride in de regio) om dichtheid van het grondwater te bepalen;
- duur van injectie, opslag en terugwinning, alsmede het debiet (operationele parameters).

In ArcGIS (een Geografisch Informatie Systeem) zijn de hydrogeologische gegevens in cellen van 100 bij 100 m verwerkt tot gebiedsdekkende inputdata. De methode berekent welk minimaal debiet nodig is om een rendement van 60 % te behalen. De hydrologische bodemeigenschappen hebben de volgende consequenties:

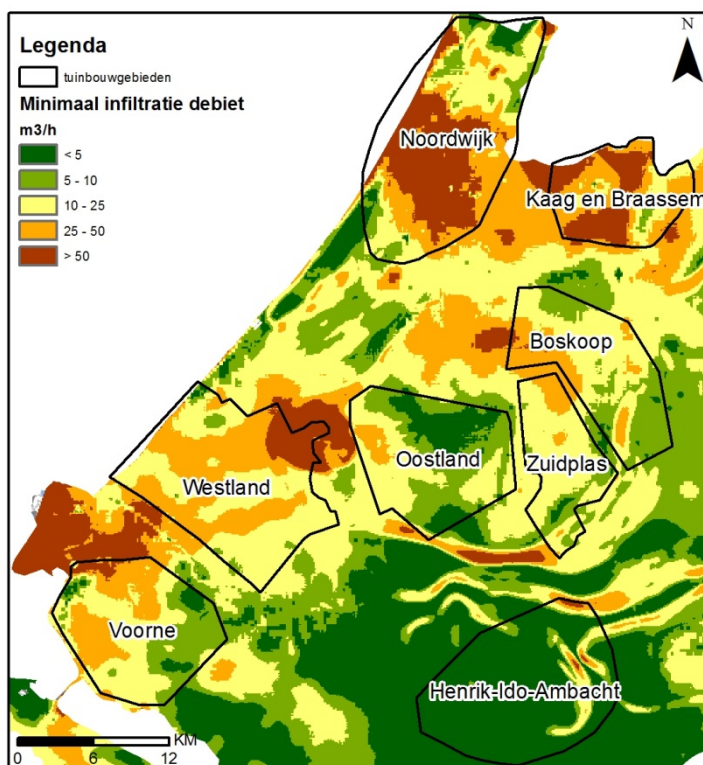
- hoe dikker of doorlatender het pakket, hoe groter het debiet dat nodig is;

- hoe zouter het water hoe groter het debiet dat nodig is;
- hoe groter de grondwaterstroming hoe groter het debiet dat nodig is.

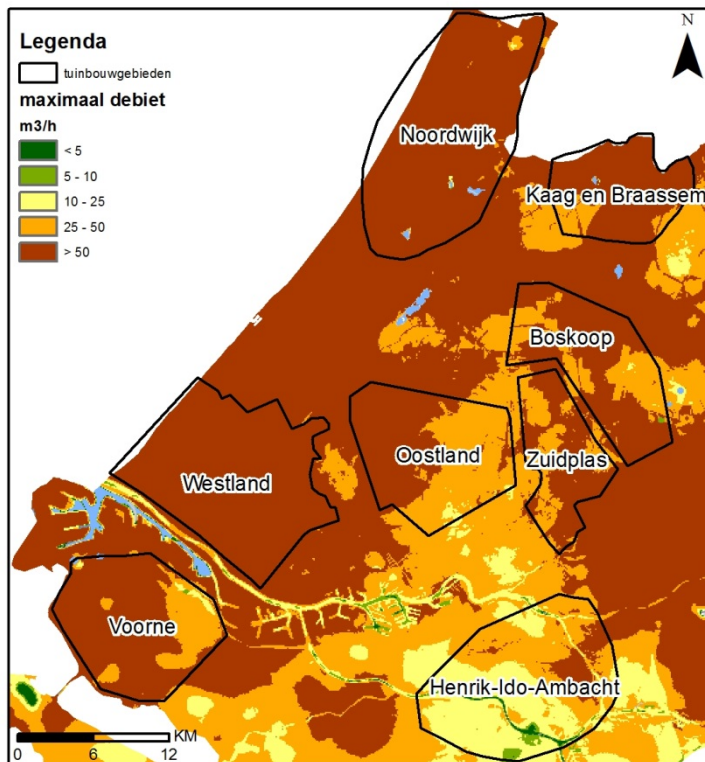
1.2.2 Hydraulische/ geotechnische randvoorwaarden

Middels enkele vuistregels is vastgesteld welk debiet op basis van de ondergrond opgeslagen kan worden in de ondergrond. De volgende vuistregels zijn gebruikt:

- $\Delta h = 0,2 * d$. Deze vuistregel van NVOE (NVOE, 2006) bepaalt de maximale stijghoogteverhoging waarbij geen opbarsting optreedt, d = dikte deklaag en h = toename stijghoogte;
- $Q = (\Delta h * KD) / 1,42$. Deze vuistregel van Logan (Bot, 2011) bepaalt het debiet dat deze verhoging tot gevolg heeft (maximale debiet). Deze vuistregel gaat uit van een filter over 5/8 van het watervoerende pakket.



Figuur 8: Berekende minimale debiet dat opgeslagen moet worden voor 60 % rendement



Figuur 9: Berekende maximale debiet (indicatief) dat geborgen kan worden.

Door het maximaal toegestane debiet te vergelijken met het berekende minimale debiet om het rendement te halen, is de geschiktheid van de ondergrond vastgesteld.

Uitgangspunt debiet voor zoetwaterberging: De methode berekent een minimaal benodigd debiet. Uit vraag en aanbod moet blijken of de locatie geschikt is voor OWB. Daarnaast moet het fysisch mogelijk zijn om het debiet te realiseren via injectie en onttrekking uit de grond.

1.3 Relatie met omgeving

1.3.1 Onttrekkingen

Bij de Provincie zijn gegevens omtrent grondwateronttrekkingen opgevraagd. Momenteel is geen eenduidig bestand aanwezig waar alle onttrekkingen binnen de Provincie in zijn opgenomen. De data is volgt behandeld:

- KWO-overzicht van provincie afdeling Water & Groen: deze is exact overgenomen;
- overzicht van overige onttrekkingen van regio Haaglanden, provincie Zuid-Holland; Dit overzicht bestaat uit allerlei onttrekkingen, ook van Waterschappen. Niet duidelijk is tot hoe recent dit is bijgewerkt;
- onttrekkingen Waterschap: deze zijn niet opgevraagd omdat deze ook in het overzicht van de Regio Haaglanden zijn opgenomen.

De verwachting is dat dit overzicht een regionaal beeld geeft van de gebieden met veel (kans op) onttrekkingen. Een data-overzicht blijft altijd een momentopname. Op basis van dit overzicht kan de aanwezigheid van onttrekkingen dus niet uitgesloten worden. Het effect van andere onttrekkingen is vooral dat de grondwaterstroming lokaal beïnvloed wordt. Dit

kan van invloed zijn op de zoetwaterbel die in de ondergrond opgeslagen wordt (en vice versa natuurlijk). De verwachting is dat bij onderlinge afstemming onttrekkingen of opslagsystemen in elkaars buurt te realiseren zijn.

Uitgangspunt onttrekkingen voor zoetwaterberging: de onttrekkingen vormen een aandachtspunt. Aangeraden wordt om altijd een recent overzicht hiervan bij de Provincie en het Waterschap op te vragen.

1.3.2 Beleids- en functiegebieden

Bij de Provincie zijn de contouren opgevraagd van gebieden die bescherming hebben. De volgende gebieden zijn op de kaart weergegeven:

- grondwaterbeschermingsgebieden;
- ecologische hoofdstructuur. Dit bestaat uit gebieden met en zonder EHS-functie.

Naast de EHS zijn diverse andere Natuurgebieden gedefinieerd (nieuwe natuur, natuurbeheerplan). Deze overlappen allemaal met de contouren van de EHS-kaart (bron: georegister juli 2013) en zijn daarom niet opgenomen op de kaarten.

Uitgangspunt beleidsgebieden: deze locaties vormen een aandachtsgebied.

1.3.3 Opbarsting en inklinking

Opbarsten

Het injecteren van grondwater heeft een verhoging van de stijghoogte tot gevolg. Indien het water ondiep geïnjecteerd wordt onder een dunne slappe klei- of veenlaag (met een significante stijghoogteverhoging tot gevolg), dan is er een reëel risico dat deze laag opbarst.

Inklinking

De veen- en slappe kleilagen zijn tevens het gevoeligst voor zetting. Zetting treedt op als de grondwaterstand extra verlaagd wordt t.o.v. het niveau dat doorgaans in de zomer optreedt. De onttrekking van de zoetwaterberging zal vooral plaatsvinden in drogere perioden, als de grond al gevoelig is voor inklinking. Een (geringe) extra verlaging van de grondwaterstand kan dan extra inklinking tot gevolg hebben. Of dit optreedt is sterk afhankelijk van de dikte van de deklaag (hoe dikker de deklaag hoe geringer dit risico).

Omdat beide risico's sterk samenhangen met de lokale lithologie en het ontwerp van het systeem, vormt dit in sommige gebieden een aandachtspunt. Aangeraden wordt om in een vervolgetraject nader te bepalen of dit risico ook daadwerkelijk optreedt.

Uitgangspunt veenbodem voor zoetwaterberging: deze gebieden worden als aandachtsgebied op de kaarten aangegeven. Door met het ontwerp van de opslagcapaciteit en het putontwerp hiermee rekening te houden is de verwachting dat zoetwaterberging doorgaans mogelijk moet zijn. Wel brengt het wellicht extra kosten met zich mee (bv. realisatie van een extra put, een grotere putdiameter of irrigatie in de deklaag).

