



Infiltratie advies appartementen
complex 70 woningen aan de
Sint Teunislaan te Den Bosch

Opdrachtnummer : 180021

Opdrachtgever : Hendriks Projectontwikkeling
Kanaalstraat 12
5340 AD Oss

Contactpersoon : de heer B. van der Meijden

Opgesteld door : B. Spikker
Gecontroleerd door: P. Kranendonk

Versie : 1

Datum : 9 februari 2018

Koops & Romeijn grondmechanica

Reinaldstraat 93 6883 HL Velp

tel 026 3690030



Inhoudsopgave

1.	INLEIDING	2
2.	PROJECTOMSCHRIJVING	3
3.	BODEMKUNDIGE EN GEOHYDROLOGISCHE SCHEMATISERING	4
3.1	Bodemkundige en geohydrologische gesteldheid	4
3.2	Grond- en oppervlaktewaterstroming	4
4.	BERGINGS- EN INFILTRATIEADVIES	5
4.1	Samenstelling bergings- en infiltratiemedia	5
4.2	Dimensionering bergings- en infiltratiemedia	5
4.3	Onderhoud en levensduur infiltratiesysteem	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
5.	SLOTOPMERKINGEN	6

Bijlagen

1	ligging project met peilbuislocaties TNO
2	inrichtingstekening planlocatie
3	voorbeeld sondeergegevens TNO
4	voorbeeld boorgegevens TNO
5	infiltratieonderzoek Koops & Romeijn
6	geohydrologisch profiel
7	peilbuisgegevens
8	Voorgestelde situering wadi
9	Principe schets lengtedoorsnede wadi



1. INLEIDING

In december 2017 ontving Koops & Romeijn van Hendriks Projectontwikkeling te Oss de opdracht voor het uitvoeren van een geotechnisch onderzoek en het uitbrengen van geotechnische analyses in het kader van het nieuwbouwplan op de hoek van de Sint Teunislaan en de Eekbrouwerstraat te Den Bosch.

Voorliggend rapport bevat het bergings- en infiltratieadvies voor het afkoppelen van hemelwater van het dak van het appartementencomplex en verhardingen, zoals weergegeven in de bijlage 2.

Paragraaf 2 geeft de beschrijving van de uitgangspunten van het project voor wat betreft de inrichting van de projectlocatie. De bodemgesteldheid en geohydrologie zijn beschreven in paragraaf 3. In paragraaf 4 wordt ingegaan op de infiltratiemedia en de dimensionering van de aan te leggen bergings- en infiltratievoorzieningen. De slotopmerkingen worden gegeven in paragraaf 5.



2. PROJECTOMSCHRIJVING

De planlocatie is gelegen op de hoek van de Sint Teunislaan en de Eekbrouwerstraat te Den Bosch. Het plan omvat de nieuwbouw van 70 appartementen ondergebracht in één complex zoals weergegeven in bijlage 2.

Het oppervlak van de daken is afgeleid op 1.620 m² en het oppervlak van de verhardingen op 2.870 m².

Voor de daken en verhardingen is in dit rapport uitgegaan van de toepassing van een bergings- en infiltratiemedium op eigen terrein.

Ten aanzien van de afkoppeling van hemelwater van verhard oppervlak wordt door de gemeente Den Bosch en het waterschap Aa en Maas een bergingseis gesteld van 60 mm met een ledigingstijd van de bergings- en infiltratiemediën van 24 uur.

De start van de uitvoering van dit bouwproject is aangehouden medio oktober/november van 2018.



3. BODEMKUNDIGE EN GEOHYDROLOGISCHE SCHEMATISERING

Om berekeningen ten behoeve van de infiltratiecapaciteit van de bodem te kunnen bepalen, dient de bodemopbouw geohydrologisch te worden geschematiseerd. Hiertoe is gebruik gemaakt van archief sondeer- en boorgegevens van TNO (zie bijlage 3 en 4) en een infiltratieonderzoek uitgevoerd door Koops & Romeijn (zie bijlage 5). De infiltratieproeven zijn uitgevoerd ter afleiding van de waterdoorlatendheid van de ondiepe bodemlagen.

3.1 Bodemopbouw

De maaiveldhoogte is op basis van het booronderzoek ingemeten op circa 3,0 à 3,4 m + NAP.

Vanaf het maaiveld is onder een klei- en zandhoudende toplaag een doorgaand zandpakket aanwezig tot circa 9 m – maaiveld. Tot ca. 1,5 m – maaiveld zijn klei-, humus- en silthoudende lagen aangetroffen. Hieronder zijn overwegend matig fijne zandlagen aanwezig tot de maximaal verkende boordiepte van 2,0 m.

3.2 Grond- en oppervlaktewaterstroming

Op basis van langjarige peilbuisgegevens (2000-2017) en de isohypsenkaart van TNO wordt globaal een westelijke stromingsrichting van het grondwater verwacht. Uit de beschikbare peilbuisgegevens van TNO wordt een grondwaterstandsfluctuatie afgeleid tussen 2,1 en 1,7 m + NAP. Hierbij wordt opgemerkt dat de beschikbare peilbuisgegevens op relatief grote afstand tot de planlocatie liggen. In de bijlagen 1 en 7 zijn de peilbuisgegevens van TNO gepresenteerd.

Tijdens het infiltratieonderzoek uitgevoerd door Koops & Romeijn op 23 januari 2018 zijn momentane grondwaterstanden aangetroffen op 0,75 à 1,40 m – maaiveld, overeenkomend met ca. 2,25 m + NAP. Hiermee wordt een ontwateringsdiepte afgeleid op de planlocatie van ca. 0,8 m gedurende wintersituaties en 1,5 m gedurende zomersituaties.

Aan de hand van infiltratiemetingen in het dieptetraject van 0,4 tot 1,4 m – maaiveld is de waterdoorlatendheid van de ondiepe zandlagen afgeleid tussen 1 en 3 m/etm.

Oppervlaktewater is op de planlocatie niet aangetroffen.



4. BERGINGS- EN INFILTRATIEADVIES

4.1 Samenstelling bergings- en infiltratiemedia

Als mogelijke ontwerpen van bergings- en infiltratiemedia zijn ondergrondse en oppervlakkige varianten mogelijk. Op basis van de beperkte ontwateringsdiepte gedurende de wintersituatie van ca. 1,0 m – maaiveld en vanwege het beschikbare onverharde areaal op de planlocatie, is in afstemming met de opdrachtgever in deze rapportage uitgegaan van de berging en infiltratie van hemelwater door middel van een wadi.

4.2 Dimensionering en ontwerp wadi

De benodigde dimensionering van de bergings- en infiltratievoorzieningen is afgeleid van de in paragraaf 2 beschreven gemeentelijke bergingseis van 60 mm en een ledigingstijd van 24 uur.

Het af te koppelen dakoppervlak van het appartementencomplex en de verhardingen is aangehouden op 4.490 m².

Aan de hand van de volgende formules wordt de bergings- en infiltratiecapaciteit afgeleid:

- P (maatgevende neerslag) $\times A_1$ (af te koppelen oppervlak) = B_1 (afvoer in m³/etm)
- A_2 (infiltratieoppervlak) $\times k$ (waterdoorlatendheid) $\times 0,50$ (veiligheid van 2 vanwege afname waterdoorlatendheid) = I_2 (mogelijke infiltratie in m³/etm).

Bij een maatgevende bui van 60 mm zal voor het dakoppervlak een bergings- en infiltratiecapaciteit moeten worden gerealiseerd van $0,06 \times 4.490 = 270$ m³. In bijlage 8 is de voorgestelde situering van de wadi weergegeven. Hierbij is gekozen voor een wadi aan de noordzijde van het appartementencomplex vanwege de vrije ligging ten opzicht van de kruipruimte en het systeem niet versnipperd wordt over diverse locaties waardoor kwetsbaarder.

In bijlage 9 is een principe schets weergegeven van de lengtedoorsnede. Op basis van de boorgegevens kunnen tussen 0,5 en 1,4 m – maaiveld storende kleilagen voorkomen. Ter voorkoming van verzadiging van de bovenliggende topzandlaag en eventuele vernatting van kruipruimtes onder het appartementencomplex dienen storende kleilagen te worden uitgewisseld met omliggende zandlagen. De bodem van de wadi dient bij voorkeur te worden samengesteld uit een grove aggregatie van klei en zand in een verhouding van 40:60% (zie bijlage 9). Aanvullend wordt de toepassing van een zogenaamde slokop-systeem geadviseerd om infiltratie tijdens en na neerslagsituaties te versnellen. Hierdoor wordt mede de onderhoudbaarheid van de wadi verbeterd.



Bij de voorgestelde situering zoals weergegeven in bijlage 7 bezit de wadi afmetingen (boven insteek) van ca. 65 x 12 m. Bij een diepte van de wadi van 0,4 m wordt een berging van 275 m³ verkregen en een talud 1:3.

Uitgaande van een k-waarde van de zandlagen onder de wadi op 3 m/dag en afmetingen beschreven zoals hierboven wordt de infiltratiecapaciteit afgeleid op 1.100 m³/etm.

Hiermee voldoet de wadi aan de eisen van de gemeente Den Bosch en het waterschap Aa en Maas voor het bergen van hemelwater op eigen terrein van 60 mm en een ledigingstijd van 24 uur.



5. SLOTOPMERKINGEN

De berging en infiltratie van afgekoppeld hemelwater kan op de planlocatie worden gerealiseerd door de aanwezigheid van goed waterdoorlatende zandlagen dieper dan circa 0,8 à 1,2 m –maaiveld in combinatie met een voldoende lage freatische grondwaterstand. Ter voorkoming van wateroverlast zal ter plaatse van bergings- en infiltratiemedia wel een grondverbetering moeten worden uitgevoerd.

