

Notitie

Aan : Gemeente Apeldoorn, t.a.v. de heer J. Koppejan
Van : KWA Bedrijfsadviseurs B.V.
Datum : 10 juli 2025
Kenmerk : 32736/4505400DR01/JHG/JHA/AV
Onderwerp : Quicksan Warmte-Rotonde deelgebieden Centrum Apeldoorn

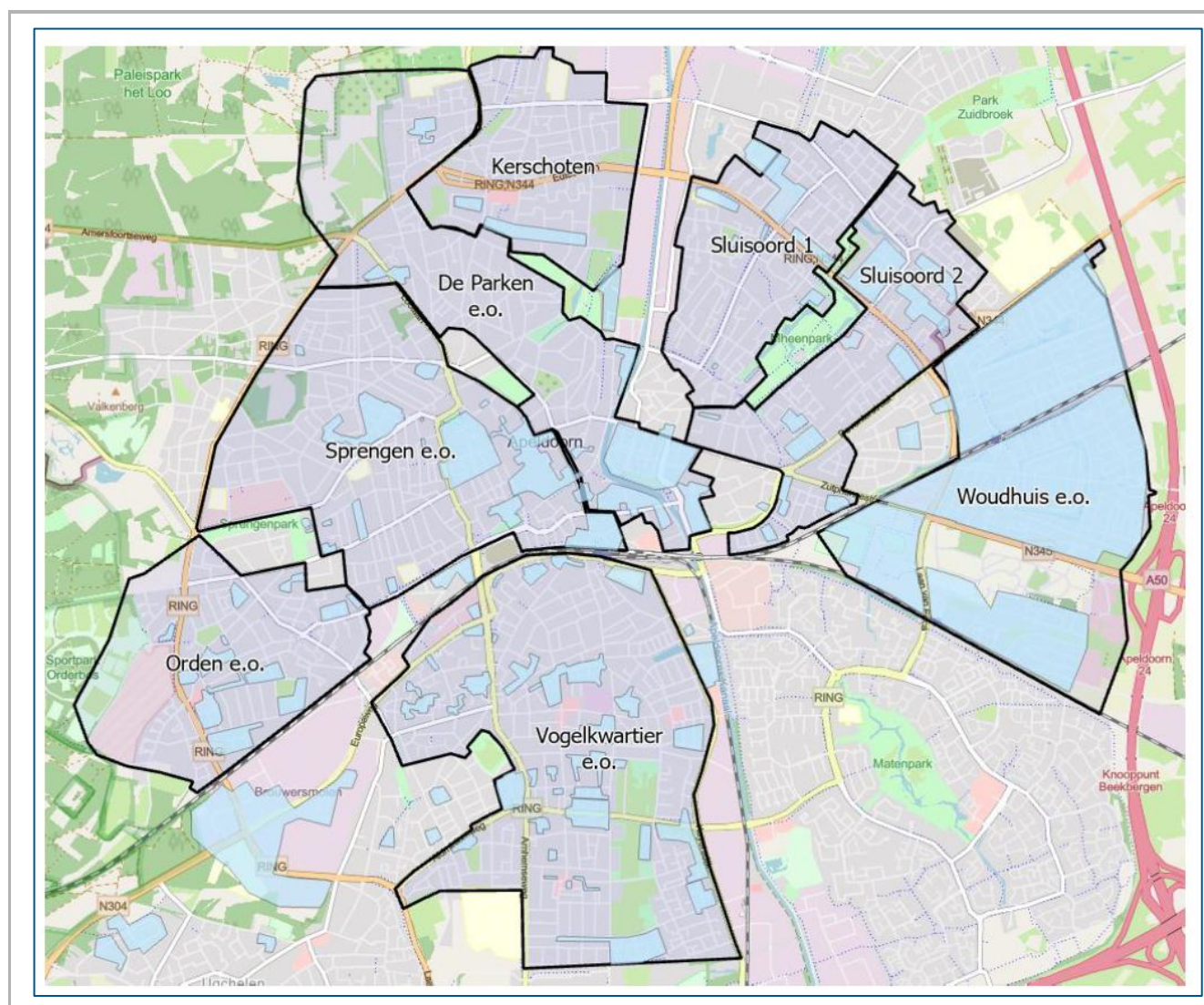
1 Inleiding

In het stadscentrum van Apeldoorn gaan de komende jaren veel ontwikkelingen plaatsvinden, waarbij verduurzaming van bebouwing een belangrijk thema is. Zowel voor nieuwbouw als voor de bestaande bouw wordt gekeken naar oplossingen om Apeldoorn toekomstbestendig te maken in het kader van de energietransitie. Ten aanzien van verwarming en koeling van nieuwbouw en bestaande bebouwing, zal bodemenergie hier naar verwachting een significante rol in gaan vervullen. In 2024 is in het kader van de verduurzaming van de gebouwde omgeving een haalbaarheidsstudie uitgevoerd door RHDHV (Warmterotonde Apeldoorn, d.d. 6 augustus 2024, kenmerk: J5275-RP-0001), waarin de mogelijkheden voor een warmterotonde zijn onderzocht. Het doel van deze haalbaarheidsstudie is om te inventariseren hoe de stad Apeldoorn in de nabije toekomst van duurzame energie kan worden voorzien. In de haalbaarheidsstudie van RHDHV zijn acht deelgebieden gehanteerd, verspreid over het stadscentrum van Apeldoorn, welke ook in deze quickscan worden gehanteerd (zie figuur 1.1). Er wordt voor deze acht deelgebieden in deze quickscan specifiek gekeken naar de mogelijkheden om in de energiebehoefte te voorzien met open bodemenergiesystemen. Met andere woorden, per deelgebied wordt een omschrijving gemaakt van een potentiebepaling voor toepassing van open bodemenergiesystemen. Daarnaast wordt voor drie gebieden in het oosten van Apeldoorn op vergelijkbare wijze de potentie van Hoge Temperatuur Opslag (HTO) beoordeeld. Deze potentiebepaling kan als onderlegger worden gebruikt voor het opstellen van het beleid en wijkuitvoeringsplannen.

Beschouwde deelgebieden voor mogelijke inrichting met bodemenergie (WKO- en of recirculatie-systemen)

- 1. Vogelkwartier e.o.
- 2. Orden e.o.
- 3. Sprengen e.o.
- 4. De Parken e.o.
- 5. Kerschoten
- 6. Sluisoord 1
- 7. Sluisoord 2
- 8. Woudhuis e.o.

Figuur 1.1: verschillende deelgebieden binnen Apeldoorn stadscentrum (deelgebieden 1 t/m 8), voor KWO/recirculatiesystemen



Aanhakend op de rapportage van RHDHV, is KWA bedrijfsadviseurs B.V. gevraagd om door middel van een second opinion, een kwalitatieve inschatting te maken van de bodempotentie voor de toepassing van bodemenergie. Hierbij ligt de nadruk op de haalbaarheid van grote opslagdoubletten (KWO-systemen). Ter aanvulling zijn ook de mogelijkheden voor kleine tot middelgrote opslagdoubletten en recirculatie-doubletten geïnventariseerd en meegenomen in de beoordeling van de bodempotentie.

Het onderscheid tussen de bodemenergiesystemen met verschillende grootte, wordt gemaakt door middel van de volgende categorieën:

- Klein systeem: capaciteit < 50 m³/uur
- Middel systeem: capaciteit 50-100 m³/uur
- Groot systeem: capaciteit > 100 m³/uur

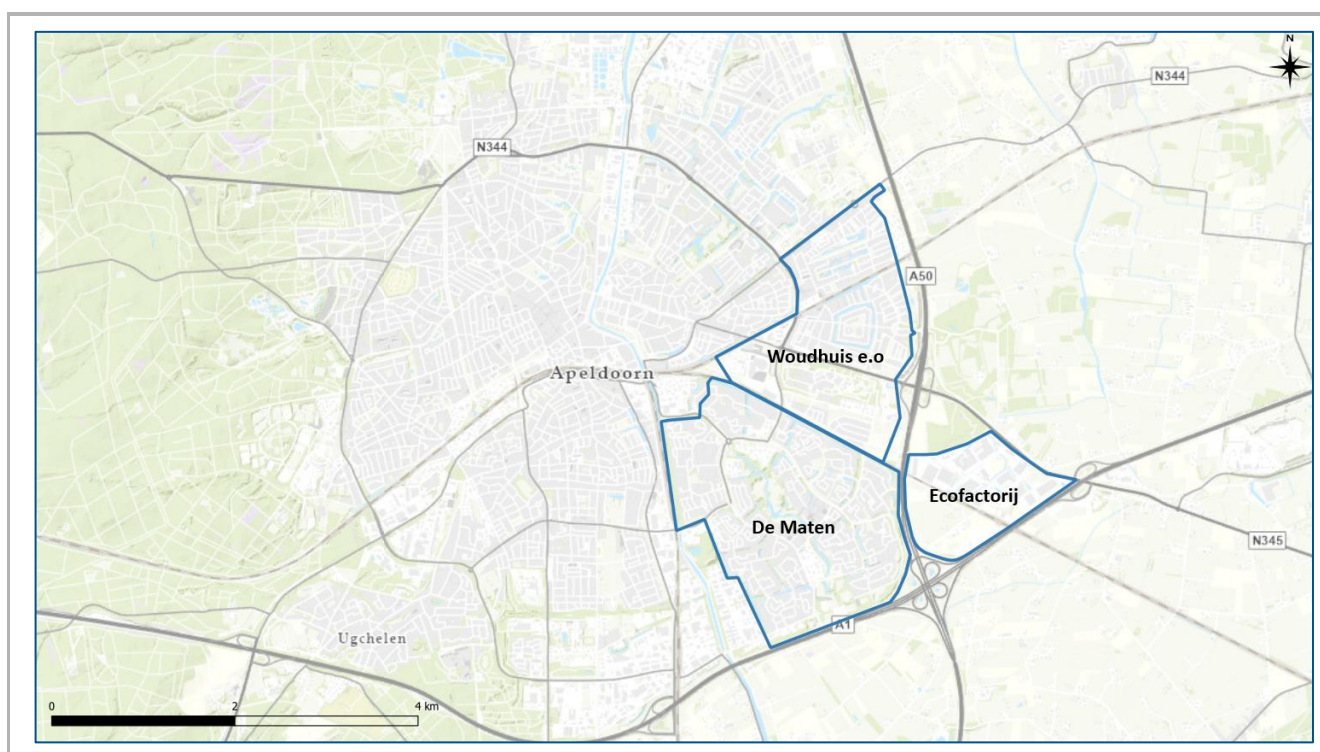
Door middel van een infographic en kaartbeelden is visueel inzichtelijk gemaakt wat de mogelijkheden zijn voor verschillende typen open bodemenergiesystemen en welke aandachtspunten er zijn bij toekomstige invulling van de energiebehoefte met deze open bodemenergiesystemen.

Aanvullend is een kwalitatieve inschatting gemaakt van de bodempotentie voor hoge temperatuur opslag (HTO) voor drie deelgebieden in het oosten van Apeldoorn, zie figuur 1.2. Het gaat om de volgende gebieden:

Beschouwde deelgebieden voor inrichting met hoge temperatuuropslag:

- 8. Woudhuis e.o.
- 9. Ecofactorij
- 10. De Maten

Figuur 1.2: verschillende deelgebieden binnen Apeldoorn stadscentrum (deelgebieden 8 t/m 10), voor Hoge Temperatuuropslag



2 Ondergrond

In hoofdstuk 2 worden de belangrijkste eigenschappen van de bodem onder Apeldoorn samengevat. Om de potentie van de bodem voor de toepassing van bodemenergie en HTO te kunnen beoordelen zijn de belangrijkste geohydrologische aspecten per deelgebied beschreven in bijlagen 1 t/m 8.

2.1 Bodemopbouw Apeldoorn

De bodemopbouw en de geohydrologische situatie in Apeldoorn is weergegeven in tabel 2.1. Twee geohydrologische dwarsprofielen volgens REGIS-II zijn opgenomen in figuur 2.1 en figuur 2.2. De bodemopbouw is naast REGIS-II, afgeleid uit boorbeschrijvingen aanwezig in het DINOlaket (TNO-NITG) en boorbeschrijvingen van bestaande systemen in de gemeente Apeldoorn.

Lokaal zijn duidelijke verschillen in de bodemopbouw onder Apeldoorn op te merken:

De deklaag, bestaande uit de formatie van Boxtel, is vrijwel onder geheel Apeldoorn aanwezig. Onder de deklaag neemt de complexiteit van de bodemopbouw toe. Apeldoorn bevindt zich immers langs de oostelijke uitloper van de Veluwe. De Veluwe is een landmassa, omhooggestuwd door glaciale afzettingen uit de laatste ijstijd. In het westen zijn deze gestuwde pakketten terug te zien in figuur 2.1 en figuur 2.2 (in grijs weergegeven). Deze gestuwde pakketten wiggen uit naar het oosten. Gestuwde pakketten zijn complexe geohydrologische eenheden, waarbinnen de korrelgrootte van het zand lokaal erg kan variëren en waarbinnen scheef gestelde kleischotten kunnen voorkomen. Gezien de variërende en onvoorspelbare kwaliteit van de gestuwde pakketten, worden deze doorgaans niet bijzonder geschikt geacht voor de toepassing van open bodemenergiesystemen. In het geval er zorgvuldige analyse van de kwaliteit van gestuwde pakketten (uit boorbeschrijvingen en/of proefboringen) beschikbaar is, kan filterstelling in gestuwde pakketten worden overwogen.

In het noorden van Apeldoorn bevindt de formatie van Kreftenheye zich boven de gestuwde pakketten. De formatie van Kreftenheye neemt af in zuidelijke richting, en onder ter hoogte van het stadscentrum van Apeldoorn wigt deze volledig uit. Daar waar de formatie van Kreftenheye aanwezig is, bestaat deze uit een zandige bovenlaag en een kleiige onderlaag. Ook in het oosten is de formatie van Kreftenheye aanwezig. Deze wigt uit in westelijke richting en is ter hoogte van Sprengenbos/Driehuizen nagenoeg niet meer aanwezig. De zandige bovenlaag van de formatie van Kreftenheye wordt als onderdeel van het eerste watervoerende pakket beschouwd. Onder de kleiige onderlaag van de formatie van Kreftenheye is lokaal (in het oosten en zeer beperkt in het noorden) de (dunne) kleiige formatie van Drenthe aanwezig.

Onder de complexe gestuwde afzettingen en de formatie van Drenthe bevindt zich het tweede watervoerende pakket, bestaande uit (onder andere) de formatie van Peize en Waalre. De formatie van Peize en Waalre wigt uit in oostelijke richting, met een dikte van circa 90 meter in het westen tot circa 10 meter in het oosten. In zuidelijke richting is de dikte van het de formatie van Peize en Waalre consistent; tussen de 50 en 100 meter dik.

Onder de formatie van Peize en Waalre bevindt zich de formatie van Maassluis. Deze formatie kenmerkt zich doorgaans door de afwisseling van zand- en kleilagen. Onder Apeldoorn bestaat de formatie van Maassluis uit twee zandige lagen, met daartussenin een kleilaag. Er is daarom geen duidelijk onderscheid te maken tussen de zanden van Peize Waalre en de bovenste zanden van Maassluis. Derhalve worden de bovenste zanden van de formatie van Maassluis als onderdeel van het tweede watervoerende pakket beschouwd. De formatie van Maassluis onder Apeldoorn is over het algemeen vrij consistent in dikte (circa 55 meter). De bovenzijde van de formatie van Maassluis bevindt zich in het westen op grotere diepte (NAP -175 meter) dan in het oosten (NAP -135 meter). Onder de onderste zandlaag van Maassluis bevindt zich de formatie van Oosterhout. Deze bestaat hoofdzakelijk uit kleilagen en zeer fijne (klei-houdende) zanden.

Er wordt geconstateerd dat de kwaliteit (doorlatendheid en dikte) van het tweede watervoerend pakket (Peize en Waalre + bovenste zandlaag Maassluis) en het derde watervoerend pakket (restant Maassluis en fijne zanden Oosterhout) lokaal verschilt. Op basis van voorgaande studies in regio Apeldoorn wordt het tweede watervoerend pakket het meest geschikt geacht voor toepassing van een open bodemenergiesystemen, deze is immers het dikste en bestaat uit grovere zanden.

In deze quickscan is aanvullend de lokale bodemopbouw per deelgebied beschouwd. In bijlagen 1 t/m 8 is in detail de bodemopbouw per deelgebied beschreven, waarbij extra aandacht is besteed aan de geschikte watervoerende pakketten. Voor een algemeen beeld van de bodemopbouw onder Apeldoorn, kan de onderstaande schematisatie worden gebruikt, waarbij wordt opgemerkt dat de nuances van de lokale verschillen in dikte van formaties in tabel 2.1 niet direct evident zullen zijn.

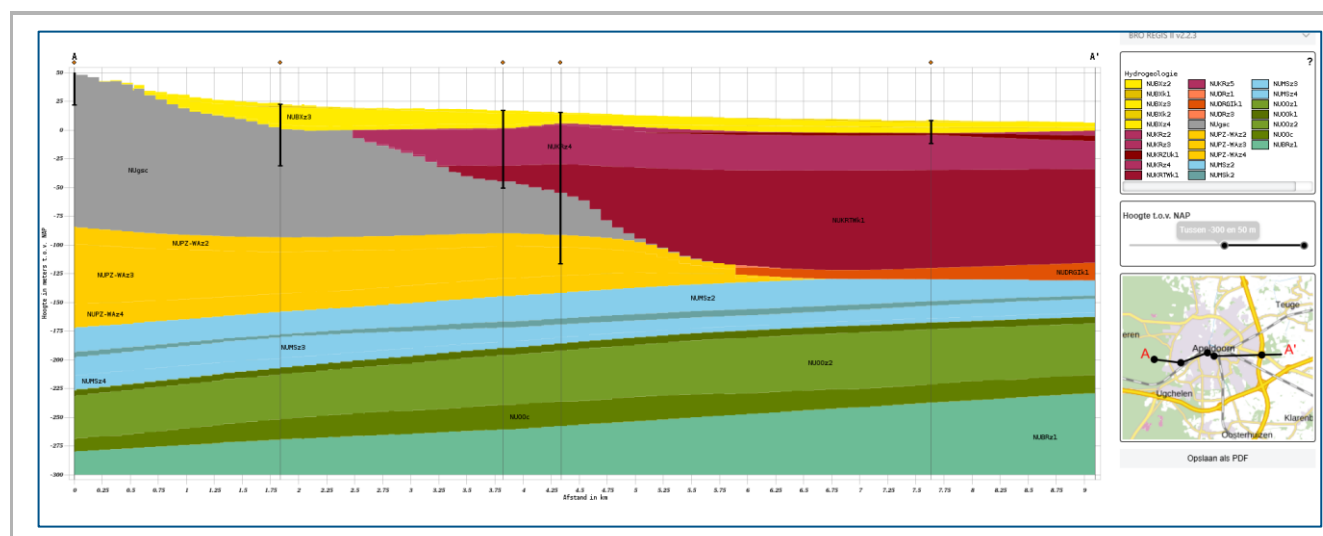
Tabel 2.1: globale geohydrologische schematisatie Apeldoorn

Diepte (m-mv)*	Lithologie	Geohydrologische situatie	k (m/d)	kD (m ² /dag)	c (d)
0-52	Zand, grind, afgewisseld met klei en veen (Formaties van Bostel en Kreftenheye)	Deklaag en WVP 1	44	2.288	-
52-75**	Klei (Formatie van Kreftenheye)	Scheidende laag	-	-	> 10.000
75-115	Gestuwde Afzettingen	Complexe geohydrologische formatie	Onbekend	Onbekend	Onbekend
115-155	Zanden (Formatie van Peize en Waalre)	WVP 2 - Deel 1	40	1.800	-
155-180	Zanden (Formatie van Maassluis)	WVP 2 - Deel 2	20	275	-
180-190	Klei (Formatie van Maassluis)	Scheidende laag	-	-	2.100
190-275	Zanden, afgewisseld met klei (Formaties van Maassluis en Oosterhout)	WVP 3	5	425	-
> 275	Klei en zeer fijn zand (Formatie van Breda)	Geohydrologische basis	-	-	> 10.000

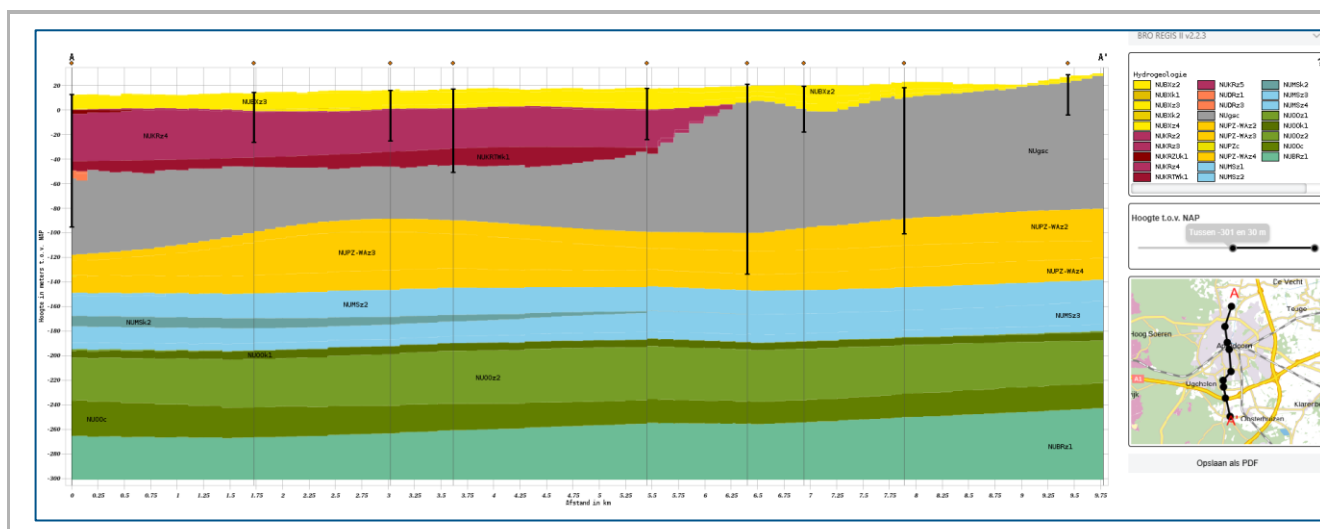
* maaiveldhoogte neemt sterk af in oostelijke richting (weg van de Veluwe). Ter hoogte van het centrum in Apeldoorn (stationsplein) is deze circa NAP +15 m

** de aanwezigheid en dikte van de eerste kleilaag varieert sterk door het gebied

Figuur 2.1: west-oost profiel centrum Apeldoorn, met de formatie van Kreftenheye in rood, de gestuwde afzettingen in grijs, de zanden van Peize en Waalre in geel en formatie van Maassluis in lichtblauw



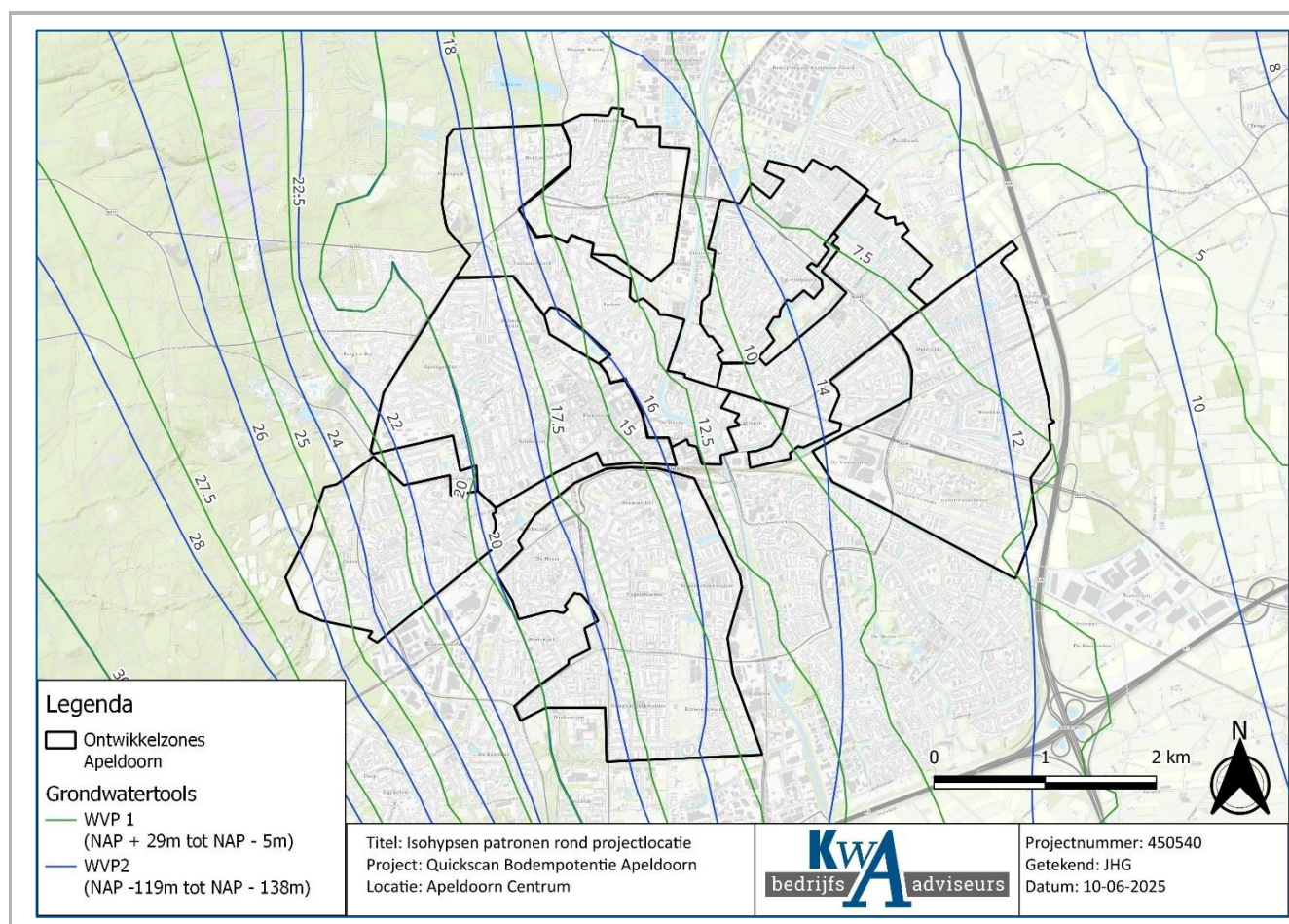
Figuur 2.2: noord-zuid profiel centrum Apeldoorn, met de formatie van Kreftenheye in rood, de gestuwde afzettingen in grijs, de zanden van Peize en Waalre in geel en formatie van Maassluis in lichtblauw



2.2 Geohydrologie en grondwaterstromsnelheid

In figuur 2.3 is de geohydrologische situatie ter plaatse van Apeldoorn weergegeven aan de hand van isohypsen patronen voor het eerste en tweede watervoerende pakket. De gegevens zijn gebaseerd op data van de website grondwatertools.nl.

