

Geohydrologisch onderzoek

Podium

Korte Ouderkerkerdijk 7
Amsterdam
Postbus 94370
1090 GJ Amsterdam
T 0900 93 94 (lokaal tarief)
F 020 608 39 00
KvK 41216593

www.waternet.nl

22 juli 2011

Waternet is de gemeenschappelijke organisatie van Waterschap Amstel, Gooi en Vecht
en de gemeente Amsterdam

Colofon

Opdrachtgever	Stadsdeel Nieuw West
Afdeling	RO Coördinatie Staalmanplein/Delflandplein en Lelylaan
Projectleider	F. Dubbeldam

Opdrachtnemer	
Projectleider	A. Visser
Kwaliteitsborger	K. Hamid
Projectnummer	67366-1

Rapport	
Rapporteur	A. Visser
Versie	01
Rapportnummer	11.026545

Inhoud

1	Inleiding	7
2	Situatie	8
2.1	Plangebied	8
2.2	Bodemopbouw	9
2.3	Maaiveldhoogte	10
2.4	Hydrologie	11
2.5	Geplande kelders	12
3	Modelonderzoek	14
3.1	Aannamen en modelkarakteristieken	14
3.2	Schematisering bodemopbouw	15
3.3	Randvoorwaarden modelberekening	15
3.4	Kalibratie	15
4	Berekeningsresultaat	18
4.1	Variant 1	18
4.2	Variant 2	19
4.3	Variant 3	19
4.4	Variant 4	19
4.5	Aanvullende berekening ontgravingdiepte	19
5	Conclusies en aanbevelingen	21
5.1	Aanbevelingen	21

Bijlagen

- 1 – Overzicht locaties boringen.
- 2 - Maaiveldhoogte
- 3 - Drooglegging
- 4 – Stippenkaart ontwateringdiepte
- 5 – Geplande en bestaande kelders
- 6 – Minimale ontwateringdiepte met gekalibreerd model
- 7 – Gemiddelde verandering na 1^e fase
- 8 – Gemiddelde verandering na 2^e fase
- 9 – Gemiddelde verandering na 3^e fase
- 10 – Gemiddelde verandering met nieuwe watergang
- 11 - Ontwateringdiepte eindfase
- 12 - Minimum niveau bodem parkeerkelder
- 13 – Maximale ontgravingsdiepte

1 Inleiding

In opdracht van het stadsdeel Nieuw West heeft de afdeling Onderzoek en Advies van Waternet een onderzoek uitgevoerd naar de invloed van een aantal geplande parkeergarages op de grondwaterhuishouding in Amsterdam-West.

Aanleiding

De wijk Podium, gelegen ter westzijde van de Cornelis Lelylaan in Amsterdam-West, wordt heringericht. In het gebied is een aantal parkeerkelders van verschillende diepte gepland die invloed kunnen hebben op de grondwaterstanden in het gebied. Met behulp van een geohydrologisch rekenmodel zal een voorspelling worden gemaakt van de te verwachten invloeden. Ook is gevraagd om de mogelijkheden aan te geven voor het realiseren van parkeerkelders met een open bodem waarbij de bodem van de kelder minimaal 0,5 m boven de hoogste grondwaterstand dient te blijven.

Doelstelling onderzoek

Het onderzoek heeft twee doelen:

- Aan te geven of de geplande parkeerkelders grondwateroverlast kunnen veroorzaken dan wel overlast kunnen vermeederen.
- Aan te geven wat de maximale diepte is van parkeerkelders met een open bodem. Een open bodem wil hier zeggen dat de bodem waterdoorlatend is.

Grondwaternorm nieuwbouwingebieden

Volgens opgave door het stadsdeel wordt in het gebied Podium kruipruimteloos gebouwd, omdat onder alle bebouwing parkeerkelders zijn gepland. Dit betekent dat niet getoetst wordt op de normen van Waternet.

Aanpak

Door het stadsdeel is een overzicht verstrekt van de bestaande en nieuw geplande parkeerkelders. Tevens is aangegeven welke kelders gaan verdwijnen. Ook is aangegeven welke waterlopen verdwijnen dan wel worden gerealiseerd. Uiteraard hebben deze maatregelen significante invloed op de grondwaterhuishouding. Met behulp van een rekenmodel zal een inschatting worden gemaakt van de effecten op het grondwater door de kelders en de wijzigingen in het slotenpatroon.

Leeswijzer

Na deze inleiding wordt in hoofdstuk 2 de huidige situatie beschreven. In hoofdstuk 3 wordt het model beschreven. In hoofdstuk 4 staan de resultaten van de doorgerekende scenario's. Het rapport wordt afgesloten met conclusies en aanbevelingen in hoofdstuk 5.

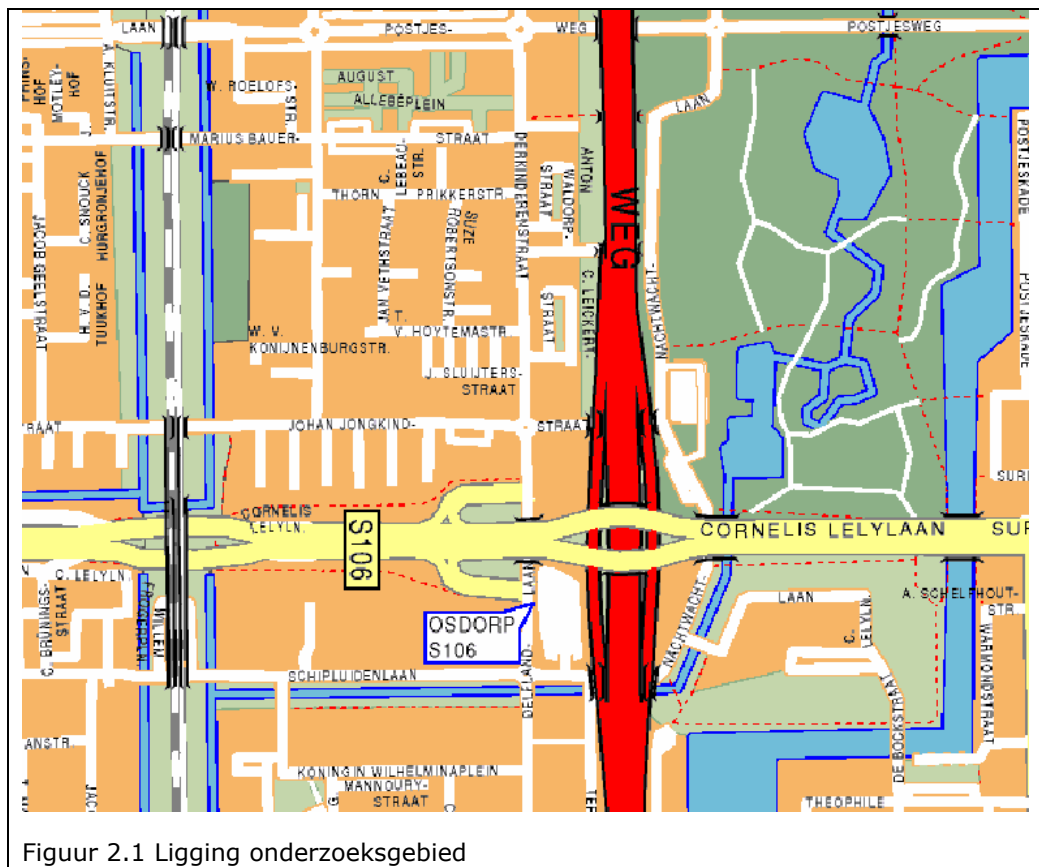
2 Situatie

In dit hoofdstuk wordt de actuele situatie beschreven. Van belang voor dit onderzoek is vooral de maaiveldhoogte, de dikte van de ophooglaag grondwaterstanden en de geplande parkeerkelders.

2.1 Plangebied

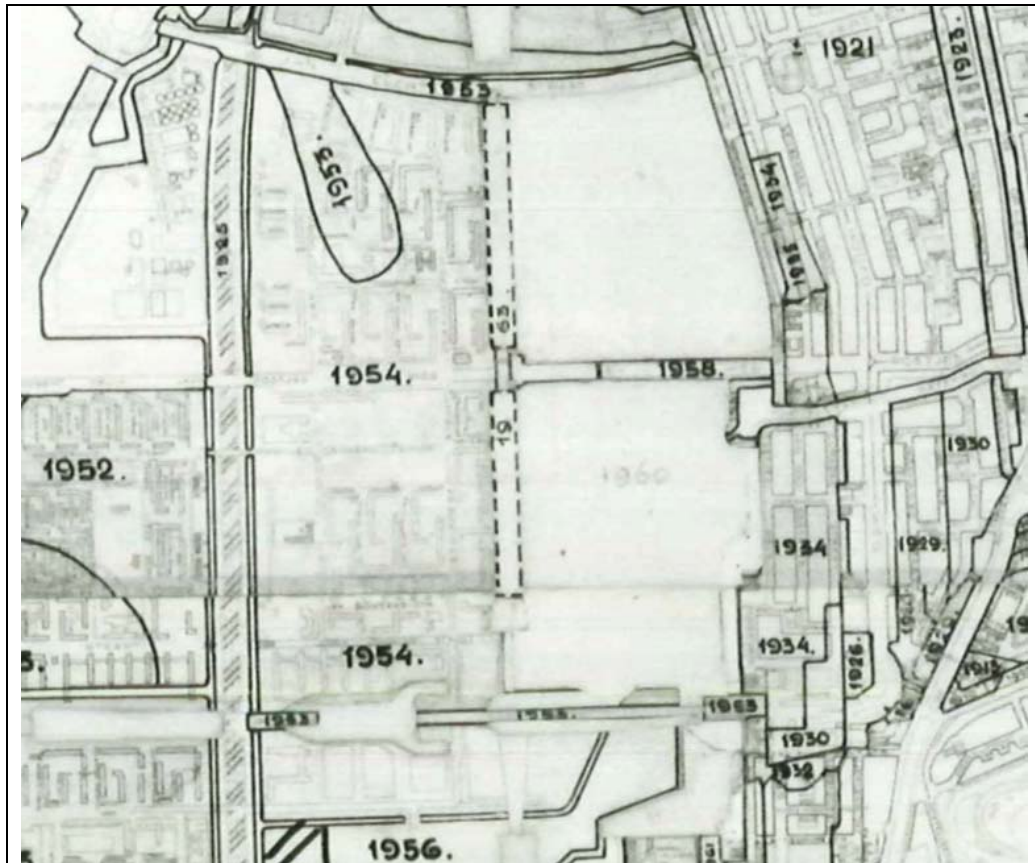
In de onderstaande figuur 2.1 is de ligging van het onderzoeksgebied en de directe omgeving weergegeven.

Voor dit onderzoek is met name het deel tussen de Schipluidenlaan en de Johan Jongkindstraat van belang. In het deel tussen de Cornelis Lelylaan en de Schipluidenlaan worden de meeste parkeerkelders gerealiseerd.