Door het ontbreken van een (tuin)ontwerp van de onverharde arealen op de planlocatie dient het huidige ontwerp van de wadi hierop nog te worden getoetst. Indien de wadi niet in de voorgestelde vorm kan worden geïntegreerd in het ontwerp, dan kan ook worden gekozen voor het (gedeeltelijk) ondergronds bergen en infiltreren in de bodem ter plaatse van de geprojecteerde parkeerplaatsen. Dit kan bijvoorbeeld in de vorm van een horizontale IT-stelsel op circa 0,5 m – maaiveld in combinatie met een grondverbetering tot op de goed waterdoorlatende zandlagen. Bij deze variant kan bijvoorbeeld een waterdoorlatende afwerking van parkeerzones worden toegepast.

Geadviseerd wordt om, bij het ontwerp van de (onverharde) buitenruimten, het bergen en infiltreren van afgekoppeld hemelwater mede te integreren en te toetsen aan de gestelde kaders.

Bij de uitvoering van grondverbeteringen voor bergings- en infiltratiemedia dient een vervanging van de humeuze zandlagen en kleilagen door goed doorlatend zand te worden toegepast met de onderstaande samenstelling:

- M50-cijfer : > 210 μm ;
- percentage leem : < 3%;
- percentage organische stof : < 1%;
- vrij van vreemde bestanddelen;
- k-waarde van >10 m/etm.

De onderstaande adviezen worden voor het ontwerp en een langjarig goed functioneren van bergings- en infiltratiemedia tot slot relevant geacht:

1. Om een vernatting van kruipruimten en kelders te voorkomen dient een medium op voldoende afstand tot dergelijke ondergrondse ruimten te worden aangelegd. Hierbij dient met een infiltratie onder een hoek van 45 graden vanaf de boveninsteek te worden rekening gehouden + 0,5 m voor kelders en souterrains. Indien deze afstand niet kan worden gekozen dient hiertoe de ligging en/of afmeting te worden aangepast;
2. Opnemen hemelwater afvoersystemen op revisietekening;
3. Eventuele geroerde lagen (humeuze, silthoudende en fijne zandlagen en kleilagen) onder een medium afgraven en aanvullen met goed waterdoorlatend zand (k-waarde >10 m/etm).



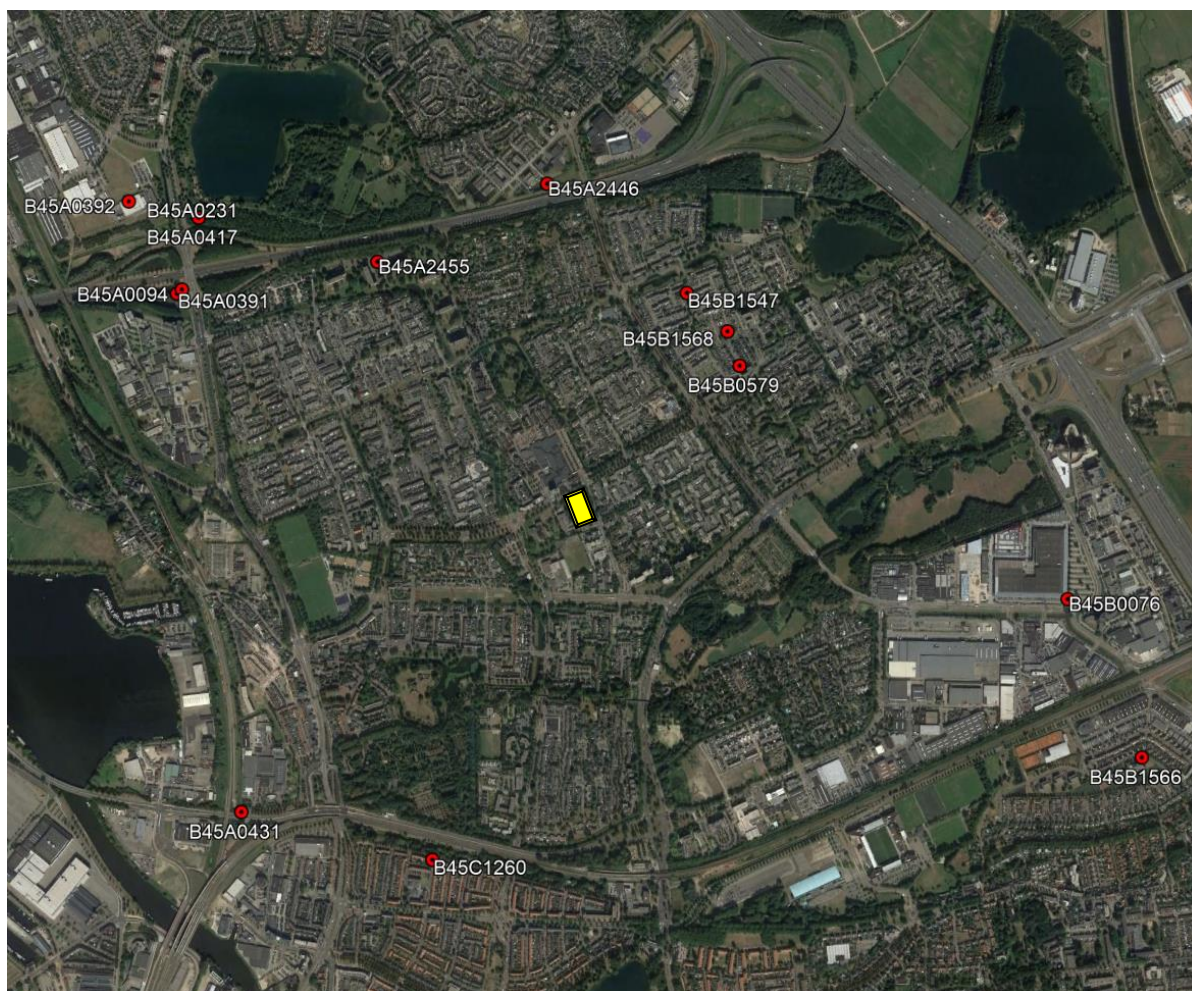
4. Geadviseerd wordt een overstort vanuit een bergings- en infiltratiemedium op het hemelwaterstelsel te realiseren om ongewenste wateroverlast te voorkomen.
5. In het beheer en onderhoud van een wadi dient rekening te worden gehouden met het periodiek afvoeren van vervette toplagen en aanvullende maatregelen voor het in stand houden van een voldoende waterdoorlatende toplaag.
6. De aanlegwerkzaamheden van bergings- en infiltratiemediën dienen in den droge te worden uitgevoerd.



Symbolen en definities

symbool	OMSCHRIJVING	eenheid
γ_n	volumieke gewicht van de grond in verzadigde toestand	kN/m ³
c	effectieve cohesie	kPa
φ	effectieve hoek van inwendige wrijving	°
C'_p	primaire samendrukkingcoëfficiënt	-
C'_c	secundaire samendrukkingcoëfficiënt	-
C_c	primaire samendrukkingsindex	-
C_α	secundaire samendrukkingsindex	-
kD	doorlaatvermogen, product van k en D	m ² /d
k	doorlaatfactor	m/d
D	laagdikte	m
c	weerstand van waterremmende lagen	dag
wvp	watervoerend pakket	
zetting	verticale verplaatsing van een funderingselement of het maaiveld ten opzichte van het niveau in onbelaste situatietoestand	mm
grondwaterstand	hoogte van een punt waar het grondwater een drukhoogte gelijk aan nul heeft ten opzichte van de atmosferische druk	m tov ref niveau