Figuur 2.3: isohypsen patronen voor WVP1 en WVP 2 - Apeldoorn



Grondwaterstroming

Geohydrologisch is onder de regio Apeldoorn sprake van een complexe situatie. Vanuit het westen infiltreert, op de hoger gelegen zandgronden van de Veluwe, zuurstofrijk water. Dit water verspreidt zich naar de dieper gelegen zandlagen en verplaatst zich naar het noordwesten, richting het IJsseldal. Doordat de zandlagen onder Apeldoorn in verbinding staan met de hoger gelegen zandlagen onder de Veluwe, is lokaal sprake van kweldruk. Dit wil zeggen dat de waterdruk (stijghoogte) in de dieper gelegen zandlagen groter is dan die in de ondiepere lagen. Lokaal varieert deze kweldruk. In het westen van het gebied bevinden de isohypsen zich dichter bij elkaar en is de grondwaterstroomsnelheid hoger dan in het oosten. Dit komt omdat in het westen de invloed van de gestuwde pakketten (waarbinnen het water afstroomt in oostelijke richting) meer aanwezig is. De grondwater stroomsnelheden zullen binnen de verschillende deelgebieden dus van elkaar verschillen (variërend van 5 tot > 200 meter per jaar, afhankelijk van locatie en het betreffende watervoerende pakket). Er wordt opgemerkt dat met betrekking tot de potentie van open bodemenergiesystemen er een onderscheid wordt gemaakt in beoordeling;

- Bij grondwaterstroomsnelheden kleiner dan 125 meter per jaar worden WKO-systemen *geschikt* geacht. Bij grondwaterstroomsnelheden groter dan 125 meter per jaar, worden WKO-systemen *matig* geschikt geacht.

Artesisch water

Op veel plekken in Apeldoorn is de stijghoogte in de watervoerende pakketten nagenoeg gelijk, of iets hoger dan de maaiveldhoogte. Dit houdt in dat bij de realisatie van open bodemenergiesystemen het risico bestaat op artesisch water. Hiermee dient dus bij de realisatie van open bodemenergiesystemen rekening te worden gehouden.

2.3 Grondwaterkwaliteit

De grondwaterkwaliteit is ingeschat met behulp van:

- Waterkwaliteitsgegevens uit DINOloket.
- Kaart van het brak/zout grensvlak uit REGIS-I.

Chlorideconcentratie

Op basis van de gegevens uit REGIS-I bevindt de overgang van zoet naar zout grondwater (1.000 mg Cl/l) zich op grote diepte, vanaf circa NAP -223 meter (circa 228 tot 268 m-mv). Hierbij zijn het eerste en het tweede watervoerend pakket binnen het projectgebied Apeldoorn Zuidrand, volledig zoet.

Gashoudendheid

Vanwege de aanwezigheid van veenlagen in de ondergrond moet met name in het eerste watervoerende pakket rekening worden gehouden met verhoogde gasgehaltenes.

Grondwatertemperatuur

In Apeldoorn wordt de grondwatertemperatuur aan maaiveld op ongeveer 10 °C geschat. De temperatuur loopt in de diepte op, rond 100 m-mv, wordt geschat dat de bodemtemperatuur rond de 11 à 12 °C ligt.

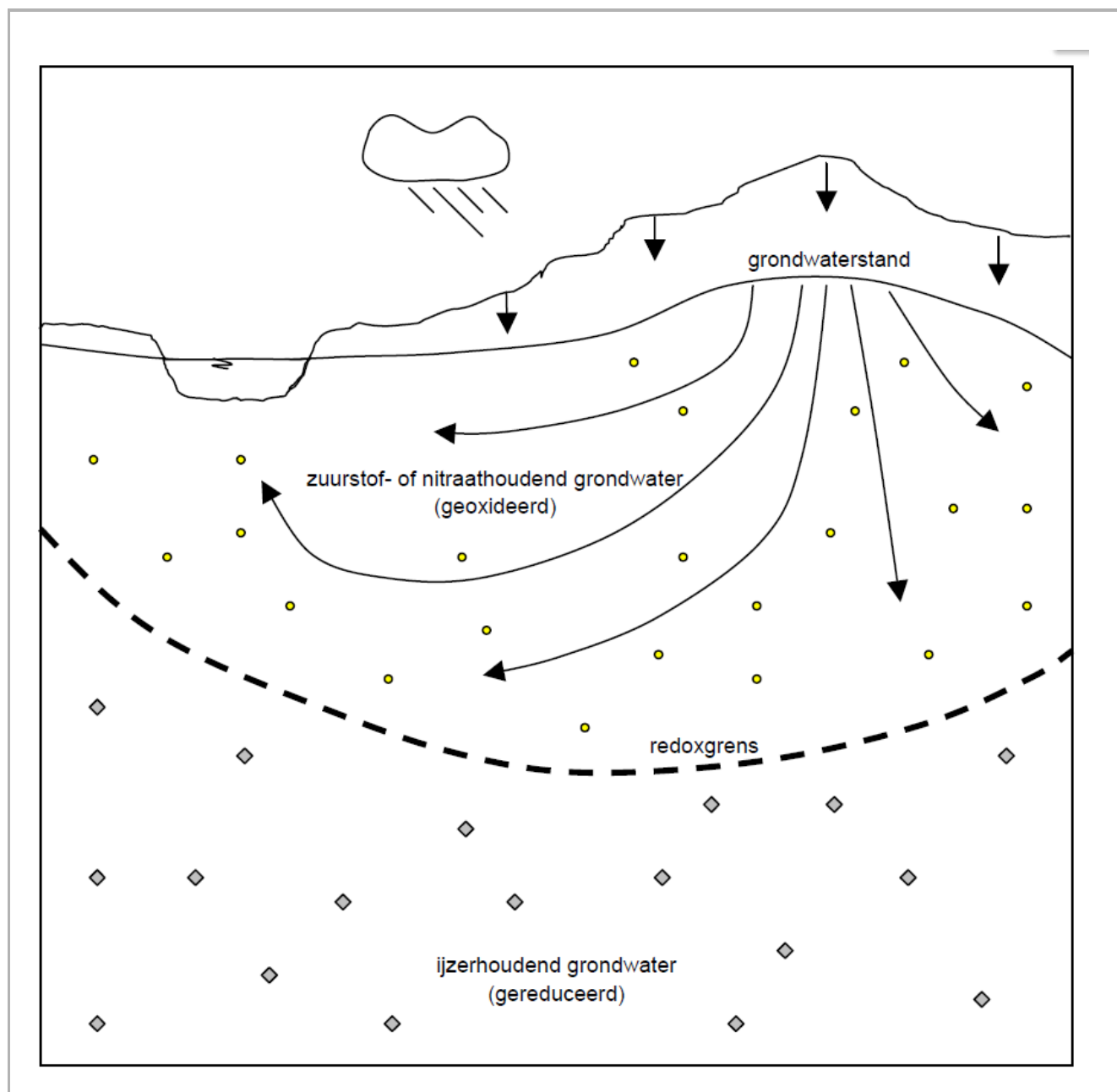
Redoxsituatie – Apeldoorn

Vanwege de infiltratie van zuurstofrijk regenwater op de Veluwe, de zandige bodemopbouw en de significante grondwaterstroming in noordoostelijke richting, is de redoxsituatie in Apeldoorn complex. Hieronder wordt het algemene beeld onder Apeldoorn geschetst, op basis van het rapport *Combinatie bodemenergie, sanering en wateroverlastbestrijding in Apeldoorn, kenmerk 2/553078/MaK, IF Technology, 2007* en de bevindingen vanuit de vergunningen en de gebruiksgegevens van bestaande open systemen. Benadrukt wordt dat het voorspellen van de redoxsituatie, als gevolg van de complexe geohydrologie, locatieafhankelijk is. Daarom moet het inschatten van de redoxsituatie voor elk nieuw bodemenergiesystemen een belangrijk aandachtspunt zijn.

Een redoxgrens is een overgang tussen ijzerhoudend grondwater en zuurstof/nitraat-houdend grondwater. In de gemeente Apeldoorn is dit verschijnsel zeer belangrijk voor de toepassing van energieopslag. In figuur 2.4 is een schets opgenomen van de redoxgrens. Uit figuur 2.4 blijkt dat neerslag (regen of sneeuw) in de bodem infiltreert. Neerslag bevat opgeloste gassen uit de atmosfeer, waaronder stikstof en zuurstof. In gebieden met zandige bodems, zoals in een groot deel van de gemeente Apeldoorn, infiltreert dit zuurstofhoudende water grotendeels in de bodem en bereikt het de grondwaterspiegel. Onderweg hiernaartoe kan het water ook nitraat opnemen. De belangrijkste herkomst van nitraat is de aanwezige vegetatie, micro-organismen en meststoffen. Op grotere diepte is het grondwater ijzerhoudend en zuurstofarm.

Als het opgeloste zuurstof of nitraat in aanraking komt met dit ijzer ontstaat ijzerneerslag ('ijzervlokken'), hetgeen kan leiden tot verstopping van de bronnen indien grondwater van beide waterlichamen gelijktijdig wordt aangetrokken. De verstopping treedt vervolgens vooral op in de bronnen waarin het grondwater wordt geïnfilteerd.

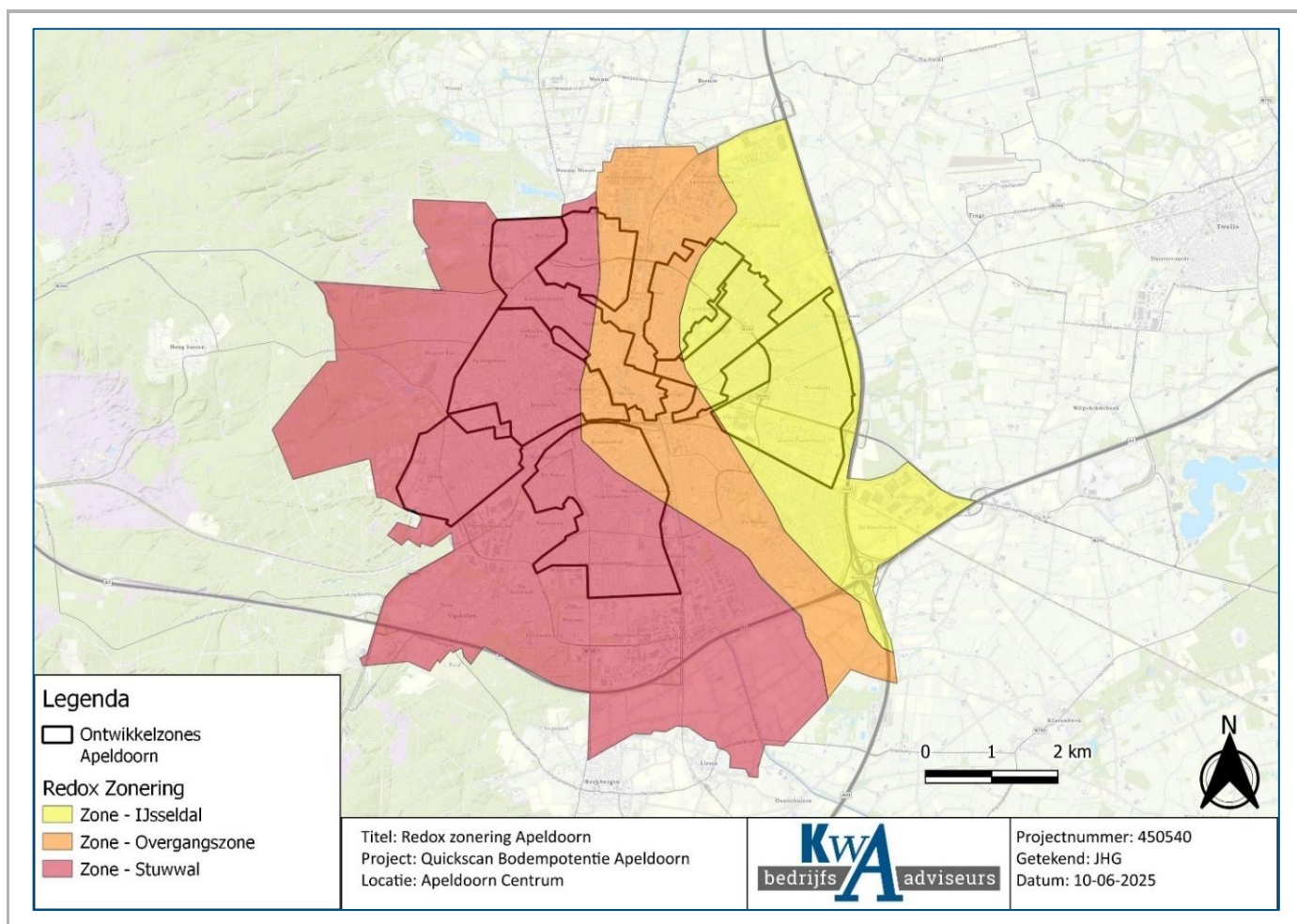
Figuur 2.4: verklarende illustratie redoxgrens, naar rapportage *Combinatie bodemenergie, sanering en wateroverlastbestrijding in Apeldoorn, kenmerk 2/553078/MaK, IF Technology, 2007*



Redoxsituatie in Apeldoorn

In figuur 2.5 zijn drie verschillende redoxzones uit het rapport uit 2007 weergegeven. De Stuwwal en de Overgangszone zijn door de relatieve hoge ligging belangrijke infiltratiegebieden, waarvan bekend is dat tot grote diepte zuurstofhoudend water kan voorkomen. Bovendien kan in deze gebieden de chemische samenstelling van het grondwater op korte afstand sterk verschillen als gevolg van de grillige verschubde bodemopbouw. Bij toepassing van energieopslag in de gestuwde formaties is in dit gebied daarom grondig vooronderzoek naar de ligging van de redoxgrens noodzakelijk. De aanzienlijke heterogeniteit van de chemische samenstelling maakt dat het risico op bronverstopping hier groot is. Uit ervaring bij de gerealiseerde energieopslagprojecten in Apeldoorn blijkt dat indien de bronfilters voldoende diep in het tweede watervoerende pakket worden gepositioneerd het risico op bronverstopping aanzienlijk kan worden beperkt. Echter, grondig vooronderzoek blijft dus een vereiste. Het IJsseldal is een kwelgebied, waardoor bronverstopping door redox daar geen rol speelt.

Figuur 2.5: voor redox relevantie driedeling van de redoxzones in Apeldoorn, naar rapportage Combinatie bodemenergie, sanering en wateroverlastbestrijding in Apeldoorn, kenmerk 2/553078/MaK, IF Technology, 2007



Om de bodempotentie in Apeldoorn te bepalen worden de redoxzoneringen uit de rapportage van G. Mak (2007) gebruikt. In algemene zin zijn de risico's op redox-gerelateerde bronverstoppingen, voor de verschillende watervoerende pakketten, onder te verdelen zoals weergegeven in tabel 2.2.

Tabel 2.2: risico inschatting putverstopping door redoxreacties. Ingedeeld in verschillende 'redoxzones'.

Pakket	Stuwwal	Overgangszone	IJsseldal
Freatisch pakket	Hoog risico	Hoog risico	Hoog risico
Watervoerend pakket 1	Hoog risico	Risico aanwezig	Risico aanwezig
Watervoerend pakket 2 (> 100 m-mv)	Beperkt risico	Beperkt risico	Pakket niet aanwezig
Watervoerend pakket 3	Laag risico	Laag risico	Laag risico

Aan de hand van de inventarisatie van de kwaliteit van de ondergrond, de lokale redoxsituatie, de grondwaterstroomsnelheid en de dikte van de relevante watervoerende pakketten, is een infographic gemaakt waarin de toepasbaarheid van verschillende typen bodemenergiesystemen per deelgebied zijn weergegeven. Daarbij zal het volgende onderscheid worden gemaakt voor de typering van de verschillende systemen:

- Klein systeem: capaciteit < 50 m³/uur
- Middel systeem: capaciteit 50-100 m³/uur
- Groot systeem: capaciteit > 100 m³/uur

3 Omgevingsbelangen binnen Apeldoorn Stadcentrum

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste omgevingsbelangen besproken waarmee rekening dient te worden gehouden bij de beoordeling van de bodempotentie van de verschillende deelgebieden in Apeldoorn.

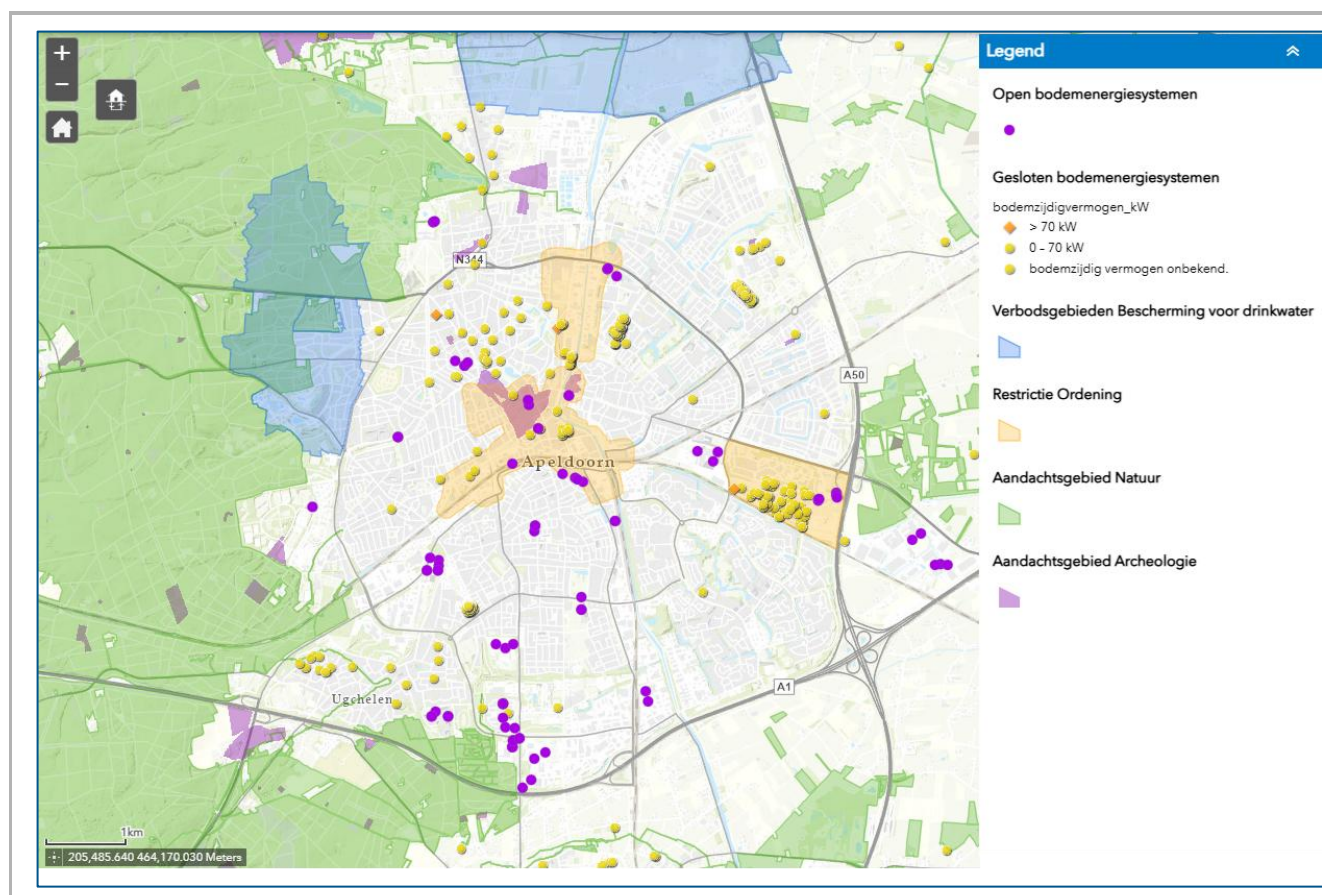
3.1 Bodemopbouw

Zoals in hoofdstuk 2 beschreven, is de bodemopbouw in de regio Apeldoorn complex en bestaat deze uit verschillende formaties. Met het oog op toekomstige toepassing van bodemenergie, dient rekening te worden gehouden met de lokale redoxsituatie; het mengen van zuurstofrijk met zuurstofarm water als gevolg van open bodemenergiesystemen dient immers te worden voorkomen, omdat er dan putverstopping door neergeslagen reactieproducten kan optreden. De trends van de verschillende 'redoxzones' in Apeldoorn worden voor de acht deelgebieden in het centrum van Apeldoorn behandeld in bijlagen 1 t/m 8.

3.2 Reeds aanwezige bodemenergiesystemen

Er zijn diverse open en gesloten bodemenergiesystemen geregistreerd en gerealiseerd binnen het stadscentrum van Apeldoorn. Bij de realisatie van een nieuw bodemenergiesysteem dient er rekening te worden gehouden met de reeds aanwezige bodemgebruikers. Volgens het huidige wettelijk kader moet negatieve thermische interferentie worden voorkomen. In figuur 3.1 is een overzicht weergegeven uit de WKO-tool, waarin verschillende typen systemen zijn weergegeven.

Figuur 3.1: stadscentrum Apeldoorn met omgevingsbelangen uit WKO-tool (d.d. 3-6-2025)



3.3 Natuurgebieden en aardkundige waarden

Binnen Apeldoorn zijn enkele gebieden aangeduid als 'natuurgebied' en/of als 'aardkundige waarde'. Het deelgebied Orden e.o. lijkt voor een gedeelte te overlappen met een gekarteerd natuurgebied. Er wordt niet verwacht dat dit de toekomstige inrichting van bodemenergie significant zal beïnvloeden. Vanuit het beleid van de provincie Gelderland zijn er immers geen beperkingen voor open bodemenergiesystemen binnen dergelijke gebieden, indien kan worden aangetoond dat het (natuurlijk) landschap(beeld) niet wordt aangetast als gevolg van een open bodemenergiesystemen. Aangezien de ingreep voor open bronnen aan het maaiveld zich beperkt tot de putbehuizing van de bronnen en ondiep leidingwerk wordt niet verwacht dat er beperkingen worden opgelegd voor het realiseren van open bronnen. Daarnaast dient in de vergunningstrajecten, per aanvraag van een nieuw open bodemenergiesystemen, te worden aangetoond dat er geen ontoelaatbare beïnvloeding van het freatisch grondwater (en daarmee mogelijk beïnvloeding van flora, fauna, en oppervlaktewater) optreedt.

3.4 Archeologische waarden en Rijksmonumenten

Binnen het centrum van Apeldoorn zijn diverse archeologische terreinen en rijksmonumenten bekend. In de effectenstudies van nieuwe systemen moet worden aangetoond dat er geen ontoelaatbare beïnvloeding plaatsvindt van het freatisch grondwater ter plaatse van deze archeologische terreinen.

3.5 Bodemverontreinigingen

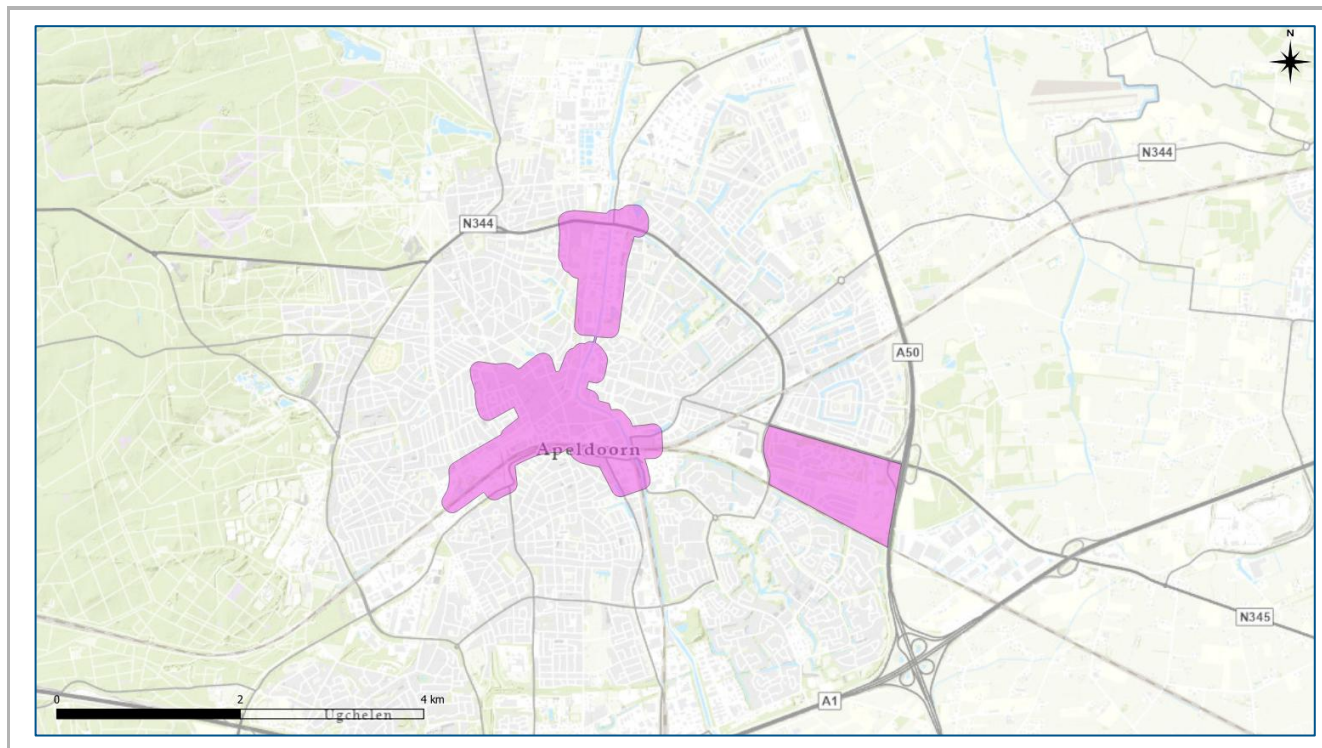
Gezien de bodemopbouw (zie paragraaf 2.1) wordt niet verwacht dat eventueel aanwezige mobiele verontreinigingen tot dieper dan het eerste watervoerende pakket zijn verspreid. Voor bodemenergiesystemen binnen het eerste watervoerend pakket wordt geadviseerd om de relevante informatie over verontreinigingen bij het bevoegd gezag op te vragen, en middels een effectenstudie te onderzoeken of een toekomstig open bodemenergiesystemen de eventueel aanwezige mobiele verontreinigingen niet zal beïnvloeden. Er is echter binnen de regio stadscentrum Apeldoorn geen aanleiding om verontreinigen binnen het tweede watervoerende pakket verwachten.