1.4 Kanttekeningen bij gebruikte methode

- de gehanteerde methodes moeten vooral worden gezien als een snelle ruimtelijke inschatting en vergelijking van verschillende gebieden;

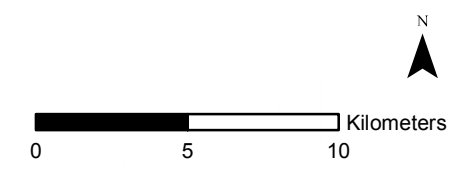
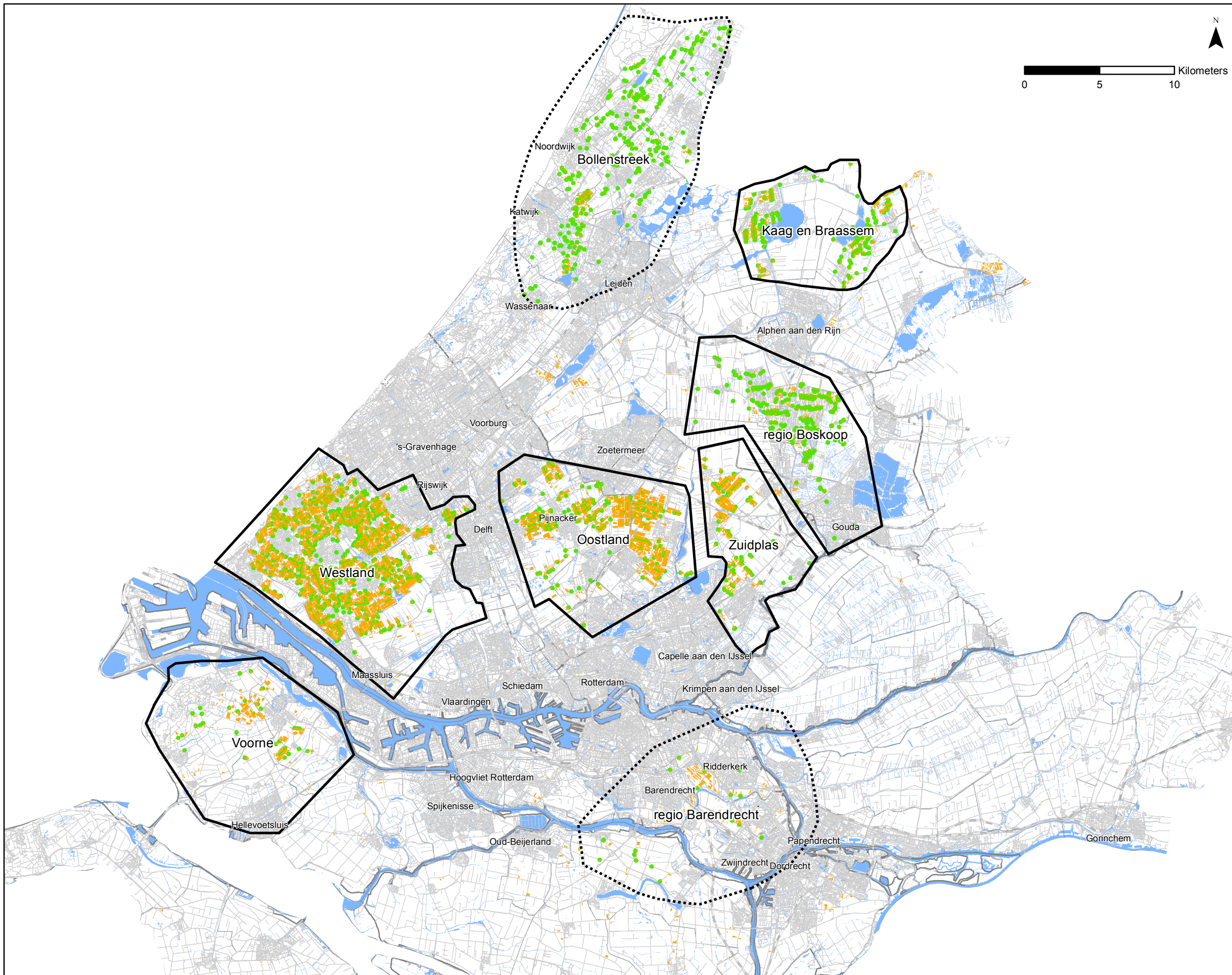
pagina 11 - bijlage 4

- de kwaliteit van resultaten is afhankelijk van de kwaliteit van de gegevens over de ondergrond. Het is bekend dat de bestaande geologische modellen slechts een benadering leveren van de werkelijke opbouw, en niet met 100% zekerheid de laagopbouw weergeven zoals die zal worden aangetroffen;
- De toepassing van Bakker (2010) heeft onderstaande voorwaarden (Stuyfzand et al., 2012):
 - het OWB-systeem wordt constant bedreven, elke cyclus is gelijk;
 - residuen en effecten van voorgaande cycli zijn nul;
 - aquifereigenschappen en de fysisch chemische eigenschappen van gebiedseigen grondwater kunnen met een gemiddelde waarde worden afgedaan. Ruimtelijke verschillen, zoals b.v. een verticale saliniteitsgradient en de aanwezigheid van een slecht-doorlatend laagje op een gunstige plaats, worden niet verdisconteerd;
 - er is geen toevoer van zout uit een ondoorlatende laag aan de boven- en onderzijde van het watervoerende pakket mogelijk:
 - de (klei-)lagen aan de boven- en onderzijde van het eerste watervoerende pakket in het studiegebied zijn waarschijnlijk niet overal geheel ondoorlatend, waardoor zoutlevering vanuit deze kleilagen kan plaatsvinden → dit resulteert in een onderschatting van het benodigde debiet;
 - Op sommige locaties heerst een kweldruk waardoor zouter water vanuit het diepere pakket van nature opkwelt;
 - in het watervoerende pakket zijn waarschijnlijk ook heterogeniteiten (laagjes met verticale weerstand) aanwezig, waardoor opdrijving van het zoete water beperkt wordt. Dit is nu niet opgenomen in de analysemethode, hetgeen waarschijnlijk een overschatting van het benodigde debiet oplevert;
 - Deze voorwaarden maken dat de uitkomsten puur als indicatief en relatief moeten worden beoordeeld.
- deze haalbaarheidsstudie houdt geen rekening met aanpassingen in de putconfiguratie, zoals bij slimme OWB.

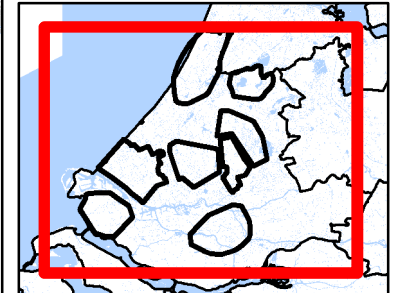
Bijlage V – Kaarten met mogelijkheden ondergrondse waterberging

1. Overzicht tuinbouwlocaties in de Provincie
2. Overzicht mogelijkheden ondergrondse waterberging
3. Mogelijkheden ondergrondse waterberging in Oostland
4. Mogelijkheden ondergrondse waterberging in Westland
5. Mogelijkheden ondergrondse waterberging in de Bollenstreek
6. Mogelijkheden ondergrondse waterberging in Kaag en Braassem
7. Mogelijkheden ondergrondse waterberging in regio Boskoop
8. Mogelijkheden ondergrondse waterberging in Zuidplas
9. Mogelijkheden ondergrondse waterberging in Voorne
Mogelijkheden ondergrondse waterberging in regio Barendrecht

KAART 1 - Concentratiegebieden (glas)tuinbouw








- Legenda**
- concentratiegebieden
 - Greenports (glastuinbouw en boomteelt)
 - overige gebieden met tuinbouw
 - glastuinbouw (substraat- of grondgebonden teelt)
 - open teelt (container- of grondgebonden teelt)



Projectnaam: Zoetwaterberging
 Opdrachtgever: Provincie Zuid-Holland
 Projectnummer: A309597
 Opgesteld door: A. van Doorn
 Versie: definitief, datum: 8-11-2013