Ligging project met peilbuislocaties TNO



Planlocatie a/d Sint Teunislaan te Den Bosch

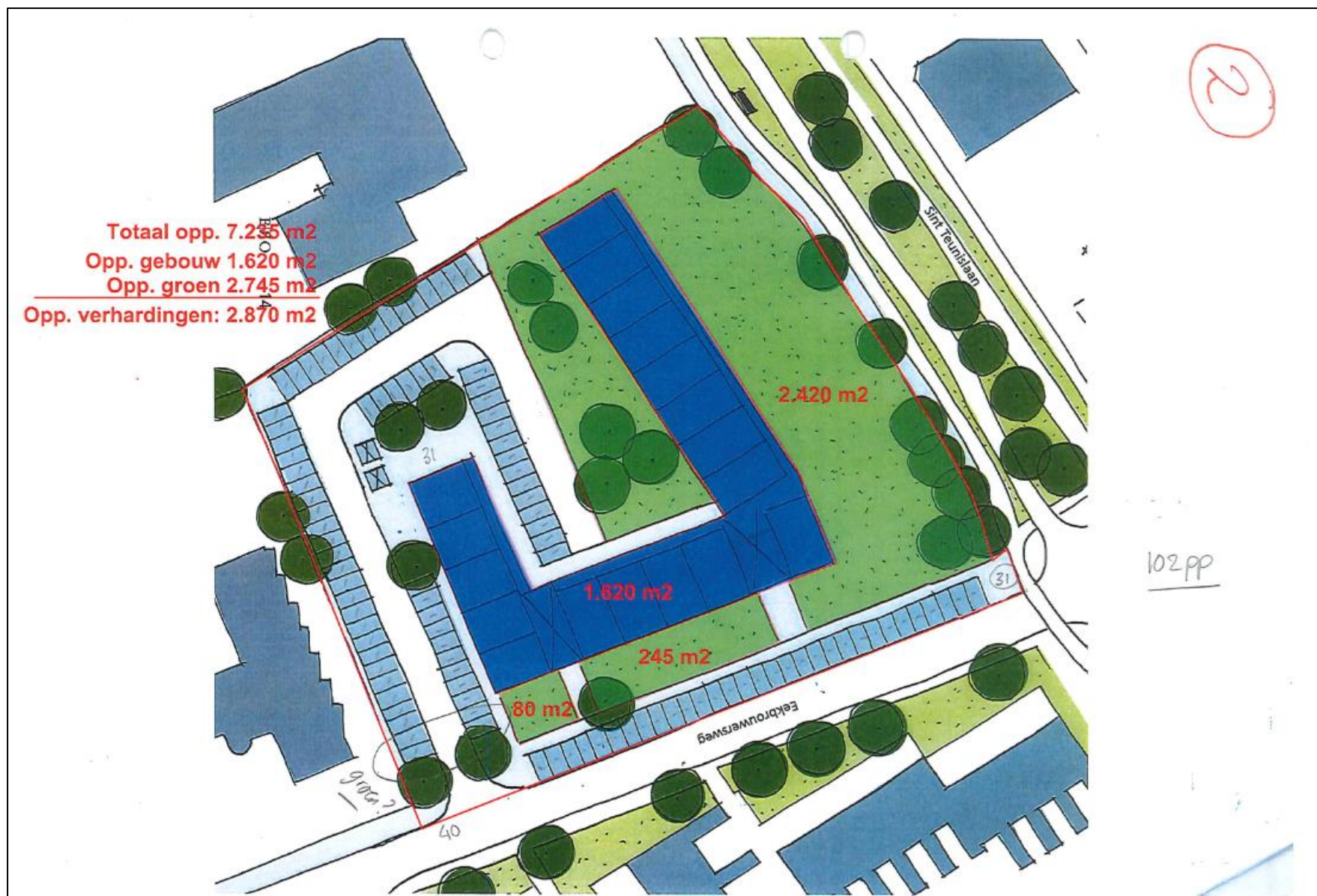


Peilbuislocatie TNO

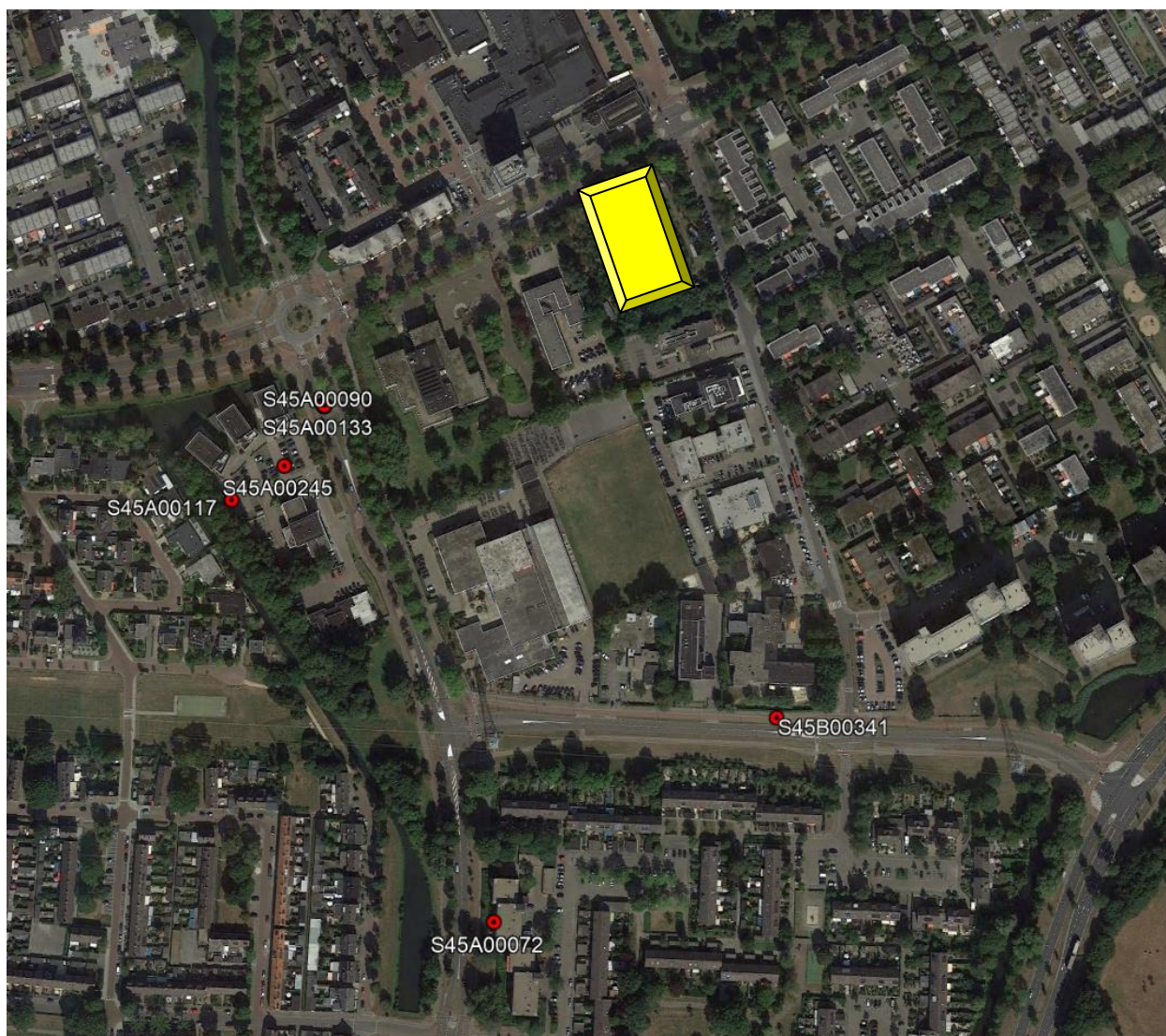
DINO/BRO-put met onderzoeksgegevens: 14

Selecteren	Id put	Maaiveld	Filters (NAP)	Filters (mv)	Begin ST	Eind ST	Begin SA	Eind SA
☒	B45A0094	2,67 m	van -4,13 tot -21,68 m	van 6,80 tot 24,35 m	14-03-1967	28-04-1975		
☒	B45A0231	2,90 m	van -11,20 tot -261,20 m	van 14,10 tot 264,10 m	28-08-1985	06-12-2017	17-06-1987	01-12-2011
☒	B45A0391	2,50 m			12-12-1952	14-12-1973		
☒	B45A0392				29-04-1974	14-10-1982		
☒	B45A0417	2,90 m	van 0,25 tot -0,75 m	van 2,65 tot 3,65 m	28-08-1991	06-12-2017		
☒	B45A0431	5,00 m	van -0,81 tot -215,89 m	van 5,81 tot 220,89 m	01-01-2006	06-12-2017	13-03-2006	01-12-2011
☒	B45A2446	3,78 m	van -1,82 tot -12,82 m	van 5,60 tot 16,60 m	13-04-2000	28-12-2005		
☒	B45A2455	3,25 m			03-08-2012	14-10-2017		
☒	B45B0076	2,94 m	van -5,06 tot -20,08 m	van 8,00 tot 23,02 m	14-03-1967	14-12-1972		
☒	B45B0579	3,27 m	van 1,02 tot 0,02 m	van 2,25 tot 3,25 m	28-01-1986	28-12-2016		
☒	B45B1547	3,35 m			03-08-2012	22-10-2017		
☒	B45B1566	3,21 m			16-08-2012	22-10-2017		
☒	B45B1568	3,30 m			17-08-2012	22-10-2017		
☒	B45C1260	5,97 m			03-08-2012	22-10-2017		

