

Versie 4
18 december 2007
22387



Gemeente Amsterdam
Ingenieursbureau

Land & Water

Grondwateronderzoek Museumkwartier

Effect van de ondergrondse constructies op de
grondwaterstand

Auteur

Ir. T.P. Timmermans

Opdrachtgever

Stadsdeel Amsterdam Oud-Zuid
Contactpersoon: dhr R. Waldhofer

Projectnummer

50151

Documentnummer: 22387			
autorisatie	naam	paraf	datum
opstelling	T.P. Timmermans		18-12-07
controle	J. de Jong		18-12-07
vrijgave	J. de Jong		18-12-07

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Projectgebied en uitgangspunten	4
2.1.	Projectgebied.....	4
2.2.	Uitgangspunten.....	5
3	Grondwater in de stedelijke omgeving	6
4	Bodemopbouw en watersysteem	9
4.1.	Bodemopbouw.....	9
4.2.	Watersysteem en geohydrologie.....	10
5	Ondergrondse constructies & drainage- / infiltratiesystemen	12
5.1.	Historie.....	12
5.2.	Situatie 1990.....	14
5.3.	Situatie 2007.....	15
5.4.	Situatie 2030.....	17
6	Grondwatermodel	18
6.1.	Methodiek.....	18
6.2.	Bepaling geohydrologische parameters.....	19
6.3.	Bepaling grondwateraanvulling gedurende natte/droge periode.....	20
7	Invloed ondergrondse constructies en drainagesystemen op grondwaterstand	21
7.1.	Situatie 2007.....	21
7.2.	Situatie 2030.....	28
8	Samenvatting, conclusies en aanbevelingen	34
9	Bronvermelding	36

Bijlagen

Bijlage 1: Locatie polderriolen	1
Bijlage 2: Locatie ondergrondse constructies en infiltratie- / drainagesystemen situatie 1990	1
Bijlage 3: Locatie ondergrondse constructies en infiltratie- / drainagesystemen situatie 2006	2
Bijlage 4: Locatie ondergrondse constructies en infiltratie- / drainagesystemen situatie 2030	3
Bijlage 5: Verhard en onverhard oppervlak in projectgebied	4
Bijlage 6: Grondwateraanvulling	5
Bijlage 7: Verdedigingswerken Museumplein 1944 - 1945	6
Bijlage 8: Beschrijving Riepolder Willemspark en Vondelstraat uit Polderboek	7
Bijlage 9: Veranderingen in grondwaterstanden voor de verschillende situaties	9

1 Inleiding

Het stadsdeel Amsterdam Oud-Zuid is momenteel betrokken bij diverse projecten die van invloed kunnen zijn op de grondwaterstand rondom het Museumplein, zoals de verbouwingen van het Rijksmuseum en het Stedelijk Museum alsmede de aanleg van ondergrondse parkeergarages in de omgeving. Het stadsdeel wil inzicht krijgen in de (cumulatieve) effecten op de grondwaterstroming van de toename van ondergrondse constructies rond het Museumkwartier.

Stadsdeel Amsterdam Oud-Zuid heeft Ingenieursbureau Amsterdam (IBA) gevraagd de huidige grondwaterproblematiek ter plaatse van het Museumkwartier te inventariseren met als doel de (cumulatieve) effecten van de verschillende ondergrondse constructies op de grondwaterstroming te bepalen voor een natte en droge periode.

Dit gebeurt ten eerste door een probleeminventarisatie en het opvragen van alle relevante (archief-)gegevens. Vervolgens worden de verzamelde gegevens zowel kwalitatief als kwantitatief geïnterpreteerd en geanalyseerd. De kwantitatieve analyse gebeurt met behulp van een grondwatermodel voor drie situaties:

- de situatie van 1990 (voor de aanleg van een aantal grote ondergrondse constructies);
- de huidige situatie januari 2007;
- de toekomstige situatie rond het jaar 2030.

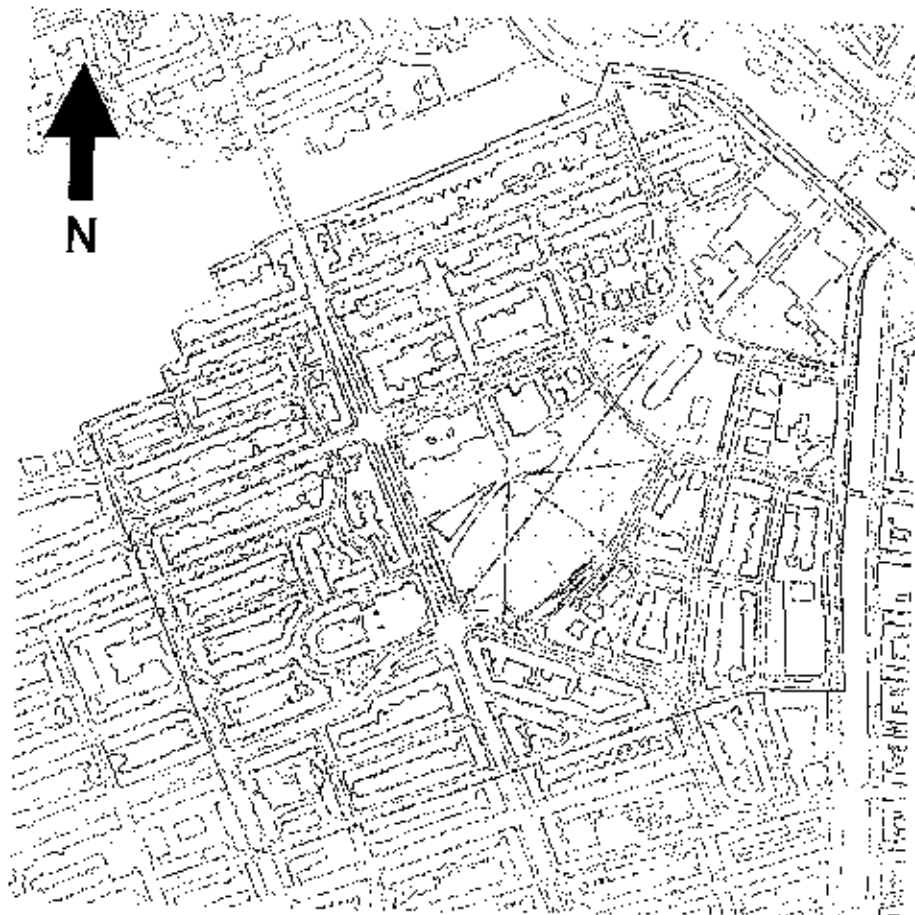
Dit onderzoek moet een basis vormen, waarop in een later stadium zowel locaties van potentiële wateroverlast, als wateronderlast (droogvallende funderingen) bepaald kunnen worden.

2 Projectgebied en uitgangspunten

2.1. Projectgebied

Het projectgebied voor het grondwateronderzoek omgeving Museumplein wordt begrensd door:

- Vondelpark
- Singelgracht
- Boerenwetering
- Nicolaas Maesstraat
- Jacob Obrechtstraat



Figuur 1: Projectgebied

2.2. Uitgangspunten

We hanteren de volgende uitgangspunten:

- de gemiddelde grondwaterstanden in 1990 zoals weergegeven in de notitie "Onderzoek grondwaterstandgegevens" (bron 3);
- de mondelinge en schriftelijke informatie van stadsdeel Oud-Zuid over de kelders en ondergrondse constructies rond het Museumplein, o.a. naar aanleiding van een veldbezoek op 27 november 2006;
- Het terreingebruik (verhard/onverhard) zoals aangegeven op de kaart geleverd door stadsdeel Oud-Zuid op 20 januari 2007 (zie bijlage 5).

3 Grondwater in de stedelijke omgeving

In het achtergrondrapport "Leven met grondwater" (januari 2002) van het waterplan van de Gemeente Amsterdam is de gemeentelijke grondwaternorm vastgelegd. Waternet (voorheen DWR) verzorgt in opdracht van de Gemeente Amsterdam de gemeentelijk zorgtaak voor grondwaterbeneer.

In de gemeentelijke grondwaternorm staat dat bij nieuw in te richten gebieden ten hoogste éénmaal per twee jaar een grondwaterstand mag voorkomen hoger dan 0,50 m (kruipruimte-loos bouwen) of 0,90 m (bouwen met kruipruimte) onder maaiveld gedurende maximaal vijf aaneengesloten dagen. In bestaand gebied wordt niet altijd voldaan aan deze gemeentelijke grondwaternorm. In deze gebieden is het criterium dat bij nieuwbouwplannen "geen of slechts verwaarloosbare" verslechtering op mag treden.

Deze norm is opgesteld om (grond)wateroverlast te voorkomen. Bij wateroverlast is de grondwaterstand te hoog waardoor bijvoorbeeld kelders kunnen onderlopen of vochproblemen ontstaan. Daarnaast kunnen bomen niet diep wortelen bij vaak voorkomend hoog grondwater, waardoor deze afsterven of eerder omwaaien bij storm.

Naast wateroverlast bestaat er ook wateronderlast. Bij wateronderlast is de grondwaterstand te laag waardoor houten funderingen droog kunnen komen te staan. Houten funderingen die te lang droog staan kunnen wegrotten.

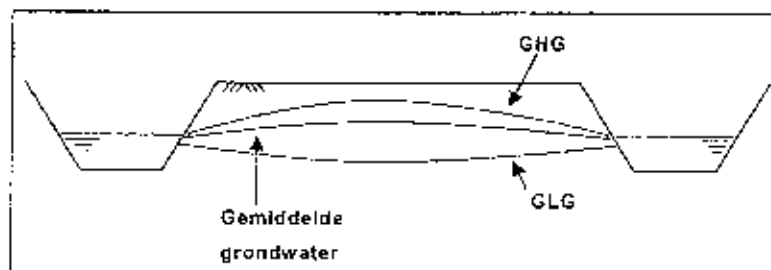
De grondwaterstand is niet constant gedurende het jaar. Gedurende bepaalde periodes van het jaar valt er relatief weinig neerslag waardoor er op dat moment ook minder grondwateraanvulling plaatsvindt. Gedurende deze periode daalt de grondwaterstand tot onder de gemiddelde grondwaterstand. De grondwaterstand stijgt weer tijdens de nattere periodes. De hoogste en laagste natuurlijke grondwaterstand wordt vaak aangeduid met de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG).

GHG: Inzien men eens per twee weken de grondwaterstanden meet over de periode van 1 april tot en met 31 maart (hydrologisch jaar) en jaarlijks de drie hoogste grondwaterstanden middelt krijgt men de HG3. Het gemiddelde van deze jaarlijkse HG3-waarden over een periode van tenminste acht jaar waarin geen ingrepen hebben plaatsgevonden noemt men de GHG (gemiddeld hoogste grondwaterstand).

GLG: Inzien men eens per twee weken de grondwaterstanden meet over de periode van 1 april tot en met 31 maart (hydrologisch jaar) en jaarlijks de drie laagste grondwaterstanden middelt krijgt men de LG3. Het gemiddelde van deze jaarlijkse LG3-waarden over een periode van tenminste acht jaar waarin geen ingrepen hebben plaatsgevonden noemt men de GLG (gemiddeld laagste grondwaterstand).

Bij elke meetfrequentie kun je pieken of uitschieters missen die tussen twee waarnemingen in liggen. Deze uitschieters hebben een kortdurend karakter. Ze zijn niet cruciaal voor het proces van wateronderlast en droogstand van houten paalfunderingen, omdat in het algemeen pas na een langere periode (orde circa 2 jaar cumulatief) van droogstand schades kunnen ontstaan. De GLG is daarmee een goede maat om het risico op droogstand van funderingen te onderzoeken. Wanneer de grondwaterstanden minder vaak worden gemeten dan volgens de definitie, wordt voor de GHG en de GLG vaak een waarde afgeleid. Hier strookt de praktijk dus niet geheel met de theorie. Wel is het verstandig in het oog te houden dat de GHG/GLG elk het hoogste/laagste 1/8 deel van de metingen betreft. Dit betekent dat gedurende anderhalve maand in het jaar grondwaterstanden rond de GHG zullen liggen, anderhalve maand rond de GLG. Als we als stelregel het hoogste/laagste 1/8 deel van de metingen aanhouden, kan bij een lagere meetfrequentie een "afgeleide GHG/GLG" worden bepaald. Hoe langer de meetperiode, hoe kleiner de afwijking is ten opzichte van de officiële GHG/GLG. In het Museumkwartier is een afgeleide GHG/GLG bepaald op basis van een meetfrequentie van gemiddeld 7 keer per jaar en een meetperiode van 8 jaar. Met name met het oog op de grondwater-onderlast-problematiek wordt de GLG met deze meetreeks voldoende benaderd.

Indien er maar een zeer beperkt aantal gegevens beschikbaar is kunnen de GHG en GLG ook door modellering van het grondwatersysteem benaderd worden.