Figuur 2.1 Ligging onderzoeksgebied

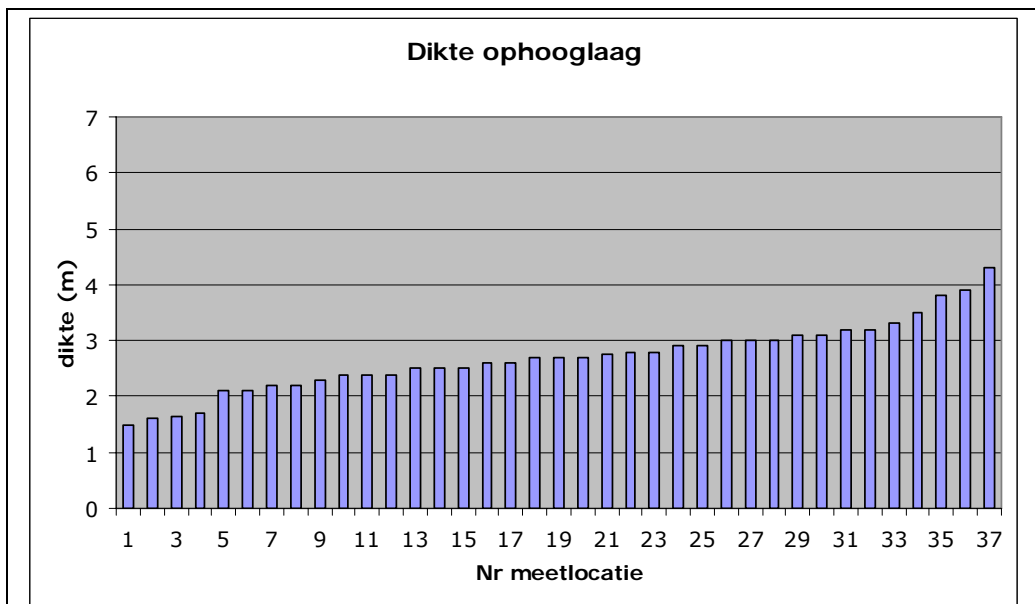
In de onderstaande figuur 2.2 is een detail van de ophoogkaart van Amsterdam weergegeven waarin de jaartallen zijn weergegeven waarin de verschillende gebieden zijn opgehoogd /bouwrijp gemaakt. Het van belang zijnde deel is in de periode 1953-1954 bouwrijp gemaakt. Zowel het oostelijk deel als het westelijk deel zijn integraal opgehoogd.



Figuur 2.2 Ophoogschema Amsterdam-West

2.2 Bodemopbouw

Van belang bij een geohydrologische modelvoorspelling is de dikte van het zandige ophoogpakket. Dit pakket bepaalt voor een deel het gedrag van het rekenmodel.



Figuur 2.3 Dikte ophooglaag

Met behulp van archiefgegevens van Waternet is een inschatting gemaakt van genoemde dikte. De dikte van de ophooglaag is hierbij visueel uit de boorbeschrijvingen afgeleid.

In bijlage 1 zijn de locaties van de boringen weergegeven. Het weergegeven gebied in de bijlage geeft daarnaast een indruk van het gehele gebied dat voor de modelberekening is gebruikt.

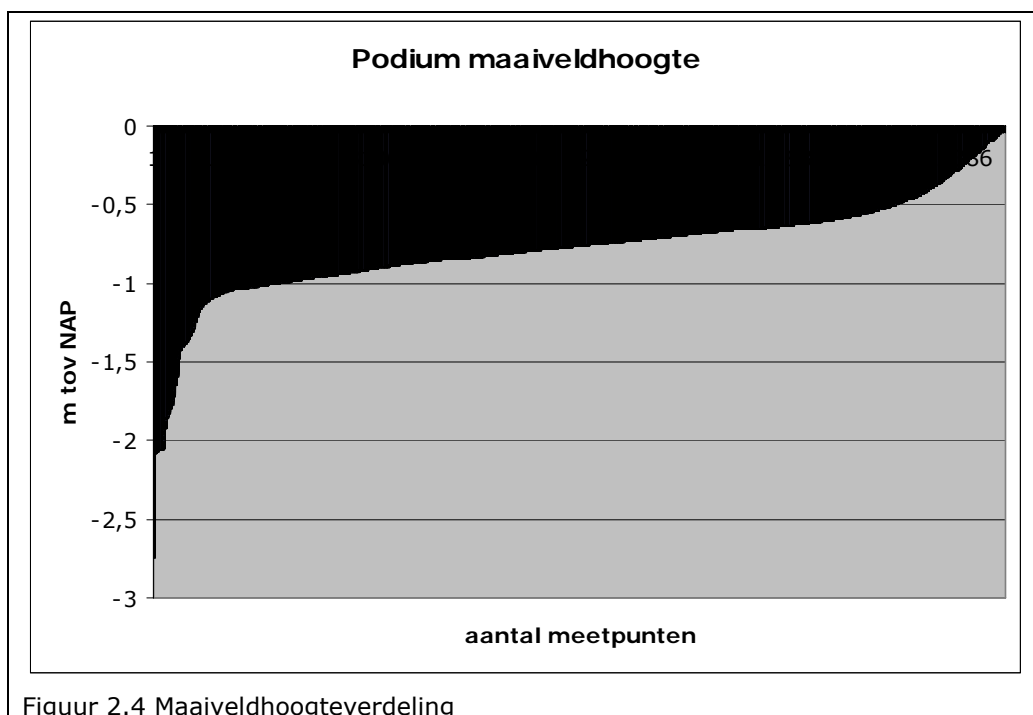
In figuur 2.3 is zijn de diktes van de boringen weergegeven, gesorteerd op grootte. De dikte van het zandpakket varieert van circa 1,5 m tot 4,2 m. De gemiddelde dikte bedraagt 2,7 m. De onderzijde van het pakket ligt gemiddeld op een niveau van NAP – 3,57 m. Voor de berekeningen wordt voor het gehele gebied een niveau van NAP – 3,5 m gehanteerd.

2.3 Maaiveldhoogte

De maaiveldhoogte is eveneens een belangrijke maat bij het maken van modelvoorspellingen, omdat de afstand tussen het maaiveld en de (hoogste) grondwaterstand een indicatie is voor het wel of niet optreden van grondwateroverlast.

Inmiddels heeft Waternet de beschikking over een nieuwe versie van de Algemene Hoogtekaart van Nederland waarmee een gedetailleerd beeld van de maaiveldhoogte kan worden gemaakt. De gebruikte kaart heeft een gridgrootte van 5 bij 5 m. Hoge objecten, zoals gebouwen, zijn uit de kaart weg gefilterd. In bijlage 2 is de maaiveldhoogte van het onderzoeksgebied en omstreken weergegeven.

In figuur 2.4 is de maaiveldhoogte in een histogram weergegeven. Waarden boven NAP zijn weggelaten omdat die voor dit onderzoek niet van belang zijn. Het grootste deel van de waarden ligt tussen NAP -1,0 m en NAP – 0,5 m.



In het deel ten noorden van de Cornelis Lelylaan varieert de hoogte tussen NAP - 0,5 m en NAP -1 ,0 m (zie bijlage 2). In het deel ten zuiden van de Lelylaan zijn de niveaus vergelijkbaar. Opvallend zijn de lage waarden direct rond de oprit naar de A10.

2.4 Hydrologie

Oppervlaktewater

In het gehele gebied dat in bijlage 1 is weergegeven wordt een peil gehandhaafd van NAP – 2,10 m.

In het onderzoeksgebied is een nieuwe sloot gepland en worden twee sloten gedempt. In bijlage 5 is dit weergegeven. De nieuwe sloot langs het voormalige ziekenhuisterrein is grotendeels al gerealiseerd.

Grondwater

In het onderzoeksgebied en de directe omgeving staan 19 peilbuizen waar de freatische (ondiepe) grondwaterstanden worden gemeten. Zie o.a. bijlage 4 voor de meetlocaties.

Tabel 2.1 belangrijkste kenmerken peilbuizen

Code	Mv	AW	Stddv	Fluct	HgGWS	Gem	LgGWS
E04083A	-0,93	193	0,15	0,82	-1,39	-1,75	-2,21
E04084A	-0,88	192	0,15	0,83	-1,44	-1,84	-2,27
E04085A	-0,58	147	0,1	0,67	-1,65	-2,05	-2,32
E04086A	-0,8	145	0,14	0,67	-1,63	-1,96	-2,3
E04087A	-0,79	151	0,13	0,69	-1,51	-1,93	-2,2
E04095A	-0,9	150	0,21	1	-1,15	-1,64	-2,15
E04096A	-1	146	0,15	0,79	-1,41	-1,75	-2,2
E04097A	-0,84	146	0,13	0,94	-1,42	-1,78	-2,36
E04099A	-0,81	150	0,1	0,56	-1,47	-1,81	-2,03
E04100A	-0,88	150	0,13	0,79	-1,21	-1,67	-2
E04101A	-0,88	150	0,18	1,33	-1,21	-1,7	-2,54
E04146A	-0,31	17	0,17	0,83	-1,74	-2,04	-2,57
E04150A	-0,11	28	0,15	0,55	-1,82	-2,2	-2,37
E04151A	-0,29	22	0,29	1,16	-1,71	-1,98	-2,87
E04161A	-0,73	184	0,16	1,18	-1,11	-1,85	-2,29
E04178A	-0,75	151	0,15	0,85	-1,42	-1,81	-2,27
E04184A	-0,62	75	0,14	0,77	-1,47	-1,86	-2,24
E04185A	-1,02	79	0,18	0,86	-1,5	-1,78	-2,36
E04187A	0,56	31	0,16	0,64	-0,51	-0,82	-1,15
E04204A	-0,73	183	0,13	0,74	-1,48	-1,8	-2,22

Betekenis afkortingen in tabel

mv	:	maaiveldhoogte in m tov NAP
aw	:	aantal waarnemingen
stddev	:	standaarddeviatie
fluct	:	fluctuatie grondwater
hggws	:	hoogste grondwaterstand in m tov NAP
gem	:	gemiddelde grondwaterstand in m tov NAP
lggws	:	laagste grondwaterstand in m tov NAP

De fluctuaties van het grondwater zijn over het algemeen groot. Dit betekent dat de grondwaterstanden aan het einde van de zomer 0,6 m – 1,30 m lager staan

dan in de winter. De hoogste grondwaterstanden worden voor dit onderzoek als maatgevend beschouwd omdat deze binnen een stedelijk gebied als het meest ongunstig worden beschouwd.

Diep grondwater

Waternet beheert een meetnet met diepe filters in Amsterdam. Uit de gegevens van deze filters blijkt dat de stijghoogte varieert van gemiddeld NAP – 2,70 m aan de oostzijde tot gemiddeld NAP – 2,60 m aan de westzijde.

Drainages

In het onderzoeksgebied zijn geen drainages aanwezig die door Waternet worden beheerd.

Drooglegging

De drooglegging is een maat voor de potentiële ruimte van het grondwater. Het is de verticale afstand tussen het maaiveldniveau en het lokale polderpeil. De gedachte is dat de laagste grondwaterstand in het algemeen niet lager kan worden dan het lokale polderpeil en dat de hoogste grondwaterstand (uiteeraard) niet hoger kan staan dan het maaiveld.

Een drooglegging van 1,0 m bijvoorbeeld betekent dat de grondwaterstand vrijwel nooit verder dan 1,0 m kan worden verlaagd als ontwatering onder vrij verval plaatsvindt.

In theorie is in het gebied voldoende ruimte aanwezig om grondwaterproblemen te voorkomen. In praktijk blijkt dat echter niet altijd het geval te zijn doordat de grondwaterstand hoger is dan het oppervlaktewaterpeil. In bijlage 3 is een kaart met de drooglegging in het onderzoeksgebied weergegeven. In het zuidwesten is de drooglegging het meest gering met een waarde van circa 1,0 m. Ook aan de zuidzijde van de oprit/afrit naar de A10 zijn de waarden klein.

Ontwateringdiepte

Een belangrijke gegeven bij het vaststellen van mogelijke grondwateroverlast is de ontwateringdiepte. De ontwateringdiepte is de afstand tussen met maaiveld en de *hoogste* grondwaterstand.

In bijlage 4 is de ontwateringdiepte in een stippenkaart weergegeven. Voor de kaart zijn gegevens van peilbuizen uit het Amsterdamse meetnet weergegeven. Opvallend is dat rond de oprit / afrit van de A10 de kleinste waarden worden gemeten. Zoals uit de maaiveldhoogtekaart blijkt wordt dit veroorzaakt door de relatief lage maaiveldhoogtes. Centraal in het gebied waar de nieuwe kelders zijn gepland worden geen grondwaterstanden gemeten. Hier kan alleen met behulp van een modelvoorspelling in indruk van de ontwateringdiepte worden gekregen (zie hieronder).