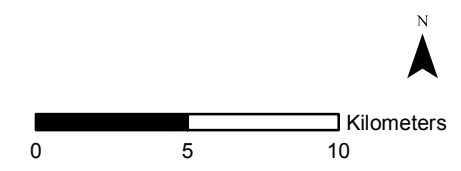
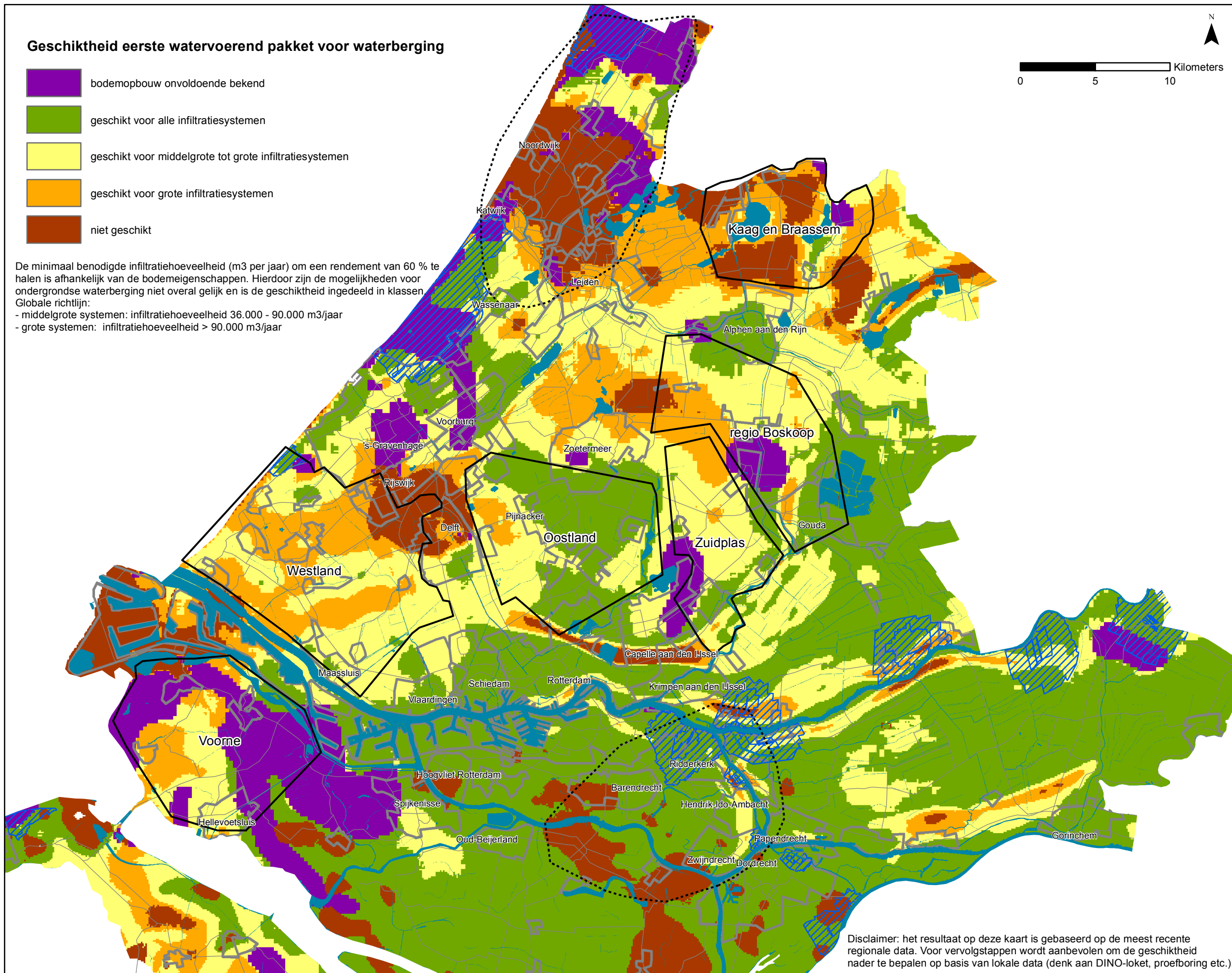
Mogelijkheden ondergrondse waterberging







Geschiktheid eerste watervoerend pakket voor waterberging

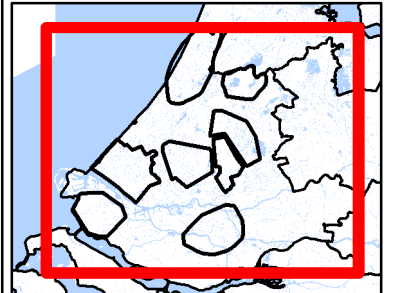
-  bodemopbouw onvoldoende bekend
-  geschikt voor alle infiltratiesystemen
-  geschikt voor middelgrote tot grote infiltratiesystemen
-  geschikt voor grote infiltratiesystemen
-  niet geschikt

De minimaal benodigde infiltratiehoeveelheid (m³ per jaar) om een rendement van 60 % te halen is afhankelijk van de bodemeigenschappen. Hierdoor zijn de mogelijkheden voor ondergrondse waterberging niet overal gelijk en is de geschiktheid ingedeeld in klassen. Globale richtlijn:

- middelgrote systemen: infiltratiehoeveelheid 36.000 - 90.000 m³/jaar
- grote systemen: infiltratiehoeveelheid > 90.000 m³/jaar



- ### Legenda
- "Westland" concentratiegebied Greenports plaatsnaam
 - "Leiden" concentratiegebied Greenports plaatsnaam
 - concentratiegebieden
 -  Greenports (glastuinbouw en boomteelt)
 -  overige gebieden met tuinbouw
 -  rivier/ plas/ hoofdvaarweg
 -  Hoofdwegen
 -  Bebouwde kom
 - Aandachtsgebieden**
 -  grondwaterbeschermingsgebied
- Brondata voor analyse:
- bodemopbouw (REGISII);
 - grondwaterstroming (REGIS I);
 - chlorideconcentratie (Deltares, 2012).

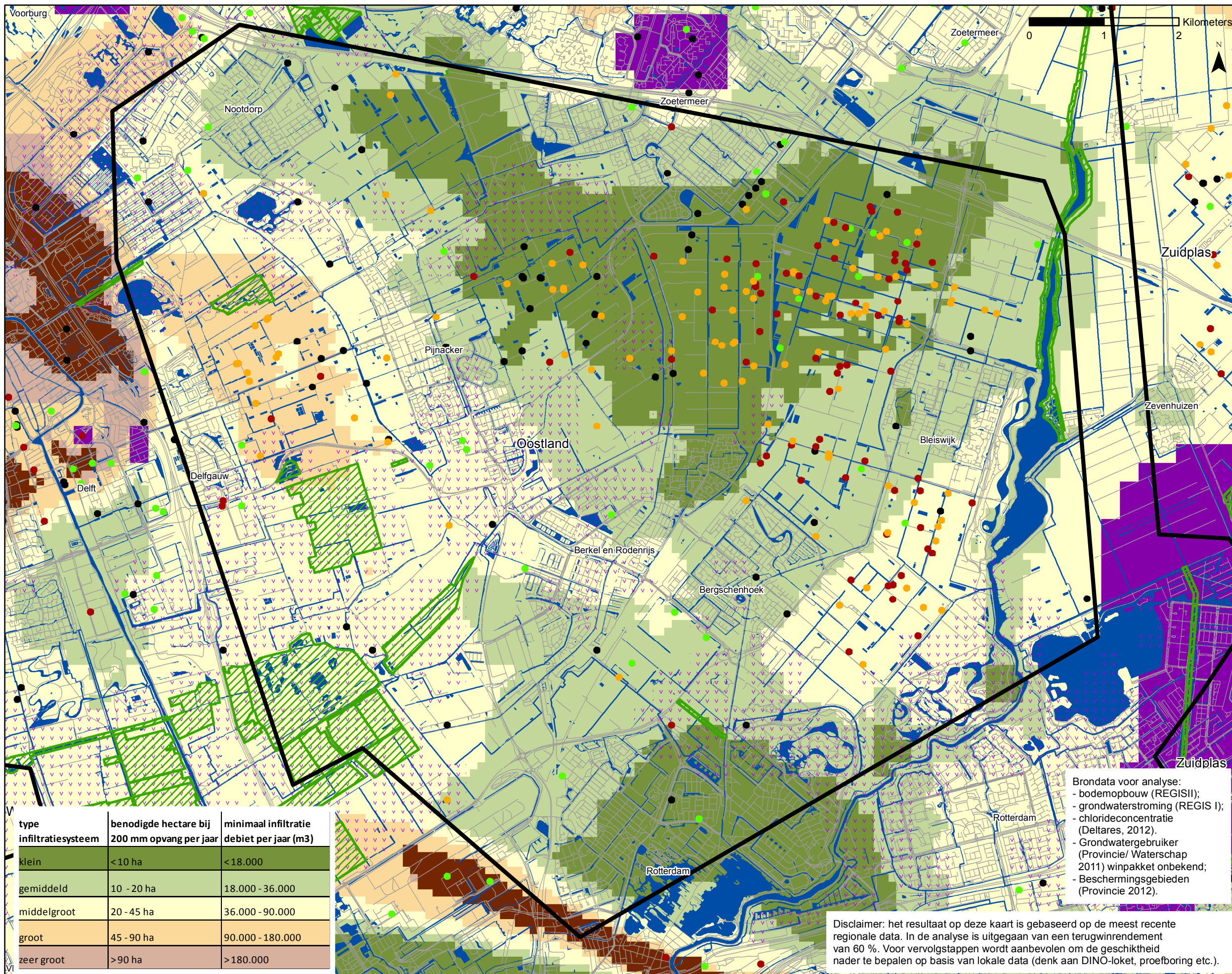


Projectnaam: Ondergrondse waterberging
 Opdrachtgever: Provincie Zuid-Holland
 Projectnummer: A309597
 Opgesteld door: A. van Doorn
 Versie: definitief, datum: 30-9-2013

Disclaimer: het resultaat op deze kaart is gebaseerd op de meest recente regionale data. Voor vervolgstappen wordt aanbevolen om de geschiktheid nader te bepalen op basis van lokale data (denk aan DINO-loket, proefboring etc.).