Figuur 2: Grondwaterstanden (gemiddeld, GHG, GLG)

Naast natuurlijke oorzaken voor veranderingen in de grondwaterstand zijn er ook menselijke ingrepen die invloed hebben op de grondwaterstanden. De volgende menselijke ingrepen hebben onder andere effect op de grondwaterstroming en de grondwaterstanden:

Aanleg ondergrondse constructies

Door de aanleg van keiders of het plaatsen van damwanden veranderen de grondwaterstroming en de grondwaterstanden. De keiders en de damwanden vormen een barrière voor het grondwater. Het grondwater zal dus een omweg moeten maken. Het afleggen van de omweg levert meer stromingsweerstand op, dit resulteert in hogere grondwaterstanden aan de bovenstroomse zijde van de ondergrondse constructie en lagere grondwaterstanden aan de benedenstroomse zijde van de ondergrondse constructie.

Riolering

In de ideale situatie beïnvloedt riolering nauwelijks de grondwaterstroming en grondwaterstanden. De riolering wordt meestal gelegd in goed doorlatend drainzand waardoor de blokkade van de grondwaterstroming verwaarloosbaar is. Bij oudere of niet goed aangelegde of onderhouden riolen kan grondwater echter de riolering instromen door breuken of slecht functionerende aansluitingen. Hierdoor fungeert de riolering als drainage met een grondwaterverlagend effect, waardoor grondwateronderlast op kan treden. Na vervanging van de riolering kan de grondwaterstand stijgen, aangezien het drainerende effect van de lekkende riolering niet meer optreedt. Als het drainerende effect van de niet goed functionerende riolering lange tijd heeft opgetreden kan het vervangen van de riolering resulteren in een grondwaterstijging en/of wateroverlast (zoals bijvoorbeeld is opgetreden bij de Overtoom). In het Museumkwartier is niet bekend welke rioleringen zijn vervangen en wat de staat van onderhoud voor vervanging was.

Aanleg drainage- of Infiltratievoorzieningen en bemalingen

Met drainagevoorzieningen wordt de grondwaterstand permanent kunstmatig verlaagd (bijvoorbeeld met drains of grindkoffers). Drainagesystemen kunnen toegepast worden bij grondwateroverlast, hierbij moet wel bekeken worden of de verlaging van de grondwaterstand in de omgeving niet leidt tot droogvallende houten paalfunderingen (grondwateronderlast).

Met infiltratievoorzieningen wordt de grondwaterstand permanent kunstmatig verhoogd (bijvoorbeeld met drains of IT-riolen). Een IT-riool (infiltratie- en Transportriool) zal normaliter water infiltreren, maar kan bij hoge grondwaterstanden water afvoeren. In het Museumkwartier zijn voor zover bekend geen IT-riolen aanwezig.

Infiltratiesystemen kunnen toegepast worden bij grondwateronderlast, hierbij moet wel bekeken worden of de verhoging van de grondwaterstand niet leidt tot grondwateroverlast in de omgeving.

Bij bemalingen wordt de grondwaterstand meestal tijdelijk verlaagd om "in den droge" een constructie te kunnen bouwen onder de grondwaterspiegel. Het grondwaterverlagende effect in de omgeving kan worden beperkt door de toepassing van damwanden of het toepassen van een rotourbemaling. De effecten van een bemaling op de omgeving zijn tijdelijk.

Een bijzondere vorm van bemaling is de polderconstructie. Een polderconstructie bestaat uit een constructie binnen damwanden zonder waterdichte vloer waarbij het instromende grondwater permanent weggepompt wordt. Een voorbeeld van een dergelijke polderconstructie is de parkeergarage en AH op het Museumplein.

4 Bodemopbouw en watersysteem

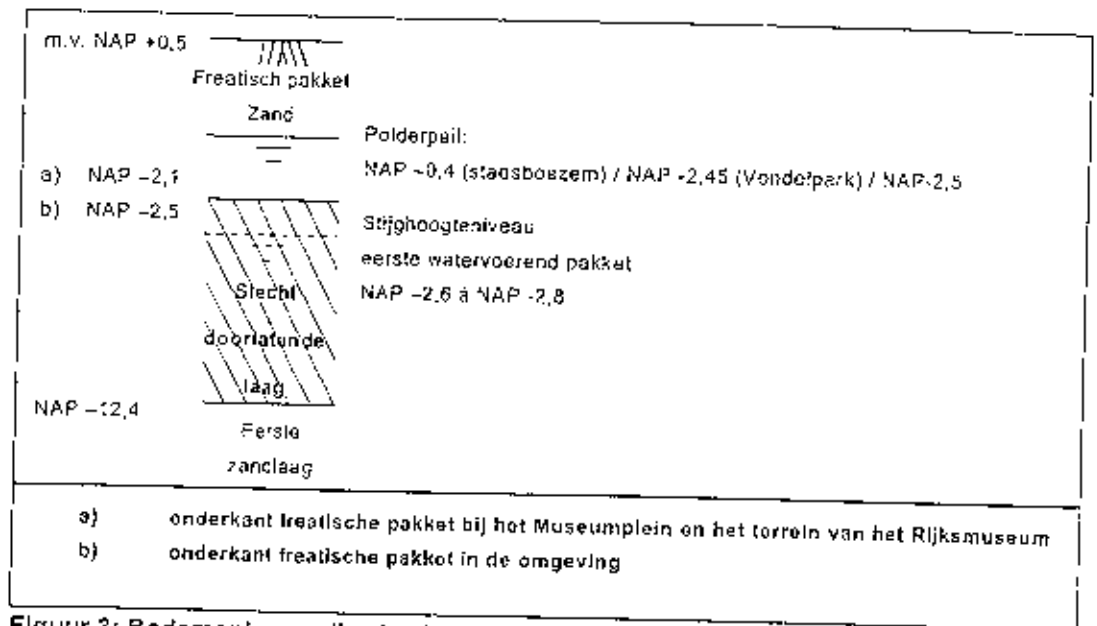
4.1. Bodemopbouw

De opbouw is gebaseerd op boorstaten en sonderingen van voltooide projecten (bron 1 & 2). De maaiveldhoogte rond het Museumplein varieert van NAP +0,4 tot +1,6 m en is gemiddeld NAP +0,5 m. Onder het maaiveld bevindt zich een ophooglaag waarvan de onderkant varieert tussen de NAP -0,7 m (Rijksmuseum) tot NAP -4,1 m (hoek Willemsparkweg en Alexander Boersstraat). Ter plaatse van het Museumplein, het Rijksmuseum en de Johannes Vermeerstraat bevindt de onderkant van deze laag zich gemiddeld op NAP -2,1 m en in de omgeving bevindt de onderkant van deze laag op NAP -2,5 m. Deze ophooglaag vormt het freatische pakket, wat betekent dat het water een vrije grondwaterspiegel heeft, niet afgedekt is door slechtdoorlatende lagen of onder druk staat, en kan dus vrij dalen of stijgen. Onder dit freatische pakket bevindt zich een slechtdoorlatende laag, welke bestaat uit klei- en veenlagen van enkele meters dik, daaronder een laag wadzand en aan de onderzijde een laag slecht doorlatend basisveen. Onder het basisveen (onderkant varieert tussen de NAP -12,2 m en NAP -13,2 m) bevindt zich de eerste zandlaag, die het eerste watervoerende pakket vormt. De bodemopbouw in het plangebied is samengevat in Tabel 1.

Bodemlaag	Onderkant (m + NAP)	Dikte (m)	Geohydrologie
Maaiveld	+0,4 à +1,6	-	-
Ophooglaag; zand	-0,7 à -4,1	1,3 à 4,6 gemiddeld ca. 3 m	Freatisch pakket
Holocene afzettingen; veen /klei, wadzand, klei, basisveen	-12,2 à -13,2	9,2 à 12,5	Slechtdoorlatende laag
Eerste zandlaag	-	-	Eerste watervoerend pakket

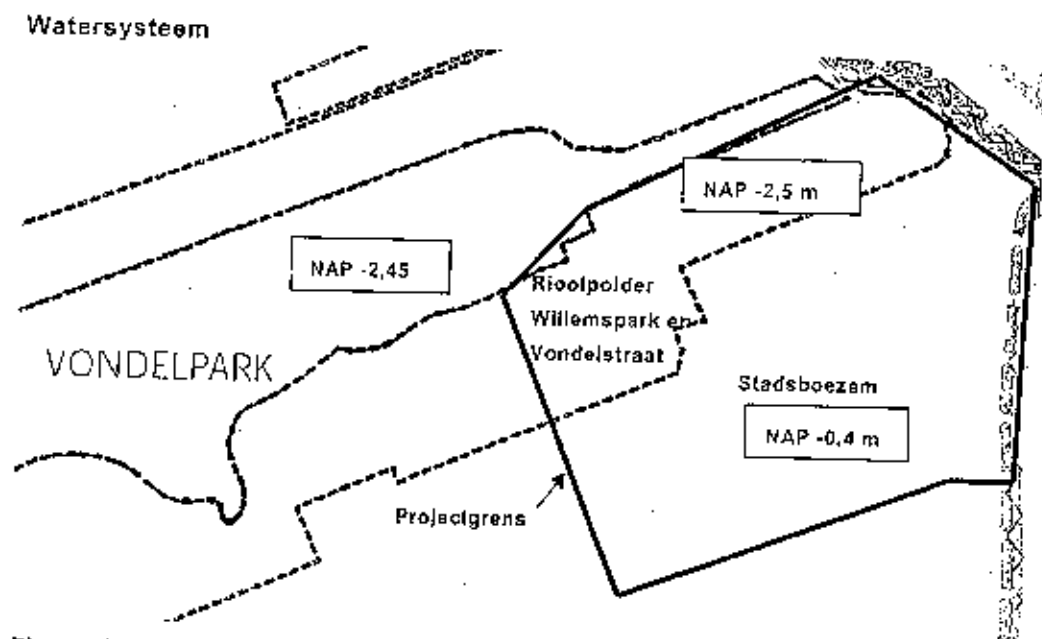
Tabel 1: Bodemopbouw

Voor het bepalen van de grondwaterstanden is uitgegaan van de bodemopbouw uit Figuur 3.



Figuur 3: Bodemopbouw, die als uitgangspunt voor het grondwatermodel gebruikt is.

4.2. Watersysteem en geohydrologie



Figuur 4: Poldersystemen

Het projectgebied ligt in de stadsboezem waar in het oppervlaktewater een streefpeil van NAP -0,40 m wordt gehandhaafd [bron 4]. Het gedeelte tussen de Jan Luijkenstraat / Van Breestraat en het Vondelpark wordt onderbemalen als "rioolpolder Willemspark en Vondelstraat" [bron 4]. In deze rioolpolder wordt in de oude polderriolen een waterpeil van NAP -2,5 m gehandhaafd [bron 5 en bijlage 8]. De grens van het projectgebied wordt gevormd door het Vondelpark, die een eigen subpolder vormt waar in de waterpartijen een streefpeil van NAP -2,45 m wordt gehandhaafd.

In het gebied vormen de Singelgracht en de Boerenwetering het oppervlaktewaterstelsel dat met een peil van NAP -0,4 m als drainage- / infiltratiebasis voor het grondwatersysteem fungeert. Door het peilverschil tussen deze watergangen en de onderbemaling Vondelpark, de polderriolen en diverse infiltratie- / drainagesystemen zal het grondwater voornamelijk richting deze onderbemalingen stromen.

Freatisch pakket

Het ophoogzand vormt het freatische pakket. De doorlatendheid van het freatische pakket is in bron 6 bepaald op 6 m/dag. De gemiddelde grondwaterstanden varieerden in 2002 van NAP -2,3 m (nabij het Vondelpark) tot NAP -0,3 m (op het Museumplein) [bron 3 en Waternet peilbuizen-netwerk]. Op de peilbuizen is een controle uitgevoerd naar de diepte waarop de filter zich bevindt. Hieruit blijkt dat sommige peilbuizen een filterstelling hebben die net in de scheidende laag ligt. In dat geval wordt een afwijkende grondwaterstand gemeten aangezien daar geen vrije (freatische) grondwaterspiegel is. Daarom is voor deze peilbuizen een correctie van de grondwaterstand uitgevoerd. De dikte van het pakket varieert sterk (van 1,3 tot 4,6 m). De verschillen zijn soms zeer lokaal.

Slechtdoorlatende laag

Aan de onderzijde van de slechtdoorlatende laag bevindt zich vrijwel overal een laag (ingeklonken) basisveen. De totale verticale hydraulische weerstand van de slechtdoorlatende laag bedraagt circa 5.000 dagen [bron 6].