2.5 Geplande kelders

In bijlage 5 zijn de bestaande en de nog te realiseren parkeerkelders weergegeven. Met name in het gebied tussen de Cornelis Lelylaan en de Schipluidenlaan is een groot aantal kelders gepland. Hier zijn dan ook de grootste effecten voor het grondwater te verwachten.

De kelders worden in drie fasen aangelegd te weten :

- fase 1 in 2014
- fase 2 tussen 2014 en 2020
- fase 3 in 2020.

Alle fasen worden apart doorgerekend om de invloeden van de verschillende fasen te kunnen visualiseren.

3 Modelonderzoek

Dit hoofdstuk beschrijft hoe het model is opgebouwd, welke aannamen zijn gebruikt en hoe het model is gekalibreerd. Een grondwaterstromingsmodel is een benadering van de werkelijkheid.

Er is sprake van een schematisering van de grond en de geohydrologische eigenschappen. De uitkomsten van het model moeten daarom worden gehanteerd als orde-grootte-uitkomsten waarbij het stromingsproces met name in kwalitatieve zin wordt beschreven.

Het hieronder beschreven model is doorgerekend met de MODFLOW rekenmodule.

3.1 Aannamen en modelkarakteristieken

Voor het rekenmodel zijn o.a. de volgende aannamen gedaan.

- Voor de berekeningen wordt een stationaire benadering toegepast en worden fluctuaties in de tijd buiten beschouwing gelaten. Dit betekent dat kortdurende perioden met een hoge neerslagintensiteit niet in de berekeningen worden meegenomen en dat het te voorspellen effect een gemiddelde is.
- Omdat met een stationair model wordt gerekend, wordt voor de hoeveelheid neerslag die infiltreert eveneens een gemiddelde waarde genomen.
- De gebruikte rekentechniek gaat uit van horizontale stroming in de watervoerende (zandige) lagen en verticale stroming in de slecht waterdoorlatende lagen.
- De grondwaterstanden die voor het onderzoek zijn gebruikt, zijn vastgelegd in de door Waternet beheerde grondwaterdatabase.
- De gemeten stijghoogte in de top van het eerste watervoerend pakket wordt niet gecorrigeerd voor het zoutgehalte.
- Gegevens betreffende geohydrologische parameters worden ontleend aan ervaringsgegevens met betrekking tot eerder uitgevoerd modelonderzoek.
- Het oppervlaktewater in het onderzoeksgebied heeft een vast peil, dat wil zeggen dat het peil van het oppervlaktewater niet fluctueert.
- Voor de berekeningen worden bodemlagen, voor zover deze in boringen en sonderingen zijn te onderscheiden, homogeen en isotroop verondersteld. De hydrologische eigenschappen in alle richtingen gelijk.
- De bestaande en toekomstige kelders worden als volledig ondoorlatend beschouwd.
- Grondwater kan volledig vrij afstromen naar de nieuwe sloten. Dat wil zeggen dat er geen barrières of bodemlagen met een geringere doorlatendheid voorkomen.
- Het waterdoorlatend vermogen van de grond rondom de nieuwe sloot bedraagt minimaal 8 m /dag.
- Voor het openwaterpeil is uitgegaan van een vaste waarde van NAP – 2,1 m.
- Bij het toepassen van een open bodem bij een parkeergarage dient de waterstand minimaal 0,5 m onder de bodem van de parkeerbak te blijven.
- Voor bebouwing en tuinen wordt uitgegaan van een stationaire neerslag
- Omdat in de meeste sloten slib aanwezig is, wordt een intreeweerstand van 20 dagen gehanteerd voor alle sloten in het modelgebied.

- Alle neerslag die op de nieuwe bebouwing (boven de parkeergarages valt wordt direct via het regenwaterriool afgevoerd (infiltrereert niet).

3.2 Schematisering bodemopbouw

Een geohydrologisch model is opgebouwd uit modelpakketten die het gedrag van een bepaalde bodemlagen simuleren. In dit onderzoek wordt het gedrag van het ophoogmateriaal en de uitwisseling tussen het ophoogmateriaal en de diepere zandlaag als voornaamste invloeden gezien.

De schematisering hiervan is als volgt:

Eerste modelpakket

Dit pakket betreft het ophoogmateriaal dat tijdens het bouwrijp maken is aangebracht. De onderzijde van de zogenaamde deklaag tussen het ophoogpakket en de eerste zandlaag wordt als weerstandslaag opgenomen aan de onderzijde van het eerste modelpakket.

Tweede modelpakket

Dit pakket simuleert het gedrag van het eerste watervoerende pakket. In het algemeen zijn dit de eerste en de tweede zandlaag tezamen.

3.3 Randvoorwaarden modelberekening

Met behulp van randvoorwaarden kunnen o.a. de locaties worden aangegeven waar een vast waterpeil aanwezig is en kan worden aangegeven waar aanvulling van grondwater of onttrekking van grondwater plaatsvindt.

Voor het model gelden de volgende randvoorwaarden:

Eerste modelpakket

- Vaste grondwaterstanden voor het oppervlaktewater. De cellen in het model die het oppervlaktewater simuleren, krijgen een vaste waarde van NAP – 2,1 m.
- Vaste voeding door neerslag van 0,6 mm/dag over het gehele modelgebied. Deze waarde is hoger dan voor een simulatie van gemiddelde grondwaterstanden wordt gehanteerd. Omdat hier met maximale grondwaterstanden wordt gerekend (die immers maatgevend zijn) is een hogere waarde gekozen.

Tweede modelpakket

Vaste grondwaterstanden langs de randen van het model te weten :

- NAP – 2,7m voor de westrand
- NAP - 2,6 m voor de oostrand

Het vastzetten van de randen heeft als doel om een oost - west gerichte stroming te simuleren.

3.4 Kalibratie

Het grondwatermodel is op basis van de hoogst gemeten grondwaterstanden gekalibreerd.

De reden hiervoor is dat de opdrachtgever heeft gevraagd tot welke diepte een parkeerkerder met open bodem kan worden gerealiseerd. Het zal duidelijk zijn dat deze kelders niet onder mogen lopen.

Tijdens het kalibreren zijn op de volgende punten aanpassingen in het model gedaan om voldoende overeenstemming te krijgen tussen de berekende en de gemeten waarden.

- De horizontale doorlatendheid van het ophoogpakket is verhoogd ten opzichte van de uitgangssituatie om de opbolling te verkleinen.
- De grondwaterstanden die aan de zuidzijde van het gebied langs de Schipluiden laan worden gemeten, zijn significant hoger dan door het model wordt voorspeld. In vier filters op een rij (zie o.a. bijlage 4) die circa 15 m van open water zijn geplaatst, wordt een waterstand gemeten die circa 0,5 m hoger ligt dan wat op grond van de afstand zou kunnen worden verwacht. Om een betere overeenstemming te krijgen, is aangenomen dat tussen de sloot en de filters een slecht doorlatend pakket aanwezig is. Hiervoor is een strook slecht doorlatend materiaal gesimuleerd in het model. Na het aanbrengen van de strook is een betere overeenstemming tussen de metingen en de voorspellingen gekregen.
- Ook is de verticale hydraulische weerstand van de onderzijde van de deklaag wat verlaagd om wat meer wegzijging te simuleren. .

In tabel 3-1 zijn de gehanteerde waarden voor de geohydrologische parameters weergegeven.

Tabel 3-1: Waarden geohydrologische parameters na kalibratie

Modelpakket	Intreeweerstand Sloten (dagen)	K-waarde (m/dag)	Kd-waarde (m ² /dag)	C-waarde (dagen)
1	20	8 / 0,1		2500
2	n.v.t.	-	400	

In bijlage 6 is de afwijking tussen de modelvoorspelling en de gemeten grondwaterstanden weergegeven. Zie ook tabel 3.2.

Tabel 3.2 Verschil tussen voorspelling en gemeten grondwaterstand code Verschil tussen kalibratie en meting (m)

E04151A	-0,12
E04085A	-0,09
E04178A	-0,07
E04101A	-0,06
E04184A	-0,04
E04087A	-0,02
E04100A	0,02
E04150A	0,02
E04099A	0,11
E04086A	0,12

De afwijkingen tussen de gemeten en de voorspelde waarden van de filters langs de Schipluidenlaan varieerden tussen 0,02 m en 0,12 m. Waarom deze filters die op min of meer gelijke afstand van open water zijn gelegen zulke onderlinge

afwijkingen vertonen is niet geheel duidelijk. Wellicht is de bodem langs de slootkant sterk heterogeen.

Aan de noordwestzijde van het gebied bij de oprit naar de A10 zijn de gemeten en de voorspelde waarden goed in overeenstemming.

4 Berekeningsresultaat

In dit hoofdstuk wordt het resultaat van de berekeningen beschreven. De berekende grondwaterstanden zijn tevens getoetst aan de normen van Waternet. In totaal zijn vier verschillende varianten doorgerekend, te weten :

- Variant 1 : Een situatie met de kelders voor fase 1. De te slopen kelders zijn verwijderd uit het model
- Variant 2 : Een situatie met de kelders voor fase 1 en 2.
- Variant 3 : Een situatie met de kelders voor fase 1, 2 en 3.
- Variant 4 : Een situatie met de kelders voor fase 1 , 2 en 3 en de nieuwe sloot langs de Cornelis Lelylaan.

De reden dat de verschillende fasen apart zijn doorgerekend, is vanwege het feit dat op deze wijze inzicht kan worden verkregen in de invloed van de verschillende kelders. Wel moet worden benadrukt dat de resultaten nooit exact kunnen zijn, maar een indicatief karakter hebben.

Voor alle vier onderzochte varianten is gerekend met een model dat is gekalibreerd op de hoogst gemeten grondwaterstand. Dit om het maximale effect van de garages in beeld te krijgen.

Bij de presentatie van de resultaten wordt overigens de nadruk gelegd op de verschillen in voorspelling.

Bij de eerste drie varianten zijn twee effecten dominant, te weten:

- een vermindering van de afstroming naar open water door de blokkerende werking van de garage. Dit geeft in het algemeen een toename van de grondwaterstand.
- een vermindering van de infiltrerende neerslag door de nieuwe bebouwing. Dit geeft een afname van de gemiddelde grondwaterstand.

Verderop zal blijken dat de bovengenoemde effecten elkaar min of meer opheffen. Zoals in de aannamen genoemd, is onder alle nieuwbouw een parkeerkelder gepland. Dit betekent dat geen kruipruimtes worden toegepast. Toetsing hierop is daarom niet nodig.

4.1 Variant 1

In bijlage 7 zijn de resultaten voor de eerste variant weergegeven. In de figuur is het *verschil* ten opzicht van de gekalibreerde situatie weergegeven. De sterkste stijging is 0,06 m, wat optreedt in de directe nabijheid van de meest westelijk gelegen kelder. Rond kleinere kelders is de stijging maximaal 0,05-0,025 m. Zoals genoemd is in deze variant tevens het verwijderen van een drietal kelders meegenomen.

Uit vergelijk van bijlage 7 met bijlage 4 blijkt dat de ontwateringdiepte ter plaatse van nieuwbouw nergens < 0,5 m wordt. Ook zal de ontwateringdiepte niet significant kleiner worden op plaatsen waar deze nu geringer is dan 0,5 m. Met andere woorden, er wordt niet verwacht dat deze variant leidt tot het ontstaan van grondwaterproblemen of een toename van bestaande problemen.

4.2 Variant 2

In bijlage 8 zijn de resultaten voor fase 1 en 2 weergegeven. Te zien is dat de toename van de gemiddelde grondwaterstand iets meer is dan voor variant 1 maar dat deze bij deze toename eveneens geen grondwaterproblemen kan veroorzaken.

NB theoretisch gaat ontwateringsdiepte pb E04185 van 0,48 naar 0,51 m, dus op de rand. Ten zuiden van deze pb komt een kleine parkeergarage die lokaal 0,1 m verhoging veroorzaakt. Ten NW van deze kleine garage wordt een verhoging van 0,08 en 0,06 m berekend. Het zou dus kunnen betekenen dat de ontwateringsdiepte hier net niet voldoet .

