14

1 / 14

SOHO house te Amsterdam

Effectenstudie open bodemenergiesysteem

if

SOHO house te Amsterdam

Effectenstudie open bodemenergiesysteem

Engineering the earth

22 september 2015

SOHO house te Amsterdam

Effectenstudie open bodemenergiesysteem

Deze studie is geen ontwerpdocument voor het open bodemenergiesysteem. Het document is uitsluitend opgesteld als onderbouwing voor de aanvraag van de onttrekkingsvergunning in het kader van de Waterwet.

Vergunning-aanvrager

Aedes Real Estate
Professor Tulpstraat 23
1018 GZ Amsterdam
T - [redacted] | E [redacted]@aedesrealestate.nl
Contactpersoon: de [redacted]

Adviseur bodemenergie

IF Technology bv
Velperweg 37
Postbus 605
6800 AP ARNHEM
T [redacted] | E [redacted]@iftechnology.nl
Contactpersoon: [redacted]

Colofon

Auteur: [redacted]
Versie: definitief
Gecontroleerd door: [redacted]

Samenvatting

Inleiding

Het voornemen bestaat om een open bodemenergiesysteem in de vorm van een monobron te realiseren voor de duurzame koeling en verwarming van het SOHO house aan de Spuistraat 210 te Amsterdam. Voor dit gebied is ook een Masterplan opgesteld.

Bodemenergie

De monobron is beoogd in het gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket. Het systeem onttrekt en infiltreert maximaal 380.000 m³/jaar met een maximaal debiet van 75 m³/uur.

Energiebesparing en emissiereductie

Door het toepassen van open bodemenergie kan jaarlijks circa 52% energie worden bespaard. Deze energiebesparing leidt tot een jaarlijkse emissiereductie van 190 ton CO_2 en 283 kg NO_x. De beoogde SPF van het bodemenergiesysteem bedraagt 4.

Hydrologische effecten

Het berekende hydrologische invloedsgebied reikt tot maximaal 140 m van de bronnen. De maximale stijghoogteverandering bedraagt 3,1 m. Grondwaterstandverandering treedt niet op. Er bevindt zich een ander systeem binnen het hydrologisch invloedsgebied. Het effect op dit systeem is minimaal. Negatieve hydrologische invloed op andere grondwatergebruikers en overige belanghebbenden is niet aan de orde.

Hydrothermische effecten

Beïnvloeding van de grondwatertemperatuur kan na 20 jaar bodemenergie optreden tot maximaal 180 m van de bronnen. Er bevinden zich twee andere systemen binnen het hydrothermische invloedsgebied. De warme en koude filterdelen van deze systemen zijn op elkaar afgestemd, waardoor één grote warme en één grote koude bel ontstaat. Hierdoor vindt er geen negatieve beïnvloeding plaats. De veroorzaakte temperatuurveranderingen hebben geen nadelige gevolgen voor andere grondwatergebruikers en overige belanghebbenden.

Grondmechanische effecten

De berekende eindzetting ter plaatse van de monobron bedraagt 16 mm. Deze geringe zetting en het daarmee gepaard gaande zettingsverhang veroorzaken geen schade aan gebouwen, funderingen, spoorbaan of wegen.

Effecten op de grondwaterkwaliteit

Het zoet-/brakgrensvlak en het brak-/zoutgrensvlak worden niet negatief beïnvloed zodat geen sprake is van verzilting van het grondwater. Bij dit project vinden geen significante effecten plaats op de chemische en microbiologische samenstelling van het grondwater. Binnen het berekende invloedsgebied van het bodemenergiesysteem zijn geen ernstige verontreinigingen aanwezig.

Inhoudsopgave

Samenvatting 3

1 Inleiding 7

2 Systeembeschrijving 8
2.1 Uitgangspunten 8
2.2 Opzet open bodemenergiesysteem 9
2.3 Energiebesparing, emissiereductie en SPF 10

3 Geohydrologie en effectberekeningen 12
3.1 Bodemopbouw 12
3.2 Geohydrologische kenmerken 13
3.3 Hydrologische effecten 14
3.4 Hydrothermische effecten 16
3.5 Grondmechanische effecten 18

4 Invloed op omgevingsbelangen 19
4.1 Grondwaterkwaliteit 19
4.2 Verzilting 19
4.3 Verontreinigingen 20
4.4 Grondwatergebruikers 20
4.5 Grondwaterbescherming 23
4.6 Bebouwing en infrastructuur 23
4.7 Natuur en openbaar groen 23
4.8 Cultuurhistorie en archeologische waarden 24

Figuren

2.1 Principeschema van het open bodemenergiesysteem
2.2 Overzichtskaart met bronlocaties
3.1 Berekende stijghoogteveranderingen in het opslagpakket
3.2 Berekende temperaturen in het opslagpakket
4.1 Berekende cumulatieve stijghoogteveranderingen in het opslagpakket rond het warme filter
4.2 Berekende cumulatieve temperaturen in het opslagpakket
4.3 Thermische invloed veroorzaakt door bron SOHO house op bron W hotel
4.4 Thermische invloed veroorzaakt door bron SOHO house op bron Kasbank

Bijlagen

1 Boorbeschrijving de Kasbank
2 Berekening van de eindzetting

1

Inleiding

Het Bungehuis aan de Spuistraat 210 in Amsterdam wordt verbouwd tot een SOHO house. SOHO house is een privé club voor mensen in de creatieve industrie. Het voornemen bestaat om het gebouw te voorzien van een nieuw duurzaam klimaatsysteem, bestaande uit een open bodemenergiesysteem in de vorm van een monobron.

Het onttrekken en infiltreren van grondwater ten behoeve van het open bodemenergiesysteem is in het kader van de Waterwet vergunningplichtig. De provincie is bevoegd gezag. De aanvraag dient voorzien te zijn van een studie naar de effecten van het bodemenergiesysteem op de omgeving.

De voorliggende effectenstudie geeft een overzicht van de effecten van het open bodemenergiesysteem op de bodem, het grondwater en omgevingsbelangen.

De locatie bevindt zich in een afstemmingsgebied in Amsterdam. In een dergelijk gebied, waar zich meerdere bodemenergiesystemen bevinden of beoogd zijn, dient een Masterplan te worden opgesteld. Installect heeft dit Masterplan op 23 oktober 2014 voor Spuistraat en omgeving opgesteld. Er heeft overleg met de Gemeente Amsterdam plaatsgevonden, waaruit is gebleken dat dit Masterplan niet is verankerd maar een afstemmingsdocument is. Bij het ontwerp van de monobron en bij de interpretatie van de effecten is rekening gehouden met dit afstemmingsdocument.

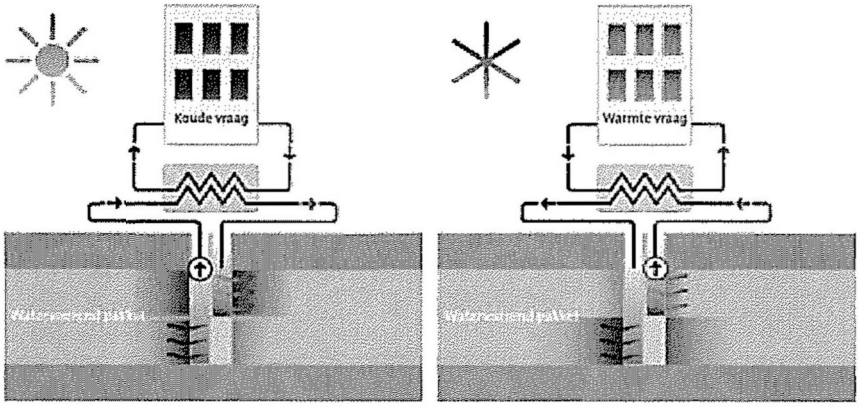
2

Systeembeschrijving

2.1 Uitgangspunten

Om gebruik te maken van bodemenergie wordt een grondwatersysteem aangelegd. Het grondwatersysteem bestaat uit een monobron waar grondwater aan kan worden onttrokken en in geïnfiltreerd (zie figuur 2.1).

Figuur 2.1 Principeschema monobron



De grondwaterzijdige uitgangspunten voor de vergunningaanvraag zijn opgenomen in tabel 2.1.

Tabel 2.1 Uitgangspunten open bodemenergie

parameter	eenheid	winter	zomer
maximale verplaatste waterhoeveelheid [a]	[m³/seizoen]	190.000	190.000
gemiddelde verplaatste waterhoeveelheid	[m³/seizoen]	150.000	150.000
maximaal debiet	[m³/uur]	75	75
maximale hoeveelheid ontwikkelwater [b]	[m³]	6.000	
maximale spuihoeveelheid [b]	[m³/jaar]	1.500	
gemiddelde infiltratietemperatuur	[°C]	7	16
minimale/maximale infiltratietemperatuur	[°C]	5	25
gemiddelde verplaatste energiehoeveelheid	[MWh$_t$/seizoen]	850	850

[a] Tijdens opstartjaar of extreme seizoenen.

[b] Zie toelichting in onderstaande tekst.

Ontwikkelen bronnen

Nadat een bron geboord is, het filter en de peilbuizen zijn ingebouwd en het boorgat is aangevuld, wordt de bron ontwikkeld. Doel van het ontwikkelen is het schoonmaken van de bron. Hierbij wordt de verstopping op de boorgatwand, die bij het boren is ontstaan, zo goed mogelijk verwijderd door het schoonpompen van de bron.

Tijdens dit proces wordt grondwater (ontwikkelwater) onttrokken en geloosd. Het grondwater wordt onttrokken met een maximaal debiet van 75 m³/uur/bronfilter. Met dit maximale debiet wordt slechts gedurende korte tijd (maximaal 15 minuten) gepompt tijdens de laatste fase van het ontwikkelen. Per bronfilter wordt totaal maximaal 3.000 m³ grondwater onttrokken in een periode van ongeveer twee weken. Voor het ontwikkelen van de twee bronfilters wordt in totaal maximaal 6.000 m³ grondwater onttrokken en geloosd.

Momenteel wordt nader uitgezocht waar het grondwater geloosd gaat worden. De toestemmingen die hiervoor nodig zijn worden los aangevraagd bij de gemeente of het waterschap.

Spuihoeveelheid

In verband met preventief onderhoud van de bronnen worden deze een aantal keer per jaar gespuid. Bij deze actie wordt uit de bronnen enige tijd grondwater onttrokken met het maximale debiet. Per jaar zal niet meer dan 1.500 m³ grondwater worden gespuid. Op dit moment is nog niet bekend hoe het spuiwater geloosd zal worden. Toestemming voor lozing op het riool of oppervlaktewater wordt in een later stadium van het project aangevraagd bij de gemeente of het waterschap.

2.2 Opzet open bodemenergiesysteem

Het grondwatersysteem bestaat uit één monobron. De locatie van de bron is weergegeven in figuur 2.2. In tabel 2.2 is de opzet van het bronsysteem beschreven. Het warme filter wordt boven het koude filter geplaatst.

Tabel 2.2
Opzet monobron

parameter	eenheid	waarde
filterdiepte	[m-mv]	60 - 200 (2e/3e watervoerende pakket)
minimale lengte per bronfilter	[m]	14
minimale verticale afstand tussen koud en warm filter	[m]	30

Het grondwatercircuit wordt luchtdicht en onder een overdruk ten opzichte van de atmosfeer gehouden, zodat geen lucht in het grondwatercircuit kan toetreden.

Binnen het gebied van het afstemmingsdocument bevindt zich het systeem van de Kasbank. Dit systeem bevindt zich op 30 m van het SOHO house. De filterstelling die voor het systeem van Kasbank is aangehouden is leidend voor de filterstelling bij het SOHO house. De filterstelling van de Kasbank is in bijlage 1 toegevoegd.

2.3 Energiebesparing, emissiereductie en SPF

Voor het bepalen van de energiebesparing en de emissiereductie is de warmte- en koudelevering met een open bodemenergie en warmtepompen vergeleken met een conventionele installatie voor koeling en verwarming, bestaande uit koelmachines (airconditioning) en een HR-ketel.

Het verbruik van elektriciteit is omgerekend naar de hoeveelheid aardgas die nodig is voor de elektriciteitsopwekking. Hierdoor kan het totale primaire energieverbruik worden vergeleken.

Indien jaarlijks 850 MWh_t aan warmte en 850 MWh_t aan koude wordt onttrokken aan de bodem en geleverd aan het gebouw, bedraagt de besparing in het primair aardgasverbruik 113.000 m^3 aardgasequivalenten per jaar. Dit komt neer op een energiebesparing van 52%. Deze energiebesparing resulteert in een jaarlijkse emissiereductie van 190 ton (47%) koolstofdioxide (CO_2) en 283 kg (83%) stikstofoxiden (NO_x).

Het energierendement van het systeem wordt uitgedrukt in de Seasonal Performance Factor (SPF). Dit is een getal dat aangeeft hoeveel MWh_t koude en warmte wordt geleverd aan

het gebouw per MWh_e verbruikte elektriciteit (bron(nen), warmtepomp(en), regeneratie-voorziening en overige hulpenergie). De SPF van het bodemenergiesysteem bedraagt 4.

3

Geohydrologie en effectberekeningen

3.1 Bodemopbouw

De bodemopbouw in de directe omgeving van de locatie is beschreven op basis van de volgende gegevens:

- Grondwaterkaart van Nederland
- Regionaal Geohydrologisch Informatie Systeem (REGIS)
- Boorbeschrijvingen uit het archief van TNO Bouw en Ondergrond via DINOLoket:
- Boorbeschrijving van bodemenergiesysteem Kasbank, Amsterdam (zie bijlage 1)

Tabel 3.1 Gehanteerde bodemopbouw

Op basis van deze gegevens is de bodemopbouw geschematiseerd (tabel 3.1).

diepte	lithologie	geohydrologische benaming	doorlaatvermogen of weerstand [b]
[m-mV] [a]			[m²/d] of [d]
0 - 20	klei, veen, matig fijn zand	deklaag	1.500
20 - 30	matig grof zand, licht kleiig	eerste watervoerende pakket	130
30 - 60	klei, licht siltig	eerste scheidende laag	3.000
60 - 200	matig grof tot zeer grof zand (licht siltig) met plaatselijke kleilenzen	gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket	4.000
>200	fijn zand, klei	hydrologische basis	∞

[a] maaiveldhoogte: circa +0,7 m t.o.v. NAP

[b] doorlaatvermogen: bepaald met Shepherd / gemiddelde weerstand: 100 d/m voor klei, 65 d/m voor leem en 200 d/m voor veen

3.2 Geohydrologische kenmerken

De laagste, gemiddelde en hoogste grondwaterstand en de stijghoogte in de watervoerende pakketten zijn weergegeven in tabel 3.2.