Eerste watervoerend pakket

De stijghoogte in het eerste watervoerend pakket loopt af van NAP -2,6 m in het noorden tot NAP -2,8 m in het zuidwesten [bron 6, 7 en 8]. Het diepe grondwater stroomt dus af naar het zuidwesten. Doordat de freatische grondwaterstanden in het projectgebied [bron 3] hoger zijn dan de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket is er sprake van inzijging (neerwaartse verticale stroming) naar het watervoerend pakket. Uit de metingen in de peilbuizen blijkt dat in 2000 de stijghoogte in het watervoerend pakket tijdelijk verlaagd is tot circa NAP -3,3 m, dit is vermoedelijk veroorzaakt door spanningsbemaling voor bouwwerkzaamheden in de omgeving. Daarna zijn de oorspronkelijke stijghoogten weer hersteld.

5 Ondergrondse constructies & drainage- / infiltratiesystemen

Ondergrondse constructies vormen een blokkade voor de grondwaterstroming, met als gevolg dat de grondwaterstand bovenstrooms van de ondergrondse constructie kan stijgen en benedenstrooms van de ondergrondse constructie kan dalen. Dit gebeurt voornamelijk in het freatische pakket; aangezien dit pakket slechts enkele meters dik is (tabel 1), kunnen constructies het pakket in zijn geheel blokkeren.

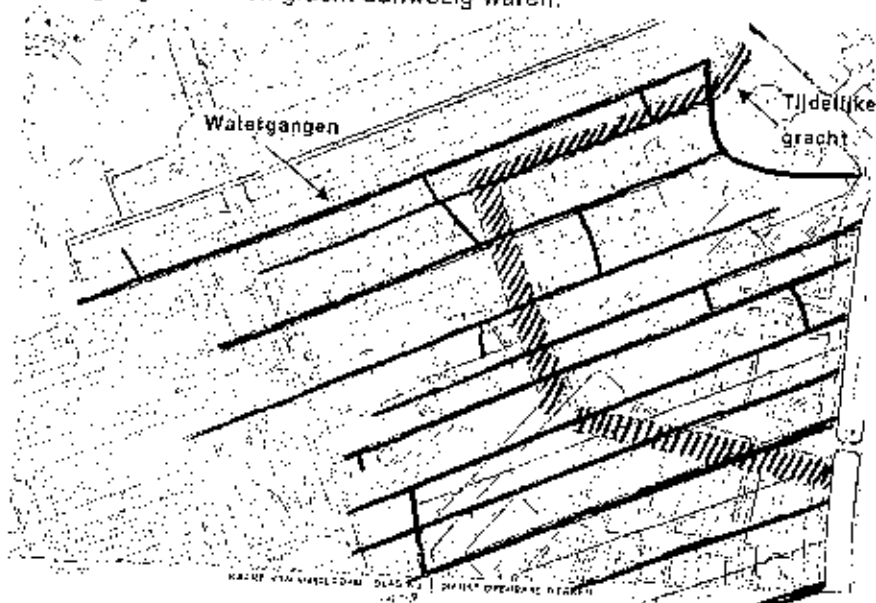
Naast de aanleg van ondergrondse constructies zijn en worden er ook drainage- / infiltratiesystemen aangelegd. Deze handhaven een bepaald grondwaterpeil door water te draineren en soms ook te infiltreren, en beïnvloeden daarmee bewust de grondwaterstroming.

Om de effecten van de verschillende ondergrondse constructies en de infiltratie- / drainagesystemen op de grondwaterstroming te bepalen worden de grondwaterstanden voor drie situaties in de tijd berekend. De situaties verschillen in de hoeveelheid ondergrondse constructies en de aanwezigheid van infiltratie- / drainagesystemen. Het gaat om:

- 1990
- 2007
- 2030

5.1. Historie

Uit archiefonderzoek is gebleken dat er in het projectgebied in vroegere tijden watergangen en een gracht aanwezig waren.



Figuur 5: Locatie oude gracht en watergangen

De gracht is aangelegd rond 1880 en volgde ongeveer de huidige Jan Luijkenstraat en Honthorststraat. De gracht heeft maar een zeer korte periode bestaan (circa 5 à 10 jaar). De watergangen zijn veel ouder (12^{de} eeuw) en hebben aanzienlijk langer bestaan. Een gedeelte van de watergangen zijn in de loop van de tijd overkluisd en vormen nu de polderriolen (vanaf circa 1880). Andere watergangen zijn gedempt. In de huidige situatie hebben de oude gedempte watergangen en gracht nog invloed op de grondwaterstroming doordat zij mogelijk fungeren als preferente stroombanen.

De aanwezigheid van de gracht en oude watergangen (polderriolen) verklaart ook de verschillen in funderingsniveau tussen het Rijksmuseum Amsterdam en de nabij gelegen bebouwing.

Het Rijksmuseum is gebouwd in 1885 binnen de tijdelijke gracht. Verondersteld wordt dat het waterpeil in de gracht toen ook gehandhaafd werd op NAP -0,4 m, waardoor de grondwaterstand daar ook ongeveer op die hoogte lag. De funderingshoogte is dus op deze grondwaterstand afgestemd.

De bebouwing van de Jan Luijkenstraat en de P.C. Hooftstraat is gebouwd binnen de rioolpolder Willemspark en Vondelstraat en valt binnen het invloedsgebied van de polderriolen met een streefpeil van NAP -2,5 m. Hierdoor was de grondwaterstand op de locatie van de bebouwing aanzienlijk lager dan bij het Rijksmuseum en kon dus ook de fundering lager aangelegd worden.

Naast onderzoek naar oude watergangen in het projectgebied, is tevens archiefonderzoek gedaan naar de aanwezigheid van oude ondergrondse bunkers. Aan de zuidoostzijde van het Museumplein waren in de Tweede Wereldoorlog diverse Duitse instanties gevestigd, zoals de Feldkommandantur en de Ortskommandantur. Tevens was er vanaf 16 mei 1940 het Gemeentelijk Bureau Inkwartiering gevestigd in het pand Museumplein 17, vlak naast de Feldkommandantur op nr. 19. Vanaf mei 1943 was het Museumplein één van de 'Stützpunkte', waaromheen de Duitse verdediging vanaf mei 1943 was georganiseerd: vier bunkers (en drie bunkers op de wegen er naar toe), twee schuilkelders, ondergrondse gangen, luchtafweergeschut (Flieger Abwehrkanone), prikkeldraadversperringen en Spaanse ruiters. De ondergrondse gangen verbonden de schuilkelders via een zig-zagtracé (zie bijlage 7). De bunkers op het Museumplein dienden voor 80 à 150 verdedigers. Bij de noordelijke doorgang naar de Ortskommandantur stond een wachtpost. De bunkers waren aan enkele zijden aangeaard, zoals blijkt uit foto's van de besneeuwde bunkers uit januari 1946. In 1946 werden enkele bunkers aan de oostzijde van het Museumplein gesloopt tot op de paalkoppen. In 1953 volgde de laatste bunker. De bunkers vormen dus geen ondergrondse barrière meer voor de grondwaterstroming. Het is niet bekend of zigzag-gangen bij de aanleg geheel of gedeeltelijk gesloopt zijn [bron 29].

5.2. Situatie 1990

De situatie 1990 is de uitgangssituatie. In deze situatie waren nog geen uitbreidingen van de musea en ondergrondse garages gebouwd. Tevens was toen het Museumplein nog niet heringericht. In tabel 2 zijn de ondergrondse constructies die toen aanwezig waren opgenomen.

Ondergrondse constructie	Laagste niveau [m + NAP]	Resterende freatische pakketdikte [m]
1. Kelders Rijksmuseum [bron 9]	-0,4	2,6
2. Kelders oude PTT-centrale Robbemaakade [bron 19]	-7,0	0
3. Kelders Tennierstraat 1 [bron 17]	-2,2	0,3
4. Kelders Sweelinck college [bron 15]	-1,4	0,1
5. Kelders van Gogh-museum [bron 10]	-2,1	0,4
6. Kelders Amerikaanse Consulaat	-2,6	0,4
7. Parkeerkelder Vossiusstraat 56 t/m 79 [bron 16]	-3,4	0,1
8. Kelders Stedelijk Museum [bron 10]	-1,9	1,3

Tabel 2: Ondergrondse constructies situatie 1990

Naast de ondergrondse constructies waren er in 1990 ook drainagesystemen aanwezig, die weergegeven zijn tabel 3. Deze systemen draineren water; de genoemde systemen infiltreren echter geen water, zodat de grondwaterstand in droge perioden kan dalen tot onder het drainageniveau.

Locatie drainage- / infiltratiesystemen	Drainageniveau [m + NAP]	Infiltratieniveau [m + NAP]
Museumplein [bron 10] [bron 28]	-0,5	nvt
Zuidelijke en oostelijke tuin Rijksmuseum [bron 14]	-0,5	nvt
Polderriolen [bron 5]	-2,5	nvt

Tabel 3: Drainage- / Infiltratiesystemen situatie 1990

De locatie van de polderriolen is weergegeven in bijlage 1 en de ondergrondse constructies en infiltratie- / drainagesysteem zijn weergegeven in bijlage 2.

5.3. Situatie 2007

Tussen het referentiejaar 1990 en de huidige situatie, per januari 2007, zijn er verschillende ondergrondse constructies bijgekomen. Bij de bouw van de ondergrondse constructies worden vaak tijdelijke damwanden gebruikt om de grond en het grondwater te keren bij het ontgraven van de bouwkuip. Deze damwanden worden na realisatie meestal weer verwijderd. Bij de aanleg van de uitbreiding van het Van Gogh-museum, de busgarage, de bergbezinkbassins en de parkeergarage en Albert Heijn op het Museumplein zijn de damwanden echter achtergebleven.

Ondergrondse constructie	Laagste niveau [m + NAP]	Resterende freatische pakketdikte [m]
9. Kelders Concertgebouw [bron 20]	-5,3	0
10. Bergbezinkbassin Stadhouderskade en bergbezinkbassin Vossiusstraat [bron 21]	Damwanden zijn achtergebleven	0
11. Nieuwe toegang en kelders binnenhoven Rijksmuseum [bron 11]	-5,5	0
12. Energiering rond Rijksmuseum [bron 9]	-11 (bovenkant op -0,4)	Stijghoogte [m-NAP] + 0,4
13. Busgarage Museumplein [bron 22]	Damwanden zijn achtergebleven	0
14. Ateliergebouw en aansluiting Ateliergebouw op busgarage	-8,1	0
15. Kelder Johannes Vermeerstraat 7 - 9 [bron 23]	-2,8	0
16. Kelder vriesinstallatie waterbassin Museumplein en kelder zuiveringsinstallatie waterbassin Museumplein [bron 18]	-3,1	0
17. Uitbreiding van Gogh-museum [bron 10]	Damwanden zijn achtergebleven	0
18. Parkeergarage en Albert Heijn Museumplein [bron 12]	Damwanden zijn achtergebleven	0
19. Parkeerkelder PC Hooftstraat 170 t/m 172 [bron 24]	-3,3	0,7
20. Parkeerkelder PC Hooftstraat 174 t/m 228 [bron 25]	-6,0	0
21. Parkeerkelder PC Hooftstraat 169 t/m 181 [bron 26]	-6,5	0
22. Parkhotel	onbekend	0 (aanname)

Tabel 4: Ondergrondse constructies situatie 2007

Tussen 1990 en 2007 zijn diverse werkzaamheden verricht. Het drainagesysteem rond het Rijksmuseum is uitgebreid. Naast de zuid- en oostzijde van het Rijksmuseum is er nu ook aan de west- en noordzijde van het Rijksmuseum een drainagesysteem aangebracht. In tegenstelling tot de andere drainagesystemen wordt dit drainagesysteem ook actief gebruikt om water te infiltreren om het grondwater voldoende hoog te houden, zodat de funderingspalen van het Rijksmuseum niet droog komen te staan.

Bij de herinrichting van het Museumplein is de aanwezige drainage vernieuwd. Ter plaatse van de parkeergarage, kelder van het Van Gogh-museum, de bloementuin en de cirkel van licht is de drainage circa 0,3 m hoger aangelegd [bron 10]. In de tuinen tussen de PC Hoofstraat en Jan Luijkenstraat is het bestaande polderriool vervangen door een drainagesysteem. Hierbij is het drainageniveau verhoogd van NAP -2,5 naar NAP -2,1 m. Doordat de intree weerstand naar alle waarschijnlijkheid erg verbeterd is, is het verhogende effect op de grondwaterstand van deze verandering minder dan 0,4 meter.

Locatie drainage- / infiltratiesystemen	Drainageniveau [m + NAP]	Infiltratieniveau [m + NAP]
Museumplein; parkeergarage en kelder van Gogh [bron 10]	+0,05 à +0,1	nvt
Museumplein; bloementuin en cirkel van licht [bron 10]	+0,05 à +0,15	nvt
Museumplein; middengedeelte [bron 10]	-0,5	nvt
Rondom Rijksmuseum	-0,5	-0,7
Polderriolen (de locaties zijn weergegeven in bijlage Bijlage 1) [bron 5]	-2,5	nvt
Tuinen tussen PC Hoofstraat en Jan Luijkenstraat [bron 6]	-2,1	nvt

Tabel 5: Drainage- / infiltratiesystemen situatie 2007

5.4. Situatie 2030

Momenteel zijn er plannen in ontwikkeling voor meer ondergrondse constructies in de omgeving van het Museumplein. Voor de in tabel 6 genoemde ondergrondse constructies is gekeken wat het cumulatieve effect is van de realisatie van deze ondergrondse constructies op de grondwaterstroming.

