

hydrologie en bodeminfiltratie woningbouw De Bovendonken te Hoeven

opdrachtgever : Buroinfra BV, Goes
belanghebbende : gemeente Halderberge
rapportnr. en -datum : 22.01B, 4 mei 2022
opgesteld :

INHOUD		blz.
1	INLEIDING, BESCHIKBARE GEGEVENS EN CONCLUSIE	3
2	PROJECTGEBIED EN PROJECTGEGEVENS	5
3	BODEM EN HYDROLOGIE	8
4	METHODIEK BEPALING INFILTRATIEGESCHIKTHEID	13
5	ONDERZOEK K-WAARDE, DOORLATENDHEID	14
6	INFILTRATIEGESCHIKTHEID LOKALE BODEM EN CONCLUSIE	16
7	BELEID INZAKE AFWATERING	16
8	BEREKENING BERGING, INFILTRATIE EN SCHETSONTWERP	17
9	AANDACHTSPUNTEN UITVOERING INFILTRATIESYSTEEM EN TERREININRICHTING	19
bijlagen		blz.
1	Enkele gegevens Schetsontwerp (concept) van het woningbouwplan	20-21
2	Gegevens milieukundig bodemonderzoek ter plaatse	22-26
3	Onderzoek omgeving sonderingen, boringen van Dinoloket en archief	27-32
4	Peilbuis 5706, locatie Bovendonksestraat 60 Hoeven	33
5	Onderzoek Dinoloket peilbuizen	34-35
6	Rioleringstekening noordelijk gelegen 'Hofstee'	36
7	k-waarde onverzadigde zone infiltratieproef 'dubbele ring'	37-40
8	Veldwerk en meting grondwater peilbuis zuidelijke bouwdeel De Bovendonken	41-42
9	k-waarde uit zeefproef in toplaag monsterring bodem o.a. bij infiltratieproeven	43-44
10	Veldwerk waterstand bestaande wadi Hofstee aan noordrand De Bovendonken	45-48
11	Indicatie oppervlaktewater, wadi projectgebied (schets)	49

1 Inleiding, beschikbare gegevens en conclusie

Heden is in voorbereiding door de gemeente de aanleg van woninglocatie De Bovendonken te Hoeven.

Een belangrijk aandachtspunt bij de planvorming en uitvoering van het 'bouw- en woonrijp maken' is onderzoek naar hydrologie en bodeminfiltratie hemelwater op het terrein.

Doel van het voorliggende rapport (hydrologie, infiltratie) is, voor het gebied:

- het inventariseren van beschikbare bodem- en grondwatergegevens;
- het vaststellen van beknopt gewenst veldwerk, uitvoeren ervan en rapporteren van de resultaten;
- het inventariseren van de gewenste terreininrichting en de nodige infiltratiecapaciteit;
- het ramen van de realiseerbare infiltratiecapaciteit en het aangeven van gewenste maatregelen en controle erop in de beheersfase van het projectgebied.

Separaat van het voor u liggende 'onderzoek bodeminfiltratie' is geleverd een document 'bemalingsadvies riolering woningbouw De Bovendonken', d.d. 4 februari 2022. Opgesteld omdat er ontgravingen reiken onder de verwachte grondwaterstand waar dan tijdelijk grondwaterverlaging nodig is.

In het voorliggende rapport wordt teruggegrepen op dat bemalingsadvies. Verder is het gebaseerd op de volgende technische gegevens:

- a) mail, waarin opgenomen 'Vragen en antwoorden' (Nota van Inlichtingen), door gemeente Halderberge, 6 dec. 2021;
 - b) bestek 'Algemene voorwaarden en Ontwerpnormen voor de civiel- en cultuurtechnische voorbereiding en uitvoering van projecten', door gemeente Halderberge;
 - c) document 'Waterparagraaf, knipsel uit concept bestemmingsplan', door gemeente Halderberge;
 - d) document 'Inrichtingsplan Bovendonksestraat', i.o.v. gemeente door BügelHajema, 26 jan. 2022 (OPM actualiseert document 'Schetsontwerp Bovendonksestraat – Presentatie', door BügelHajema, 12 okt. 2021);
 - e) tekening 'Plankaart', door BügelHajema;
 - f) tekeningen A en B, 211036-HAL DO 'Bovendonksestraat-Nieuwe situatie' door BügelHajema;
 - g) document 'Verkenkend Bodemonderzoek Braakliggend perceel H 1857 Bovendonksestraat (ongenummerd) te Hoeven', door Koenders & Partners, 15 okt. 2019;
 - h) document 'Meetblad peilbuis 5538 en peilbuis 5706', door RPS, rapportage okt. 2016;
 - i) tekening 'Revisie riolering Hofstee', door Wagemakers Grond- en transportbedrijf, 4 mei 2020; (OPM betreft het kleinere woningbouwplan, meteen noordelijk van het onderhavige woningbouwplan);
 - j) document 'Waterparagraaf Bovendonksestraat Hoeven', door Tritium Advies, 30 april 2018 (OPM Betreft woningbouwplan 'Hofstee', door derden gerealiseerd, Figuur 2);
- Tekeningen 'Bovendonken', door Buroinfra i.o.v. gemeente, 22 mrt. 2022 (concept):
- k) blad B03 'Bouwrijp maken Nieuwe riolering 1 van 2';
 - l) blad B04 'Nieuwe situatie 2 van 2' (OPM betreft riolering);
 - m) blad W05 'Nieuwe situatie woonrijp maken 1 van 2';
 - n) blad W06 'Nieuwe situatie woonrijp maken 2 van 2'

Tevens is gebruik gemaakt van:

1. module C2510 'Doorlatendheids-onderzoek voor infiltratie en drainage', Rioned, 2015;
2. voorhanden informatie via internet en eigen archief;
3. diverse literatuur/naslagwerken, zoals:
 - het 'Cultuurtechnisch vademecum', Elsevier (versies 2000 en 1988);
 - NEN-EN-ISO-22282 (deel-4, 'pompproef');
 - 'Analysis of slug test' door Bouwer and Rice, WRR 1976;
 - 'Analysis and evaluation of pumping test data', door Kruseman/de Ridder, ILRI, reprint 2000.

De gehanteerde werkwijze is tenminste conform normen die betrekking hebben op evt. relevante geotechniek en regelgeving, zoals NEN-/Eurocode, CROW, RIONED, SBR, e.d. Op deze rapportage zijn de DNR-2011 van toepassing; dit betreft regeling van de verhouding tussen opdrachtgever en adviserend ingenieursbureau; er wordt o.a. een beperking van de aansprakelijkheid vastgelegd van de adviseur. De technische aannames dienen tijdig gecontroleerd te worden. Bij veronderstelde afwijkingen, ook tijdens uitvoering, dient men in overleg te treden met de projectbegeleiding. Deze rapportage, met maatvoering e.d., is oriënterend bedoeld; er kunnen geen rechten aan ontleend worden, ook niet voor bijvoorbeeld méér- of minderwerk bij de uitvoering.

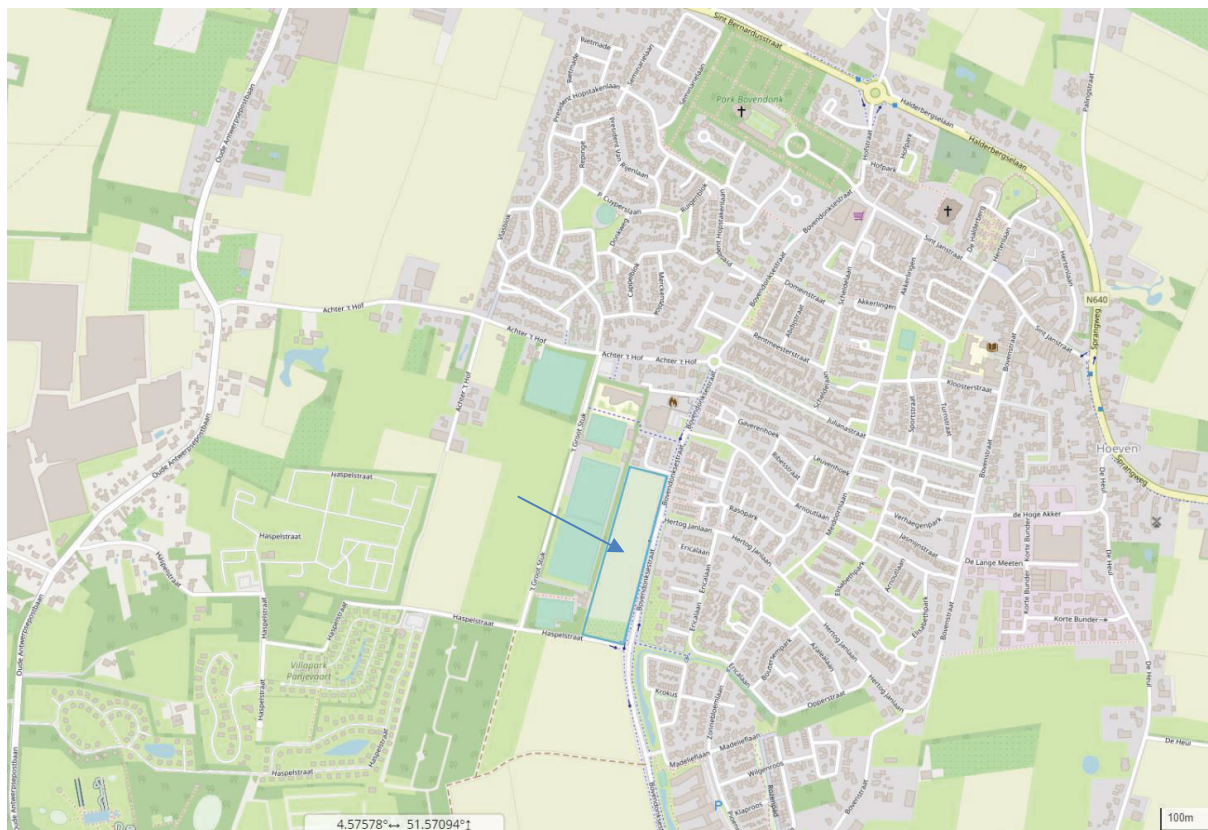
Enige samenvatting en conclusie uit navolgende rapport is:

- De grondslag over het projectterrein is geschikt voor infiltratie aan oppervlakte gecombineerd met bezinkvijvers/wadi's. Dit vanwege vrij diepe grondwaterstanden, en redelijk goede zandige grondslag met acceptabele doorlatendheid. Wel zijn er wisselend over het terrein, in de onverzadigde zone van circa de bovenste 2 meter, minder doorlatende lemige lagen, wat regionaal veelal het geval is. Dit kan leiden tot stagnerend water, maar na zo nodig kleine aanpassing in aanleg- en/of onderhoudsfase kan dit als weinig problematisch worden ervaren.
- In de huidige (onbebouwde) situatie is er geen aanvoer naar het gebied en/of afvoer eruit. Na verloop van tijd zakt het water weg op het terrein en greppels.
- Voor de te realiseren verharding volstaat het om in lijn met het plan van BügelHajema (gegevens d. OPM Zoals tevens uitgewerkt in recente tekeningen Bouwrijp/woonrijp maken gegevens k, l, m, n):
 - aan de oostelijke zijde verzamelen water op te vangen en zoveel mogelijk vast te houden in te maken wadi's, deels aansluitend bij de bestaande zaksloot langs de berm Bovendonksestraat. In het zuidelijke deel is de meeste berging te verkrijgen omdat het omliggende maaiveld er hoger ligt;
 - aan de westelijke zijde verzamelen water binnen het straatprofiel, met het natuurlijke afschot, naar de zuidrand te voeren met aan de noordzijde en halverwege een zijtak;
 - aan de zuidelijke zijde is het niet zinvol een duiker te maken om de te maken wadi's te koppelen met de aanwezige primaire water zuidoostelijk van de straat; de afstroomrichting is nl. noordelijk, zodat er in natte perioden juist extra water het projectgebied in zou stromen;
 - in Bijlage 11 is de plattegrond met wadi's; deze volstaat hydrologisch om het hemelwater in het projectgebied te verwerken, zonder afvoer buiten het gebied.

2 Projectgebied en projectgegevens

2.1 Projectgebied en globale ontwerp woonwijk met waterhuishouding

Figuur 1 toont de ligging van de nieuwbouwwijk, tussen de Bovendonksestraat en sportvelden, ten zuidwesten van de dorpskern Hoeven, in (voorheen) gebied 'verspreide huizen'.



Figuur 1. Ligging circa 45 woningen, binnen het omkaderd vlak bij pijl (projectie 'Open Streetmap')

In het woningbouwplan worden op het terrein van de gemeente circa 45 woningen gerealiseerd en t.p.v. eerdere volkstuinen, in de zuidelijke strook aan de zijde Haspelstraat, worden circa 20 appartementen gerealiseerd door een ontwikkelaar. De appartementen komen in een gebouw, waaronder een souterrain. Het terrein meet circa lengte (zuid-noord) 300 m bij breedte 80 m.

Noordelijk aansluitend op het onderhavige woningbouwplan is door derden t/m 2021 woningbouwplan 'Hofstee' gerealiseerd, zie Figuur 2; zichtbaar.



Figuur 2. Nieuwbouwplan Hofstee door derden, noordelijk van het bouwplan gemeente volgens figuur 1 (internet site Makelaardij Evers)

Waterparagraaf, gegevens (c), meldt: 'naar verwachting wordt .. verharding gerealiseerd. In dit kader moet er 960 m³ compensatie in het plangebied komen'.

Figuur 3 geeft een indruk van voorgenomen maaiveldniveau en afwatering, zodanig dat buffering en infiltratie worden bevorderd. Zie ook par. 3.3 'Maaiveldligging'.



Figuur 3. Eigen vloerpeilen voor de bouwdelen appartementengebouw en de 3 bouwblokken (uitsnede gegevens (d) Schetsontwerp 'Afwatering'). OPM Deze peilen zijn minimaal 20 cm boven maaiveld; de rij-woningen verspringen in peilniveau; de voorziene lozing overtollig water aan de zuid-oostzijde komt te vervallen, gezien de navolgend onderzochte hydrologie

Bijlage 1 geeft ook nog figuren inzake afwatering uit Schetsontwerp, gegevens (d). Uit tekst inzake afwatering van dat Schetsontwerp nemen we nog het volgende over:

- 'klimaat adaptief': water zo lang mogelijk vasthouden in de wijk, alle oppervlakten in de openbare ruimte gebruiken, dus ook de parkeerstraat benutten voor infiltratie(tijd), natuurlijk aanwezig hoogteverloop noord-zuid benutten. Waterberging Hofstee is gescheiden (watert af naar noorden). Wateroverstort zuidelijk bij rotonde (PS Zie elders; bedoelde overstort wordt niet gemaakt);
- 'uitstraling openbare ruimte': afwisseling in open water, natte plekken, greppel, wadi, droge plekken, beplanting hier op aanpassen. Zichtbaar afvoeren van water, denk aan watertegels, molgoot, halfopen verharding;
- 'bebouwing': hemelwaterafvoer voorzijde dak zichtbaar afkoppelen naar straat. Voorziene afkoppeling hemelwaterafvoer eigen dak (achterzijde) in achtertuin, beperken verharding plus maatregelen als infiltratiekragen en grindkoffers.

OPM De gemeente en het ontwerpbureau willen vooralsnog afzien van bijv. infiltratie versnellende maatregelen (zoals bijv. het leggen van een infiltratieriool langs de wijk), omdat dan het waterkarakter niet in het oog springt.

2.2 Globale gegevens te graven waterpartijen en rioolstelsel

Recentelijk zijn beschikbaar (gegevens concept tekeningen met ontwerp, tracé van waterpartijen en het rioolstelsel; wel is met Bijlage 6 voorhanden de rioleringstekening 'Hofstee' (Figuur 2: noordelijk van het huidige project). Op basis van onze gegevens ramen we:

- Hemelwater wordt zo veel mogelijk direct geïnfiltreerd.
- Bij perioden van hogere regenintensiteit en voor afstromend water van verharde (niet voldoende infiltrerende) vlakken wordt het water zoveel mogelijk vastgehouden, met vertraagde afstroming en gebufferd in vijvers/wadi's e.d.
- Er wordt een gescheiden rioolstelsel gelegd, bestaande uit een HWA buis en/of goten, wadi's e.d. (hemelwater afvoer, die overigens niet afvoert buiten het gebied, zie navolgend) en een VWA buis (Vuilwater-, ook wel genoemd Droogweerafvoer).
- Het bestaand riool in de Bovendonksestraat lijkt een gemengd stelsel (één buis, BT500). Hierop werd al aangesloten voor de riolering 'Hofstee' (tekening Bijlage 6) op put D1 (VWA) noordelijk in de Bovendonksestraat met b.o.b. (binnenzijde onderkant buis) +3,10 m NAP. De nodige ontgraving daar was circa +3,00 m NAP; dat is t.o.v. de putdekselhoogte (van +5,15 m NAP), naar -2,15 m MV. VWA afschot is zuidwaarts;

- Het overige HWA systeem is in open water (wadi's). Op Figuur 11 (schets voorziene wadi's) zijn ook de diepten van de open waterpartijen: zuidelijk +4,25 m NAP (t.o.v. het daar relatief hoge terrein naar circa -2,00 m MV) tot noordelijk +4,40 m NAP (naar circa -0,70 m MV). De verbindende duikers tussen de waterpartijen liggen circa met b.o.b. op diepste bodemhoogte water.
- Het HWA stelsel wordt niet aangesloten op een leidingstelsel buiten de locatie. Want indien op de hoofdwaterloop in de ZO-hoek wordt afgewaterd, wat het voorlopige plan was, zal er, volgens Figuur 5 watersysteem, aan benedenstuwse zijde, een duiker met circa b.o.b. +5,0 m NAP nodig zijn; de bodem van de waterloop is immers niet dieper. Vooralsnog lijkt het beter niet te koppelen met een waterloop buiten het gebied: benedenstrooms is er geen voorhanden en bovenstrooms (nabij de stuw) zal er pas water geloosd kunnen worden wanneer het water in de wadi's van het projectgebied ruim hoger is dan +5,0 m NAP; het komt dan al erg hoog aan de noordrand en dit zal pas optreden in zeer natte omstandigheid, wanneer het water (nabij de stuw aan de zuidzijde) nog hoger staat, zodat er dan juist een voorziening nodig is dat er geen water in tegenovergestelde richting wordt aangevoerd, het projectgebied in. Dus we gaan uit van het vooralsnog niet koppelen buiten het projectgebied, maar alles bufferen/infiltreren in het gebied met aansluitend Nieuwbouwplan Hofstee.
- Navolgend in dit rapport wordt geconcludeerd dat het projectgebied onder voorwaarde van de goede inrichting het water kan verwerken. Mocht er in extreme situatie wateroverlast optreden door overtollig hemelwater, dat niet (tijdig) infiltreert en op zeker moment niet kan worden vastgehouden in het gebied, kan daar in tweede instantie een oplossing zijn door via de wadi's, greppels e.d. af te stromen naar een (benedenstrooms verderaf gelegen) waterloop en/of extra bufferoppervlak of -diepte te overwegen.

Figuur 4 geeft een indruk van de bestaande situatie langs de straat.



Figuur 4. Straatbeeld 2017, in noordrichting gezien vanaf kruising Haspelstraat

3 Bodem en hydrologie

3.1 Beschikbaar en aanvullend bodem- en grondwateronderzoek op de locatie

We ontvingen:

- milieukundig bodemonderzoek van de locatie (behalve de zuidelijke strook aan de zijde Haspelstraat), gegevens (g). Hiervan zijn opgenomen in Bijlage 2: situatietekening en de boorstaten. De drie diepe boringen, ten diepste tot -4,5 m MV, zijn met peilbuizen; grondwaterstanden op moment van onderzoek van de peilbuizen noemt par. 3.6;
- gegevens (h), metingen van peilbuis 5538 (Locatie Arnoutlaan 19 Hoeven op circa 0,5 km Oost uit huidige project). En van peilbuis 5706 (Locatie Bovendonksestraat 60 Hoeven) op circa 0,1 km Noord (naast Sporthal 'De Parrestee'), welke we tonen in Bijlage 4 (meetperiode circa een jaar omstreeks 2013).

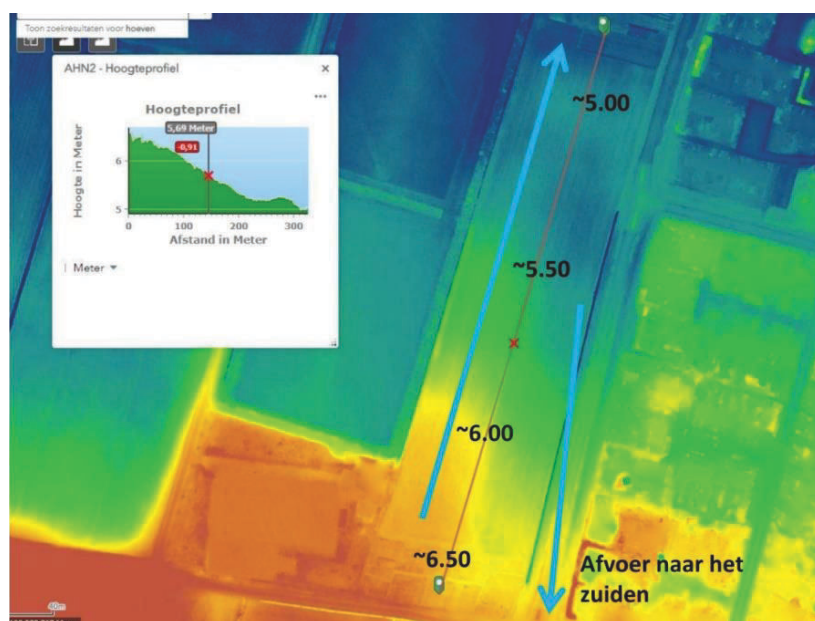
Tevens deden we, zie par. 3.6.2, t.b.v. het veldwerk i.v.m. grondwaterstand e.d. in het projectgebied.

3.2 Archiefonderzoek bodem en geohydrologie

We hebben onderzoeken gedaan en overgenomen uit Dinoloket (TN0) en archief: nabije sonderingen en boringen (Bijlage 3), peilbuisreeksen (Bijlage 5) e.d.

3.3 Maaiveldligging

Het niveau van het maaiveld is grofweg volgens Figuur 5, afgeleid van de kaart AHN. T Het loopt globaal af van het zuidelijke uiteinde op circa +6,5 m NAP via het midden op circa +5,5 m NAP naar het noordelijke op circa +5,1 m NAP.



Figuur 5. Verloop maaiveld-hoogte over terrein (uitsnede gegevens (d) Schetsontwerp 'Afwatering volgens natuurlijk hoogteverloop, maar dan wel naar het zuiden')

3.4 Bodemopbouw en geohydrologie

De omgeving valt in het deellandschap van het Zuidelijk Zandgebied. Volgens de Geologische Kaart NL wordt de geologie van de bovengrond in en rond het tracé geclassificeerd met Bx5: Formatie van Boxtel: dekzand, beekleem, beekzand en veen.