Tabel 3.2
Grondwaterstand en stijghoogte [m-mv]

	bron	laagste	gemiddelde	hoogste
grondwaterstand	peilbuis D06681 [a]	1,5	1,2	1,0
1e watervoerende pakket	peilbuis B25G0980[b]	4,5	3,7	3,1
gecombineerde 2e en 3e watervoerende pakket	peilbuis B25D0549[b]	3,1	2,7	2,3

[a] waternet
[b] REGIS

De lokale en regionale geohydrologische kenmerken zijn opgenomen in tabel 3.3.

Tabel 3.3
Lokale en regionale geohydrologische kenmerken

parameter	eenheid	
grondwaterstroming opslagpakket (snelheid) [a]	[m/jaar]	10
grondwaterstroming opslagpakket (richting) [a]	[-]	zuidelijk
grondwatertemperatuur (opslagpakket) [b]	[°C]	12,5
zoet-/brakgrensvlak (chloride 150 mg/l) [c]	[m-mv]	20
brak-/zoutgrensvlak (chloride 1.000 mg/l) [c]	[m-mv]	28

[a] bron: REGIS
[b] bron: [redacted] van temperatuurmetingen in de Nederlandse ondergrond (2000)
[c] bron: Grondwaterkaart van Nederland

3.3 Hydrologische effecten

Om de hydrologische effecten van het bodemenergiesysteem te berekenen, is gebruik gemaakt van het hydrologische softwarepakket MLU voor Windows (Multi Layer Unsteady state). Meer informatie over MLU is te vinden op www.microfem.com.

De bodemopbouw in het model is gebaseerd op de geohydrologische bodemopbouw in tabel 3.1. Uitgangspunt is dat de bodemopbouw geldt voor het totale gemodelleerde gebied. In tabel 3.4 is de modelopbouw weergegeven. Om een worst-case benadering uit te voeren zijn de filters in het MLU model op dezelfde dieptes geplaatst als de filters van de Kasbank. In de praktijk hoeft dit niet het geval te zijn.

Oppervlaktewater

In de omgeving van de locatie is oppervlaktewater aanwezig. In het grondwatermodel is een gesloten bovenrand gedefinieerd. Dit is een worstcase benadering.

Schematisatie in tijd

Om de stijghoogte- en grondwaterstandveranderingen te berekenen is een stationaire berekening uitgevoerd waarbij het systeem op maximaal debiet (75 m³/uur) draait. Aangezien in de praktijk het bodemenergiesysteem slechts gedurende een zekere periode op maximaal debiet draait, zijn de berekende grondwaterstandveranderingen en stijghoogteveranderingen in het eerste en het gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket een overschatting van de werkelijke optredende effecten.

Tabel 3.4
Modelopbouw

diepte	toelichting	doorlaatvermogen	weerstand
[m-mv]		[m²/d]	[d]
0,7[a]	gesloten bovenrand	-	∞
0,7-2	fictief freatisch watervoerend pakket	40[b]	-
2-20	deklaag	-	1.500
20-30	1e watervoerende pakket	130	-
30-60	1e scheidende laag	-	3.000
60-70	gecombineerde 2e en 3e watervoerende pakket (boven filters)	300	-
70	fictieve scheidende laag		0,54[c]
70-75	gecombineerde 2e en 3e watervoerende pakket (warme filter, eerste gedeelte)	140	-
75	fictieve scheidende laag	-	1,32[c]
75-107	gecombineerde 2e en 3e watervoerende pakket (tussen filters)	900	-
107	fictieve scheidende laag	-	1,46[c]
107-116	gecombineerde 2e en 3e watervoerende pakket (warme filter, tweede gedeelte)	260	-
116	fictieve scheidende laag	-	5[d]
116-150	gecombineerde 2e en 3e watervoerende pakket (tussen filters)	970	-
150	fictieve scheidende laag	-	10[d]
150-164	gecombineerde 2e en 3e watervoerende pakket (koude filter)	400	
164	fictieve scheidende laag	-	1,79[c]
164-200	gecombineerde 2e en 3e watervoerende pakket (onder filters)	1.030	
200	hydrologische basis	-	∞

[a] de gemiddelde grondwaterstand bedraagt circa 0,7 m-mv (bron REGIS, zie tabel 3.2)

[b] geschat doorlaatvermogen van de deklaag

[c] berekend op basis van anisotropiefactor 2

[d] verdiscontering van de weerstand in het opslagpakket (worst case)

Hydrologische effecten

In tabel 3.5 zijn de berekende hydrologische effecten bij maximaal debiet weergegeven. Het hydrologische invloedsgebied is het gebied waarbinnen het effect van het bodemenergiesysteem op de stijghoogte gelijk aan of groter dan 0,05 m is.

Tabel 3.5 Maximale grondwaterstand- en stijghoogteveranderingen

watervoerende laag	eenheid	zomer- en wintersituatie
freatisch	[m]	<0,05
1e watervoerende pakket	[m]	<0,05
gecombineerde 2e en 3e watervoerende pakket	[m]	3,1

De maximale verandering van de grondwaterstand en de stijghoogte in het 1e watervoerende pakket is kleiner dan 0,05 m. Derhalve zijn deze veranderingen niet in figuren weergegeven. In figuur 3.1 zijn de stijghoogteveranderingen in het gecombineerde 2e en 3e watervoerende pakket gepresenteerd. Figuur 3.1 laat ook het hydrologische invloedsgebied (140 m) in het gecombineerde 2e en 3e watervoerende pakket (opslagpakket) zien.

3.4 Hydrothermische effecten

Het berekenen van de thermische effecten van het bodemenergiesysteem is uitgevoerd met het programma HstWin-2D. Met het programma HstWin-2D worden warmte- en stoftransport berekend in een verzadigd tweedimensionaal grondwatersysteem.

Bij een monobron bevinden het warme en koude filter zich op verschillende diepte, waardoor ze niet in één horizontaal 2D-model kunnen worden opgenomen. In deze studie is voor ieder bronfilter een berekening uitgevoerd. In de modelopbouw is het warme filter als een geheel genomen in plaats van het op te delen in verschillende stukken zoals voor de hydrologische berekening is gedaan. Dit is gedaan om een worst-case benadering uit te voeren.

De randvoorwaarden in het HstWin-2D-model zijn gebaseerd op de geohydrologische beschrijving in paragraaf 3.1. HstWin-2D simuleert de grondwaterstroming en het warmtetransport in één laag. De dikte van deze laag is gelijk gekozen aan de effectieve filterlengte (14 m). In tabel 3.6 en 3.7 zijn de belangrijkste geohydrologische en geothermische invoer-

parameters opgenomen die bij de berekeningen zijn gebruikt. De warmtegeleidingcoëfficienten en de warmtecapaciteiten zijn ontleend aan de VDI 4640, Blatt 1/part 1.

Tabel 3.6 Modelopbouw HST2D warme bronfilter

laagnaam	dikte	doorlatendheid	warmtegeleidingcoëfficiënt	volumetrische warmtecapaciteit
	[m]	[m/d]	[W/(mK)]	[MJ/(m³K)]
geleidende toplaag	70	-	2,1	2,8
opslagpakket	14	40	2,4	2,8
geleidende onderlaag	-	-	2,4	2,8

Tabel 3.7 Modelopbouw HST2D koude bronfilter

laagnaam	dikte	doorlatendheid	warmtegeleidingcoëfficiënt	volumetrische warmtecapaciteit
	[m]	[m/d]	[W/(mK)]	[MJ/(m³K)]
geleidende toplaag	150	-	2,1	2,8
opslagpakket	14	40	2,4	2,8
geleidende onderlaag	-	-	2,4	2,8

In tabel 3.8 is het onttrekking-/infiltratiepatroon weergegeven.

Tabel 3.8 Onttrekking-/ infiltratiepatroon

seizoen	bedrijfstoestand	onttrekken uit	infiltreren in	waterhoeveelheid	infiltratietemperatuur
				[m³/seizoen]	[°C]
winter	warmtelevering	W	K	190.000	7
zomer	koudelevering	K	W	190.000	16

De berekende temperaturen na 20 jaar bodemenergie zijn weergegeven in figuur 3.2. Het hydrothermische invloedsgebied van het bodemenergiesysteem reikt na 20 jaar bodemenergie tot maximaal 180 m van de bronnen. Het hydrothermische invloedsgebied is het gebied ter hoogte van de gemodelleerde bronfilters waarbinnen de temperatuur minimaal 0,5°C afwijkt van de natuurlijke grondwatertemperatuur (12,5 °C).

3.5 Grondmechanische effecten

De stijghoogteveranderingen als gevolg van het bodemenergiesysteem kunnen zetting veroorzaken. In welke mate deze zettingen daadwerkelijk optreden, hangt af van de zettinggevoeligheid van de aanwezige bodemlagen en van de grootte van de stijghoogteveranderingen. Daarnaast zijn de eerder opgetreden bodembelastingen van belang. Deze zogenaamde voorbelastingen kunnen hebben plaatsgevonden bij extreem lage stijghoogten in droge jaren of door eerdere (tijdelijke) onttrekkingen.

De potentiële zetting is berekend met de formule van Koppejan. Hiervoor is de bodem geschematiseerd conform de opbouw in tabel 3.4. De zettingconstanten zijn ontleend aan NEN-blad 6740 - bladzijde 20. Via deze methode is een eindzetting van 16 mm berekend (zie bijlage 2). Het zettingsverhang bedraagt in de directe nabijheid van de bronnen (binnen 10 m rondom de bronnen) maximaal 1 m per 2.500 m. Aan de rand van het berekende hydrologische invloedsgebied bedraagt de berekende eindzetting 2 mm.

In werkelijkheid draait het systeem niet continu op maximaal debiet, waardoor de berekende hydrologische effecten een overschatting zijn. De berekende eindzetting is daarom ook een overschatting van de werkelijk optredende zetting.

4

Invloed op omgevingsbelangen

4.1 Grondwaterkwaliteit

Invloed van de temperatuur

Een verandering van de temperatuur van het grondwater kan het chemisch evenwicht van reacties veranderen. In het kader van het onderzoek Meer met Bodemenergie (MMB, www.meermetbodemenergie.nl) naar warmteopslag in de bodem is veel onderzoek gedaan naar het gedrag van water en sediment bij verwarming. Uit deze onderzoeken is gebleken dat de invloed van de temperatuurverandering die optreedt bij bodemenergie (in het algemeen minder dan 10°C) op de watersamenstelling vaak verwaarloosbaar klein is.

Invloed van menging

Bij menging van grondwater met een verschillende samenstelling wordt de grondwaterkwaliteit beïnvloed. Een belangrijke conclusie van MMB en het onderzoek door VU/KWR is dat menging bij lage temperatuursystemen het meest bepalende proces is voor de grondwaterkwaliteit. De temperatuureffecten zijn bij temperaturen onder de 25°C ondergeschikt en worden pas bij hogere temperaturen belangrijker.

Menging heeft alleen effect op de grondwaterkwaliteit als de samenstelling van het gemengde water verschilt. Hierbij kan worden gedacht aan verschillen in zoutgehalte, hardheid en de redoxtoestand van het grondwater. De invloed van menging treedt alleen op in het gebied waar het mengwater zich bevindt: direct rond de bronnen en stroomafwaarts daarvan.

Het grondwater dat bij dit beoogde project gemengd zal worden, is volledig kalkverzadigd en gereduceerd (ijzerhoudend zuurstof- en nitraatloos). Nadelige effecten zijn dan ook niet te verwachten.

4.2 Verzilting

Gezien de weerstand en de afstand tussen de bronfilters en het zoet-/brak- en het brak-/zoutgrensvlak worden deze niet beïnvloed door het bodemenergiesysteem.

4.3 Verontreinigingen

Op basis van de interactieve kaart met grondwaterverontreinigingen in Amsterdam en informatie opgevraagd bij omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied blijkt dat binnen het invloedsgebied van de energieopslag vermoedelijk grondwaterverontreinigingen aanwezig zijn. Gezien de beperkte hydrologische effecten in de deklaag en het eerste watervoerende pakket worden deze mogelijk aanwezige verontreinigingen in de deklaag en het eerste watervoerende pakket niet beïnvloed door het bodemenergiesysteem.

4.4 Grondwatergebruikers

Bij de provincie is op 5 augustus 2015 een overzicht opgevraagd van grondwatergebruikers. Hieruit blijkt dat binnen het hydrologische- en thermische invloedsgebied twee grondwatergebruikers aanwezig zijn. Omdat het systeem in een gebied komt te liggen waar veel bodemenergiesystemen bestaan of beoogd zijn, zijn de gerealiseerde systemen in de directe omgeving (tot 300 m t.o.v. project) ook opgenomen in onderstaande tabel (4.1) en in de cumulatieve berekeningen. Tabel 4.1 geeft een overzicht van de grondwateronttrekkingen.