3.6 Bodemenergieplan BSK-gebied

In 2023 is voor de gemeente Apeldoorn door KWA een bodemenergieplan opgesteld (4209550DR06) waarin diverse beleidsregels zijn opgenomen voor het BSK-gebied. Daar waar het interferentiegebied (de afbakening waarvoor het bodemenergieplan actief is) overlapt met de deelgebieden uit deze quickscan, dient rekening te worden gehouden met de opgelegde ordeningsregels. De ordeningsregels met betrekking tot open bodemenergiesystemen binnen het interferentiegebied staan hieronder beschreven:

1. Een open bodemenergiesystemen moet in principe worden uitgevoerd als een opslagdoublet.
2. Het is niet toegestaan een open bodemenergiesystemen te realiseren in verschillende watervoerende pakketten.
3. Een open bodemenergiesystemen buiten interferentiegebieden, zoals bedoeld in figuur 7.1, moet zo worden ontworpen dat het effect op de grens van ieder interferentiegebied kleiner is dan 0,5K.
4. Bronnen dienen zo veel mogelijk aan te sluiten. Dit wil zeggen dat een warme bron in de omgeving van een bestaande warme bron wordt gepositioneerd en een koude bron bij een bestaande koude bron, zodat op gebiedsniveau sprake kan zijn van eventuele positieve onderlinge thermische interferentie en er meer ruimte overblijft voor toekomstige bodemenergiesystemen.
5. Koude bronnen mogen uitsluitend bovenstrooms van bestaande warme bronnen worden gepositioneerd, wanneer de thermische beïnvloeding van het nieuwe systeem op de bestaande warme bronnen kleiner is dan 0,5K.
6. Recirculatie- en monobronsystemen zijn toegestaan in het eerste watervoerende pakket (tot maximaal 80 m-mv).
7. Opslagdoubletten en monobron opslagsystemen zijn toegestaan in het tweede en derde watervoerende pakket.
8. Een monobron opslagsysteem binnen een interferentiegebied, zoals bedoeld in figuur 7.1, is slechts onder de volgende voorwaarden toegestaan:
 - 8.1. Aangetoond wordt dat het plaatsen van een monobron opslagsysteem significante voordelen heeft ten opzichte van een (collectief) opslagdoublet;
 - 8.2. Het bovenste filter van het monobron opslagsysteem dient het warme filter te zijn en het onderste filter het koude filter;
 - 8.3. Aangetoond wordt dat de afkoeling van reeds aangelegde en aangevraagde bodemenergiesystemen kleiner is dan 0,5K.
9. Bodemenergiesystemen gelegen binnen een interferentiegebied, zoals bedoeld in figuur 7.1, bereiken uiterlijk vijf jaar na de datum van ingebruikname een moment waarop de hoeveelheid koude die door het systeem aan de bodem is toegevoegd ten minste 100% en ten hoogste 115% bedraagt ten opzichte van de hoeveelheid warmte, die vanaf die datum door het systeem aan de bodem is toegevoegd. Het systeem herhaalt dit telkens uiterlijk vijf jaar na het laatste moment waarop die situatie werd bereikt.
10. Indien het redelijkerwijs niet mogelijk is aan de in dit artikel gestelde ordeningsregels te voldoen, kan worden afgeweken van deze ordeningsregels. Een onderbouwing van de afwijking moet, samen met een schriftelijke goedkeuring van de Omgevingsdienst, bij de vergunningaanvraag Waterwet worden gevoegd en ter goedkeuring aan de provincie worden voorgelegd.

Figuur 3.21: in de bovengenoemde ordeningsregels uit het bodemenergieplan wordt verwezen naar *figuur 7.1*. In onderstaande afbeelding is een representatie van deze figuur weergegeven; de roze markering betreft de het gebied waarvoor het bodemenergieplan actief is.



4 Hoge temperatuur opslag (HTO)

Als onderdeel van deze quickscan is geïnventariseerd wat de mogelijkheden zijn voor Hoge Temperatuur Opslag in drie verschillende deelgebieden in Apeldoorn. Hiervoor is wederom de bodempotentie van de deelgebieden in kaart gebracht door gedetailleerde beschouwing van de bodemopbouw (bijlage 9 t/m 11).

Hoge Temperatuur Opslag (HTO) is een techniek waarbij warmte (circa 40-90 °C) in de bodem wordt opgeslagen voor later gebruik, voornamelijk in de winter bij een hogere warmtevrage. Dit verschilt van warmte-/koudeopslag (WKO), waarbij lagere temperaturen (5-30 °C) worden gebruikt, voornamelijk voor zowel verwarming als koeling. HTO kan grotere hoeveelheden warmte opslaan dan WKO en wordt vaak gebruikt om overschotten uit duurzame bronnen (zonnearmte, restwarmte, geothermie) tijdelijk op te slaan en om op gewenste momenten te benutten. Voor een succesvol HTO-systeem, is (net als bij WKO) een geschikt watervoerend pakket nodig, waar het warme water in kan worden opgeslagen en er weer uit kan worden onttrokken. Wenselijk is echter dat er zich aan de bovenzijde van het watervoerende pakket waar de warmte in wordt opgeslagen, zich een voldoende dikke afscheidende kleilaag bevindt. Deze kleilaag dient als thermische isolator, en voorkomt het opdrijven/afvloeien van de opstijgende thermische warmte die is opgeslagen.

Er is in huidig stadium nog geen minimumvereiste voor de dikte van de afsluitende kleilaag, al zijn de effecten van verschillende diktes onderzocht als onderdeel van diverse onderzoeksprogramma's uit het Warming-Up project (www.warmingup.info). Er wordt als empirische indicatie een minimale dikte van een 10 meter dikke kleilaag geadviseerd, en er wordt daarin aangegeven dat bij kleilagen < 5 meter HTO aanzienlijke thermische risico's met zich mee brengt (i.e. de opgeslagen warmte migreert door de kleilaag heen naar bovenliggende pakketten). Daarnaast wordt in dezelfde studies het belang van een voldoende groot waterbezwaar per systeem benadrukt. Er zijn diverse projecten onderzocht, met voorbeelden van HTO-systemen met waterbezwaren tussen de 400.000 en 800.000 m³/jaar, waarbij de prestaties van de systemen duidelijk toenemen bij toenemend waterbezwaar. Kanttekening hierbij is dat het waterbezwaar ook niet onbeperkt kan zijn, omdat er rekening dient te worden gehouden met omgevingseffecten, en ter voorkoming dat de warme pluim dermate groot wordt dat effectieve terugwinning van de energie beperkt wordt. Er is in huidig stadium nog geen minimaal vereiste hoeveelheid voor het jaarlijks waterbezwaar van HTO-systemen opgelegd.

Om de bodempotentie van de drie deelgebieden te inventariseren, is (voor de uitgevoerde berekeningen) van de volgende uitgangspunten (aannames) uitgegaan:

- Er wordt uitgegaan van een ΔT van 30K
- Er moet een voldoende dikke scheidende kleilaag aanwezig zijn aan de bovenzijde van het watervoerende pakket waarbinnen filters gesteld worden (> 10 meter).
- Het systeem draait met 2.100 equivalente vollasturen per jaar.

5 Beschouwing geschiktheid ondergrond Apeldoorn voor verschillende typen bodemenergiesystemen

Aan de hand van de inventarisatie van de kwaliteit van de ondergrond, de lokale redoxsituatie, de grondwaterstroomsnelheid en de dikte van de relevante watervoerende pakketten, is een infographic gemaakt waarin de toepasbaarheid van verschillende typen open bodemenergiesystemen, per deelgebied is weergegeven (tabel 13.1). Het volgende onderscheid is gemaakt voor de typering van de verschillende systemen:

- Klein systeem: capaciteit < 50 m³/uur
- Middel systeem: capaciteit 50-100 m³/uur
- Groot systeem: capaciteit > 100 m³/uur

Aanvullend is specifiek voor de grote open bodemenergiesystemen (capaciteit > 100 m³/uur) de ingeschatte haalbaarheid in twee kaartbeelden weergegeven (voor opslagsystemen alsmede voor recirculatiesystemen), zie hiervoor figuur 13.1 en 13.2. Er wordt benadrukt dat één van de ordeningsregels uit het bodemenergieplan stelt dat binnen het interferentiegebied recirculatiesystemen binnen het tweede watervoerende pakket **niet** zijn toegestaan (ongeacht de grootte).

Opgemerkt wordt dat onderstaande infographic en kaarten grotendeels het resultaat is van een inventarisatie op basis van (geïnterpoleerde) gegevens uit het DINOLOket. Er wordt te allen tijde geadviseerd voorafgaande aan ontwikkelplannen voor nieuwe bodemenergiesystemen binnen Apeldoorn in meer detail de haalbaarheid per projectlocatie te onderzoeken. Hierbij kan het uitvoeren van proefboringen en aanvullend onderzoek naar de grondwaterstroomsnelheid en -kwaliteit van significante meerwaarde zijn.

Tabel 5.1: overzicht deelgebieden en een inschatting van de geschiktheid van verschillende typen bodemenergiesystemen.

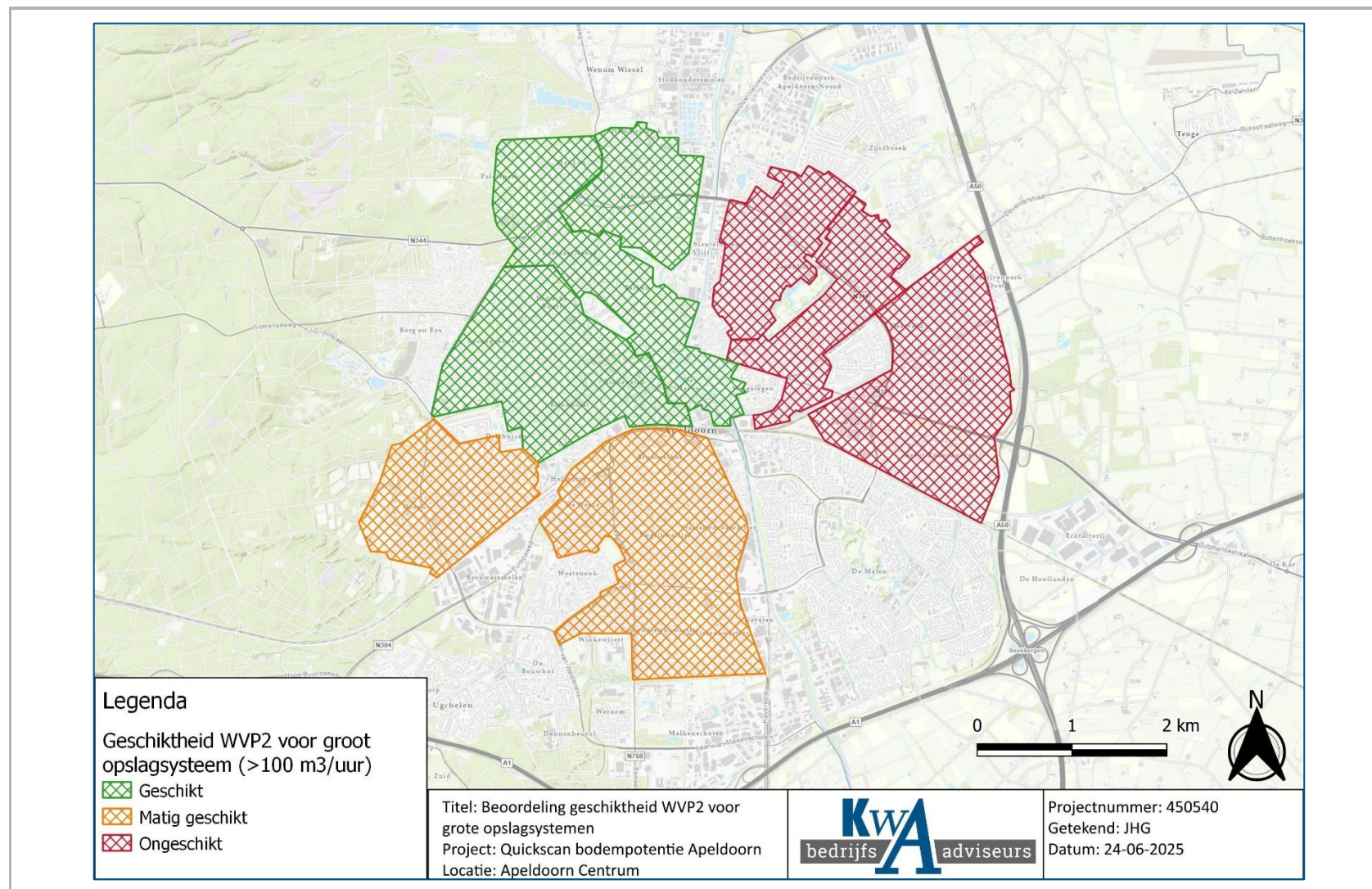
Rood = niet geschikt, oranje = matig geschikt, groen = geschikt.

	Eerste watervoerende pakket						Tweede watervoerende pakket					
	Opslagsysteem			Recirculatiesysteem			Opslagsysteem			Recirculatiesysteem ⁶		
	Klein	Middel	Groot	Klein	Middel	Groot	Klein	Middel	Groot	Klein	Middel	Groot
Deelgebied 1. Vogelkwartier	 ₁			 ₁								
Deelgebied 2. Orden e.o.												
Deelgebied 3. Sprengen e.o.	 ₂											
Deelgebied 4. Parken e.o.	 ₃											
Deelgebied 5. Kerschoten	 ₄	 ₄										
Deelgebied 6. Sluisoord 1												
Deelgebied 7. Sluisoord 2												
Deelgebied 8. Woudhuis	 ₅	 ₅										

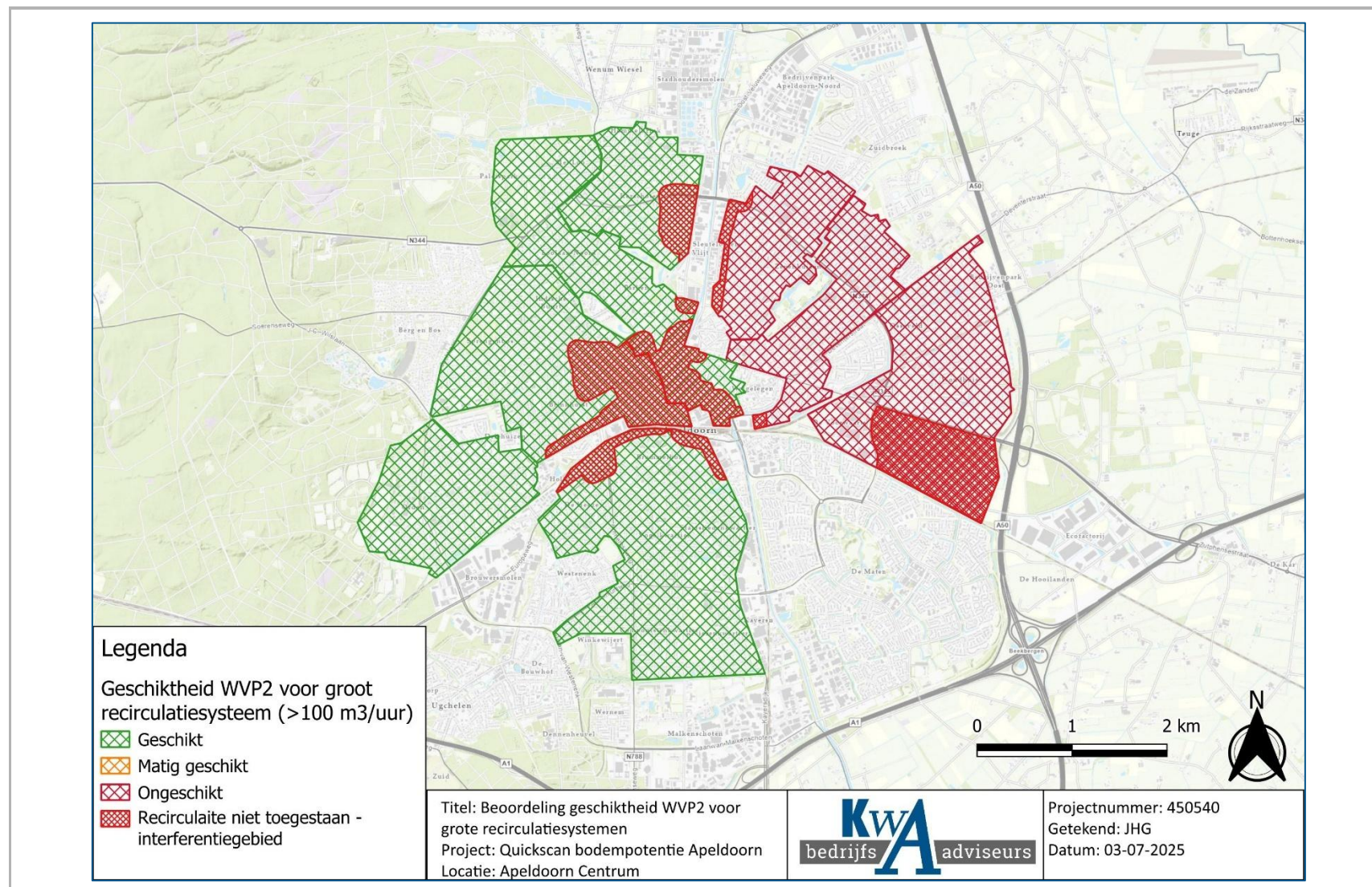
1. In circa 20% binnen het noordoosten van het deelgebied (overgangszone), zijn kleine opslagsystemen *matig* geschikt.
2. In circa 12% binnen het oosten van het deelgebied (overgangszone), zijn kleine opslagsystemen *matig* geschikt; echter dit gedeelte bevindt zich volledig binnen het interferentiegebied BSK-terrein. Onder het bodemenergieplan mogen daar enkel opslagsystemen als monobron worden uitgevoerd binnen het eerste watervoerende pakket.
3. In circa 35% binnen het zuidoosten van het deelgebied (overgangszone) zijn kleine opslagsystemen *matig* geschikt; echter dit gedeelte bevindt zich deels binnen het interferentiegebied BSK-terrein (20% van deelgebied Parken), en onder het bodemenergieplan mogen daar enkel opslagsystemen als monobron worden uitgevoerd binnen het eerste watervoerende pakket.

4. In circa 44% binnen het zuidoosten van het deelgebied (overgangszone) zijn kleine tot middelgrote opslagsystemen *matig* geschikt; echter dit gedeelte bevindt zich deels binnen het interferentiegebied BSK-terrein (17% van deelgebied Kerschoten). Onder het bodemenergieplan mogen daar enkel opslagsystemen als monobron worden uitgevoerd binnen het eerste watervoerende pakket.
5. In vrijwel het gehele gebied Woudhuis zijn kleine tot middelgrote opslagsystemen *matig* geschikt. Binnen circa 29% binnen het zuidoosten van het deelgebied is het interferentiegebied BSK-terrein actief; onder het bodemenergieplan mogen daar enkel opslagsystemen als monobron worden uitgevoerd binnen het eerste watervoerende pakket.
6. Een gedeelte van het deelgebied bevindt zich binnen interferentiegebied BSK-terrein. Hiervoor geldt (uit het bodemenergieplan) dat het **niet** is toegestaan om recirculatiesystemen te realiseren binnen het tweede watervoerende pakket.

Figuur 13.5.1: beoordeling geschiktheid van WVP2 voor grote opslagsystemen



Figuur 13.5.2: beoordeling geschiktheid van WVP2 voor grote recirculatie-systemen



6 Beschouwing geschiktheid ondergrond Apeldoorn (oost) voor HTO

Aan de hand van de inventarisatie van de kwaliteit van de ondergrond, de lokale redoxsituatie, de grondwaterstroomsnelheid en de dikte van de relevante watervoerende pakketten, is een infographic gemaakt waarin de toepasbaarheid van verschillende typen open bodemenergiesystemen, per deelgebied is weergegeven (tabel 14.1). Het volgende onderscheid is gemaakt voor de typering van de verschillende systemen:

- Klein systeem: capaciteit < 50 m³/uur
- Middel systeem: capaciteit 50-100 m³/uur
- Groot systeem: capaciteit > 100 m³/uur

Aangezien er voor de deelgebieden Woudhuis, Ecofactorij en De Maten nergens boven het eerste watervoerende pakket een voldoende dikke (> 10 meter) afsluitende kleilaag is gesignaleerd, wordt het eerste watervoerende pakket uitgesloten voor HTO. In figuur 14.1 is de potentie voor HTO-systemen voor de deelgebieden weergegeven voor het tweede watervoerende pakket.

Opgemerkt wordt dat onderstaande infographic en kaarten grotendeels het resultaat is van een inventarisatie op basis van (geïnterpoleerde) gegevens uit het DINOloket. Er wordt te allen tijde geadviseerd voorafgaande aan ontwikkelplannen voor nieuwe bodemenergiesystemen binnen Apeldoorn in meer detail de haalbaarheid per projectlocatie te onderzoeken. Hierbij kan het uitvoeren van proefboringen en aanvullend onderzoek naar de grondwaterstroomsnelheid en -kwaliteit, van significante meerwaarde zijn.

Tabel 6.1: overzicht deelgebieden en een inschatting van de geschiktheid voor toepassing van HTO-systemen.

Rood = niet geschikt, groen = geschikt.

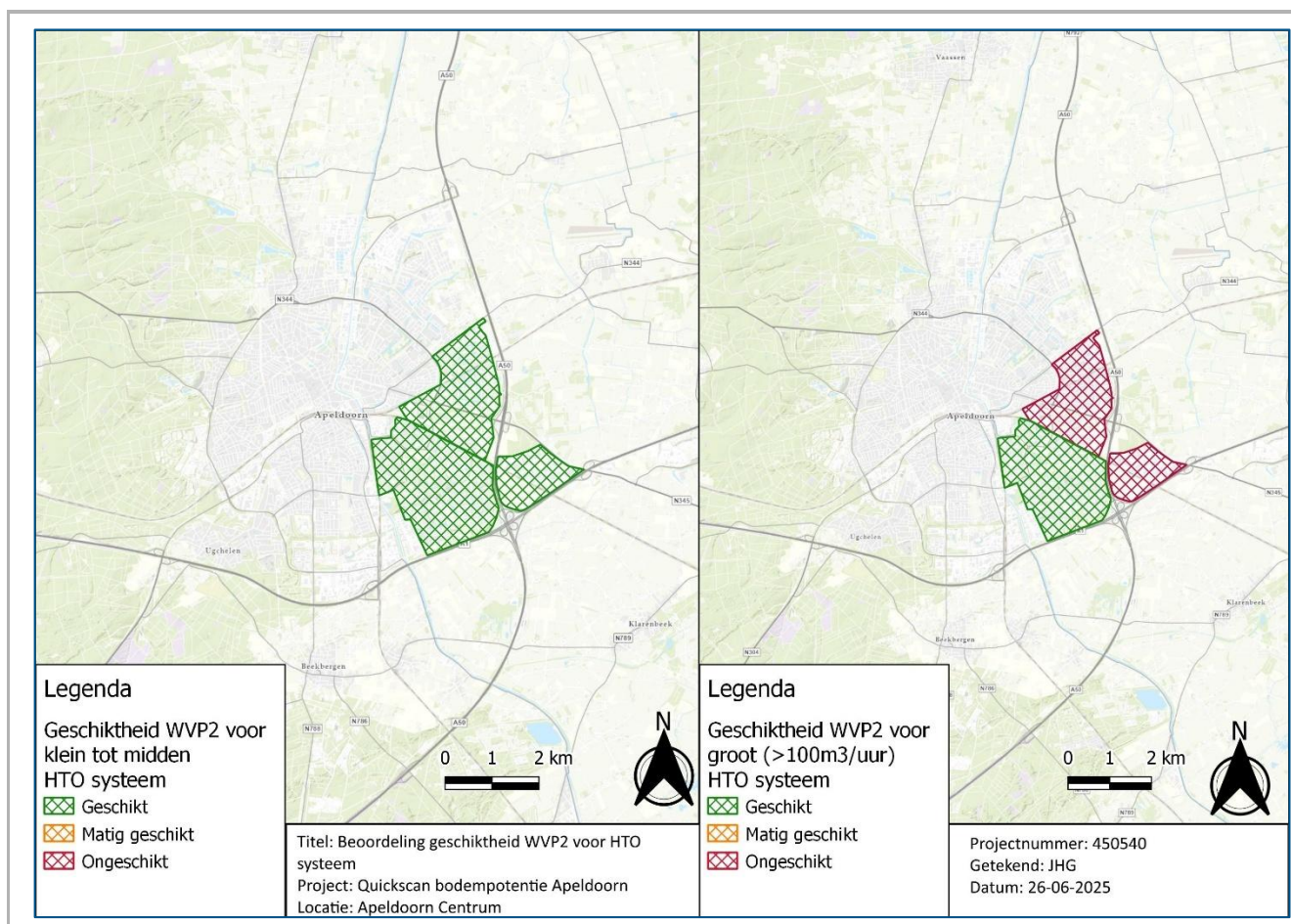
	HTO binnen tweede watervoerende pakket		
	Klein	Middel	Groot
Deelgebied 8. Woudhuis			
Deelgebied 9. Ecofactorij			
Deelgebied 10. De Maten			

In bijlage 9, 10 en 11 staan de (energetische) uitgangspunten beschreven voor HTO-systemen binnen deelgebieden 8, 9 en 10. Hieruit is de verwachte maximale bodempotentie en een globale inschatting van het maximaal aantal mogelijke doubletten binnen het gehele deelgebied bepaald bij een ΔT van 30K. Deze zijn weergegeven in tabel 6.1.