4.3 Variant 3

Voor variant 3 is de invloed van alle geplande kelders tezamen gesimuleerd. In bijlage 9 is te zien dat de toename voor deze variant geringer is dan voor variant 2. Dit is te verklaren vanwege het feit dat de invloed van de verminderde infiltratie groter is dan de invloed van de blokkerende werking van de kelders. Slechts in een klein gebied ten noorden van de Cornelis Lelylaan is de toename maximaal 0,01 m. Er zal daarom vrijwel geen negatieve invloed op de grondwaterstanden optreden.

4.4 Variant 4

In deze variant zijn alle kelders gerealiseerd en is een sloot gegraven. Zie bijlage 10. In vergelijking met bijlage 9 valt hier de dominante invloed van de nieuwe sloot op. In vrijwel het gehele gebied dalen de grondwaterstanden ten opzichte van de uitgangssituatie. Een belangrijke aanname is hier dat vrije toestroming van grondwater naar de nieuwe sloot kan plaatsvinden (geen damwand of andere barrières) en dat de bodem rondom de sloot voldoende doorlatend vermogen heeft.

In bijlage 11 is de ontwateringsdiepte weergegeven. Te zien is in het gebied ten zuiden van de Cornelis Lelylaan dat niet overal de gewenste ontwateringsdiepte van 0,9 m wordt gehaald. Omdat hier kruipruimteloos wordt gebouwd, is dit geen probleem.

4.5 Aanvullende berekening ontgravingdiepte

Door de opdrachtgever is tevens verzocht uit te rekenen wat de maximale ontgravingdiepte is voor parkeerkelders die zonder waterondoorlatende bodem worden gebouwd.

Hierbij is alleen gerekend met de bestaande kelders die ook in de toekomst blijven gehandhaafd en de nieuw te graven sloot ten noorden van de Cornelis Lelylaan .

In bijlage 12 is het minimale niveau voor de bodem van een open parkeerbak aangegeven. Hierbij is aangenomen dat de grondwaterstand minimaal 0,5 m onder de bodem van de garage moet blijven. Nadrukkelijk moet worden vermeld dat de berekende waarden indicatief zijn omdat de invloed van de nieuw te graven

sloot gebaseerd is op een aantal aannames. Het is echter nog niet bekend of na realisatie van de sloot ook daadwerkelijk aan alle aannames wordt voldaan. In bijlage 12 is te zien dat het niveau van de bodem van een parkeergarage met een open bodem op een niveau variërend van NAP -1 ,0 m tot NAP – 1,5 m dient te liggen. Dat betekent dat geen van de geplande geplande parkeergarages voldoet aan de eis en dus geen open bodem kan worden toegepast.

In bijlage 13 ten slotte is de maximale ontgravingsdiepte weergegeven. Te zien is dat in het gebied ten zuiden van de Cornelis Lelylaan de ontgravingsdiepte varieert van 0,7 tot minder dan 0,2 m.

De belangrijkste reden voor deze geringe waarde is dat de afstroming naar de zuidelijke sloot (te) gering is, waardoor de grondwaterstanden hier hoger zijn dan op grond van een homogeen goed doorlatend bodemprofiel kan worden verwacht. Effectief is er daarom nauwelijks ruimte voor toepassing van een open parkeerbak.

5 Conclusies en aanbevelingen

Uit de berekening met het grondwaterstromingsmodel blijkt het volgende:

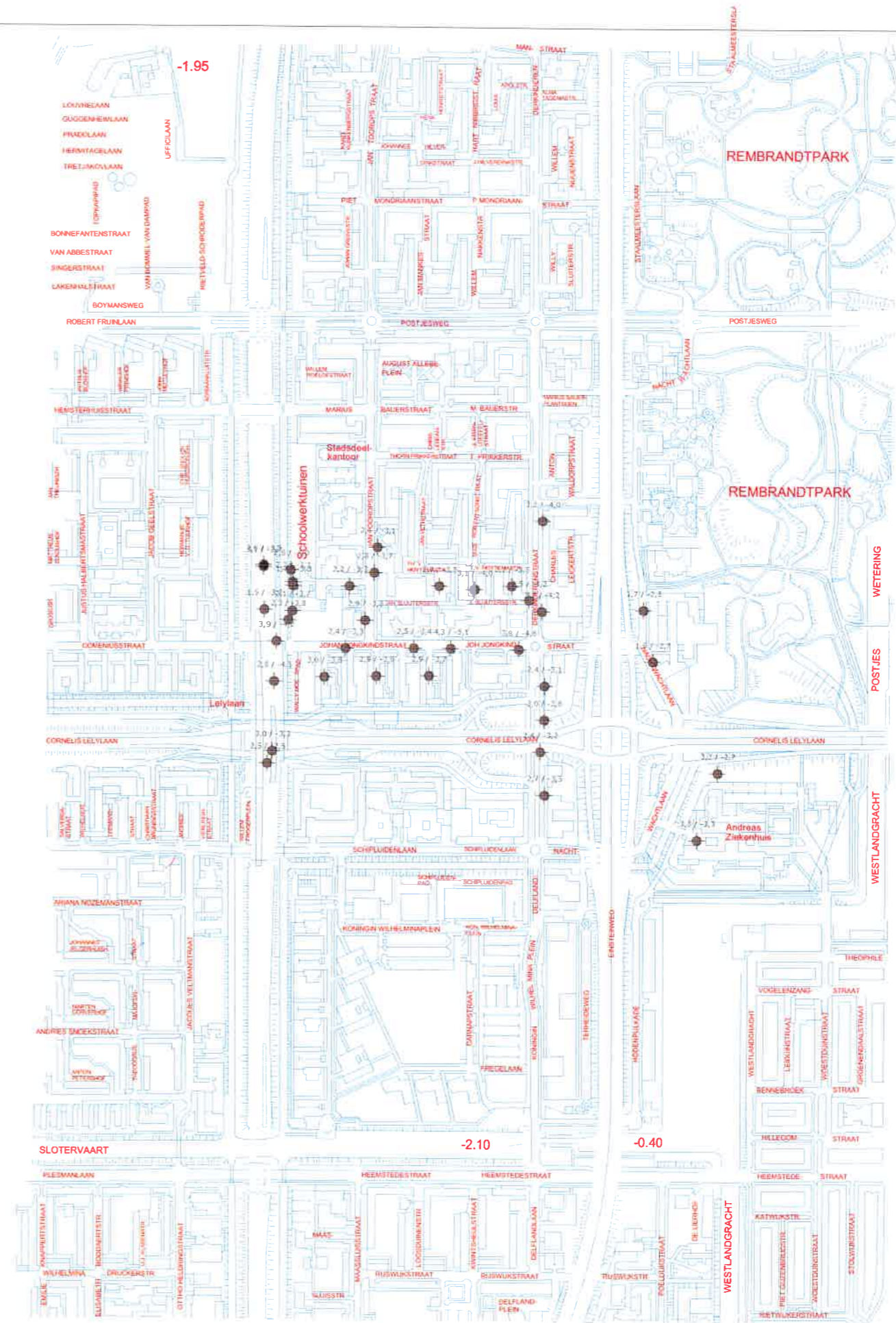
- Alle kelders tezamen hebben een geringe invloed op de grondwaterstand in het gebied ten zuiden van de Cornelis Lelylaan. In het algemeen is sprake van een kleine toename.
- De nieuw te graven sloot heeft (als aan de uitgangspunten wordt voldaan) een dominante invloed op de grondwaterstanden in het gebied rondom de Cornelis Lelylaan. Direct rondom de sloot dalen de waterstanden met circa 0,5 m ten opzichte van de uitgangssituatie.
- De ontwateringdiepte in de eindfase voldoet niet overal aan de door Waternet gewenste ideale waarde van 0,9 m. Omdat geen kruipruimtes worden toegepast voldoet het gebied aan de ontwateringnorm van Waternet.
- De maximale ontgravingsdiepte voor een garage met een open bodem in het gebied ten zuiden van de Cornelis Lelylaan is gering en varieert van 0,7 tot minder dan 0,2 m. Alle geplande parkeergarages zijn dieper, er kan daarom geen open bodem in deze garages worden toegepast.

5.1 Aanbevelingen

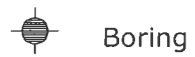
De volgende aanbevelingen worden gedaan

- Alle neerslag die op de nog te realiseren bebouwing valt direct via een regenwaterriool af te voeren naar het oppervlaktewater.
- Geen ondoorlatende barrières aan te brengen rondom de nieuw aan te leggen sloten die de grondwaterstroming kunnen beïnvloeden. Het grondwater dient hier vrij te kunnen toestromen. Bij voorkeur dient rondom de sloot een pakket goed doorlatend zand aanwezig te zijn.
- Geen parkeerkelders met een open bodem toe te passen in het gebied ten zuiden van de Cornelis Lelylaan.
- Ten noorden van de Cornelis Lelylaan zullen de grondwaterstanden onder invloed van de nieuw te graven sloot zakken. Het is verstandig om te controleren wat voor type funderingen onder de woonblokken rondom de Comeniusstraat aanwezig zijn. Indien houten funderingen aanwezig zijn (of houten palen met betonopzetters) moet worden gecontroleerd of geen droogstand zal optreden.

Overzicht locaties boringen



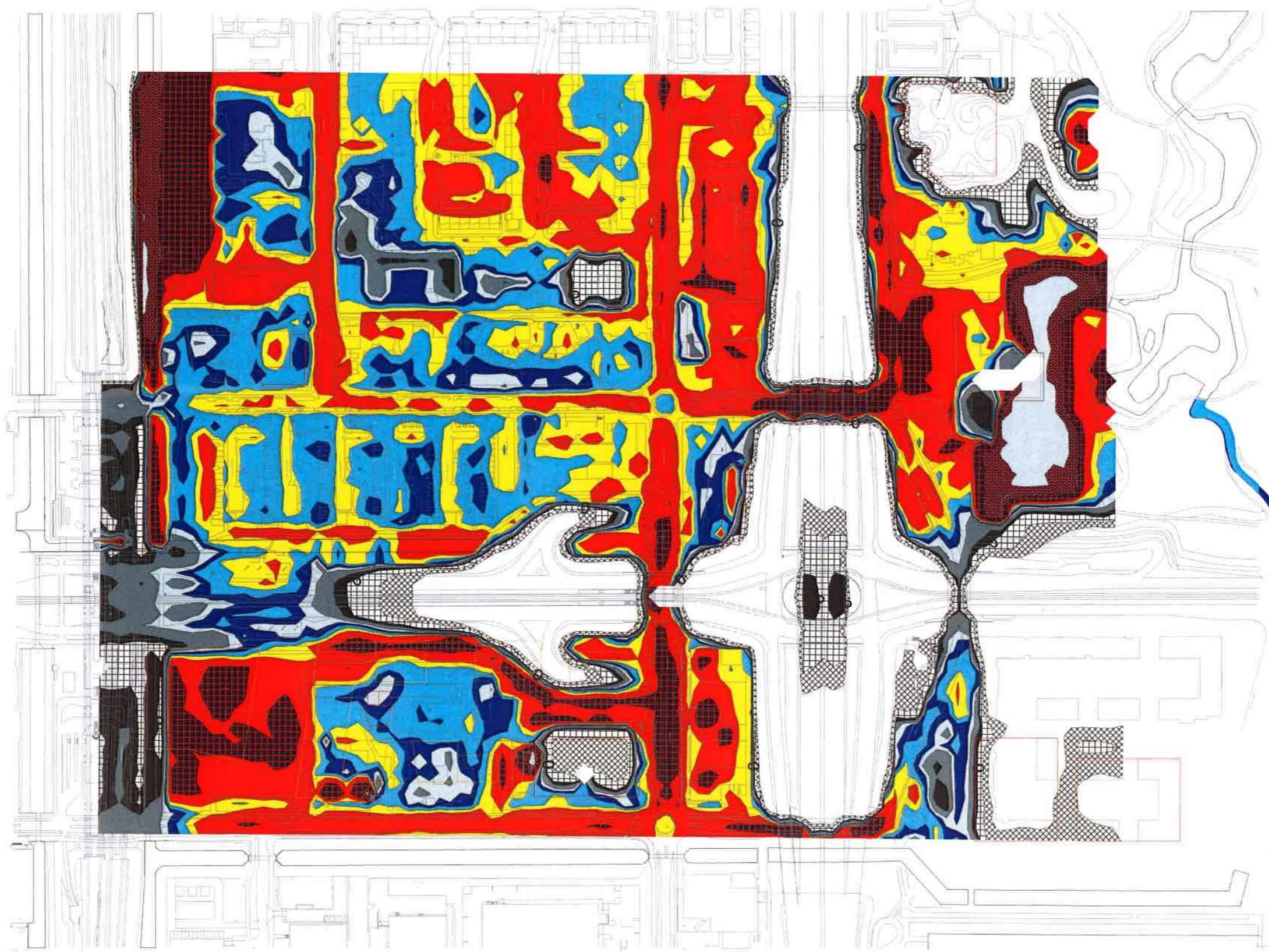
Legenda



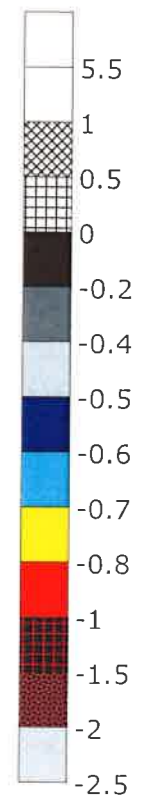
Boring

Boven het symbool staat de dikte van de ophooglaag vermeld (voor de schuine streep) en het niveau van de onderzijde van de zandlaag (na de schuine streep).