In het hart van de locatie (coördinaten RD: 98819, 398894) is volgens het geohydrologisch model REGIS het verticale profiel opgebouwd met de formaties van:

- MV=+5,64 m tot +4,0, resp. +3,6 m NAP: Boxtel, 3^e, resp. 4^e zandige eenheid, hoofdzakelijk bestaande uit midden en fijn zand, met weinig zandige klei en grof zand en een spoor klei, veen en grind;

- +3,6 m tot +0,4 m NAP: Stramproy, 1^e zandige eenheid, hoofdzakelijk bestaande uit zand (midden, fijn en grof), met weinig klei en zandige klei en grof zand en een spoor veen, bruinkool en grind;
- +0,4 m tot -0,5 m NAP: Stramproy, 1^e kleiige eenheid, hoofdzakelijk bestaande uit zandige klei, klei en midden zand, met weinig veen, fijn en grof zand en een spoor bruinkool;
- -0,5 m tot -1,9 m NAP: Stramproy, 4^e zandige eenheid, hoofdzakelijk bestaande uit zand (midden, fijn en grof), met weinig klei en zandige klei en grof zand en een spoor veen, bruinkool en grind;
- -1,9 m tot -2,1 m NAP: Peize en Waalre, 1^e zandige eenheid, hoofdzakelijk bestaande uit midden en grof zand, met weinig zandige klei, fijn zand en grind en een spoor klei en veen;
- -2,1 m tot -9,0 m NAP: Waalre, 1^e kleiige eenheid, hoofdzakelijk bestaande uit zandige klei, klei en midden zand met weinig veen, zand (fijn en grof), een spoor grind;
- etc.

De geohydrologie kan men indelen, op basis van de informatie, volgens Tabel 1.

Tabel 1. Schematisering bodemopbouw en geohydrologie

laag nr.	laagdiepte m NAP circa		grondsoort	geohydrologische typering	geoh. parameter gemiddeld	
	van	tot			C [d]	T [m ² /d]
0	-	+5,7	maaiveldligging	drainage-, infiltra- tieoppervlak	60	-
1	+5,7	+4,2 à +3,2	zand, zeer fijn tot fijn, sterk siltig	toplaag, zwak wa- tervoerend; ge- roerd	5	nat deel 3
2	+4,2 à +3,2	+1,5	wisselend zand fijn, sterk siltig met een zandige klei-/leemlaag, lokaal een sterk humeuze laag	deklaag zwak wa- tervoerend, zwak waterremmend	30	10
3	+1,5	-7,5	zand, fijn tot matig grof, wisse- lend met zandige klei- en/of leemlagen	WVL1 en SDL1 watervoerend, wa- terremmend	100	30
4	-7,5	-29	zand, matig grof tot grof, lokaal siltig	WVL2, watervoe- rend	2	160
5	-29	-30	zandige klei- en/of leemlagen	SDL21 waterrem- mend	20	-

uitleg: WVL, SDL watervoerende resp. scheidende laag; T: transmissiviteit (doorlaatfactor k * pak-
ketdikte D); C: waterremmendheid.

OPM Wegens de hier lokaal wisselende grondslag met lemige/kleiige lagen over het tracé is het niet
mogelijk vooraf een scherpe indeling in grondlagen te maken van de bovenlagen

3.5 Open water

In dit gebied is geen vast peil in de watergangen. Het verval/afschot is vrij groot, in noor-
delijke en oostelijke richting; bij stuwen wordt er tijdelijk water vastgehouden. Figuren 6,
ontleend aan de waterschapslegger, en de foto's Figuren 7 tonen:

- van zuid naar noord, te zien in de westelijk gelegen hoofdwaterloop (A-water nr. 4292, de loopt in de lengte van het projectgebied) verloopt het peil van de slootbodembodem over 1½ km van +6,9 naar +1,6 m NAP (verhang 3,5 m/km);
- in de zuidoosthoek, aan de overzijde van de kruising met de Haspelstraat, is een hoofdwaterloop. Deze waterloop is altijd watervoerend/nat; in zeer natte perioden zal aan de zuidzijde in de hoofdwaterloop het waterpeil hoger zijn dan +5,0 m NAP, de overstorthoogte van de stuw. Tijdens opname van de foto's Figuur 7B was het ook een vrij natte winterperiode; er was flinke stroming in oostelijke richting door de stuw (ope-
ning), geen overstort. Het waterpeil was ruim 0,05 m hoger dan benedenstrooms; de slootbodembodem naast de stuw was 0,2 m hoger dan benedenstrooms;
- langs de Bovendonksestraat is B-water (21065, zie ook Figuur 4); deze ontbreekt op het laatste stuk van het projectterrein; zuidelijk van de Haspelstraat, ter hoogte van het projectgebied is B-water 21628. Op de legger lijken beide wateren verbonden;

maar bij inspectie leek er geen duiker aanwezig. Feitelijk zijn beide wateren een zak-sloot (infiltratie, geen oppervlakkige afvoerstelsel naar overige wateren).

OPM Zie ook Hoofdstuk 2: Figuur 6 (schets voorziene wadi's met aantekeningen) geeft beeld van mogelijke inrichting waterpartijen binnen projectgebied.



Figuur 6A. Grotere watersysteem t.o.v. projectgebied bij arcering (collage Leggerkaart)
OPM De donkere zijn cat. A, met aangegeven stroomrichting, en de lichtgekleurde B-waterloop (greppel, zie fig. 6B). Zie ook fig. 7B, de hier getoonde info lijkt niet geheel juist: de bodemhoogten van nrs. 4310 en 4312 zouden benedenstrooms dieper moeten zijn dan bovenstrooms en de laagst mogelijk in te stellen hoogte van de stuw nr. 1437 meer dan de bodemhoogte



Figuur 6B. Detail watersysteem t.o.v. projectgebied bij arcering (collage Leggerkaart Waterschap)



Figuur 7A. Foto's B-waterlopen langs projectgebied; links is zicht noordrichting over kruising met Haspelstraat en rechts is zicht zuidrichting ter hoogte van Hertog Janlaan (opnamen 14 feb. 2022)



Figuur 7B. Foto's A-waterloop ZO van projectgebied; midden links is zicht op stuw stroomafwaarts, in westrichting (links is detail van die stuw); rechts is zicht oostrichting ter hoogte van kruising met Haspelstraat

3.6 Grondwater

3.6.1 Eerder onderzoek grondwaterstand in/naast het projectgebied

Van de locatie zijn (milieukundig bodemonderzoek par. 3.1, meettabel Bijlage 2) grondwaterstanden bekend op moment van onderzoek van de peilbuizen (sept. 2019):

- in Pb1 -2,50, Pb2 -2,22 en Pb3 -2,27 m MV;
- de NAP ligging was niet bepaald; wanneer we deze schatten a.h.v. par. 3.1, komen we op: Pb1 +2,50, Pb2 +3,28 en Pb3 +3,93 m NAP (als ter plaatse MV=+6,20 m, resp. +5,00 en +6,20 m NAP).

Juist naast het gebied is in par. 3.1 vermelde peilbuis 5706, met een meetreeks van omstreeks 2016. Deze ligt aan de lage NW-kant: MV=+5,04 m NAP, waardoor de standen wat lager zijn t.o.v. NAP (zie isohypsen par. 3.7). De standen varieerden veelal tussen +3,1 (feb., maart) en (najaar) +1,8 m NAP.

3.6.2 Huidig onderzoek grondwaterstand in het projectgebied

Door ons is onderzoek gedaan voor het infiltratie onderzoek, met continue metingen vanaf veldwerk 14 feb. tot heden begin april 2022:

- zie ook meetgrafieken Bijlage 8: in PbB5, de diepere laag₂ aan de zuidrand gelegen, waardoor de standen wat hoger zijn t.o.v. NAP. De standen -2,27 m MV. De hoogste stand (feb.) was +3,93 m NAP;
- zie ook meetgrafieken Bijlage 10: het oppervlaktewater in de wadi, welke globaal overeenkomt met de grondwaterstand in de ondiepe laag₁. Deze ligt aan de lage noordrand: MV=+5,04 m NAP, waardoor de standen wat lager zijn t.o.v. NAP. De hoogste stand (feb.) was +3,40 m NAP.

3.6.3 Onderzoek peilbuizen Dinoloket en raming standen in het projectgebied

Onderzoek naar nabije peilbuizen is gedaan, volgens Bijlage 5; de putten zijn minder representatief: ze liggen meer verwijderd, en de ene (nr. 327, meettraject in diepe laag_{3,4}) ligt in lager terrein en de andere (nr. 450) juist in hoger terrein.

Voor verwachte grondwaterstanden op de projectlocatie stellen we, uitgaande van genoemde informatie, Tabel 2 samen.

Tabel 2. Raming grondwaterstand bodemlagen projectlocatie in maatgevende laag₂

terreindeel globaal	aanname MV	GHG hoge stand	gemiddelde stand	GLG lage stand
noordelijk gemiddeld	+5,30 m NAP	+3,70 m NAP (-1,60 m MV)	+2,80 m NAP (-2,50 m MV)	+2,10 m NAP (-3,20 m MV)
zuidelijk gemiddeld	+6,35 m NAP	+4,75 m NAP (-1,60 m MV)	+3,75 m NAP (-2,60 m MV)	+3,05 m NAP (-3,30 m MV)

Uitleg: GHG/GLG: de gemiddeld hoogste/laagste grondwaterstand waarin geen ingrepen hebben plaatsgevonden, geschat over de recente jaren. Dus welke 'van nature' optreden.

OPM Genoemde standen zijn hier relevant i.v.m. bemaling: semi-spanningswater (stijghoogte. In de toplaag (freatische standen) zijn deze lokaal stagnerend bij kleiig/lemige lagen

3.7 Regionale stroming grondwater en kwel/infiltratie

Zie ook Bijlage 5, het isohypsenbeeld en standen in peilbuis 0327 in WVL1,2:

- er is gemiddeld sprake van een infiltratiesituatie (wegzijging van toplaag naar WVL1);
- de natuurlijke stromingsrichting in het projectgebied van het grondwater in WVL1 en globaal ook de ondiepere watervoerende toplaag is gemiddeld noordelijk, vanwege de gradiënt (verhang) vanaf de hogere terreinen naar de lagere gelegen en diepe terreinen en ontwateringen.

3.8 Kwaliteit grondwater en ligging t.o.v. verontreinigingen

Het op te pompen grondwater is "zoet"; de overgang naar brak water is zeer diep.

Voor het terrein was in dit kader milieukundig bodemonderzoek geweest; en in ons 'bemaalingsadvies' was nader bureauonderzoek naar evt. naastliggende verontreinigingen grondwater gedaan. De conclusie is dat er geen ernstig geval bekend is van grondwaterverontreiniging op of naast het terrein, zodat dit geen beperking geeft m.b.t. infiltratie.

4 Methodiek bepaling infiltratiegeschiktheid

Hoofdstuk 2 legt uit dat in deze situatie van toename van waterdichte verharding er infiltratiebufferring nodig is van afstromend water. Vervolgens is het zaak dat de buffering zo eenvoudig/snel mogelijk leeg loopt om de buffercapaciteit te behouden; het legen gebeurt door bodeminfiltratie zijwaarts en neerwaarts.

De gehanteerde aanpak voor onderzoek van de infiltratie is o.a. vergelijkbaar met module C2510 van Rioned. Van belang voor vaststelling van de geschiktheid voor infiltratie van een bodem zijn met name:

- het te infiltreren water dient schoon (hemel)water te zijn;
- de diepte van de grondwaterstand door de seizoenen heen moet doorgaans niet te dicht aan maaiveld reiken. De te verwachten grondwaterstanden zijn reeds geschat in Hoofdstuk 3;
- de waterdoorlatendheid van de relevante bodemlagen moet niet te laag zijn.

De doorlaatfactor is sterk afhankelijk van de korrelgrootte van de grondslag; bovendien kan bijv. ook in gemiddeld wat grovere zanden een fractie aan kleine deeltjes de doorlaatendheid beperken.

De wadi's, vijvers zijn voor dit project gepland nabij het niveau van de hoge grondwaterstand; in die situatie is ook van toepassing de horizontale (af)stroming. Voor de zone boven de grondwaterstand is met name van toepassing de verticale stroming (inzijging).

In het voorliggende rapport wordt de doorlatendheid geschat, in Hoofdstuk 5, door:

- indirecte bepaling, middels:
 - de verzamelde gegevens van hoofdstuk 3 uit literatuurstudie e.d.
 - de verderop gepresenteerde boorstaten van het veldwerk;
 - korrelanalyse in een lab;
- directe bepaling, middels veldproeven.

Omdat hier de grondwaterstanden vrij diep zijn, is de onverzadigde zone hier nog belangrijker, dat is de bovenlaag, boven de veelal optredende grondwaterstand. Opmerking hierbij is dat er over het terrein storende lagen in die bovenlaag voorkomen.

De verzadigde zone, de hier dus vrij diepe laag vanaf die optredende grondwaterstand hoeft hier minder onderzocht te worden; het gedrag daarvan is vrij goed in te schatten.

Mede omdat het in de hier verwachte grondslag, met wisselend in diepte en over het terrein voorkomende storende lagen (lemig/kleiig/humeus) niet mogelijk is om éénduidige bevindingen te krijgen inzake de bodemdoorlatendheid is hier gekozen om, steekproefsgewijs, onderzoeks- en veldproefmethoden te hanteren, en de uitkomsten vervolgens te interpreteren mede aan de hand van deze vastgestelde variabiliteit in bodemlagen over het terrein.

5 Onderzoek K-waarde, doorlatendheid

5.1 Algemeen en weersomstandigheden bij metingen

Over het kleine zuidelijke terrein deel waren verlaten volkstuinen en voor het overige was het grasland, zie ook foto's van de figuren voor een impressie. Tabel 3 geeft weersomstandigheden geregistreerd bij het enigszins representatieve weerstation op circa 8 km ZW uit het projectgebied.

Tabel 3. Meteogegevens weerstation 'Roosendaal West' ('weeractueel') van feb., maart tot begin mei

Datum	Tmax	Tmin	Neerslag	Max Windstoot	Datum	Tmax	Tmin	Neerslag	Max Windstoot
2022-02-28	11.7 °C	0.9 °C	0,0 mm	19.4 km/u	2022-03-31	7.9 °C	1.5 °C	1,6 mm	25.9 km/u
2022-02-27	10.9 °C	0.4 °C	0,0 mm	25.9 km/u	2022-03-30	13.9 °C	5.2 °C	0,0 mm	20.9 km/u
2022-02-26	8.9 °C	1.6 °C	0,0 mm	20.9 km/u	2022-03-29	13.3 °C	6.8 °C	0,0 mm	20.9 km/u
2022-02-25	8.7 °C	2.8 °C	0,6 mm	38.6 km/u	2022-03-28	17.3 °C	6.2 °C	0,0 mm	13.0 km/u
2022-02-24	10.4 °C	3.3 °C	4,6 mm	45.1 km/u	2022-03-27	17.8 °C	7.9 °C	0,0 mm	17.7 km/u
2022-02-23	12.2 °C	4.2 °C	0,0 mm	30.6 km/u	2022-03-26	18.9 °C	6.2 °C	0,0 mm	24.1 km/u
2022-02-22	11.1 °C	4.6 °C	1,2 mm	40.3 km/u	2022-03-25	17.1 °C	6.2 °C	0,0 mm	19.4 km/u
2022-02-21	8.5 °C	4.6 °C	2,8 mm	56.3 km/u	2022-03-24	19.7 °C	5.4 °C	0,0 mm	13.0 km/u
2022-02-20	10.4 °C	4.1 °C	9,4 mm	62.8 km/u	2022-03-23	19.6 °C	6.5 °C	0,0 mm	16.2 km/u
2022-02-19	8.6 °C	5.1 °C	5,6 mm	51.5 km/u	2022-03-22	21.3 °C	8.3 °C	0,0 mm	16.2 km/u
2022-02-18	12.7 °C	6.3 °C	1,8 mm	90.1 km/u	2022-03-21	19.0 °C	2.5 °C	0,0 mm	14.5 km/u
2022-02-17	12.4 °C	7.9 °C	2,2 mm	61.2 km/u	2022-03-20	8.8 °C	2.9 °C	0,2 mm	22.7 km/u
2022-02-16	13.8 °C	8.4 °C	2,8 mm	56.3 km/u	2022-03-19	14.7 °C	5.3 °C	0,0 mm	46.8 km/u
2022-02-15	9.7 °C	5.9 °C	4,0 mm	43.6 km/u	2022-03-18	15.2 °C	2.7 °C	0,0 mm	27.4 km/u
2022-02-14	12.2 °C	6.4 °C	1,0 mm	40.3 km/u	2022-03-17	12.1 °C	5.7 °C	0,0 mm	35.4 km/u
2022-02-13	12.1 °C	2.2 °C	0,0 mm	33.8 km/u	2022-03-16	13.3 °C	4.3 °C	0,0 mm	22.7 km/u
2022-02-12	8.4 °C	-0.2 °C	0,0 mm	27.4 km/u	2022-03-15	14.0 °C	7.5 °C	0,0 mm	16.2 km/u
2022-02-11	7.8 °C	1.9 °C	0,4 mm	38.6 km/u	2022-03-14	14.1 °C	8.5 °C	0,0 mm	25.9 km/u
2022-02-10	9.4 °C	5.2 °C	1,8 mm	20.9 km/u	2022-03-13	16.8 °C	9.1 °C	0,0 mm	22.7 km/u
2022-02-09	10.8 °C	8.0 °C	0,0 mm	29.0 km/u	2022-03-12	14.9 °C	9.1 °C	0,4 mm	32.2 km/u
2022-02-08	11.4 °C	6.7 °C	0,0 mm	35.4 km/u	2022-03-11	16.8 °C	5.7 °C	0,0 mm	32.2 km/u
2022-02-07	8.2 °C	3.8 °C	0,2 mm	37.0 km/u	2022-03-10	17.6 °C	3.5 °C	0,0 mm	22.7 km/u
2022-02-06	9.1 °C	4.5 °C	29,2 mm	61.2 km/u	2022-03-09	16.4 °C	2.1 °C	0,0 mm	14.5 km/u
2022-02-05	8.8 °C	3.1 °C	0,4 mm	50.0 km/u	2022-03-08	11.7 °C	-0.3 °C	0,0 mm	24.1 km/u
2022-02-04	9.4 °C	3.6 °C	5,0 mm	45.1 km/u	2022-03-07	7.7 °C	-0.8 °C	0,0 mm	32.2 km/u
2022-02-03	9.0 °C	7.1 °C	0,0 mm	27.4 km/u	2022-03-06	6.8 °C	0.3 °C	0,0 mm	24.1 km/u
2022-02-02	9.8 °C	8.3 °C	0,2 mm	37.1 km/u	2022-03-05	10.1 °C	-0.8 °C	0,0 mm	13.0 km/u
2022-02-01	10.1 °C	3.9 °C	0,4 mm	38.6 km/u	2022-03-04	13.2 °C	1.1 °C	0,0 mm	19.4 km/u
Extremen/	13.8 °C	-0.2 °C	73,6 mm	90.1 km/u	2022-03-03	13.0 °C	1.9 °C	0,0 mm	27.4 km/u
					2022-03-02	11.8 °C	4.3 °C	0,0 mm	22.7 km/u
					2022-03-01	9.4 °C	3.9 °C	0,0 mm	11.3 km/u
					Extremen/	21.3 °C	-0.8 °C	2,2 mm	46.8 km/u

Datum	Tmax	Tmin	Neerslag	Max Windstoot	Datum	Tmax	Tmin	Neerslag	Max Windstoot
2022-04-30	12.1 °C	6.1 °C	0,0 mm	17.7 km/u	2022-04-12	22.6 °C	8.9 °C	0,0 mm	20.9 km/u
2022-04-29	15.6 °C	6.9 °C	0,0 mm	20.9 km/u	2022-04-11	16.7 °C	5.7 °C	0,0 mm	32.2 km/u
2022-04-28	16.9 °C	5.9 °C	0,0 mm	19.4 km/u	2022-04-10	13.3 °C	4.6 °C	0,0 mm	17.7 km/u
2022-04-27	15.9 °C	6.2 °C	0,0 mm	24.1 km/u	2022-04-09	10.4 °C	3.9 °C	0,2 mm	33.8 km/u
2022-04-26	15.3 °C	8.1 °C	0,0 mm	24.1 km/u	2022-04-08	9.0 °C	4.6 °C	0,2 mm	27.4 km/u
2022-04-25	12.1 °C	7.8 °C	0,0 mm	20.9 km/u	2022-04-07	11.6 °C	5.8 °C	8,0 mm	58.0 km/u
2022-04-24	19.1 °C	9.1 °C	0,0 mm	32.2 km/u	2022-04-06	10.9 °C	9.2 °C	0,6 mm	41.8 km/u
2022-04-23	20.1 °C	9.8 °C	0,0 mm	37.1 km/u	2022-04-05	12.8 °C	9.7 °C	0,0 mm	38.6 km/u
2022-04-22	16.2 °C	9.1 °C	0,0 mm	30.6 km/u	2022-04-04	10.0 °C	3.1 °C	0,4 mm	48.3 km/u
2022-04-21	18.9 °C	7.8 °C	0,0 mm	30.6 km/u	2022-04-03	8.7 °C	0.5 °C	0,0 mm	24.1 km/u
2022-04-20	17.8 °C	7.6 °C	0,0 mm	29.0 km/u	2022-04-02	7.4 °C	1.6 °C	0,0 mm	27.4 km/u
2022-04-19	20.7 °C	9.1 °C	0,0 mm	20.9 km/u	2022-04-01	4.6 °C	0.1 °C	4,4 mm	35.4 km/u
2022-04-18	21.4 °C	8.4 °C	0,0 mm	19.4 km/u	Datum	Tmax	Tmin	Neerslag	Max Windstoot
2022-04-17	21.1 °C	5.7 °C	0,0 mm	22.7 km/u	2022-05-04	15.3 °C	7.8 °C	0,0 mm	13.0 km/u
2022-04-16	17.9 °C	6.9 °C	0,0 mm	25.9 km/u	2022-05-03	16.9 °C	7.5 °C	0,0 mm	19.4 km/u
2022-04-15	17.4 °C	7.7 °C	0,0 mm	19.4 km/u	2022-05-02	19.1 °C	7.7 °C	0,0 mm	17.7 km/u
2022-04-14	18.9 °C	10.0 °C	0,0 mm	20.9 km/u	2022-05-01	16.3 °C	4.8 °C	0,0 mm	14.5 km/u
2022-04-13	17.1 °C	12.3 °C	0,0 mm	16.2 km/u					

De weersomstandigheden kan men grofweg samenvatten:

- tijdens en voorafgaande aan het tijdstip van het veldwerk (14 feb. 2022) was er een langdurige, relatief voor winter, vrij zachte, onstuimig (windvlagen) buiige periode;
- i.v.m. de opvolgende peilbuismetingen en waterstand wadi (grafieken waterstanden Bijlagen 8 en 10 geven vertraagde reactie na neerslag): in de 2^e helft feb. werd het rustiger weer, bleef het vrij zacht en werd het droger, in maart geheel droog, begin april weer wat buiiger en vervolgens weer geheel droog.

5.2 Doorlatendheid bodem

5.2.1 k-waarde onverzadigde zone uit veld (infiltratie)proeven

Methoden voor het meting van infiltratie in de onverzadigde zone (ruim boven de grondwaterspiegel) zijn door ondiep in te graven verticale infiltratiebuizen en/of infiltratieringen. Bij de hier verrichte proef wordt de infiltratie (zakingsvoortgang) gemeten van ingegoten water. Om de proef mede te kunnen interpreteren is de grondslag over het infiltratievlak bemonsterd voor een zeefproef, zie par. 5.2.3.