Tabel 6.1: bodempotentie per deelzone, bij ΔT van 30K.

	Deelgebied 8. Woudhuis	Deelgebied 9. Ecofactorij	Deelgebied 10. De Maten
Maximale bodempotentie deelgebied (MWh/seizoen)	563.354	307.166	1.473.057
Bodempotentie per kavel van 4ha (MWh)	6.694	8.033	12.049
Max debiet per doublet (m^3/uur)	54	55	111
Aantal doubletten per kavel van 4ha	2	2	2
Maximaal aantal doubletten binnen deelgebied	168	76	244

Figuur 6.1: beoordeling geschiktheid van WVP2 voor HTO-systemen



In de quickscan van RHDHV is beschreven dat het jaarlijks te benutten warmtepotentieel van de rwzi, kan toenemen van 800 TJ naar circa 1.000 TJ (mogelijk meer) bij de inzet van HTO. Deze 200 TJ (circa 55.555 MWh) lijkt op basis van deze quickscan naar de bodempotentie, in elk van de drie deelgebieden op te slaan (zie tabel 6.1).

7 Conclusie

In deze studie is voor deelgebieden 1 t/m 8 (centrumgebied Apeldoorn) geïnventariseerd wat de bodempotentie is, en in welke mate de bodem geschikt is voor de realisatie open bodemenergiesystemen. Er is onderscheid gemaakt tussen kleine ($< 50 \text{ m}^3/\text{uur}$), middelgrote ($50\text{-}100 \text{ m}^3/\text{uur}$) en grote systemen ($> 100 \text{ m}^3/\text{uur}$). Hierbij is gekeken naar de redoxsituatie, de grondwaterstroomsnelheid, oppervlak van het deelgebied, gemiddelde verwachte dikte van het watervoerende pakket en verwachte gemiddelde doorlatendheid. Ten slotte is er onderscheid gemaakt in type systeem (opslag of recirculatie) en is beoordeeld wat de meest voor de hand liggende keuze is per deelgebied. In de inventarisatie is tevens rekening gehouden met het opgestelde bodemenergieplan voor BSK-gebied, dat gedeeltelijk met diverse deelgebieden overlapt, en waardoor er aanvullende regels gelden met betrekking tot de realisatie van nieuwe open bodemenergiesystemen. Over het algemeen kan worden gesteld dat het eerste watervoerende pakket niet tot matig geschikt is voor het realiseren van open bodemenergiesystemen in de omgeving van Apeldoorn. Het tweede watervoerende pakket leent zich beter als potentieel watervoerend pakket voor opslag- en recirculatiesystemen van verschillende grootte.

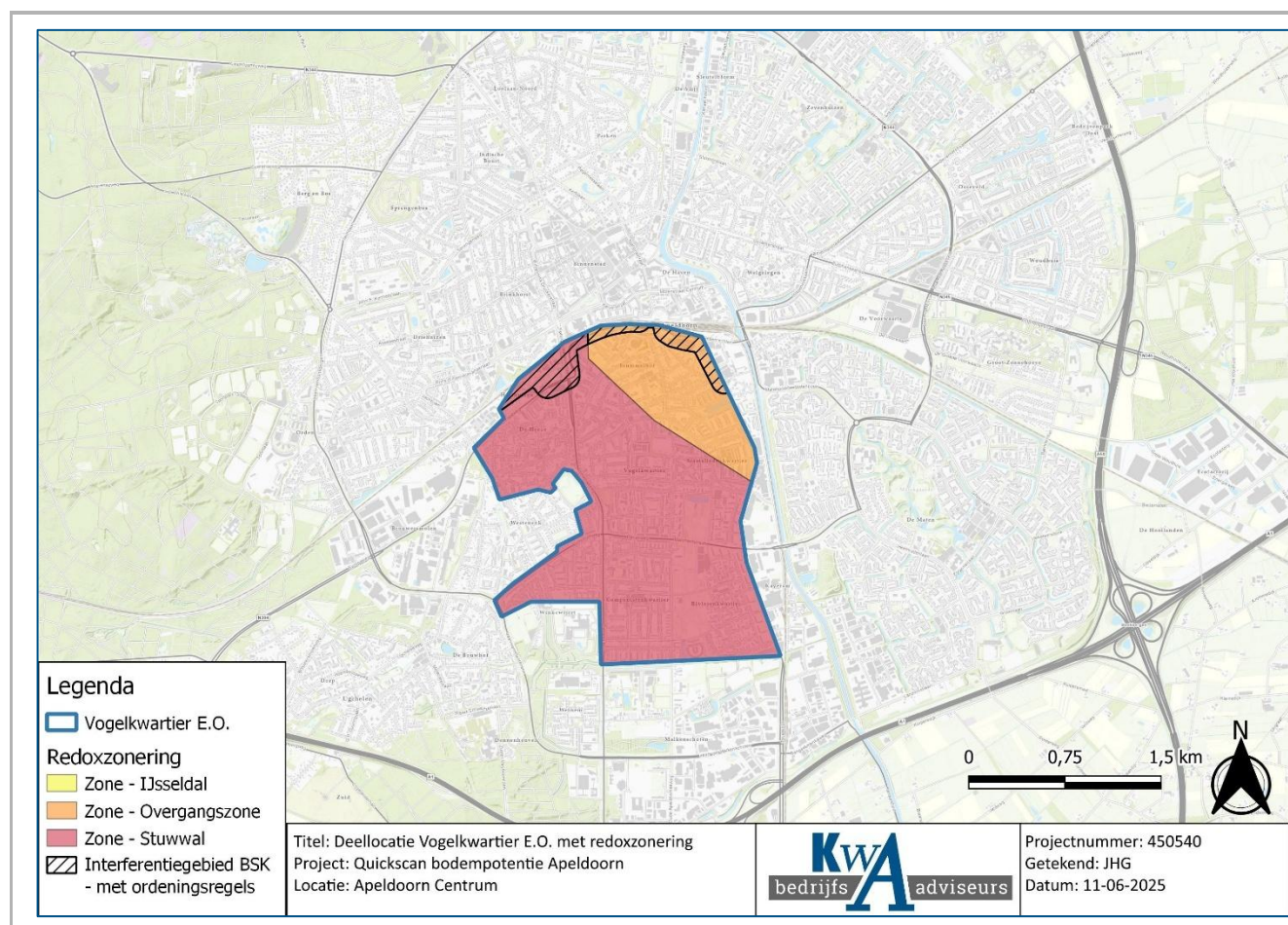
Bij de toepassing van HTO, waarbij (veel) hogere temperaturen dan bij KWO in de bodem worden opgeslagen en teruggewonnen, neemt de bodemcapaciteit flink toe. De mogelijkheden voor de toepassing van HTO in oost Apeldoorn (deelgebieden 8 t/m 10) zijn geïnventariseerd. Er wordt geconcludeerd dat er ter plaatse van de deelgebieden geen voldoende dikke afsluitende kleilaag aanwezig is boven het eerste watervoerende pakket. Hierdoor wordt het eerste watervoerende pakket uitgesloten als mogelijkheid om HTO toe te passen voor deelgebieden 8 t/m 10. Het tweede watervoerende pakket is in de deelgebieden wel aan de bovenzijde afgesloten door een (zeer) dikke kleilaag. Binnen deelgebieden Woudhuis en Ecofactorij worden kleine en middelgrote HTO-systemen mogelijk geacht (tot maximaal $100 \text{ m}^3/\text{uur}$), en binnen deelgebied De Maten ook grote HTO-systemen ($> 100 \text{ m}^3/\text{uur}$). De bodempotentie voor de deelzones beschouwend, worden er kansen gezien voor collectieve systemen met (veel) meer dan één bronpaar per systeem.

Bijlage 1. Potentieebepaling OBES Deelgebied 1 - Vogelkwartier e.o.

Deelgebied 1 - Vogelkwartier heeft een oppervlak van circa 411 hectare. In figuur B1.1 en figuur B1.2 is een dwarsdoorsnede van de bodemopbouw weergegeven. De deklaag (zanden van Bostel) is door het gebied consistent aanwezig, van circa NAP +20 meter tot circa NAP +0 meter. De bovenste zanden van Kreftenheye in deelgebied 1 nemen in westelijke richting af, waar de zanden uiteindelijk volledig uitwaggen. De zanden van Kreftenheye wiggen tevens uit van het noorden naar het zuiden. De gemiddelde dikte van de zanden van het eerste watervoerende pakket wordt ingeschat op circa 25 meter.

Het tweede watervoerende pakket ter plaatse van deelgebied 1 bestaat uit de zanden van Peize en Waalre, met daaronder gelegen de zandige formaties van Maassluis. In het westen en in het noorden is het tweede watervoerende pakket enkele meters dikker dan in het oosten en in het zuiden. De gemiddelde dikte van de zanden van het tweede watervoerende pakket (Peize Waalre + Maassluis) wordt ingeschat op circa 80 meter.

Figuur B1.1: overzicht Deelgebied 1 – Vogelkwartier e.o, met redoxzonering



Tabel B1.1: belangrijkste kenmerken deelgebied 1 - Vogelkwartier e.o

	Deklaag en WVP 1	WVP2
Dieptetraject (m -NAP)	0-30	90-170
Gemiddelde dikte	25 meter (wigt uit - lokaal niet aanwezig)	80 meter
Formatie(s)	<i>Formaties van Boxtel en zanden van Kreftenheye</i>	<i>Formaties Peize Waalre en Maassluis</i>
Doorlatendheid (m/dag)	25-50 (gemiddeld 37)	25-100 (gemiddeld 56)
Transmissiviteit (m²/dag)	925	3.264
Grondwaterstroomsnelheid (m/jaar)	160 m/jaar	150 m/jaar
Overlap met interferentiegebied BSK-terrein?	Ja (echter zeer beperkt; alleen een dunne strook ten noorden). Er wordt geen significante impact verwacht.	Ja (echter zeer beperkt; alleen een dunne strook ten noorden). Er wordt geen significante impact verwacht.
Beoordeling geschiktheid	Grotendeels ongeschikt voor kleine tot grote opslag-/recirculatiedoubletten. Matig geschikt voor kleine opslagsystemen en/of recirculatiesystemen in het noordoosten (binnen overgangszone)	Vanwege hoge grondwaterstroomsnelheid; matig geschikt voor kleine tot grote opslagsystemen (vanaf 100 m-mv). Geschikt voor kleine tot grote recirculatiedoubletten.

Deelgebied 1 bevindt zich dicht bij de uitlopers van de Veluwe. Daardoor is er een groot stijghoogteverloop (in zowel WVP1 als WVP2) met relatief snelstromend grondwater. Om de grondwaterstand in de deklaag niet te veel te beïnvloeden, is er een noodzaak om filterstelling niet te dicht onder maaiveld te stellen. Dit maakt het eerste watervoerende pakket niet geschikt voor (kleine tot grote) opslagdoubletten. Daarnaast bevindt deelgebied 1 zich grotendeels binnen de redoxzone *Stuwval* waarvoor het risico op redoxreacties binnen WVP1 gekenmerkt is als 'hoog/risicovol'. Er zijn ten hoogste wel kleine opslag- en/of recirculatiedoubletten toepasbaar in het noordoosten binnen de overgangszone (circa 20% van het gebied) – waar nog wel een beperkt risico is op redoxproblematiek maar de realisatie van kleine open systemen niet per se hoeft te worden uitgesloten.

Het tweede watervoerende pakket ter plaatse van deelgebied 1 is van goede kwaliteit (hoge doorlatendheid en voldoende dik). Echter ook hier is de grondwaterstroomsnelheid hoog. Er wordt gesteld dat het tweede watervoerende pakket matig geschikt is voor kleine tot grote opslagdoubletten. Recirculatiedoubletten zijn wel toepasbaar bij hoge grondwaterstroming. Bij de keuze voor opslagdoubletten is door de hoge grondwaterstroming een kritische keuze van bronposities noodzakelijk. Naar verwachting zal niet het gehele deelgebied effectief kunnen worden ingezet bij keuze voor opslag; er zullen immers zones ontstaan met warme en koude stromen water als gevolg van de grondwaterstroming; de in de bodem gebrachte thermische energie zal in oostelijke-noordoostelijke richting afstromen.

Voor de bepaling van de beschikbare bodemcapaciteit is gebruikgemaakt van de oppervlakte van het deelgebied en de beschikbare dikte van het geschikte watervoerende pakket waarbinnen filter kan worden gesteld. Ervan uitgaande dat de porositeit van de watervoerende pakketten 30% bedraagt, kan per deelgebied worden berekend welk volume grondwater binnen de watervoerende laag aanwezig is.

Als gevolg van de hoge grondwaterstroomsnelheid binnen de watervoerende pakketten en de benodigde bronafstanden tussen warme en koude bronnen (om interferentie te voorkomen), kan echter niet al het grondwater onder het deelgebied effectief worden gebruikt voor opslagdoubletten. Voor vaststelling van het bodempotentieel per deelgebied wordt verondersteld dat slechts 50% van het aanwezige grondwater binnen het watervoerend pakket kan worden benut voor opslag. Wel zal er (lokaal) grondwater van buiten de projectlocatie worden aangetrokken. Bij het maken van de inschatting van bodempotentieel is aangenomen dat circa 35% van het grondwater afkomstig is van buiten de deelgebieden/projectlocatie.

In tabel B1.2 is een inschatting gemaakt van de totale hoeveelheid beschikbaar grondwater (inclusief 35% extra van buiten de projectlocatie) en het potentieel bruikbare grondwater (50% van totale beschikbare volume) per deelgebied. Per deelgebied wordt een inschatting gemaakt van de bodempotentie, per blok van 4 hectare. Er wordt uitgegaan dat de systemen circa 1.500 equivalente vollasturen per seizoen actief zijn en dat een ΔT van 4K wordt gehanteerd.

Tabel B1.2: overzicht parameters voor bepaling bodempotentie deelgebied 1 – Vogelkwartier e.o.

	Deelgebied 1 – Vogelkwartier	
Totaal oppervlak (m²)	4.111.086	
Totaal oppervlak (ha)	411	
	WVP 1	WVP 2
Gemiddelde dikte (m)	25	80
Bruikbare dikte voor filterstelling (m)	13	60*
Doorlatendheid (m/dag)	37	56
Beschikbaar watervolume (m³) in blok 4ha	150.000	720.000
Bruikbaar watervolume (m³) in blok 4 ha	127.500	612.000
Bodempotentie per seizoen bij ΔT van 4 K (MWh/ 4 ha)	595	2856
Bodempotentie per seizoen (MWh/ ha)	149	714
Geschatte totale bodemcapaciteit (MWh/seizoen)	61.152	293.511
	Brongegevens voor een kavel met oppervlakte van 4 ha	
	WVP 1	WVP 2
Aantal doubletten mogelijk	2	2
Boordiameter (mm)	700	700
Gemiddeld debiet per bron (m³/uur)	48	220
Geschatte benodigde onderlinge bronafstand (meter)	155	169
Aantal systemen (theoretisch) mogelijk binnen totaal Deelgebied 1 – Vogelkwartier e.o.	204	204

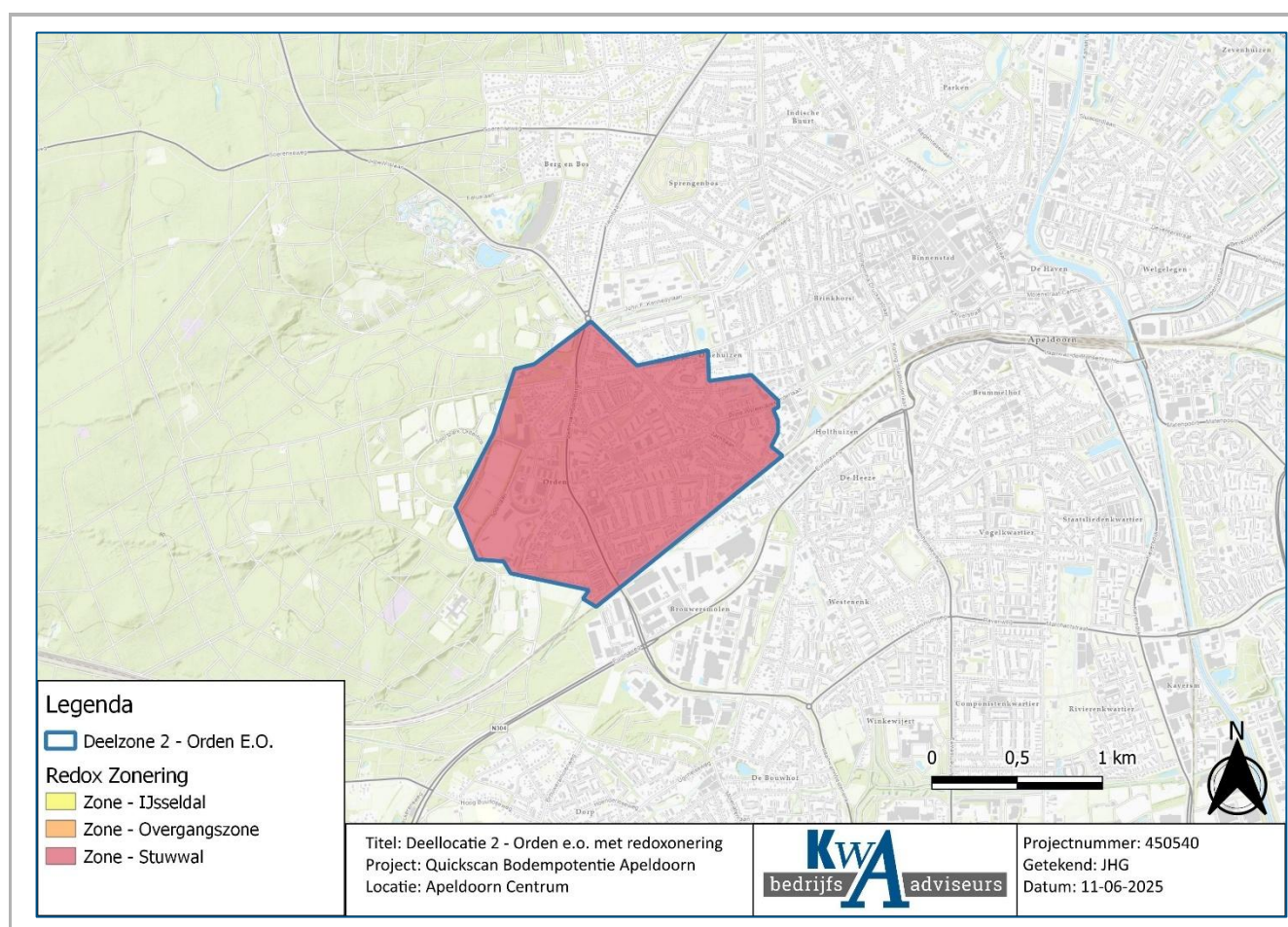
* Na beschouwing van de bodemopbouw en het voorziene bodemgebruik, worden filterstellingen langer dan 50 meter voor Apeldoorn niet consistent haalbaar geacht. Indien de hoeveelheid beschikbaar zand voor filterstelling groter is dan 50, dan is 50 meter als plafondwaarde aangehouden in de berekeningen voor de brongegevens.

Bijlage 2. Potentieebepaling OBES Deelgebied 2 – Orden e.o.

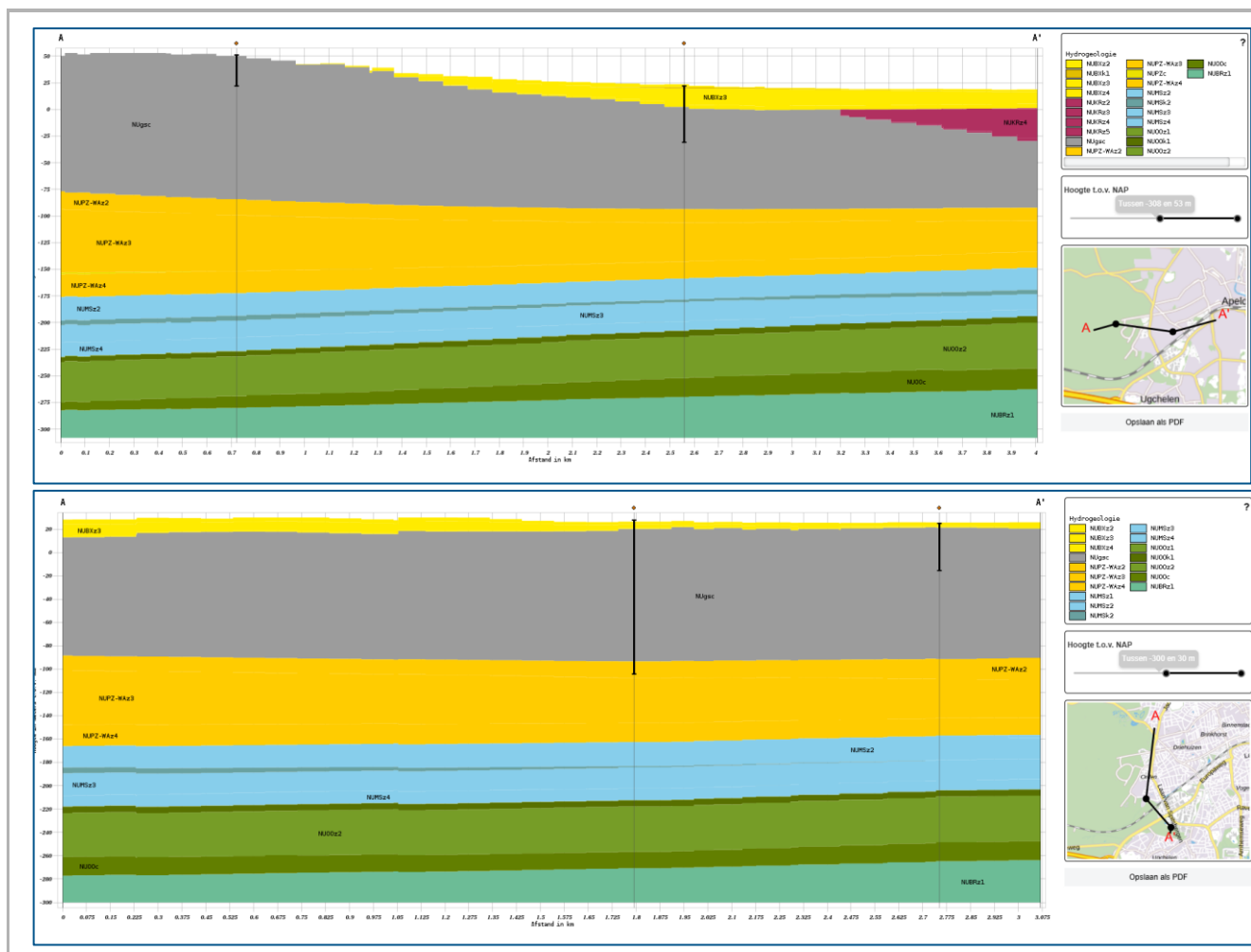
Deelgebied 2 – Orden e.o. heeft een oppervlak van circa 194 hectare. In figuur B2.1 en B2.2 is een dwarsdoorsnede van de bodemopbouw weergegeven. De deklaag (zanden van Bostel) zijn in het westen niet aanwezig, want daar zijn deze afgesneden door de gestuwde afzettingen van de Veluwe. In het noorden is de deklaag wel aanwezig en deze wigt uit in zuidelijke richting. De dikte van de deklaag (waar aanwezig) varieert tussen NAP +30meter en NAP +0 meter en heeft een gemiddelde dikte van circa 10 meter dikte. De bovenste zanden van Kreftenheye zijn binnen in deelgebied 2 niet aanwezig – enkel de complexe gestuwde pakketten of kleilagen van Kreftenheye zijn hier onder de deklaag te vinden.

Het tweede watervoerende pakket ter plaatse van deelgebied 2 bestaat uit de zanden van Peize en Waalre, met daaronder gelegen de zandige formaties van Maassluis. In het westen is het tweede watervoerende pakket enkele meters dikker dan in het oosten. De gemiddelde dikte van de zanden van het tweede watervoerende pakket (Peize Waalre + Maassluis) wordt ingeschat op circa 90 meter.

Figuur B2.1: overzicht deelgebied 2 – Orden e.o, met redoxzonering



Figuur B2.2: overzicht bodemopbouw ter plaatse van deelgebied 2 – Orden e.o. west-oost en noord-zuid oriëntatie, met de formatie van Kreftenheye in rood, de gestuwde afzettingen in grijs, de zanden van Peize en Waalre in geel en zanden Maassluis in lichtblauw.



Tabel B2.1: belangrijkste kenmerken van deelgebied 2 - Orden e.o.

	Deklaag	WVP2
Dieptraject (m -NAP)	0-20	110-200
Gemiddelde dikte	10	90
Formatie(s)	<i>Formatie van Boxtel</i>	<i>Formaties Peize Waalre en Maassluis</i>
Doorlatendheid (m/dag)	Nvt – in de deklaag worden doorgaans geen open systemen aangelegd. WVP 1 is niet aanwezig	17,5-75 (gemiddeld 56)
Transmissiviteit (m²/dag)	Nvt - in de deklaag worden doorgaans geen open systemen aangelegd. WVP 1 is niet aanwezig	5.040
Grondwaterstroomsnelheid (m/jaar)	Nvt - in de deklaag worden doorgaans geen open systemen aangelegd. WVP 1 is niet aanwezig	➤ 200
Overlap met interferentiegebied BSK-terrein?	Nee	Nee
Beoordeling geschiktheid	Ongeschikt; in de deklaag worden doorgaans geen open systemen aangelegd. WVP 1 is niet aanwezig.	Matig geschikt voor (kleine tot grote) opslag vanwege hoge grondwaterstroming en geschikt voor (kleine tot grote) recirculatiesystemen.