Inrichtingstekening



Voorbeeld sonderingen TNO



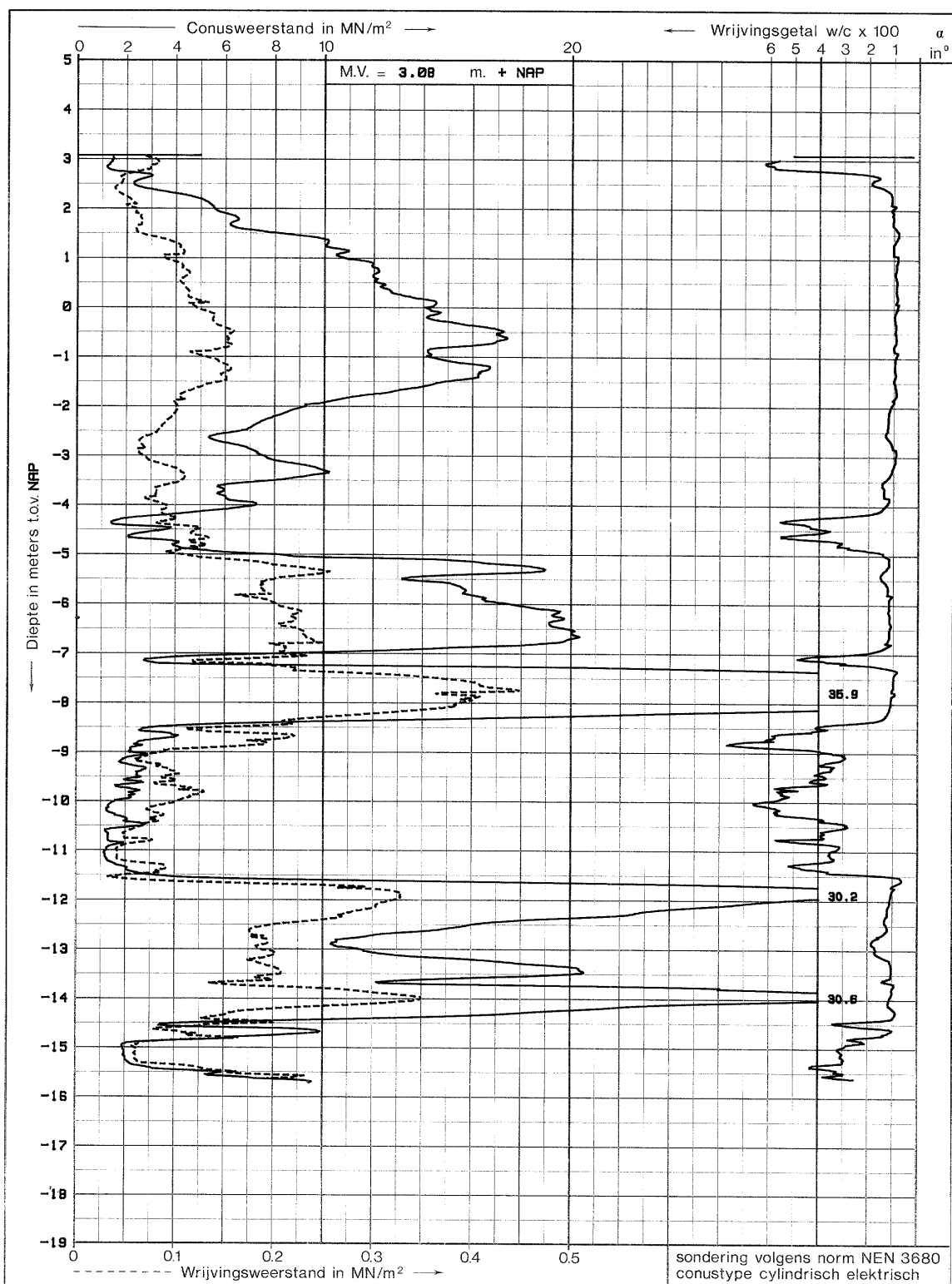
Planlocatie



Sondeerlocatie TNO

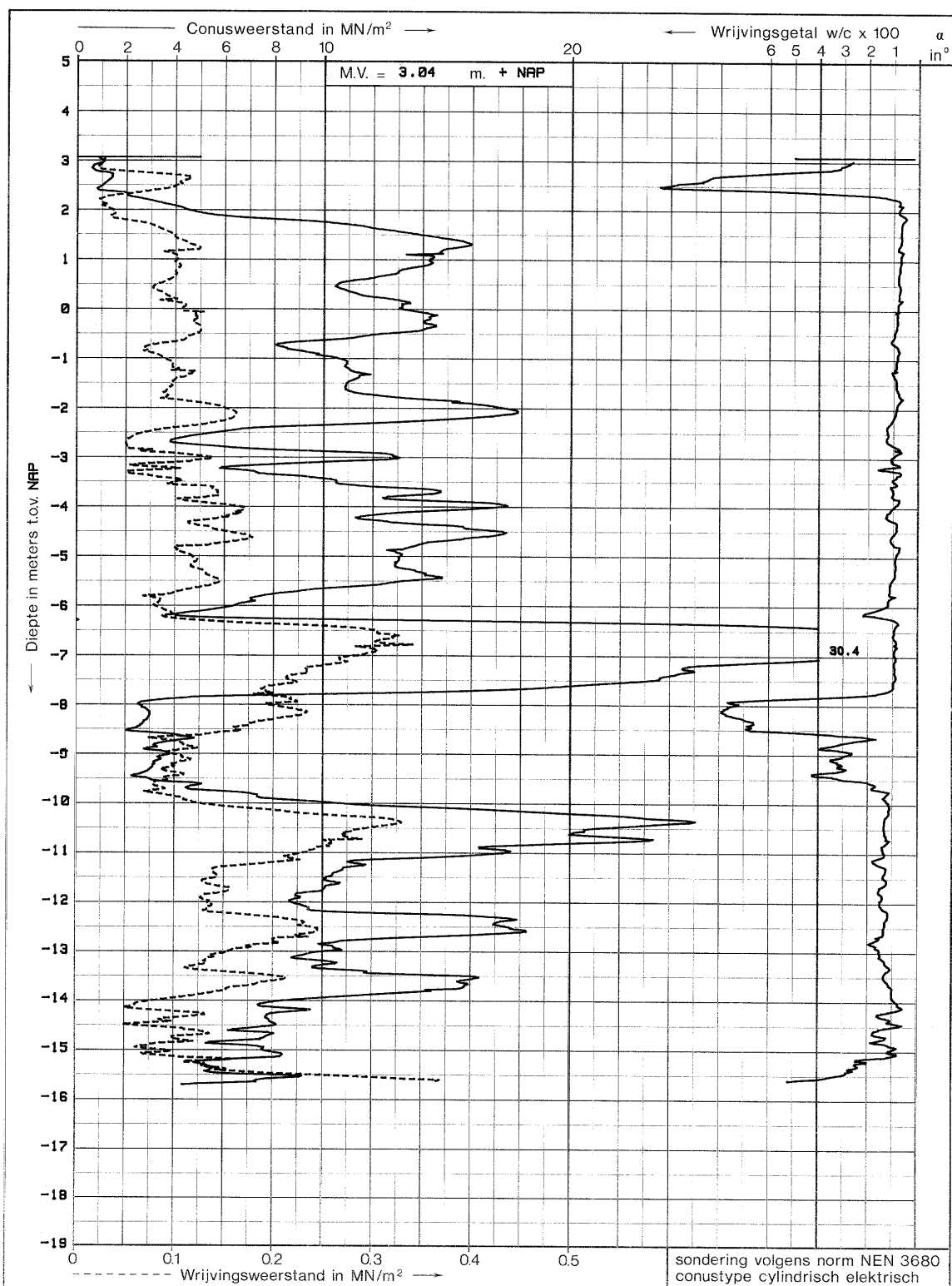
Voorbeeld sonderingen TNO

S45A00117

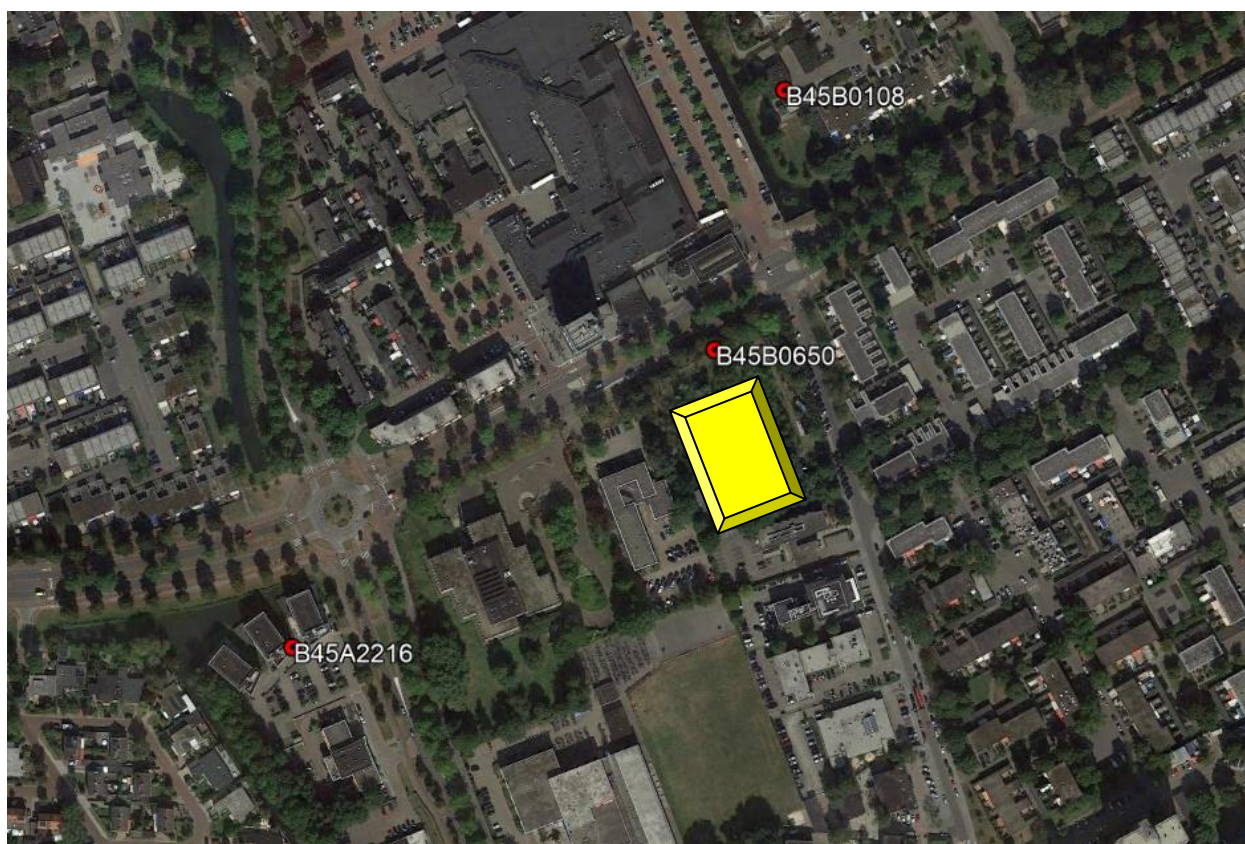


Voorbeeld sonderingen TNO

S45A00245



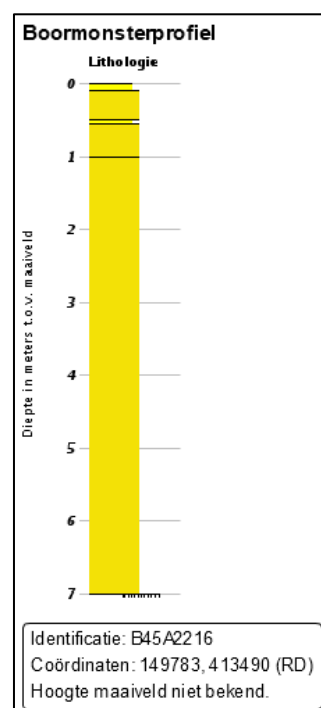
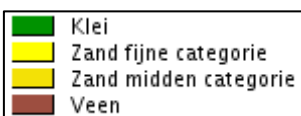
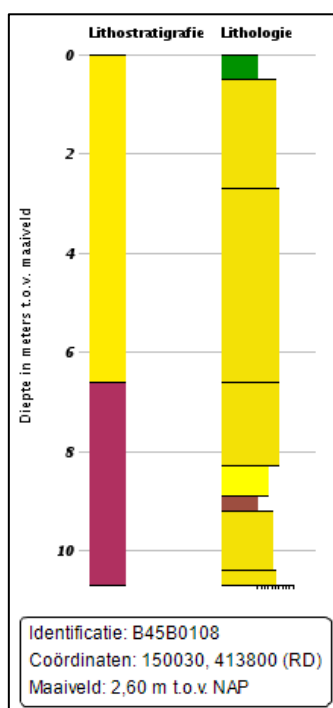
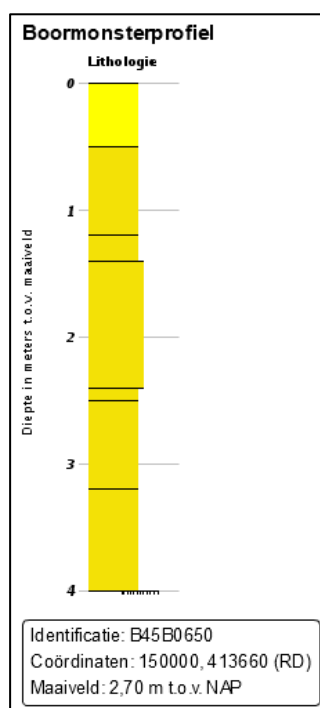
Voorbeeld boorgegevens TNO