Bijlage 7 geeft de opzet en uitkomst van de ring-infiltratieproeven. De proeven zijn uitgevoerd op een noordelijk en een zuidelijk meetpunt. Op beide punten waren meerdere perioden in de proeven, waarbinnen enige variatie in doorlatendheid optrad; dit is niet afwijkend, te verklaren door het gedrag van de bodem, droogte/capillaire werking e.d.

De bodemdoorlatendheid (onverzadigde zone), is zo afgeleid op het noordelijke meetpunt $k = 4,0$ (hoger, gunstiger), resp. voor het zuidelijke $1,0$ m/d.

5.2.2 k-waarde verzadigde zone uit veld (pomp)proeven

Op een diepe peilbuis, aan de zuidelijke rand, in de zone onder de normale grondwaterstand, is een beknopte infiltratieproef gedaan. Bijlage 8 geeft meetwaarden en meldt dat er een hoge waarde afgeleid kan worden $k > 10$ m/d. Dat is gunstig hoog, de diepe infiltratie in de verzadigde zone is hier dus niet beperkend; de ondiepe infiltratie is maatgevend. Overigens zijn de diepe k-waarden regionaal reeds voldoende bekend.

5.2.3 k-waarde toplaag uit zeefproef bodemmonsters

Op de proefdiepten van beide ringproeven (toplaag op circa $-0,55$ m MV) is een bodemonster genomen, waarop een zeefproef is gedaan om een beeld te krijgen van de korrelverdeling. Bijlage 9 geeft korrelverdeling van locaties 1 en 2.

Module C2510 van Rioned geeft verschillende formules om met de gegevens uit de korrelverdelingsanalyse de doorlatendheid van de bodem in te schatten.

In de tabel is de toepasselijkheid van veel gebruikte formules onderzocht en staan meerdere uitkomsten. Er blijkt afhankelijk van de formule aanzienlijke variatie, maar zoals bij de infiltratieproef een gunstiger waarde voor het noordelijke monster met worst case circa $k = 5$ m/d en voor het zuidelijke (locatie 2) $k = 2$ m/d.

5.2.4 k-waarde uit boorbeschrijving en regionale gegevens

De bodemlagen op de onderzoekslocaties zijn beschreven met de boorstaten in Bijlage 2 en (voor het zuidelijke terrein, appartementen) in Bijlage 7 met boorstaat B5. Voor de bovenste meter is dat 'zand, matig fijn', tot (veelal) 'zeer fijn, sterk siltig'. Het betreft milieukundige boringen, welke niet bedoeld zijn voor bodemtechnische afleidingen; hier ramen we, mede op het archiefonderzoek Bijlage 3: gemiddeld zand, fijn, matig siltig.

Uit literatuurgegevens voor dekzanden van samenstelling als overwegend in dit project (fijn zand, zwak lemig) houdt men wel aan een ruime range: doorlaatfactor $k_{\text{verticaal}}$ van ca. $0,5$ á 5 m/d en doorlaatfactor $k_{\text{horizontaal}}$ van ca. $0,33$ á 3 m/d. Bij storende (bij terreininrichting niet ongedaan gemaakte) lemige lagen zal met name de verticale doorlatendheid minder zijn.

5.2.5 Evaluatie uitgevoerde proeven en afleidingen

De uitkomsten van de proeven en onderzoeken geven per locatie en diepte een wisselend beeld. Dit zal komen door de gelaagdheid van de bodem bestaande uit zand, meer of minder lemig en dunne lemige laagjes.

Op basis van de onderzoeken blijken hier te verwachten k-waarden in de orde van:

- voor de onverzadigde zone (bovengrond rond $-0,5$ á $-1,0$ m -MV) $1,0$ tot $4,0$ m/d;
- voor de verzadigde zone (ondergrond rond -2 m -MV) $5,0$ m/d.

6 Infiltratiegeschiktheid lokale bodem en conclusie

Aan de hand van genoemde criteria, kan op basis van de onderzoeken het volgende vermeld worden inzake het infiltreren van hemelwater in de bodem.

k-waarde

In literatuur komt treft men o.a. de volgende normering aan:

- Volgens het Cultuurtechnisch Vademecum is een bodem met een k-waarde van 0,1-0,5 m/d 'matig doorlatend' en 0,5-1,0 m/d 'vrij goed doorlatend';
- De Brabantse waterschappen stellen dat alle gangbare infiltratiesystemen toepasbaar zijn wanneer bij een praktijkonderzoek in de infiltratiezone een k-waarde van 2 m/d of hoger is bepaald. Wanneer k-waarden worden bepaald lager dan 0,4 m/d, is infiltratie niet zonder meer mogelijk, en dient bij toepassing de bodemstructuur verbeterd te worden.
- In publicaties van Rioned wordt wel genoemd dat voor ondergrondse infiltratie (middels infiltratieriool) een k-waarde van 0,5 m/d of hoger is gewenst.

Op basis van de bevindingen kunnen we voor de hier beoogde onverzadigde infiltratiezone uitgaan van k-waarden van in de orde van 1,0 tot 4,0 m/d, wat de bodem 'geschikt' maakt wat betreft doorlaatfactor.

diepte grondwaterstand

Men stelt, o.a. in Module C2510 van Rioned, vergelijkbaar met Leidraad van enkele waterschappen Brabant dat de gemiddeld hoge grondwaterstand (GHG) niet hoger dan -0,7 m MV moet reiken. Het kan nl. zijn dat perioden van hogere intensiteit en/of langere duur van neerslag samenvallen met het optreden van standen rond de GHG. En bij een hoge GHG kan de buffering minder zijn, verloopt de infiltratie minder snel, en leidt de infiltratie tot op dat moment minder gewenste extra verhoging van de grondwaterstand.

Op basis van de bevindingen in ons Hoofdstuk 3 kunnen we voor de hier beoogde infiltratiezone uitgaan van een GHG in de orde van -1,6 m MV, wat de bodem in dit geval 'geschikt tot zeer geschikt' maakt wat betreft diepte grondwaterstand.

conclusie geschiktheid en evt. maatregel

Op voorgaande criteria wordt per saldo positief gescoord.

Met dit onderzoek zijn lokaal beperkingen gevonden voor bodeminfiltratie (waar over het vlak van het terrein evt. lemige lagen zijn). Zodat er extra aandacht moet zijn voor ontwerp en uitvoering van het systeem, zie o.a. ook aandachtspunten in Hoofdstuk 9.

7 Beleid inzake afwatering

Voor infiltratie grondwater zijn het bevoegd gezag de gemeente en het waterschap. De gemeente schrijft voor om hemelwater, dat zich verzamelt op (verharde) oppervlakken ter plaatse, zo veel mogelijk ondergronds te bergen en via infiltratievoorzieningen in de bodem laten infiltreren, in plaats van uit het gebied af te voeren middels riolering.

Het gebied valt onder waterschap Brabantse Delta. Waterschappen kennen beleidsregels 'Compensatie verhardingstoename' en 'Alternatieve vormen van waterberging'.

In dit geval kiest men voor het aanbrengen van open water; hier door de lage grondwaterstanden veelal droogliggend, vergelijkbaar met zaksloten, wadi's; deze worden voldoende ruim ontworpen mede voor berging bij hoge regenintensiteit.

Bij compensatie door middel van het aanleggen van extra oppervlaktewater wordt bij het bepalen van het benodigde oppervlak uitgegaan van een neerslaggebeurtenis (van het KNMI) die eens in de 25 jaar kan optreden (T=25). Voor zeker rekenen we 'Een neerslaghoeveelheid van 60 mm in een uur; deze heeft volgens de regenduurlijnen van De Bilt een herhalingstijd van circa 100 jaar, voor het recente klimaat (2014)'. De bui was gehanteerd in de berekening waterberging in Bijlage 1. Ook is het nodig dat de buffer weer voldoende herstelt binnen een gewenst aantal van twee etmalen.

8 Berekening berging, infiltratie en schetsontwerp

8.1 Algemeen systemen waterberging en infiltratie

Hoe groter het contactvlak van infiltratie is (van de ontvangende bodem met het verzamelde hemelwater), hoe gunstiger. Om vertraging van afstroming, buffering en infiltratie te bevorderen, zijn o.a. overwogen navolgende inrichtingsmaatregelen.

verticale infiltratiepunten

Men kan grindpalen maken om direct/snel verbinding te maken naar de diepere bodemlagen. Deze ingreep is mogelijk niet gewenst door het waterschap en heeft hier geen voordelen t.o.v. 'natuurlijke' infiltratie naar de diepere ondergrond.

Dit wordt hier vooralsnog niet toegepast.

infiltratieriool met grindkoffer

Een infiltratieriool zou men bijv. kunnen nemen van doorsnede 250 mm met filterende omhulling, en dan nog extra omstorten rondom met drainerend grind/zand. Per saldo is de buffercapaciteit relatief gering.

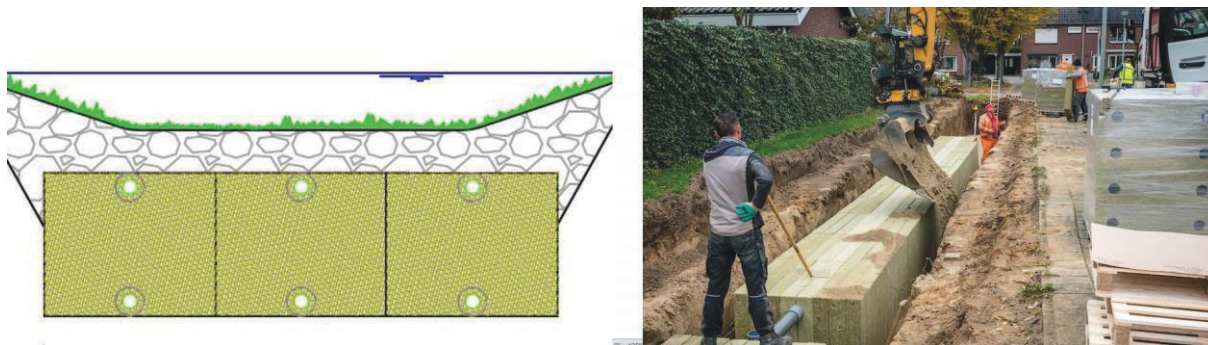
Dit wordt hier vooralsnog niet toegepast. Indien in de gebruiksfase dit alsnog gewenst is, zou men hier eenvoudig t.z.t. enkele systemen kunnen leggen op plaatsen waar dit geen overlast geeft: tussen enkele straatkolken en vijvers.

infiltratiekatten

In hogere zandgronden zoals hier worden vaak infiltratiekatten toegepast, om water te bufferen en weer af te geven aan de grond (holle kunststof te stapelen units); deze hebben een bijna volledige 'porositeit' (lege ruimte i.p.v. grondkorrels) van 95%. Een nadeel is dat de kratten moeten worden ingepakt in geotextiel. In de praktijk slibt het oppervlak aan de buitenzijde kratten evt. dicht, waardoor het infiltrerende vermogen aanzienlijk afneemt. En over de oppervlakte van de kratten is beworteling door bomen gehinderd.

Dit wordt hier vooralsnog niet toegepast.

steenwol infiltratie elementen



Figuur 8. Schema toepassing steenwolelementen in een greppel, en foto bouwplaats (Rockflow.nl).

Uit Hoofdstuk 2 is op te maken dat het inrichtingsplan hier wel uitgaat van het opvangen van het hemelwater, buffering en infiltratie naar de bodem naar en in vijvers/wadi's aan de buitenranden.

Deze geeft men deze een landschappelijke inrichting met vegetatie, en een niet te steil talud van 1:2. Bij een diepte van bijv. 1,5 m, in de kern, staat deze hier boven de GHG waterstand; dat is vrijwel altijd niet gevuld, maar met de te verwachten drassige bodem (zie voorbeeld foto's bestaande wadi Hofstee in Bijlage 10).

8.2 Hoeveelheden waterberging en leegloop en infiltratie

De berekening waterberging is in Bijlage 1, voorafgaand gemaakt bij het schetsontwerp woningbouwplan.

Indicatieve analytische berekeningen door ons, die voor de beperkt watervoerende toplaag toepasbaar zijn, geven dat de grondwater-/oppervlaktewaterverhoging en (infiltratie)debiet haalbaar is met de strook van berging en infiltratie.

Deze volstaat ook voor de nieuw geprojecteerde situatie zoals uitgewerkt in recente tekeningen Bouwrijp/woonrijp maken (Hoofdstuk 1: gegevens k , l , m , n). Dit gecombineerd met dat zo veel mogelijk, voor zover haalbaar, duurzame inrichtingsmaatregelen met vegetatie, parkeervakken met grastegels e.d.

Wanneer men de voorziene bergingsoppervlakken optelt komt men op circa 3500 tot 4000 m², leidt de opgave een berging over het projectgebied van ruim 1000 m³ tot een toename waterhoogte gemiddeld in de bergingen van 0,3 m. Deze opvanghoogte is goed haalbaar gemiddeld in de bergingen.

Uitgaande van een gemiddelde wegzijging (bij ongunstige k -waarde van, Hoofdstuk 6, 1,0 m/d), zou het in theorie minder dan een halve dag duren voor de toename aan waterhoogte van 0,3 m gemiddeld geheel is teniet gedaan. Dit voldoet aan een norm die waterschappen noemen dat de buffercapaciteit binnen 2 etmalen zou moeten herstellen.

In de praktijk treedt het verschijnsel op dat een (sloot)bodem/-wand dicht slaat door werking van neerslag en of indringen van fijne slibdeeltjes, zodat de doorlatendheid afneemt. Gunstig is hier echter dat er in de diepe wadi's ruim meer peilverhoging dan de 0,3 m boven de wadibodem mogelijk is, waardoor buffering hoger kan zijn en infiltratie toeneemt door meer waterdrukhoogte.

Extra zekerheid kan geven de praktijkmeting aan de bestaande wadi-vijver Hofstee volgens Bijlage 10: de nu reeds vrij langdurige meting toont dat het waterniveau ook in nattere perioden nauwelijks stijgt, en dan in een aansluitende geheel droge periode enkel nog drassig blijft in geval van lokaal ondoorlatende bodem. Maar dat deze bij bevochtiging na de drogere periode wel snel uitzakt; deze reactie is voldoende gunstig voor (te verwachten mogelijk) hoge neerslag buien in en rond de zomerperioden en vervolgens voldoende leegzakken.

8.3 Ontwerp wadi's en waterniveaus

In Bijlage 11 'indicatie oppervlaktewater, wadi' is de schets met de plattegrond van het systeem van wadi's. Dat was de basis van onze berekeningen.

Door ons zijn daarop enkele stuwtjes (dan wel waterremmende blokken, dammetjes o.i.d.) genoteerd met geschatte haalbare waterniveaus in de vóór die stuwtjes gelegen secties. Deze stuwtjes zijn nuttig om vanwege het verhang in de wadi's dat het afschot over het terrein volgt (zuid-noord), zo veel mogelijk het water vast te houden, afstroom vertragen per sectie; dat stimuleert een gelijkmatige infiltratie over het terrein. En draagt bij aan het gewenste waterrijke beeld van gemeente en het ontwerpbureau.

9 Aandachtspunten uitvoering infiltratiesysteem en terreininrichting

Met dit onderzoek kan men stellen dat in de bodem voldoende kans van slagen heeft en dat het ontwerp wadi's volgens Bijlage 11 volstaat voor opvang en infiltratie van het hemelwater in het projectgebied. In combinatie met vertraagde afstroming van verharde vlakken en zo veel als haalbaar infiltratiebevorderende inrichting (grastegels e.d.).

Voor extra zekerheid kan men controleren en zo nodig maatregelen treffen:

- Tijdens aanleg wadi met enkele proefdoorsneden. Bijv. wanneer over een traject in de laag tot 0,3 m onder de bodem ondoorlatend materiaal wordt aangetroffen, kan men deze lokaal omwoelen/vervangen door geschikt zand uit depot van reeds verrichte afgravingen. Zie bijv. de opmerking in Bijlage 10 (Veldwerk waterstand bestaande wadi Hofstee), dat daar juist onder de bodem van de wadi een ondoorlatende laag nog aanwezig bleef.
- Na aanleg wadi kan men inspecteren of navragen of in de loop van de tijd het waterniveau er op hoge standen blijkt te stagneren. Zie in voorgaand hoofdstuk dat de infiltratie in de slootbodembodem /-wand kan afnemen; voor herstel kan men dan de slootbodembodem op enkele plaatsen 'lostrekken'.

Invloed waterberging op bomen naast het gebied.

De voorkomende bomen zijn aan de Bovendonksestraat zie als voorbeeld Figuur 4 met Straatbeeld. De soort is, nader te beoordelen door afd. Plantsoen/Groen van de gemeente, aangeduid 'eik' (laanbeplanting veelal zomereik).

Gunstig is dat bij de hier reeds meer ontwikkelde exemplaren, een groot deel van de beworteling zich uitstrekt tot tenminste onder de projectie van de boom(blad)kroon. En tot redelijke diepte juist boven de gemiddeld hoge grondwaterstand. Er is dan o.a. een groot volume onverzadigde zone (gerekend op veldcapaciteit).

Bovendien speelt hier dat de beworteling zoals vermeld zich ook deels uit zal strekken naar de andere zijde (dan waar nu reeds de greppel is), waar verhoging grondwater dan niet van toepassing is.

In de hier fijnzandige, siltige grondslag houdt het systeem van microporiën voldoende lucht (uitwisseling met zuurstof/CO₂); de grond raakt pas verzadigd/doorweekt nadat deze meer dan één tot enkele weken geïnundeerd is. Wanneer verhoging enkele dagen (achtereen) totaal per jaar zou plaats hebben zou er geen blijvende schade kunnen ontstaan door onvoldoende uitwisseling uit de omgeving met zuurstof en/of door wortelrot.

Voor deze, en ook voor de evt. vergelijkbare bomen en struiken hier geldt dat exemplaren geen nadeel (achteruitgang) ondervinden indien het (grond) water stijgt tot aan maaiveld gedurende enkele dagen tot een week.

Invloed waterberging algemeen naast het projectgebied.

Er is geen nadelige hydrologische invloed te verwachten: geen wateroverlast, -tekort, invloed op kwel-/infiltratie, samenstelling grondwater, toestand belendingen, e.d.

Peilbuizen.

Op voorhand lijken er geen (extra) peilbuizen zinvol voor controle grondwaterstanden; open waterniveaus geven voldoende beeld.

Open water en niveaus.

Zoals genoemd in par. 8.3 kan men evt. diepten, waterniveaus van Bijlage 11 aanpassen (toepassen stuwtjes, waterremmende blokken e.d.) na verkregen inzicht.

Algemeen.

Bij het ontwerp heeft men gestreefd naar een aantrekkelijke inrichting met groen en water. Controle/onderhoud is nodig voor evt. zwerfafval dat in het water geraakt en blijft hangen aan taludrand en aan slooteinden. Men dient de inrichting zo veilig mogelijk te maken en diepere delen, steilranden e.d. voldoende af te schermen.

Met name tijdens de werkzaamheden en kort na de bouw en oplevering van het terrein is controle gewenst; na twee jaar is er een duidelijk beeld van het succes van de inrichting.

Bijlage 1. Rekensom waterberging en gegevens concept schetsontwerp woningbouwplan

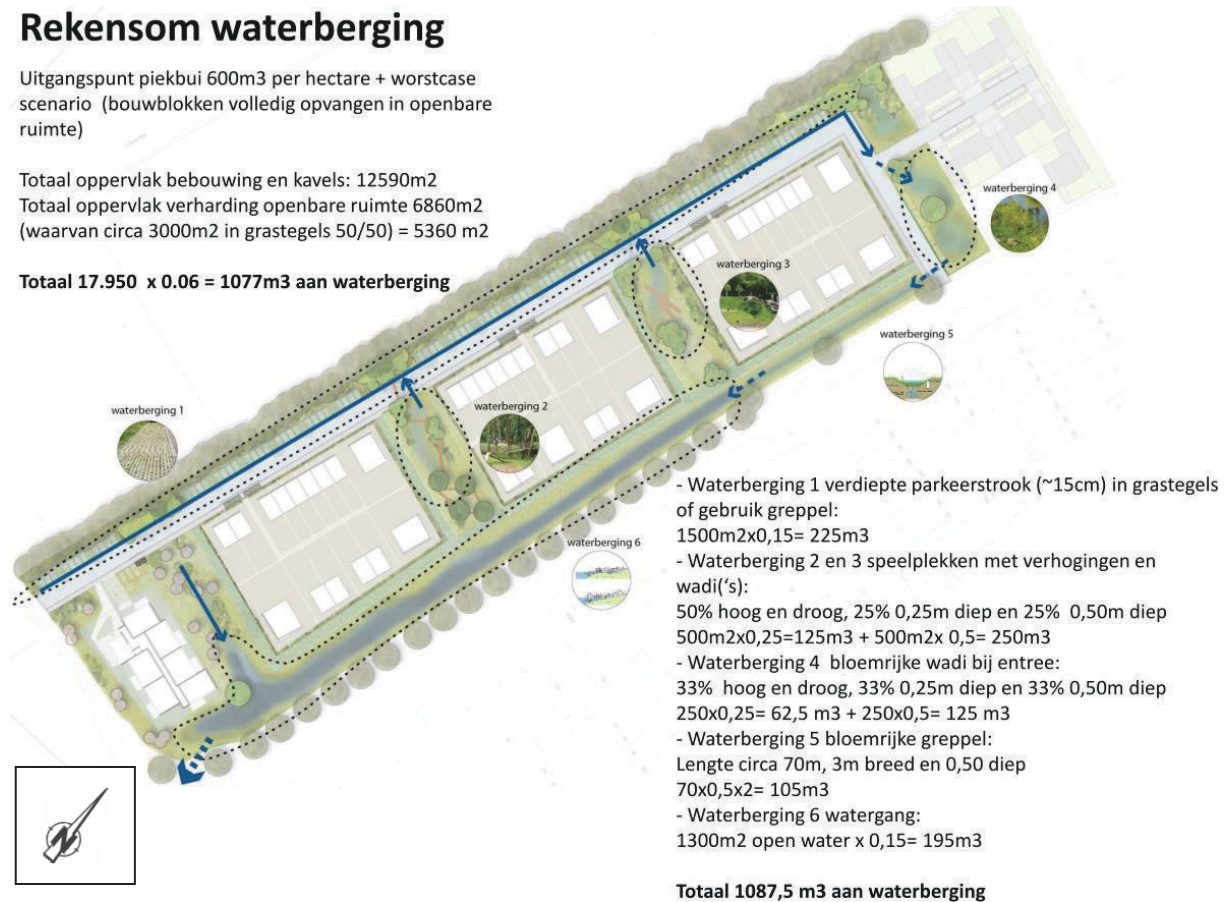
Betreft collage gegevens (d). OPM Betrof een concept, hier voor beeldvorming

Rekensom waterberging

Uitgangspunt piekbui 600m³ per hectare + worstcase scenario (bouwblokken volledig opvangen in openbare ruimte)

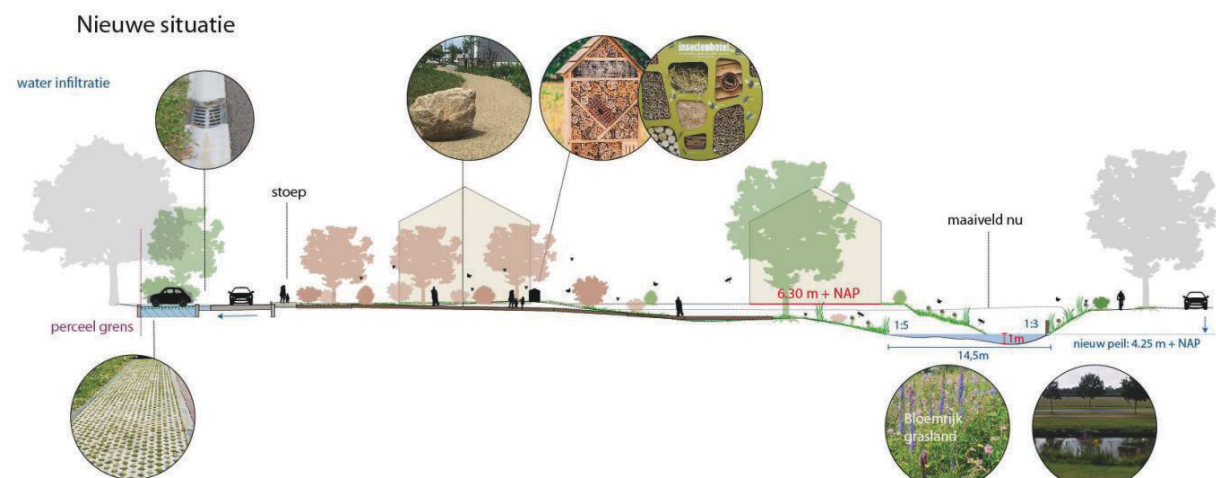
Totaal oppervlak bebouwing en kavels: 12590m²
Totaal oppervlak verharding openbare ruimte 6860m²
(waarvan circa 3000m² in grastegels 50/50) = 5360 m²

Totaal 17.950 x 0.06 = 1077m³ aan waterberging



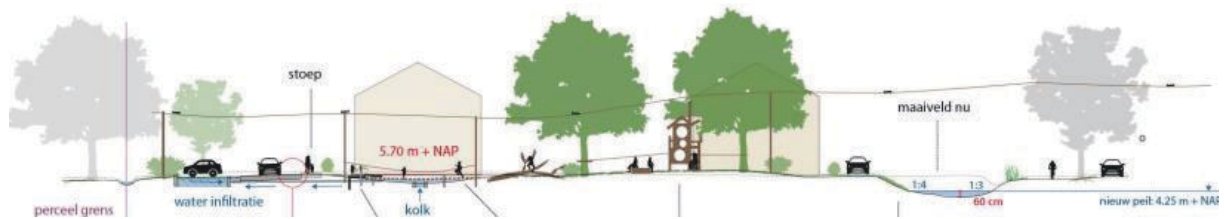
Bovenstaande figuur, met door ons toegevoegd globale noordrichting, geeft de beoogde waterberging.