Deelgebied 2 bevindt zich dicht bij de uitlopers van de Veluwe. Daardoor is er een groot stijghoogteverloop met relatief snelstromend grondwater. Het deelgebied bevindt zich geheel binnen de redoxzone – Stuwwal. Het eerste watervoerende pakket (de formatie van Kreftenheye) is in deelgebied 2 niet aanwezig en derhalve wordt het realiseren van open bodemenergiesystemen hier niet realistisch geacht.

Het tweede watervoerende pakket ter plaatse van deelgebied 2 is van goede kwaliteit (hoge doorlatendheid en voldoende dik). Gezien de hoge grondwaterstroomsnelheid wordt het tweede watervoerende pakket matig geschikt geacht voor kleine tot grote opslagdoubletten. Kleine tot grote recirculatie-doubletten worden goed mogelijk geacht. Door de hoge grondwaterstroming is bij de keuze voor opslagsystemen bepaling van logische bronposities noodzakelijk. Naar verwachting zal niet het gehele deelgebied effectief kunnen worden ingezet, er zullen immers zones ontstaan met warme en koude stromen water als gevolg van de grondwaterstroming. De in de bodem gebrachte thermische energie zal in oostelijke-noordoostelijke richting afstromen.

Tabel B2.2: overzicht parameters voor bepaling bodempotentie deelgebied 2 – Orden e.o., per watervoerend pakket

	Deelgebied 2 – Orden e.o.	
Totaal oppervlak (m ²)	1.304.061	
Totaal oppervlak (ha)	130,4	
	Gegevens watervoerend pakket	
	WVP 1	WVP 2
Gemiddelde dikte (m)	Nvt	90
Bruikbare dikte voor filterstelling (m)	Nvt	68*
Doorlatendheid (m/dag)	Nvt	56
Beschikbaar watervolume (m ³)	Nvt	810.000
Bruikbaar watervolume (m ³)	Nvt	688.500
Bodempotentie per seizoen bij ΔT van 4K (MWh/ 4 ha)	Nvt	3.213
Bodemcapaciteit (MWh/ ha)	Nvt	803
Geschatte totale bodemcapaciteit (MWh/seizoen)	Nvt	104.749
	Brongegevens voor een kavel met oppervlakte van 4 ha	
	WVP 1	WVP 2
Aantal doubletten mogelijk	Nvt	3
Boordiameter (mm)	Nvt	700
Gemiddeld debiet per bron (m ³ /uur)	Nvt	220
Geschatte benodigde onderlinge bronafstand (m)	Nvt	146
Aantal systemen mogelijk binnen totaal Deelgebied 2 – Orden e.o.	Nvt	96

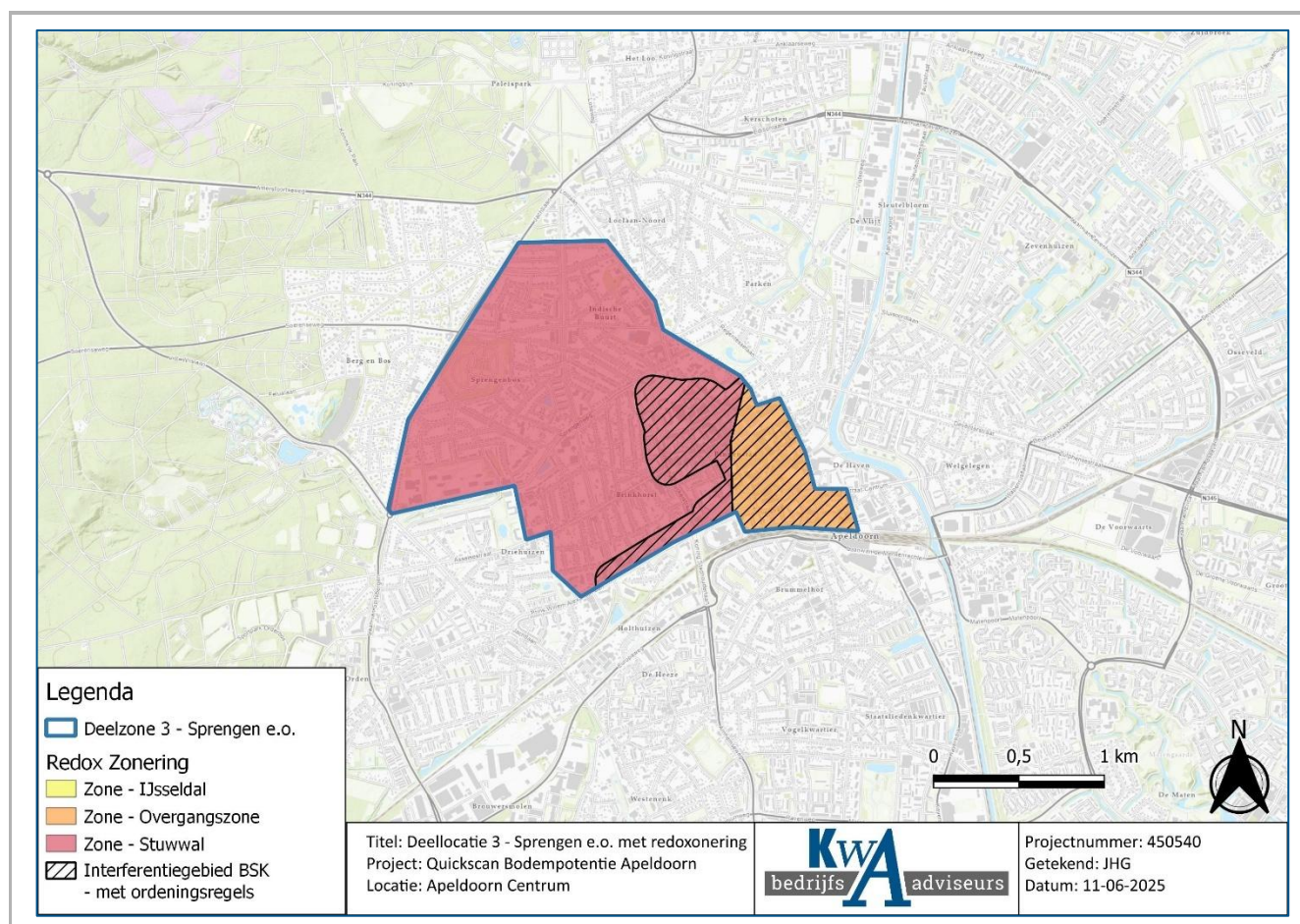
* Na beschouwing van de bodemopbouw en het voorziene bodemgebruik worden filterstellingen langer dan 50 meter voor Apeldoorn niet consistent haalbaar geacht. Indien de hoeveelheid beschikbaar zand voor filterstelling groter is dan 50, dan is 50 meter als plafondwaarde aangehouden in de berekeningen voor de brongegevens.

Bijlage 3. Potentieebepaling OBES Deelgebied 3 – Sprengen e.o.

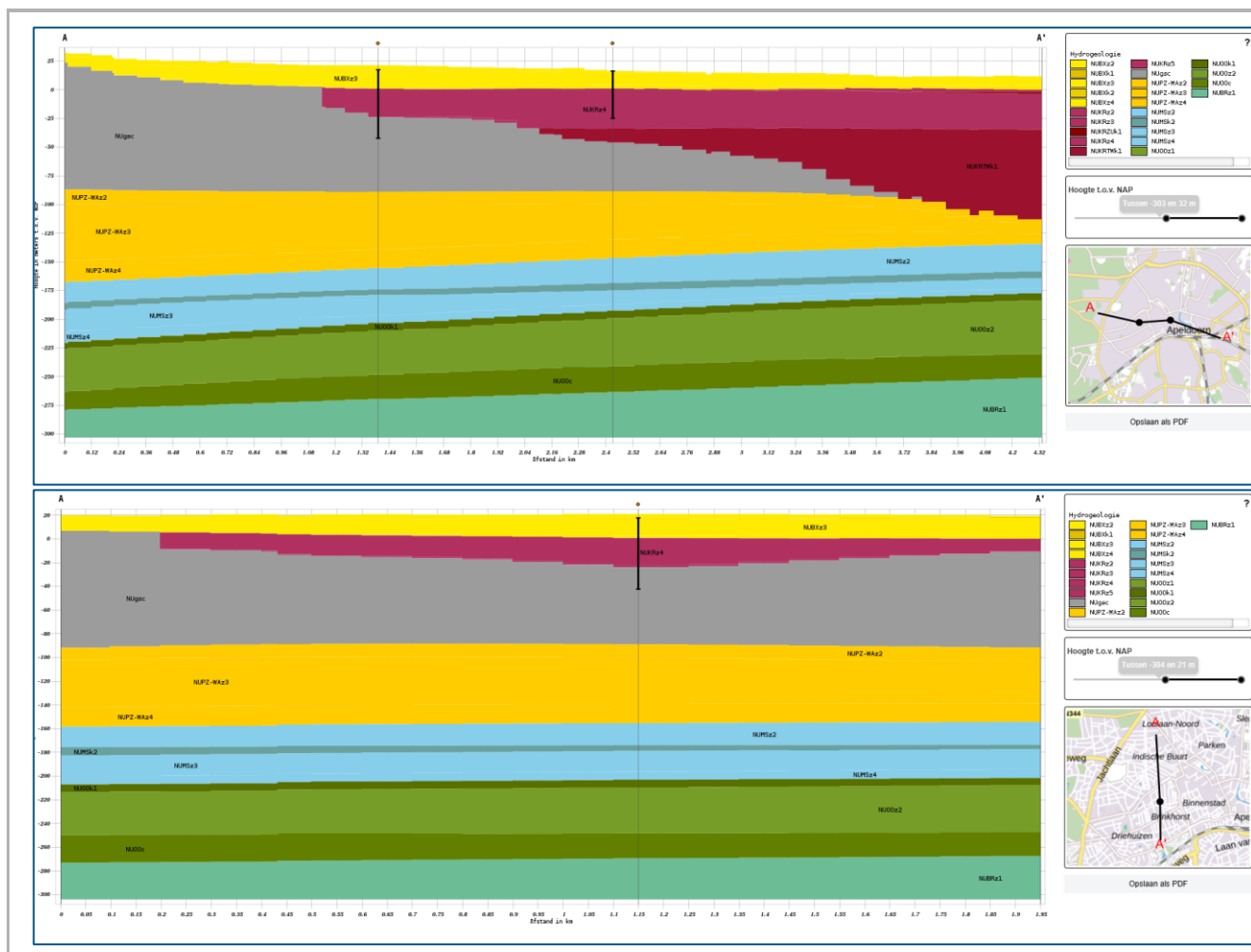
Deelgebied 3 – Orden e.o. heeft een oppervlak van circa 300 hectare. In figuur B3.1 en B3.2 is een dwarsdoorsnede van de bodemopbouw weergegeven. De deklaag (zanden van Bostel) is door het gebied consistent aanwezig, van circa NAP +20 meter tot circa NAP +5 meter. De bovenste zanden van Kreftenheye nemen in deelgebied 3 af in westelijke richting, waar de zanden uiteindelijk volledig uitwigen. Van noord naar zuid zijn de zanden redelijk consistent in dikte. De gemiddelde dikte van de zanden van het eerste watervoerende pakket wordt ingeschat op circa 20 meter.

Het tweede watervoerende pakket ter plaatse van deelgebied 3, bestaat uit de zanden van Peize en Waalre, met daaronder gelegen de zandige formaties van Maassluis. In het westen en in het noorden is het tweede watervoerende pakket enkele meters dikker dan in het oosten en in het zuiden. De gemiddelde dikte van de zanden van het tweede watervoerende pakket (Peize Waalre + Maassluis) wordt ingeschat op circa 80 meter.

Figuur B3.1: overzicht Deelgebied 3 – Sprengen e.o., met redoxzoner



Figuur B3.2: overzicht bodemopbouw ter plaatse van deelgebied 3 – Sprengen e.o. west-oost en noord-zuid oriëntatie, met de formatie van Kreftenheye in rood, de gestuwde afzettingen in grijs, de zanden van Peize en Waalre in geel en zanden Maassluis in lichtblauw.



Tabel B3.0.1: belangrijkste kenmerken van deelgebied 3 – Sprengen e.o.

	Deklaag en WVP1	WVP2
Dieptetraject (m -NAP)	0-40	110-200
Gemiddelde dikte	20	90
Formatie(s)	<i>Formatie van Boxtel en formatie van Kreftenheye</i>	<i>Formaties Peize Waalre en Maassluis</i>
Doorlatendheid (m/dag)	17,5-75 (gemiddeld 56)	17,5-75 (gemiddeld 37)
Transmissiviteit (m²/dag)	1.120	3.330
Grondwaterstroomsnelheid (m/jaar)	➤ 200	120
Overlap met interferentiegebied BSK-terrein?	Ja	Ja
Beoordeling geschiktheid	Grotendeels ongeschikt voor kleine tot grote open systemen (vanwege redoxzone en beperkte dikte). Matig geschikt voor kleine opslagsystemen en/of recirculatiesystemen in het oosten (binnen overgangszone). Overlap met BSK-terrein; als opslagmogelijkheid, enkel monobronnen toegestaan in het oosten.	Geschikt voor kleine tot grote opslagsystemen en geschikt voor kleine tot grote recirculatiesystemen

Deelgebied 3 bevindt zich dicht bij de uitlopers van de Veluwe. Daardoor is er een groot stijghoogteverloop met relatief snelstromend grondwater. Om de grondwaterstand in de deklaag niet te veel te beïnvloeden, is er een noodzaak om filterstelling niet te dicht onder maaiveld te stellen. Dit maakt het eerste watervoerende pakket niet geschikt voor (grote) opslagdoubletten. Daarnaast bevindt deelgebied 3 zich grotendeels binnen de redoxzone *Stuwval* waarvoor het risico op redoxreacties binnen WVP1 gekenmerkt is als 'hoog/risicovol'. Het eerste watervoerende pakket wordt voor deelgebied 3 daarom niet geschikt geacht voor klein tot grootschalige open systemen. Er zijn ten hoogste kleine opslag- en/of recirculatie-doubletten toepasbaar in het noordoosten binnen de overgangszone – waar nog wel een beperkt risico is op redoxproblematiek maar de realisatie van kleine open systemen niet per se hoeft te worden uitgesloten. Er wordt opgemerkt dat het gebied in het noordoosten volledig binnen het interferentiegebied ligt; dit betekent dat opslagsystemen in het eerste watervoerend pakket enkel mogen worden uitgevoerd als monobron. Gezien de beperkte dikte van het eerste watervoerende pakket is dit niet erg realistisch.

Het tweede watervoerende pakket ter plaatse van deelgebied 3 is van goede kwaliteit (hoge doorlatendheid en voldoende dik). Hier worden zowel grote opslag- als recirculatie-doubletten mogelijk geacht. Door de hoge grondwaterstroming is een kritische keuze van bronposities noodzakelijk en zal naar verwachting niet het gehele deelgebied effectief kunnen worden ingezet, er zullen immers zones ontstaan met warme en koude stromen water als gevolg van de grondwaterstroming. De in de bodem gebrachte thermische energie zal in oostelijke-noordoostelijke richting afstromen.

Tabel B3.2: overzicht parameters voor bepaling bodempotentie deelgebied 3 – Sprengen e.o., per watervoerend pakket

	Deelgebied 3 – Sprengen e.o.	
Totaal oppervlak (m ²)	3.005.662	
Totaal oppervlak (ha)	300,5	
	Gegevens watervoerend pakket	
	WVP 1	WVP 2
Gemiddelde dikte (m)	20	90
Bruikbare dikte voor filterstelling (m)	10	68*
Doorlatendheid (m/dag)	56	37
Beschikbaar watervolume (m ³)	120.000	810.000
Bruikbaar watervolume (m ³)	102.000	68.850
Bodempotentie per seizoen (MWh/ 4 ha)	476	3213
Bodemcapaciteit (MWh/ ha)	119	803
Geschatte totale bodemcapaciteit (MWh/seizoen)	35.091	241.355
	Brongegevens voor een kavel met oppervlakte van 4 ha	
	WVP 1	WVP 2
Aantal doubletten mogelijk	2	3
Boordiameter (mm)	800	800
Gemiddeld debiet per bron (m ³ /uur)	50	220
Geschatte benodigde onderlinge bronafstand (m)	154	146
Aantal systemen mogelijk binnen totaal Deelgebied 3 – Sprengen e.o.	150	225

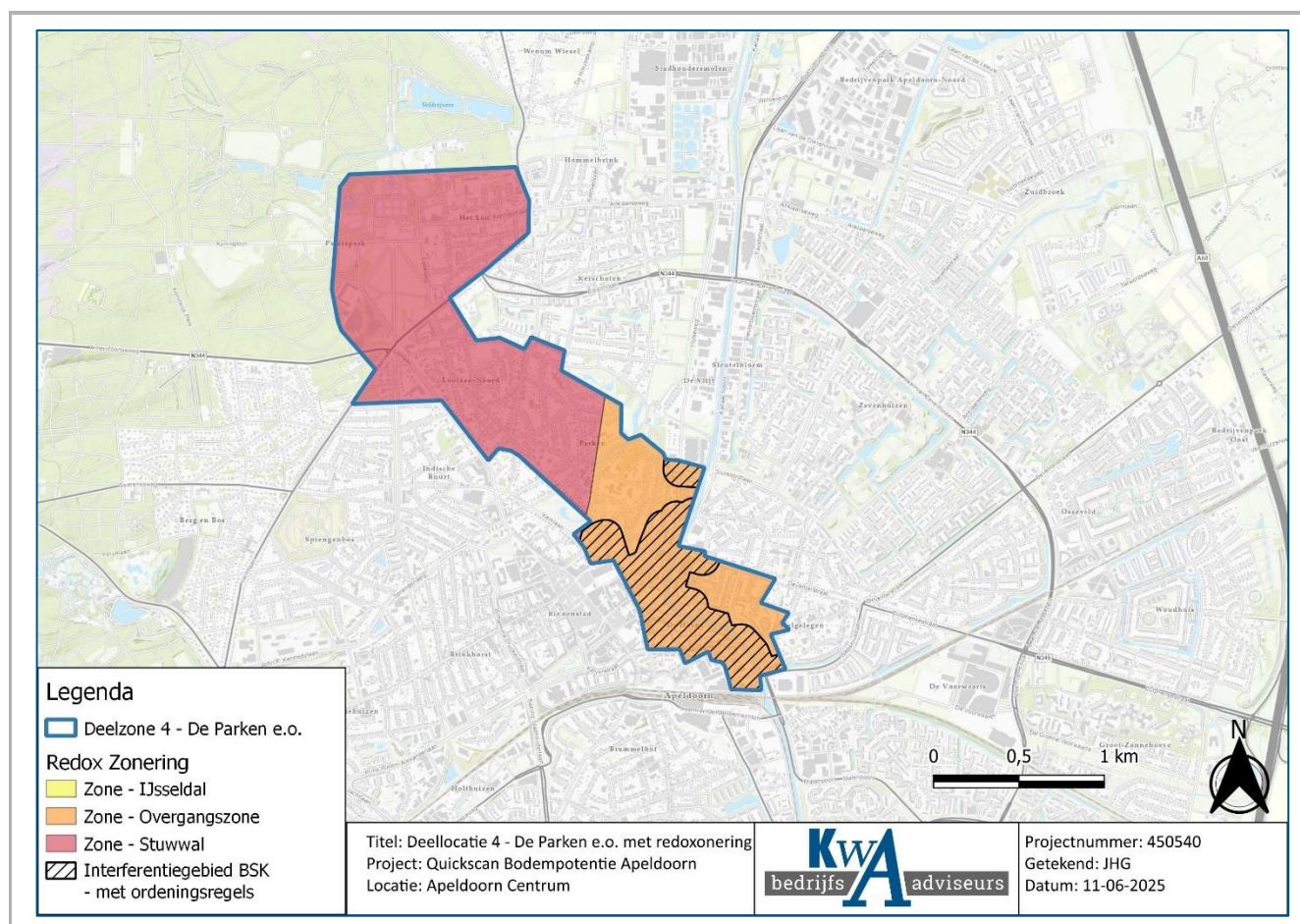
* Na beschouwing van de bodemopbouw en het voorziene bodemgebruik worden filterstellingen langer dan 50 meter voor Apeldoorn niet consistent haalbaar geacht. Indien de hoeveelheid beschikbaar zand voor filterstelling groter is dan 50, dan is 50 meter als plafondwaarde aangehouden in de berekeningen voor de brongegevens.

Bijlage 4. Potentieebepaling OBES Deelgebied 4 – de Parken e.o.

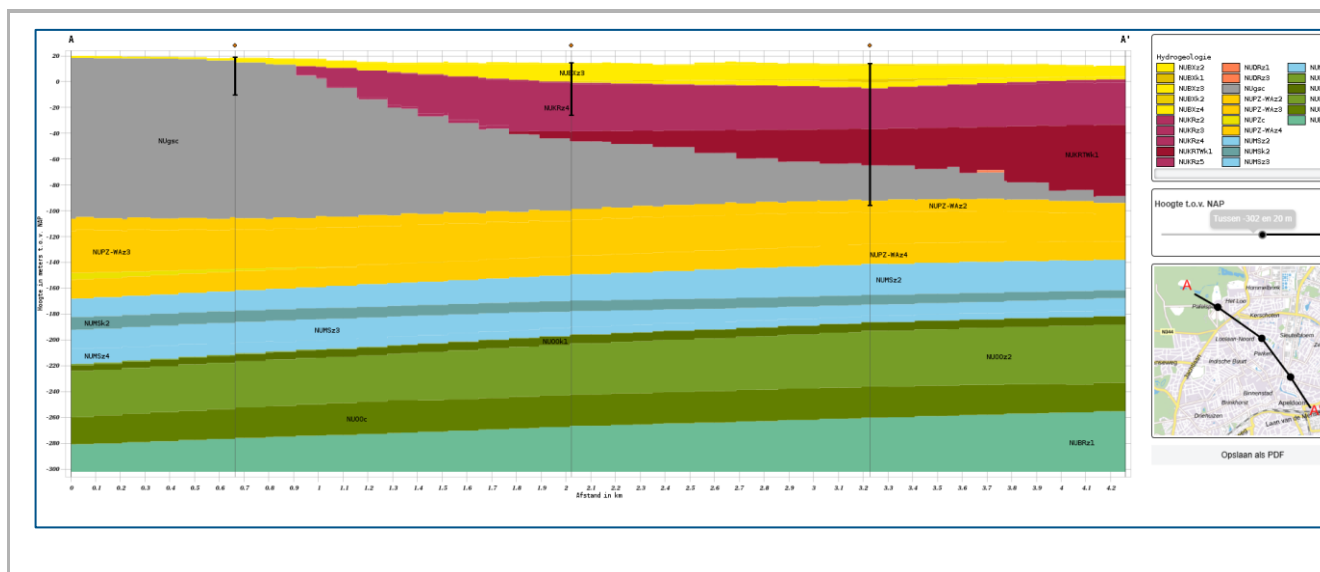
Deelgebied 4 – Parken e.o. heeft een oppervlak van circa 264 hectare. In figuur B4.1 en B4.2 is een dwarsdoorsnede van de bodemopbouw weergegeven. De deklaag (zanden van Bostel) is door het gebied consistent aanwezig, maar verschilt lokaal in dikte. De deklaag is aanwezig van circa NAP +20 meter tot circa NAP +0 meter. De bovenste zanden van Kreftenheye in deelgebied 4 nemen in noordwestelijke richting af, waar de zanden uiteindelijk volledig uitwiggen. De gemiddelde dikte van de zanden van het eerste watervoerende pakket wordt ingeschat op circa 20 meter.

Het tweede watervoerende pakket ter plaatse van deelgebied 4, bestaat uit de zanden van Peize en Waalre, met daaronder gelegen de zandige formaties van Maassluis. In het noordwesten is het tweede watervoerende circa 15 meter dieper gelegen dan in het zuidoosten. De gemiddelde dikte van de zanden van het tweede watervoerende pakket (Peize Waalre + Maassluis) wordt ingeschat op circa 80 meter.

Figuur B4.1: overzicht Deelgebied 4 – de Parken e.o., met redoxzonering



Figuur B4.2: overzicht bodemopbouw ter plaatse van deelgebied 4 – De Parken e.o. noordwest – zuidoost oriëntatie, met de formatie van Kreftenheye in rood, de gestuwde afzettingen in grijs, de zanden van Peize en Waalre in geel en zanden Maassluis in lichtblauw.



Tabel B4.1: belangrijkste kenmerken van deelgebied 4 en de bodemopbouw ter plaatse

	Deklaag en WVP1	WVP2
Dieptetraject (m -NAP)	0-50	125-205
Gemiddelde dikte	20	80
Formatie(s)	Formatie van Bostel en formatie van Kreftenheye	Formaties Peize Waalre en Maassluis
Doorlatendheid (m/dag)	37,5-75 (56 gemiddeld)	10-50 (31 gemiddeld)
Transmissiviteit (m²/dag)	1.125	2.467
Grondwaterstromsnelheid (m/jaar)	> 200	64
Overlap met interferentiegebied BSK-terrein?	Ja	Ja
Beoordeling geschiktheid	Grotendeels ongeschikt voor kleine/grote open systemen (vanwege redoxzone en beperkte dikte) matig geschikt voor kleine opslagsystemen en/of recirculatiesystemen in het zuidoosten (binnen overgangszones). Overlap met BSK-terrein; als opslagmogelijkheid, enkel monobronnen toegestaan in het zuidoosten.	Geschikt voor kleine tot grote opslagsystemen en geschikt voor kleine tot grote recirculatiesystemen.