Ondergrondse constructie	Laagste niveau [m + NAP]	Resterende freatische pakketdikte [m]
23. Parkeergarage "The office" [bron 27]	-8,3	0
24. Ondergronds theater "The Artist" [bron 27]	-10,6	0
25. Uitbreiding Stedelijk Museum [bron 13]	-8,6	0
26. Parkeergarage Hobbemakade 30, 31 en 50	Nog geen ontwerp beschikbaar	0 (aanneme)
27. Parkeergarage Conservatorium	Nog geen ontwerp beschikbaar	0 (aanneme)

Tabel 6: Ondergrondse constructies situatie 2030

6 Grondwatermodel

De effecten van de aanleg van de ondergrondse constructies en drainage- / infiltratiesystemen op de grondwaterstanden in de drie verschillende situaties zijn onderzocht. De grondwaterstanden zijn berekend met een Microfem grondwatermodel, waarbij freatisch gerekend wordt.

6.1. Methodiek

Er is een grondwatermodel opgezet voor het projectgebied en omgeving met Microfem versie 3.60.57 [bron 30]. Het Microfem grondwatermodel wordt gevuld met de gegevens gepresenteerd in de voorgaande paragrafen. Vervolgens wordt het model drie keer gekalibreerd:

- het model wordt gekalibreerd op de gemiddelde grondwaterstanden uit 1990 met behulp van een gemiddelde grondwateraanvulling. Deze grondwaterstanden beschrijven de geohydrologische situatie van voor de aanleg van de verschillende ondergrondse constructies. Uit de kalibratie volgen de modelparameters (voornamelijk de doorlatendheid) die de geohydrologische situatie het beste beschrijven;
- het model wordt met behulp van de bepaalde doorlatendheid gekalibreerd op de hoogste grondwaterstanden in de acht jaar van voor 1990 (afgeleide Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand, GHG). In hoofdstuk 3 staat vermeld hoe uit de beschikbare meetreeks een "afgeleide GHG" is bepaald. Uit de kalibratie volgt de grondwateraanvulling die representatief is voor de natte situatie;
- het model wordt met behulp van de bepaalde doorlatendheid gekalibreerd op de laagste grondwaterstanden in de acht jaar van voor 1990 (afgeleide Gemiddeld Laagste Grondwaterstand, GLG). In hoofdstuk 3 staat vermeld hoe uit de beschikbare meetreeks een "afgeleide GLG" is bepaald. Uit de kalibratie volgt de grondwateraanvulling die representatief is voor de droge situatie.

Met de zo bepaalde doorlatendheid en grondwateraanvulling voor een droge en natte situatie worden ook de andere twee situaties (2007 en 2030) doorgerekend. De enige parameters die in de tijd veranderen zijn de locaties van de ondergrondse constructies en drainage- / infiltratiemiddelen. Deze veranderingen zijn meegenomen in de modellering.

Het model houdt dus geen rekening met andere veranderingen van de geohydrologische situatie, zoals het stopzetten van grondwaterwinningen of bemalingen, veranderen van het polderpeil, effecten van klimaatsverandering, aanbrengen van grootschalige grondverbetering in het gebied, vervangen van lekkende riolering, verwijderen of aanbrengen van drainages (met uitzondering van degene genoemd in tabel 3 en 5) en afkoppeling van hemelwater van het riool. Monitoring van de grondwaterstanden moet aangeven welke marges er zijn tussen de werkelijke grondwaterstand en de modeluitkomsten.

6.2. Bepaling geohydrologische parameters

De geohydrologische parameters die nodig zijn als invoer voor het grondwatermodel zijn bepaald door ijking van het model voor de situatie 1990 op de gemeten gemiddelde grondwaterstanden in 1990 [cluster 31, 32, 40, 58 en 59 uit bron 3]. Voor onverhard gebied (circa 30% project-gebied) geldt een gemiddelde grondwateraanvulling van circa 1,0 mm/d en voor verhard gebied (circa 70% projectgebied) een gemiddelde grondwateraanvulling van circa 0,5 à 0,6 mm/d. De verhardingsdichtheid in het projectgebied, met uitzondering van het Museumplein en het terrein van het Rijksmuseum, is overal ongeveer gelijk en zodoende wordt voor dit gebied een gemiddelde grondwateraanvulling van 0,7 mm/dag gehanteerd. Voor het Museumplein en het terrein van het Rijksmuseum wordt een gemiddelde grondwateraanvulling van 1,0 mm/d gebruikt (zie bijlage 6 voor de grenzen van de gebieden met een verschillende grondwateraanvulling). Er vindt geen grondwateraanvulling plaats bij de ondergrondse constructies. De locatie van de ondergrondse constructies en infiltratie-/drainagesystemen in 1990 zijn aangegeven in bijlage 2. Ondergrondse constructies en infiltratie-/drainagesystemen anders dan aangegeven in bijlage 2 zijn niet opgenomen in het model. De uit de ijking verkregen geohydrologische parameters zijn weergegeven in tabel 7.

Geohydrologische parameters	
• Polderpeilen	Vondelpark = NAP -2,45 m Watergangen stadsboezem = NAP -0,4 m
• Grondwateraanvulling (voor gemiddelde grondwaterstand)	Museumplein en het terrein van het Rijksmuseum = 1,0 mm/d Overig deel projectgebied = 0,7 mm/d
• Doorlatendheid freatisch pakket	Ter plaatse van ondergrondse constructies die het gehele freatische pakket blokkeren = 0 m/d Waar de ondergrondse constructies het freatische pakket niet volledig blokkeren wordt de onderstaande doorlatendheid toegepast op de resterende dikte van het freatische pakket onder de ondergrondse constructies. Overig = 7 m/d
• Verticale hydraulische weerstand	Slechtdoorlatende laag = 5.000 dagen
• Stijghoogte eerste watervoerende pakket	Vaste stijghoogte loopt lineair af van NAP -2,6 m in het noorden tot NAP -2,8 m in het zuidwesten
• Drainageweerstand	Watergangen = 5 dagen Infiltratie-/drainagesystemen = 1 dag Drainage luinen tussen de PC Hooftstraat en Jan Luijkenstraat = 150 dagen Polderriolen = 300 dagen (dit getal beschrijft de werking van het gehele systeem van polderriolen, dus inclusief ontbrekende delen of delen die in slechte staat zijn, of zijn gelegen in een minder doorlatende bodem)
• De drainages en polderriolen in het model werken alleen drainerend, met uitzondering van het systeem Rijksmuseum waarin levens grondwater kan infiltreren	

Tabel 7: Geohydrologische parameters

6.3. Bepaling grondwateraanvulling gedurende natte/droge periode

Nu de geohydrologische parameters voor het model bekend zijn, kan het model geijkt worden op de laagste en hoogste grondwaterstanden van voor 1990. Bij de ijking wordt door de grondwateraanvulling te variëren gezocht naar de "beste fit" op de laagste en hoogste grondwaterstanden van de peilbuizen. Deze ijking resulteerde in de grondwateraanvulling van Tabel 8.

Periode en locatie	Grondwateraanvulling [mm/d]
Droge periode, Museumplein en terrein Rijksmuseum	0,4
Droge periode, overig deel projectgebied	0,4
Gemiddelde periode, Museumplein en terrein Rijksmuseum	1,0
Gemiddelde periode, overig deel projectgebied	0,7
Natte periode, Museumplein en terrein Rijksmuseum	1,3
Natte periode, overig deel projectgebied	0,9

Tabel 8: Grondwateraanvulling voor natte en droge periode

7 Invloed ondergrondse constructies en drainagesystemen op grondwaterstand

7.1. Situatie 2007

Gemiddelde grondwaterstand

Door de aanleg van ondergrondse constructies tot januari 2007 zouden de gemiddelde grondwaterstanden plaatselijk maximaal circa 15 cm zijn gestegen; zie figuur 6a en bijlage 9. Het verschil in grondwaterstand is aangegeven door kleuren (elke 10 cm), terwijl bij elke 5 cm stijging/daling een witte hulplijn is getekend.

De gemiddelde grondwaterstanden zouden zijn toegenomen in de volgende gebieden:

- gebied ten oosten/zuiden van het Museumplein, tot aan de Boerenwetering en Nicolaas Maesstraat
- gebied ten noorden van het Parkhotel, tot aan Stadhouderskade
- deel Vossiusstraat ten westen van Van Baerlestraat

De gemiddelde grondwaterstanden zouden plaatselijk maximaal 25 cm zijn gedaald. De gemiddelde grondwaterstanden zouden zijn gedaald aan:

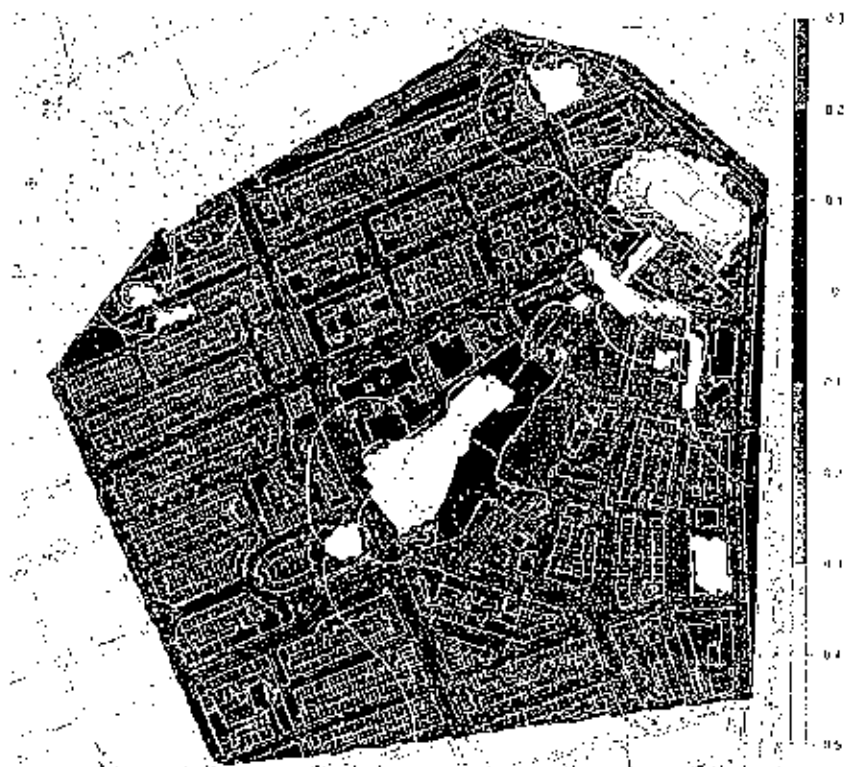
- de zuidzijde van het Parkhotel tot aan de Paulus Potterstraat tot aan het Rijksmuseum;
- de westzijde van de parkeergarage en AH (Van Baerlestraat);
- de P.C. Hooftstraat ten westen van Van Baerlestraat.

Naast de aanleg van ondergrondse constructies zijn er echter ook aanpassingen gedaan aan de drainagesystemen. Zij hebben een veel groter effect op de grondwaterstand dan de extra ondergrondse constructies; zie figuur 6b. Nabij de aangelegde drainage in de tuinen tussen de P.C. Hooftstraat en de Jan Luijkenstraat is de grondwaterstand met circa 15 tot 25 cm gedaald. Nabij het Museumplein is de grondwaterstand gestegen doordat de drainagehoogte verhoogd is. Daarbij is uitgegaan van de drainageniveaus uit tabel 5.

De gebieden waar het grondwater meer dan 10 cm stijgt of daalt als gevolg van de ondergrondse constructies en drainagesystemen, zijn samengevat in tabel 9. Hierin staat ook hoe groot deze gebieden zijn.