Navolgende figuren geven principedoorssneden t.p.v. woningsblokken:



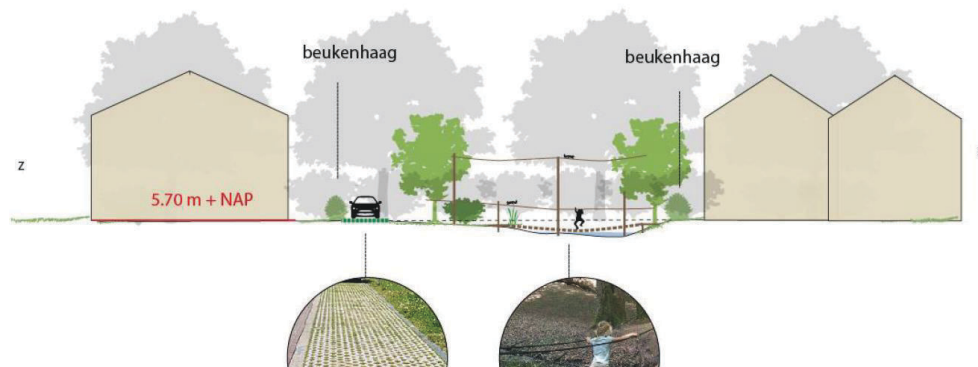
Bovenstaande figuur: Dwarsdoorsnee bij zuidelijke woningen peil +6,30; links is westelijk

Nieuwe situatie



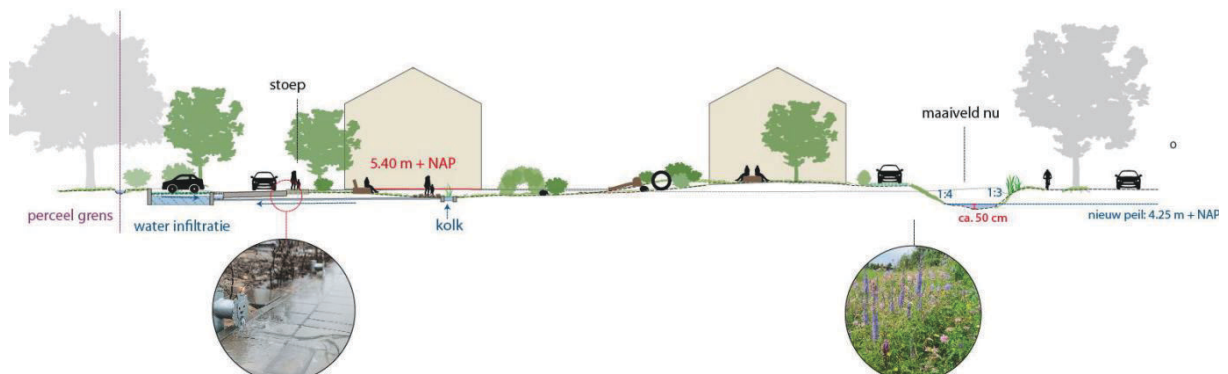
Bovenstaande figuur: Dwarsdoorsnee bij midden woningen peil +5,70; links is westelijk

Nieuwe situatie



Bovenstaande figuur: Een langsdoorsnee bij woningen peil +5,70; links is zuidelijk

Nieuwe situatie



Bovenstaande figuur: Dwarsdoorsnee bij noordelijke woningen peil +5,40; links is westelijk

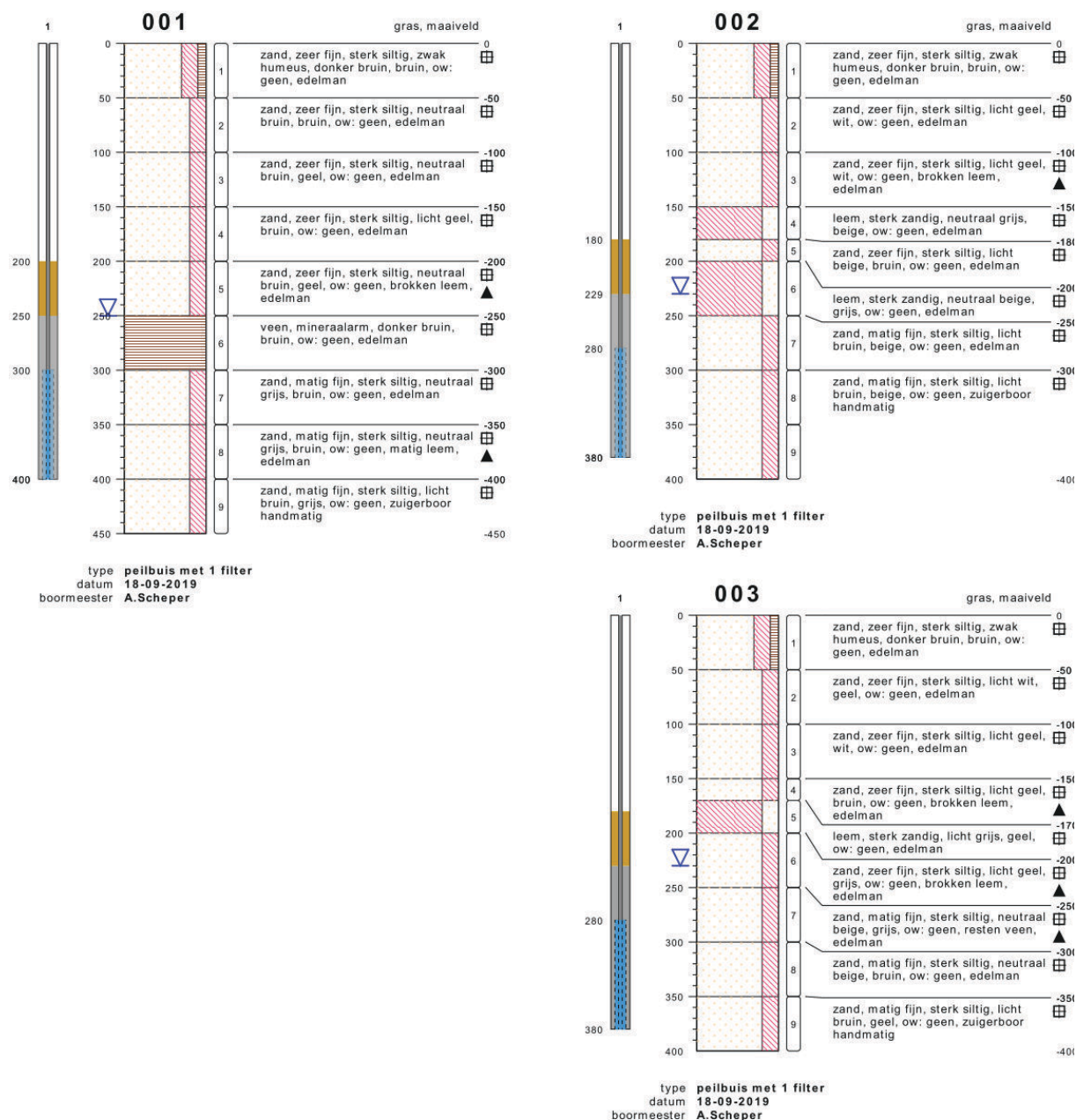
Bijlage 2 Gegevens milieukundig bodemonderzoek ter plaatse
 Betreft uitsnede gegevens (g): 'Bodemonderzoek'.
 Bijlage 2a Locatie boringen

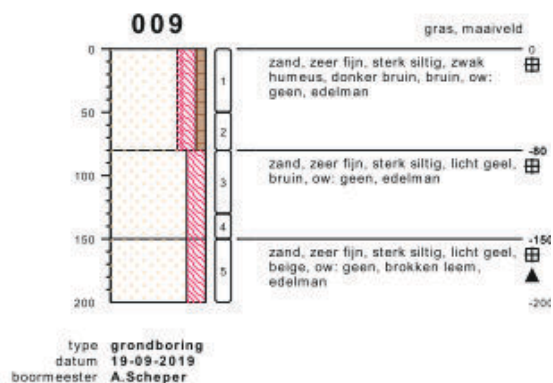
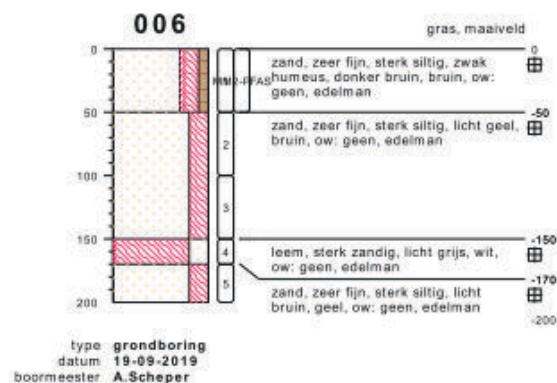
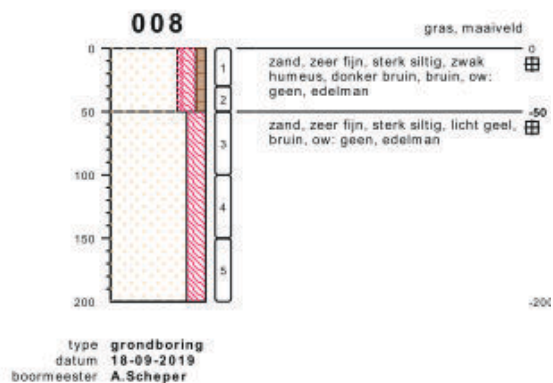
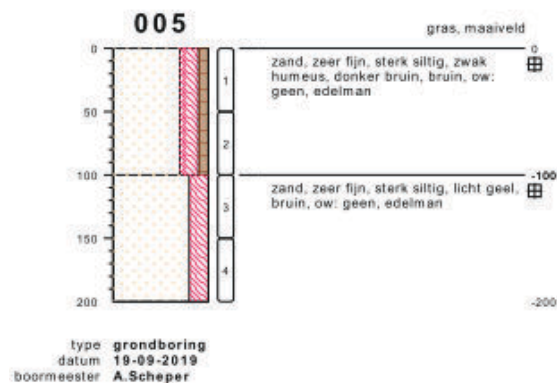
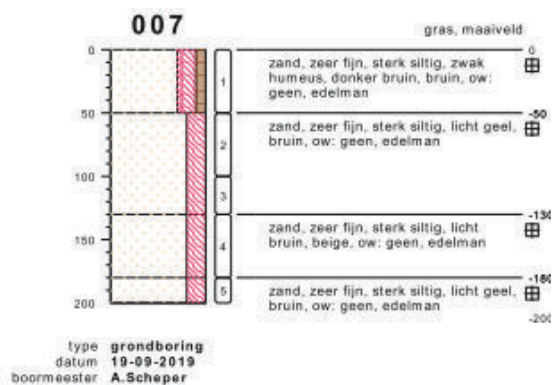
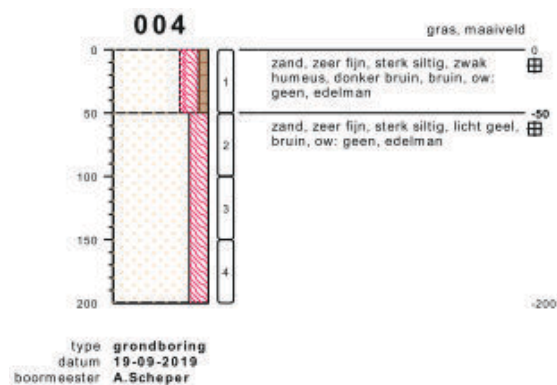


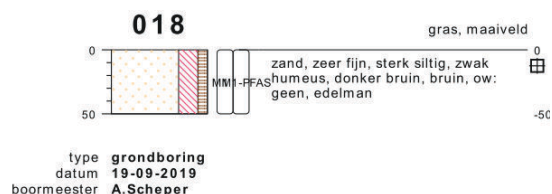
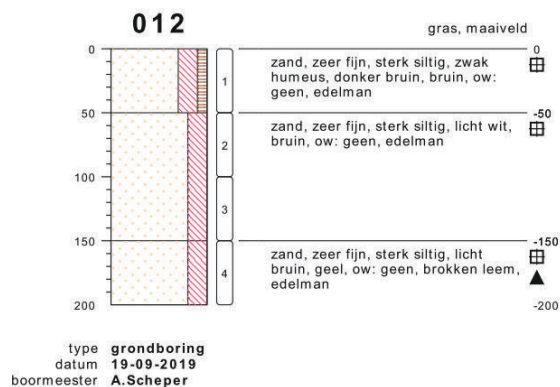
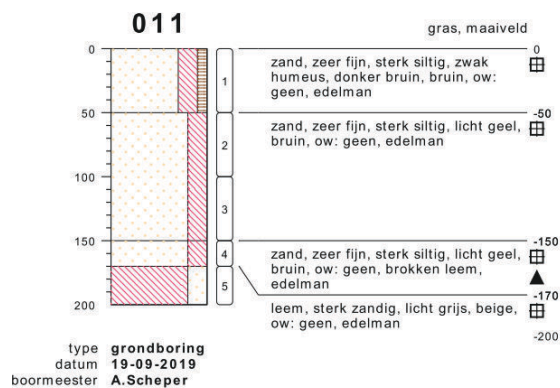
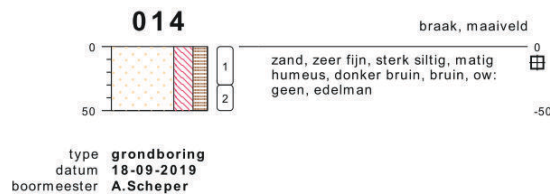
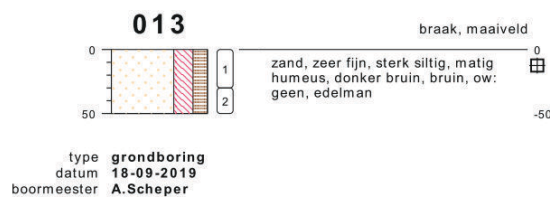
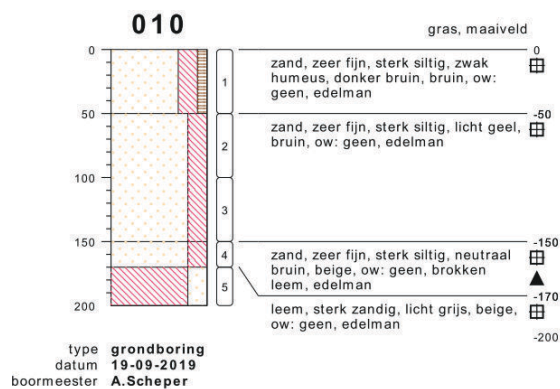
Bijlage 2b Metingen bemonstering peilbuizen, zoals waterstand

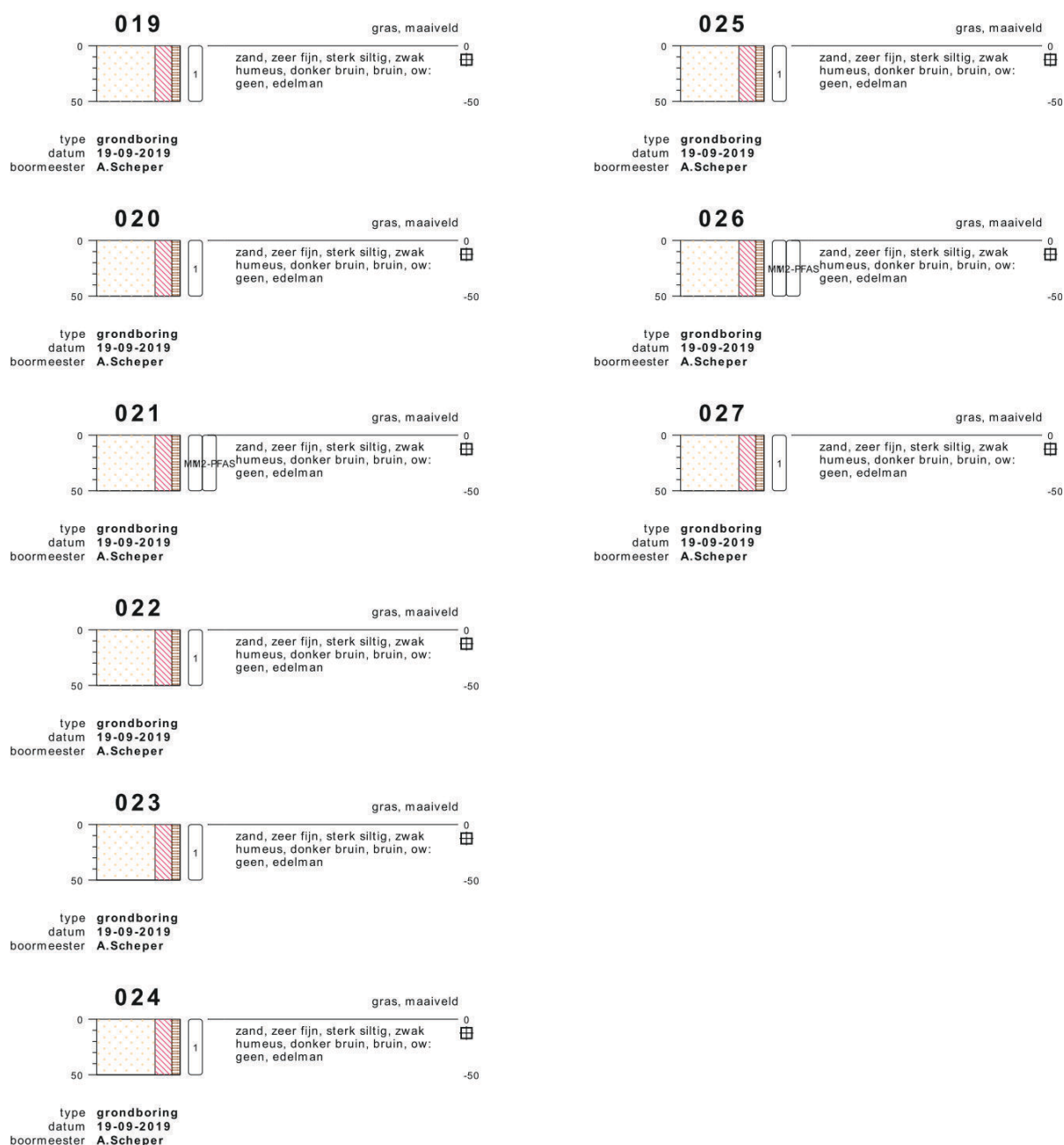
Peilbuis	Filtertraject (m-mv)	Grondwaterstand (m-mv)	pH	E.G.V. (µS/cm)	Troebelheid NTU
Pb 001	3,00 - 4,00	2,50	6,18	1.013	56,8
Pb 002	2,80 - 3,80	2,22	5,77	786	21,8
Pb 003	2,80 - 3,80	2,27	5,34	1.005	26,6