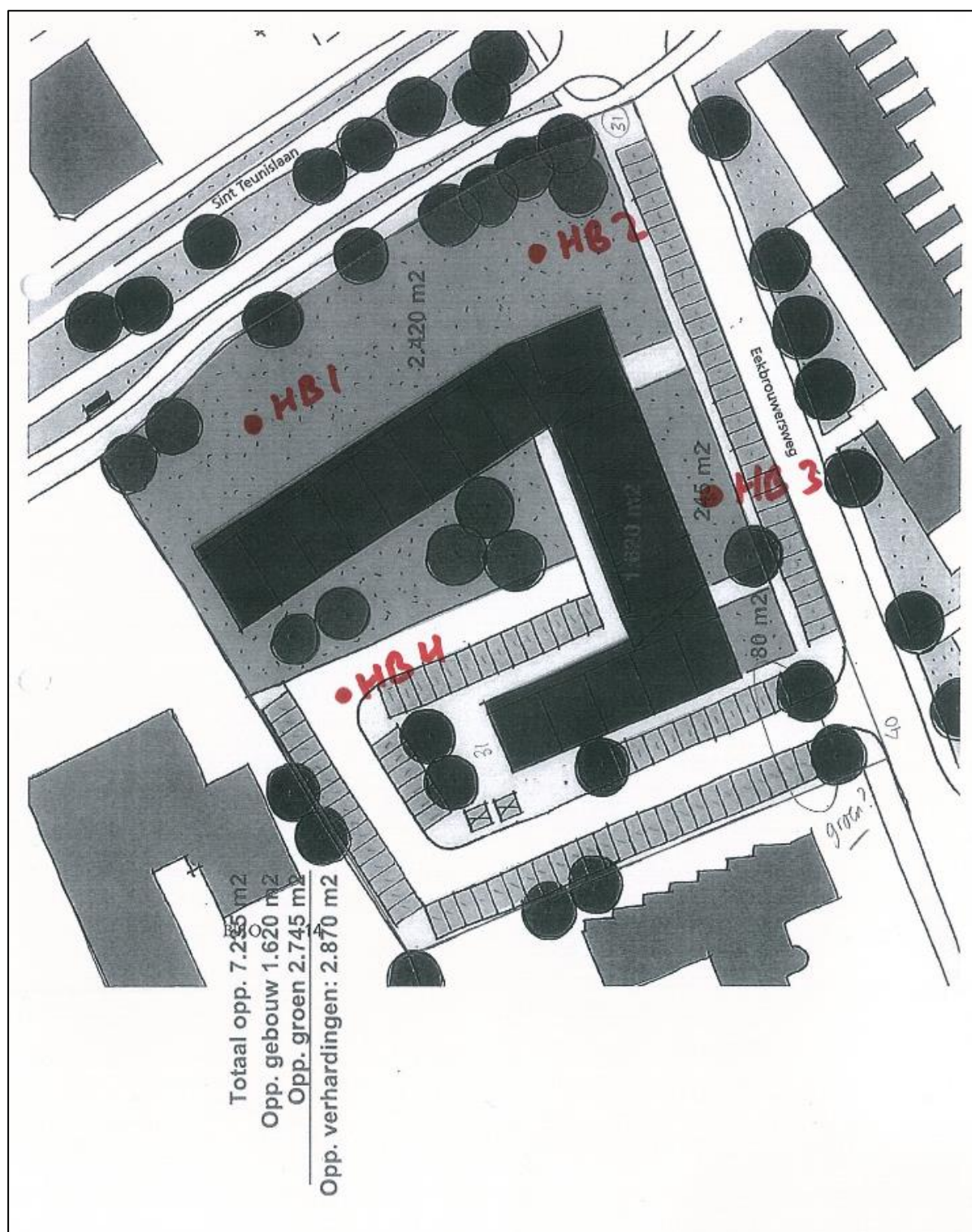


Planlocatie



Sondeerlocatie TNO





Infiltratieonderzoek Koops & Romeijn**Resultaten handboring HB-1**

0,00 - 0,35 m -mv. ZAND matig fijn, grijs/wit
0,35 - 0,45 m -mv. ZAND matig fijn, matig humeus, grijs/bruin
0,45 - 1,45 m -mv. ZAND matig fijn, grijs/wit
1,45 - 2,00 m -mv. ZAND matig fijn, bruin/geel

Datum uitvoering : 23 januari 2018
Maaiveldhoogte : NAP +3,36 m
Grondwaterstand : 1,15 m -mv

Resultaten handboring HB-2

0,00 - 0,55 m -mv. ZAND matig fijn, geel
0,55 - 0,85 m -mv. ZAND matig fijn, matig siltig met kleiige laagjes, geel/bruin
0,85 - 1,25 m -mv. KLEI, matig siltig, blauw/grijs
1,25 - 1,50 m -mv. ZAND matig fijn, geel/bruin
1,50 - 2,00 m -mv. ZAND matig fijn, grijs/geel

Datum uitvoering : 23 januari 2018
Maaiveldhoogte : NAP +3,62 m
Grondwaterstand : 1,40 m -mv

Resultaten handboring HB-3

0,00 - 0,40 m -mv. ZAND matig fijn, zwak humeus, bruin
0,40 - 0,65 m -mv. ZAND matig fijn, matig matig siltig, grijs/bruin
0,65 - 0,85 m -mv. KLEI, matig siltig, blauw/grijs
0,85 - 2,00 m -mv. ZAND matig fijn, oranje/geel

Datum uitvoering : 23 januari 2018
Maaiveldhoogte : NAP +3,39 m
Grondwaterstand : 1,15 m -mv

Infiltratieonderzoek Koops & Romeijn

70 Appartementen a/d Sint Teunislaan te Den Bosch

Opdr. nr.: 18.3004

Resultaten handboring HB-4

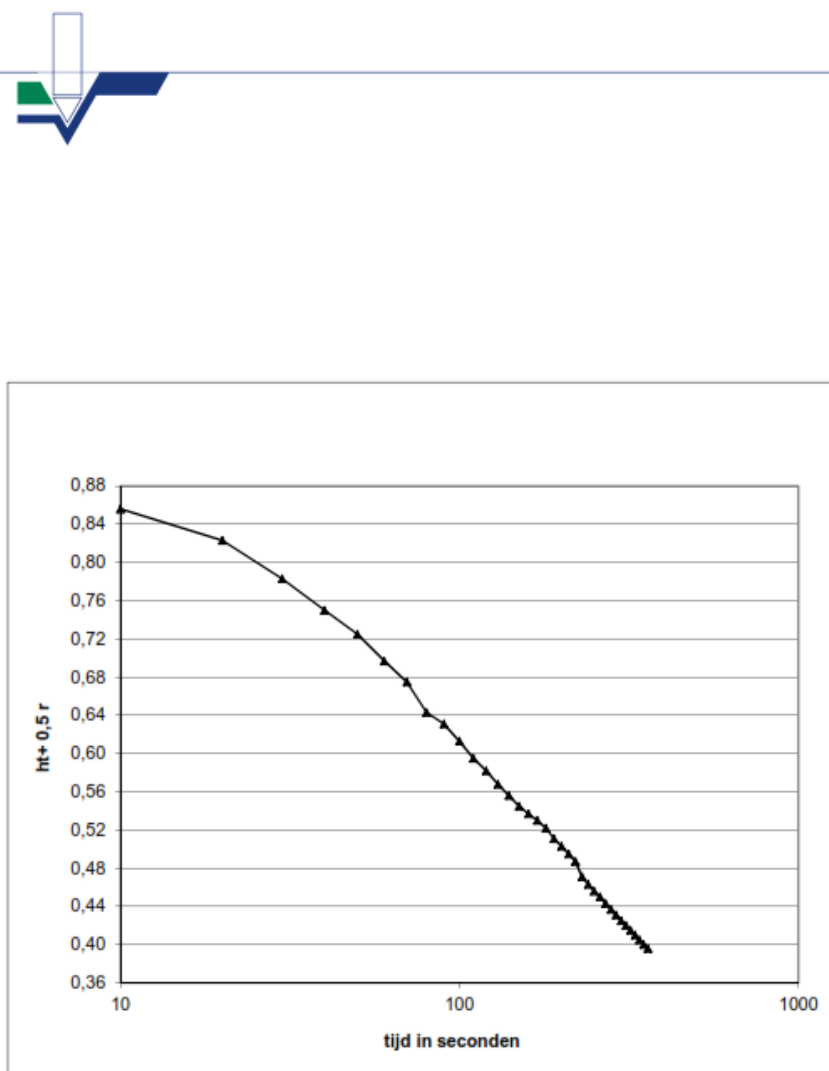
0,00 - 0,30	m -mv.	ZAND matig fijn, matig humeus, zwart/bruin
0,30 - 0,50	m -mv.	ZAND matig fijn, matig siltig, bruin/geel
0,50 - 1,00	m -mv.	KLEI, uiterst zandig, bruin/geel
1,00 - 1,25	m -mv.	KLEI, matig siltig, blauw/grijs
1,25 - 2,00	m -mv.	ZAND matig fijn, wit/grijs