Ter plaatse van deelgebied 4 is er binnen het eerste watervoerende pakket sprake van zeer snelstromend grondwater. Om de grondwaterstand in de deklaag niet te veel te beïnvloeden, is er een noodzaak om filterstelling niet te dicht onder maaiveld te stellen. Dit maakt het eerste watervoerende pakket niet geschikt voor grote open bodemenergiesystemen. Daarnaast bevindt deelgebied 4 zich grotendeels binnen de redoxzone *Stuwval* waarvoor het risico op redoxreacties binnen WVP1 gekenmerkt is als 'hoog/risicovol'. Het eerste watervoerende pakket wordt daarom voor deelgebied 4 niet geschikt geacht voor klein tot grootschalige open systemen. Er zijn ten hoogste wel kleine opslag- en/of recirculatiedoubletten toepasbaar in het zuidoosten binnen de overgangszone – waar nog wel een beperkt risico is op redoxproblematiek maar de realisatie van kleine open systemen niet per se hoeft te worden uitgesloten. Er wordt opgemerkt dat een gedeelte van het gebied binnen de overgangszone binnen het interferentiegebied ligt; dit betekent dat daar opslagsystemen in het eerste watervoerend pakket enkel mogen worden uitgevoerd als monobron. Gezien de beperkte dikte van het eerste watervoerende pakket is dit niet erg realistisch.

Het tweede watervoerende pakket ter plaatse van deelgebied 4 is van goede kwaliteit (degelijke doorlatendheid en voldoende dik). Hier worden zowel kleine tot grote, opslag- als recirculatiedoubletten mogelijk geacht. Door de grondwaterstroming is een kritische keuze van bronposities noodzakelijk en zal naar verwachting niet het gehele deelgebied effectief kunnen worden ingezet; er zullen immers zones ontstaan met warme en koude stromen water als gevolg van de grondwaterstroming. De in de bodem gebrachte thermische energie zal in oostelijke-noordoostelijke richting afstromen.

Tabel B4.2: overzicht parameters voor bepaling bodempotentie deelgebied 4 – de Parken e.o., per watervoerend pakket

	Deelgebied 4 – de Parken e.o.	
Totaal oppervlak (m²)	2.621.912	
Totaal oppervlak (ha)	262,2	
	Gegevens watervoerend pakket	
	WVP 1	WVP 2
Gemiddelde dikte (m)	20	80
Bruikbare dikte voor filterstelling (m)	10	60*
Doorlatendheid (m/dag)	56	31
Beschikbaar watervolume (m³)	120.000	720.000
Bruikbaar watervolume (m³)	102.000	612.000
Bodempotentie per seizoen bij ΔT van 4 K (MWh/ 4 ha)	476	2.856
Bodemcapaciteit (MWh/ ha)	119	714
Geschatte totale bodemcapaciteit (MWh/seizoen)	30.611	187.205
	Brongegevens voor een kavel met oppervlakte van 4 ha	
	WVP 1	WVP 2
Aantal doubletten mogelijk	2	3
Boordiameter (mm)	800	800
Gemiddeld debiet per bron (m³/uur)	50	200
Geschatte benodigde onderlinge bronafstand (m)	165	138
Aantal systemen (theoretisch) mogelijk binnen totaal Deelgebied 4 – de Parken	130	195

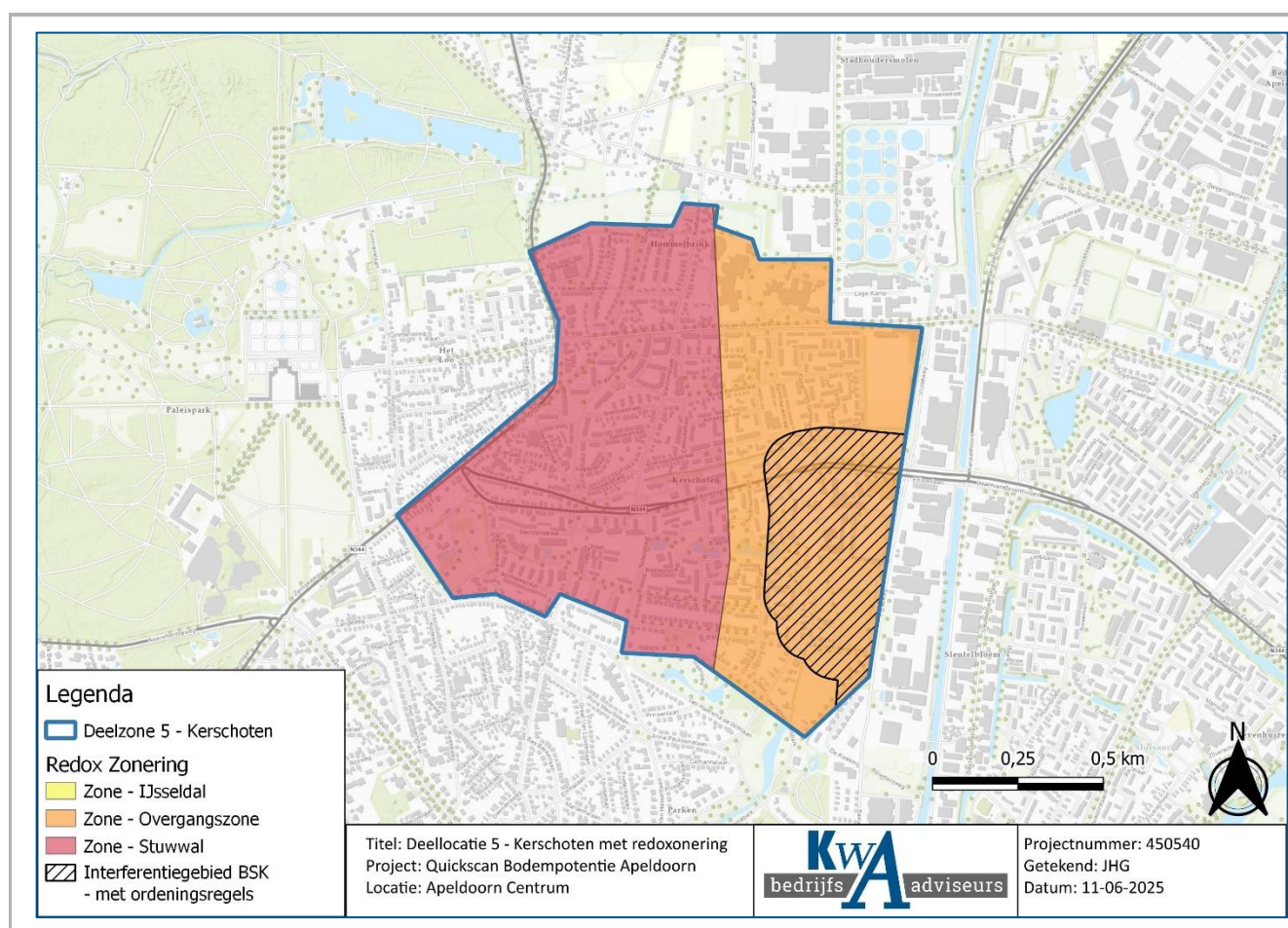
* Na beschouwing van de bodemopbouw en het voorziene bodemgebruik worden filterstellingen langer dan 50 meter voor Apeldoorn niet consistent haalbaar geacht. Indien de hoeveelheid beschikbaar zand voor filterstelling groter is dan 50, dan is 50 meter als plafondwaarde aangehouden in de berekeningen voor de brongegevens.

Bijlage 5. Potentieebepaling OBES Deelgebied 5 – Kerschoten

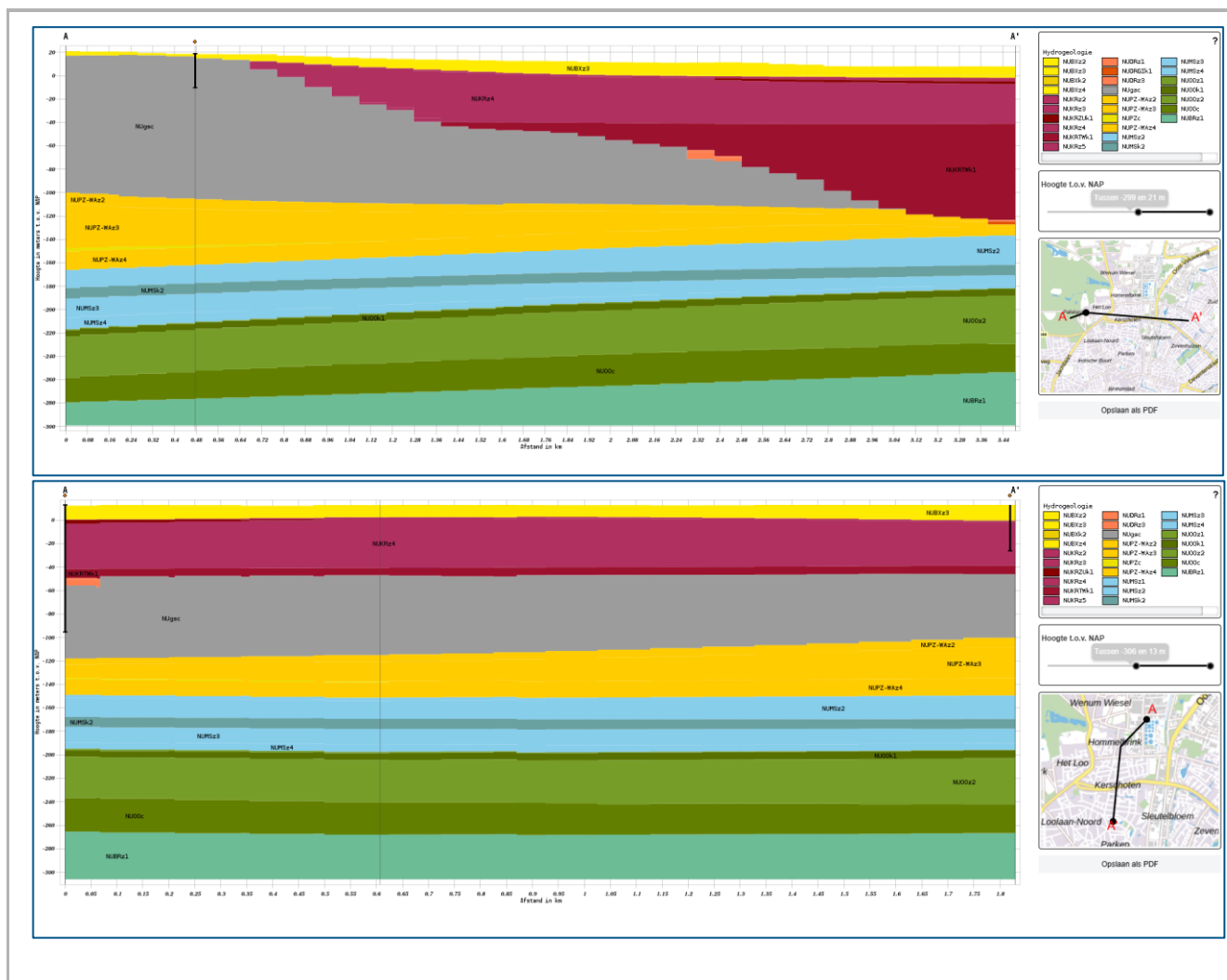
Deelgebied 5 – Kerschoten heeft een oppervlak van circa 142 hectare. In figuur B5.1 en figuur B5.2 is een dwarsdoorsnede van de bodemopbouw weergegeven. De deklaag (Boxtel zanden) is door het gebied consistent aanwezig, maar verschilt lokaal in dikte. De deklaag is aanwezig van circa NAP +15 meter tot circa NAP +0 meter. De dikte van de bovenste zanden van Kreftenheye in deelgebied 5 nemen in westelijke richting af, waar de zanden uiteindelijk volledig uitwigen. De gemiddelde dikte van de zanden van het eerste watervoerende pakket wordt ingeschat op circa 35 meter.

Het tweede watervoerende pakket ter plaatse van deelgebied 5 bestaat uit de zanden van Peize en Waalre, met daaronder gelegen de zandige formaties van Maassluis. In het oosten is het tweede watervoerende circa 20 meter dieper gelegen dan in het westen. De dikte van het tweede watervoerende pakket neemt ook af in oostelijke richting. In het westen is deze circa 80 meter dik en in het oosten slechts 40. De gemiddelde dikte van de zanden van het tweede watervoerende pakket (Peize Waalre + Maassluis) wordt ingeschat op circa 60 meter.

Figuur B5.1: overzicht Deelgebied 5 – Kerschoten, met redoxzonering



Figuur B5.2: overzicht bodemopbouw ter plaatse van deelgebied 5 – Kerschoten west-oost oriëntatie en noord-zuid oriëntatie, met de formatie van Kreftenheye in rood, de gestuwde afzettingen in grijs, de zanden van Peize en Waalre in geel en zanden Maassluis in lichtblauw.



Tabel B5.1: belangrijkste kenmerken van deelgebied 5 en de bodemopbouw ter plaatse

	Deklaag en WVP1	WVP2
Dieptetraject (m -NAP)	0-55	120-200
Gemiddelde dikte	35	60
Formatie(s)	<i>Formatie van Boxtel en formatie van Kreftenheye</i>	<i>Formaties Peize Waalre en Maassluis</i>
Doorlatendheid (m/dag)	50-100 Gemiddeld 75	10-50 (gemiddeld 31)
Transmissiviteit (m²/dag)	2.625	1.860
Grondwaterstroomsnelheid (m/jaar)	> 200	80
Overlap met interferentiegebied BSK-terrein?	Ja	Ja
Beoordeling geschiktheid	Ongeschikt voor kleine/grote open systemen (vanwege redoxzone). Matig geschikt voor kleine tot middelgrote opslagsystemen en/of recirculatiesystemen in het oosten (binnen overgangszone). Overlap met BSK-terrein; als opslagmogelijkheid, enkel monobronnen toegestaan in het oosten.	Geschikt voor kleine tot grote opslagsystemen en geschikt voor kleine tot grote recirculatiesystemen

Ter plaatse van deelgebied 5 is binnen het eerste watervoerende pakket sprake van zeer snelstromend grondwater. Om de grondwaterstand in de deklaag niet te veel te beïnvloeden, is er een noodzaak om filterstelling niet te dicht onder maaiveld te stellen. Dit maakt het eerste watervoerende pakket niet geschikt voor grote open bodemenergiesystemen. Daarnaast bevindt deelgebied 5 zich deels binnen de redoxzone *Stuwval* waarvoor het risico op redoxreacties binnen WVP1 gekenmerkt is als 'hoog/risicovol'. Het eerste watervoerende pakket wordt voor het grootste gedeelte van deelgebied 5 niet geschikt geacht voor klein tot grootschalige open systemen. Er zijn ten hoogste wel kleine tot middelgrote opslag- en/of recirculatiedoubletten toepasbaar in het oosten binnen de overgangszone – waar nog wel een beperkt risico is op redoxproblematiek, maar de realisatie van kleine open systemen niet per se hoeft te worden uitgesloten. Er wordt opgemerkt dat een gedeelte van het gebied binnen de overgangszone binnen het interferentiegebied ligt; dit betekent dat daar opslagsystemen in het eerste watervoerend pakket enkel mogen worden uitgevoerd als monobron.

Het tweede watervoerende pakket ter plaatse van deelgebied 5 is van goede kwaliteit (degelijke doorlatendheid en voldoende dik). Hier worden zowel grote opslag- als recirculatiedoubletten mogelijk geacht. Door de grondwaterstroming is een kritische keuze van bronposities noodzakelijk en zal naar verwachting niet het gehele deelgebied effectief kunnen worden ingezet, er zullen immers zones ontstaan met warme en koude stromen water als gevolg van de grondwaterstroming. De in de bodem gebrachte thermische energie zal in oostelijke-noordoostelijke richting afstromen.

Tabel B5.2: overzicht parameters voor bepaling bodempotentie deelgebied 5 – Kerschoten, per watervoerend pakket

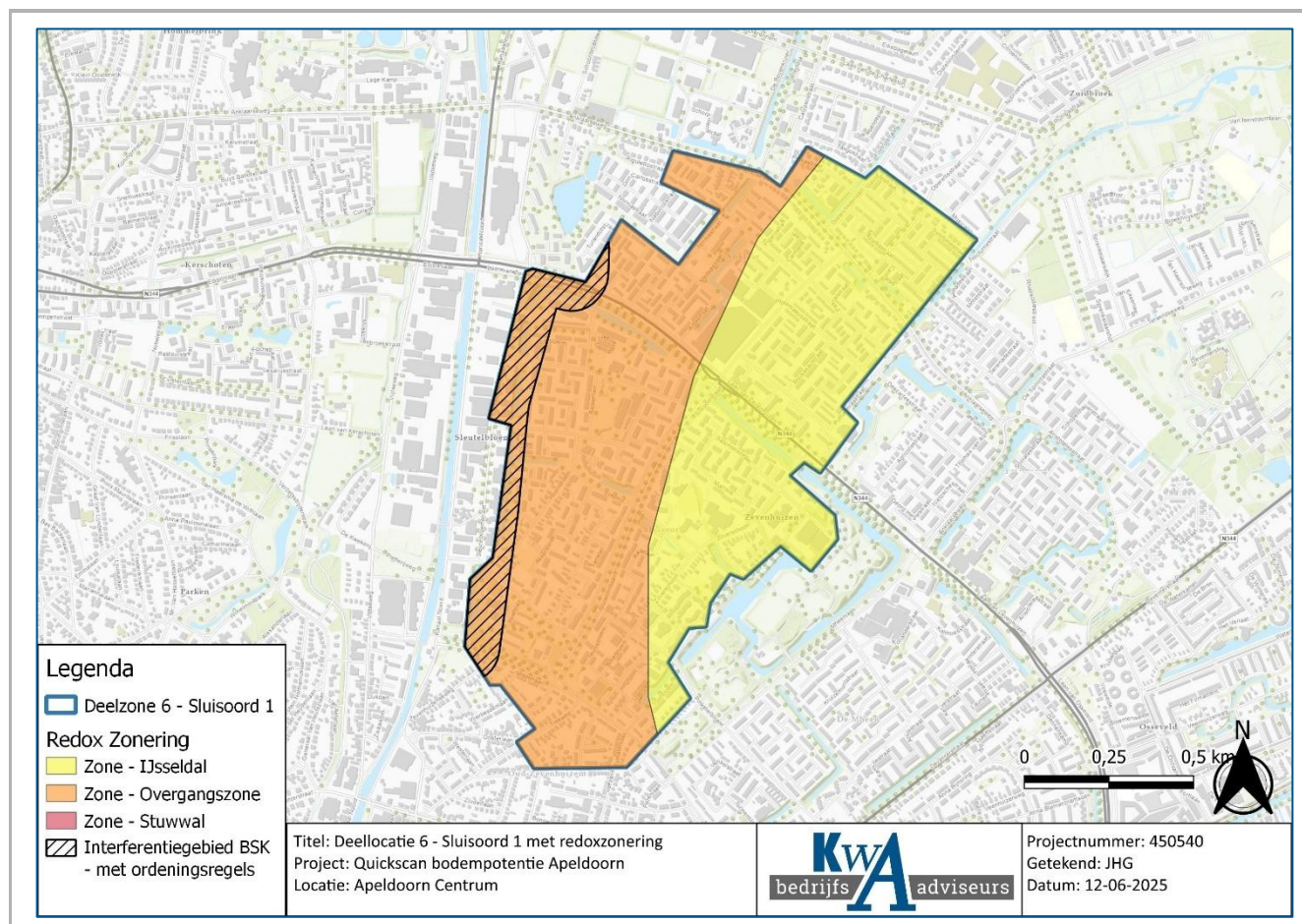
	Deelgebied 5 – Kerschoten.	
Totaal oppervlak (m ²)	1.419.274	
Totaal oppervlak (ha)	141,9	
	Gegevens watervoerend pakket	
	WVP 1	WVP 2
Gemiddelde dikte (m)	35	60
Bruikbare dikte voor filterstelling (m)	18	45
Doorlatendheid (m/dag)	56	31
Beschikbaar watervolume (m ³)	210.000	540.000
Bruikbaar watervolume (m ³)	178.500	459.000
Bodempotentie per seizoen bij ΔT van 4 K (MWh/ 4 ha)	833	2142
Bodemcapaciteit (MWh/ ha)	208	536
Geschatte totale bodemcapaciteit (MWh/seizoen)	29.556	76.002
	Brongegevens voor een kavel met oppervlakte van 4 ha	
	WVP 1	WVP 2
Aantal doubletten mogelijk	2	2
Boordiameter (mm)	800	800
Gemiddeld debiet per bron (m ³ /uur)	90	180
Geschatte benodigde onderlinge bronafstand (m)	152	154
Aantal systemen (theoretisch) mogelijk binnen totaal Deelgebied 5 – Kerschoten	70	70

Bijlage 6. Potentie bepaling OBES Deelgebied 6 – Sluisoord 1

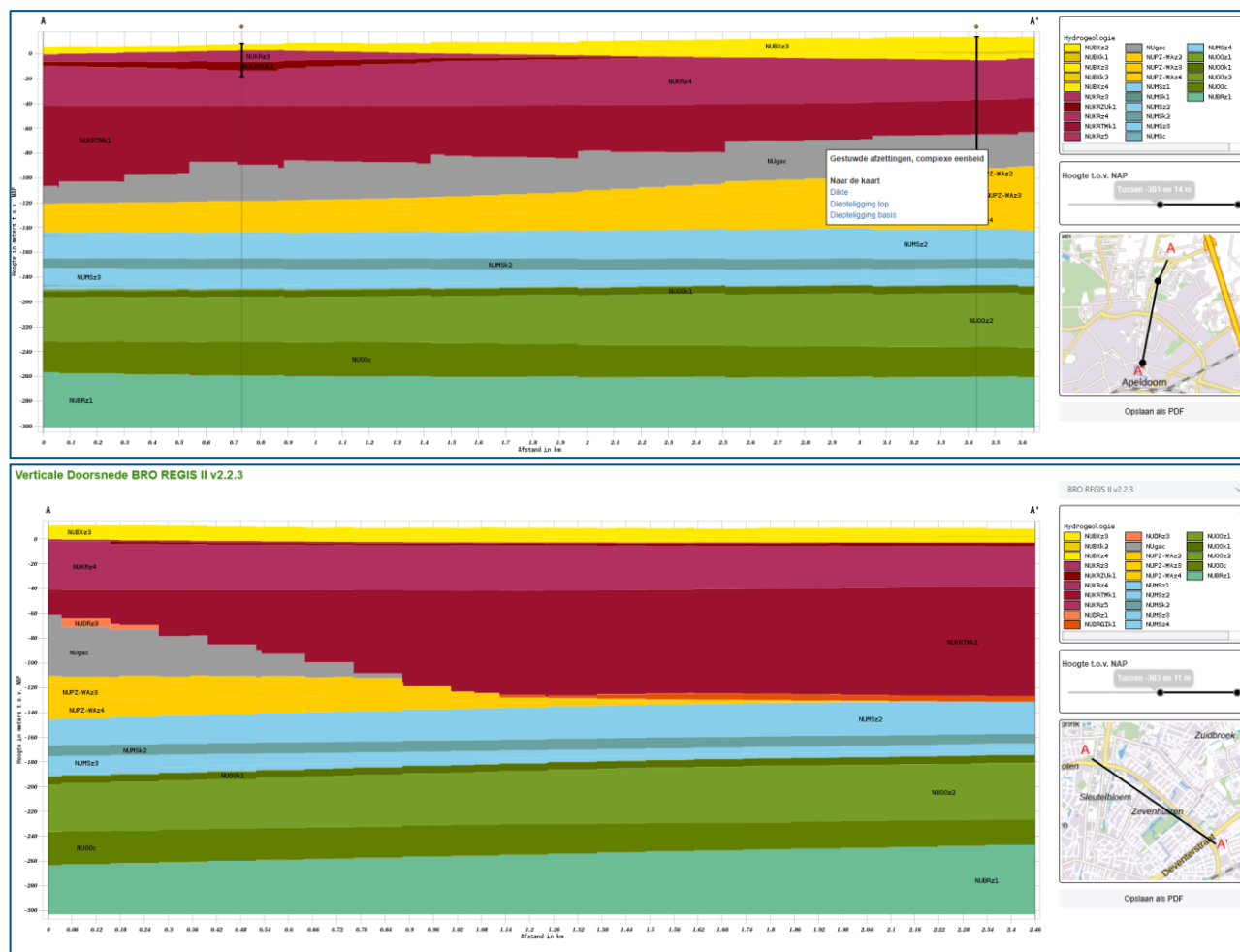
Deelgebied 6 – Sluisoord 1 heeft een oppervlak van circa 150 hectare. In figuur B6.1 en B6.2 is een dwarsdoorsnede van de bodemopbouw weergegeven. De deklaag (zanden van Bostel) is door het gebied consistent aanwezig, maar neemt in zuidoostelijke richting toe in dikte. De deklaag is aanwezig van circa NAP +15 meter tot circa NAP +0 meter. De dikte van de bovenste zanden van Kreftenheye in deelgebied 6 zijn consistent in dikte. De gemiddelde dikte van de zanden van het eerste watervoerende pakket wordt ingeschat op circa 40 meter.

Het tweede watervoerende pakket ter plaatse van deelgebied 6 bestaat uit de zanden van Peize en Waalre met daaronder gelegen de zandige formaties van Maassluis. De zanden van Peize Waalre zijn in het noordwesten circa 35 meter dik en wiggen sterk uit richting het zuidoosten tot deze helemaal zijn verdwenen. Richting het zuidwesten neemt de dikte van Peize Waalre juist toe (van circa 20 meter tot 50 meter). De bovenste zandlaag van Maassluis is met circa 20 meter consistent in dikte in alle richtingen. De gemiddelde dikte van de zanden van het tweede watervoerende pakket (Peize Waalre + Maassluis) wordt ingeschat op circa 30 meter.

Figuur 6.1: overzicht Deelgebied 6 – Sluisoord 1, met redoxzonering



Figuur B6.2: overzicht bodemopbouw ter plaatse van deelgebied 6 – Sluisoord 1 noordoost–zuidwest oriëntatie en noordwest-zuidoost oriëntatie, met de formatie van Kreftenheye in rood, de gestuwde afzettingen in grijs, de zanden van Peize en Waalre in geel en zanden Maassluis in lichtblauw.