Markering in figuur	Locatie	Berekende verandering in gemiddelde grondwaterstand in 2007 (t.o.v. 1990)	Oppervlak van gebied met verandering >10 cm	Berekende gemiddelde grondwaterstand in 2007
A (figuur 6b en 8b)	gebieden ten oosten/zuiden/westen van het Museumplein, tot aan de Wouwermanstraat	Stijgingen van 10 cm, tot zeer lokaal maximaal 60 cm in natte periode zelfde stijgingen maar in een groter gebied	Ca. 4 ha In natte periode ca. 5 ha	Ca. NAP -0,2 tot +0,05 m ten zuidoosten van Museumplein, Aflopend naar ca. NAP -0,5 m bij Stedelijk Museum
B (figuur 6b en 7b)	gebied tussen PC Hoofdstraat, Hobbemastraat, Paulus Potterstraat en vd Veldostraat	Dalingen tot 30 cm In droge periode vrijwel dezelfde dalingen maar in een groter gebied	Ca. 6 ha In droge periode ca. 15 ha	Ca. NAP -1,9 m (westzijde) tot NAP -0,5 m (oostzijde)
C (figuur 6b en 7b)	Zeer lokaal rond Rijksmuseum en PC Hoofdstraat 174	Dalingen tot 15 cm	Enkele are	varieert
D (figuur 6b en 8b)	Zeer lokaal ten oosten van Van Goghmuseum	stijging tot 15cm; In natte periodes tot 30 cm	Enkele are; in natte periodes ca. 0,2 ha	Ca. NAP -0,30 m

Tabel 9: gebieden met grootste verandering gemiddelde grondwaterstand in 2007 ten opzichte van 1990



Zonder verandering in drainagesystemen



Met verandering in drainagesystemen

Figuur 6a/b: Verandering in gemiddelde grondwaterstand in 2007 t.o.v. 1990 [m]

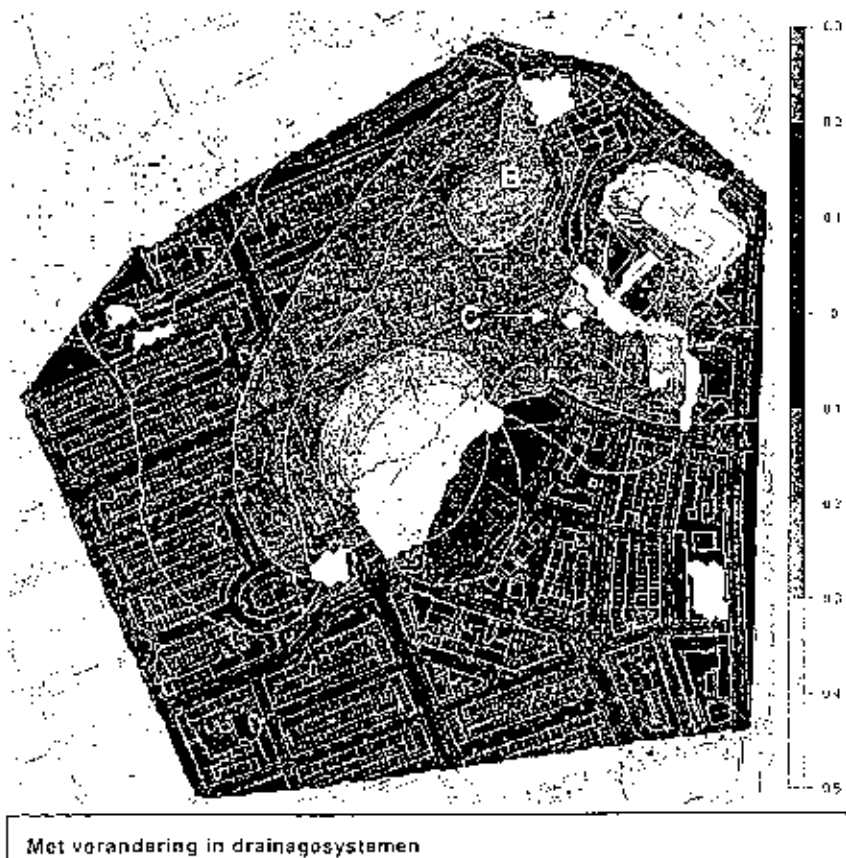
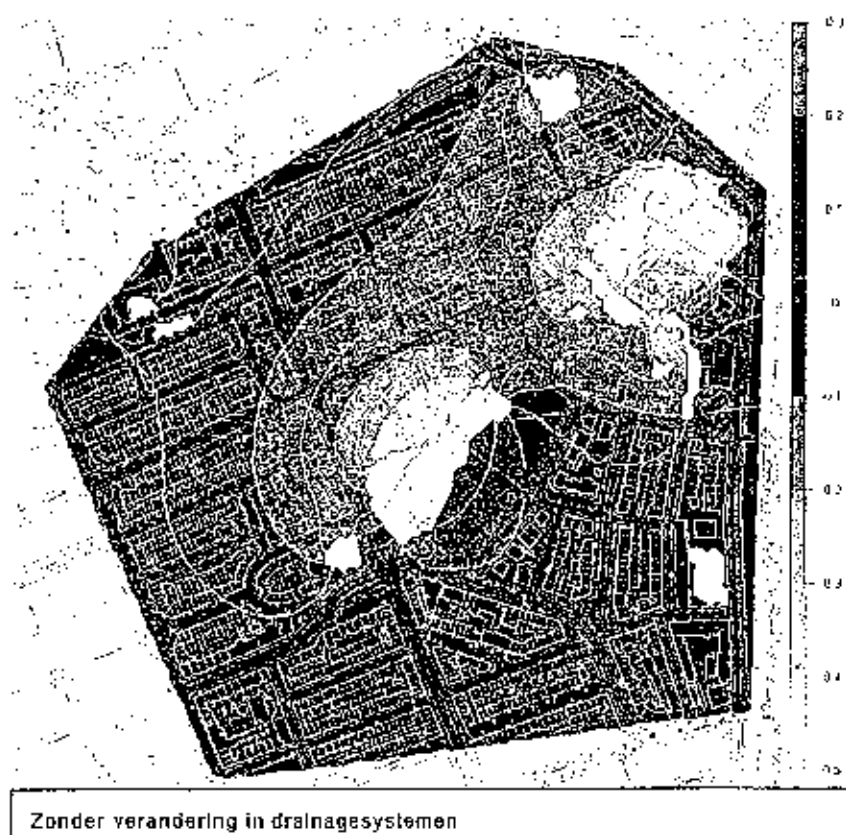
Grondwaterstand droge situatie

Door de aanleg van ondergrondse constructies tot 2007 zouden de grondwaterstanden in de droge periode plaatselijk maximaal circa 50 cm zijn gedaald. De grondwaterstanden in de droge periode (figuur 7a) zouden zijn gedaald aan:

- de zuidzijde van het Parkhotel tot aan Honthorststraat, Paulus Potterstraat en Rijksmuseum;
- de westzijde van de parkeergarage en AH tot achterzijde concertgebouw;

In de droge periode treden gedempte grondwaterstijgingen op ten opzichte van 1990. Deze zijn hier niet maatgevend voor het onderkennen van gebieden met grondwateroverlast. De hoogste standen in een natte periode zijn daarvoor van belang.

Naast de aanleg van ondergrondse constructies zijn er echter ook aanpassingen gedaan aan de drainagesystemen. Zij hebben lokaal een groter effect op de grondwaterstand dan de extra ondergrondse constructies; zie figuur 7b.



Figuur 7a/b: Verandering in grondwaterstand droge situatie in 2007 t.o.v. 1990 [m]

Grondwaterstand natte situatie

Door de aanleg van ondergrondse constructies tot 2007 zouden de grondwaterstanden in de natte periode plaatselijk maximaal circa 30 cm zijn gestegen (figuur 8a). De grondwaterstanden in de natte periode zouden zijn toegenomen aan:

- de zuidzijde van het busgarage;
- gebied ten oosten/zuiden van het Museumplein tot achter het Concertgebouw;
- de Vossiusstraat ter hoogte van de Van Baerlestraat.

In de natte periode treden grondwaterdalingen op ten opzichte van 1990. Deze zijn niet maatgevend voor het onderkennen van gebieden met droogvallende paalfunderingen. Daarvoor zijn de laagste standen in een droge periode maatgevend.

Naast de aanleg van ondergrondse constructies zijn er echter ook aanpassingen gedaan aan de drainagesystemen. Zij hebben een veel groter effect op de grondwaterstand dan de extra ondergrondse constructies; zie figuur 8b.



Zonder verandering in drainagesystemen



Met verandering in drainagesystemen

Figuur 8a/b: Verandering in grondwaterstand natte situatie in 2007 t.o.v. 1990 [m]

7.2. Situatie 2030

Gemiddelde grondwaterstand

Ten opzichte van 2007 worden er tot 2030 nog enkele ondergrondse constructies bijgebouwd. Hierdoor vermindert het gebied waar de gemiddelde grondwaterstanden plaatselijk stijgen t.o.v. de situatie uit 1990. Dit gebeurt onder meer aan de zuidoostzijde van de AH en de parkeergarage op het Museumplein, omdat dat gebied in de "luwte" (benedenstroomse zijde) van de parkeergarage "the office" komt te liggen.

Het gebied waar de gemiddelde grondwaterstanden dalen neemt toe bij de PC Hooftstraat en Jan Luijkenstraat (van ca. 6 ha naar 10 ha), daarnaast daalt de grondwaterstand ook aan de noordwestzijde van de toekomstige parkeergarage "the office".

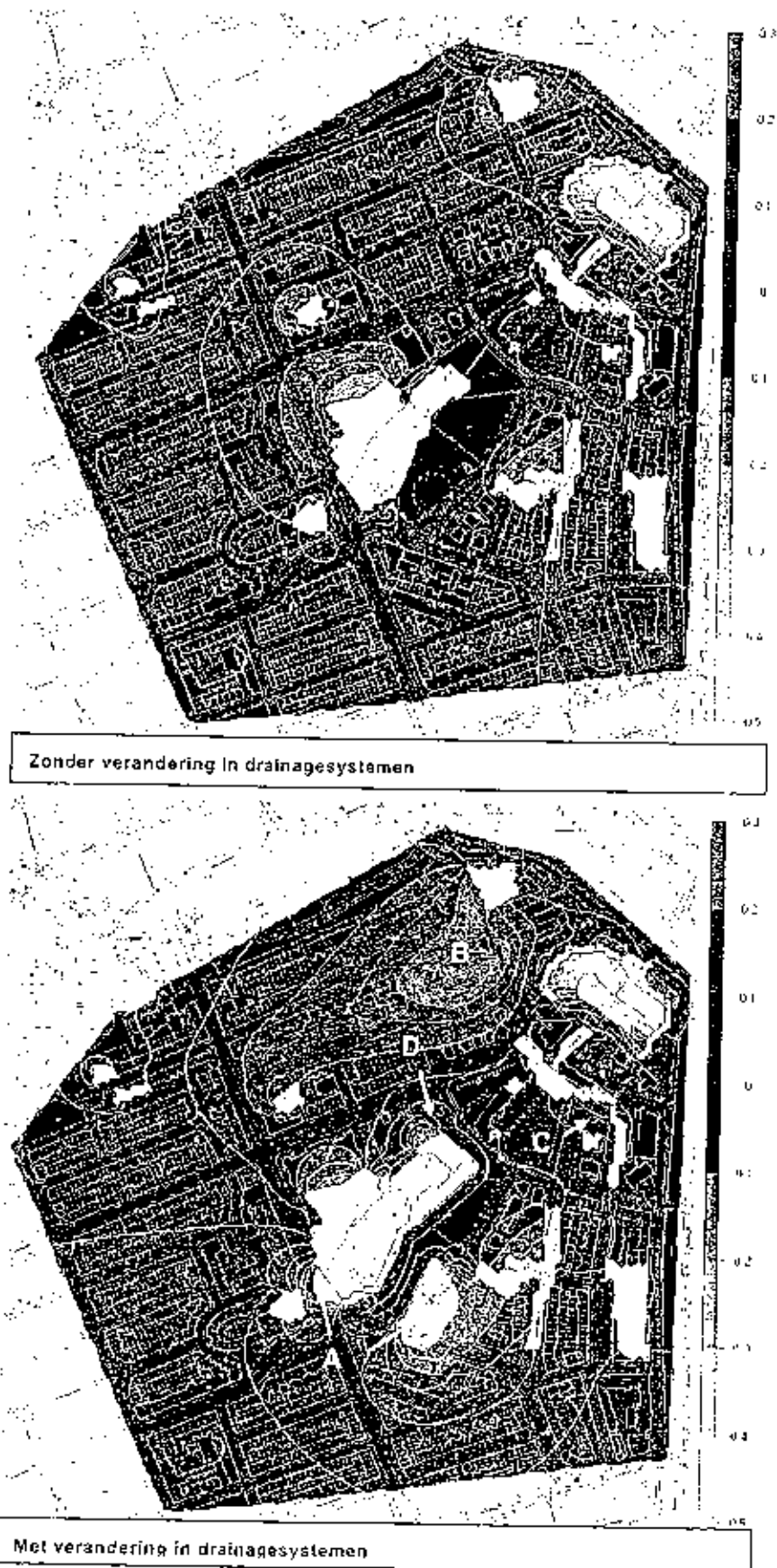
De effecten van de aanpassingen van de drainagesystemen zijn echter nog steeds groter dan de cumulatieve effecten van de verschillende ondergrondse constructies.

De gebieden met een stijging of daling groter dan 10 cm zijn hieronder samengevat.