KAART 3 - Mogelijkheden ondergrondse waterberging in Oostland



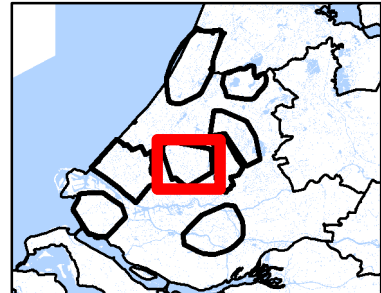
Legenda

- Mogelijkheden waterberging**
- klein- tot zeer grote infiltratiesystemen
 - gemiddeld - tot zeer grote infiltratiesystemen
 - middelgroot- tot zeer grote infiltratiesystemen
 - grote tot zeer grote infiltratiesystemen
 - zeer grote infiltratiesystemen
- Geen mogelijkheden waterberging**
- watervoerende pakket te dun (< 7m)
 - risico bodemparastig
- Aandachtsgebieden waterberging**
- EHS (ecologische hoofdstructuur)
 - grondwaterbeschermingsgebied
 - veenbodem
 - Oppervlaktewater
 - bodembouw onvoldoende bekend
 - concentratiegebieden (glas)tuinbouw
- Grondwatergebruik (> 10.000 m3/jaar)**
- overig: beregning, koelwater, bronbemaling etc.
 - brijnlozing/beregning na osmosebehandeling
 - KWO (koude-/warmteopslag)
 - hoeveelheid onbekend

type infiltratiesysteem	benodigde hectare bij 200 mm opvang per jaar	minimaal infiltratie debiet per jaar (m3)
klein	<10 ha	<18.000
gemiddeld	10 - 20 ha	18.000 - 36.000
middelgroot	20 - 45 ha	36.000 - 90.000
groot	45 - 90 ha	90.000 - 180.000
zeer groot	>90 ha	>180.000

Brondata voor analyse:
 - bodembouw (REGISII);
 - grondwaterstroming (REGIS I);
 - chlorideconcentratie (Deltares, 2012).
 - Grondwatergebruiker (Provincie/ Waterschap 2011) winpakket onbekend;
 - Beschermingsgebieden (Provincie 2012).

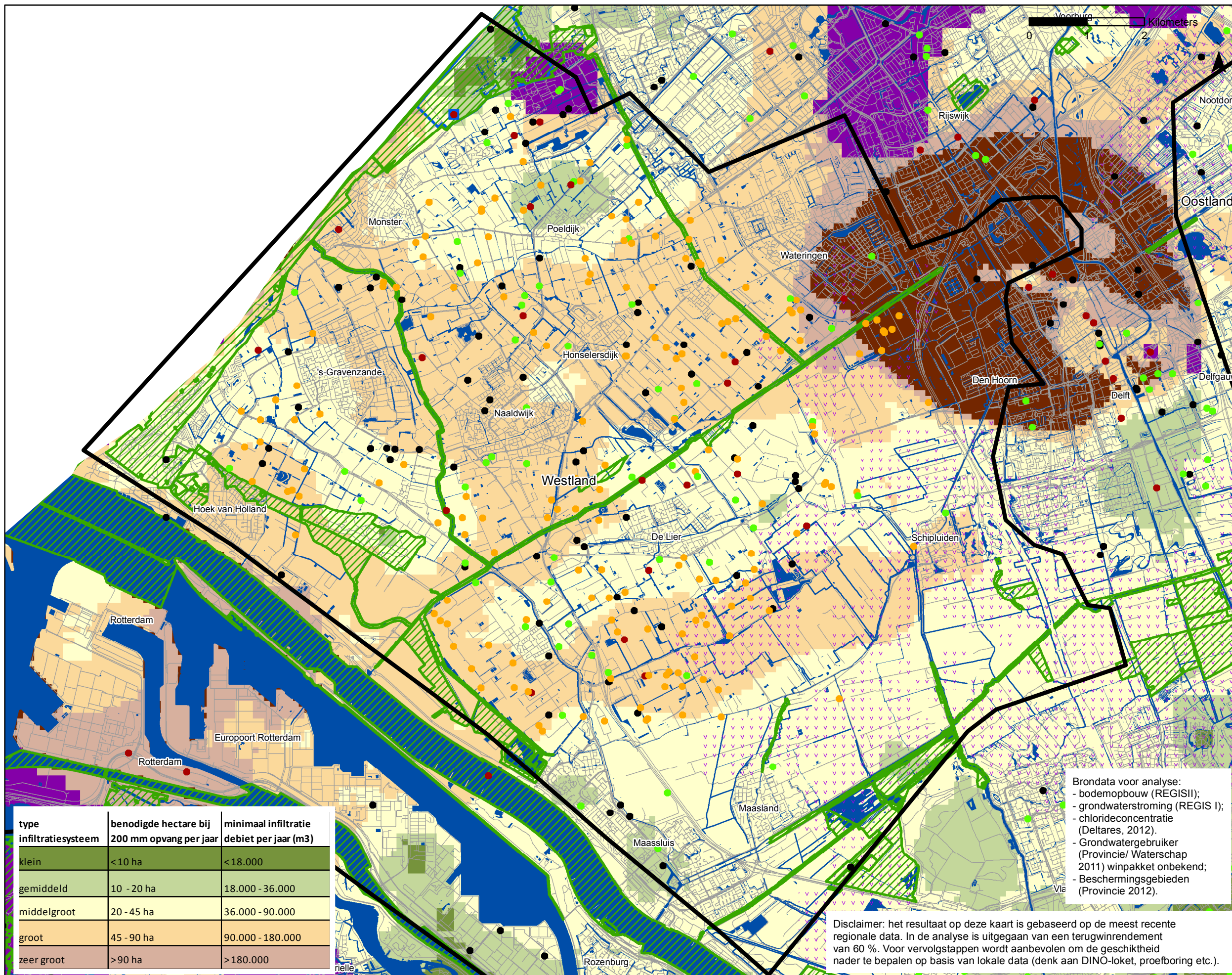
Disclaimer: het resultaat op deze kaart is gebaseerd op de meest recente regionale data. In de analyse is uitgegaan van een terugwinrendement van 60 %. Voor vervolgstappen wordt aanbevolen om de geschiktheid nader te bepalen op basis van lokale data (denk aan DINO-loket, proefboring etc.).



Projectnaam: Zoetwaterberging
 Opdrachtgever: Provincie Zuid-Holland
 Projectnummer: A309597
 Opgesteld door: A. van Doorn
 Versie: definitief, datum: 8-11-2013



KAART 4 - Mogelijkheden ondergrondse waterberging in Westland



Legenda

Mogelijkheden waterberging

- klein- tot zeer grote infiltratiesystemen
- gemiddeld - tot zeer grote infiltratiesystemen
- middelgroot- tot zeer grote infiltratiesystemen
- grote tot zeer grote infiltratiesystemen
- zeer grote infiltratiesystemen

Geen mogelijkheden waterberging

- watervoerende pakket te dun (< 7m)
- risico bodempobarsting

Aandachtsgebieden waterberging

- EHS (ecologische hoofdstructuur)
- grondwaterbeschermingsgebied
- veenbodem
- Oppervlaktewater
- bodembouw onvoldoende bekend
- concentratiegebieden (glas)tuinbouw

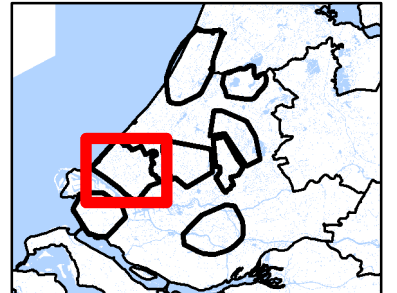
Grondwatergebruik (> 10.000 m3/jaar)

- overig: beregning, koelwater, bronbemaling etc.
- brijnlozing/beregning na osmosebehandeling
- KWO (koude-/warmteopslag)
- drinkwater
- hoeveelheid onbekend

type infiltratiesysteem	benodigde hectare bij 200 mm opvang per jaar	minimaal infiltratie debiet per jaar (m3)
klein	< 10 ha	< 18.000
gemiddeld	10 - 20 ha	18.000 - 36.000
middelgroot	20 - 45 ha	36.000 - 90.000
groot	45 - 90 ha	90.000 - 180.000
zeer groot	> 90 ha	> 180.000

Brondata voor analyse:
 - bodembouw (REGISII);
 - grondwaterstroming (REGIS I);
 - chlorideconcentratie (Deltares, 2012).
 - Grondwatergebruiker (Provincie/ Waterschap 2011) winpakket onbekend;
 - Beschermingsgebieden (Provincie 2012).

Disclaimer: het resultaat op deze kaart is gebaseerd op de meest recente regionale data. In de analyse is uitgegaan van een terugwinrendement van 60 %. Voor vervolgstappen wordt aanbevolen om de geschiktheid nader te bepalen op basis van lokale data (denk aan DINO-loket, proefboring etc.).