Maaiveldhoogte

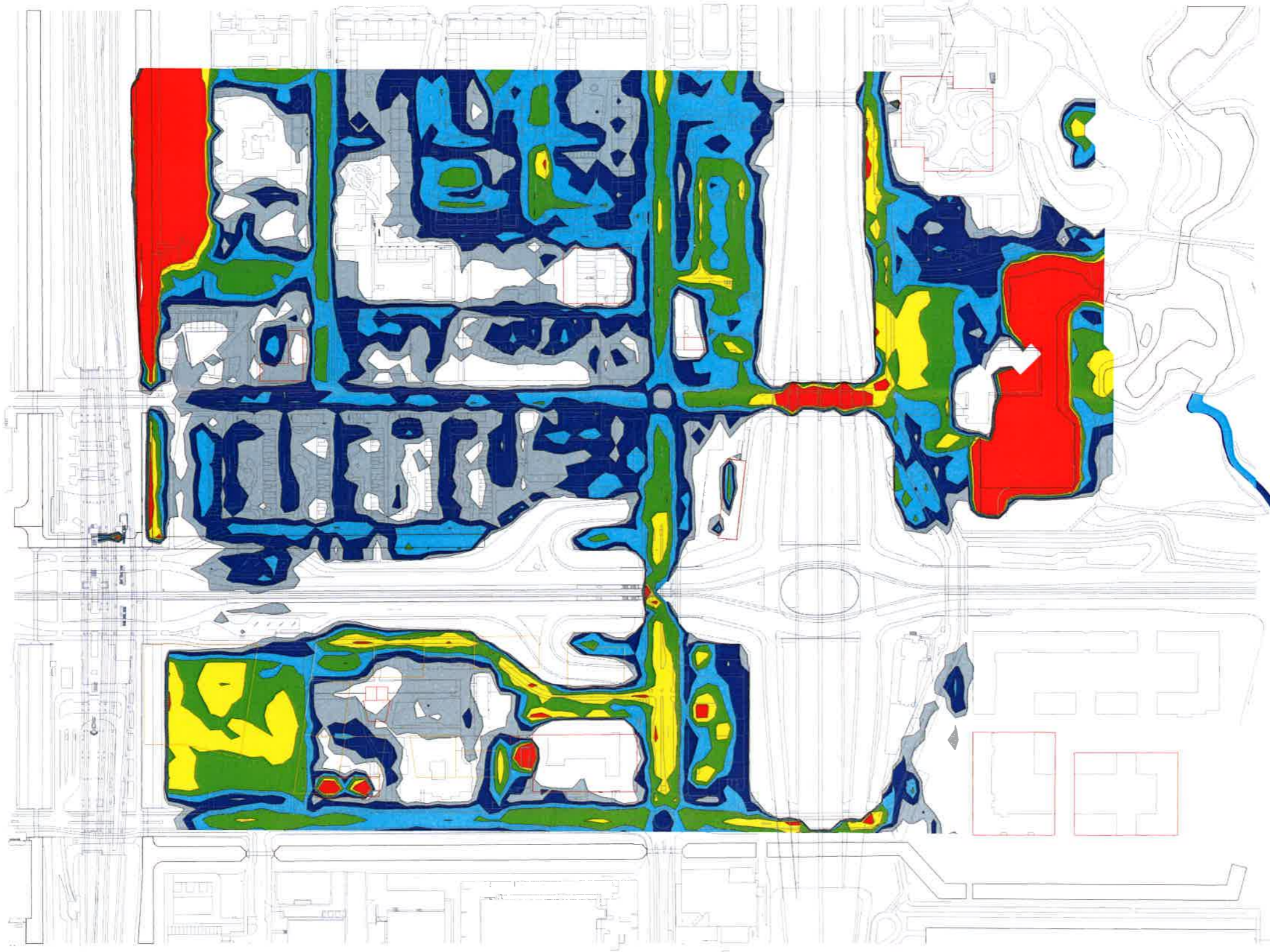


Legenda

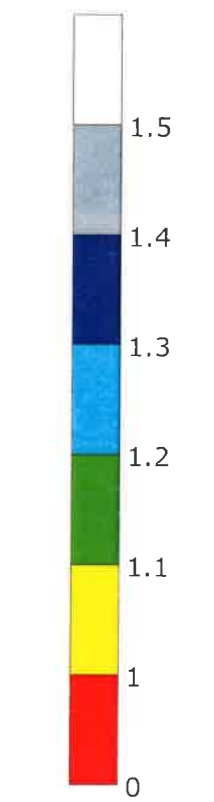


Waarden in m tov NAP

Drooglegging

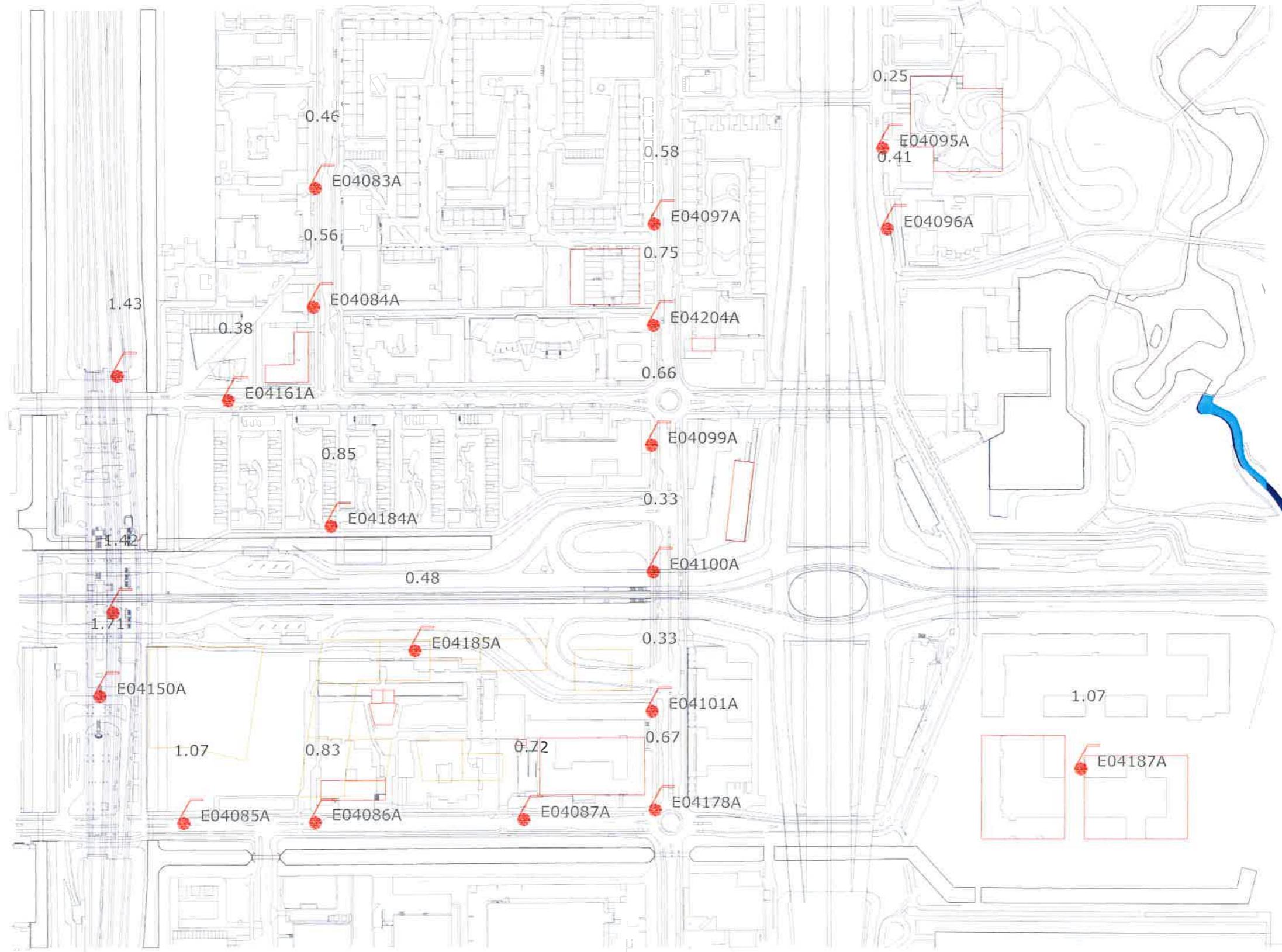


Legenda



Waarden in m

Stippenkaart ontwateringdiepte

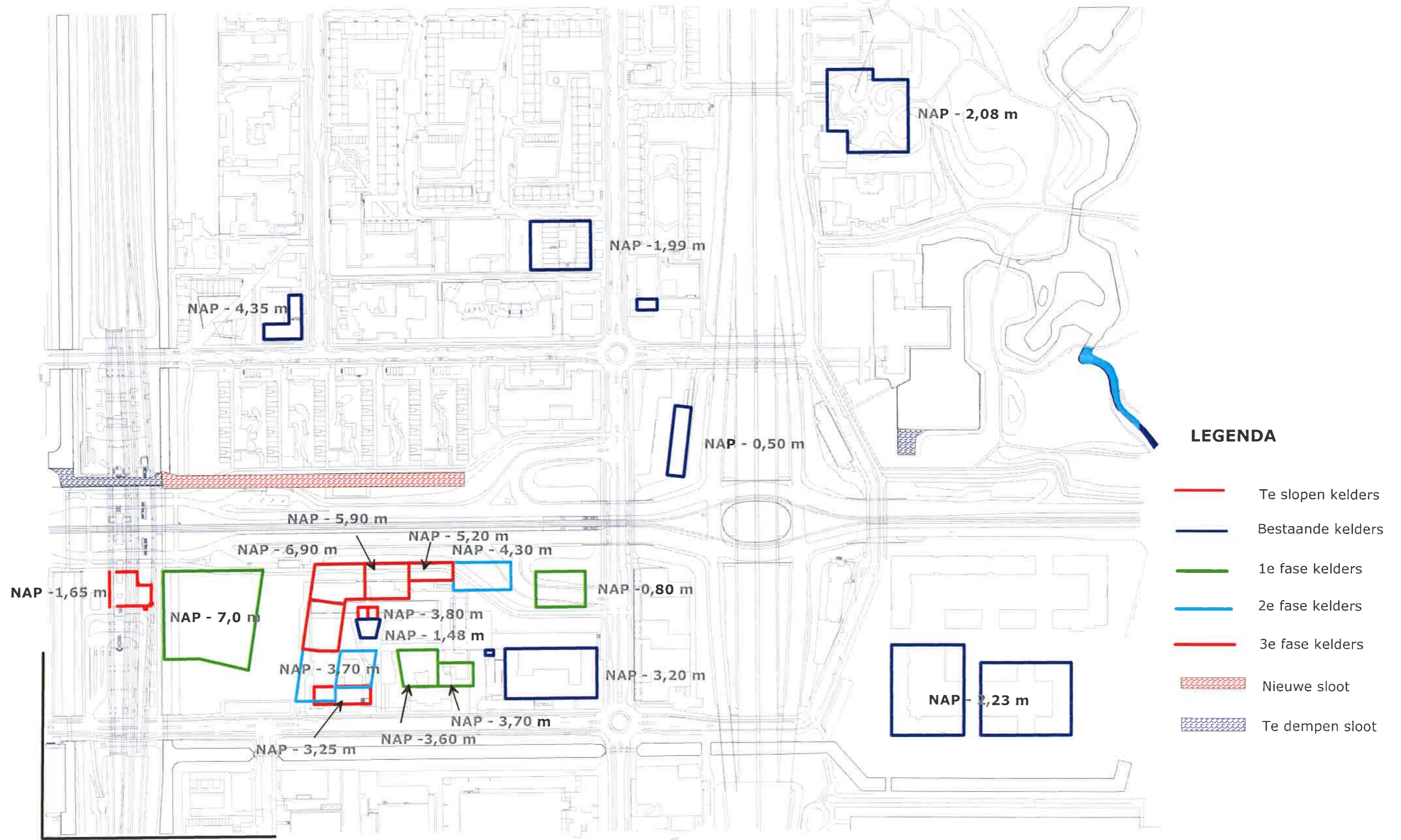


LEGENDA

 Peilfilter