Tabel B6.1: belangrijkste kenmerken van deelgebied 6 en de bodemopbouw ter plaatse

	Deklaag en WVP1	WVP2
Dieptetraject (m -NAP)	0-60	110165
Gemiddelde dikte	40	30
Formatie(s)	<i>Formatie van Boxtel en formatie van Kreftenheye</i>	<i>Formaties Peize Waalre en Maassluis</i>
Doorlatendheid (m/dag)	25-100 (gemiddeld 56)	30
Transmissiviteit (m²/dag)	2240	900
Grondwaterstroomsnelheid (m/jaar)	170	40
Overlap met interferentiegebied BSK-terrein?	Ja (echter zeer beperkt).	Ja (echter zeer beperkt).
Beoordeling geschiktheid	Matig geschikt voor kleine/middelgrote opslagsystemen (vanwege redoxzone en hoge grondwaterstroming).	Geschikt voor kleine/middelgrote opslag- en recirculatiesystemen groot niet haalbaar vanwege beperkte dikte).

Ter plaatse van deelgebied 6 is binnen het eerste watervoerende pakket sprake snelstromend grondwater. Om de grondwaterstand in de deklaag niet te veel te beïnvloeden, is er een noodzaak om filterstelling niet te dicht onder maaiveld te stellen. Samen met de beperkte dikte van dit pakket maakt dit het eerste watervoerende pakket niet geschikt voor grote open bodemenergiesystemen. Het deelgebied bevindt zich in redoxzone *overgangszone en IJsseldal*, er zijn ten hoogste kleine tot middelgrote opslag- en/of recirculatiedoubletten toepasbaar binnen de *overgangszone* en *IJsseldal*. Er is daar nog wel een beperkt risico op redoxproblematiek, maar de realisatie van kleine/middelgrote open systemen hoeft niet per se te worden uitgesloten. Een smalle strook, gelegen ten westen van het deelgebied, bevindt zich binnen het interferentiegebied BSK-terrein; daar mogen enkel opslagsystemen als monobron worden gerealiseerd.

Het tweede watervoerende pakket ter plaatse van deelgebied 6 neemt af in dikte en kwaliteit (doorlatendheid) ten opzichte van de meer westelijk gelegen deelgebieden. Vanwege de beperkte dikte worden er geen grote open bodemenergiesystemen mogelijk geacht. Kleine en middelgrote systemen zijn wel mogelijk (zowel opslag- als recirculatiesystemen), aangezien de grondwaterstroomsnelheid beperkt is.

Tabel B6.2: overzicht parameters voor bepaling bodempotentie deelgebied 6 – Sluisoord 1, per watervoerend pakket

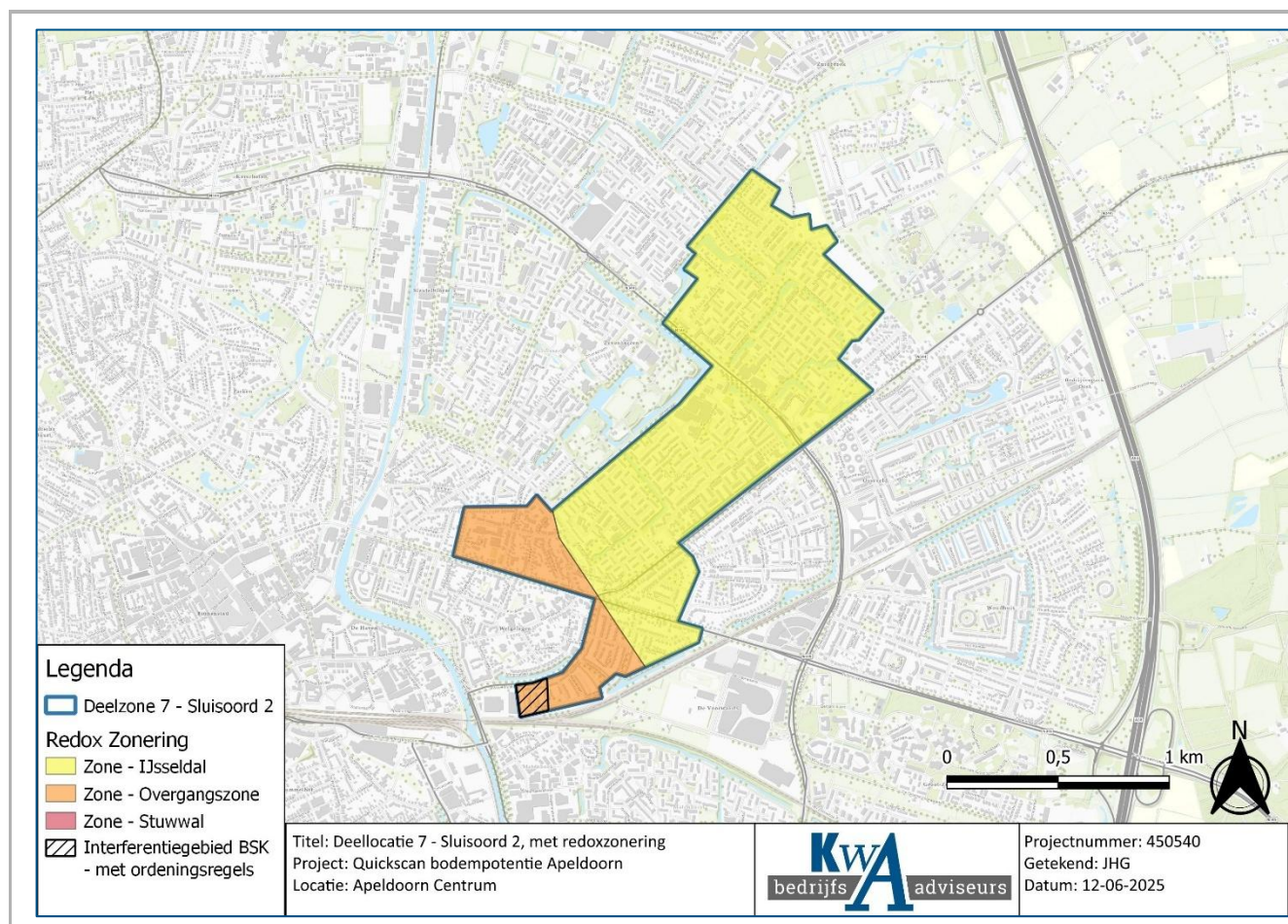
	Deelgebied 6 – Sluisoord 1	
Totaal oppervlak (m ²)	1.498.961	
Totaal oppervlak (ha)	149,8	
	Gegevens watervoerend pakket	
	WVP 1	WVP 2
Gemiddelde dikte (m)	40	30
Bruikbare dikte voor filterstelling (m)	20	23
Doorlatendheid (m/dag)	56	30
Beschikbaar watervolume (m ³)	240.000	270.000
Bruikbaar watervolume (m ³)	204.000	229.500
Bodempotentie per seizoen bij ΔT van 4 K (MWh/ 4 ha)	952	1071
Bodemcapaciteit (MWh/ ha)	238	268
Geschatte totale bodemcapaciteit (MWh/seizoen)	35.675	40.135
	Brongegevens voor een kavel met oppervlakte van 4 ha	
	WVP 1	WVP 2
Aantal doubletten mogelijk	2	2
Boordiameter (mm)	700	800
Gemiddeld debiet per bron (m ³ /uur)	88	90
Geschatte benodigde onderlinge bronafstand (m)	154	153
Aantal systemen (theoretisch) mogelijk binnen totaal Deelgebied 6 – Sluisoord 1	54	54

Bijlage 7. Potentieebepaling OBES Deelgebied 7 – Sluisoord 2

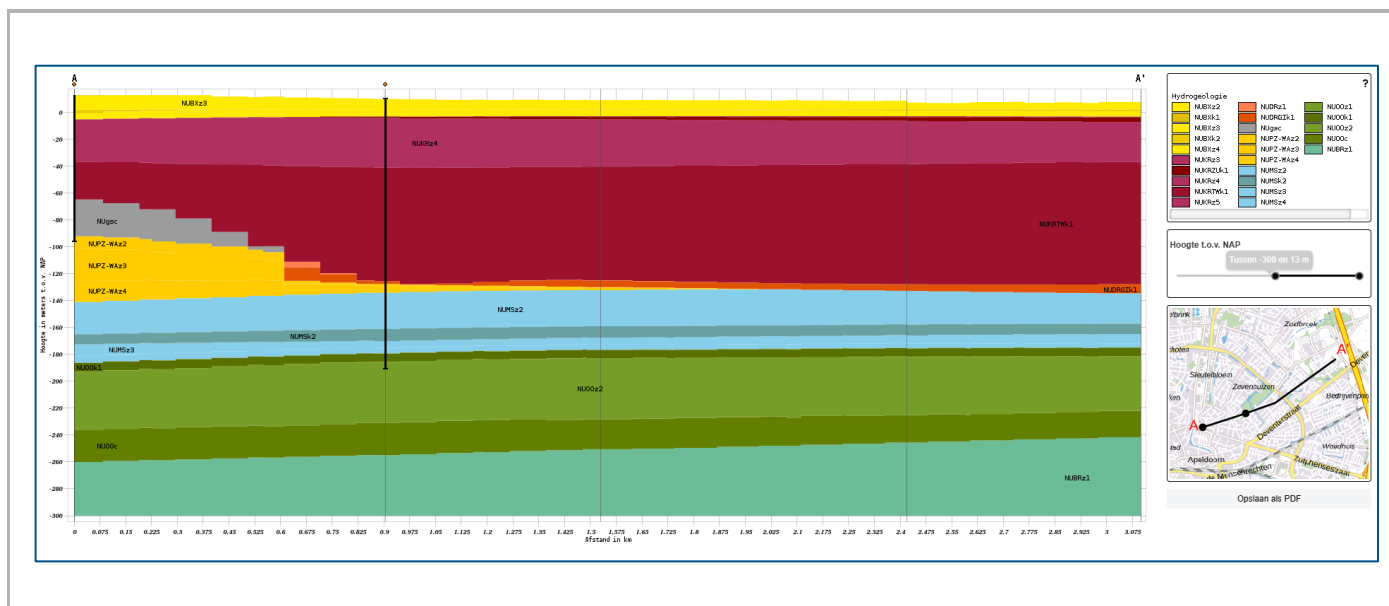
Deelgebied 7 – Sluisoord 2 heeft een oppervlak van circa 158 hectare. In figuur B7.1 en B7.2 is een dwarsdoorsnede van de bodemopbouw weergegeven. De deklaag (zanden van Bostel) is door het gebied consistent aanwezig, maar neemt in zuidoostelijke richting toe in dikte. De deklaag is aanwezig van circa NAP + 15 meter tot circa NAP + 0 meter. De dikte van de bovenste zanden van Kreftenheye in deelgebied 7 zijn consistent in dikte. De gemiddelde dikte van de zanden van het eerste watervoerende pakket wordt ingeschat op circa 40 meter.

Het tweede watervoerende pakket ter plaatse van deelgebied 7, bestaat vrijwel hoofdzakelijk uit de bovenste zanden van Maassluis. De zanden Peize Waalre zijn enkel in het zuidwesten (zeer beperkt) aanwezig. De bovenste zandlaag van Maassluis is met circa 30 meter consistent in dikte in alle richtingen. De gemiddelde dikte van de zanden van het tweede watervoerende pakket (Peize Waalre + Maassluis) wordt ingeschat op circa 28 meter.

Figuur B7.1: overzicht Deelgebied 7 – Sluisoord 2, met redoxzoning



Figuur B7.2: overzicht bodemopbouw ter plaatse van deelgebied 7 – Sluisoord 2 zuidwest-noordoost oriëntatie, met de formatie van Kreftenheye in rood, de gestuwde afzettingen in grijs, de zanden van Peize en Waalre in geel en zanden Maassluis in lichtblauw.



Tabel B7.1: belangrijkste kenmerken van deelgebied 7 en de bodemopbouw ter plaatse

	Deklaag en WVP1	WVP2
Dieptetraject (m- NAP)	0 – 60	105 - 180
Gemiddelde dikte	40	28
Formatie(s)	Formatie van Bortel en formatie van Kreftenheye	Formaties Peize Waalre en Maassluis
Doorlatendheid (m/dag)	25 – 100 (gemiddeld 75)	10 – 100 (gemiddeld 17,5)
Transmissiviteit (m²/dag)	3.000	490
Grondwaterstroomsnelheid (m/jaar)	>200	26
Overlap met interferentiegebied BSK-terrein?	Nee (heel klein vlakje in zuidwesten; verwaarloosbaar)	Nee (heel klein vlakje in zuidwesten; verwaarloosbaar)
Beoordeling geschiktheid	Matig geschikt voor kleine/middelgrote opslag-systemen (vanwege redoxzone en hoge grondwaterstroming).	Geschikt voor kleine/middelgrote opslag- en recirculatie-systemen. Grote systemen niet haalbaar vanwege beperkte dikte en doorlatendheid.

Ter plaatse van deelgebied 7 is binnen het eerste watervoerende pakket sprake van snelstromend grondwater. Om de grondwaterstand in de deklaag niet te veel te beïnvloeden, is er een noodzaak om filterstelling niet te dicht onder maaiveld te stellen. Samen met de beperkte dikte van dit pakket, maakt dit het eerste watervoerende pakket niet geschikt voor grote open bodemenergiesystemen. Het deelgebied bevindt zich in redoxzone *overgangszone* en *Ijsseldal* – er zijn ten hoogste kleine opslag- en/of recirculatie-dubbelten toepasbaar binnen de *overgangszone* en *Ijsseldal*. Er is daar nog wel een beperkt risico op redoxproblematiek maar de realisatie van kleine/middelgrote open systemen niet perse hoeft te worden uitgesloten.

Het tweede watervoerende pakket ter plaatse van deelgebied 6 neemt af in dikte, omdat de formatie van Peize Waalre nagenoeg niet aanwezig is. De doorlatendheid van de formatie van Maassluis is lager. Vanwege de beperkte dikte worden er geen grote open bodemenergiesystemen mogelijk geacht. Kleine en middelgrote systemen zijn wel mogelijk (zowel opslag- als recirculatie-systemen), aangezien de grondwaterstroomsnelheid beperkt is.

Tabel B7.2: overzicht parameters voor bepaling bodempotentie deelgebied 7 – Sluisoord 2, per watervoerend pakket

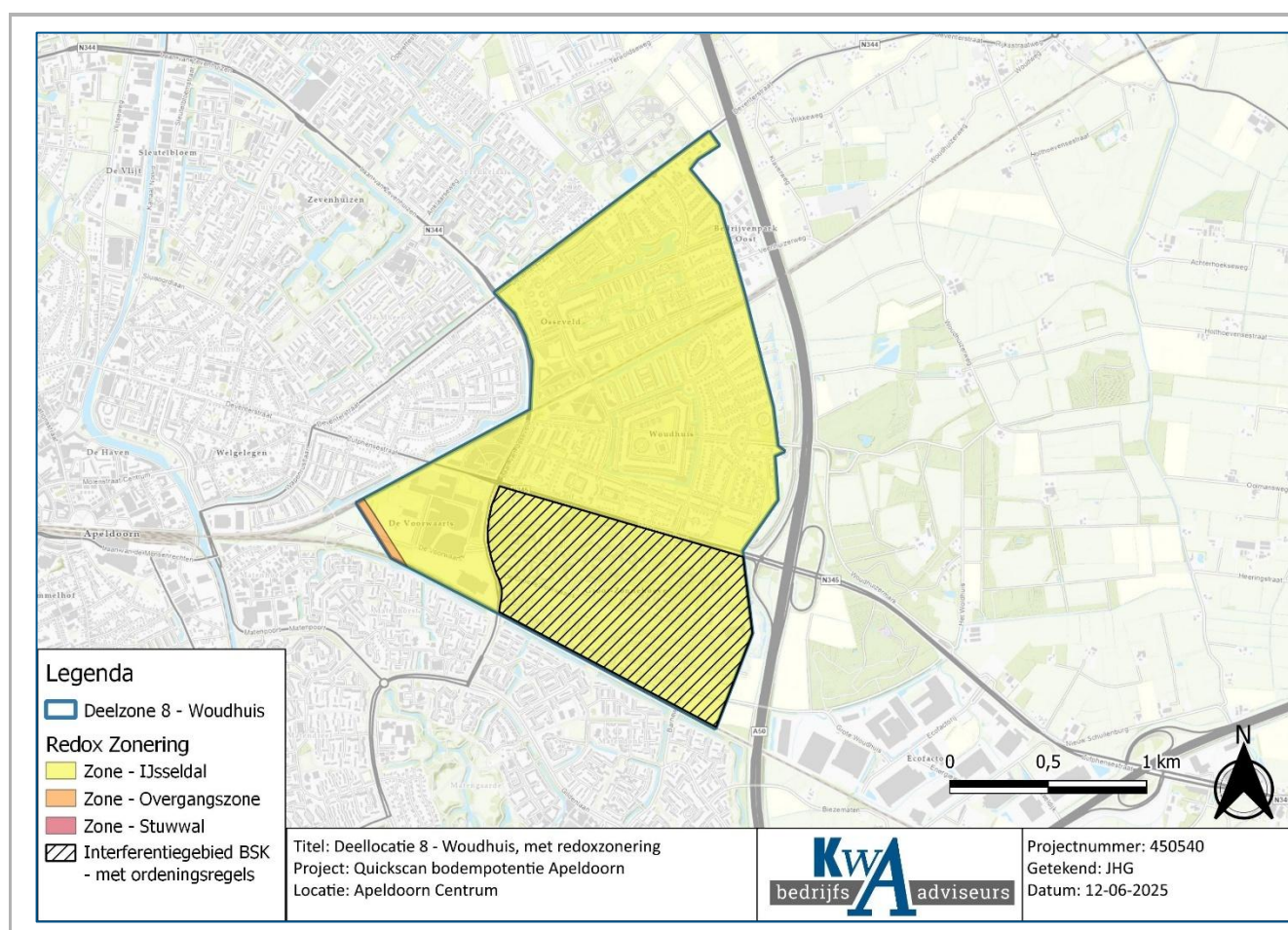
	Deelgebied 7 – Sluisoord 2	
Totaal oppervlak (m²)	1.586.848	
Totaal oppervlak (ha)	158,6	
	Gegevens watervoerend pakket	
	WVP 1	WVP 2
Gemiddelde dikte (m)	40	28
Bruikbare dikte voor filterstelling (m)	20	21
Doorlatendheid (m/dag)	75	17,5
Beschikbaar watervolume (m³)	240000	252000
Bruikbaar watervolume (m³)	204000	214200
Bodempotentie per seizoen bij ΔT van 4 K (MWh/ 4 ha)	952	1000
Bodemcapaciteit (MWh/ ha)	238	250
Geschatte totale bodemcapaciteit (MWh/seizoen)	37.767	39.671
	Brongegevens voor een kavel met oppervlakte van 4 ha	
	WVP 1	WVP 2
Aantal doubletten mogelijk	2	2
Boordiameter (mm)	700	800
Gemiddeld debiet per bron (m³/uur)	88	79
Geschatte benodigde onderlinge bronafstand (m)	154	109
Aantal systemen (theoretisch) mogelijk binnen totaal Deelgebied 7 – Sluisoord 2	78	78

Bijlage 8. Potentieebepaling OBES Deelgebied 8 - Woudhuis

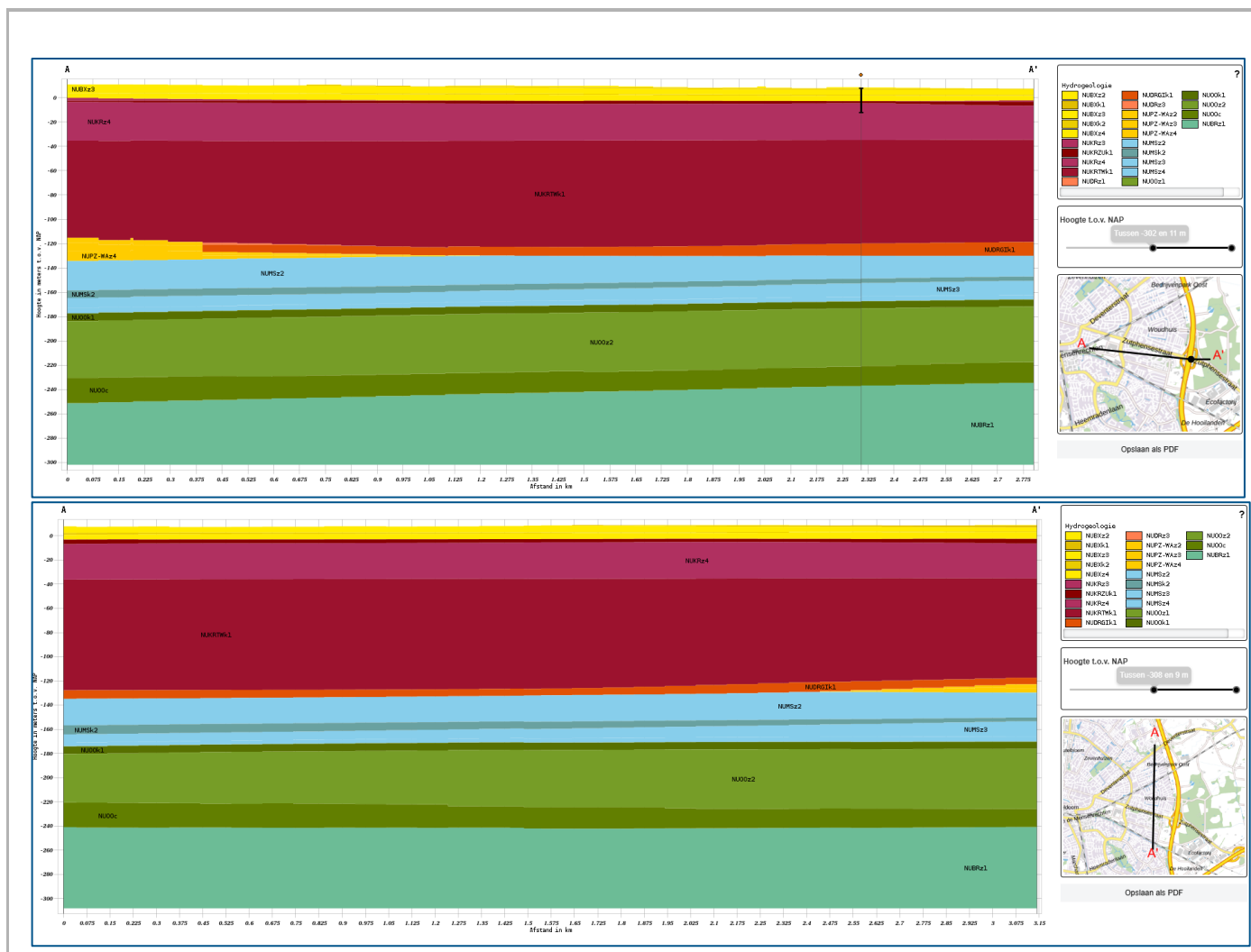
Deelgebied 8 – Woudhuis heeft een oppervlak van circa 337 hectare. In figuur B8.1 en B8.2 is een dwarsdoorsnede van de bodemopbouw weergegeven. De deklaag (zanden van Bostel) is door het gebied consistent aanwezig, maar neemt in zuidoostelijke richting toe in dikte. De deklaag is aanwezig van circa NAP +15 meter tot circa NAP +0 meter. De dikte van de bovenste zanden van Kreftenheye in deelgebied 8 zijn consistent in dikte. De gemiddelde dikte van de zanden van het eerste watervoerende pakket wordt ingeschat op circa 40 meter.

Het tweede watervoerende pakket ter plaatse van deelgebied 8 bestaat vrijwel hoofdzakelijk uit de bovenste zanden van Maassluis. De zanden Peize Waalre zijn enkel in het zuidwesten (zeer beperkt) aanwezig. De bovenste zandlaag van Maassluis is met circa 30 meter consistent in dikte in alle richtingen. De gemiddelde dikte van de zanden van het tweede watervoerende pakket (Peize Waalre + Maassluis) wordt ingeschat op circa 28 meter.

Figuur B8.1: overzicht Deelgebied 8 – Woudhuis, met redoxzoning



Figuur B8.2: overzicht bodemopbouw ter plaatse van deelgebied 8 – Woudhuis met west-oost oriëntatie en noord-zuid oriëntatie, met de formatie van Kreftenheye in rood, de gestuwde afzettingen in grijs, de zanden van Peize en Waalre in geel en zanden Maassluis in lichtblauw.



Tabel B8.1: belangrijkste kenmerken van deelgebied 8 en de bodemopbouw ter plaatse

	Deklaag en WVP1	WVP2
Dieptetraject (m -NAP)	0-50	140-170
Gemiddelde dikte	35	25
Formatie(s)	<i>Formatie van Boxtel en formatie van Kreftenheye</i>	<i>Formatie van Maassluis</i>
Doorlatendheid (m/dag)	25-50 (gemiddeld 37,5)	10-25 (gemiddeld 17,5)
Transmissiviteit (m²/dag)	1.312	438
Grondwaterstroomsnelheid (m/jaar)	70	25
Overlap met interferentiegebied BSK-terrein?	Ja (circa 29% ten zuidoosten)	Ja (circa 29% ten zuidoosten)
Beoordeling geschiktheid	Matig geschikt voor kleine tot middelgrote opslag- en/of recirculatiesystemen (vanwege redoxzone).	Geschikt voor kleine/middelgrote opslag- en recirculatiesystemen. Groot niet haalbaar vanwege beperkte dikte en doorlatendheid).

Ter plaatse van deelgebied 8 is binnen het eerste watervoerende pakket sprake van matig snelstromend grondwater. Om de grondwaterstand in de deklaag niet te veel te beïnvloeden, is er een noodzaak om filterstelling niet te dicht onder maaiveld te stellen. Samen met de beperkte dikte van dit pakket maakt dit het eerste watervoerende pakket niet geschikt voor grote open bodemenergiesystemen. Het deelgebied bevindt zich in redoxzone *overgangszone en IJsseldal* – er zijn ten hoogste kleine opslag- en/of recirculatie-dubbelten toepasbaar binnen de *overgangszone* en *IJsseldal*. Er is daar nog wel een beperkt risico op redoxproblematiek maar de realisatie van kleine/middelgrote open systemen hoeft niet perse te worden uitgesloten. Er wordt opgemerkt dat een gedeelte van het gebied binnen de zone *IJsseldal* binnen het interferentiegebied ligt; dit betekent dat daar opslagsystemen in het eerste watervoerend pakket enkel mogen worden uitgevoerd als monobron.