Markering in figuur	Locatie	Berekende verandering in gemiddelde grondwaterstand in 2030 (t.o.v. 1990)	Oppervlak van gebied met verandering >10 cm	Berekende gemiddelde grondwaterstand in 2030
A (figuur 9b en 11b)	gebieden ten oosten/zuiden/westen van het Museumplein, tot aan de Wouwermanstraat	Stijgingen van 10 cm, tot zeer lokaal maximaal 60 cm In natte periode zelfde stijgingen maar in een groter gebied	Ca. 3 ha In natte periode ca. 4 ha	Ca. NAP -0,2 tot +0,05 m ten zuidoosten van Museumplein. Aflopend naar ca. NAP -0,5 m bij Stedelijk Museum
B (figuur 9b en 10b)	gebied tussen PC Hoofstraat, Hobbemastraat, Paulus Potterstraat en Van Baerlestraat	Dalingen tot 30 cm In droge periode vrijwel dezelfde dalingen maar in een groter gebied*	Ca. 8 ha in droge periode ca. 18 ha	Ca. NAP -1,9 m (westzijde) tot NAP -0,55 m (oostzijde bij ingang Rijksmuseum)
C (figuur 9b en 11b)	Zeer lokaal ten zuiden van Rijksmuseum	stijging tot 12cm; In natte periodes tot 25 cm	Enkele are; In natte periodes neemt het gebied toe tot ca. 0,5 ha	Ca. NAP -0,25 m
D (figuur 9b en 11b)	Zeer lokaal ten oosten van Van Goghmuseum	stijging tot 15cm; In natte periodes tot 30 cm	Enkele are; in natte periodes ca. 0,2 ha	Ca. NAP -0,30 m
E (figuur 9b)	Ten noordwesten van parkeerkelder 'The Office'	Daling tot 15 cm	Ca. 0,3 ha	Ca. NAP -0,40 m

* zie figuur 10: het gebied met daling loopt dan door tot aan het Concertgebouw, met lokale dalingen tot 50 cm bij het Stedelijk Museum

Tabel 10: gebieden met grootste verandering gemiddelde grondwaterstand in 2030 t.o.v. 1990



Figuur 9a/b: Verandering in gemiddelde grondwaterstand in 2030 t.o.v. 1990 [m]

Grondwaterstand droge periode

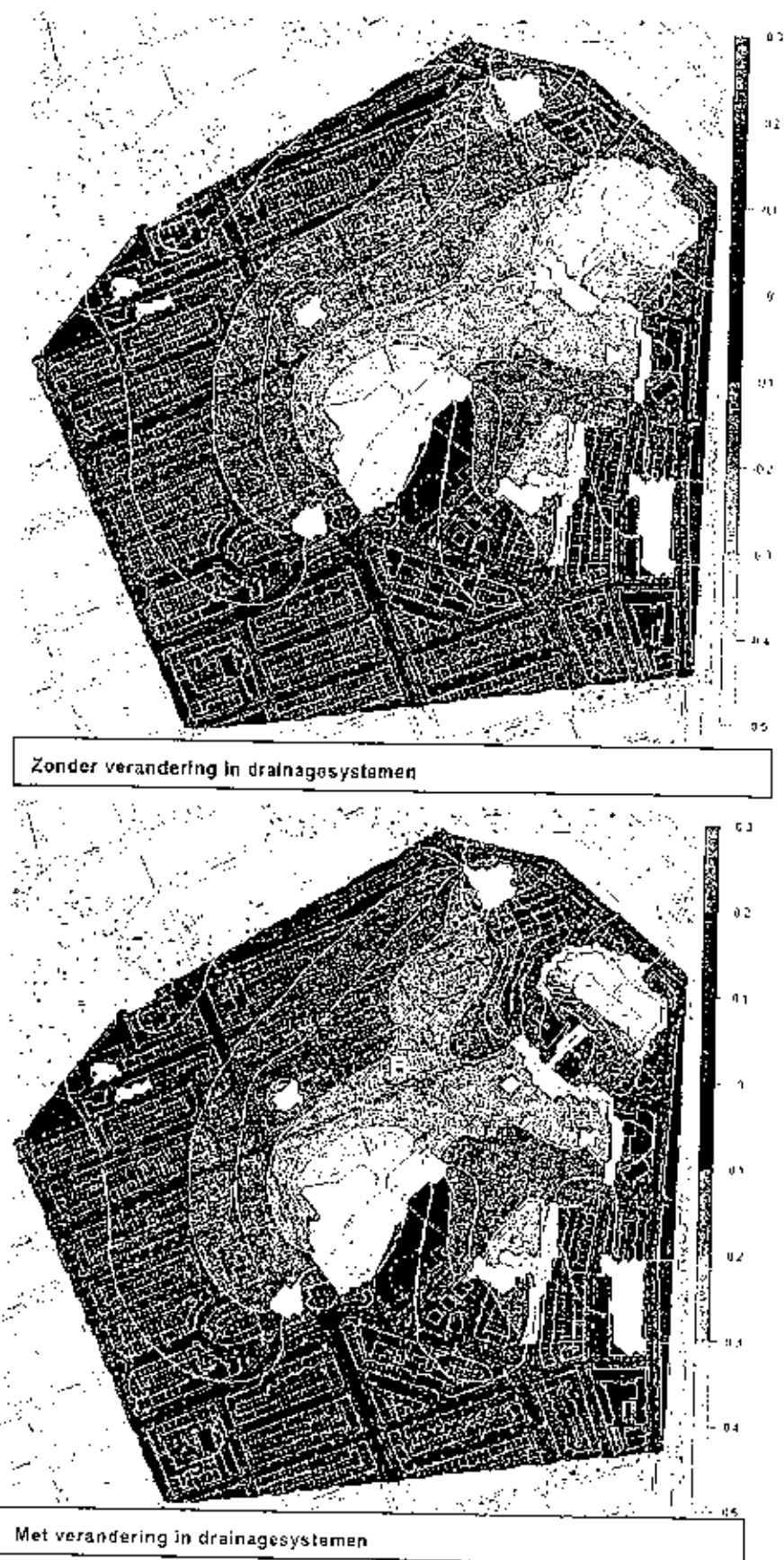
Het gebied waar de grondwaterstanden in de droge periode dalen komt anders te liggen: niet alleen meer rond de PC Hooftstraat en Jan Luijkenstraat, maar het gebied loopt dan door tot aan het Concertgebouw. Het grootste deel van dit gebied (P.C. Hooftstraat en Jan Luijkenstraat) ondergaat een beperkte daling tussen 5 en 20 cm, tot maximaal een kleine 30 cm daling bij de Hobbemastraat (zie figuur 10a) en circa 50 cm daling bij het Stedelijk Museum.

De effecten van de aanpassingen van de drainagesystemen zijn echter lokaal nog steeds groter dan de effecten van de verschillende ondergrondse constructies: zie figuur 10b.

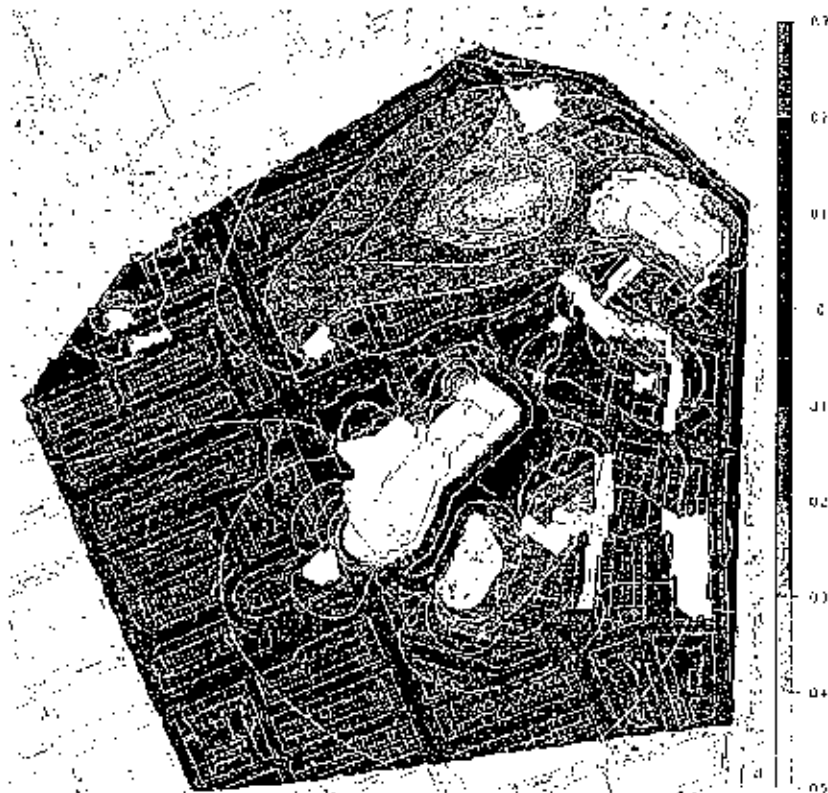
Grondwaterstand natte periode

Door de extra ondergrondse constructies neemt het gebied waar de grondwaterstanden in de natte periode stijgen af. Grondwater aan de benedenstroomse zijde ("luwte") van de kelders, zal namelijk dalen ten opzichte van de uitgangssituatie zonder kelder (zie figuur 11a).

De effecten van de aanpassingen van de drainagesystemen zijn lokaal nog steeds groter dan de effecten van de verschillende ondergrondse constructies: zie figuur 11b.



Figuur 10a/b: Verandering in grondwaterstand droge situatie in 2030 t.o.v. 1990 [m]



Zonder verandering in drainagesystemen



Met verandering in drainagesystemen

Figuur 11a/b: Verandering in grondwaterstand natte situatie in 2030 t.o.v. 1990 [m]

8 Samenvatting, conclusies en aanbevelingen

Voor het Museumkwartier zijn grondwaterberekeningen gedaan voor de situaties 1990, 2007 en 2030. Hierin zijn de (plannen voor) ondergrondse constructies en drainage-/infiltratiesystemen meegenomen. De modelberekeningen zijn uitgevoerd voor een natte, droge en gemiddelde situatie.

Uit de modelresultaten blijkt dat door de aanleg van de ondergrondse constructies tot 2007 de gemiddelde grondwaterstand lokaal maximaal 0,15 m stijgt en lokaal maximaal 0,25 m daalt ten opzichte van de situatie in 1990.

Voor de droge situatie, wanneer de kans op grondwateronderlast met droogvallende paalkoppen het grootst is, zijn de grondwaterstanden door de ondergrondse constructies plaatselijk tot 0,3 m gedaaid (negatief effect).

Voor de natte situatie, wanneer de kans op grondwateroverlast met onderlopende kelders en kruipruimtes het grootst is, zijn de grondwaterstanden door de ondergrondse constructies plaatselijk 0,3 m gestegen (negatief effect).

Veranderingen aan de in het gebied liggende drainagesystemen hebben ook effect op de grondwaterstanden. Het aanleggen van drainage in de tuinen tussen de P.C. Hooftstraat en de Jan Luijkenstraat, in de westelijke en noordelijke tuin van het Rijksmuseum en de verandering van het drainageniveau van de drainage op het Museumplein hebben lokaal een groter effect op de grondwaterstanden dan de aanleg van de ondergrondse constructies. Het effect van de ondergrondse constructies en drainagesystemen gezamenlijk leidt tot een maximale daling van circa 30 cm bij de P.C. Hooftstraat en Jan Luijkenstraat, en stijgingen tot zeer lokaal 60 cm aan de randen van het Museumplein.

Samengevat treedt de stijging van de grondwaterstand in 2007 voornamelijk op in:

- gebieden ten oosten/zuiden/westen van het Museumplein, tot aan de Wouwermanstraat (ca. 4-5 ha, stijging maximaal 60 cm);
- zeer lokaal aan oostzijde Van Goghmuseum (15-30 cm stijging)

De daling van de grondwaterstand in 2007 treedt voornamelijk op aan:

- gebied tussen PC Hooftstraat, Hobbemastraat, Paulus Potterstraat en vd Voldestraat (ca. 6 ha, daling maximaal 30 cm);
- zeer lokaal rond PC Hooftstraat 174 en Rijksmuseum; dalingen: tot 15 cm

De uitbreiding van de ondergrondse constructies tot 2030 resulteert in een verdere uitbreiding van het gebied waar de gemiddelde grondwaterstand daalt, met name bij de P.C. Hooftstraat. Dit laatste gebied groeit van ca. 6 naar 8 ha, met dalingen tot 30 cm (en lokaal 50 cm bij Stedelijk Museum) in een droge periode ten opzichte van 1990.

Voor de natte situatie resulteert de uitbreiding van de hoeveelheid ondergrondse constructies tot een afname van het gebied met stijging ten oosten/zuiden/westen van het Museumplein, van ca. 4-5 naar 3 ha. Dit komt doordat grondwater aan de benedenstroomse zijde van de kelders komt te liggen en daardoor minder stijgt. Daarnaast treden zeer lokale veranderingen op ten zuiden van het Rijksmuseum (stijging tot 25 cm) en aan de noordwestzijde van de toekomstige parkeergarage "the office" (daling tot 15 cm).