Boven het symbool staat de ontwateringdiepte vermeld en naast het symbool de filtercodering. Waarden in m

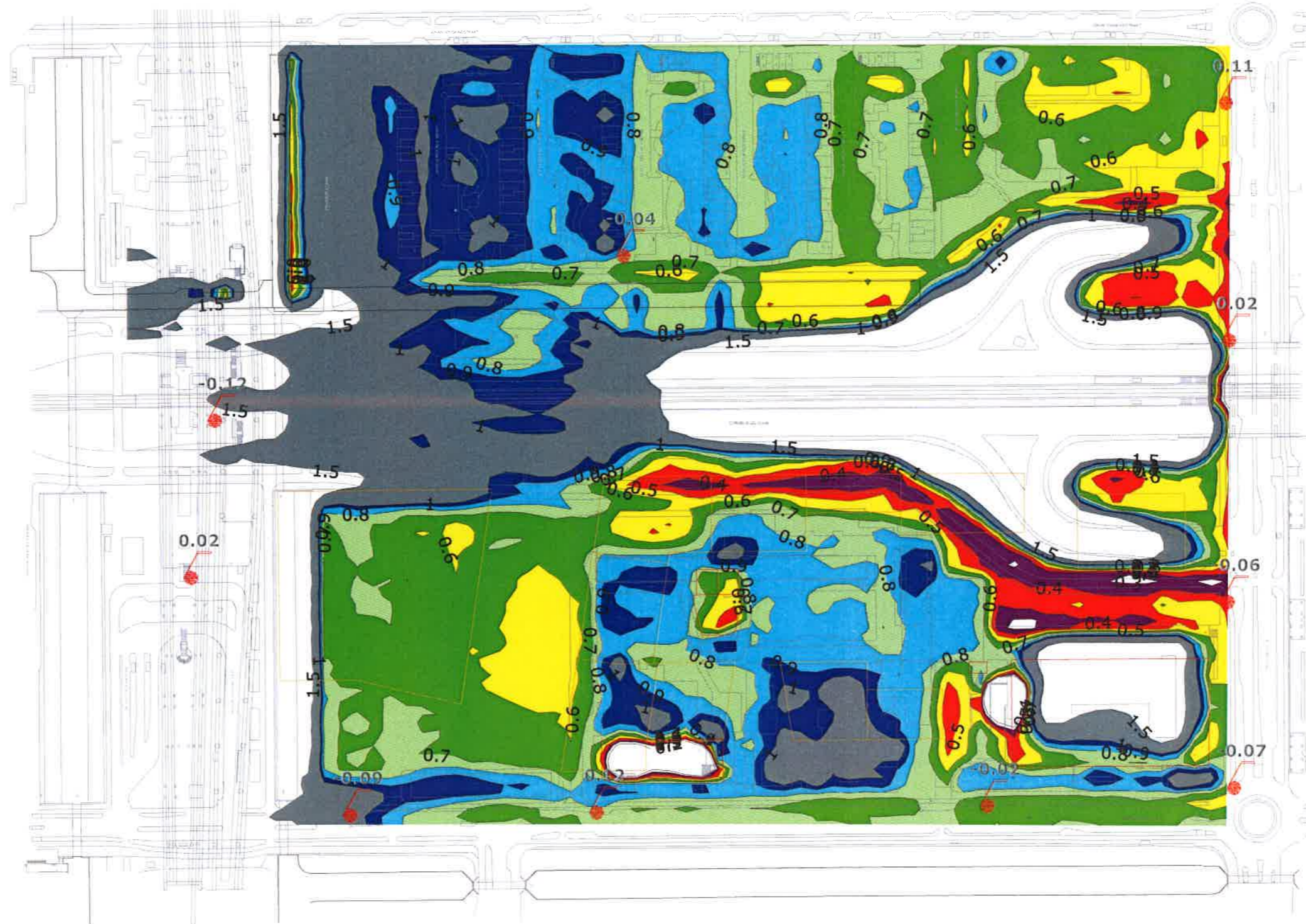
Geplande en bestaande kelders



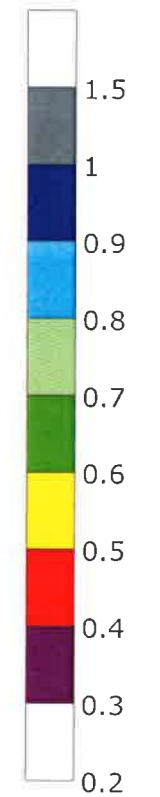
LEGENDA

- Te slopen kelders
- Bestaande kelders
- 1e fase kelders
- 2e fase kelders
- 3e fase kelders
- Nieuwe sloot
- Te dempen sloot

Minimale ontwateringdiepte met gekalibreerd model.