Datum uitvoering : 23 januari 2018

Maaiveldhoogte : NAP +3,01 m

Grondwaterstand : 0,75 m -mv

Infiltratieonderzoek Koops & Romeijn



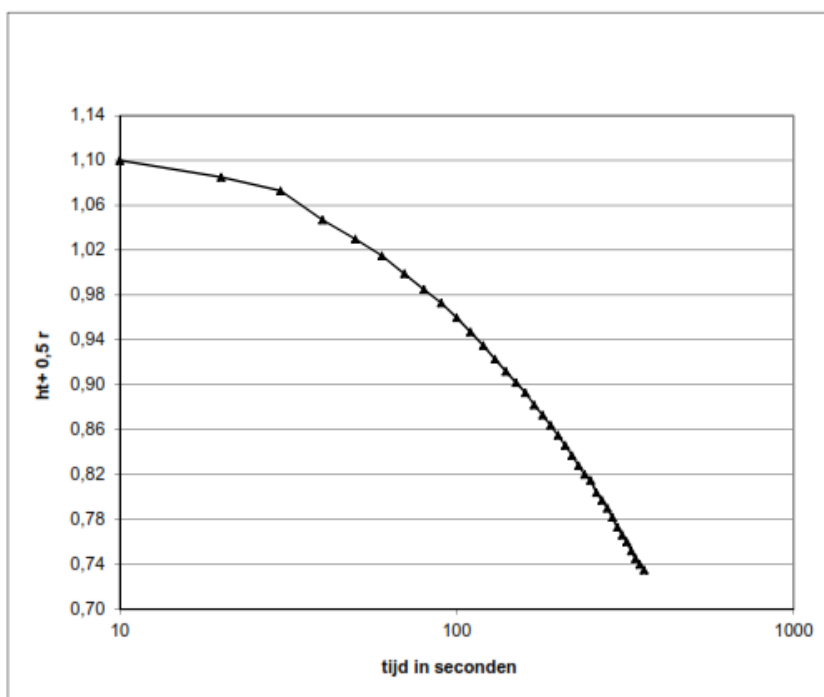
boring	HB-1
meettraject	0,6 - 1,4 [m -mv]
diameter	0,1 [m]
diepte boorgat	1,45 [m]
k waarde	3,2 [m/d]
	3,73E-05 [m/s]

70 Appartementen a/d Sint Teunislaan te Den Bosch
Omgekeerde Hooghoudtmethode

Opdracht nr 18.3004
Bijlage 1

Koops & Romeijn grondmechanica

Infiltratieonderzoek Koops & Romeijn



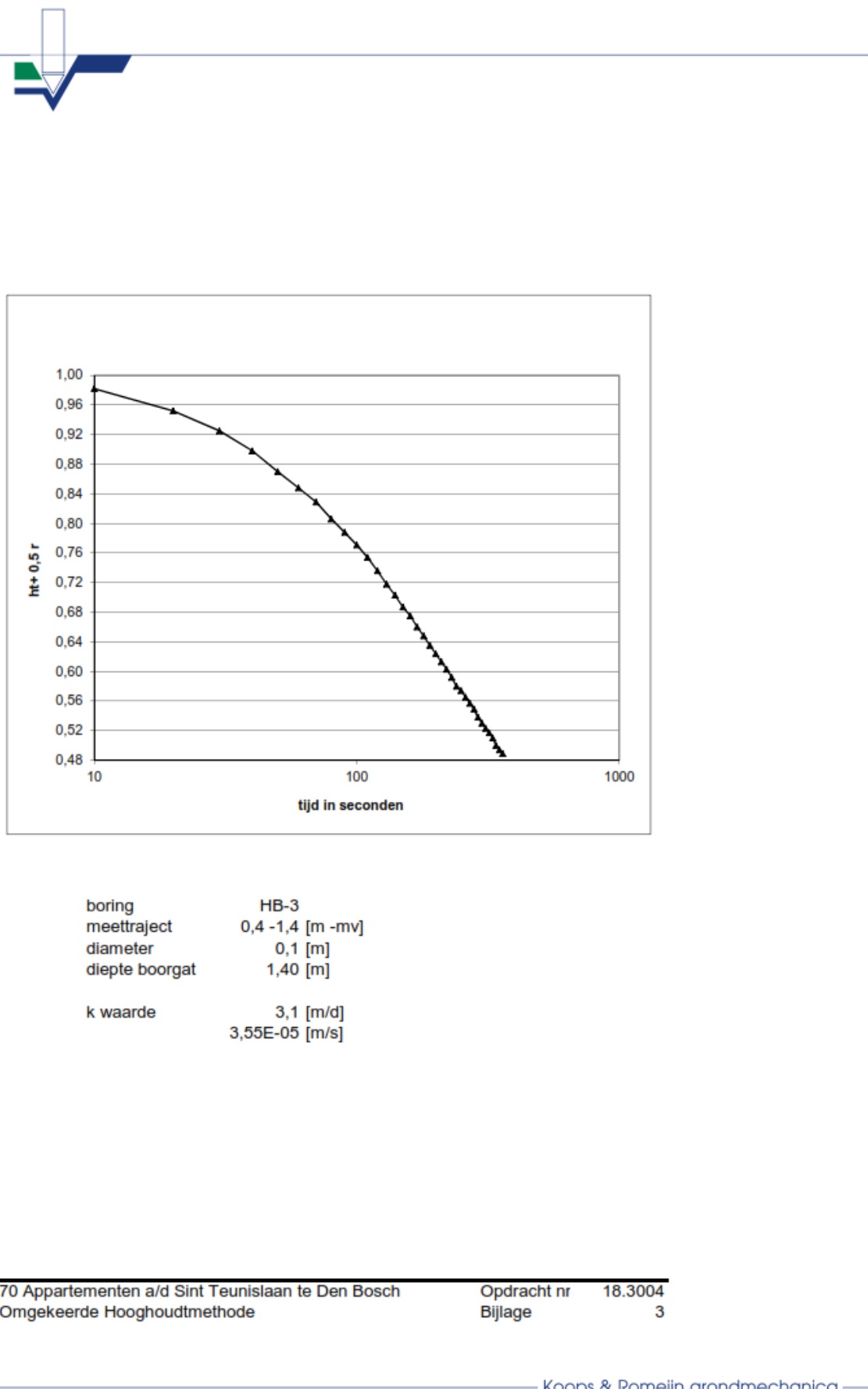
boring	HB-2
meettraject	0,5 -1,5 [m -mv]
diameter	0,1 [m]
diepte boorgat	1,65 [m]
k waarde	2,0 [m/d]
	2,28E-05 [m/s]

70 Appartementen a/d Sint Teunislaan te Den Bosch
Omgekeerde Hooghoudtmethode

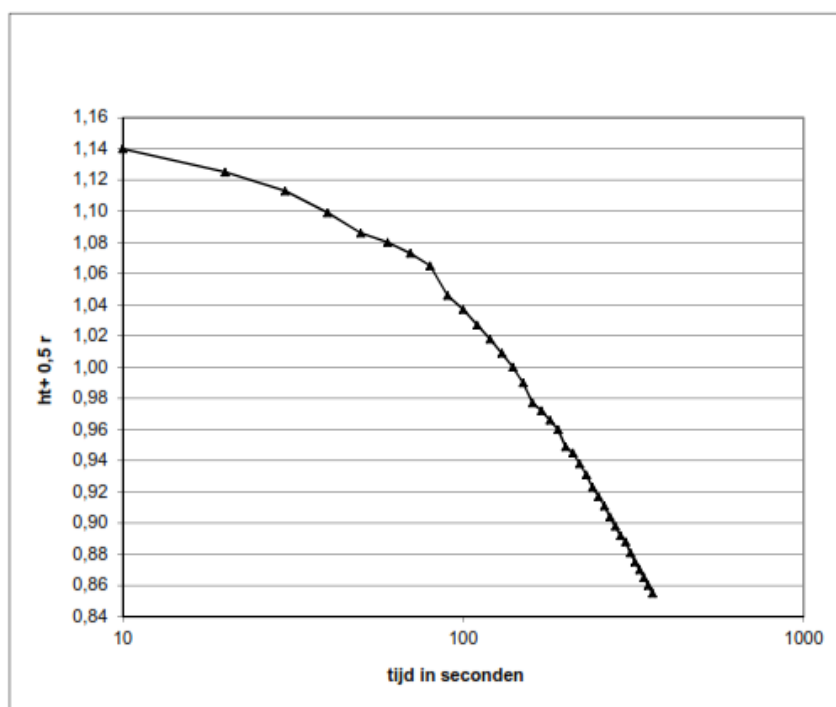
Opdracht nr 18.3004
Bijlage 2

Koops & Romeijn grondmechanica

Infiltratieonderzoek Koops & Romeijn



Infiltratieonderzoek Koops & Romeijn



boring HB-4
 meettraject 0,3 - 1,3 [m -mv]
 diameter 0,1 [m]
 diepte boorgat 1,30 [m]