Het tweede watervoerende pakket ter plaatse van deelgebied 8 neemt af in dikte, omdat de formatie van Peize Waalre niet aanwezig is. De doorlatendheid van de formatie van Maassluis is lager. Vanwege de beperkte dikte worden er geen grote open bodemenergiesystemen mogelijk geacht. Kleine en middelgrote systemen zijn wel mogelijk (zowel opslag- als recirculatiesystemen) aangezien de grondwaterstroomsnelheid beperkt is.

Tabel B8.0.2: overzicht parameters voor bepaling bodempotentie deelgebied 8 – Woudhuis, per watervoerend pakket

	Deelgebied 8 – Woudhuis	
Totaal oppervlak (m ²)	3.367.330	
Totaal oppervlak (ha)	336,7	
	Gegevens watervoerend pakket	
	WVP 1	WVP 2
Gemiddelde dikte (m)	35	25
Bruikbare dikte voor filterstelling (m)	18	19
Doorlatendheid (m/dag)	37,5	17,5
Beschikbaar watervolume (m ³)	210.000	225.000
Bruikbaar watervolume (m ³)	178.500	191.250
Bodempotentie per seizoen bij ΔT van 4 K (MWh/ 4 ha)	833	893
Bodemcapaciteit (MWh/ ha)	208	233
Geschatte totale bodemcapaciteit (MWh/seizoen)	70.125	75.176
	Brongegevens voor een kavel met oppervlakte van 4 ha	
	WVP 1	WVP 2
Aantal doubletten mogelijk	2	3
Boordiameter (mm)	800	800
Gemiddeld debiet per bron (m ³ /uur)	80	59
Geschatte benodigde onderlinge bronafstand (m)	152	119
Aantal systemen (theoretisch) mogelijk binnen totaal Deelgebied 8 – Woudhuis	168	252

Bijlage 9 Potentiebepaling HTO Deelgebied 8 – Woudhuis

Op basis van de reeds uitgevoerde inventarisatie voor deelgebieden 1 t/m 8 wordt gesteld dat het eerste watervoerende pakket ter plaatse van Apeldoorn niet geschikt is voor HTO. Er is immers aan de bovenzijde geen voldoende dikke kleilaag aanwezig die als thermische isolator kan dienen (de eerste kleiige formatie van Kreftenheye heeft een dikte van circa 4 meter). Ter hoogte van deelgebied Woudhuis wordt het tweede watervoerende pakket afgedekt door een zeer dikke kleilaag - de Formatie van Maassluis. Deze kleilaag wigt onder Apeldoorn uit in westelijke richting, maar is in het oosten van Apeldoorn significant aanwezig (zie paragraaf 2.1). Ter hoogte van deelgebied Woudhuis, is deze kleilaag overal aanwezig met diktes tot 50 meter.

Tabel B9.1 belangrijkste kenmerken deelgebied 8 – Woudhuis

	WVP2
Dieptetraject (m -NAP)	140-170
Gemiddelde dikte	25
Formatie(s)	<i>Formatie van Maassluis</i>
Doorlatendheid (m/dag)	10-25 (gemiddeld 17,5)
Transmissiviteit (m²/dag)	438
Grondwaterstroomsnelheid (m/jaar)	22
Overlap met interferentiegebied BSK-terrein?	Ja (circa 29% ten zuidoosten).
Beoordeling geschiktheid	Er kunnen kleine tot middelgrote HTO-systemen (tot debiet van 60 m ³ /uur) worden gerealiseerd binnen de bovenste zanden van Maassluis.

Het tweede watervoerende pakket ter plaatse van deelgebied 8 neemt af in dikte ten opzichte van de eerder behandelde deelgebieden, omdat de formatie van Peize Waalre niet aanwezig is. De doorlatendheid van de formatie van Maassluis is er wat lager. Vanwege de beperkte dikte worden er geen grote HTO-systemen (> 100 m³/uur) mogelijk geacht. Kleine en middelgrote systemen zijn wel mogelijk. De grondwaterstroomsnelheid is er beperkt en zal derhalve geringe impact hebben op de prestatie van het systeem.

Tabel B9.2 overzicht parameters voor bepaling bodempotentie deelgebied 8 – Woudhuis

	Deelgebied 8 – Woudhuis (HTO)
Totaal oppervlak (m ²)	3.367.330
Totaal oppervlak (ha)	336,7
	Gegevens watervoerend pakket
	WVP 2
Gemiddelde dikte (m)	25
Bruikbare dikte voor filterstelling (m)	19
Doorlatendheid (m/dag)	17,5
Beschikbaar watervolume (m ³)	225.000*
Bruikbaar watervolume (m ³)	191.250
Bodempotentie per seizoen bij ΔT van 30 K (MWh/ 4 ha)	6.694
Bodemcapaciteit (MWh/ ha)	1.673
Geschatte totale bodemcapaciteit (MWh/seizoen)	563.354
	Brongegevens voor een kavel met oppervlakte van 4 ha
	WVP 2
Aantal doubletten mogelijk	2
Boordiameter (mm)	800
Gemiddeld debiet per bron (m ³ /uur)	54
Geschatte benodigde onderlinge bronafstand (m)	119
Aantal systemen (theoretisch) mogelijk binnen totaal Deelgebied 8 – Woudhuis	168

* Het maximaal beschikbare waterbezwaar is vastgesteld voor een kavel van 4ha en valt daarmee onder de minimale indicatiewaarde uit het Warming-Up programma; echter, door meerdere doubletten over verschillende kavels te verspreiden, zijn grotere systemen (met waterbezwaar > 400.000 m³/jaar) mogelijk.

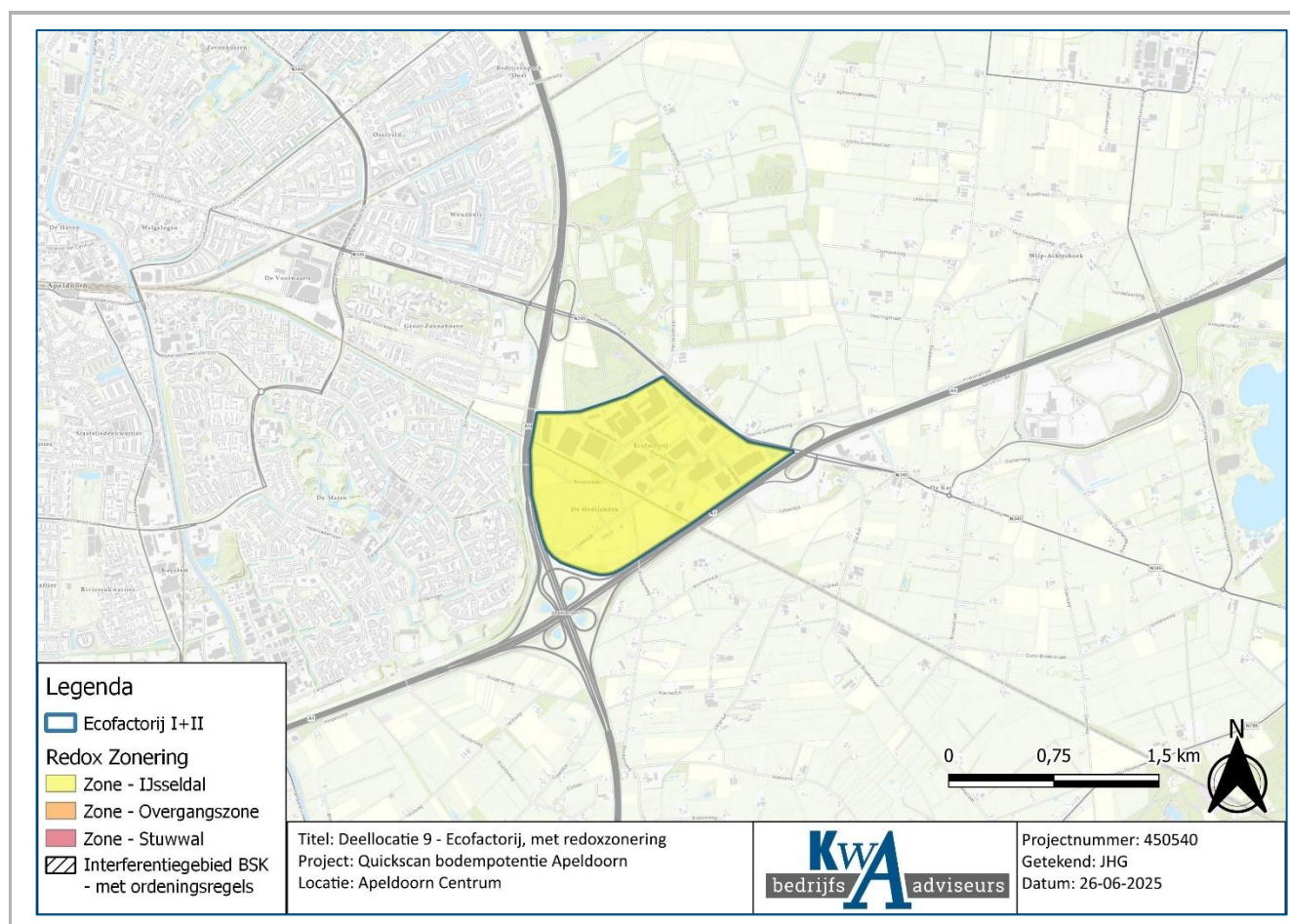
Er wordt geconcludeerd dat er qua fysieke dimensies van een HTO-systeem (filterlengte, brondebiet, waterbezwaar) iets afwijkt ten opzichte van een KWO-systeem in deelgebied Woudhuis. Echter, omdat er temperaturen tussen de 40 °C en 90 °C worden onttrokken en toegepast voor verwarming, waarmee zeer hoge ΔT 's kunnen worden gehaald, de vermogens van HTO-systemen radicaal toenemen. De potentie voor energielevering uit dergelijke systemen neemt daarmee ook enorm toe. De hoeveelheid energie die per hectare in deelgebied Woudhuis uit de bodem kan worden gehaald bij een ΔT van 30K, neemt met een factor 7 toe vergeleken met een conventionele WKO met een ΔT van 4K. Hierbij dient uiteraard wel te worden opgemerkt dat er eerst warmte met deze hoge temperaturen wordt ingestopt.

Bijlage 10 Potentieebepaling HTO Deelgebied 9 – Ecofactorij

Deelgebied 9 – Ecofactorij heeft een oppervlak van circa 153 hectare. In figuur B10.1 en B10.2 is een dwarsdoorsnede van de bodemopbouw weergegeven. De deklaag (zanden van Boxtel) is door het gebied consistent aanwezig. De deklaag is aanwezig van circa NAP +15 meter tot circa NAP +0 meter. Tussen de zanden van Boxtel en de eerste zandige eenheid van Kreftenheye bevindt zich volgens REGIS een kleilaag van 4 meter (laagpakket van Zutphen). De dikte van deze laag is consistent en de laag bevindt zich in het oosten enkele meters dieper dan in het westen. Gezien de beperkte dikte (< 10 meter) van deze kleilaag wordt het eerste watervoerende pakket uitgesloten voor mogelijkheden van een HTO-systeem. Onder de zanden van Kreftenheye bevindt zich de zeer dikke kleiige formatie van Kreftenheye, deze kan lokaal dikker zijn dan 60 meter.

Het tweede watervoerende pakket ter plaatse van deelgebied 8 bestaat vrijwel hoofdzakelijk uit de bovenste zanden van Maassluis. De zanden Peize Waalre zijn enkel in het zuiden (zeer beperkt) aanwezig. De bovenste zandlaag van Maassluis is in het westen enkele meters dieper gelegen dan in het oosten. De gemiddelde dikte van de zanden van het tweede watervoerende pakket (Peize Waalre + Maassluis) wordt ingeschat op circa 30 meter.

Figuur B10.1: overzicht Deelgebied 9 – Ecofactorij



Tabel B10.1 belangrijkste kenmerken deelgebied 9 – Ecofactorij

	WVP2
Dieptetraject (m -NAP)	140-175
Gemiddelde dikte	30
Formatie(s)	<i>Formatie van Peize Waalre & Maassluis</i>
Doorlatendheid (m/dag)	10-25 (gemiddeld 17,5)
Transmissiviteit (m ² /dag)	525
Grondwaterstroomsnelheid (m/jaar)	30
Overlap met interferentiegebied BSK-terrein?	Nee
Beoordeling geschiktheid	Geschikt voor kleine tot middelgrote HTO-systemen (tot debiet van 55 m ³ /uur) binnen de bovenste zanden van Maassluis.

Het tweede watervoerende pakket ter plaatse van deelgebied 9 neemt toe in dikte in zuidelijke richting, omdat daar de formatie van Peize Waalre weer (beperkt) aanwezig is. Vanwege de beperkte dikte worden er geen grote HTO-systemen (> 100 m³/uur) mogelijk geacht. Kleine en middelgrote systemen zijn wel mogelijk. De grondwaterstroomsnelheid is er beperkt en zal derhalve geringe impact hebben op de prestatie van een HTO-systeem.

Tabel B10.2 overzicht parameters voor bepaling bodempotentie deelgebied 9 - Ecofactorij

	Deelgebied 9 – Ecofactorij (HTO)
Totaal oppervlak (m ²)	1.529.615
Totaal oppervlak (ha)	153
	Gegevens watervoerend pakket
	WVP 2
Gemiddelde dikte (m)	30
Bruikbare dikte voor filterstelling (m)	23
Doorlatendheid (m/dag)	17,5
Beschikbaar watervolume (m ³)	270.000*
Bruikbaar watervolume (m ³)	229.500
Bodempotentie per seizoen bij ΔT van 30 K (MWh/ 4 ha)	8.033
Bodemcapaciteit (MWh/ ha)	2.008
Geschatte totale bodemcapaciteit (MWh/seizoen)	307.166
	Brongegevens voor een kavel met oppervlakte van 4 ha
	WVP 2
Aantal doubletten mogelijk	2
Boordiameter (mm)	800
Gemiddeld debiet per bron (m ³ /uur)	55
Geschatte benodigde onderlinge bronafstand (m)	125
Aantal systemen (theoretisch) mogelijk binnen totaal Deelgebied 9 – Ecofactorij	76

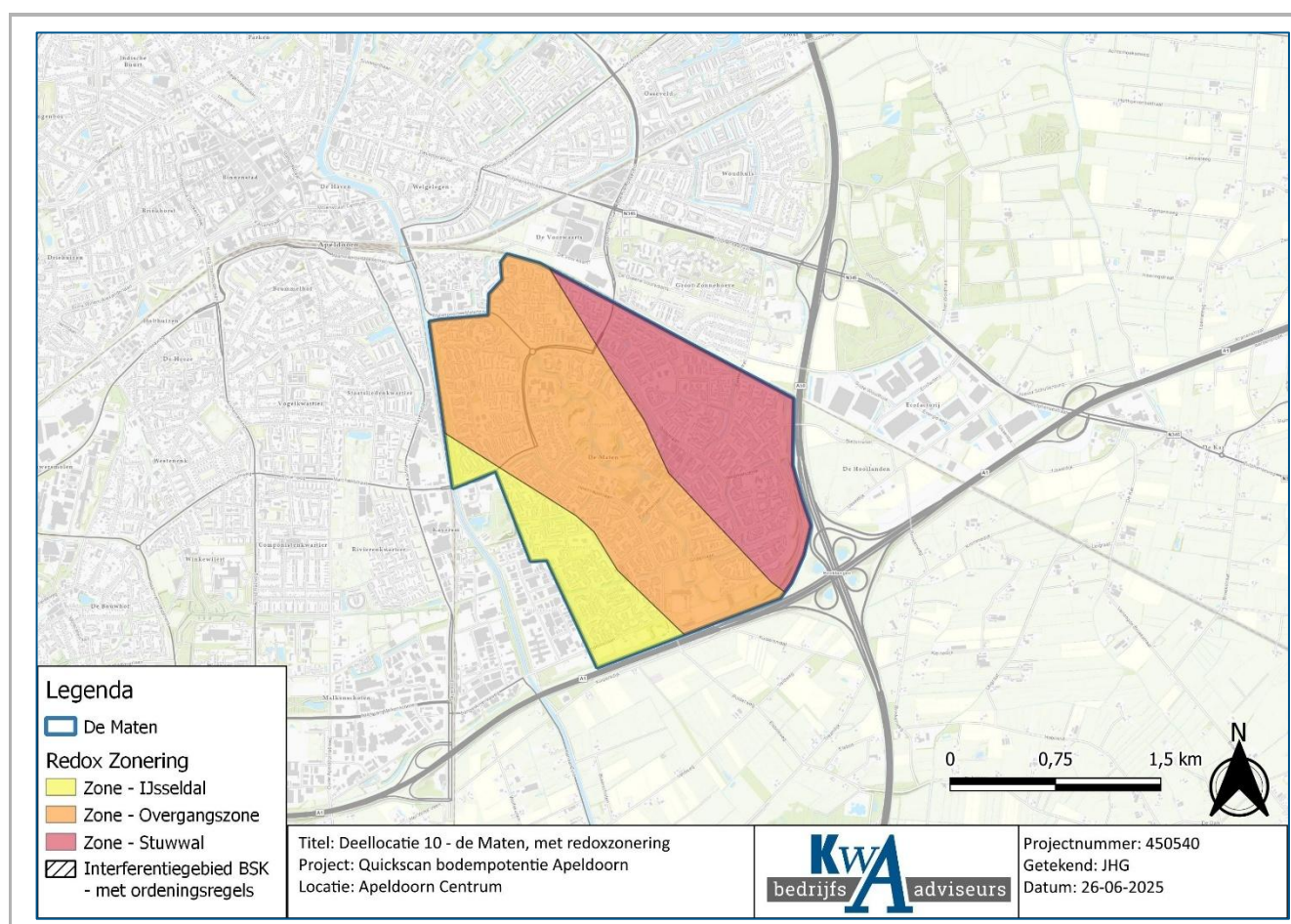
* Het maximaal beschikbare waterbezwaar is vastgesteld voor een kavel van 4 ha en valt daarmee onder de minimale indicatiewaarde uit het Warming-Up programma; echter, door meerdere doubletten over verschillende kavels te verspreiden, zijn grotere systemen (met waterbezwaar > 400.000 m³/jaar) mogelijk.

Bijlage 11 Potentie bepaling HTO Deelgebied 10 – De Maten

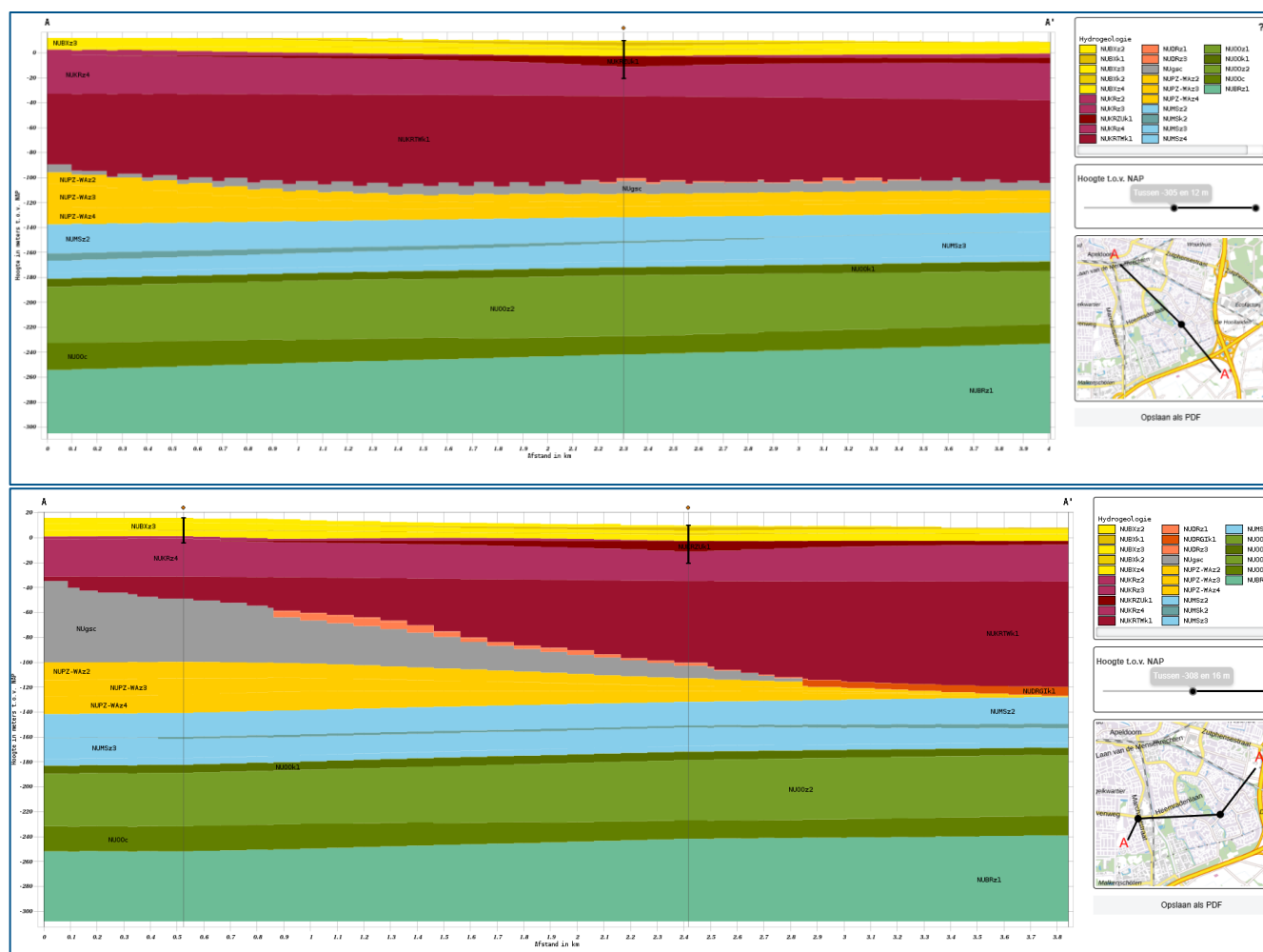
Deelgebied 10 – De Maten heeft een oppervlak van circa 489 hectare. In figuur B11.1 en B11.2 is een dwarsdoorsnede van de bodemopbouw weergegeven. De deklaag (zanden van Boxel) is door het gebied consistent aanwezig. De deklaag is aanwezig van circa NAP +15 meter tot circa NAP +0 meter. De dikte van de zanden van Kreftenheye in deelgebied 10 zijn consistent in dikte. De gemiddelde dikte van de zanden van het eerste watervoerende pakket wordt ingeschat op circa 45 meter. Tussen de zanden van Boxel en de eerste zandige eenheid van Kreftenheye bevindt zich volgens REGIS een kleilaag van maximaal 4 meter (laagpakket van Zutphen). Deze kleilaag heeft de maximale dikte in het centrum van het deelgebied en wigt uit richting het noordoosten en zuidwesten, noordwesten en zuidoosten.

Het tweede watervoerende pakket ter plaatse van deelgebied 10, bestaat uit de zanden van Peize en Waalre en de bovenste zanden van Maassluis. De zanden van Peize Waalre zijn in het westen en in het noorden dikker dan in het oosten en het zuiden. De gemiddelde dikte van de zanden van het tweede watervoerende pakket (Peize Waalre + Maassluis) wordt ingeschat op circa 45 meter.

Figuur B11.1: overzicht Deelgebied 10 – De Maten, met redoxzonering



Figuur B11.2: overzicht bodemopbouw ter plaatse van deelgebied 10 – De Maten met noordwest-zuidoost oriëntatie en noord-zuid oriëntatie, met de formatie van Kreftenheye in rood, de gestuwde afzettingen in grijs, de zanden van Peize en Waalre in geel en zanden Maassluis in lichtblauw.



Tabel B11.1 belangrijkste kenmerken deelgebied 10 – De Maten

	WVP2
Dieptetraject (m -NAP)	120-180
Gemiddelde dikte	45
Formatie(s)	<i>Formatie van Peize Waalre & Maassluis</i>
Doorlatendheid (m/dag)	10-50 (gemiddeld 29,5)
Transmissiviteit (m ² /dag)	1.328
Grondwaterstroomsnelheid (m/jaar)	50
Overlap met interferentiegebied BSK-terrein?	Nee
Beoordeling geschiktheid	Geschikt voor grote HTO-systemen (debiet > 100 m ³ /uur) binnen de zanden van Peize Waalre en de bovenste zanden van Maassluis.

Het tweede watervoerende pakket ter plaatse van deelgebied 10 is in het oosten en noorden dikker dan in het zuiden en in het westen. Het deelgebied bevindt zich in 3 verschillende redoxzones, echter voor het tweede watervoerende pakket is er ten hoogste 'beperkt risico' aanwezig. De grondwaterstroomsnelheid is er gematigd en zal derhalve geringe impact hebben op de prestatie van een HTO-systeem.

Tabel B11.2 overzicht parameters voor bepaling bodempotentie deelgebied 10 – De Maten

	Deelgebied 10 – de Maten (HTO)
Totaal oppervlak (m ²)	4.890.221
Totaal oppervlak (ha)	489
	Gegevens watervoerend pakket
	WVP 2
Gemiddelde dikte (m)	45
Bruikbare dikte voor filterstelling (m)	34
Doorlatendheid (m/dag)	29,5
Beschikbaar watervolume (m ³)	405.000
Bruikbaar watervolume (m ³)	344.250*
Bodempotentie per seizoen bij ΔT van 30 K (MWh/ 4 ha)	12.049
Bodemcapaciteit (MWh/ ha)	3.012
Geschatte totale bodemcapaciteit (MWh/seizoen)	1.473.057
	Brongegevens voor een kavel met oppervlakte van 4 ha
	WVP 2
Aantal doubletten mogelijk	2
Boordiameter (mm)	800
Gemiddeld debiet per bron (m ³ /uur)	111
Geschatte benodigde onderlinge bronafstand (m)	154
Aantal systemen (theoretisch) mogelijk binnen totaal Deelgebied 10 – De Maten	244