Tabel 4.1 Grondwater onttrekkingen in het hydrologische en thermische invloedsgebied en directe omgeving

bedrijfsnaam	afstand en richting t.o.v. project	WVP	maximaal debiet	waterhoeveelheid winter	waterhoeveelheid zomer
	[m]		[m³/uur]	[m³/seizoen]	[m³/seizoen]
de Kasbank	30 m ten noorden	2e/3e	60	135.500	125.500
Palace hotel/W hotel Amsterdam	150 m ten noordoosten	2e/3e	60	150.000	130.000
Stichting Amsterdam Museum	180 m ten zuidoosten	2e/3e	35	88.500	88.500
Rokin 9-15	280 m ten oosten	2e/3e	30	60.000	60.000

Cumulatieve hydrologische effecten

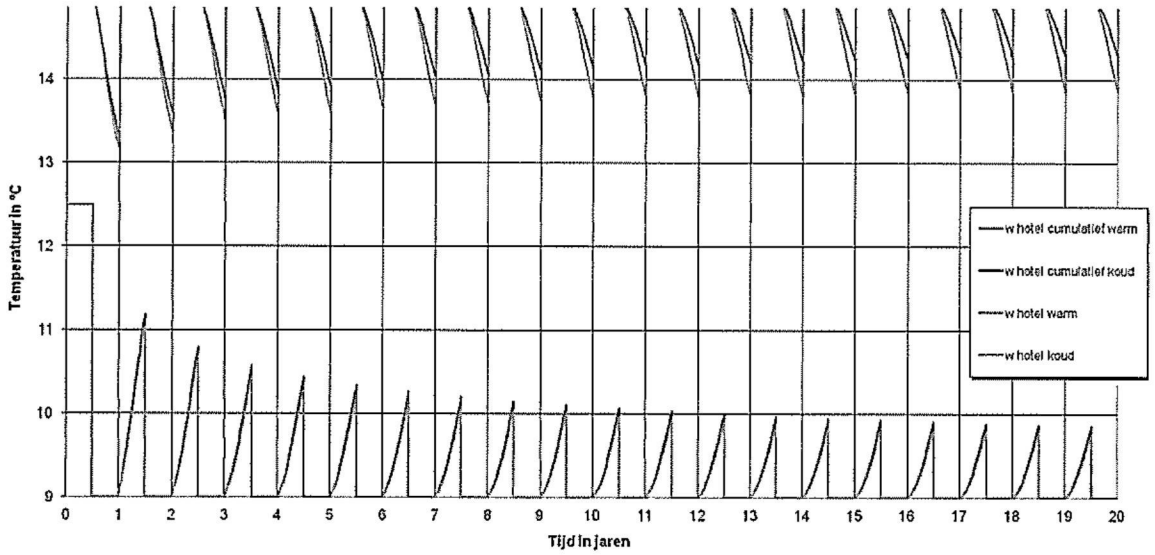
Binnen het hydrologische invloedgebied van SOHO house valt alleen het systeem van de Kasbank. Omdat binnen het hydrologische invloedsgebied van Kasbank een aantal systemen liggen, zijn ook deze meegenomen in de cumulatieve hydrologische berekeningen. In figuur 4.1 zijn de cumulatieve hydrologische effecten ter hoogte van het warme filter weergegeven van de systemen van SOHO house, Kasbank, W hotel, Stichting

Amsterdam Museum en Rokin. De maximale stijghoogteverandering ter plaatse van de bronfilters van Kasbank, W hotel, Stichting Amsterdam Museum en Rokin veroorzaakt door de invloed van het systeem van SOHO house bedraagt 0,1 m. Dit is dermate gering dat dit in de praktijk geen effect heeft op de bedrijfsvoering en het rendement van het energieopslagsysteem van de omliggende systemen. Het cumulatieve hydrologische invloedsgebied is 250 m.

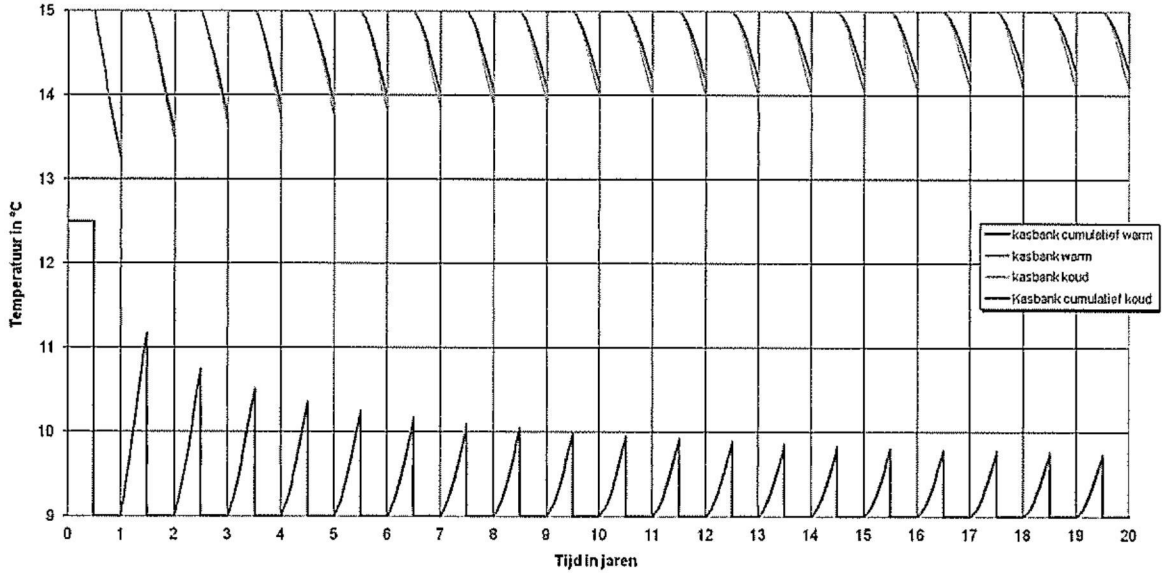
Thermische invloed bodemenergie

Binnen het thermisch invloedsgebied van SOHO house vallen de systemen van de Kasbank en W hotel. Omdat binnen het thermische invloedsgebied van Kasbank en W hotel een aantal systemen liggen, zijn ook deze meegenomen in de cumulatieve thermische berekeningen. In figuur 4.2 zijn de thermische effecten weergegeven van de systemen van Kasbank, W hotel, Stichting Amsterdam Museum en Rokin. De systemen hebben een geringe invloed op elkaar: tussen de 0 en 3°C ten opzichte van de natuurlijke grondwatertemperatuur (12,5°C). Er is een minimale onderlinge negatieve beïnvloeding van de systemen omdat de warme en koude filterdelen op elkaar zijn afgestemd.
Het cumulatieve thermische invloedsgebied is 230 m.
Om de thermische invloed veroorzaakt door SOHO house op Kasbank en W hotel te berekenen is het verschil gemodelleerd tussen de situatie waarin Kasbank en W hotel bestaan en de situatie waarin zowel Kasbank, W hotel als het SOHO house bestaan. Op deze manier is de thermische invloed op de bronnen van Kasbank en W hotel veroorzaakt door SOHO house weer te geven. Figuur 4.3 en 4.4 geven dit verschil aan, en laten dus de thermische invloed zien. De invloed is minimaal (in het uiterste geval 0,5°C), en geconcludeerd wordt dat het opslagsysteem van SOHO house geen negatieve thermische invloed heeft op de overige bodemenergiesystemen in de omgeving.

Figuur 4.3: thermische invloed veroorzaakt door bron SOHO house op bron W hotel. De thermische invloed is het hoogst in de warme bron en bedraagt hier maximaal 0,5°C



Figuur 4.4: thermische invloed veroorzaakt door bron SOHO house op bron Kasbank. De thermische invloed is het hoogst in de warme bron en bedraagt hier maximaal 0,2°C



4.5 Grondwaterbescherming

De locatie is niet gelegen in een waterwingebied, grondwaterbeschermingsgebied of boringsvrije zone.

4.6 Bebouwing en infrastructuur

Grondwaterstandveranderingen zijn nihil. Van grondwateroverlast en langdurige grondwaterstandverlaging is dan ook geen sprake. De optredende stijghoogteveranderingen kunnen van invloed zijn op bestaande bebouwing en infrastructuur via zettingen.

Zettingen

In de Nederlandse Norm Geotechniek van 1990 (NEN 6740) zijn normen opgenomen om een ongewenst verlies aan bruikbaarheid, schade of hoge onderhoudskosten aan infrastructuur en constructies te voorkomen.

Volgens deze NEN-norm mag de zetting niet groter zijn dan 150 mm en mag het zettingsverhang (rotatie) niet groter zijn dan 1:300. Bij de aanwezigheid van ondiepe zettinggevoelige bodemlagen, zoals een deklaag, kunnen verschillen in de samenstelling van de betreffende laag aanleiding geven tot verschilzettingen aan maaiveld. Wanneer de veroorzaakte zetting in de deklaag groter is dan 15 mm, dan kunnen effecten van betekenis optreden.

Invloed bodemenergie

De berekende eindzetting van 16 mm (die grotendeels optreedt in de eerste scheidende laag) (zie hoofdstuk 3.5) en de daarmee gepaard gaande verschilzetting (1:2500) veroorzaakt geen schade aan gebouwen, funderingen, spoor, wegen of constructies.

4.7 Natuur en openbaar groen

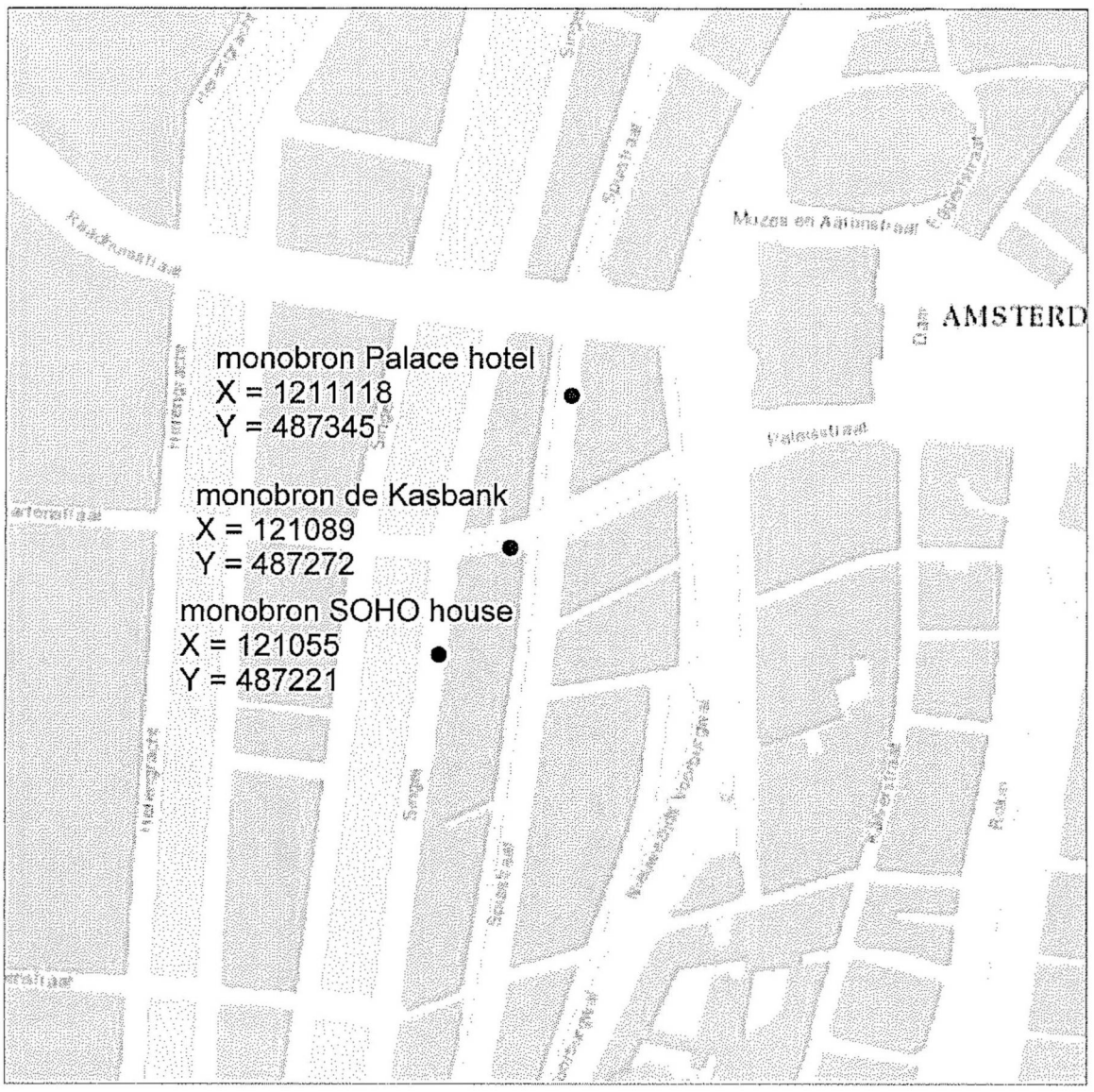
De invloed op de grondwaterstand (hoofdstuk 3.3) is zo gering (< 0,01 m) dat het bodemenergiesysteem geen invloed heeft op natuur (Vogel- en Habitatrichtlijngebieden, Natuurbeschermingswetgebieden of Ecologische beschermingszones) en openbaar groen.

4.8 Cultuurhistorie en archeologische waarden

De invloed op de grondwaterstand (hoofdstuk 3.3) is zo gering (< 0,01 m) dat het bodemenergiesysteem geen invloed heeft op eventueel aanwezige cultuurhistorie en archeologische waarden. Het bodemenergiesysteem ligt niet in een aardkundig waardevol gebied.

22 september 2015

FIGUREN



MONO BRON ●

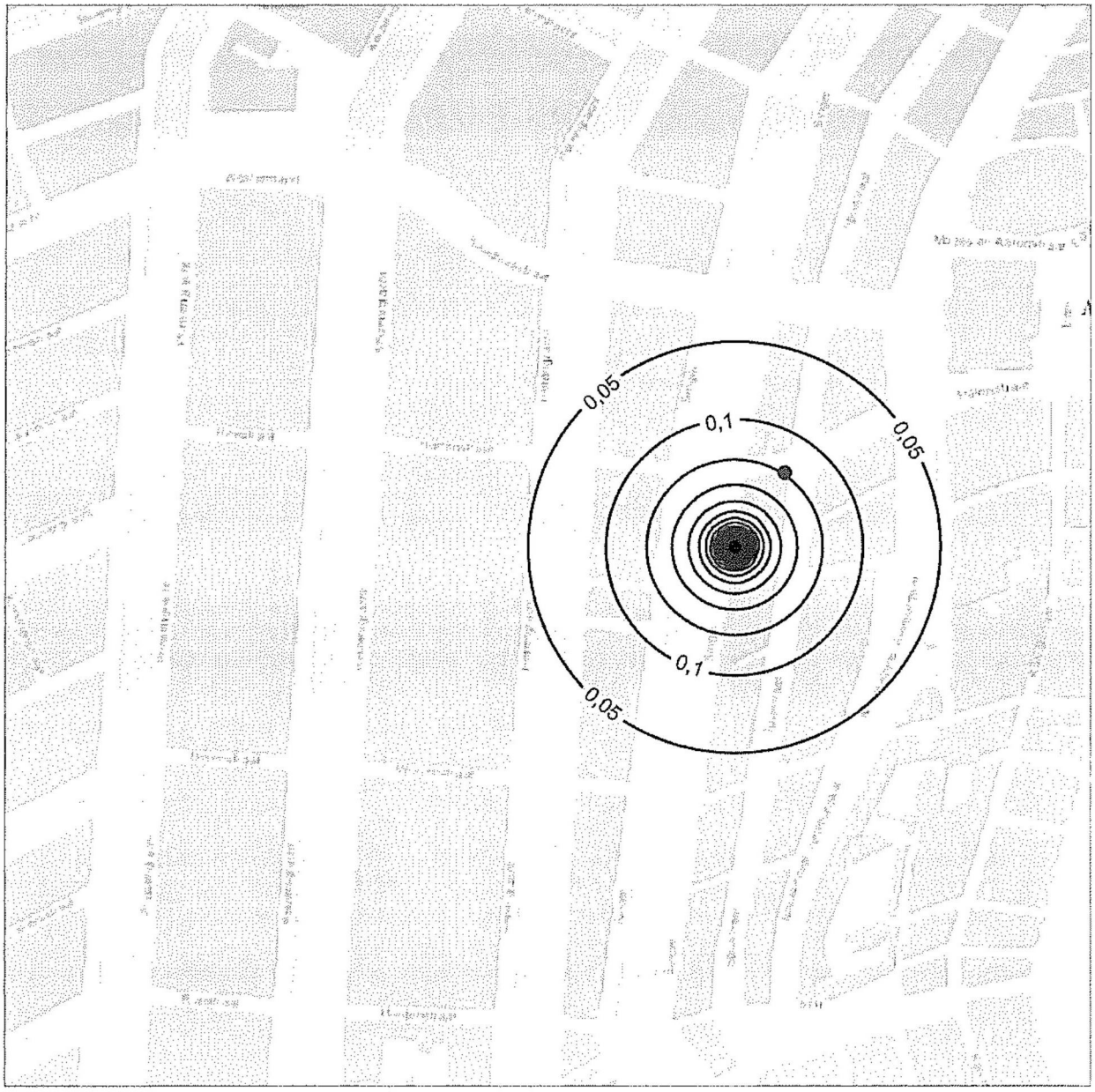
Project: Bodemenergie SOHO house Amsterdam