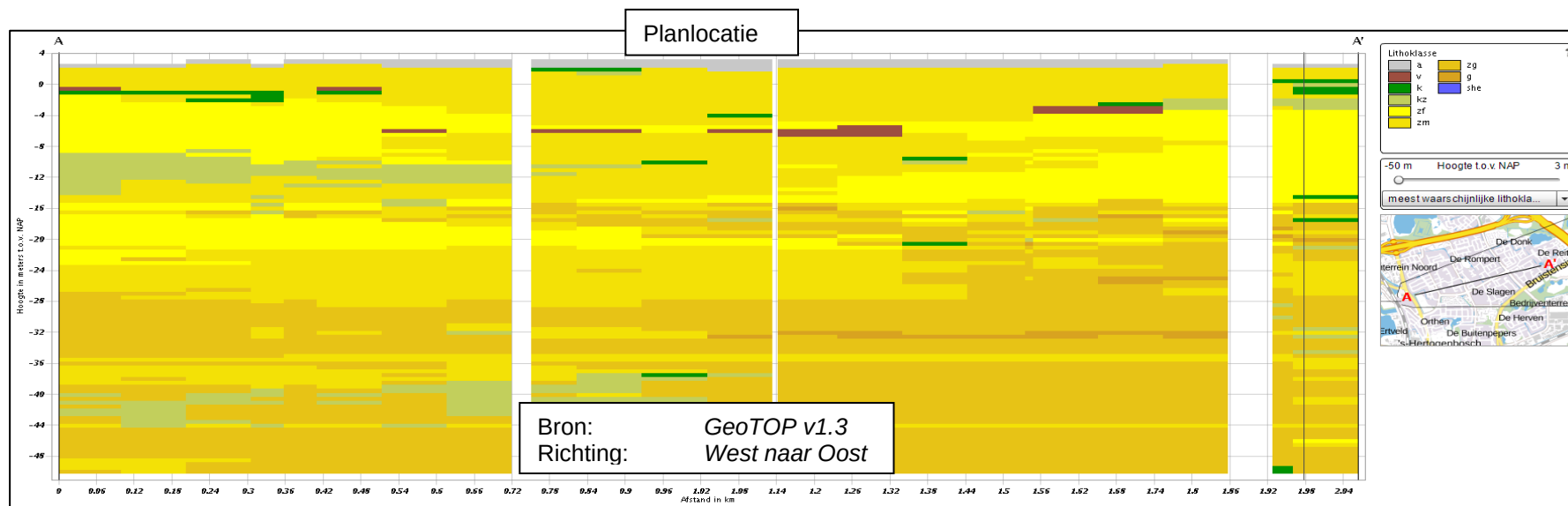
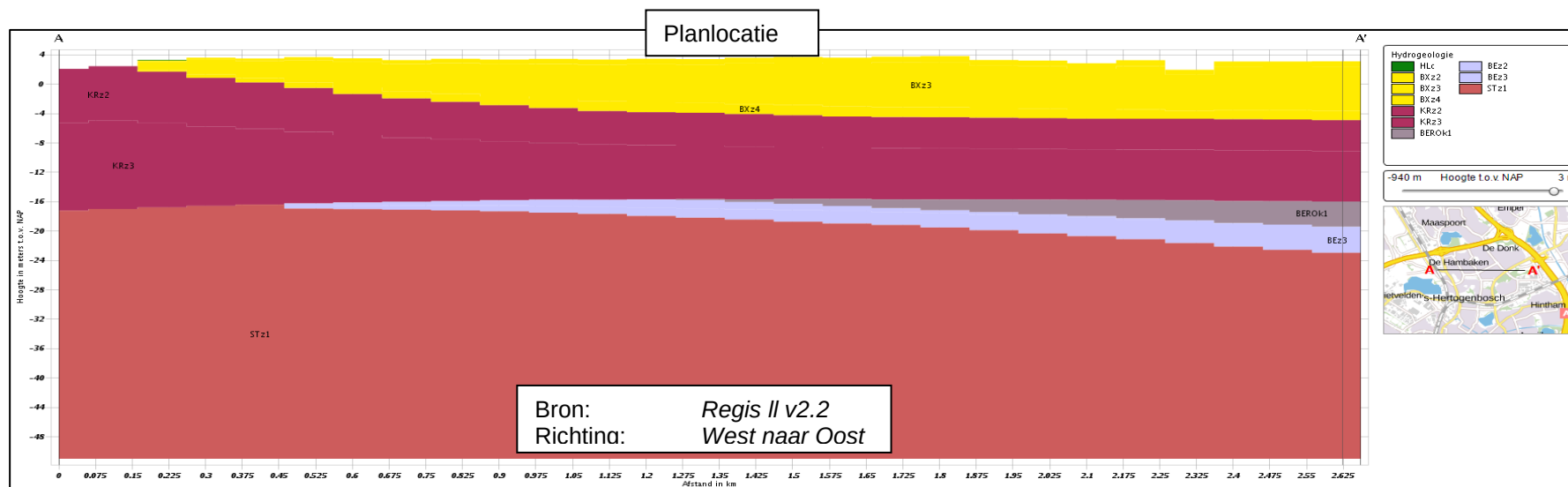
k waarde 1,4 [m/d]
 1,63E-05 [m/s]

70 Appartementen a/d Sint Teunislaan te Den Bosch
 Omgekeerde Hooghoudtmethode

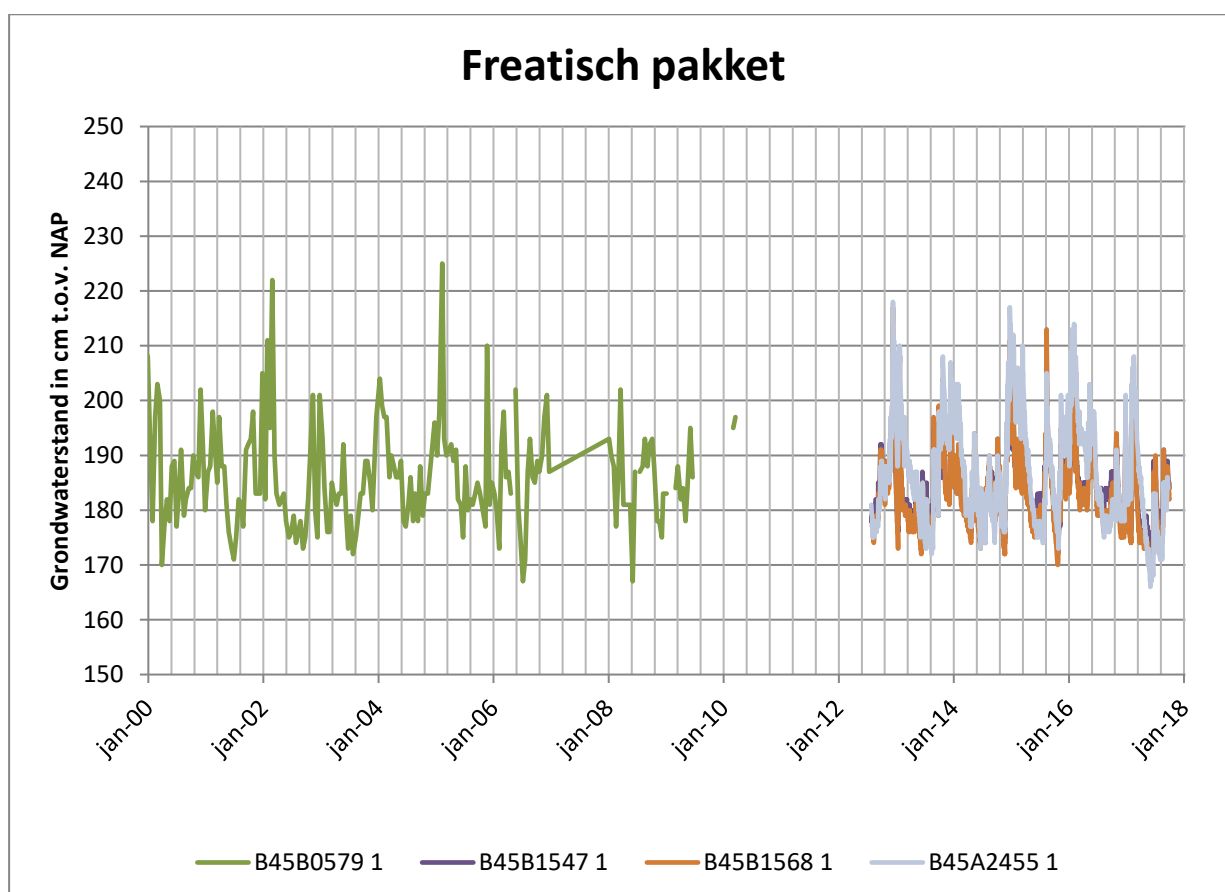
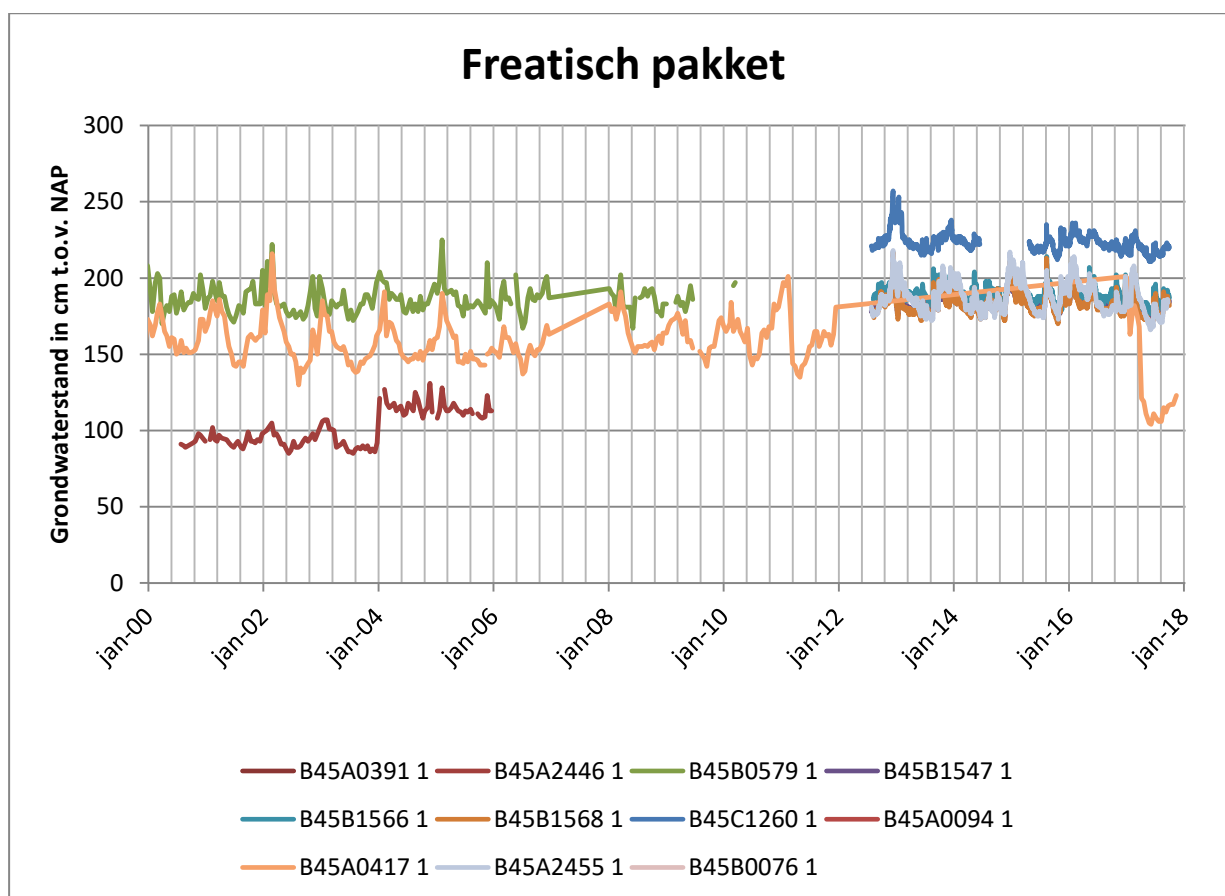
Opdracht nr 18.3004
 Bijlage 4