Bijlage 2c Boorstaten









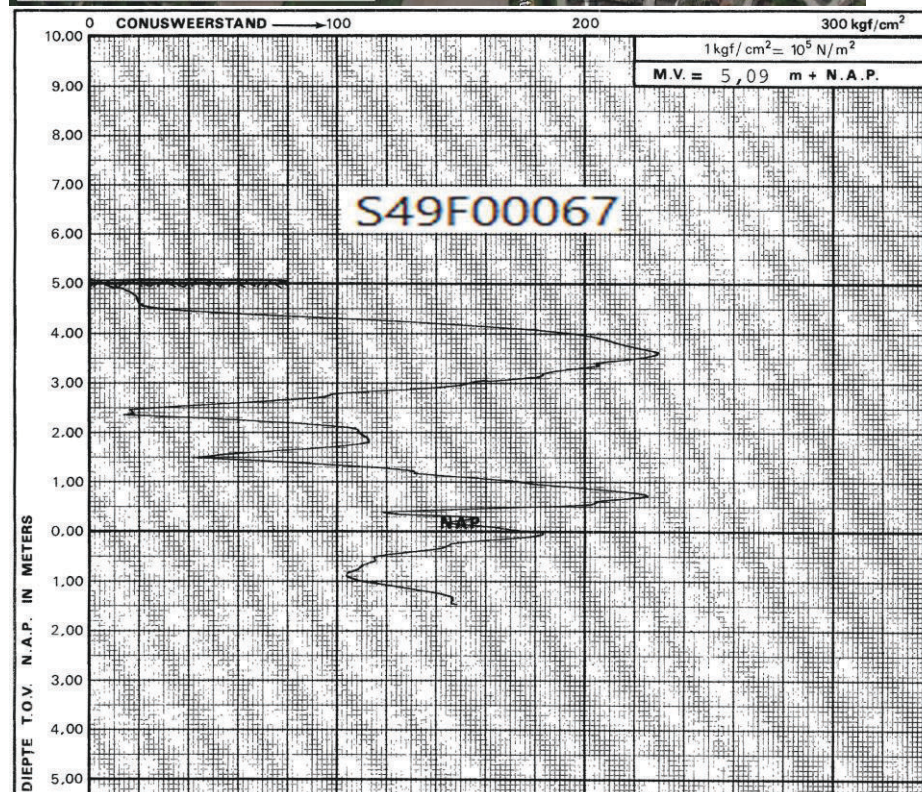
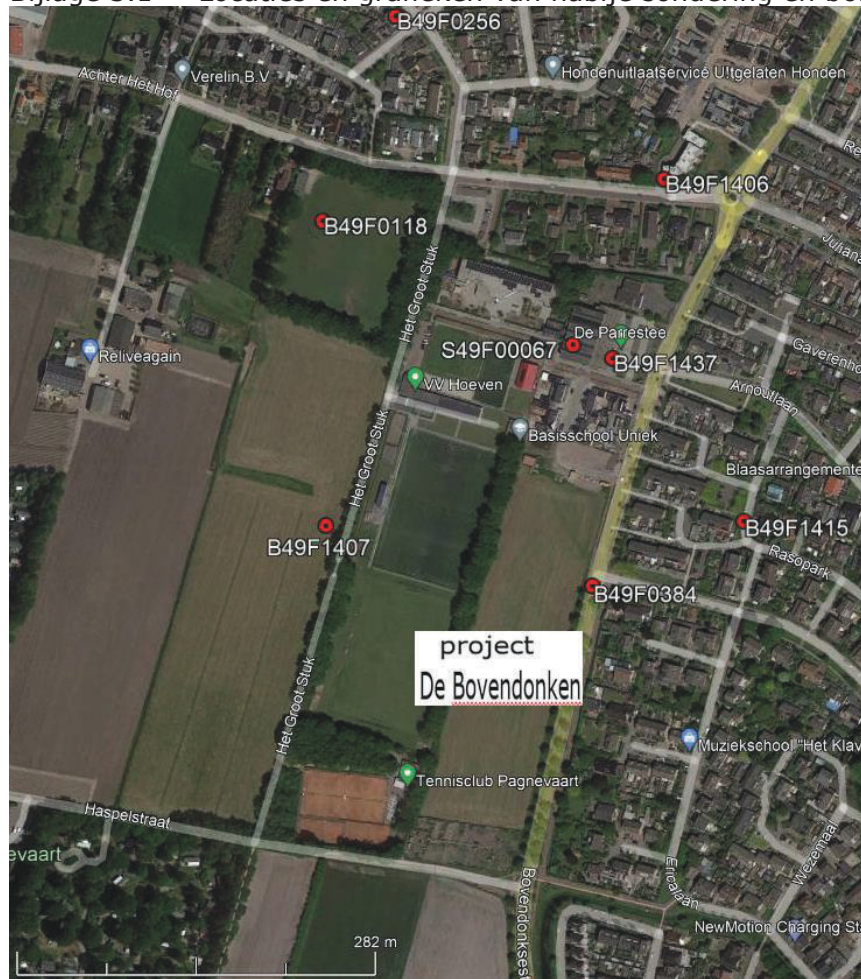
Bijlage 2d Conclusie analyse bemonstering peilbuizen

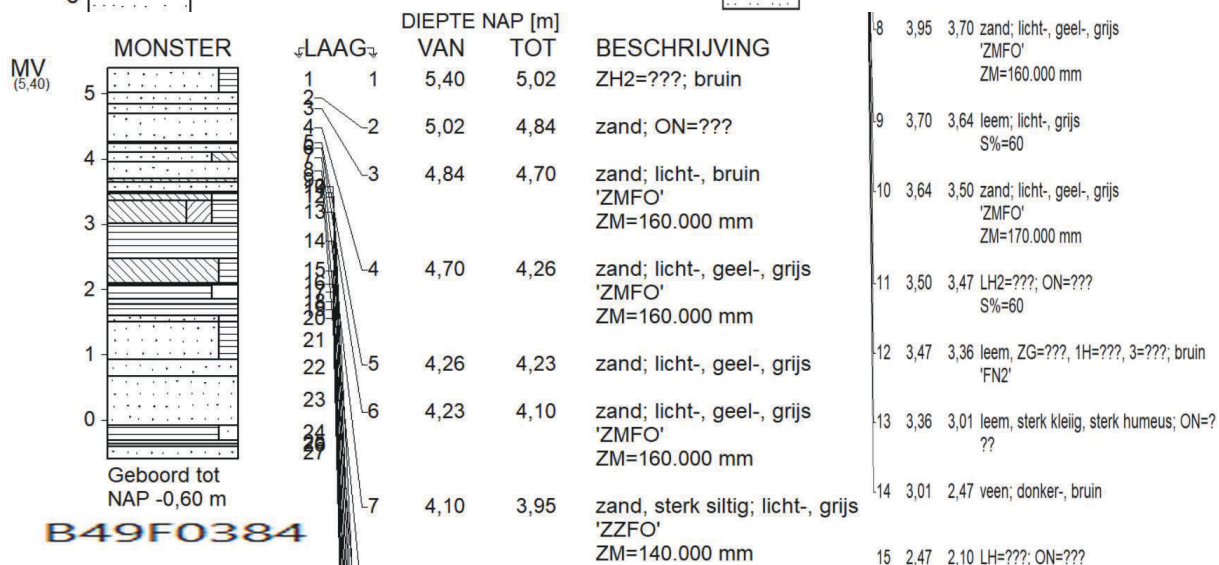
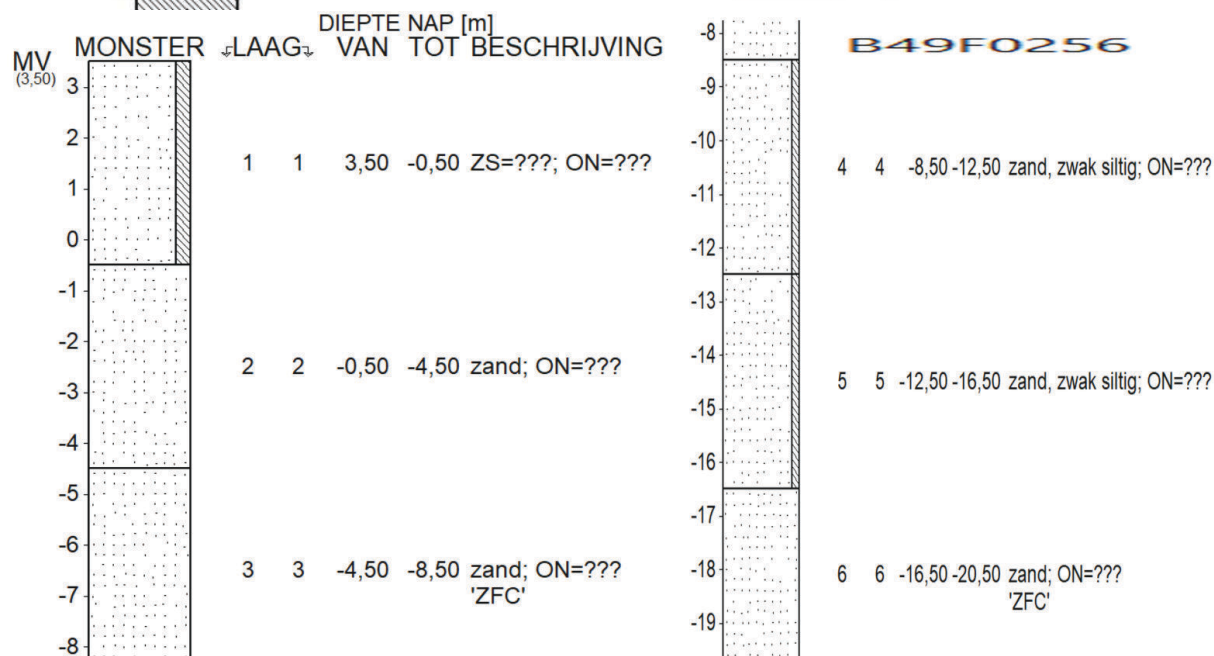
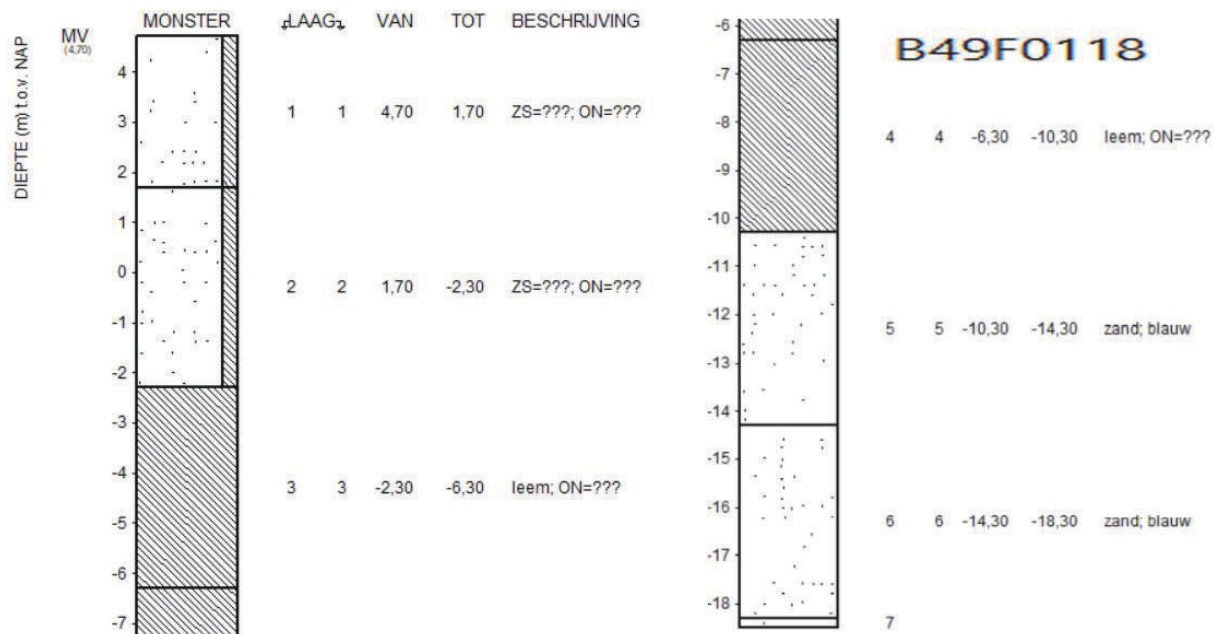
Peilbuis	Filterstelling (m-mv)	Overschrijding streefwaarde	Overschrijding tussenwaarde	Overschrijding interventiewaarde
Pb 001	3.00 - 4.00	barium, xylenen	-	-
Pb 002	2.80 - 3.80	barium, xylenen	-	-
Pb 003	2.80 - 3.80	barium, nikkel, xylenen, som dichloorpropanen	-	-

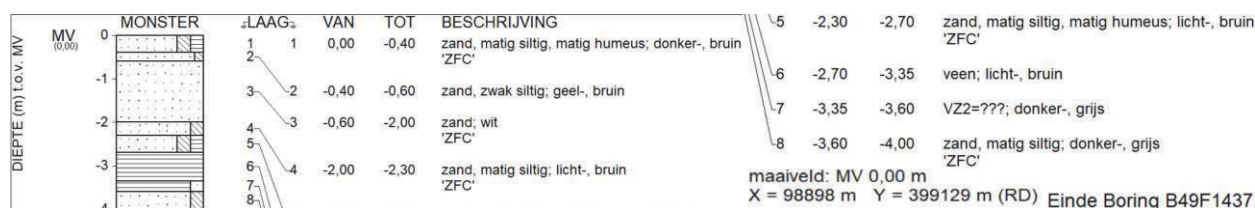
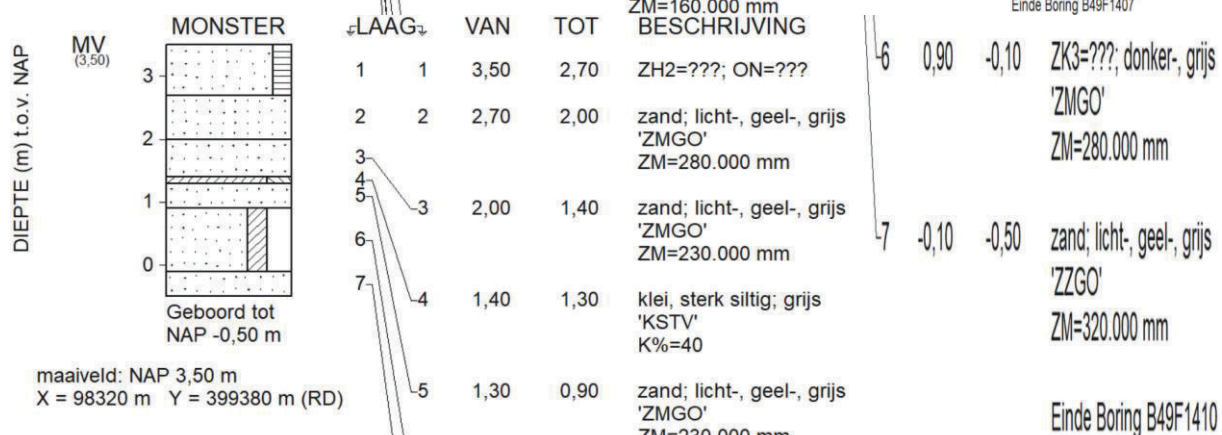
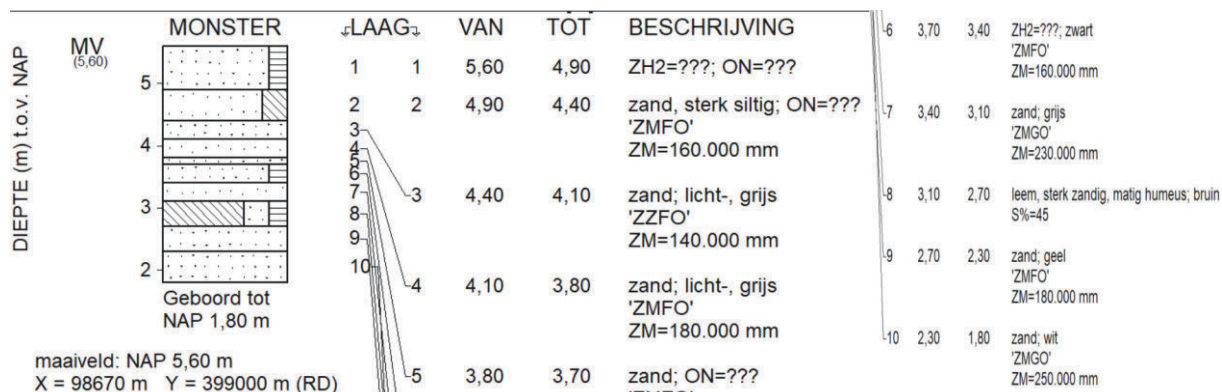
In het grondwater zijn ten hoogste lichte verontreinigingen aangetoond, integraal met barium en xylenen, alsmede plaatselijk (boorlocatie 003) met nikkel en 1,2-dichloorpropanen. Een eenduidige verklaring voor de lichte verontreinigingen is op basis van het vooronderzoek niet af te leiden. Op basis van de onderzoeksresultaten wordt het uitvoeren van een nader grondwateronderzoek niet noodzakelijk geacht.

Bijlage 3 Onderzoek omgeving sonderingen, boringen van Dinoloket en archief

Bijlage 3.1 Locaties en grafieken van nabije sondering en boringen van Dinoloket

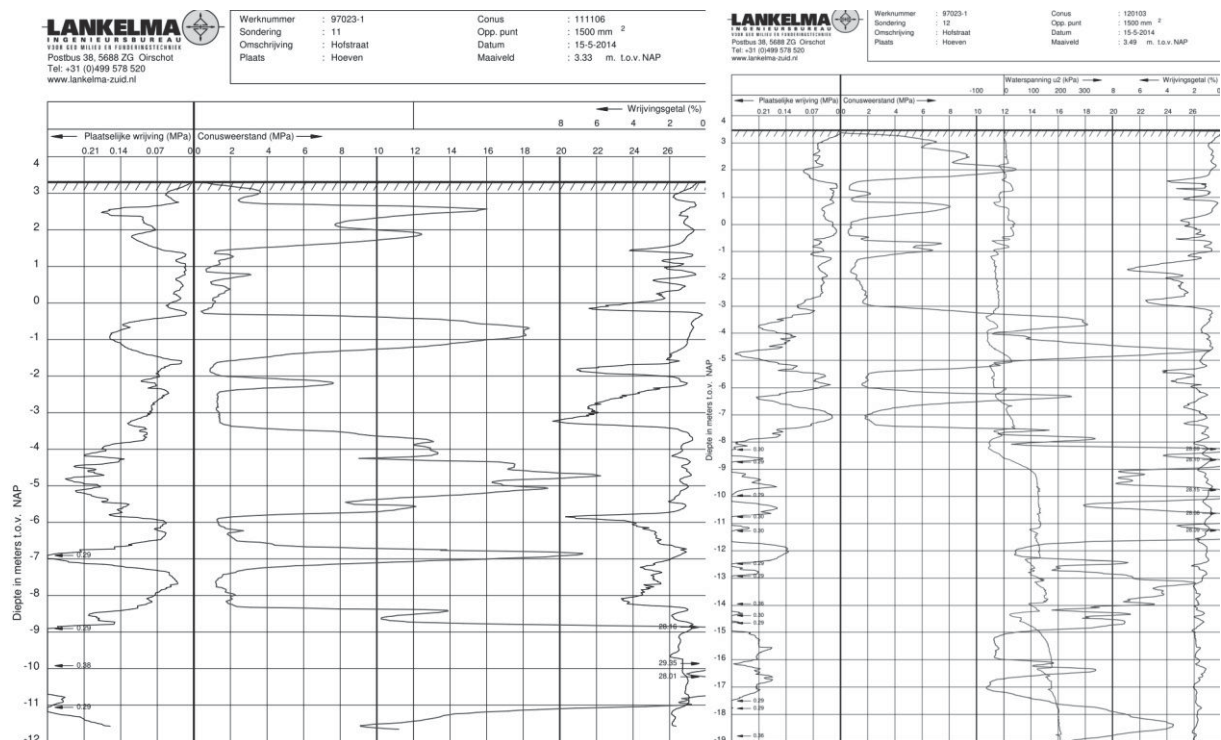
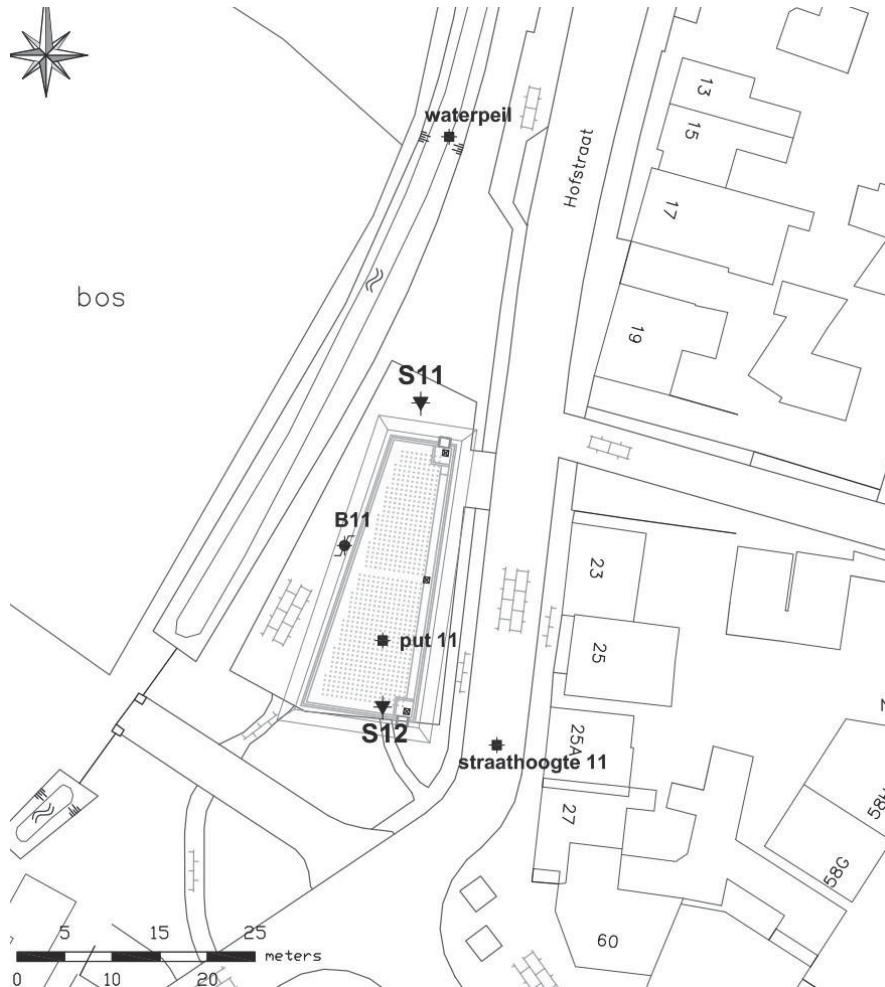