Onderwerp: Overzichtkaart met locatie monobron en omliggende systemen

Figuur: 2.2 **Datum:** 12-08-2015

Referentie: 65128/HeM **Auteur:** ■

if



0m 50m 100m 150m 200m

N

- systeem de Kasbank
- systeem SOHO house

Project: Bodemenergie SOHO house Amsterdam

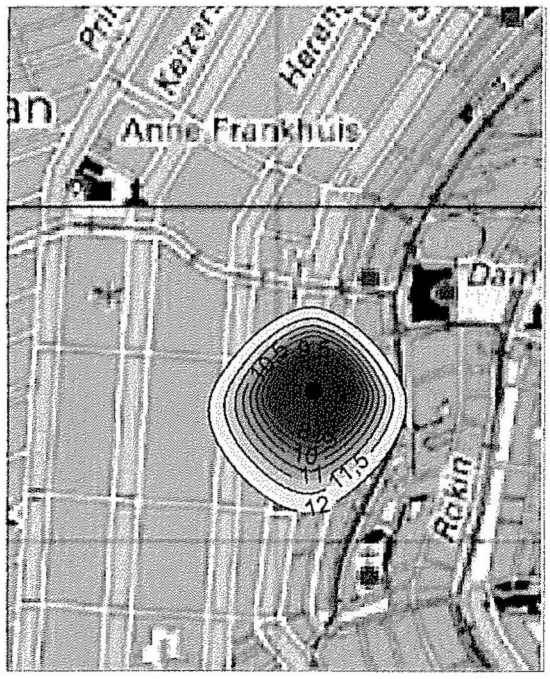
Onderwerp: Berekende maximale stijghoogte-veranderingen in het opslagpakket [m]

Figuur: 3.1 **Datum:** 12-08-2015

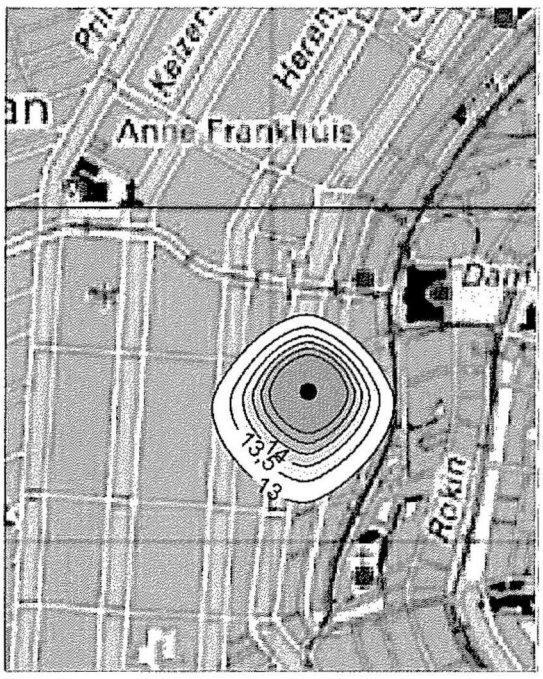
Referentie: 65128/HeM **Auteur:**

situatie einde winter

koud filter

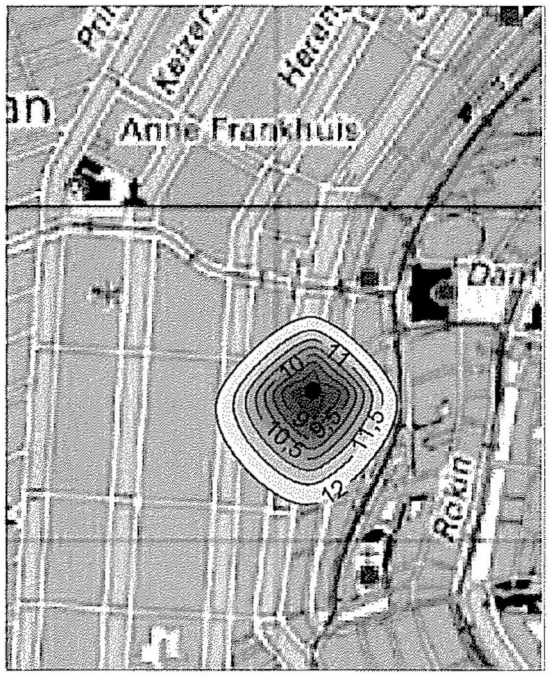


warm filter

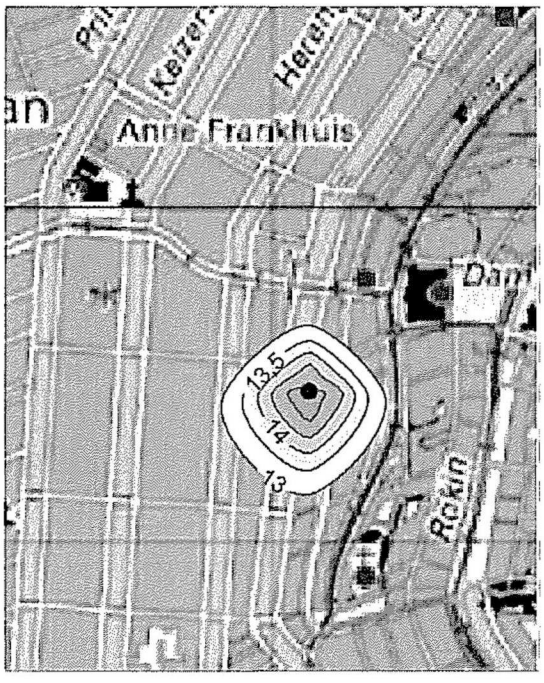


situatie einde zomer

koud filter



warm filter



0m 200m 400m 600m 800m

N

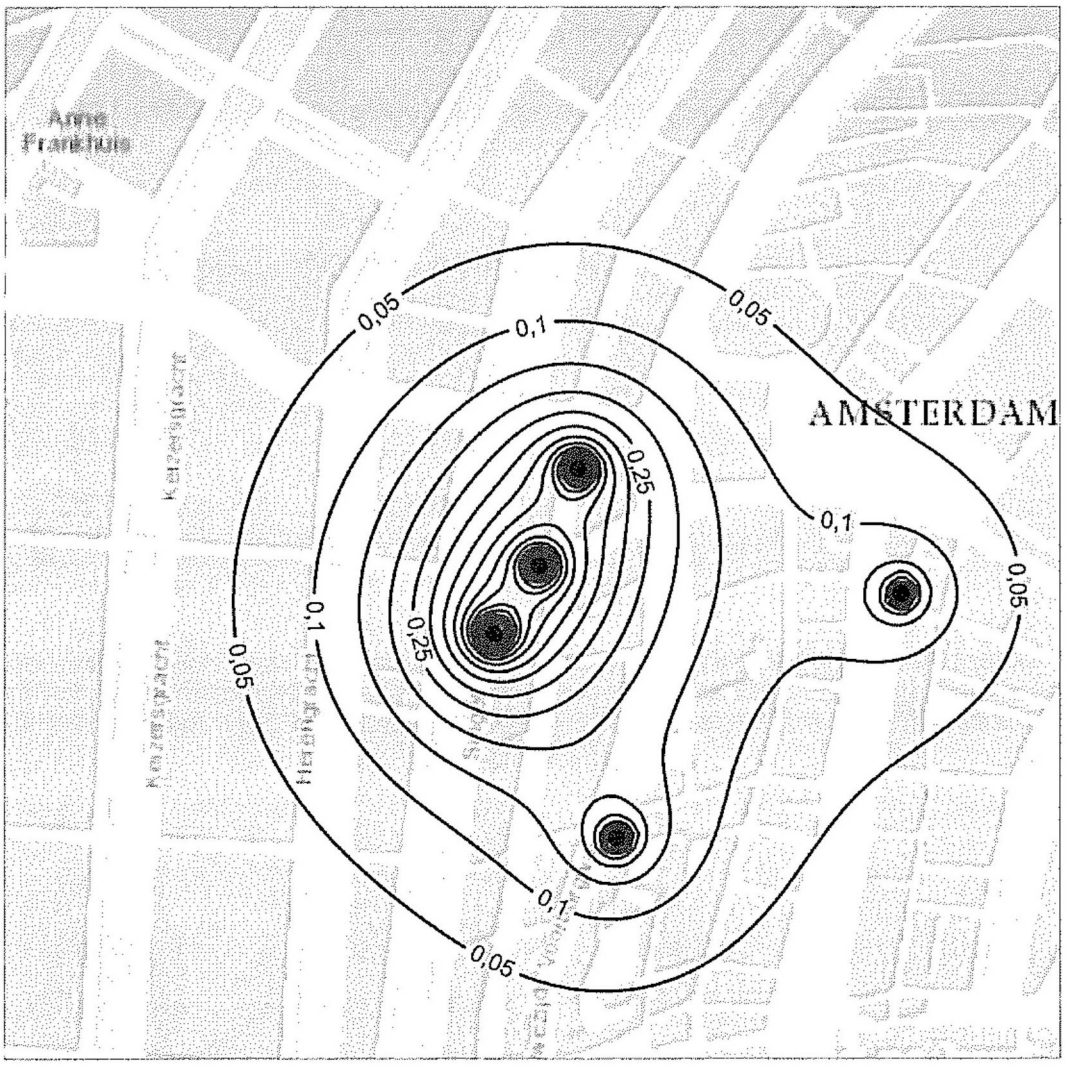
Project: Bodemenergie SOHO house Amsterdam

Onderwerp: Berekende temperaturen in het opslagpakket na 20 jaar energieopslag [°C]

Figuur: 3.2 **Datum:** 07-09-2015

Referentie: 65128/HeM **Auteur:**

if



Project: Bodemenergie SOHO house Amsterdam

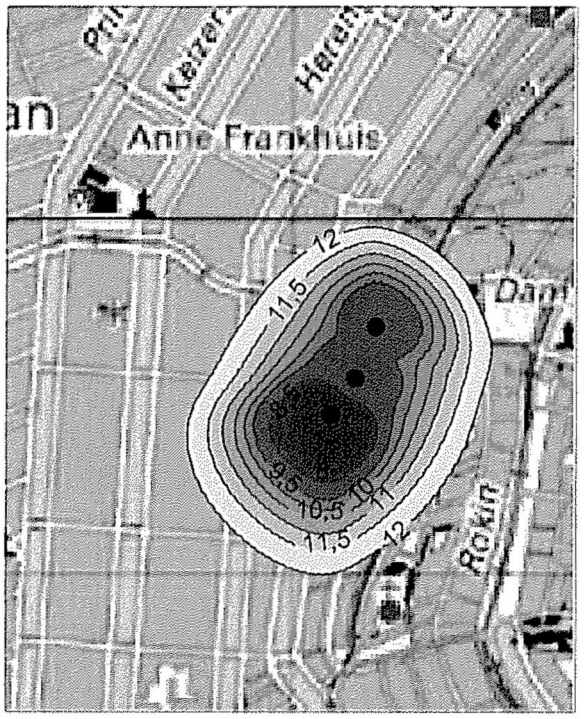
Onderwerp: Berekende maximale cumulatieve stijghoogte-veranderingen in het opslagpakket [m] ter hoogte van het warme filter