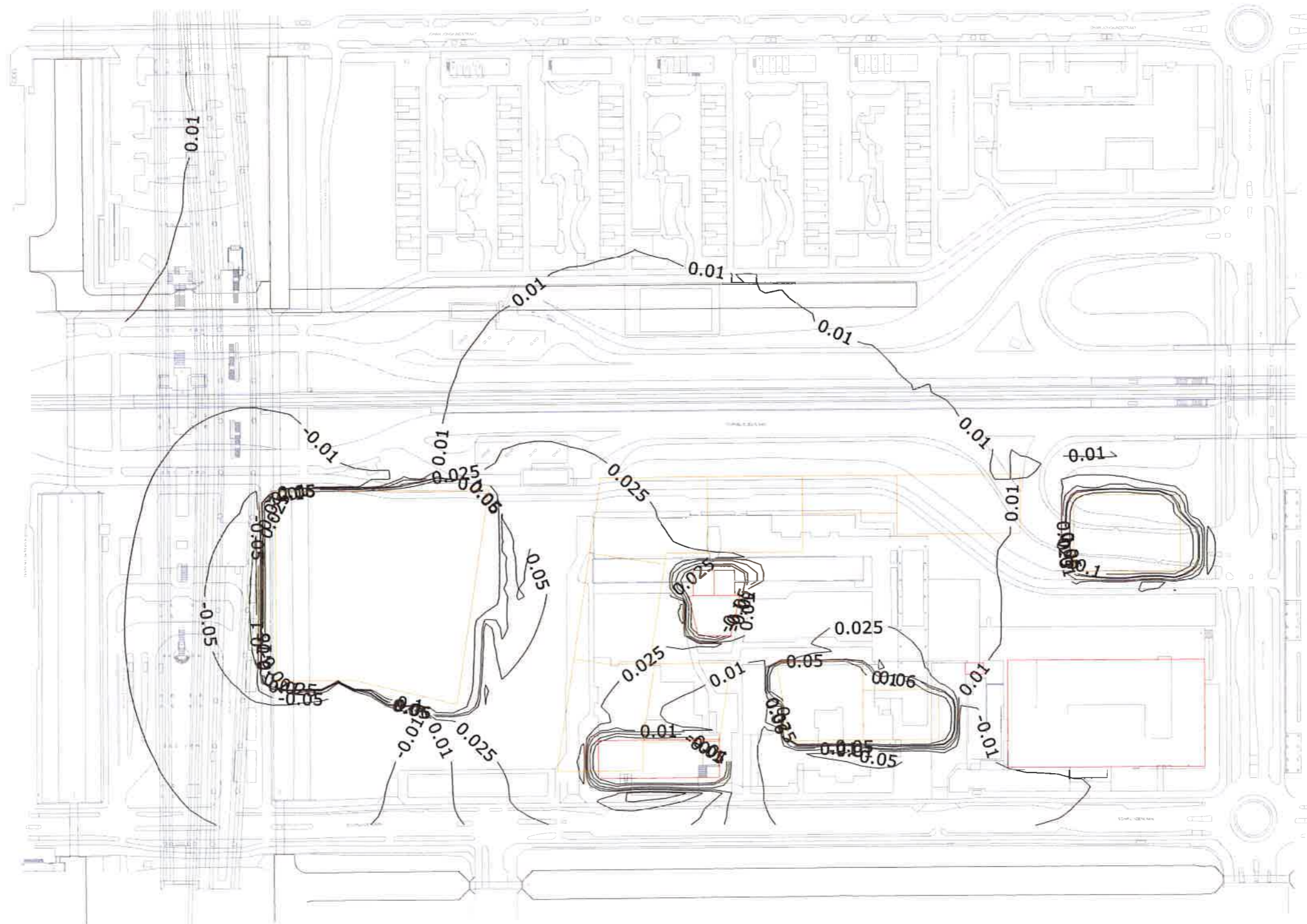
Legenda



Waarden in m

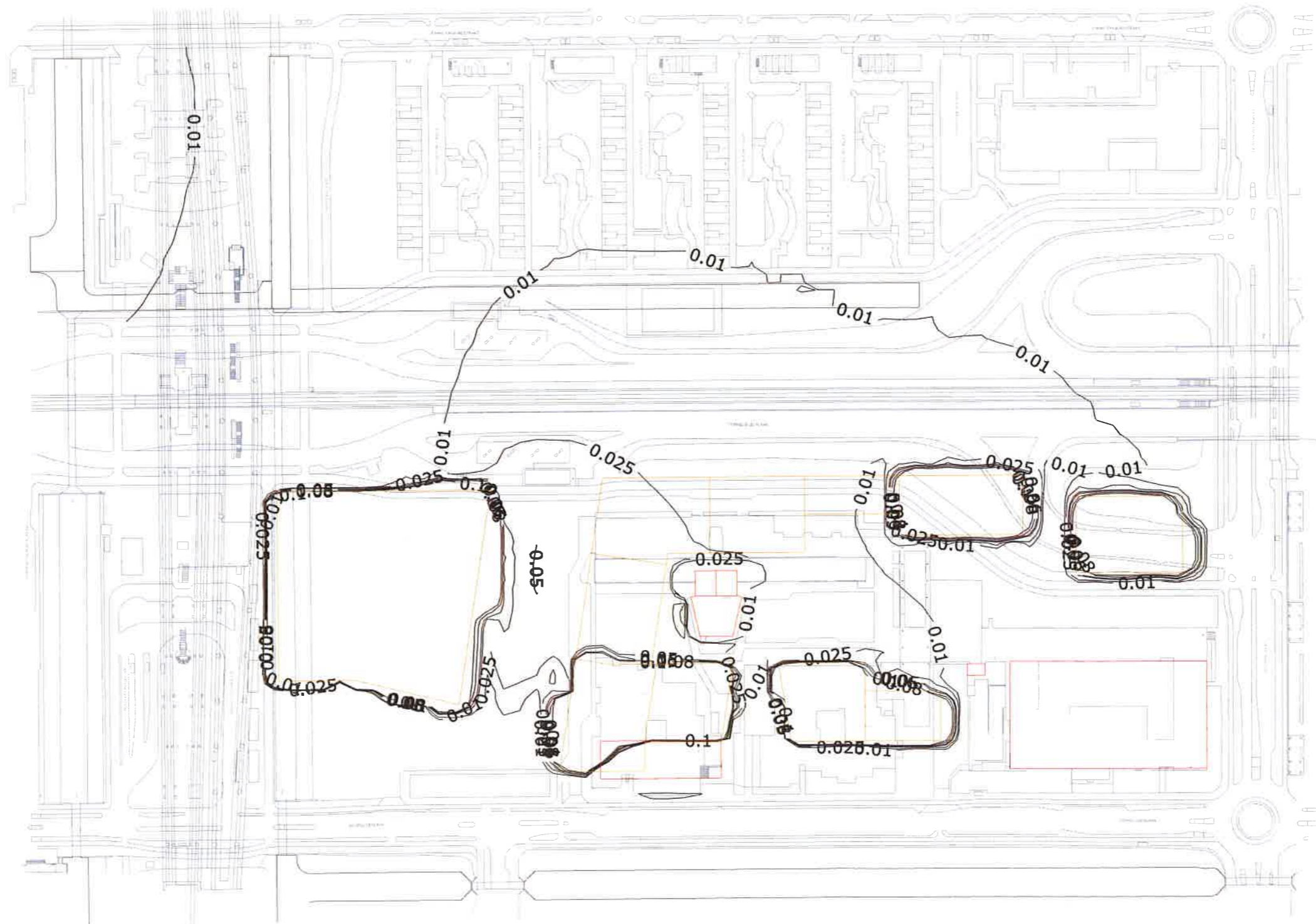
Ontwateringdiepte is bepaald door het verschil te berekenen tussen de maaiveldhoogte (uit Algemene Hoogtekaart Nederland) en de modelmatig berekende grondwaterstanden. Boven het peilfiltersymbool staat het verschil weergegeven tussen de modelvoorspelling en de gemeten waarde.

Gemiddelde verandering na 1e fase



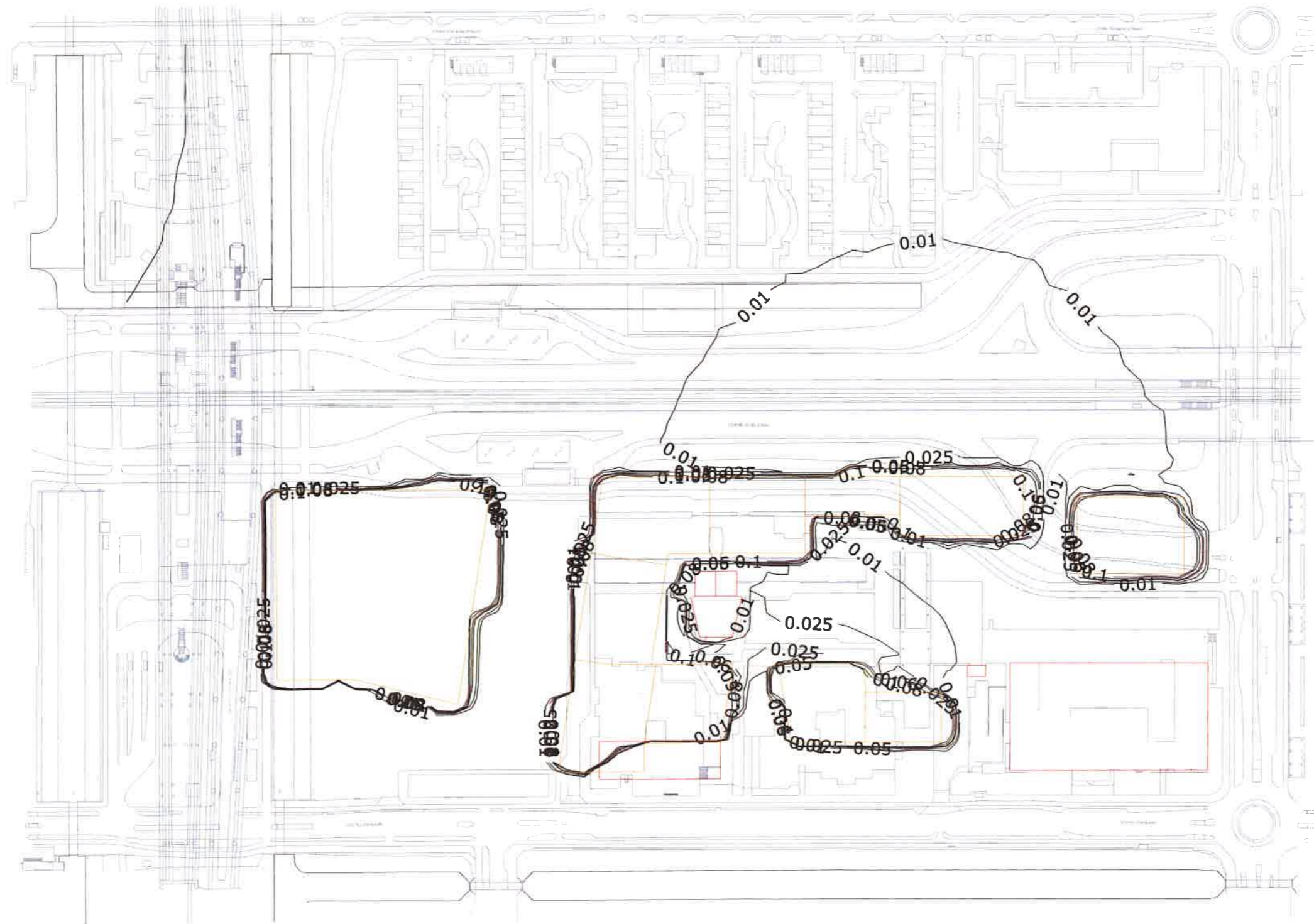
Berekende verandering van de grondwaterstand na uitvoering 1e fase. Het gekalibreerde model is als uitgangspunt gebruikt. Plus is toename en min is afname. Waarden in m.

Gemiddelde verandering na 2e fase



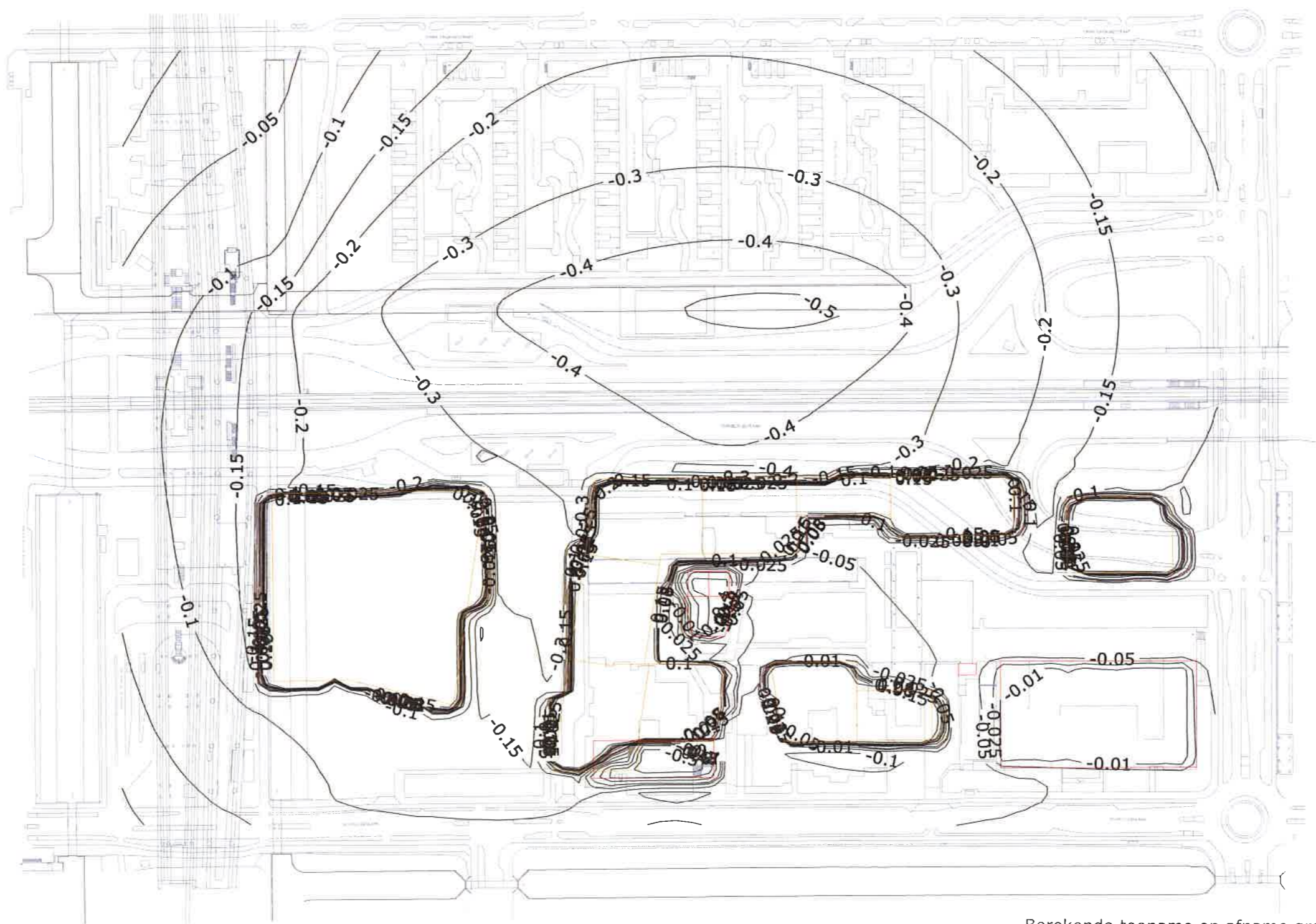
Berekende verandering van de grondwaterstand na uitvoering 1e en 2e fase. Het gekalibreerde model is als uitgangspunt gebruikt. Plus is toename en min is afname. Waarden in m.