Koops & Romeijn grondmechanica

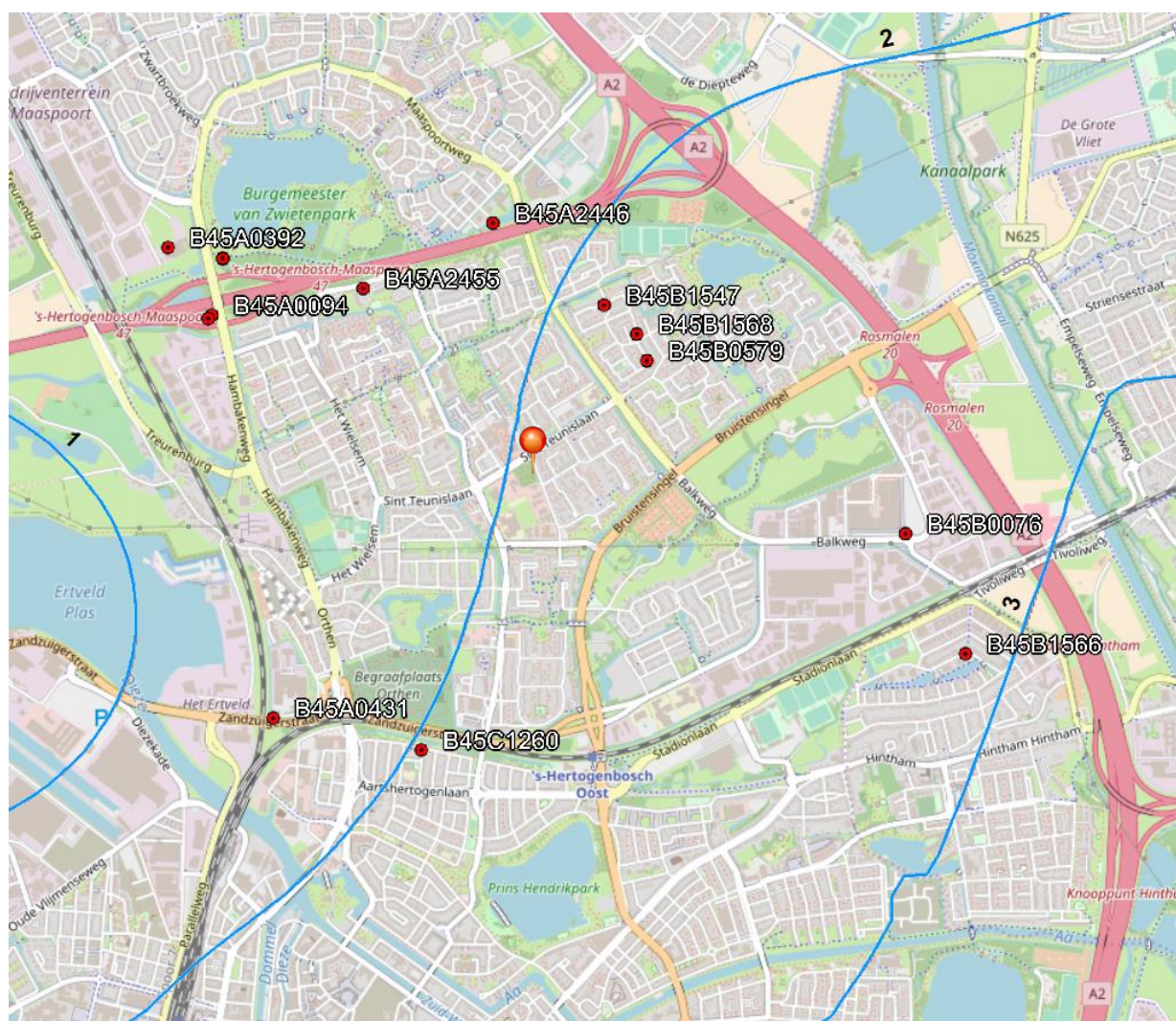
Geohydrologisch profiel



Peilbuisgegevens TNO



Peilbuisgegevens TNO



Bron: Grondwaterkaart van Nederland, provincie Noord Brabant TNO: Isohyphenpatroon eerste watervoerend pakket



Planlocatie

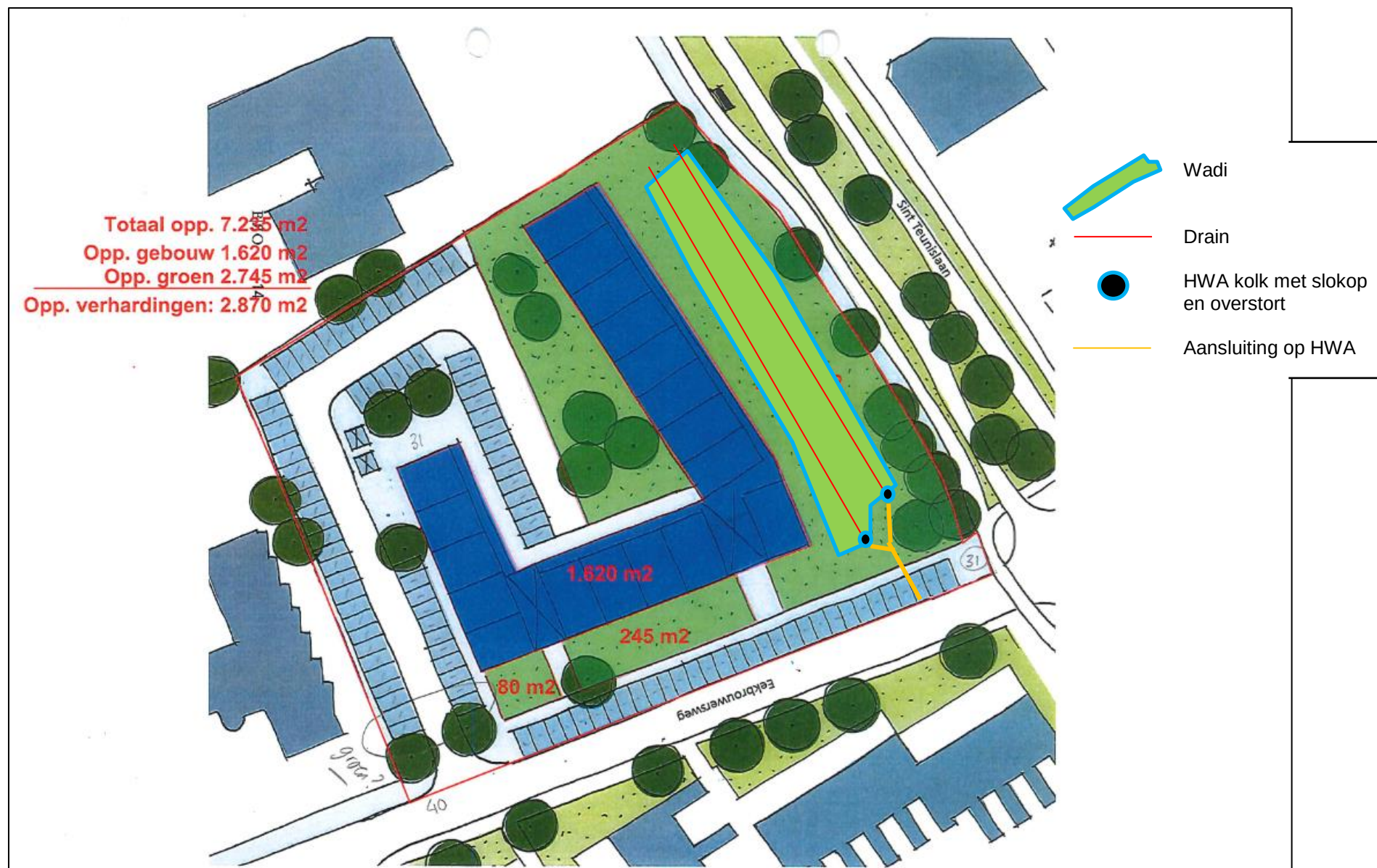


Lijn van gelijke stijghoogte grondwater eerste watervoerend pakket in m t.o.v. NAP



Peilbuislocatie TNO

Voorgestelde situering wadi



Principe schets lengtedoorsnede wadi