Figuur: 4.1 **Datum:** 07-09-2015

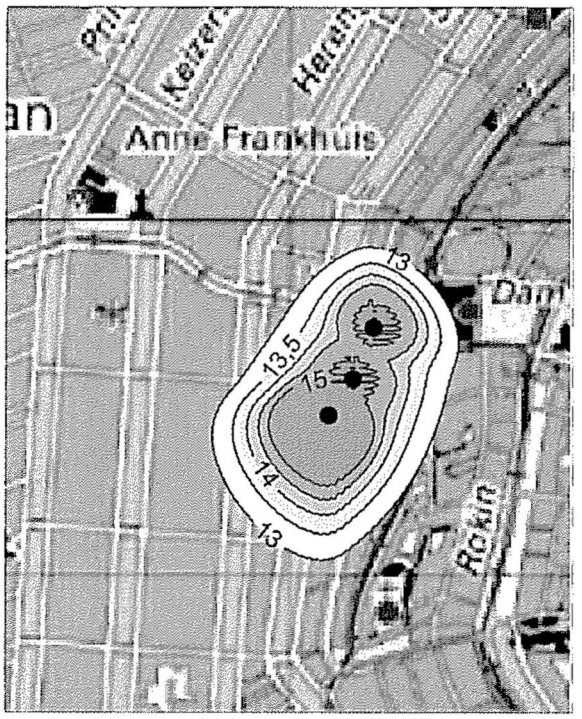
Referentie: 65128/HeM **Auteur:**

situatie einde winter

koud filter

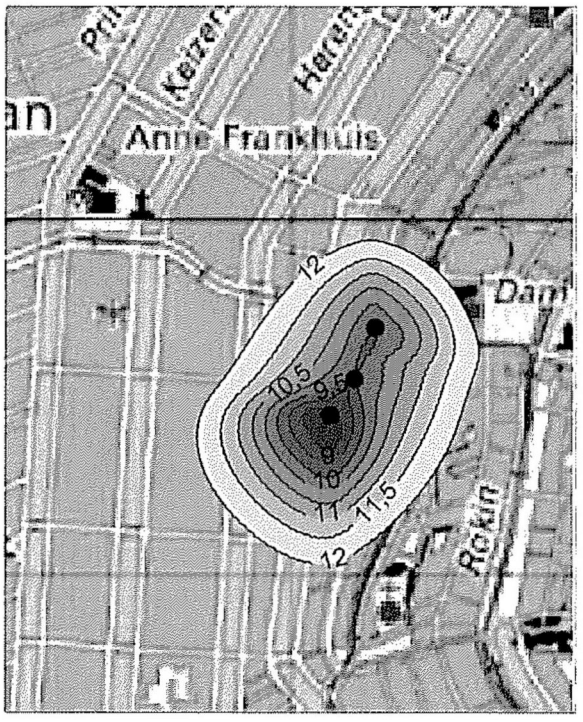


warm filter

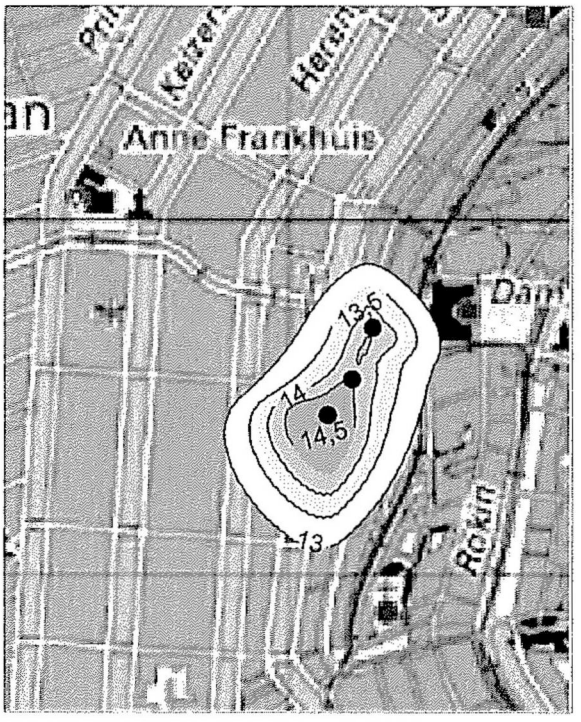


situatie einde zomer

koud filter



warm filter



0m 200m 400m 600m 800m

N

Project: Bodemenergie SOHO house Amsterdam

Onderwerp: Berekende cumulatieve temperaturen in het opslagpakket na 20 jaar energieopslag [°C]

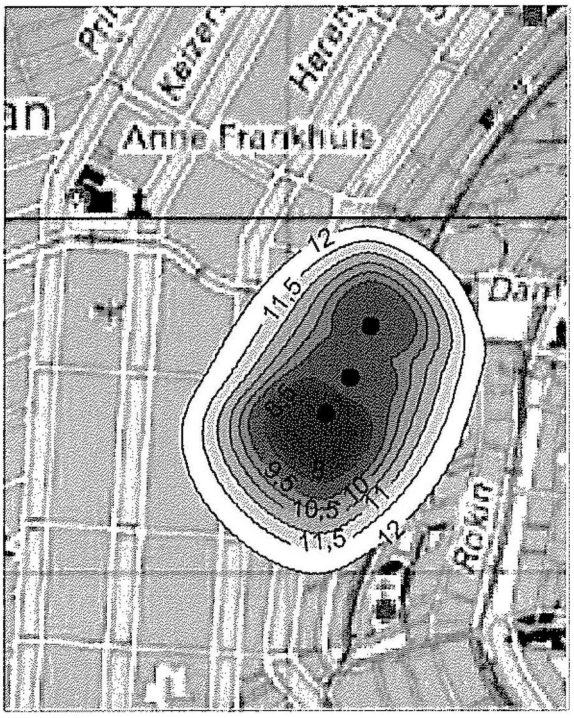
Figuur: 4.2 **Datum:** 07-09-2015

Referentie: 65128/HeM **Auteur:** ■

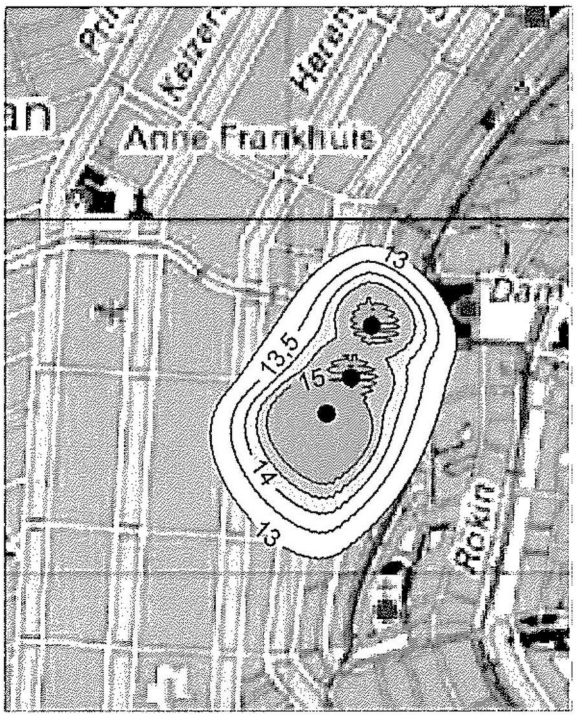
if

situatie einde winter

koud filter

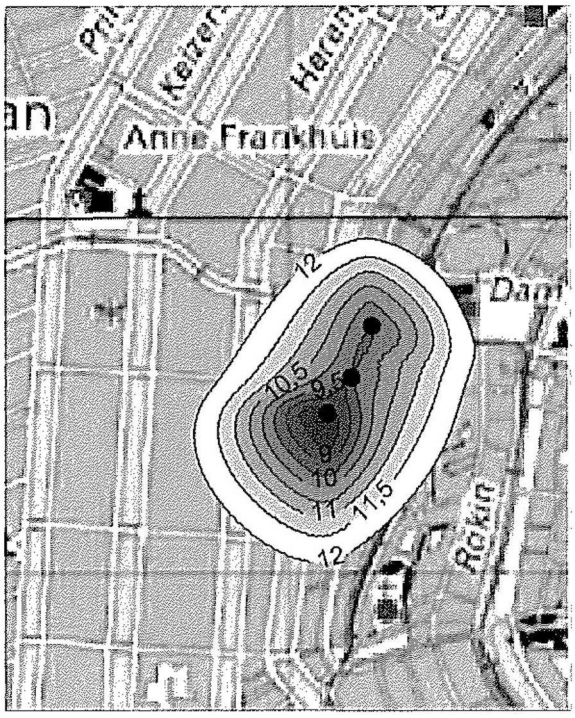


warm filter

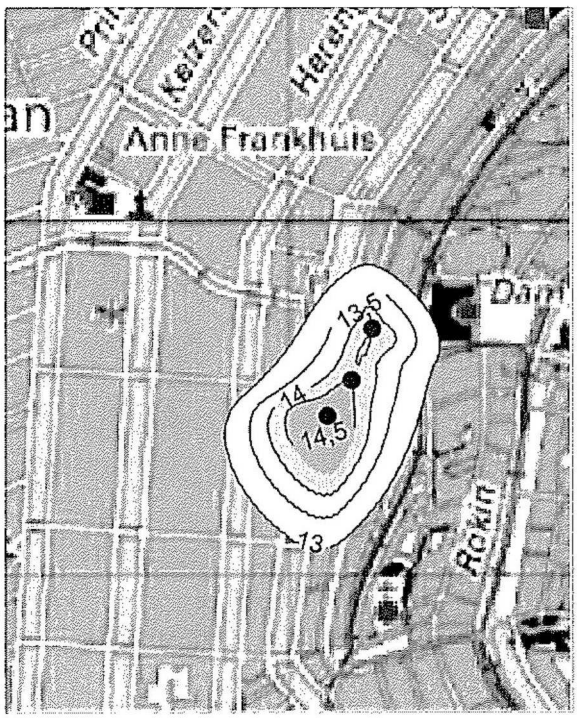


situatie einde zomer

koud filter



warm filter



0m 200m 400m 600m 800m

N

Project: Bodemenergie SOHO house Amsterdam

Onderwerp: Berekende cumulatieve temperaturen in het opslagpakket na 20 jaar energieopslag [°C]

Figuur: 4.3 **Datum:** 07-09-2015

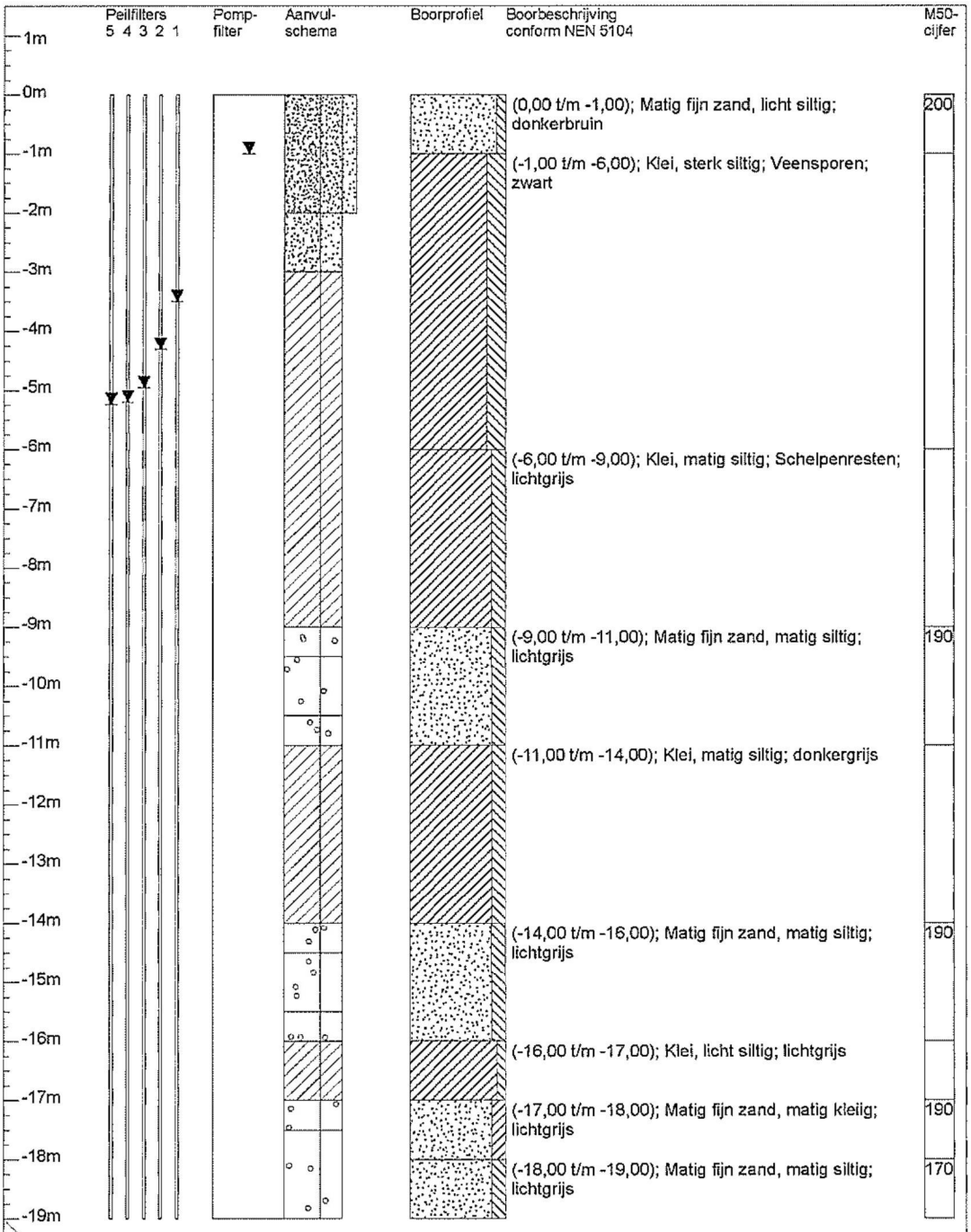
Referentie: 65128/HeM **Auteur:** [redacted]