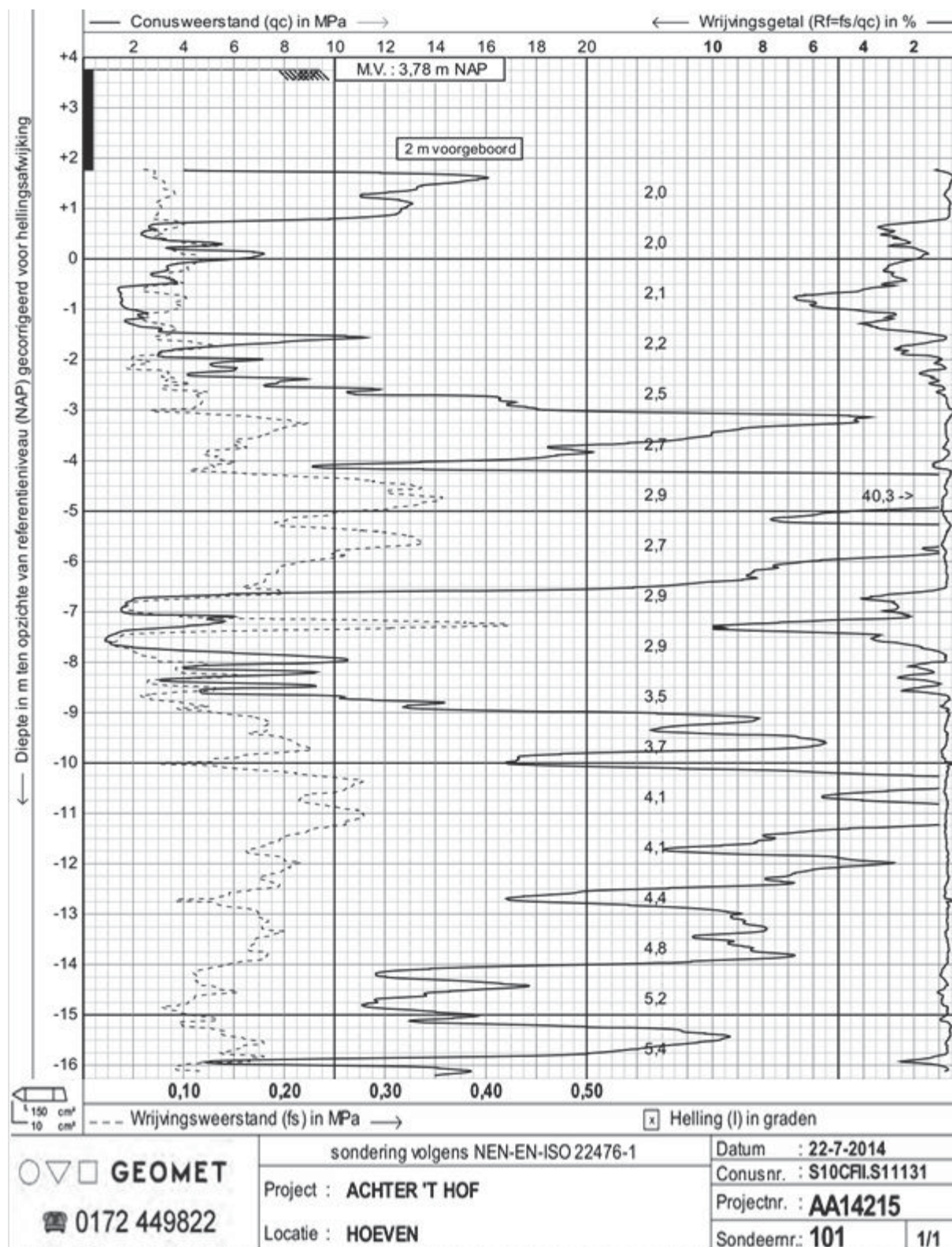
Bijlage 3.2 Locaties en grafieken van sonderingen Hofstraat te Hoeven, van archief

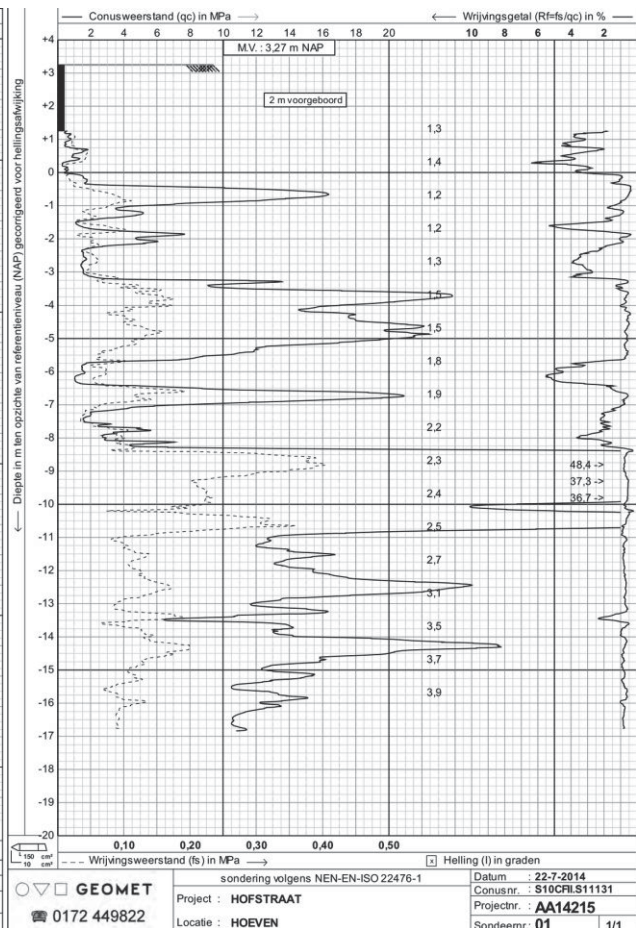
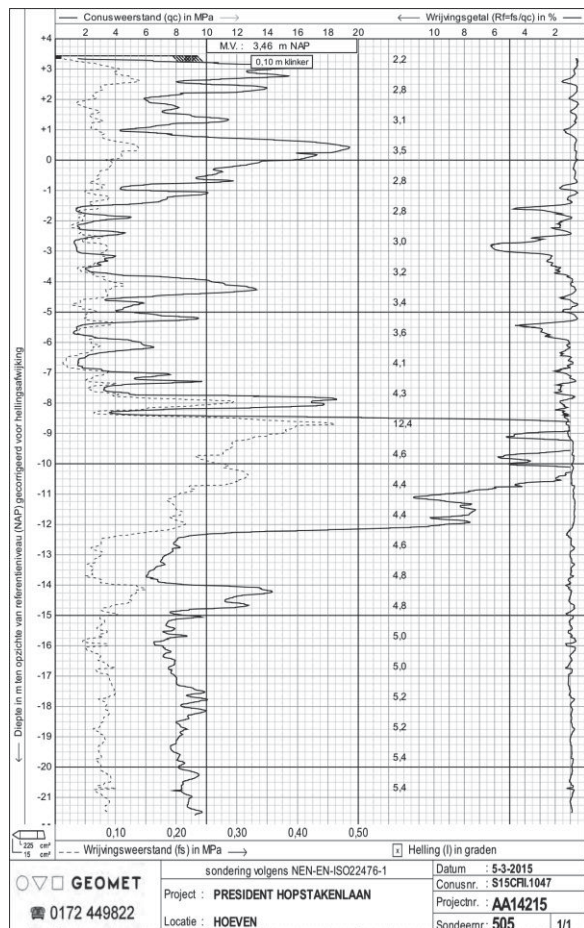
OPM De sondeerlocatie Hofstraat ligt circa 0,7 km NNO uit huidige project van De Bovendonken.



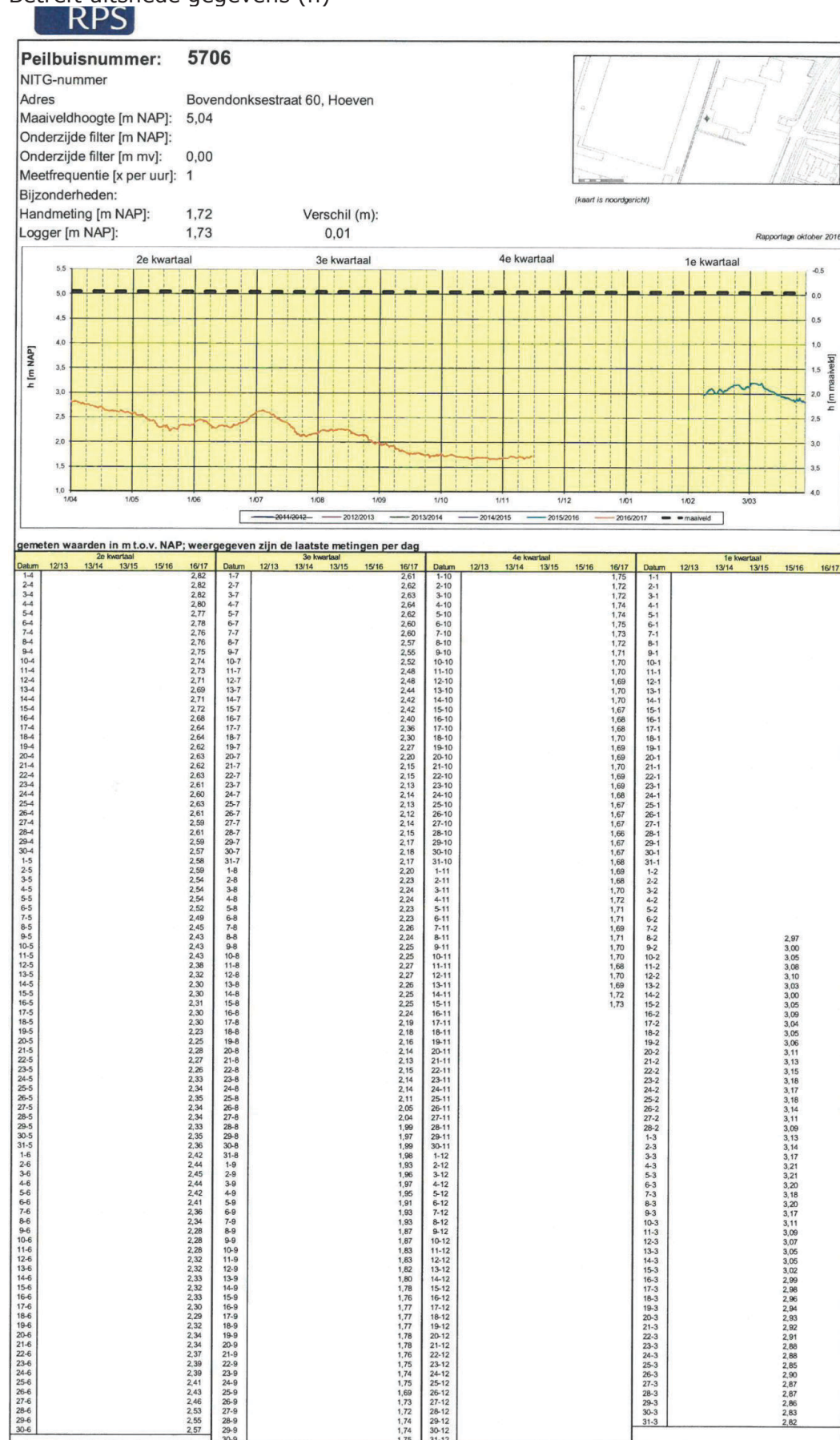
Bijlage 3.3 Grafieken overige nabije sonderingen, van archief

De volgende sonderingen zijn van locaties te Hoeven: Achter 't Hof, President Hopstakenlaan en Hofstraat, gelegen uit huidige project circa vanaf 0,3 km N, resp. 0,3 NNW en (weer) 0,7 km NNO.

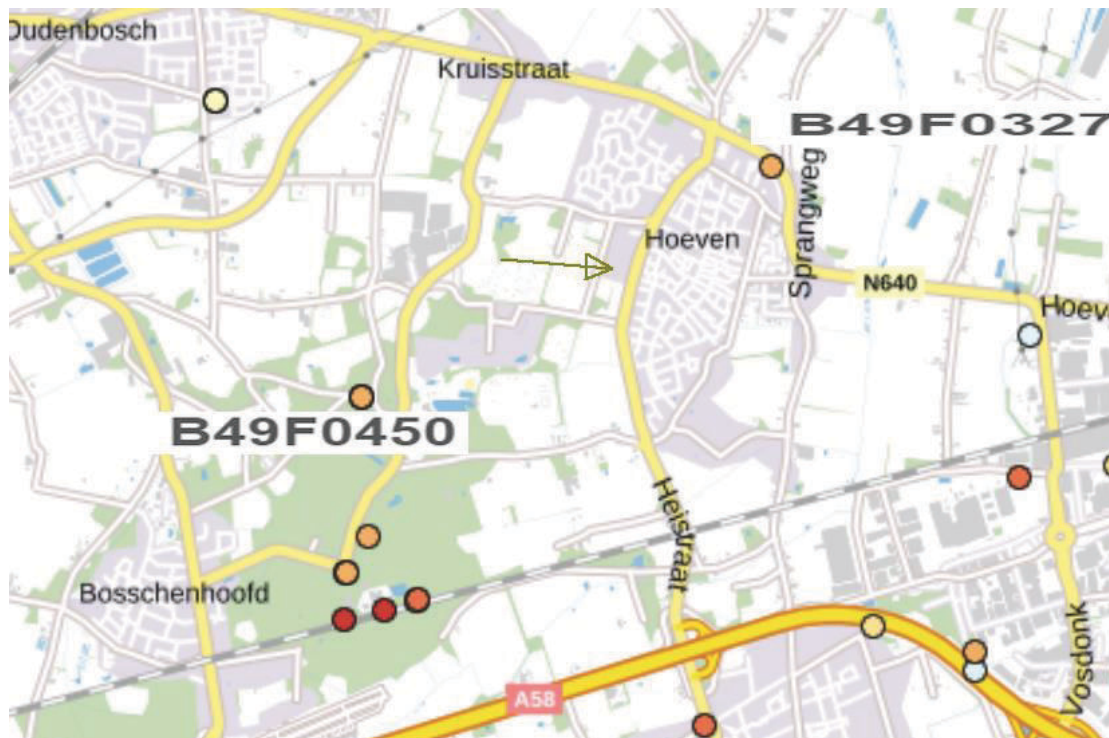




Bijlage 4. Peilbuis 5706, locatie Bovendonksestraat 60 Hoeven Betreft uitsnede gegevens (h)

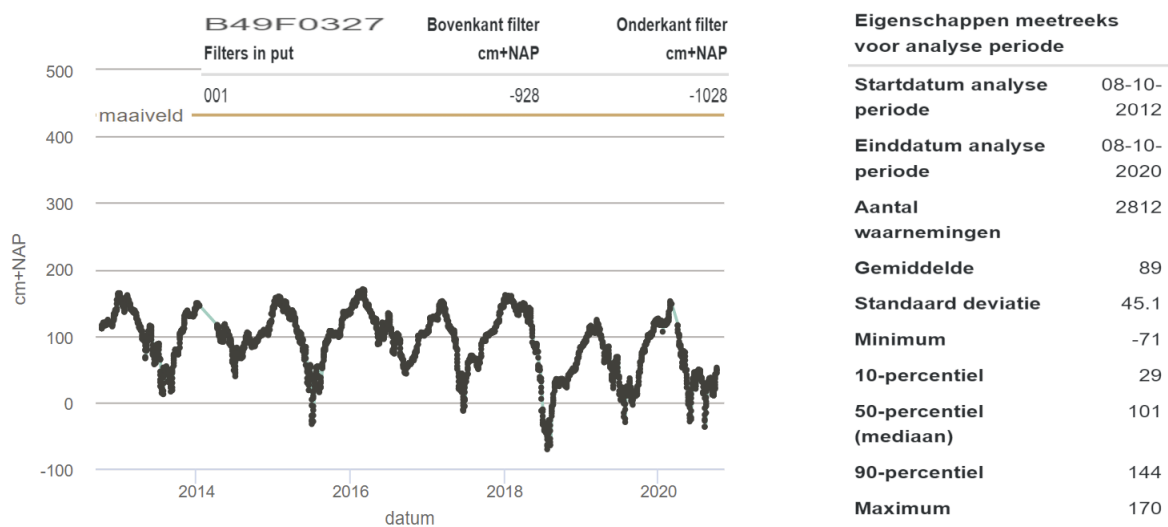


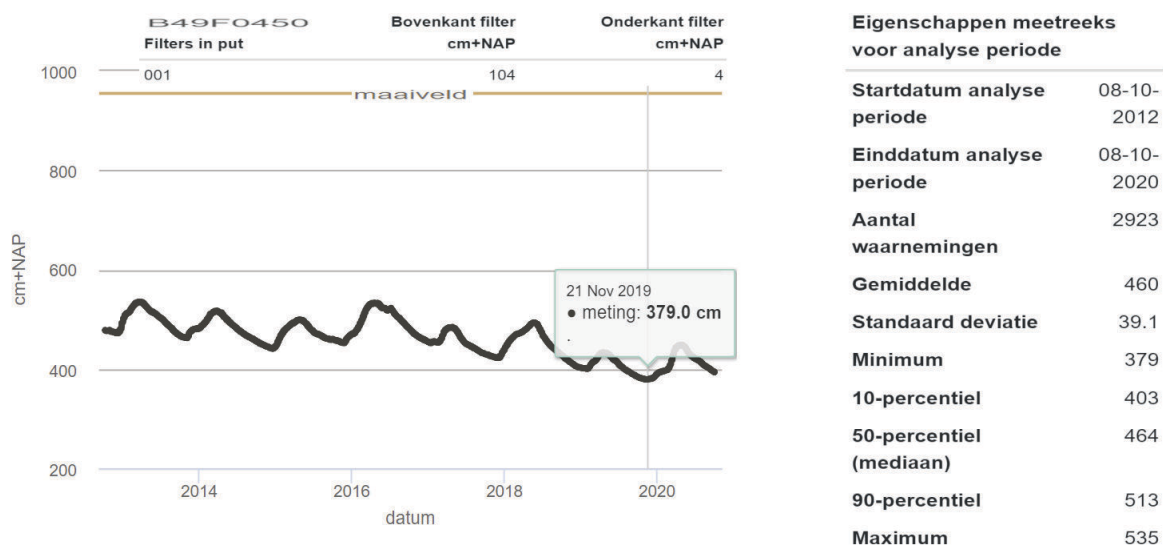
Bijlage 5. Onderzoek Dinoloket peilbuizen



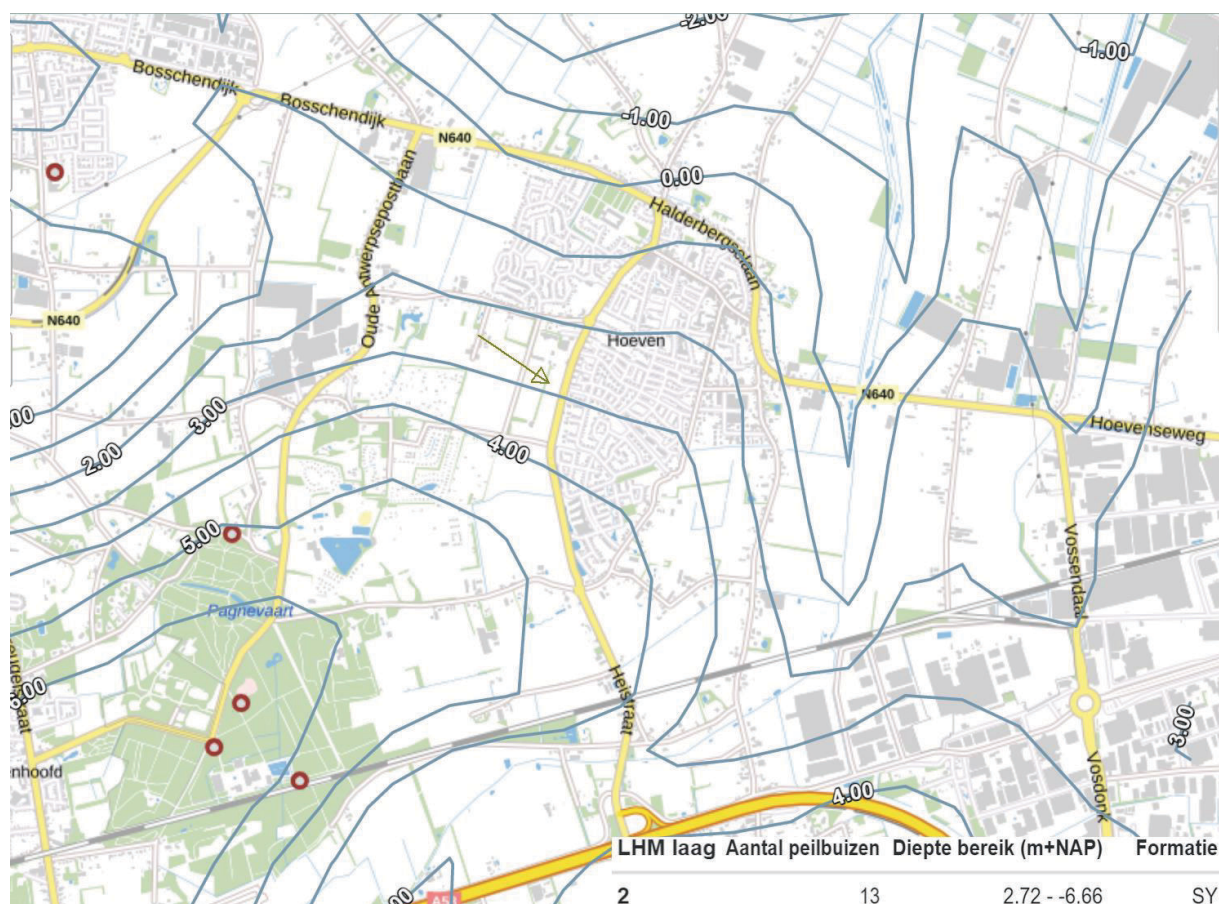
Bovenstaande figuur geeft de locatie van de peilbuizen van Dinoloket rond het tracé nabij pijl en beide gemarkeerde geselecteerde buizen.

Hierna volgen meetreeksen en analyse van geselecteerde buizen.





Onderstaande figuur geeft lijnen van gelijke grondwaterstijghoogte (in WVL1: bodem-laag₃). Per m getoond, o.b.v. de peilbuizen van Dinoloket t.o.v. het tracé nabij de pijl. OPM Met name bruikbaar voor het relatieve verloop, minder voor absolute waarden.



Bijlage 6 Rioleringstekening noordelijk gelegen 'Hofstee'

Betreft uitsnede gegevens (j).

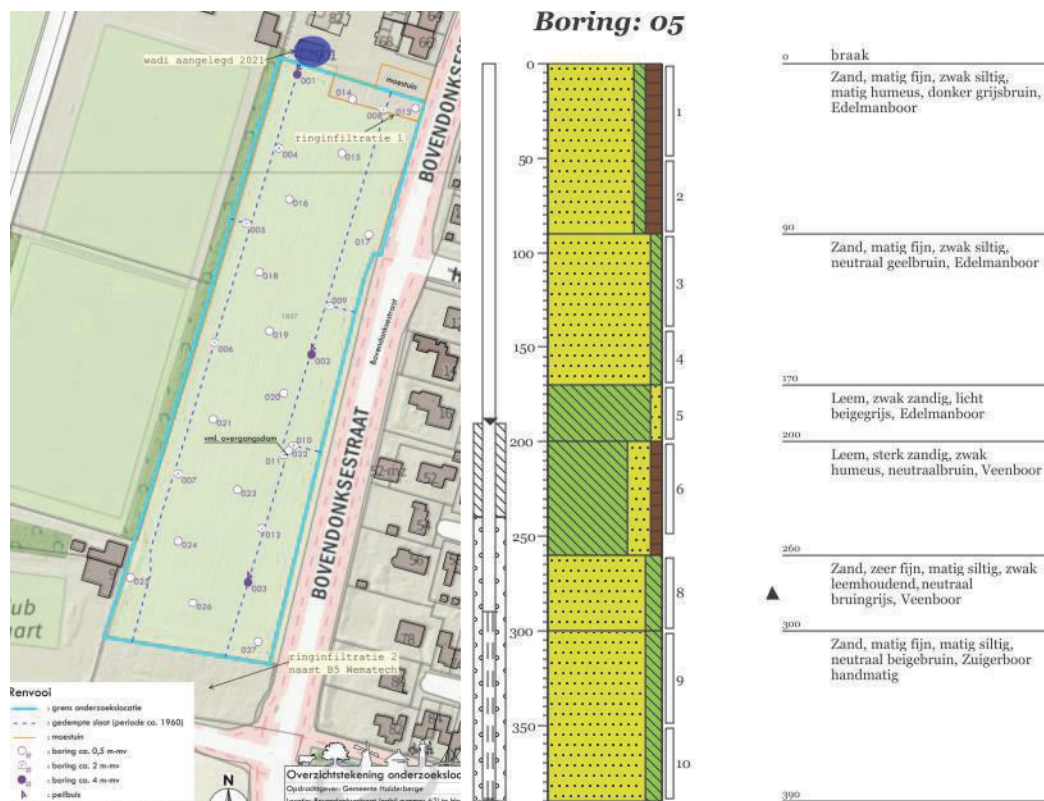


Bijlage 7. k-waarde onverzadigde zone infiltratieproef 'dubbele ring'

Onderstaande wordt ook besproken in Hoofdstuk 6

De proeven (infiltratie) in de onverzadigde zone, ruim boven de grondwaterstand, zijn door ondiep infiltratieringen in te graven, en de zakkingsvoortgang te meten van kortstondig ingegoten water.