Voor de droge en natte situatie geldt echter ook in 2030 dat het effect van de veranderingen aan de in het gebied liggende drainagesystemen lokaal een groter effect op de grondwaterstanden hebben dan de aanleg van de ondergrondse constructies.

Het algemene beeld is, dat voor het Museumkwartier een redelijk groot gebied gecorificeerd wordt met weliswaar beperkte grondwaterdalingen, die echter lokaal (Stedelijk Museum) groter kunnen zijn. Aan de andere kant zijn er grondwaterstijgingen die relatief groot zijn, maar vrij lokaal optreden. Dit algemene beeld doet niet altijd recht aan de lokale situatie.

Met de aanleg van drainagesystemen moet voorzichtig en zorgvuldig worden omgegaan, omdat deze een groot effect kunnen hebben op de grondwaterstanden in de omgeving. Hetzelfde geldt ook voor infiltratiesystemen.

De genoemde veranderingen in de grondwaterstand zijn gebaseerd op berekeningen met een (geijkt) grondwatermodel, aan de hand van de op dit moment bekende ontwikkelingen. De marges in de werkelijk optredende grondwaterstanden kunnen alleen bevestigd worden in de praktijk. Wij adviseren Stadsdeel Oud-Zuid om de berekende waarden na te gaan in de praktijk door een uitgebreide en langlopende serie grondwaterwaarnemingen te doen.

9 Bronvermelding

- [bron 1] Omegam sonderingen
- sondering E5-506, Transportriool Hobbemakade/Honthorststraat, 3 augustus 1994;
 - sondering E5-519, Transportriool Museumplein, 10 november 1994;
 - sondering E5-523, Transportriool Museumplein, 10 november 1994;
 - sondering E5-541, Parkeergarage Museumplein, 21 november 1995;
 - sondering E5-557, Parkeergarage Hobbemastraat, 21 november 1995;
 - sondering E5-608, Archiefkelder Rijksmuseum Amsterdam, 4 december 1996;
 - sondering E5-644, Straatriool Vossiusstraat, 1 oktober 1997;
 - sondering E5-647, Straatriool Vossiusstraat, 1 oktober 1997;
 - sondering E5-654, Straatriool Vossiusstraat, 1 oktober 1997;
 - sondering E5-666, Museumplein onderzoek lichtlijn, 4 oktober 1997;
 - sondering E5-702, Hobbemakade project 7299, 8 maart 1998;
 - sondering E5-708, Hobbemakade project 7299, 6 maart 1998;
 - sondering E5-711, Hobbemakade project 7299, 6 maart 1998;
 - sondering E5-836, Vondelpark project 8242, 7 augustus 2000;
 - sondering E5-858, Transportriool v Baerlestraat project 9664, 15 februari 2001;
 - sondering E5-861, Transportriool v Baerlestraat project 9664, 15 februari 2001.
- [bron 2] Omegam boringen
- boorstaat E5-256, Transportriool Honthorststraat, 6 december 1994;
 - boorstaat E5-300, Parkeergarage Museumplein, 17 november 1995;
 - boorstaat E5-301, Parkeergarage Museumplein, 17 november 1995;
 - boorstaat E5-302, Parkeergarage Hobbemastraat, 17 november 1995;
 - boorstaat E5-549, Monitoring Concertgebouw, 18 mei 1998;
 - boorstaat E5-555, Museumplein, 20 januari 2000;
 - boorstaat E5-556, Museumplein, 20 januari 2000;
 - boorstaat E5-613, Museumplein, 6 december 1996;
 - boorstaat E5-195, Straatriool Palestrinastraat, 15 april 1993;
 - boorstaat E5-203, Straat- en Polderriool v. Baerlestraat, 17 juni 1993;

- boorstaat E5-204, Straal- en Polderriool v. Baerlestraat, 17 juni 1993;
 - boorstaat E5-209, Straal- en Polderriool v. Baerlestraat, 8 juli 1993;
 - boorstaat E5-226, Straatriool de Lairessestraat, 29 juni 1994;
 - boorstaat E5-240, Polderriool Willemsparkweg, 13 september 1994;
 - boorstaat E5-241, Polderriool Willemsparkweg, 13 september 1994;
 - boorstaat E5-244, Polderriool Willemsparkweg, 13 september 1994;
 - boorstaat E5-245, Polderriool Willemsparkweg, 13 september 1994;
 - boorstaat E5-319, Willemsparkweg, 4 maart 1996;
 - boorstaat E5-320, Willemsparkweg, 4 maart 1996;
 - boorstaat E5-595, Gabriel Metsusstraat, 9 augustus 2000;
- [bron 3] Notitie "Grondwater problematiek omgeving Museumplein te Amsterdam, onderzoek grondwaterstandgegevens", referentienummer 0301-459/5, BT Geoconsult B.V., 23 februari 2004.
- [bron 4] Keurkaart AGV 2006 – regio Amsterdam, kaartnummer IM 20060059, Sector Watersystemen Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht, 27 maart 2006.
- [bron 5] Polderboek van Amsterdam, Riolering en Waterhuishouding Amsterdam, 1981
- [bron 6] Rapportage "Museumplein invloed kelder, geohydrologisch onderzoek", rapportnummer 05790113, projectcode 6058315001, Dienst waterbeheer en Riolering, 8 februari 2005
- [bron 7] **Waternet peilbuizen**
- peilbuis E5-610C, Museumplein;
 - peilbuis E5-611C, van Baerlestraat nabij A.H.;
 - peilbuis E5-615C, Vermeerstraat tsk Hobbemastraat 20;
 - peilbuis E5-685C, Vondelpark;
- [bron 8] Grondwaterkaart van Nederland (deel 25), Dienst Grondwaterverkenning TNO, Delft, december 1979.
- [bron 9] Tekening "Het Nieuwe Rijksmuseum, Bouwaanvraag", tekeningnummer MB_DSN.09, Programmadirectie Het Nieuwe Rijksmuseum, 31 maart 2006
- [bron 10] Rapportage "Grondwateroverlast Museumplein te Amsterdam", projectnummer 01.1206.085, van Roekel adviesbureau voor Water en Grond, 30 oktober 2001

- [bron 11] Artikel "Rijksmuseum krijgt 6 meter diepe kelders", Land + Water nummer 12 pagina 14 & 15, december 2006
- [bron 12] Notitie "Autoparkeergarage / supermarkt Museumplein te Amsterdam, evaluatie", referentienummer 01-378/16, BT Geoconsult B.V., 17 november 2003
- Tekening Autoparkeergarage Museumplein, situatietekening autoparkeergarage, tekeningnummer PMA220L, BV Zaanen Spanjers CS Architecten BNA BNI, 8 januari 1998
- Tekening Autoparkeergarage Museumplein, langs-doorsneden, tekeningnummer PMA217L, BV Zaanen Spanjers CS Architecten BNA BNI, 12 februari 1998
- [bron 13] Tekening "Het nieuwe Stedelijk Museum, doorsnede A-A", tekeningnummer 500BA-DS01, Sentnem Crouwel, 9 oktober 2006
- [bron 14] Concept notitie "Geohydrologisch onderzoek invloed kelders Rijksmuseum te Amsterdam", kenmerk X2640.005aoo.rap.doc, Wareco, 11 december 2006
- [bron 15] Tekening Sweelinck college, Dwarsdoorsnede bestaande toestand, Architectenburo J. van Stigt B.V, 17 mei 2004
- Tekening Sweelinck college, Langsdoorsnede bestaande toestand, Architectenburo J. van Stigt B.V, 17 mei 2004
- Tekening Sweelinck college, Kelders bestaande toestand, Architectenburo J. van Stigt B.V, 31 augustus 2004
- Tekening Sweelinck college, Doorsnede A-A en B-B, tekeningnummer B120, Architectenburo J. van Stigt B.V, 17 september 2004
- Tekening Sweelinck college, Doorsnede C-C en D-D, tekeningnummer B121var, Architectenburo J. van Stigt B.V, 10 januari 2005
- [bron 16] Tekening verbouwing woning Vossiusstraat 67 Amsterdam, projectnummer 01.002, bladnummer 001, Jen Alkema Architecten, 22 februari 2001
- Tekening Nieuwe toestand kelder t/m 3^e verd. Vossiusstraat 56, tekeningnummer 05-1261, Hilten & Roossen Planontwikkeling BV, april 1993

- Tekening Bestaande toestand doorsneden Vossiusstraat 56, tekeningnummer 035-1261, Hillen & Roossen Planontwikkeling BV, december 1992
- Tekening Bestaande toestand kelder t/m 2^e verd. Vossiusstraat 56, tekeningnummer 01-1261, Hillen & Roossen Planontwikkeling BV, december 1992
- [bron 17] Tekening Tenierstraat 1. / Museumplein 9. A'dam, Kelder, bestaande toestand, tekeningnummer 619, 01, Architectenburo Veenendaal + Bos, 24 oktober 2004
- Tekening Tenierstraat 1. / Museumplein 9. A'dam, Linker + Rechter zijgevel, Doorsnede A-A, bestaande toestand, tekeningnummer 619, 003, Architectenburo Veenendaal + Bos, 1 maart 1996
- Bestektekening Tenierstraat 1. / Museumplein 9. A'dam, Kelder, Nieuwe toestand, tekeningnummer 619, B.01, Architectenburo Veenendaal + Bos, 1 augustus 1995
- [bron 18] Tekening Voorlopig ontwerp vrieskelder, tekenr 18-81069, Waco-Liesbosch beton B.V., 10 november 2008
- [bron 19] Tekening W2183 Splitsing PTT gebouw, tekeningnummer 2183-70.01, Schwenneke Rosbach Architecten, 27 januari 1995.
- [bron 20] Tekening COBO Trap Koorzaal, bestaande situatie, tekeningnummer COB TK.01, Merckx+Girod, 8 juni 2001
- Tekening COBO Trap Koorzaal, nieuwe situatie rechte steekstrap, tekeningnummer COB TK.02b, Merckx+Girod, 17 augustus 2001
- [bron 21] Tekening Bergbezinkbassin (BBB) Vossiusstraat, overzicht-tekening en doorsneden, tekeningnummer ZB5704-01A, Dienst Waterbeheer en Riofening, 18 mei 2004
- [bron 22] Situatietekening bus station, parkeergarage museumplein, tekeningnummer PMA250L, BV Zaenen Spanjers CS Architecten BNA BNI, 2 februari 1998
- [bron 23] Tekening 105.26 ING Bank te Amsterdam Johannes Vermeerstraat 7, bestaande en nieuwe situatie plattegronden en aanzichten, tekeningnummer 0148-BA1, BV Centraal bureau bouwtoezicht, 3 november 2000
- Tekening Kantoor villa's J. Vermeerstraat 7-9, kelderlaag nieuwe toestand, tekeningnummer 023-07 J.V.S.P, G&S Properties b.v. Amsterdam, 27 juli 1994

- [bron 24] Tekening P.C. Hooftstraat 170-172 Amsterdam, aanvraag herbouw nieuwe toestand, tekeningnummer 02-2555, Dik Smeding BV, 6 juni 2005
- [bron 25] Tekening P.C. Hooftstraat 174-180 revisie achtergevel rechterzijgevel, tekeningnummer 84-920, Dik Smeding BV, 17 november 1990
- [bron 26] Tekening P.C. Hooftstraat 169-181 gevelaanzichten/doorsneden, tekeningnummer 03-1577, Dik Smeding BV, januari 2006
- [bron 27] Schetsontwerpen verkregen van Stadsdeel Oud-Zuid
- [bron 28] Tekening Ontwerp Sevn-Ingvar Andersson, Museumplein integraal situatie museumplein revisie drainage en beregening, projectnummer 110403.000021, tekeningnummer 1, Arcadis 3 mei 2001
- [bron 29] Notitie "Museumplein; ondergrondse obstakels", projectnummer 50151, JBA, 27 maart 2007
- [bron 30] Handleiding "Groundwater flow modeling using Micro-fem", version 3, C.J. Hemker en G.J. Nijster, Amsterdam, november 2000