if

22 september 2015

BIJLAGE 1

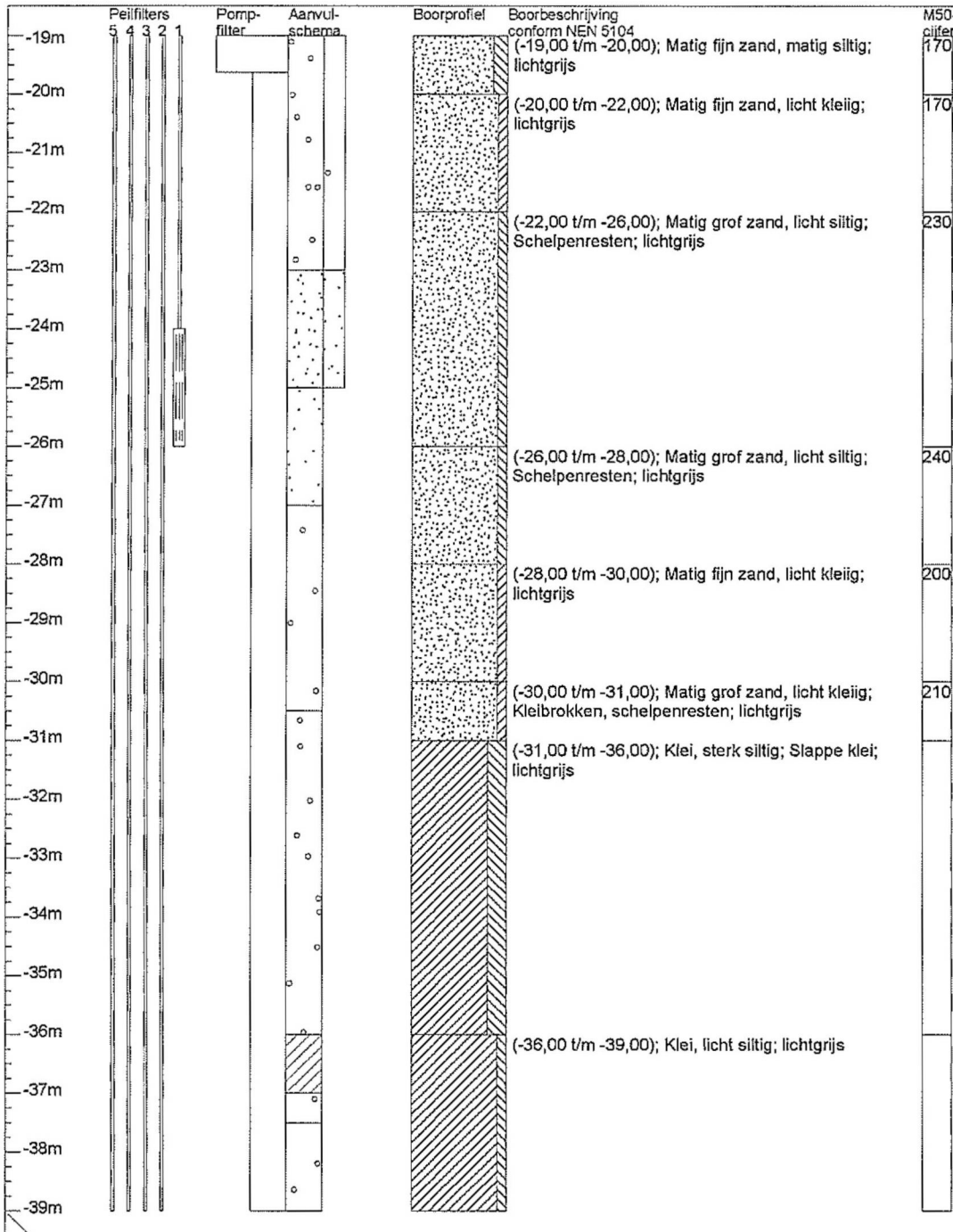
Boorbeschrijving van de Kasbank



Verticale as vertegenwoordigt de hoogte in meters t.o.v. maaiveld

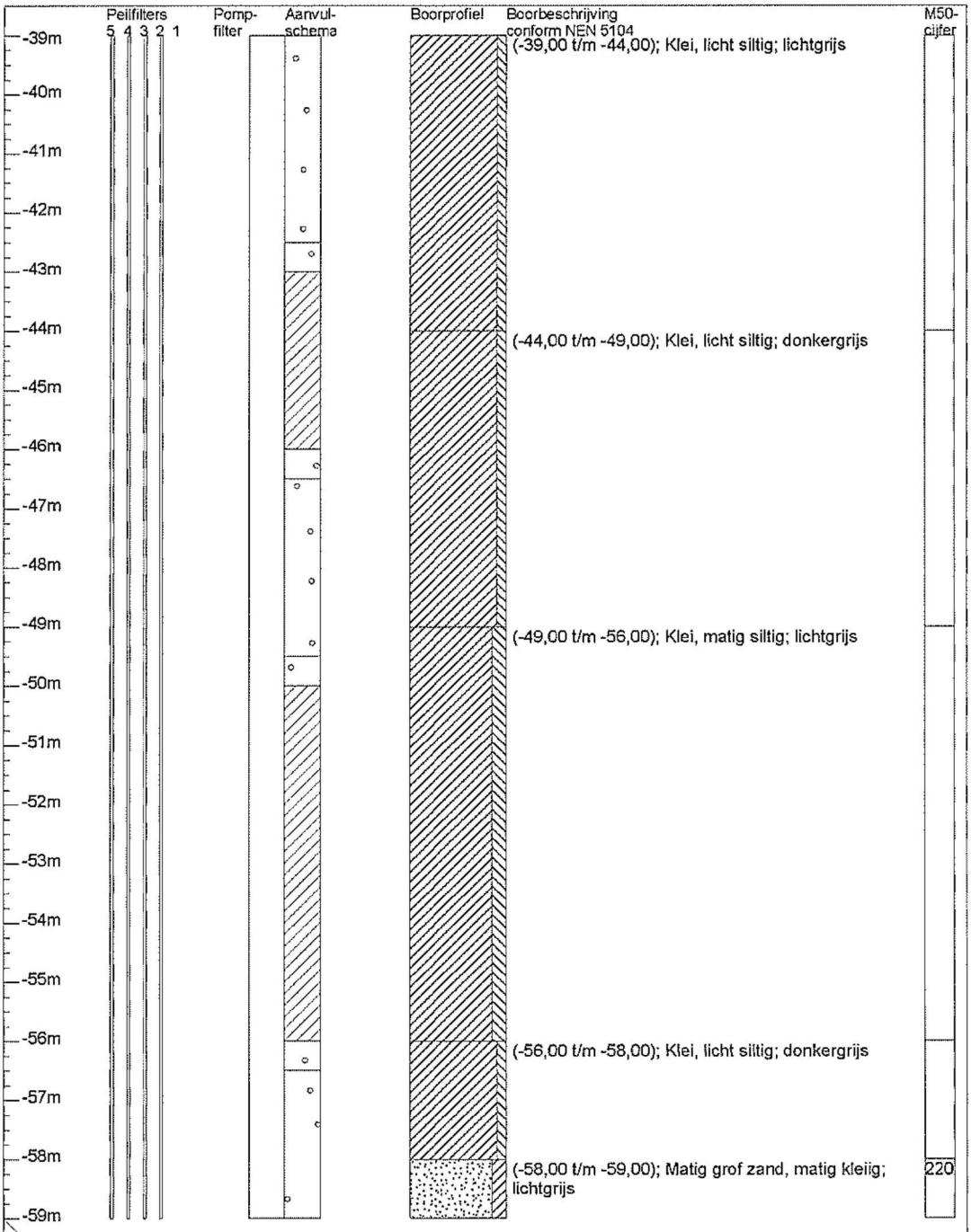
	Project/Plaats	Kasbank,Amsterdam	Datum	22-05-15	Ons kenmerk	Amsterdam_wk21_2015
	Opdrachtgever	GeoComfort	X-coordinaat	121.077 m	Uw kenmerk	2235
	Boormethode	Rotary luchtlift	Y-coordinaat	487.267 m	Boornummer	
	Boormeester	Menno van der Lienden	Certificering	MEB-020/2	GT50	

Van der Lienden Grondboringen BV, Hoofdstraat 38 Andelst



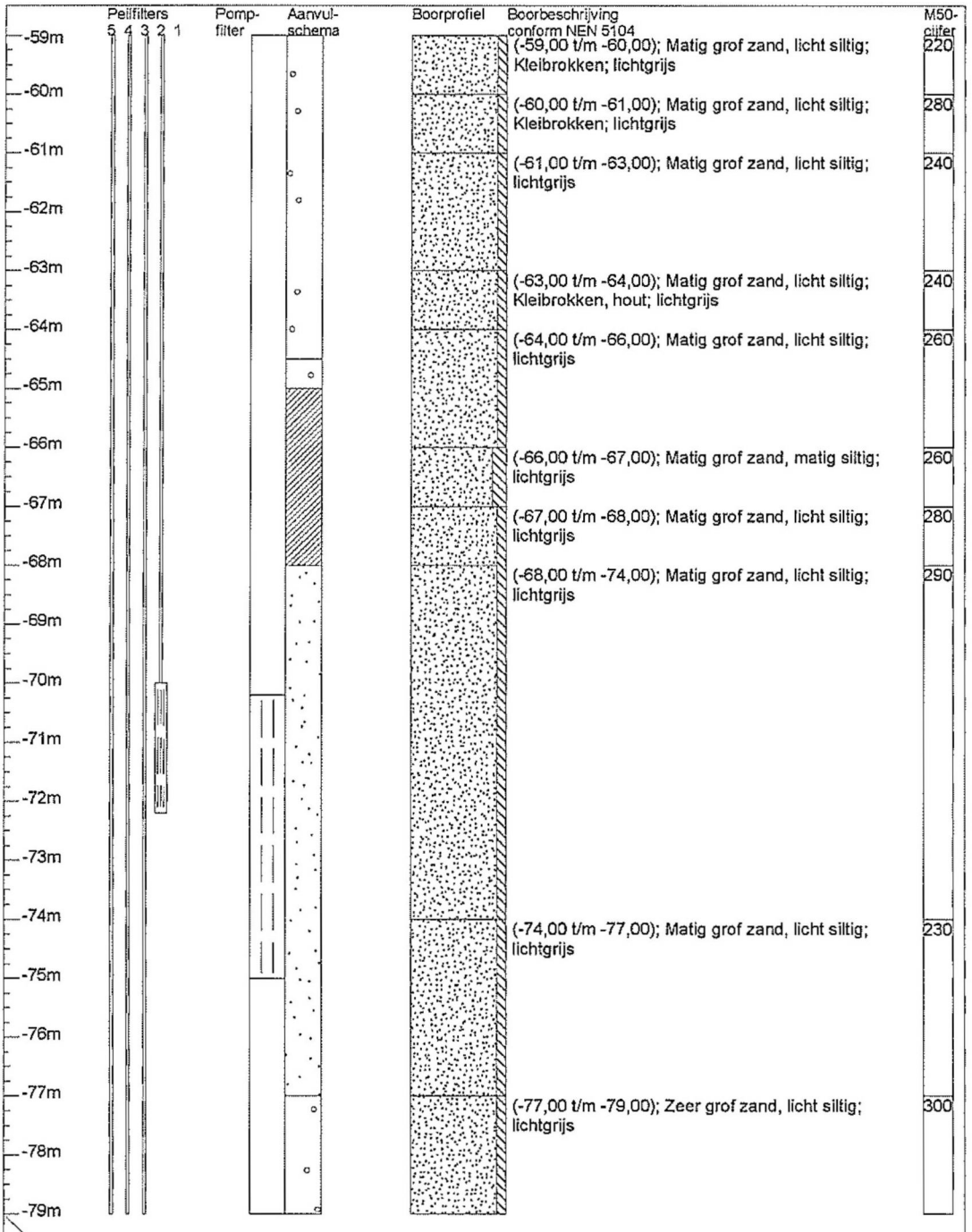
	Project/Plaats	Kasbank,Amsterdam	Datum	22-05-15	Ons kenmerk	Amsterdam_wk21_2015
	Opdrachtgever	GeoComfort	X-coordinaat	121.077 m	Uw kenmerk	2235
	Boormethode	Rotary luchtlift	Y-coordinaat	487.267 m	Boornummer	
	Boormeester	Menno van der Lienden	Certificering	MEB-020/2	GT50	

Van der Lienden Grondboringen BV, Hoofdstraat 38 Andelst



	Project/Plaats	Kasbank,Amsterdam	Datum	22-05-15	Ons kenmerk	Amsterdam_wk21_2015
	Opdrachtgever	GeoComfort	X-coordinaat	121.077 m	Uw kenmerk	2235
	Boormethode	Rotary luchtlift	Y-coordinaat	487.267 m	Boornummer	
	Boormeester	Menno van der Lienden	Certificering	MEB-020/2	GT50	

Van der Lienden Grondboringen BV, Hoofdstraat 38 Andelst

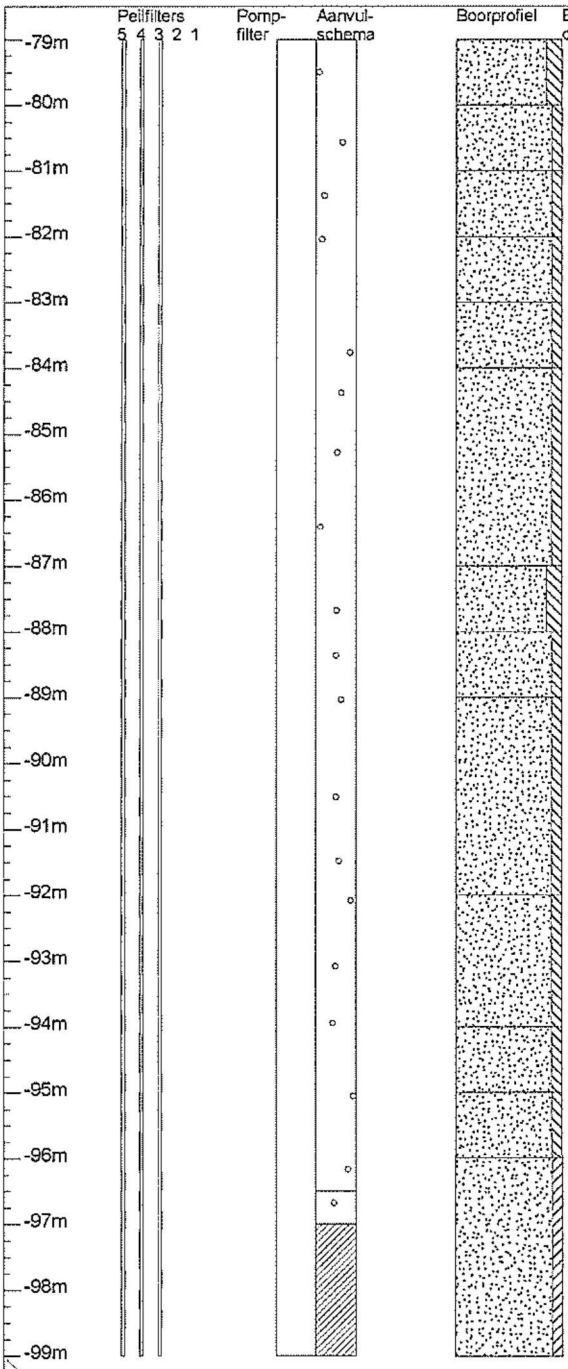


Boorbeschrijving conform NEN 5104	M50-cijfer
(-59,00 t/m -60,00); Matig grof zand, licht siltig; Kleibrokken; lichtgrijs	220
(-60,00 t/m -61,00); Matig grof zand, licht siltig; Kleibrokken; lichtgrijs	280
(-61,00 t/m -63,00); Matig grof zand, licht siltig; lichtgrijs	240
(-63,00 t/m -64,00); Matig grof zand, licht siltig; Kleibrokken, hout; lichtgrijs	240
(-64,00 t/m -66,00); Matig grof zand, licht siltig; lichtgrijs	260
(-66,00 t/m -67,00); Matig grof zand, matig siltig; lichtgrijs	260
(-67,00 t/m -68,00); Matig grof zand, licht siltig; lichtgrijs	280
(-68,00 t/m -74,00); Matig grof zand, licht siltig; lichtgrijs	290
(-74,00 t/m -77,00); Matig grof zand, licht siltig; lichtgrijs	230
(-77,00 t/m -79,00); Zeer grof zand, licht siltig; lichtgrijs	300