De proeven zijn uitgevoerd op Meetpunt 1 (noord) en 2 (zuid), met locatie Figuur a. De zuidelijke was naast de peilbuis met boorstaat B5 van Figuur a1; de noordelijke was tussen de boringen van 2019, met boorstaat 9 en (ondiep) 13 van Bijlage 2.



Figuur a bijl.7. Links: situatie ondiepe proeven infiltratieringen-1 en -2 en wadi (schets op uitsnede locatie bodemonderzoek Koenders, onze Bijlage 3a) en rechts boorstaat B5 vermeld bij proef ring-2

De ringinfiltratometer-proef is toegelicht met Figuur b.



Figuur b bijl.7. Bovenaanzicht infiltratiegat diam. >0,6 m: links proef-1 (noord) vóór plaatsen ringen (zichtbaar: schaallat en beide drukopnemers), midden bij einde proef-1, rechts proef-2 (zuid) vóór plaatsen ringen (collage foto's 14 feb.)

De apparatuur en methodiek was conform gangbaar. De bodem onder beide ringen werd tevoren bevochtigd. Men kan aannemen dat de diepte van de infiltratiemeting genoemde diepte van het infiltratievlak betreft, tot het traject van circa 0,1 m eronder. De in de proef

afgeleide geschatte bijna-verzadigde infiltratiecapaciteit is gelijkgesteld aan de verticale bodemdoorlatendheid. De hierna genoemde bodemdoorlatendheid kan zowel zijn de horizontale als (met name bij optreden storende lagen kort onder het meetvlak), de verticale doorlatendheid.

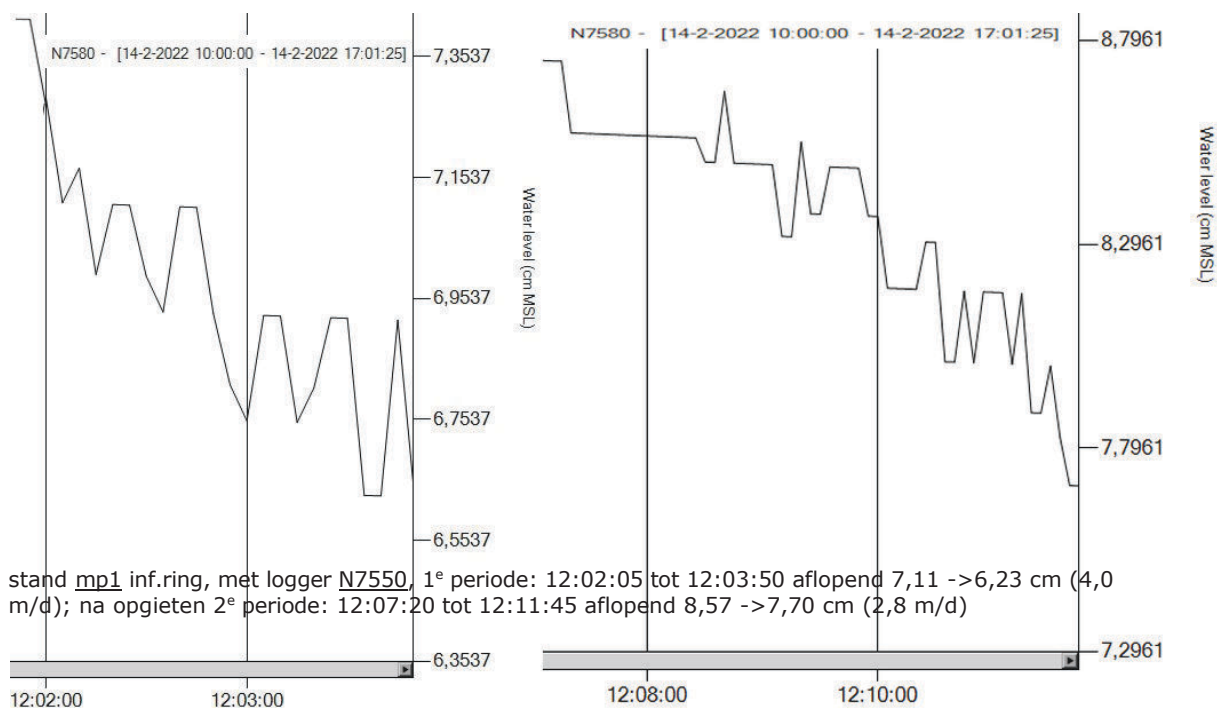
De resultaten samengevat in Tabel a zijn afgeleid uit gemiddelden meetwaarden op 14 feb., van navolgende grafieken en handmetingen tijdens de hele proefperioden. Per meetpunt is elke 5 à 10 sec. (automatisch) de grondwaterstand gemeten

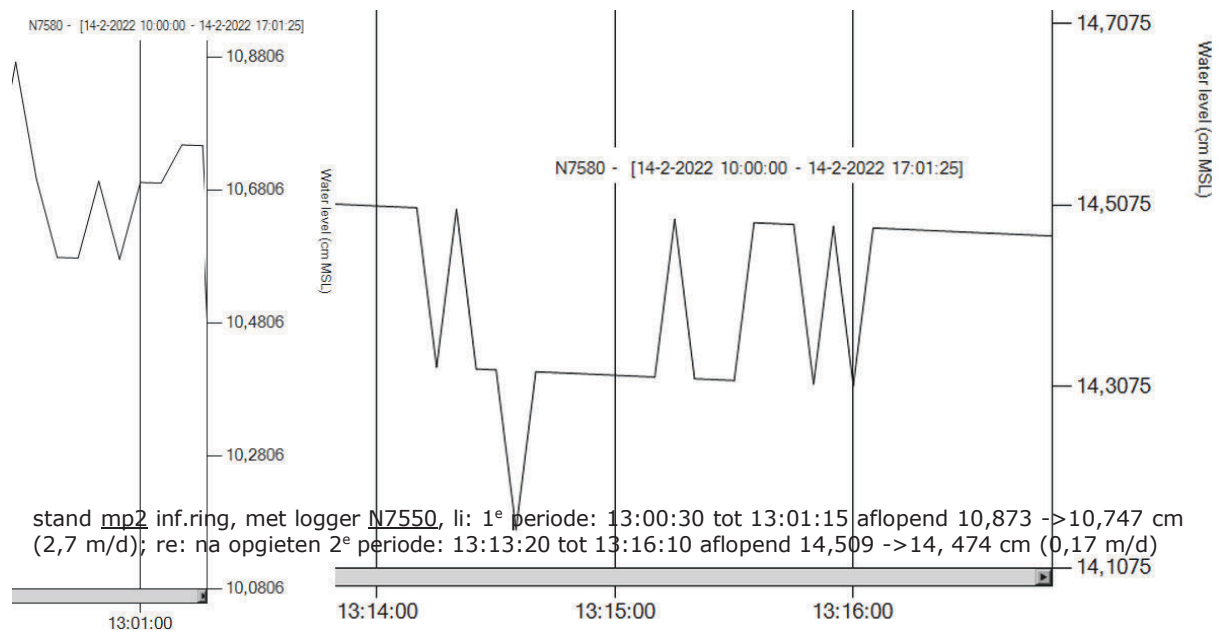
Standen zijn (watervniveau betreft in de binnenring boven bodem infiltratievlak in de grafiek) gecompenseerd voor wijziging in atmosferische luchtdruk. De tijd is na eenmalig opgieten binnenring, met tegelijkertijd op peil houden buitenring.

'Geschat' is de waarde redelijk worst case, afgeleid uit gemiddelden meetwaarden na verloop van tijd.

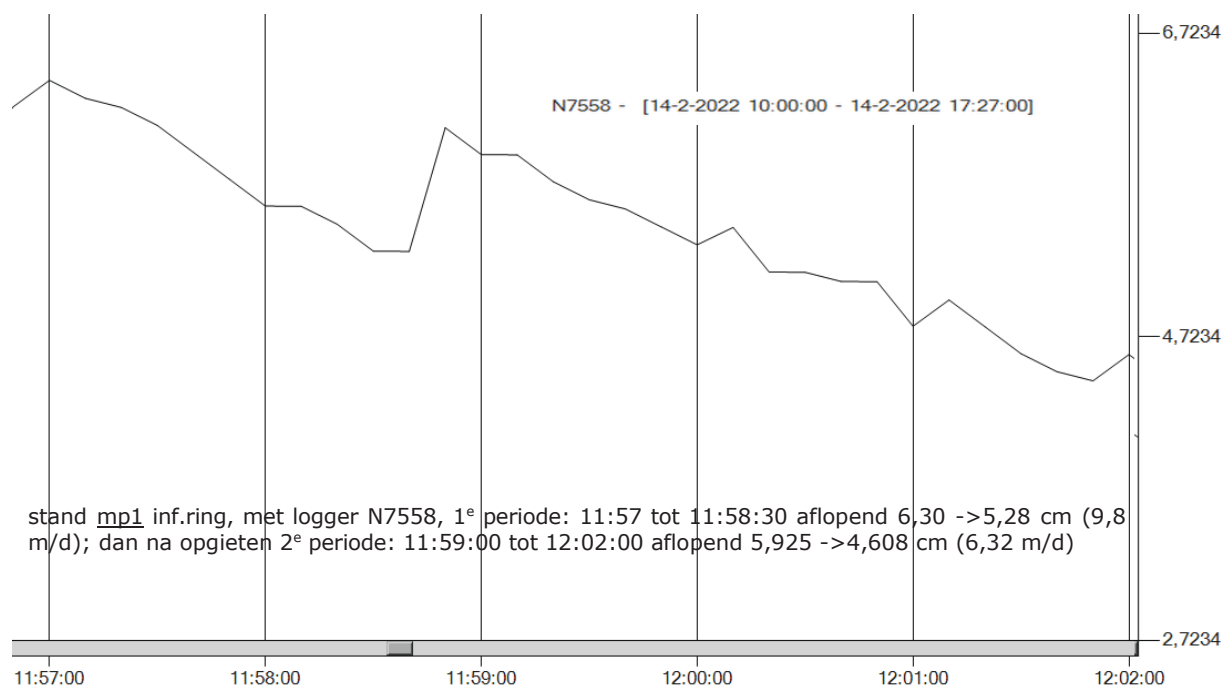
Tabel a bijl.7. Uitwerking bodemdoorlatendheid (onverzadigde zone), uit metingen 'dubbele ring'

terreindeel globaal	infiltratievlak meetdiepte	grondslag infiltratievlak geschat	k [m/d] gemiddeld per tijdvak, zie genoemde figuren. En geschat o.b.v. vermelde series en handmeten			
			1 ^e	2 ^e	3 ^e	geschat
meetpunt 1 noord	↓ -0,50 tot - 0,55 m MV	zand, matig fijn	a1: 4,0 en 2,8	b1a: 9,8 en 6,3	b1b: 8,4	4,0
meetpunt 2 zuid	↓ -0,55 tot - 0,60 m MV	zand, matig fijn, zwak sil- tig, humeus (moestuun)	a2: 2,7 en 0,2	b2a: 1,5	b2b: 1,7	1,0

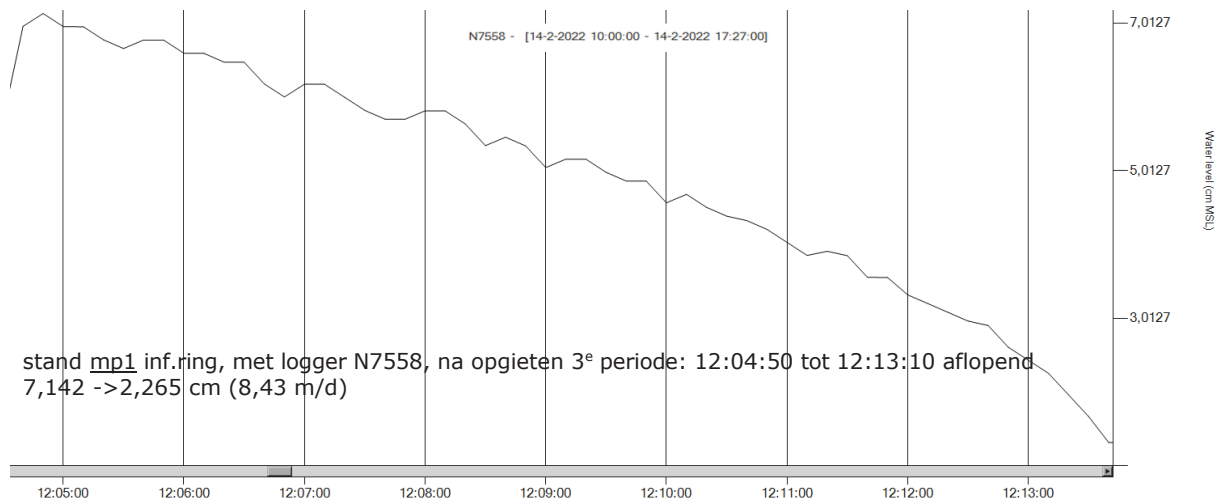




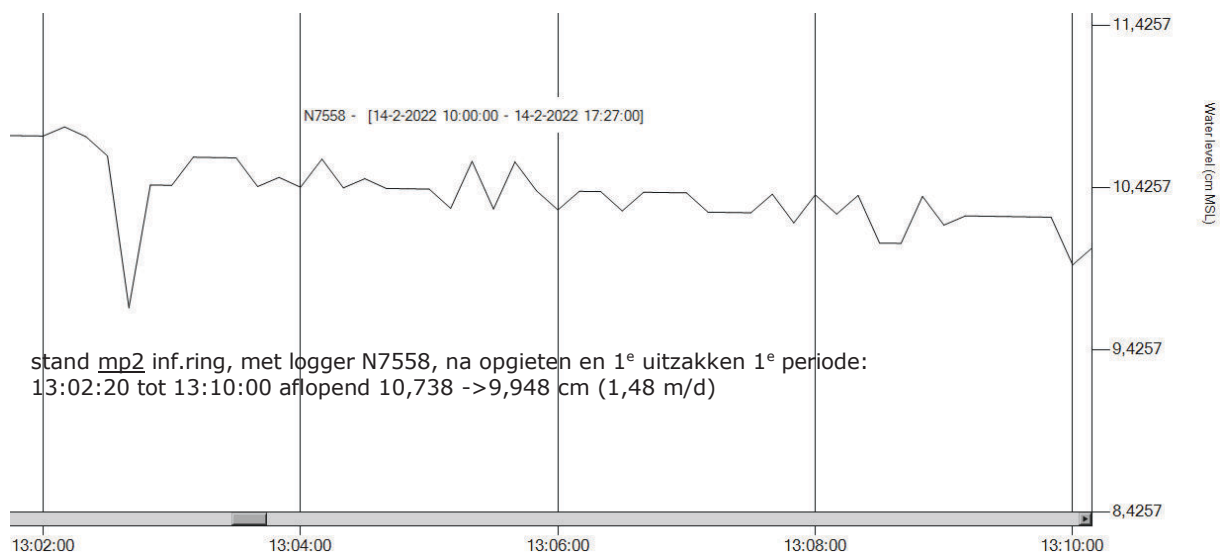
Grafiek a2 bijl.7. Meetpunt 2 zuid, twee van de geregistreerde proeven met drukopnemer #7580



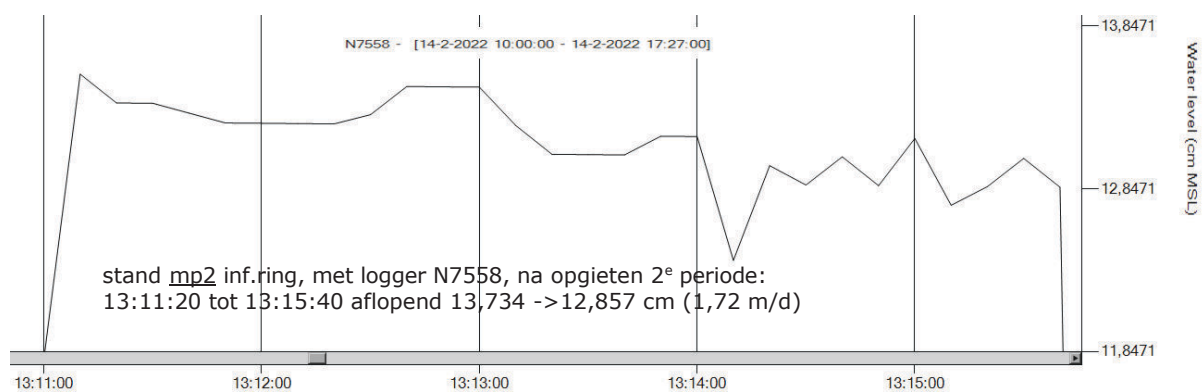
Grafiek b1a bijl.7. Meetpunt 1 noord, aansluitende twee van de geregistreerde proeven met drukopnemer #7558



Grafiek b1b bijl.7. Meetpunt 1 noord, deel derde proef met drukopnemer #7558



Grafiek b2a bijl.7. Meetpunt 2 zuid, deel eerste proef met drukopnemer #7558



Grafiek b2b bijl.7. Meetpunt 2 zuid, deel tweede proef met drukopnemer #7558

Bijlage 8. Veldwerk en meting grondwater peilbuis zuidelijke bouwdeel De Bovendonken

Onderstaand zijn Figuren a: foto locatie peilbuis. De topo van de locatie en boorbeschrijving is in Bijlage 7; de infiltratieproef 2 was nl. direct naast die peilbuis.



Figuur a bijl.8. Aanzicht vanaf oost naar west op peilbuis zuidelijke bouwdeel appartementengebouw (collage foto 14 feb.)

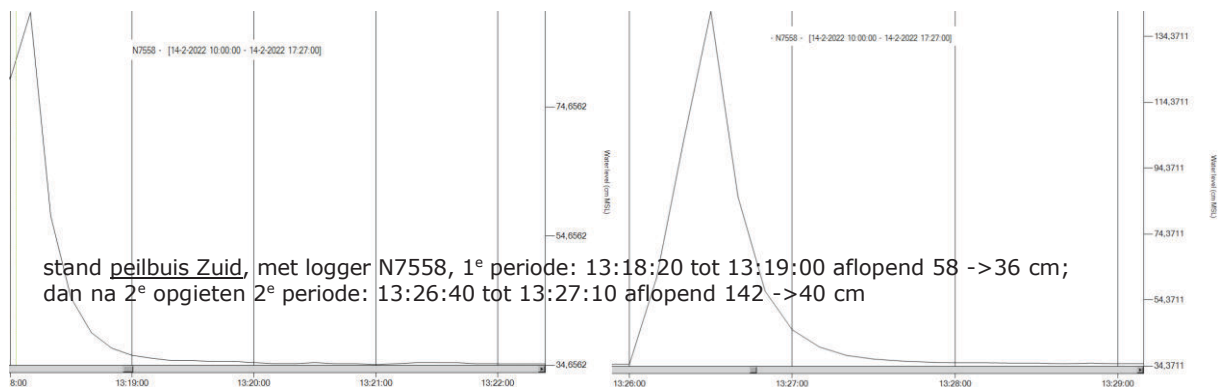
k-waarde verzadigde zone uit veldproef verticale infiltratiebuis

Voor extra beeldvorming is bij het veldwerk ook nog geïnfiltreerd op de peilbuis B5 (verzadigde zone), 'falling head' vergelijkbaar met omgekeerde Hooghoudt proef.

Grafiek fig. b geeft resultaat van waterstrandzakking in de tijd na tweemaalige infiltratie met schoon water.

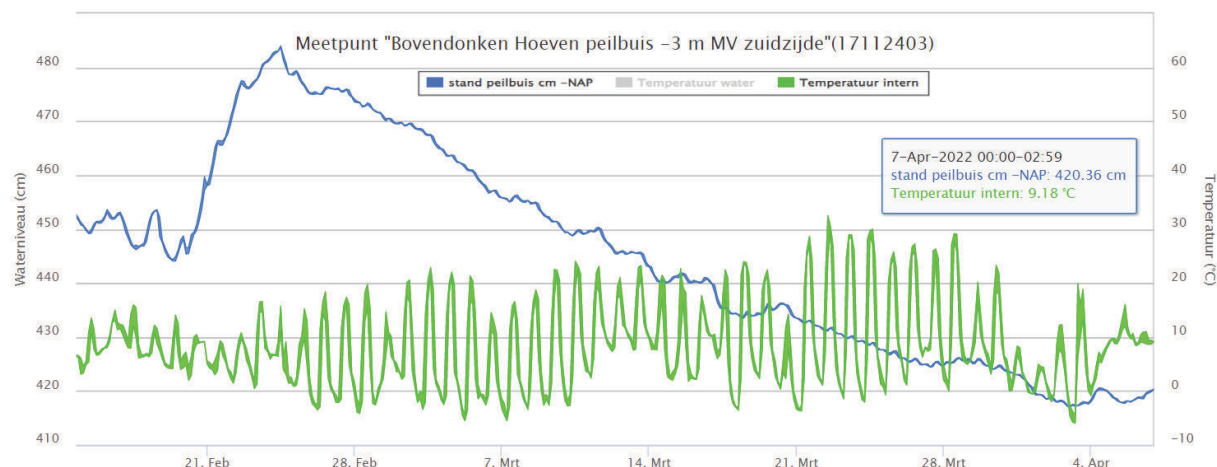
de diepe peilbuis B5, in de zone onder de lage grondwaterstand (zie boorstaat hier tevens onder de leemlaag: niet freatisch), is een simpele infiltratieproef (omgekeerd putproef) gedaan.

O.b.v. deze kortstondige infiltratie worden K waarde groter dan 10 m/d afgeleid. In dit project zoals veelal vergelijkbaar in de regio is niet de infiltratiecapaciteit in deze diepere laag maatgevend maar die in de ondiepere (onverzadigde zone). Geconcludeerd wordt dat hier de doorlatendheid van de diepere laag gunstig is, zonder belemmering.