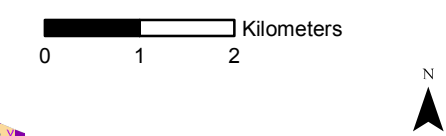


Projectnaam: Zoetwaterberging
 Opdrachtgever: Provincie Zuid-Holland
 Projectnummer: A309597
 Opgesteld door: A. van Doorn
 Versie: definitief, datum: 8-11-2013



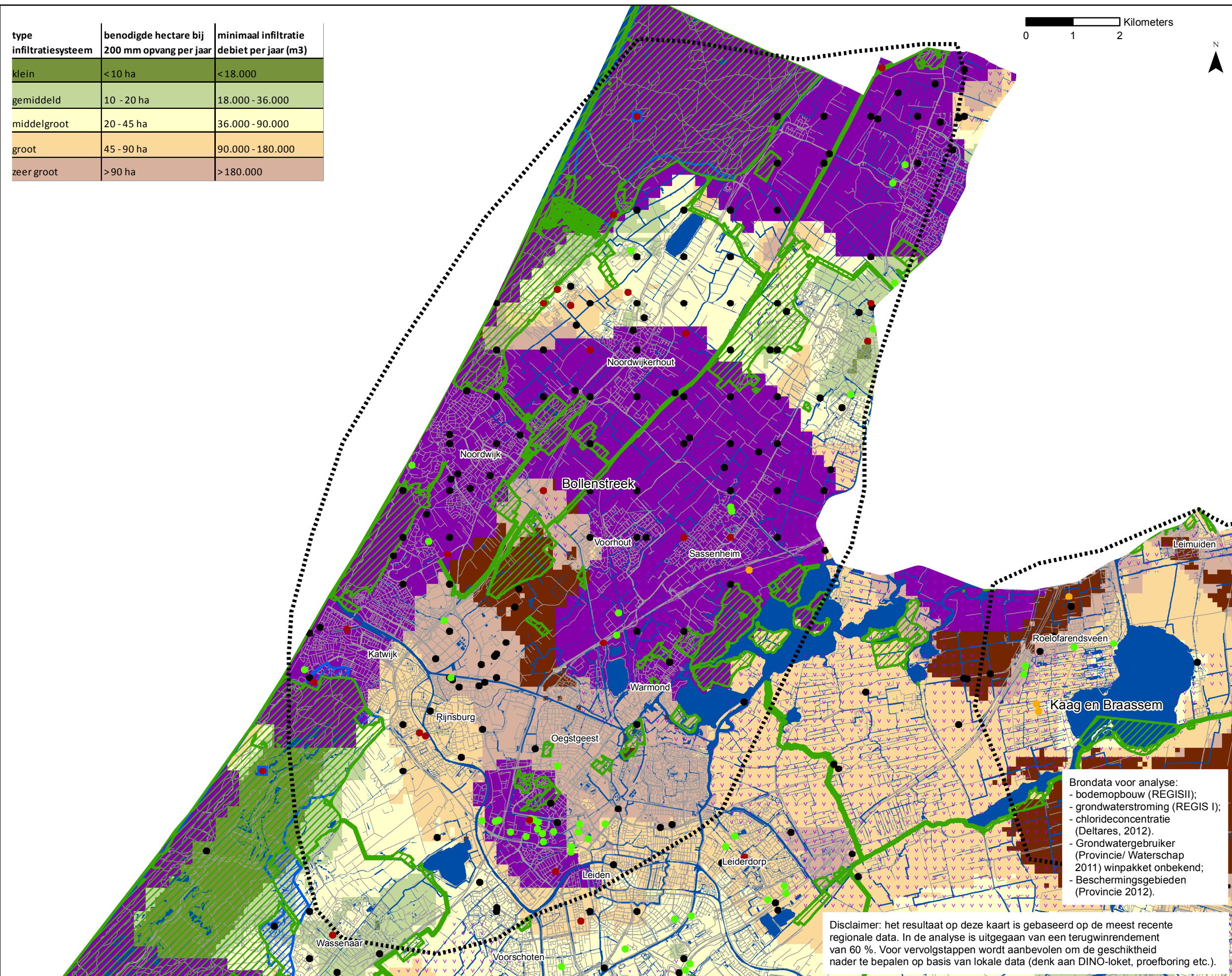
KAART 5 - Mogelijkheden ondergrondse waterberging in de Bollenstreek

type infiltratiesysteem	benodigde hectare bij 200 mm opvang per jaar	minimaal infiltratie debiet per jaar (m3)
klein	< 10 ha	< 18.000
gemiddeld	10 - 20 ha	18.000 - 36.000
middelgroot	20 - 45 ha	36.000 - 90.000
groot	45 - 90 ha	90.000 - 180.000
zeer groot	>90 ha	> 180.000



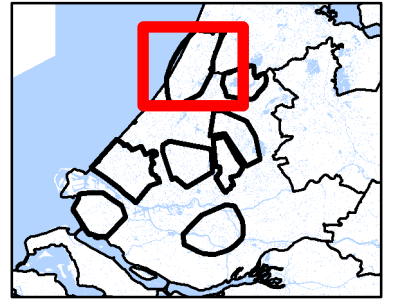
Legenda

- Mogelijkheden waterberging**
- klein- tot zeer grote infiltratiesystemen
 - gemiddeld - tot zeer grote infiltratiesystemen
 - middelgroot- tot zeer grote infiltratiesystemen
 - grote tot zeer grote infiltratiesystemen
 - zeer grote infiltratiesystemen
- overige gebieden met tuinbouw**
- Grondwatergebruik (> 10.000 m3/jaar)**
- overig: beregening, koelwater, bronbemaling etc.
 - brijnlozing/beregening na osmosebehandeling
 - KWO (koude-/warmteopslag)
 - drinkwater
 - hoeveelheid onbekend
- Aandachtsgebieden waterberging**
- EHS (ecologische hoofdstructuur)
 - grondwaterbeschermingsgebied
 - veenbodem
 - Oppervlaktewater
 - bodemopbouw onvoldoende bekend
- Geen mogelijkheden waterberging**
- watervoerende pakket te dun (< 7m)
 - risico bodempbarsting



Brondata voor analyse:
 - bodemopbouw (REGISII);
 - grondwaterstroming (REGIS I);
 - chlorideconcentratie (Deltares, 2012).
 - Grondwatergebruiker (Provincie/ Waterschap 2011) winpakket onbekend;
 - Beschermingsgebieden (Provincie 2012).

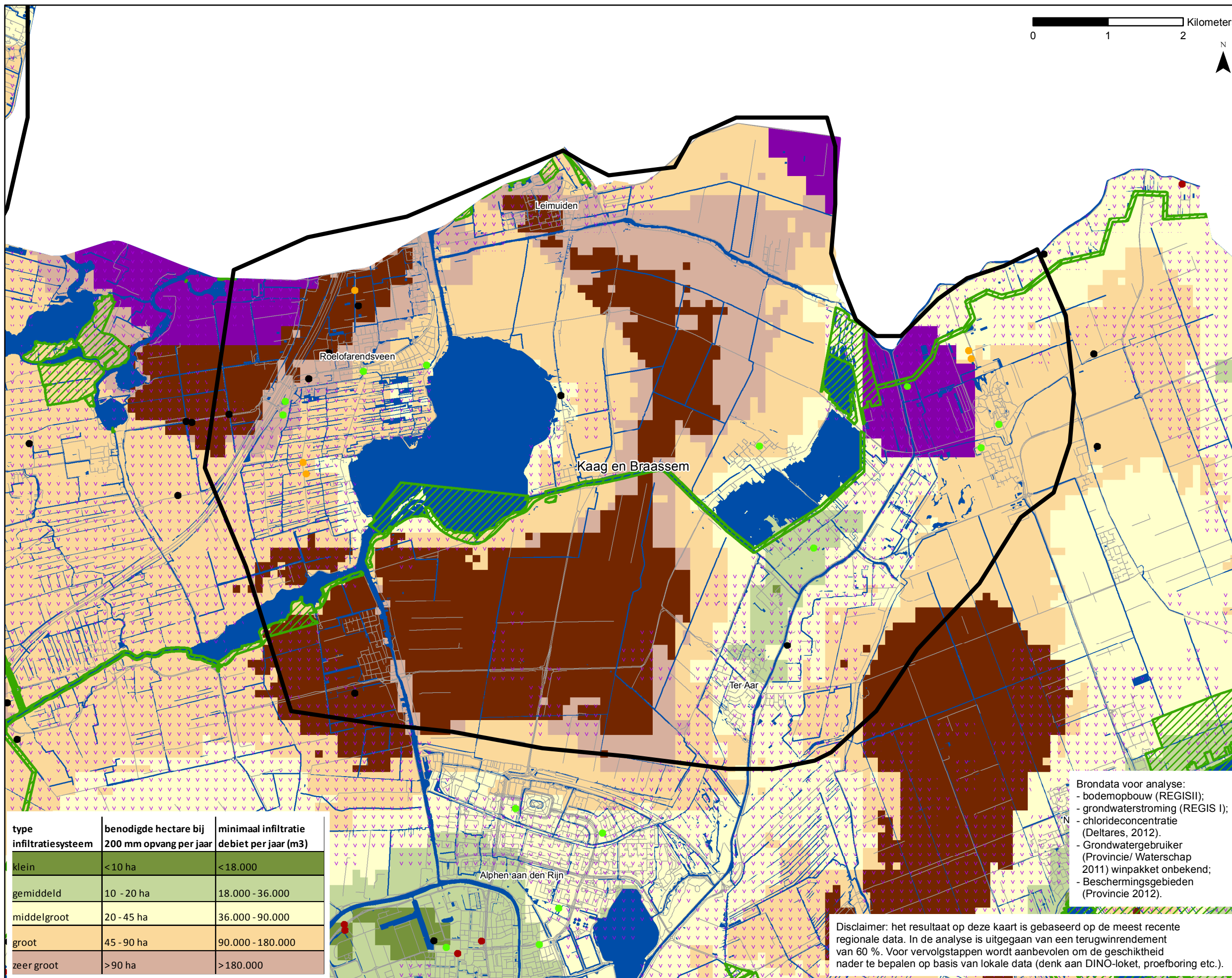
Disclaimer: het resultaat op deze kaart is gebaseerd op de meest recente regionale data. In de analyse is uitgegaan van een terugwinrendement van 60 %. Voor vervolgstappen wordt aanbevolen om de geschiktheid nader te bepalen op basis van lokale data (denk aan DINO-loket, proefboring etc.).