Verticale as vertegenwoordigt de hoogte in meters t.o.v. maaiveld

	Project/Plaats	Kasbank,Amsterdam	Datum	22-05-15	Ons kenmerk	Amsterdam_vk421_2015
	Opdrachtgever	GeoComfort	X-coordinaat	121.077 m	Uw kenmerk	2235
	Boormethode	Rotary luchtlift	Y-coordinaat	487.267 m	Boornummer	
	Boormeester	Menno van der Lienden	Certificering	MEB-020/2	GT50	

Van der Lienden Grondboringen BV, Hoofdstraat 38 Andelst

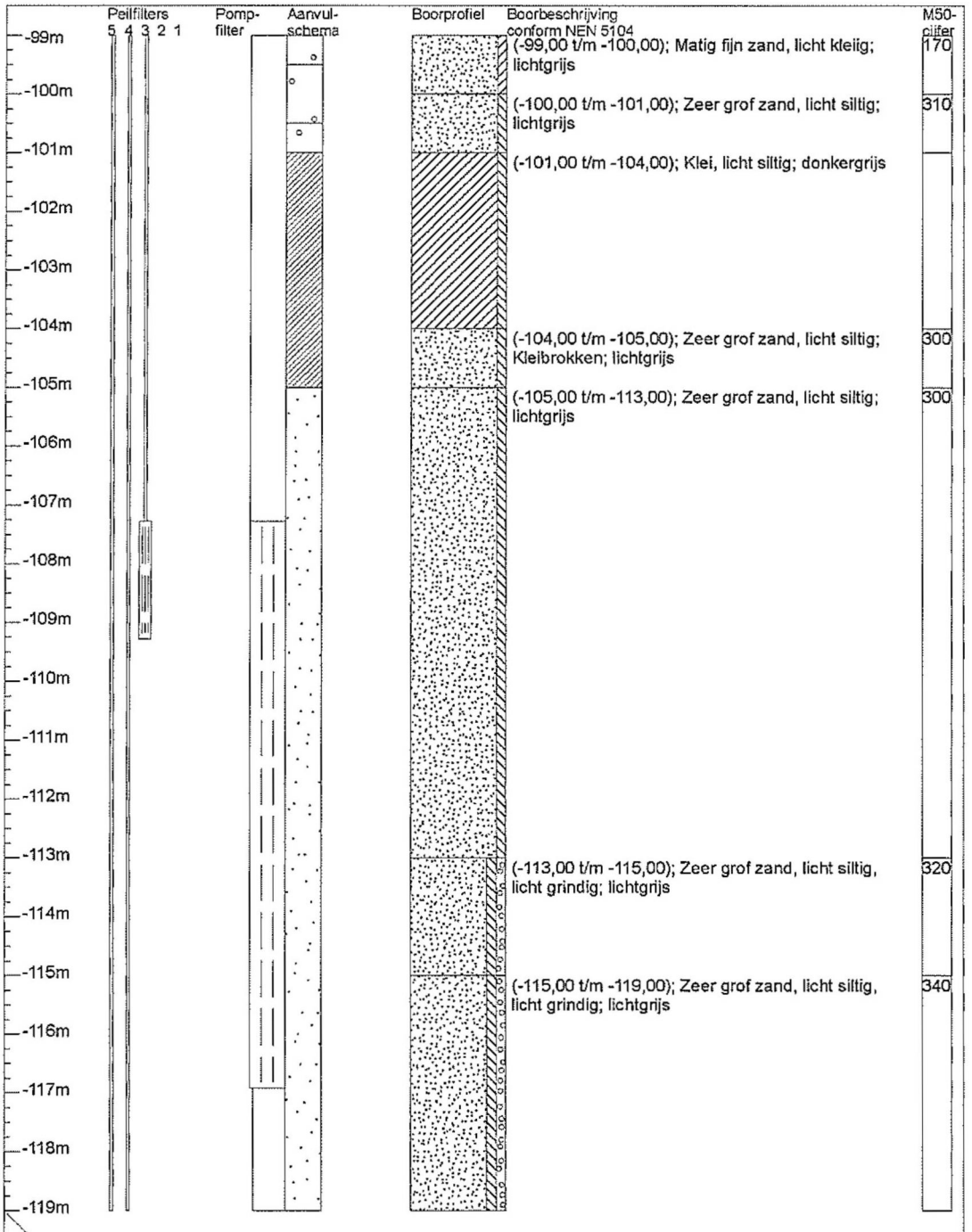


Boorprofiel	Boorbeschrijving conform NEN 5104	M50-cijfer
	(-79,00 t/m -80,00); Matig fijn zand, matig siltig; donkergrijs	190
	(-80,00 t/m -81,00); Zeer grof zand, licht siltig; lichtgrijs	300
	(-81,00 t/m -82,00); Matig grof zand, licht siltig; lichtgrijs	230
	(-82,00 t/m -83,00); Zeer grof zand, licht siltig; lichtgrijs	320
	(-83,00 t/m -84,00); Zeer grof zand, licht siltig; Kleibrokken; lichtgrijs	320
	(-84,00 t/m -87,00); Matig fijn zand, licht siltig; lichtgrijs	200
	(-87,00 t/m -88,00); Matig fijn zand, matig siltig; Kleibrokken; lichtgrijs	200
	(-88,00 t/m -89,00); Matig grof zand, licht siltig; Kleibrokken; lichtgrijs	240
	(-89,00 t/m -92,00); Matig grof zand, licht siltig; lichtgrijs	220
	(-92,00 t/m -94,00); Matig grof zand, licht siltig; lichtgrijs	290
	(-94,00 t/m -95,00); Matig grof zand, licht siltig; lichtgrijs	220
	(-95,00 t/m -96,00); Matig grof zand, licht siltig; lichtgrijs	240
	(-96,00 t/m -99,00); Matig fijn zand, licht kleiig; lichtgrijs	170

Verticale as vertegenwoordigt de hoogte in meters t.o.v. maaiveld

	Project/Plaats	Kasbank,Amsterdam	Datum	22-05-15	Ons kenmerk	Amsterdam_wk21_2015
	Opdrachtgever	GeoComfort	X-coordinaat	121.077 m	Uw kenmerk	2235
	Boormethode	Rotary luchtlift	Y-coordinaat	487.267 m	Boornummer	
	Boormeester	Menno van der Lienden	Certificering	MEB-020/2	GT50	

Van der Lienden Grondboringen BV, Hoofdstraat 38 Andelst

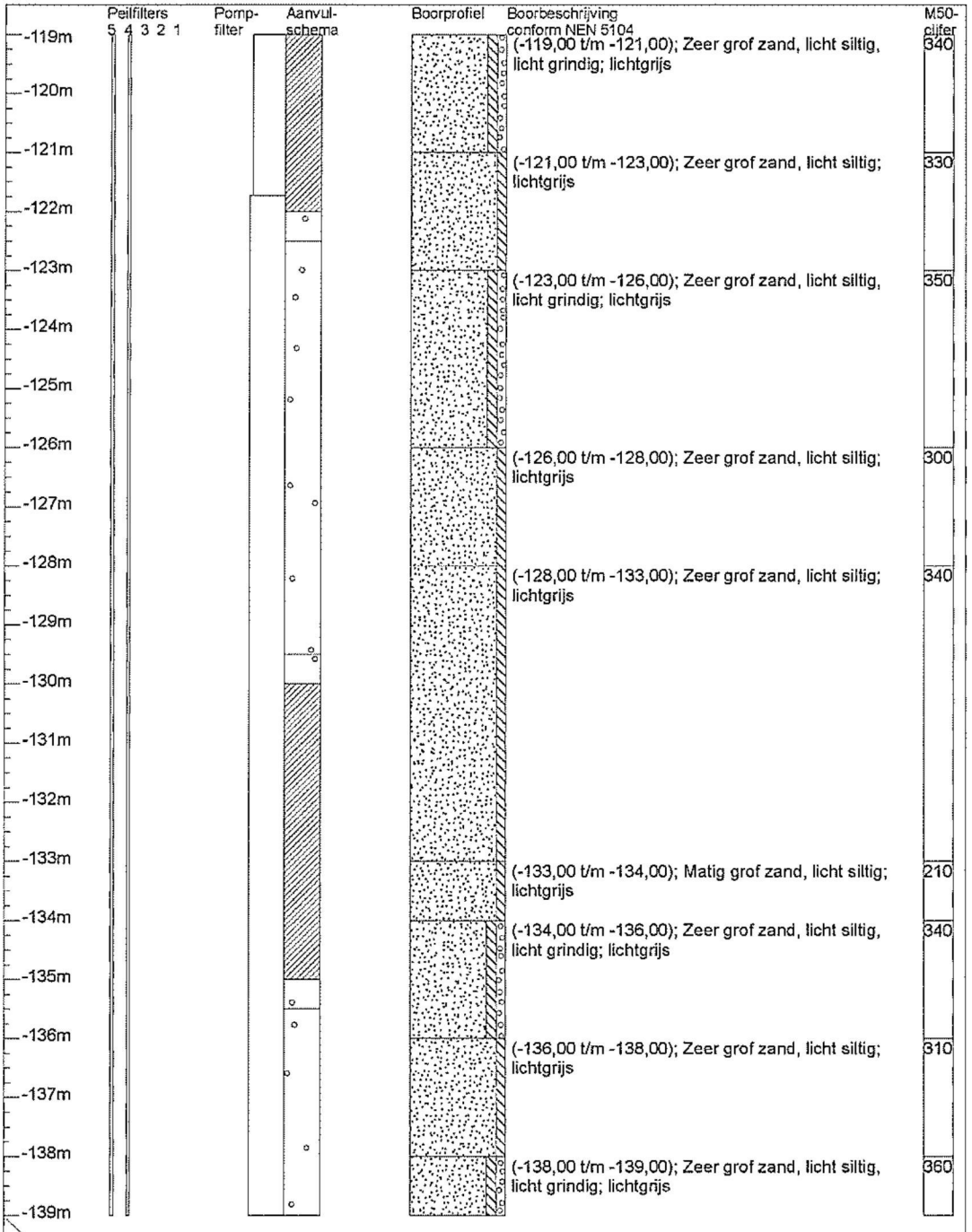


Boorbeschrijving conform NEN 5104	M50-cijfer
(-99,00 t/m -100,00); Matig fijn zand, licht kleiig; lichtgrijs	170
(-100,00 t/m -101,00); Zeer grof zand, licht siltig; lichtgrijs	310
(-101,00 t/m -104,00); Klei, licht siltig; donkergrijs	
(-104,00 t/m -105,00); Zeer grof zand, licht siltig; Kleibrokken; lichtgrijs	300
(-105,00 t/m -113,00); Zeer grof zand, licht siltig; lichtgrijs	300
(-113,00 t/m -115,00); Zeer grof zand, licht siltig, licht grindig; lichtgrijs	320
(-115,00 t/m -119,00); Zeer grof zand, licht siltig, licht grindig; lichtgrijs	340

Verticale as vertegenwoordigt de hoogte in meters t.o.v. maaiveld

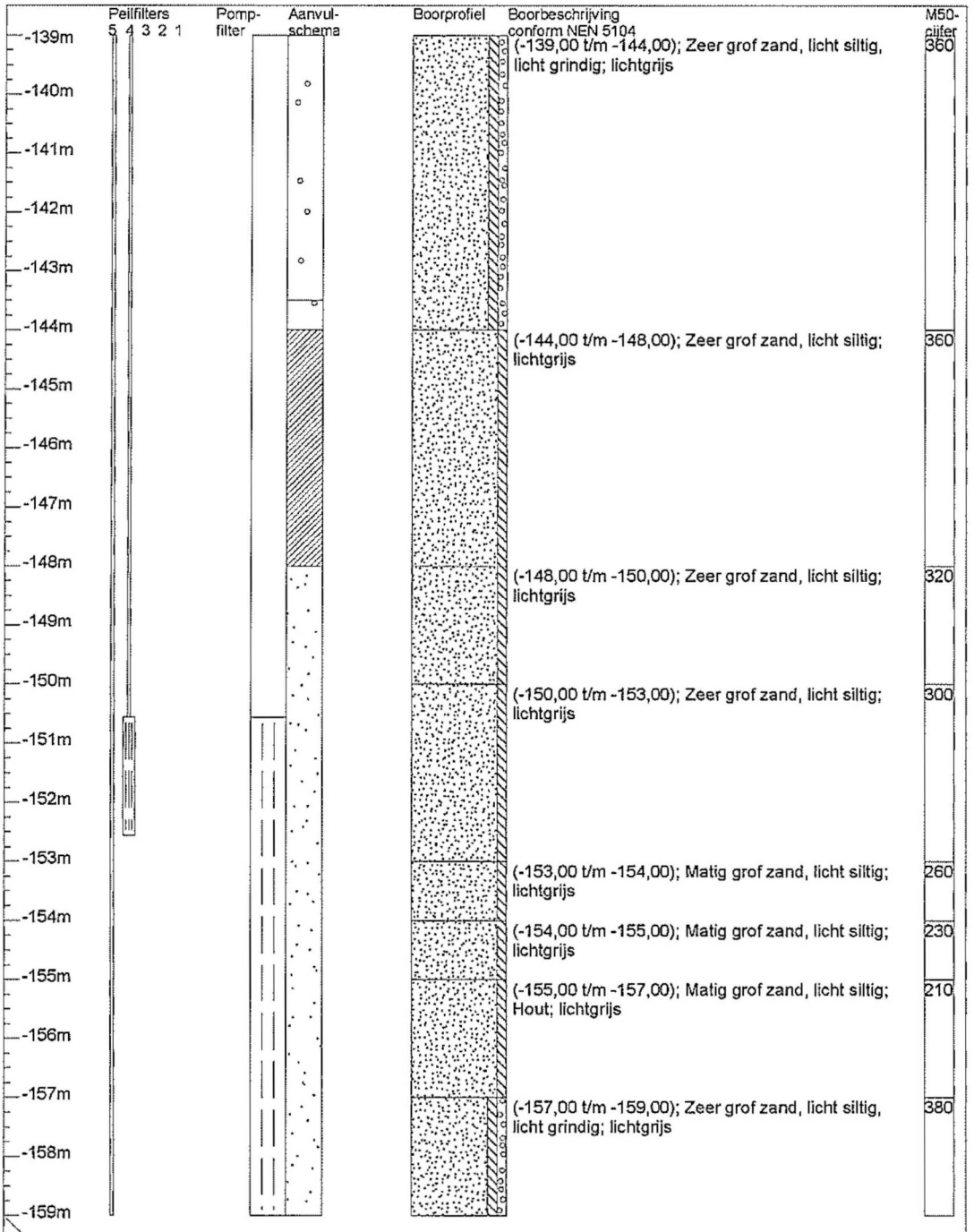
	Project/Plaats	Kasbank,Amsterdam	Datum	22-05-15	Ons kenmerk	Amsterdam_vd21_2015
	Opdrachtgever	GeoComfort	X-coordinaat	121.077 m	Uw kenmerk	2235
	Boormethode	Rotary luchtlift	Y-coordinaat	487.267 m	Boornummer	
	Boormeester	Menno van der Lienden	Certificering	MEB-020/2	GT50	