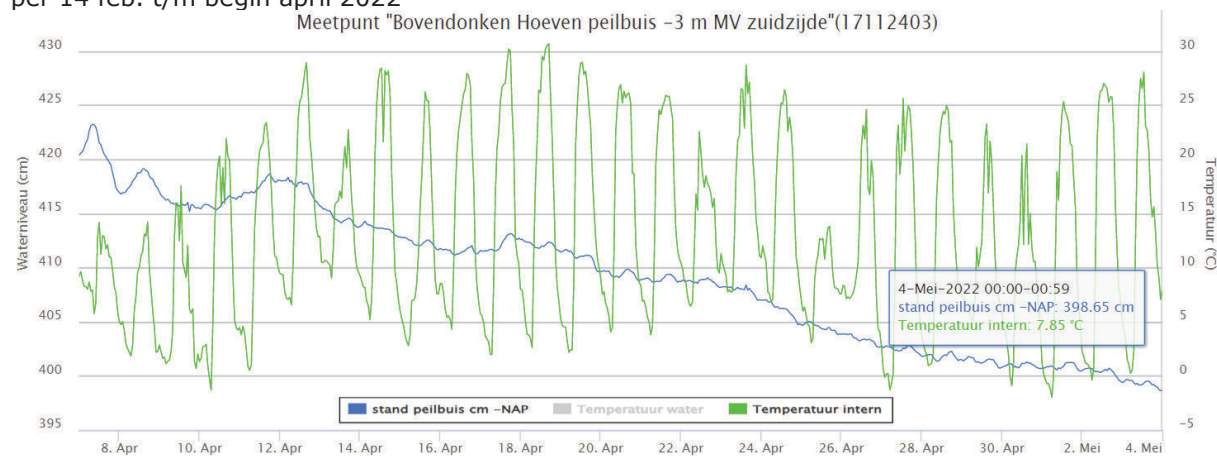


Figuur b bijl.8. Meetpunt peilbuis -3 m MV (inw. 25 mm, 1 m filtertraject) zuid, aansluitende twee van de geregistreerde proeven op 14 feb.

Grafiek fig. c1/c2 toont de continue waterstandsmeting van de peilbuis (vervolg van grafiek b met start op 14 feb.). Het meettraject geeft de stand middeldiep grondwater (laag₂). Tabel 3 met meteogegevens verklaart dat er na eind feb. een zeer droge periode optrad; de 'temperatuur intern' geeft een indruk van de dagelijkse wisselingen aan maaiveld; met name op zonnige dagen loopt deze op door instraling op de metalen logger.



figuur c1 bijl.8. Verloop t.o.v. NAP, grondwaterpeil zuidelijke peilbuis, periode vanaf plaatsen logger per 14 feb. t/m begin april 2022



figuur c2 bijl.8. Verloop t.o.v. NAP, grondwaterpeil zuidelijke peilbuis, periode vanaf plaatsen logger per 14 feb. t/m begin april 2022

Bijlage 9. k-waarde uit zeefproef in toplaag bodem o.a. bij infiltratieproeven

Er waren enige gegevens m.b.t. samenstelling fijne deeltjes e.d. van milieukundig bodemonderzoek indertijd, uit mengmonsters verdeeld over het projectterrein noordelijk van het appartementsgebouw, zie samenvatting Tabel a.

Tabel a bijl.9. Lab bepaling fijne deeltjes e.d. milieukundig bodemonderzoek (collage gegevens g)

Opdracht 1128345 Bodem / Eluaat			Orderdatum	20-09-2019
Opdrachtgever	35004092 BAKKER MILIEUADVIEZEN		Startdatum	20-09-2019
Uw referentie	280029 De Bovendonken Hoeven		Rapportagedatum	30-09-2019
Opdrachtacceptatie	16.02.22			
Monsternemer	Opdrachtgever			

001	Grond (AS3000)	MM1 MM1, 008: 0-30, 013: 0-30, 014: 0-30
002	Grond (AS3000)	MM2 MM2, 015: 0-50, 016: 0-50, 017: 0-50, 018: 0-50, 001: 0-50
003	Grond (AS3000)	MM3 MM3, 006: 0-50, 009: 0-50, 019: 0-50, 021: 0-50, 022: 0-50
004	Grond (AS3000)	MM4 MM4, 003: 0-50, 007: 0-50, 023: 0-50, 024: 0-50, 025: 0-50, 027: 0-50
005	Grond (AS3000)	MM5 MM5, 001: 50-100, 004: 50-100, 005: 50-100, 006: 50-100, 007: 50-100, 008: 50-100

Analyse	Eenheid	Q	001	002	003	004	005
droge stof	gew.-%	S	93.3	94.3	94.6	96.6	95.4
gewicht artefacten	g	S	<1	<1	<1	<1	<1
aard van de artefacten	-	S	geen	geen	geen	geen	geen
organische stof (gloeiverlies)	% vd DS	S	3.2	3.7	3.5	2.7	1.2
KORRELGROOTTEVERDELING							
lutum (bodem)	% vd DS	S	<1	2.2	2.7	3.8	<1

Omdat beide infiltratometerproeven (par. 5.3) verschillende doorlatendheid toonden, zijn er in onze opdracht (via Bakker) juist onder de diepte van beide proeven bodemonsters genomen, waarop een zeefproef is gedaan op de korrelverdeling, met uitkomst Tabel b.

Tabel b bijl.9. Lab zeefproeven van bemonstering ringinfiltratometerproeven

Monsternr.	Monstername	Monster beschrijving	monsterdiepte
158842	14.02.2022	Monster 1	-0,50 tot -0,55 m MV
158845	14.02.2022	Monster 2	-0,55 tot -0,60 m MV

	Eenheid	158842 Monster 1	158845 Monster 2
Algemene monstervoorbehandeling			
S Droge stof	%	94,3	83,8
Fracties (sedigraaf)			
S Fractie < 2 µm	% Ds	<1,0	<1,0
Fractie < 16 µm	% Ds	1,0	1,6
Fractie < 2 µm	% md	<1,0	<1,0
Fractie < 16 µm	% md	1,1	1,7
Fractie < 32 µm	% md	1,2	2,1
Fractie < 50 µm	% md	1,3	2,5
Fractie < 63 µm	% md	1,3	2,5
Fractie < 125 µm	% md	19	25
Fractie < 250 µm	% md	84	83
Fractie < 500 µm	% md	100	98
Fractie < 1000 µm	% md	100	98
Fractie > 2mm (%)	% Ds	<0,1 ⁷	<0,1 ⁷
Fractie < 2000 µm	% md	100	98
Klassiek Chemische Analyses			
S Organische stof	% Ds	1,0 ^{x)}	2,0 ^{x)}
Calciet (CaCO ₃)	% Ds	1,6 ⁷	1,0 ⁷
Overig onderzoek			
M 50	µm	185 ⁷	179 ⁷

Opdracht 1128345 Bodem / Eluaat	
Opdrachtgever	35004092 BAKKER MILIEUADVIEZEN
Uw referentie	280029 De Bovendonken Hoeven
Opdrachtacceptatie	16.02.22
Monsternemer	Opdrachtgever

x) Gehaltes beneden de rapportagegrens zijn niet mee inbegrepen.

7) Erkend volgens AS SIKB 3000

Evaluatie. De infiltrometerproef (par. 5.3) van locatie 1 was veel gunstiger (hoger) dan van locatie 2; dit is in mindere mate te verklaren door de zeefproeven, waar locatie 1 slechts in geringe mate gunstiger (meer grofkorrelig) was.

Module C2510 van Rioned geeft formules om met de gegevens uit de korrelverdelingsanalyse de doorlatendheid van de bodem in te schatten.

In Tabel c is de toepasselijkheid van veel gebruikte formules onderzocht en staan meerdere uitkomsten van berekening voor beide bodemonsters. Er blijkt afhankelijk van de formule een vrij grote variatie. Het meest representatief in dit geval zijn formules die kleine deeltjes meewegen (leem), waarmee we afleiden het noordelijke monster (locatie 1) $k = 2,0 \text{ á } 10 \text{ m/d}$ en voor het zuidelijke (locatie 2) $k = 1,5 \text{ á } 5 \text{ m/d}$.

Tabel c bijl.9. Bepaling k-waarde in top laag uit zeefproef (m.b.v. Module C2510)

methode	toepasbaarheid	doorlaatfactor berekend *	
		noord locatie 1 -0,50 à -0,55 m MV	zuid locatie 2 -0,55 à -0,60 m MV
grondsoort o.b.v. lab zeefanalyses (tabel b)		zand, matig fijn; $M50=185\mu\text{m}$	zand, matig fijn; $M50=179\mu\text{m}$
effectieve korreldiameter kleine deeltjes ca.		$d_e=d_{10} 0,063 \text{ mm}$	$d_e=d_{10} 0,07 \text{ mm}$
uniformiteitscoëfficiënt $C= d_{60} / d_{10}$ ca.		$C=1,82$	$C=2,00$
Hazen	$0,1 < d_e=d_{10} < 3 \text{ mm}$	-	-
Kozeny	zand zonder fijne deeltjes		-
Beyer	$0,06 < d_e < 0,6$ én $1 < C=d_{60}/d_{10} < 20$	$k=11,5 \text{ m/d}$	$k=7,6 \text{ m/d}$
Beyer aangepast Grundbau Taschenbuch	als 'Beyer'	$k=11,1 \text{ m/d}$	$k=7,3 \text{ m/d}$
USBR	$C=d_{60}/d_{10} < 5$; zand en zandige klei	$k=2,0 \text{ m/d}$	$k=1,6 \text{ m/d}$
formule Pavchich	$0,06 < d_e=d_{17} < 1\frac{1}{2} \text{ mm}$	$k=3,8 \text{ m/d}$	$k=2,9 \text{ m/d}$
formule Grontmij aangepast voor leem	zand en sterk zandige klei/leemig zand	$k=7,0 \text{ m/d}$	$k=6,7 \text{ m/d}$
formule Seelheim	$C < 2,5$	$k=10,5 \text{ m/d}$	$k=9,9 \text{ m/d}$

*) wanneer K niet ingevuld/buiten beschouwing, is dit omdat deze formule hier minder toepasbaar is op basis van de uitkomst van de zeefproef

Bijlage 10. Veldwerk waterstand bestaande wadi Hofstee aan noordrand De Bovendonken

Op 14 feb. is een grondboring uitgevoerd, om een meetpunt te plaatsen voor het waterniveau in de wadi, zie o.a. voorgaand in dit rapport Figuur 2.

Op het punt was de grondslag circa als volgt, zie hierna Tabel a volumebepaling monsters:

- bodem wadi circa -1,70 m MV, overeenkomend met +3,30 m NAP;
- monster-1 van -0,1 tot -0,2 m onder bodem (circa -1,8 tot -1,9 m MV) zand zeer fijn, sterk siltig, humeus met organische resten, bruin (slib);
- monster-2 van -0,2 tot -0,3 m onder bodem (circa -1,9 tot -2,0 m MV) zand zeer fijn, sterk siltig, zeer humeus bruin.

Tabel a en figuren b geven een beeld van de grondmechanisch beproeving en figuren c de waterstandsmetingen.

Tabel a bijl. 10. Monsters 14 feb. t.p.v. peilbuis wadi, grondmechanische beproeving 18-2-2022

monster	monster traject - bodem wadi	gewicht nat, excl. ring [g]*	gewicht droog, excl. ring [g]**	\square_n [kg/m ³]	\square_d [kg/m ³]	\square_n [kN/m ³]	\square_d [kN/m ³]	gehalte vocht tov. droog %	gehalte droge stof tov. nat %
1 'organisch'	-0,1 á -0,2 m	142	78	1420	780	13,9	7,6	82	55
2 'humeus'	-0,2 á -0,3 m	158	101	1580	1010	15,5	9,9	56	64

*verzadigd nat; ** na 24 u oven 110 gr. Steekring van 100 cm³ met leeg gewicht 100 g



Figuur b1 bijl. 10. Foto monster-1 en -2, vóór (18 feb.), resp. rechts: na drogen.



Figuur b2 bijl. 10. Enkele foto's zeven t.b.v. bepaling verdeling over fracties monster-1, -2 na drogen.

Onderstaand zijn Figuren c: foto's wadi voor en na plaatsen van de peilbuis met meettraject +0,5 m tot -0,5 m bodem wadi (geeft stand open water).

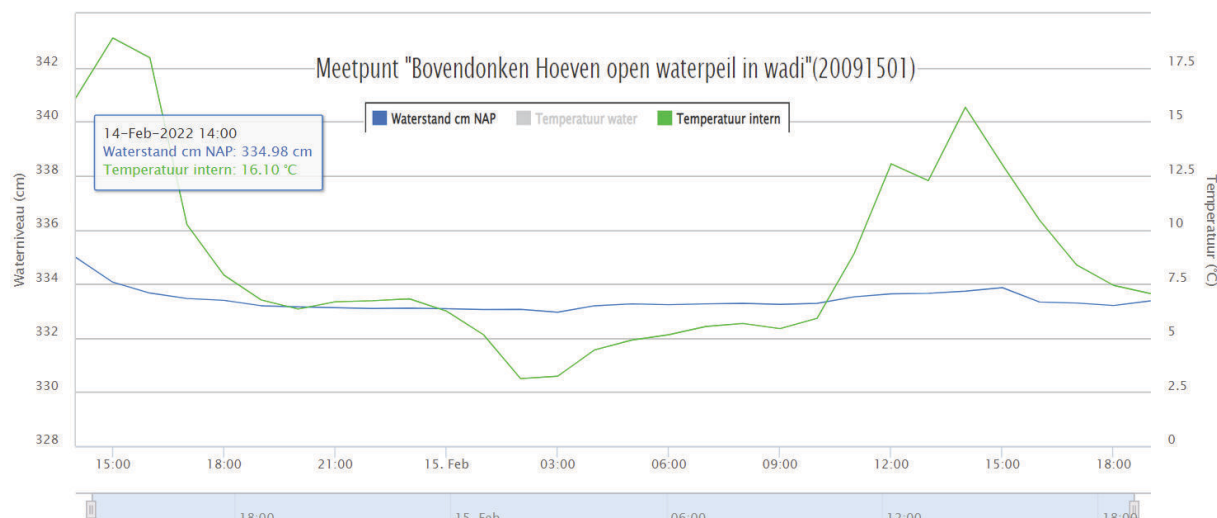


Figuur c1 bijl. 10. Aanzicht wadi van noord naar zuid en, omkaderd, detail instroombuis met b.o.b. circa +3,50 m NAP (collage foto 14 feb.)

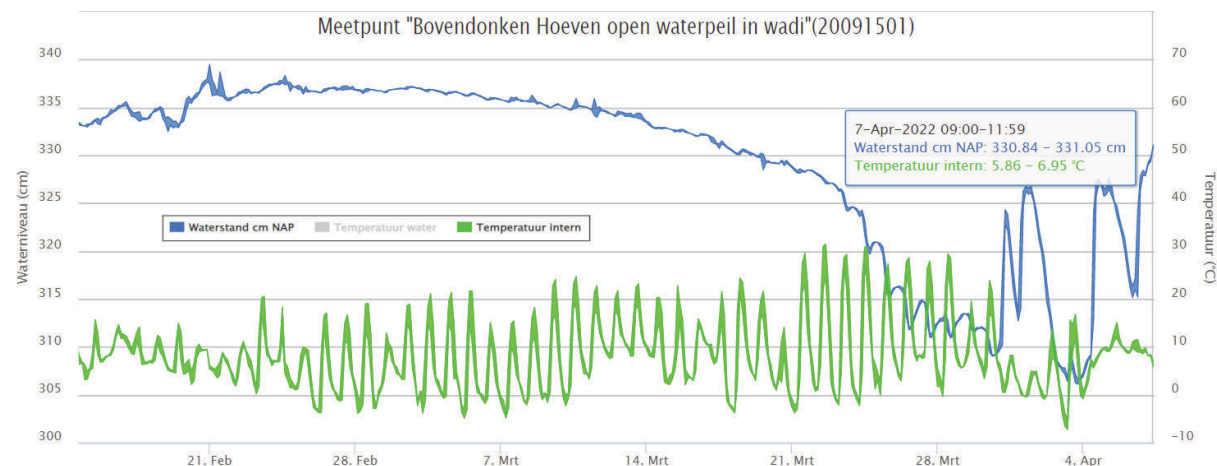


Figuur c2 bijl. 10. Aanzicht wadi van zuid naar noord en, omkaderd, detail locatie peilbuis met logger nr. 2401 t.b.v. meten open waterpeil wadi, vanaf plaatsen logger per 14 feb. (collage foto's 14 feb.)

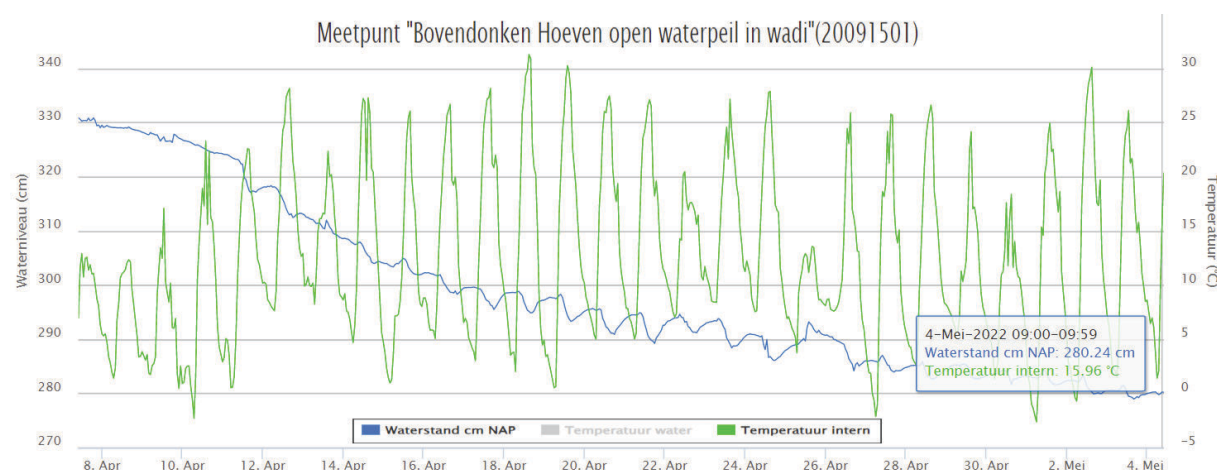
Onderstaand zijn waterstandsmeting van de peilbuis (geeft stand open water in wadi):
Figuren d1 de dag na plaatsen per 14 feb. en d2/d3 de langere periode tot heden.



Figuur d1 bijl. 10. Verloop open waterpeil wadi t.o.v. NAP, afgeleid van b.o.b. instroomduiker, 1^e periode 1^e dag vanaf plaatsen per 14 feb.



Figuur d2 bijl. 10. Verloop open waterpeil wadi t.o.v. NAP, 2^e periode t/m 7 april

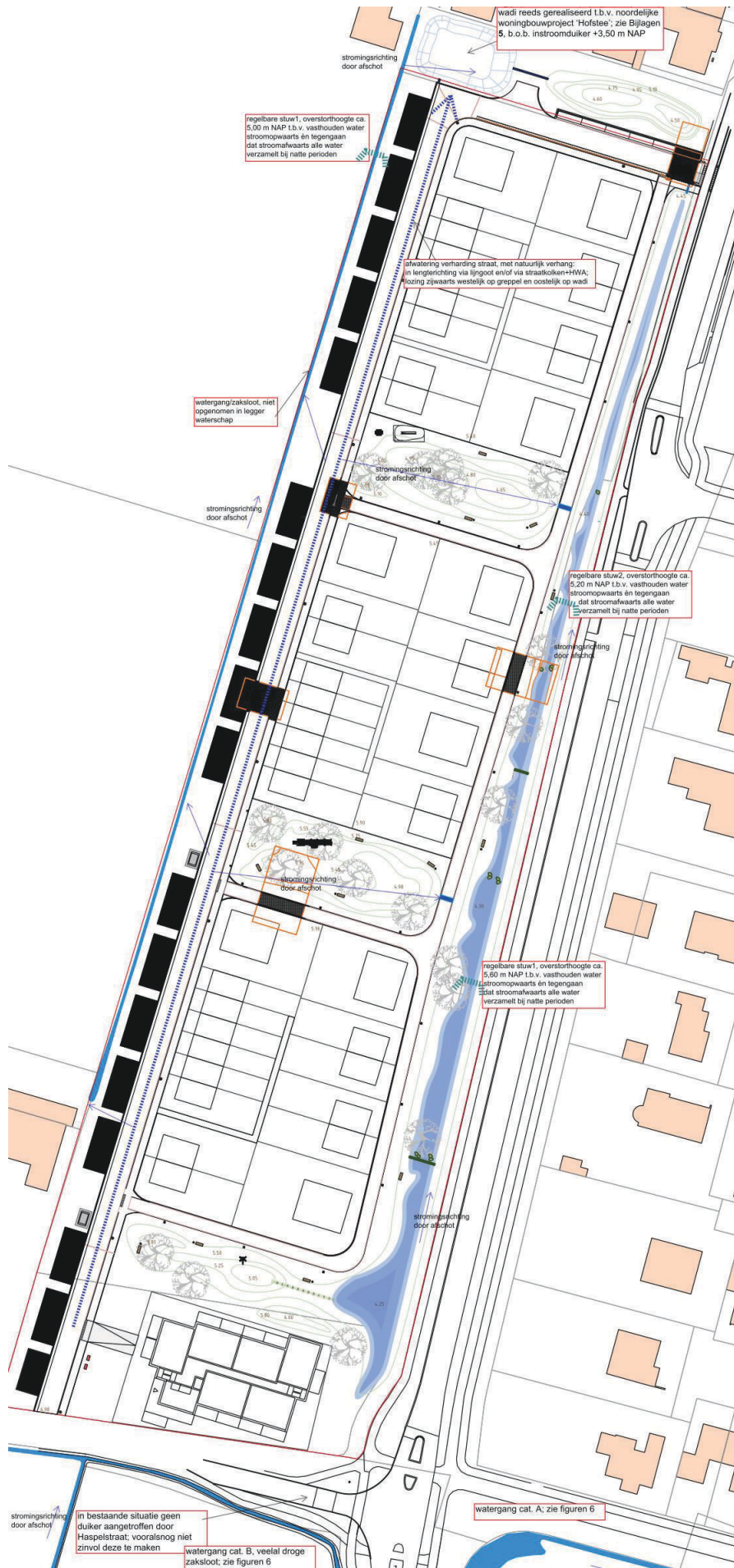


Figuur d3 bijl. 10. Verloop open waterpeil wadi t.o.v. NAP, 3^e periode t/m 4 mei

Zie ook de opmerking bij Figuur c Bijlage 8: Tabel 3 met meteogegevens verklaart dat er na eind feb. een zeer droge periode optrad; de 'temperatuur intern', ter info getoond, geeft een indruk van de dagelijkse wisselingen aan maaiveld; met name op zonnige dagen loopt deze op door instraling op de metalen logger.

Uitgaande van, zie voorgaande bodem wadi circa +3,30 m NAP, rond de meetbuis:

- steeg het open water gedurende de voorafgaand aan en na plaatsen 14 feb. vrij natte periode t/m 24 feb. tot net onder de +3,40 m NAP (circa 0,10 m water boven de bodem);
- in de geheel droge periode na eind feb. daalde het water slechts zeer langzaam: pas vanaf circa medio maart tot eind maart op +3,10 m NAP (circa -0,20 m water onder de bodem);
- bij eerste neerslag omstreeks 31 maart reageert de buis meteen met stijging (toestroming in de wadi) en schommelt daarna flink, telkens met neerslag stijging en dan weer relatief snel zakken in de vermoedelijk nog 'droge' ondergrond.



Bijlage 11. Indicatie oppervlaktewater, wadi projectgebied. OPM Door ons zijn daarop enkele stuw-tjes (zie par. 8.3.) genoteerd met geschatte haalbare waterniveaus (schets op ondergrond uitsnede gegevens f: tekening 'Nieuwe situatie, model A')