Projectnaam: Zoetwaterberging
 Opdrachtgever: Provincie Zuid-Holland
 Projectnummer: A309597
 Opgesteld door: A. van Doorn
 Versie: definitief, datum: 8-11-2013



KAART 6 - Mogelijkheden ondergrondse waterberging in Kaag en Braassem



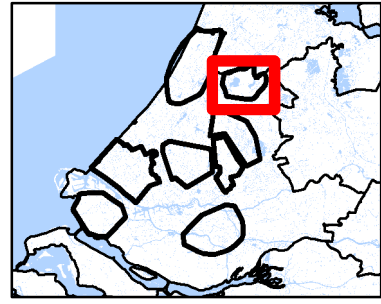
Legenda

- Mogelijkheden waterberging**
- klein- tot zeer grote infiltratiesystemen
 - gemiddeld - tot zeer grote infiltratiesystemen
 - middelgroot- tot zeer grote infiltratiesystemen
 - grote tot zeer grote infiltratiesystemen
 - zeer grote infiltratiesystemen
- Geen mogelijkheden waterberging**
- watervoerende pakket te dun (< 7m)
 - risico bodempopbarsting
- Aandachtsgebieden waterberging**
- EHS (ecologische hoofdstructuur)
 - grondwaterbeschermingsgebied
 - veenbodem
 - Oppervlaktewater
 - bodempopbouw onvoldoende bekend
 - concentratiegebieden (glas)tuinbouw
- Grondwatergebruik (> 10.000 m3/jaar)**
- overig: beregning, koelwater, bronbemaling etc.
 - brijnlozing/beregning na osmosebehandeling
 - KWO (koude-/warmteopslag)
 - hoeveelheid onbekend

type infiltratiesysteem	benodigde hectare bij 200 mm opvang per jaar	minimaal infiltratie debiet per jaar (m3)
klein	< 10 ha	< 18.000
gemiddeld	10 - 20 ha	18.000 - 36.000
middelgroot	20 - 45 ha	36.000 - 90.000
groot	45 - 90 ha	90.000 - 180.000
zeer groot	> 90 ha	> 180.000

Brondata voor analyse:
 - bodempopbouw (REGISII);
 - grondwaterstroming (REGIS I);
 - chlorideconcentratie (Deltares, 2012).
 - Grondwatergebruiker (Provincie/ Waterschap 2011) winpakket onbekend;
 - Beschermingsgebieden (Provincie 2012).

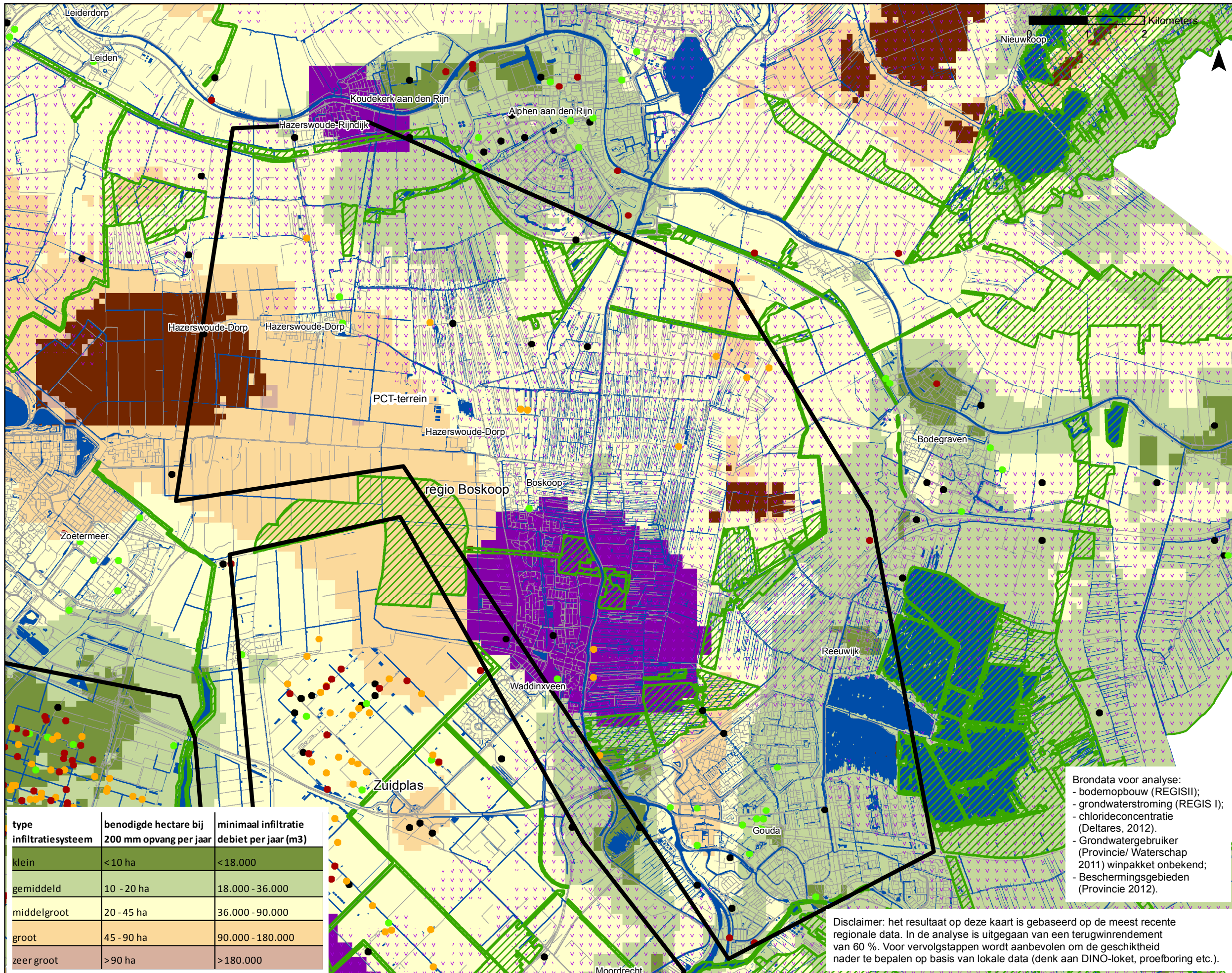
Disclaimer: het resultaat op deze kaart is gebaseerd op de meest recente regionale data. In de analyse is uitgegaan van een terugwinrendement van 60 %. Voor vervolgstappen wordt aanbevolen om de geschiktheid nader te bepalen op basis van lokale data (denk aan DINO-loket, proefboring etc.).



Projectnaam: Zoetwaterberging
 Opdrachtgever: Provincie Zuid-Holland
 Projectnummer: A309597
 Opgesteld door: A. van Doorn
 Versie: definitief, datum: 8-11-2013



KAART 7 - Mogelijkheden ondergrondse waterberging in regio Boskoop



Legenda

Mogelijkheden waterberging

- klein- tot zeer grote infiltratiesystemen
- gemiddeld - tot zeer grote infiltratiesystemen
- middelgroot- tot zeer grote infiltratiesystemen
- grote tot zeer grote infiltratiesystemen
- zeer grote infiltratiesystemen

Geen mogelijkheden waterberging

- watervoerende pakket te dun (< 7m)
- risico bodempbarsting

Aandachtsgebieden waterberging

- EHS (ecologische hoofdstructuur)
- grondwaterbeschermingsgebied
- veenbodem
- Oppervlaktewater
- bodemopbouw onvoldoende bekend
- concentratiegebieden (glas)tuinbouw

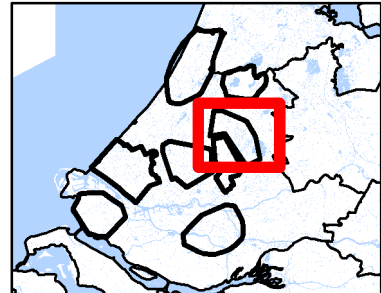
Grondwatergebruik (> 10.000 m3/jaar)

- overig: beregning, koelwater, bronbemaling etc.
- brijnlozing/beregning na osmosebehandeling
- KWO (koude-/warmteopslag)
- hoeveelheid onbekend

type infiltratiesysteem	benodigde hectare bij 200 mm opvang per jaar	minimaal infiltratie debiet per jaar (m3)
klein	< 10 ha	< 18.000
gemiddeld	10 - 20 ha	18.000 - 36.000
middelgroot	20 - 45 ha	36.000 - 90.000
groot	45 - 90 ha	90.000 - 180.000
zeer groot	> 90 ha	> 180.000

Brondata voor analyse:
 - bodemopbouw (REGISII);
 - grondwaterstroming (REGIS I);
 - chlorideconcentratie (Deltares, 2012).
 - Grondwatergebruiker (Provincie/ Waterschap 2011) winpakket onbekend;
 - Beschermingsgebieden (Provincie 2012).