Gemiddelde verandering na 3e fase



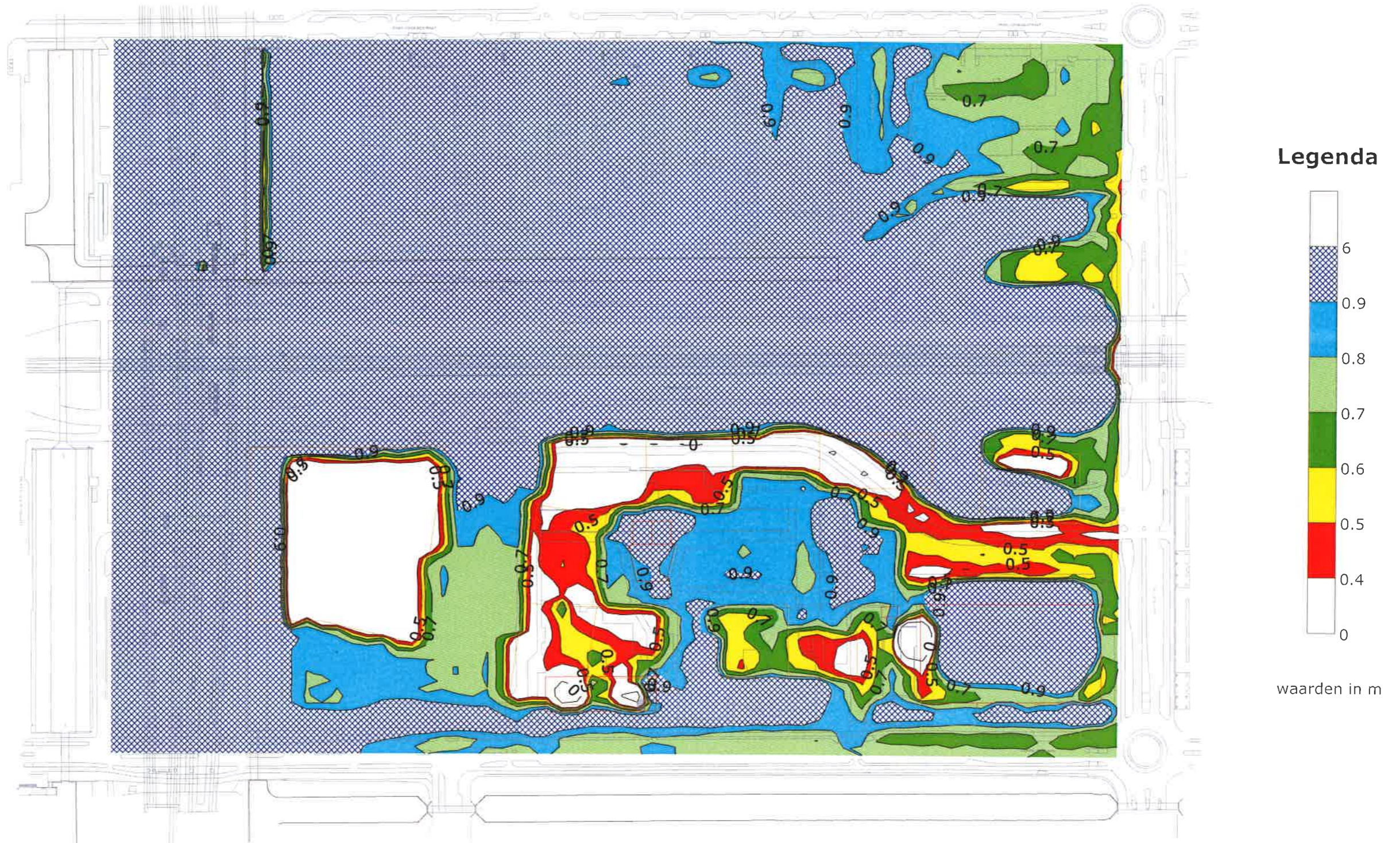
Berekende verandering van de grondwaterstand na uitvoering 1e , 2e en 3e fase. Het gekalibreerde model is als uitgangspunt gebruikt.
Plus is toename en min is afname. Waarden in m.

Gemiddelde verandering met nieuwe watergang



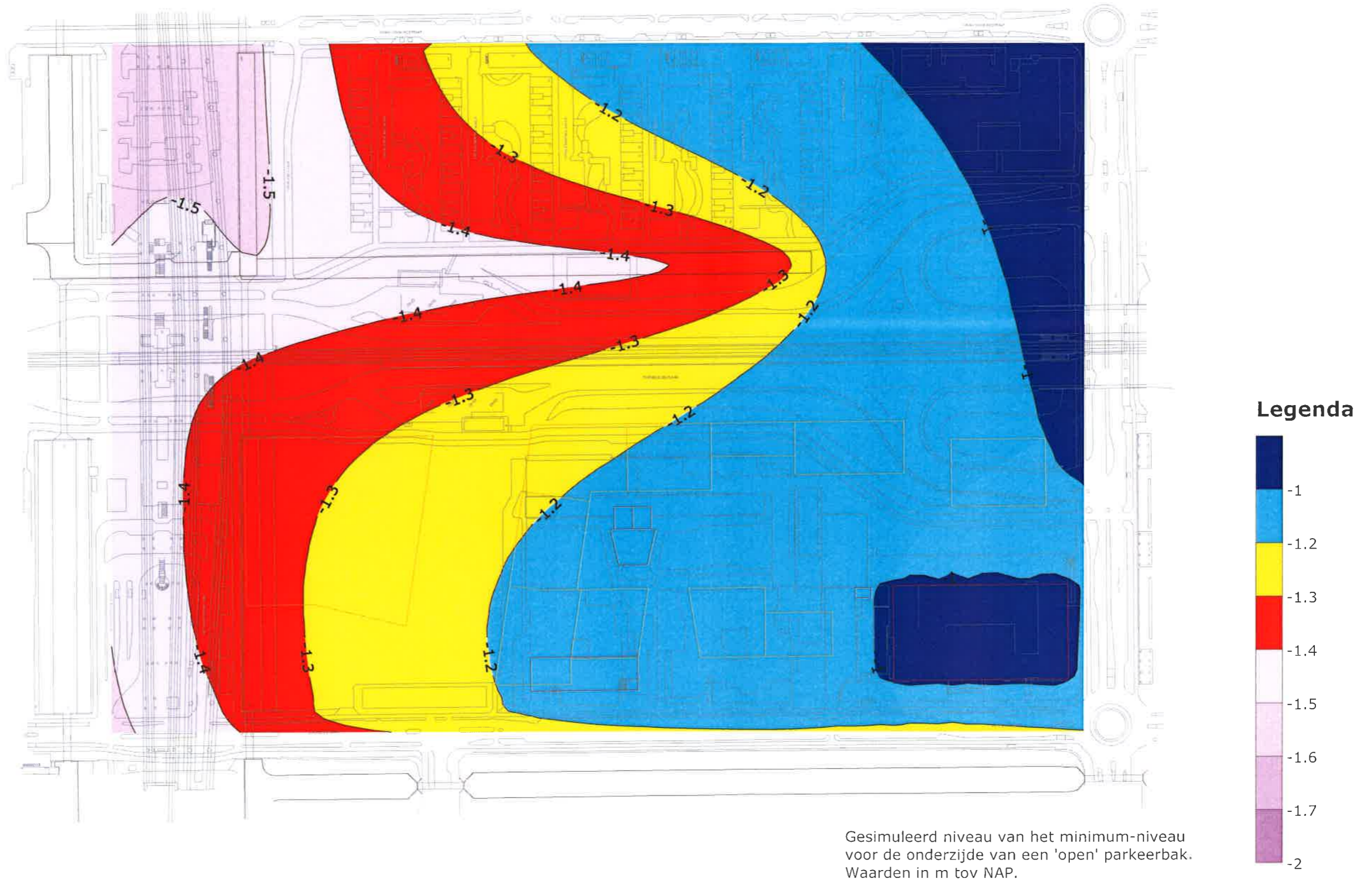
Berekende toename en afname grondwaterstand na uitvoering 1e 2e en 3e fase en na realisatie van een extra sloot . Het gekalibreerde model is als uitgangspunt gebruikt. Plus is toename en min is afname. Waarden in m.

Minimale ontwateringdiepte eindfase



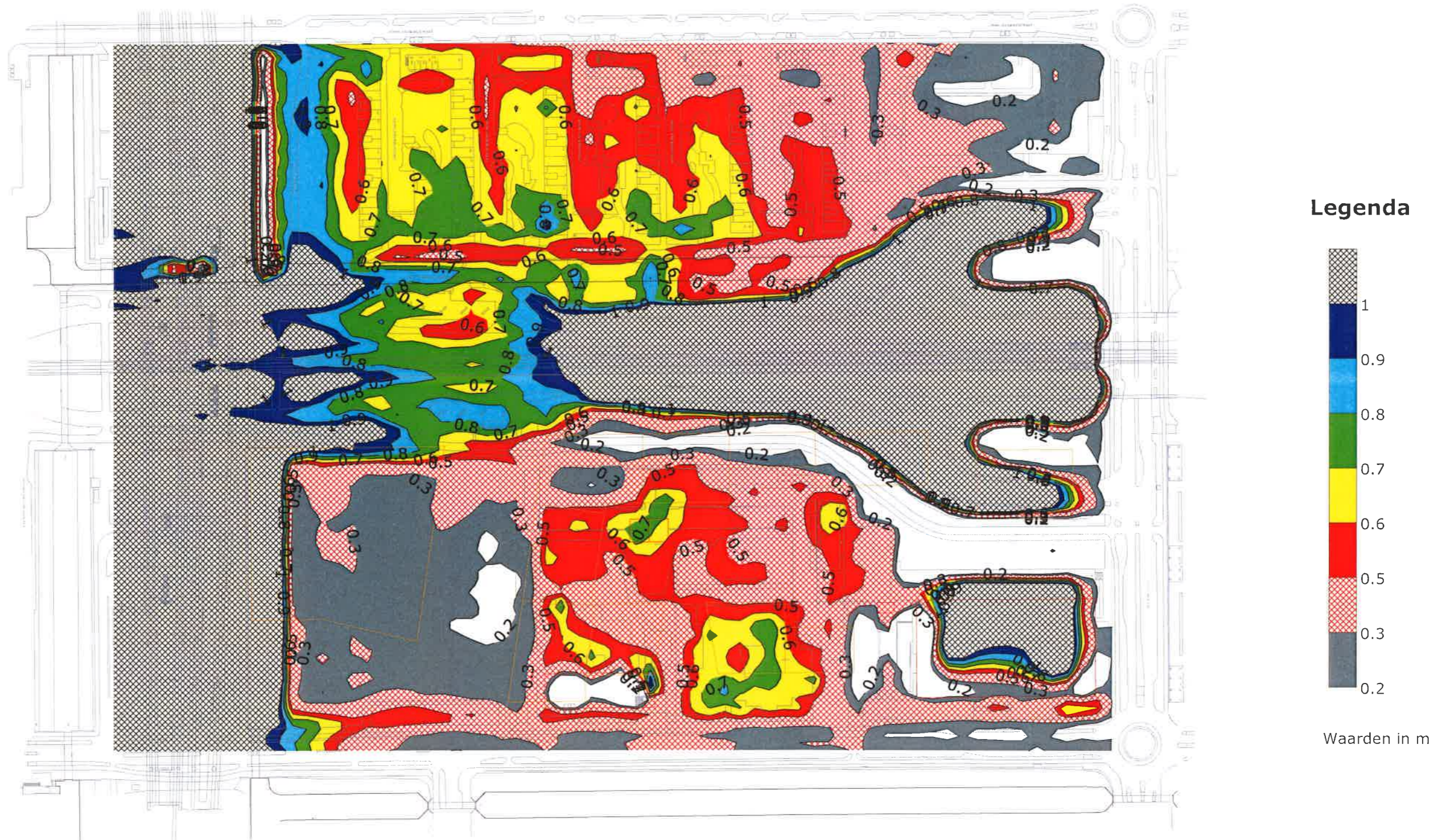
Berekende ontwateringdiepte na uitvoering 1e 2e en 3e fase en na realisatie van een extra sloot . Waarden in m. Ontwateringdiepte berekend met maximale grondwaterstand.

Minimum-niveau bodem parkeerkelder

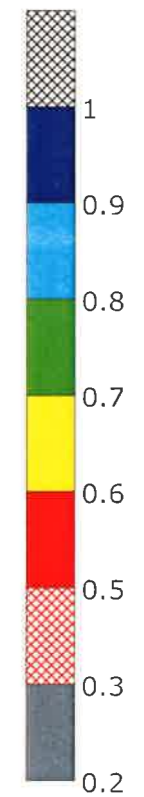


Gesimuleerd niveau van het minimum-niveau voor de onderzijde van een 'open' parkeerbak. Waarden in m tov NAP.

Maximale ontgravingsdiepte



Legenda



Waarden in m

Gesimuleerd ontgravingsniveau waarbij gebruik is gemaakt van de Algemene Hoogtekaart Nederland en de modelmatig gesimuleerde maximum grondwaterstanden, voor de onderzijde van een 'open' parkeerbak. Waarden in m tov NAP.