Bijlage 1: Locatie polderrioelen

Polderrioelen

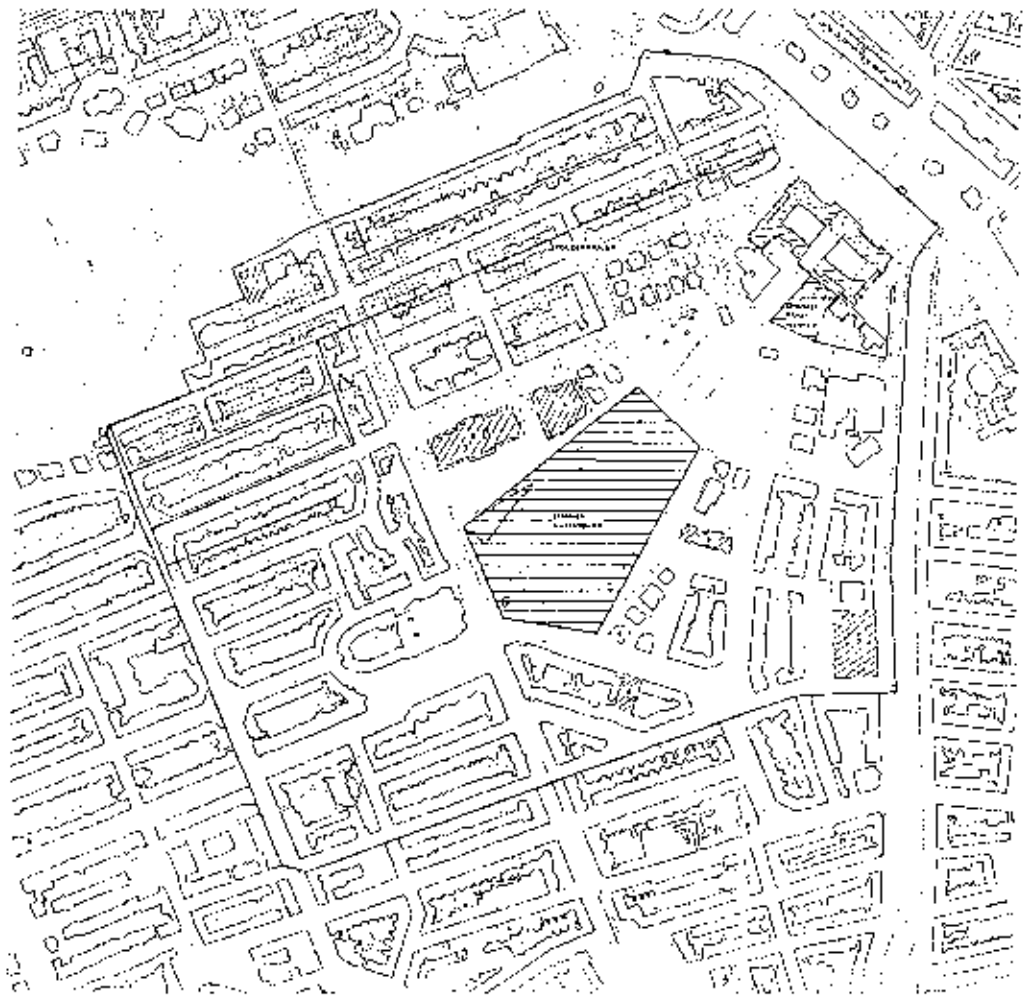


Legend

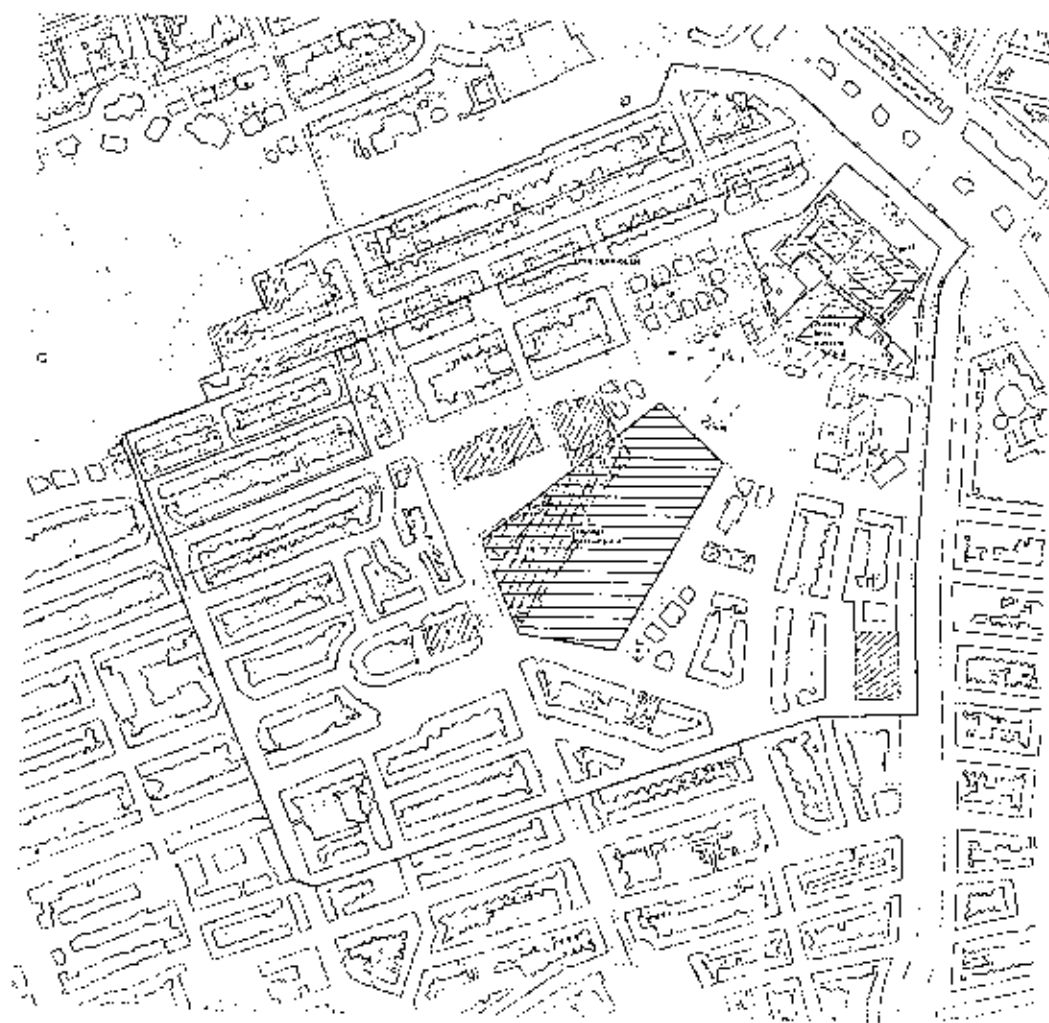
— Gemeente Polderriolen / Gemeenteputten / Gemeenteputten

0 80 120 240 500 480
Meters

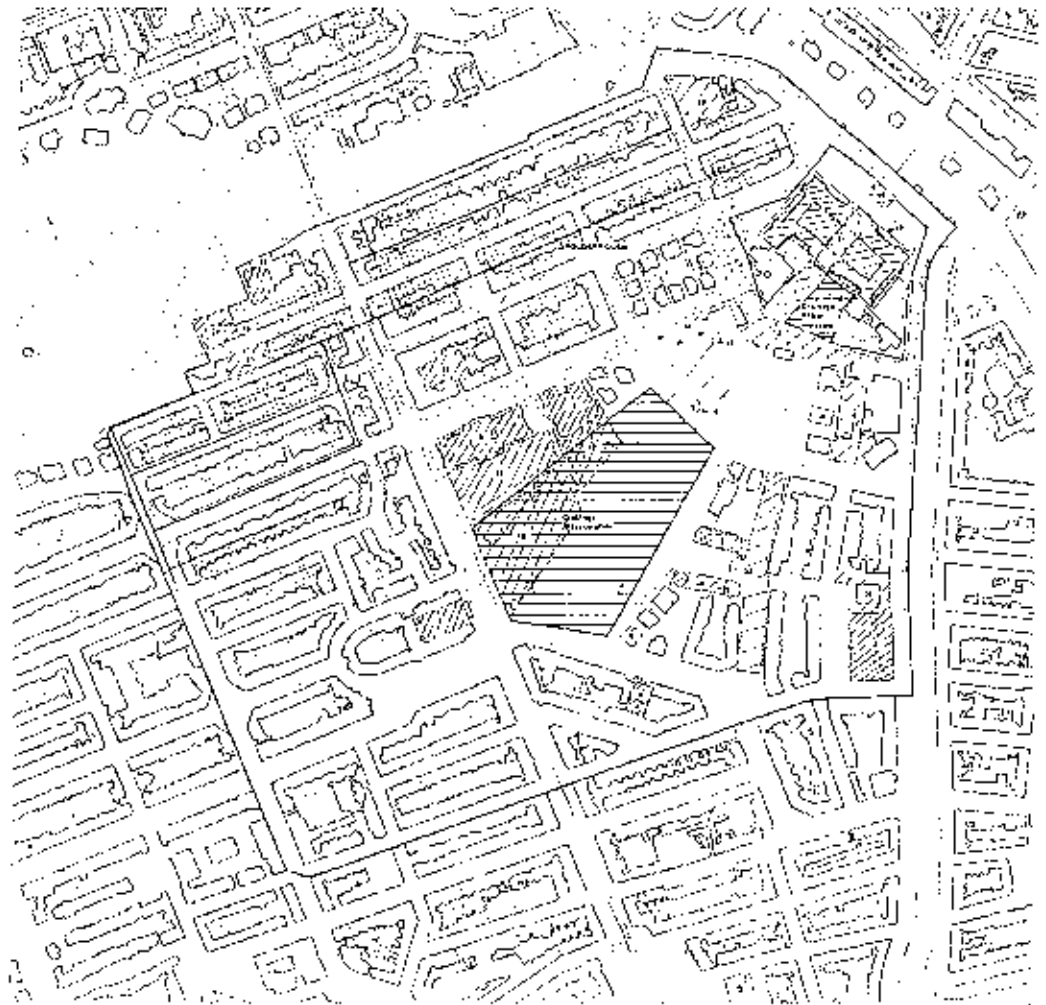
Bijlage 2: Locatie ondergrondse constructies en infiltratie- / drainagesystemen situatie 1990



Bijlage 3: Locatie ondergrondse constructies en infiltratie- / drainagesystemen situatie 2006



**Bijlage 4: Locatie ondergrondse
constructies en infiltratie- /
drainagesystemen situatie 2030**



Bijlage 5: Verhard en onverhard oppervlak in projectgebied



Commissie Architectuur
Stadsdeel Oud-Zuid

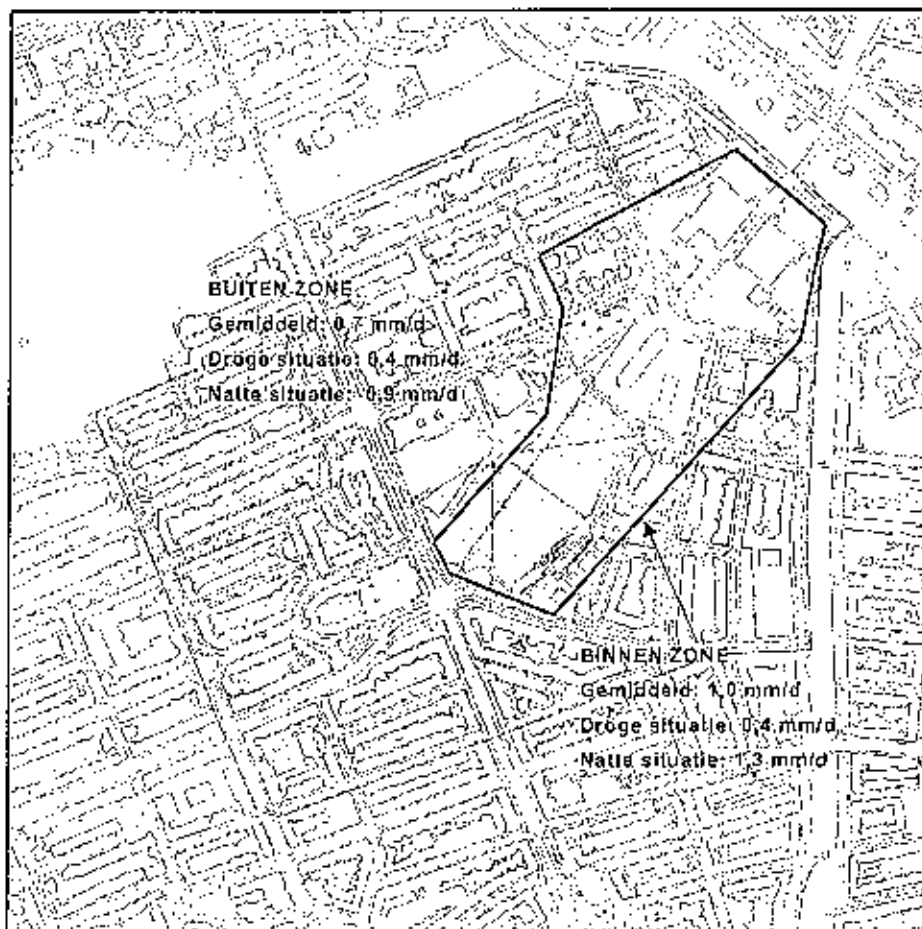
Grondwateronderzoek
omgeving Museumplein

- 1:000
- 1:200
- 1:500



2014-11-11 11:14
Landschap Architectuur

Bijlage 6: Grondwateraanvulling



**Bijlage 8: Beschrijving Rioolpolder
Willemspark en Vondelstraat uit
Polderboek**

**Bijlage 9: Veranderingen in
grondwaterstanden voor de
verschillende situaties**