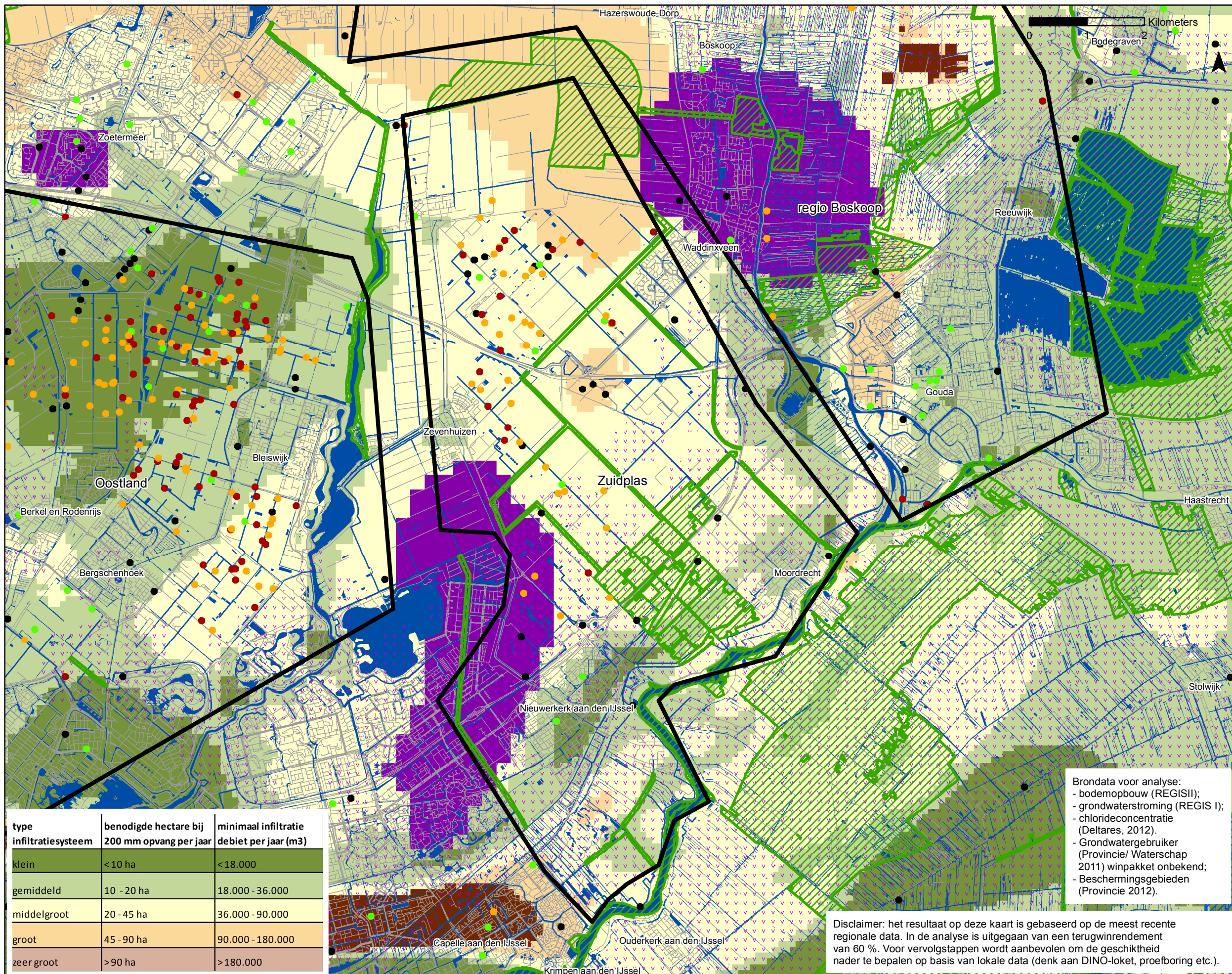
Disclaimer: het resultaat op deze kaart is gebaseerd op de meest recente regionale data. In de analyse is uitgegaan van een terugwinrendement van 60 %. Voor vervolgstappen wordt aanbevolen om de geschiktheid nader te bepalen op basis van lokale data (denk aan DINO-loket, proefboring etc.).



Projectnaam: Zoetwaterberging
 Opdrachtgever: Provincie Zuid-Holland
 Projectnummer: A309597
 Opgesteld door: A. van Doorn
 Versie: definitief, datum: 8-11-2013



KAART 8 - Mogelijkheden ondergrondse waterberging in Zuidplas



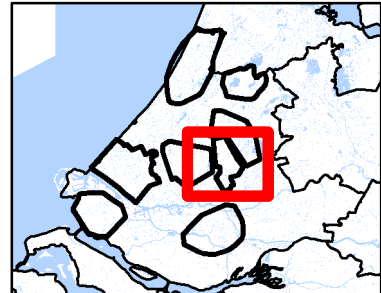
Legenda

- Mogelijkheden waterberging**
- klein- tot zeer grote infiltratiesystemen
 - gemiddeld - tot zeer grote infiltratiesystemen
 - middelgroot- tot zeer grote infiltratiesystemen
 - grote tot zeer grote infiltratiesystemen
 - zeer grote infiltratiesystemen
- Geen mogelijkheden waterberging**
- watervoerende pakket te dun (< 7m)
 - risico bodempopbarsting
- Aandachtsgebieden waterberging**
- EHS (ecologische hoofdstructuur)
 - grondwaterbeschermingsgebied
 - veenbodem
 - Oppervlaktewater
 - bodemopbouw onvoldoende bekend
 - concentratiegebieden (glas)tuinbouw
- Grondwatergebruik (> 10.000 m3/jaar)**
- overig: beregning, koelwater, bronbemaling etc.
 - brijnlozing/beregning na osmosebehandeling
 - KWO (koude-/warmteopslag)
 - hoeveelheid onbekend

type infiltratiesysteem	benodigde hectare bij 200 mm opvang per jaar	minimaal infiltratie debiet per jaar (m3)
klein	< 10 ha	< 18.000
gemiddeld	10 - 20 ha	18.000 - 36.000
middelgroot	20 - 45 ha	36.000 - 90.000
groot	45 - 90 ha	90.000 - 180.000
zeer groot	> 90 ha	> 180.000

Brondata voor analyse:
 - bodemopbouw (REGISII);
 - grondwaterstroming (REGIS I);
 - chlorideconcentratie (Deltares, 2012).
 - Grondwatergebruiker (Provincie/ Waterschap 2011) winpakket onbekend;
 - Beschermingsgebieden (Provincie 2012).

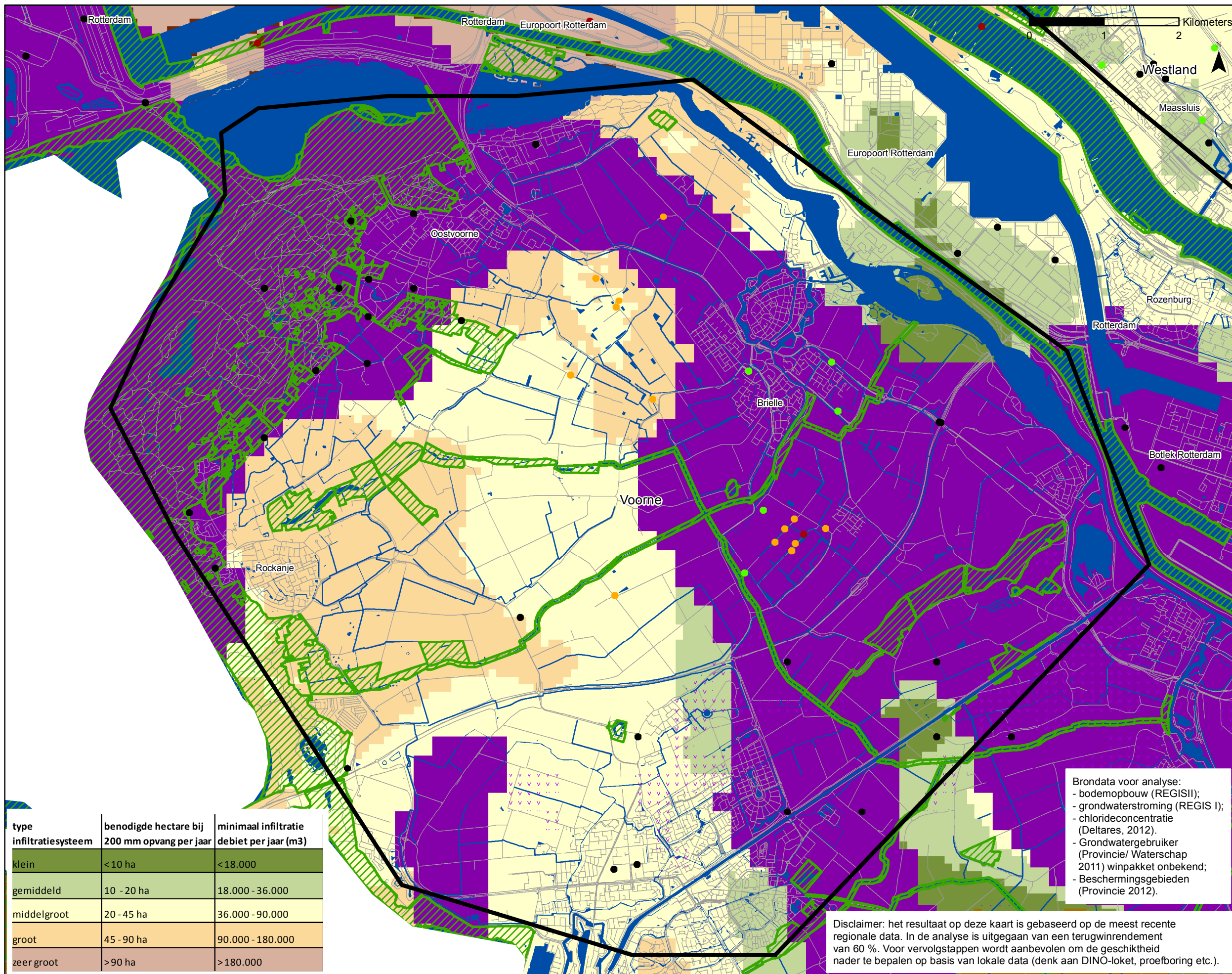
Disclaimer: het resultaat op deze kaart is gebaseerd op de meest recente regionale data. In de analyse is uitgegaan van een terugwinrendement van 60 %. Voor vervolgstappen wordt aanbevolen om de geschiktheid nader te bepalen op basis van lokale data (denk aan DINO-loket, proefboring etc.).