Van der Lienden Grondboringen BV, Hoofdstraat 38 Andelst



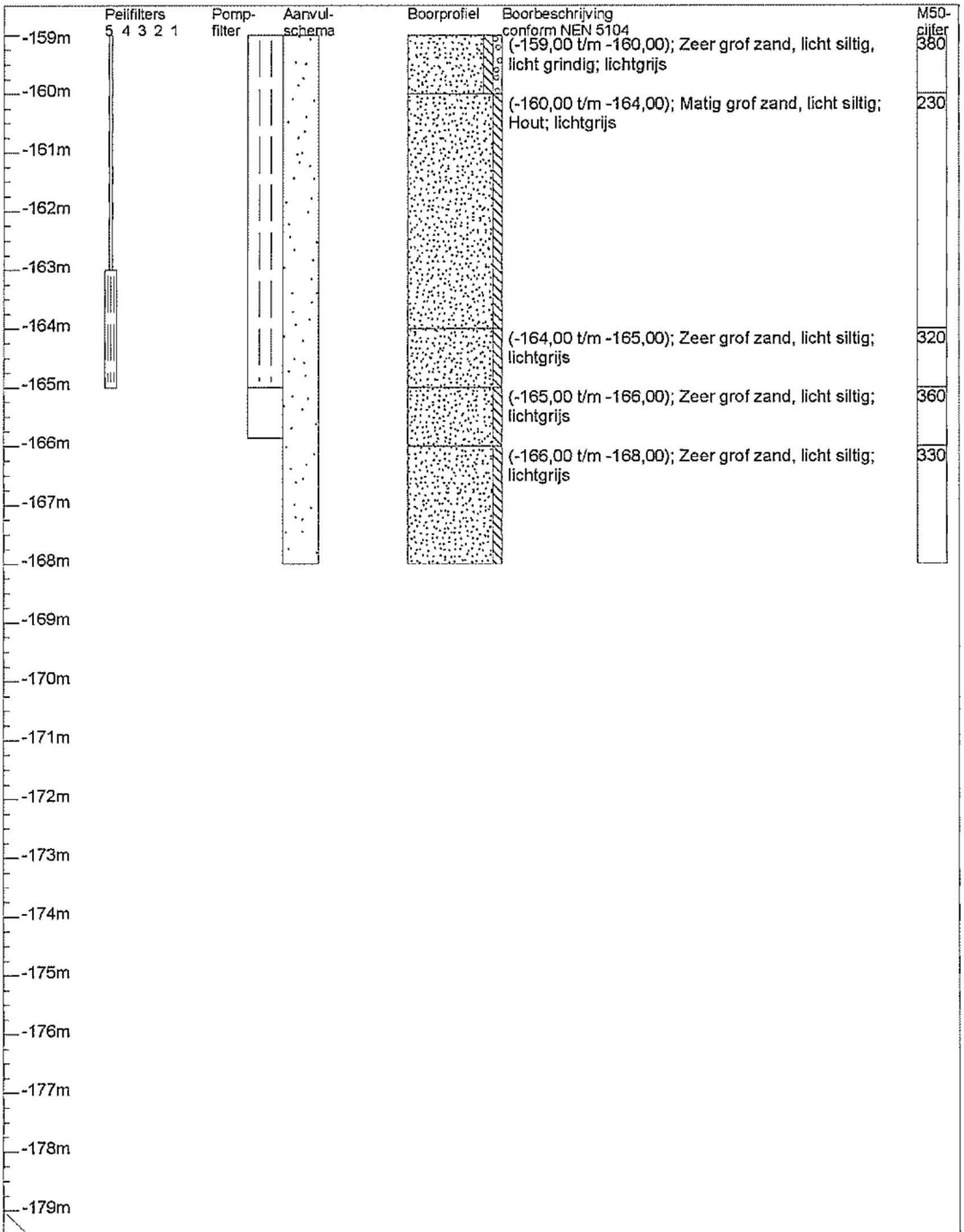
	Project/Plaats	Kasbank,Amsterdam	Datum	22-05-15	Ons kenmerk	Amsterdam_wk21_2015
	Opdrachtgever	GeoComfort	X-coordinaat	121.077 m	Uw kenmerk	2235
	Boormethode	Rotary luchtlift	Y-coordinaat	487.267 m	Boornummer	
	Boormeester	Menno van der Lienden	Certificering	MEB-020/2	GT50	

Van der Lienden Grondboringen BV, Hoofdstraat 38 Andelst



	Project/Plaats	Kasbank,Amsterdam	Datum	22-05-15	Ons kenmerk	Amsterdam_wk21_2015
	Opdrachtgever	GeoComfort	X-coordinaat	121.077 m	Uw kenmerk	2235
	Boormethode	Rotary luchtlift	Y-coordinaat	487.267 m	Boornummer	
	Boormeester	Menno van der Lienden	Certificering	MEB-020/2	GT50	

Van der Lienden Grondboringen BV, Hoofdstraat 38 Andelst



	Project/Plaats	Kasbank,Amsterdam	Datum	22-05-15	Ons kenmerk	Amsterdam_wk21_2015
	Opdrachtgever	GeoComfort	X-coordinaat	121.077 m	Uw kenmerk	2235
	Boormethode	Rotary luchtlift	Y-coordinaat	487.267 m	Boornummer	
	Boormeester	Menno van der Lienden	Certificering	MEB-020/2	GT50	

Van der Lienden Grondboringen BV, Hoofdstraat 38 Andelst

Peilfilters (van-tot(diameter))

Peilbuis 1: 24,00 m t/m 26,00 m (32 mm)
Peilbuis 2: 70,00 m t/m 72,20 m (32 mm)
Peilbuis 3: 107,28 m t/m 109,28 m (32 mm)
Peilbuis 4: 150,56 m t/m 152,56 m (32 mm)
Peilbuis 5: 163,00 m t/m 165,00 m (32 mm)

Pompfilters (van-tot(diameter x perforatie diameter))

0,00 m t/m 19,63 m (500 mm x 0 mm)
19,63 m t/m 70,20 m (250 mm x 0 mm)
70,20 m t/m 75,01 m (250 mm x 0,5 mm)
75,01 m t/m 107,28 m (250 mm x 0 mm)
107,28 m t/m 116,91 m (250 mm x 0,5 mm)
116,91 m t/m 121,73 m (226 mm x 0 mm)
121,73 m t/m 150,56 m (250 mm x 0 mm)
150,56 m t/m 165,00 m (250 mm x 0,5 mm)
165,00 m t/m 165,87 m (250 mm x 0 mm)

Vertoeringen (van-tot(diameter))

0,00 m t/m 2,00 m (1000 mm)
0,00 m t/m 25,00 m (800 mm)
0,00 m t/m 168,00 m (500 mm)

Zandaanvullingen en kleiafdichtingen (van-tot(materiaal))

0,00 m t/m 3,00 m (Zandaanvulling)
3,00 m t/m 9,00 m (Micoliet 00)
9,00 m t/m 9,50 m (Filterzand 0,4-0,6mm)
9,50 m t/m 10,50 m (Aanvulgrind 2,0-5,0mm)
10,50 m t/m 11,00 m (Filterzand 0,4-0,6mm)
11,00 m t/m 14,00 m (Micoliet 00)
14,00 m t/m 14,50 m (Filterzand 0,4-0,6mm)
14,50 m t/m 15,50 m (Aanvulgrind 2,0-5,0mm)
15,50 m t/m 16,00 m (Filterzand 0,4-0,6mm)
16,00 m t/m 17,00 m (Micoliet 00)
17,00 m t/m 17,50 m (Filterzand 0,4-0,6mm)
17,50 m t/m 23,00 m (Aanvulgrind 2,0-5,0mm)
23,00 m t/m 27,00 m (Filterzand 0,8-1,25mm)
27,00 m t/m 30,50 m (Aanvulgrind 2,0-5,0mm)
30,50 m t/m 36,00 m (Filterzand 0,4-0,6mm)
36,00 m t/m 37,00 m (Micoliet 00)
37,00 m t/m 37,50 m (Filterzand 0,4-0,6mm)
37,50 m t/m 42,50 m (Aanvulgrind 2,0-5,0mm)
42,50 m t/m 43,00 m (Filterzand 0,4-0,6mm)
43,00 m t/m 46,00 m (Micoliet 00)
46,00 m t/m 46,50 m (Filterzand 0,4-0,6mm)
46,50 m t/m 49,50 m (Aanvulgrind 2,0-5,0mm)
49,50 m t/m 50,00 m (Filterzand 0,4-0,6mm)
50,00 m t/m 56,00 m (Micoliet 00)
56,00 m t/m 56,50 m (Filterzand 0,4-0,6mm)
56,50 m t/m 64,50 m (Aanvulgrind 2,0-5,0mm)
64,50 m t/m 65,00 m (Filterzand 0,4-0,6mm)
65,00 m t/m 68,00 m (Micoliet 300)
68,00 m t/m 77,00 m (Filterzand 0,8-1,25mm)
77,00 m t/m 96,50 m (Aanvulgrind 2,0-5,0mm)
96,50 m t/m 97,00 m (Filterzand 0,4-0,6mm)
97,00 m t/m 99,00 m (Micoliet 300)
99,00 m t/m 99,50 m (Filterzand 0,4-0,6mm)
99,50 m t/m 100,50 m (Aanvulgrind 2,0-5,0mm)
100,50 m t/m 101,00 m (Filterzand 0,4-0,6mm)
101,00 m t/m 105,00 m (Micoliet 300)
105,00 m t/m 119,00 m (Filterzand 0,8-1,25mm)
119,00 m t/m 122,00 m (Micoliet 300)



	Project/Plaats	Kasbank,Amsterdam	Datum	22-05-15	Ons kenmerk	Amsterdam_v4-21_2015
	Opdrachtgever	GeoComfort	X-coordinaat	121.077 m	Uw kenmerk	2235
	Boormethode	Rotary luchtlift	Y-coordinaat	487.267 m	Boornummer	
	Boormeester	Menno van der Lienden	Certificering	MEB-020/2	GT50	

Van der Lienden Grondboringen BV, Hoofdstraat 38 Andelst

Zandaanvullingen en kleiafdichtingen (van-tot(materiaal))

122,00 m t/m 122,50 m (Filterzand 0,4-0,6mm)
122,50 m t/m 129,50 m (Aanvulgrind 2,0-5,0mm)
129,50 m t/m 130,00 m (Filterzand 0,4-0,6mm)
130,00 m t/m 135,00 m (Micoliet 300)
135,00 m t/m 135,50 m (Filterzand 0,4-0,6mm)
135,50 m t/m 143,50 m (Aanvulgrind 2,0-5,0mm)
143,50 m t/m 144,00 m (Filterzand 0,4-0,6mm)
144,00 m t/m 148,00 m (Micoliet 300)
148,00 m t/m 168,00 m (Filterzand 0,8-1,25mm)

Opmerking boring

Aardedraad 22mtr 25mm²



	Project/Plaats	Kasbank,Amsterdam	Datum	22-05-15	Ons kenmerk	Amsterdam_wk21_2015
	Opdrachtgever	GeoComfort	X-coordinaat	121.077 m	Uw kenmerk	2235
	Boormethode	Rotary luchtlift	Y-coordinaat	487.267 m	Boornummer	
	Boormeester	Menno van der Lienden	Certificering	MEB-020/2	GT50	

Van der Lienden Grondboringen BV, Hoofdstraat 38 Andelst

22 september 2015

BIJLAGE 2

Berekening van de eindzetting

Zettingsberekening

Versie 28 september 2004

Berekening van eindzetting volgens de methode van Koppejan (combinatie van Terzaghi en Keverling Buisman)

Projectnaam:	SOHO House Amsterdam
Projectnummer:	65128
Datum berekening:	12-8-2015
Bijlage:	2
Rapport:	Effectenstudie
Specialist:	[redacted]
Opmerking(en):	Zetting bij de bron

Gebruikte formule van Terzaghi:

$$z = \frac{D}{C} \ln \frac{\sigma_k + \Delta\sigma_k}{\sigma_k}$$

GLG: 1 m-mv

Materiaal	[m-mv] diepte	[m] Dikte	ΔH	[-] C_p	[-] C_s	[-] Corein	[kg/m3] ρ	σk	[N/m²] σκ	[N/m²] Δσκ	[mm] Z
	0										
Onverz zone		1	0,002	-	-	-	0	0	-		0
	1							0			
Klei		1		20	2,40E+02	15	1800	8829	3924	9,81	0
	2							17658			
Klei		18		20	240	15	1800	176580	78480	34,335	1
	20							335502			
Zand		10	0,007	600	1,00E+99	600	2000	433602	198162	68,67	0
	30							531702			
Klei		30		20	240	15	1800	796572	364932	2540,8	14
	60							1061442			
Zand		10	0,511	600	1,00E+99	600	2000	1159542	531702	5012,9	0
	70							1257642			
Zand		5	2,812	600	1,00E+99	600	2000	1306692	605277	27586	0
	75							1355742			
Zand		32	0,344	600	1,00E+99	600	2000	1669662	786762	3374,6	0
	107							1983582			
Zand		9	2,797	600	1,00E+99	600	2000	2071872	987867	27439	0
	116							2160162			
Zand		34	0,036	600	1,00E+99	600	2000	2493702	1198782	353,16	0
	150							2827242			
Zand		14	3,225	600	1,00E+99	6,00E+02	2000	2964582	1434222	31637	1
	164							3101922			
Zand		36	0,321	600	1,00E+99	600	2000		751446	3149	0
	200										

Totale zetting [mm] 16

Verklaring van de parameters:

symbolen	verklaring	eenheid
D	= Dikte	[m]
ΔH	= Stijghoogteverandering	[m]
C_p	= Primaire zettingsconstante	[-]
C_s	= Secundaire zettingsconstante	[-]
Corein	= Totale zettingsconstante	[-]
ρ	= Bulkdichtheid	[kg/m³]
σκ	= Korrelspanning	[N/m²]
Δσκ	= Verandering korrelspanning	[N/m²]
z	= Zetting	[mm]
GLG	= Gemiddelde laagste grondwaterstand	[m-mv]