Projectnaam: Zoetwaterberging
 Opdrachtgever: Provincie Zuid-Holland
 Projectnummer: A309597
 Opgesteld door: A. van Doorn
 Versie: definitief, datum: 8-11-2013



KAART 9 - Mogelijkheden ondergrondse waterberging in Voorne



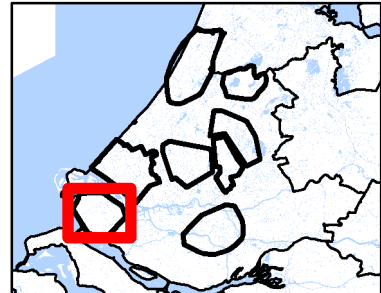
Legenda

- Mogelijkheden waterberging**
- klein- tot zeer grote infiltratiesystemen
 - gemiddeld - tot zeer grote infiltratiesystemen
 - middelgroot- tot zeer grote infiltratiesystemen
 - grote tot zeer grote infiltratiesystemen
 - zeer grote infiltratiesystemen
- Geen mogelijkheden**
- watervoerende pakket te dun (< 7m)
 - risico bodempbarsting
- Aandachtsgebieden**
- EHS (ecologische hoofdstructuur)
 - grondwaterbeschermingsgebied
 - veenbodem
 - Oppervlaktewater
 - bodemopbouw onvoldoende bekend
 - concentratiegebieden (glas)tuinbouw
- Grondwatergebruik (> 10.000 m3/jaar)**
- overig: beregening, koelwater, bronbemaling etc.
 - brijnlozing/beregening na osmosebehandeling
 - KWO (koude-/warmteopslag)
 - hoeveelheid onbekend

type infiltratiesysteem	benodigde hectare bij 200 mm opvang per jaar	minimaal infiltratie debiet per jaar (m3)
klein	< 10 ha	< 18.000
gemiddeld	10 - 20 ha	18.000 - 36.000
middelgroot	20 - 45 ha	36.000 - 90.000
groot	45 - 90 ha	90.000 - 180.000
zeer groot	> 90 ha	> 180.000

Brondata voor analyse:
 - bodemopbouw (REGISII);
 - grondwaterstroming (REGIS I);
 - chlorideconcentratie (Deltares, 2012).
 - Grondwatergebruiker (Provincie/ Waterschap 2011) winpakket onbekend;
 - Beschermingsgebieden (Provincie 2012).

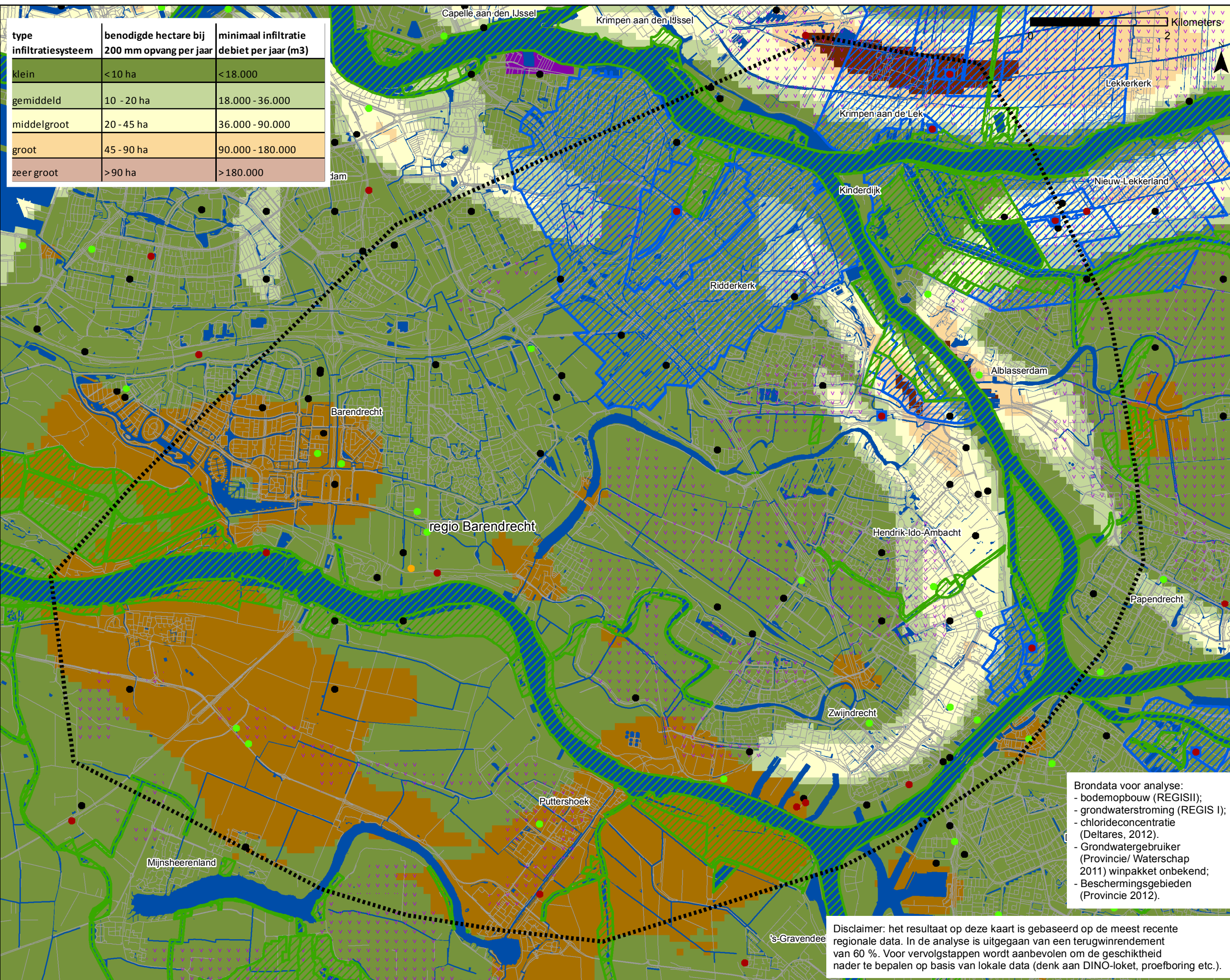
Disclaimer: het resultaat op deze kaart is gebaseerd op de meest recente regionale data. In de analyse is uitgegaan van een terugwinrendement van 60 %. Voor vervolgstappen wordt aanbevolen om de geschiktheid nader te bepalen op basis van lokale data (denk aan DINO-loket, proefboring etc.).



Projectnaam: Zoetwaterberging
 Opdrachtgever: Provincie Zuid-Holland
 Projectnummer: A309597
 Opgesteld door: A. van Doorn
 Versie: definitief, datum: 8-11-2013



KAART 10 - Mogelijkheden ondergrondse waterberging in regio Barendrecht



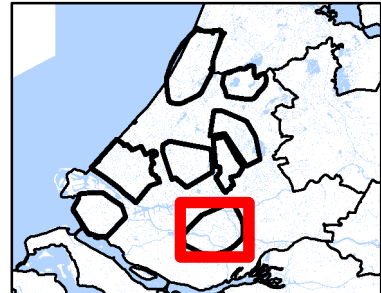
type infiltratiesysteem	benodigde hectare bij 200 mm opvang per jaar	minimaal infiltratie debiet per jaar (m3)
klein	< 10 ha	< 18.000
gemiddeld	10 - 20 ha	18.000 - 36.000
middelgroot	20 - 45 ha	36.000 - 90.000
groot	45 - 90 ha	90.000 - 180.000
zeer groot	> 90 ha	> 180.000

Legenda

- Mogelijkheden waterberging**
- klein- tot zeer grote infiltratiesystemen
 - gemiddeld - tot zeer grote infiltratiesystemen
 - middelgroot- tot zeer grote infiltratiesystemen
 - grote tot zeer grote infiltratiesystemen
 - zeer grote infiltratiesystemen
- Geen mogelijkheden waterberging**
- watervoerende pakket te dun (< 7m)
 - risico bodempopbarsting
- Aandachtsgebieden waterberging**
- EHS (ecologische hoofdstructuur)
 - grondwaterbeschermingsgebied
 - veenbodem
 - Oppervlaktewater
 - bodemopbouw onvoldoende bekend
 - overige gebieden met tuinbouw
- Grondwatergebruik (> 10.000 m3/jaar)**
- overig: beregning, koelwater, bronbemaling etc.
 - brijnlozing/beregning na osmosebehandeling
 - KWO (koude-/warmteopslag)
 - drinkwater
 - hoeveelheid onbekend

Brondata voor analyse:
 - bodemopbouw (REGISII);
 - grondwaterstroming (REGIS I);
 - chlorideconcentratie (Deltares, 2012).
 - Grondwatergebruiker (Provincie/ Waterschap 2011) winpakket onbekend;
 - Beschermingsgebieden (Provincie 2012).

Disclaimer: het resultaat op deze kaart is gebaseerd op de meest recente regionale data. In de analyse is uitgegaan van een terugwinrendement van 60 %. Voor vervolgstappen wordt aanbevolen om de geschiktheid nader te bepalen op basis van lokale data (denk aan DINO-loket, proefboring etc.).



Projectnaam: Zoetwaterberging
 Opdrachtgever: Provincie Zuid-Holland
 Projectnummer: A309597
 Opgesteld door: A. van Doorn
 Versie: definitief, datum: 8-11-2013

