



RAPPORT
betreffende

LIVEDIJKXL OMMELANDERZEEDIJK

FASE 2B: RESULTATEN (BERM)INFILTRATIEPROEF XL JUNI 2015

Opdrachtnummer: 1212-0075-005

Opdrachtgever : Stichting IJkdijk
p/a HPB Leek
Postbus 97
9350 AB LEEK

Projectleider : ir. M.T. van der Meer
Technical Director Flood Defences

Opgesteld door : ir. G.R.P. van Goor
Adviseur Waterbouw

Gecontroleerd door : ir. M.T. van der Meer
Technical Director Flood Defences

VERSIE	DATUM	OMSCHRIJVING WIJZIGING	PARAAF PROJECTLEIDER
1	7 juli 2015	Eerste versie	MVM

INHOUDSOPGAVE

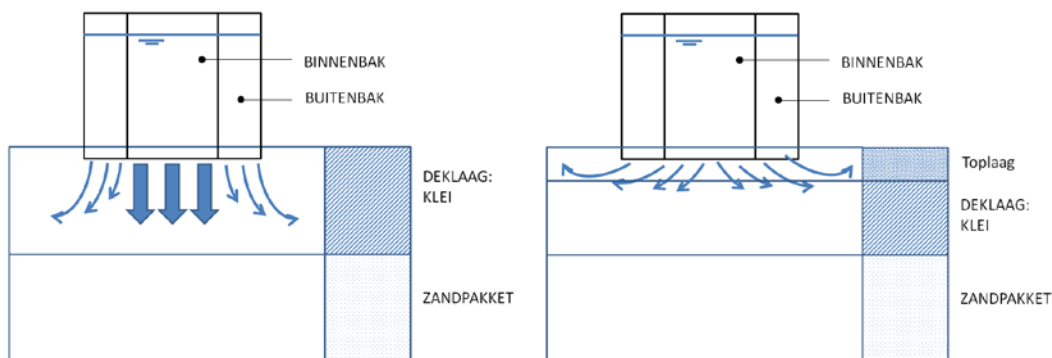
	<u>Blz.</u>
1. INLEIDING	1
1.1. Projectbeschrijving	1
1.2. Locatiebeschrijving	1
2. INFILTRATIEPROEF-XL	3
2.1. Proefopstelling Infiltratieproef-XL	3
2.2. Uitvoering Infiltratieproef-XL juni 2015	3
3. ANALYSE	8
3.1. Interpretatiemethode proefresultaten	8
3.2. Uitwerking	8
4. DISCUSSIE EN AANBEVELINGEN	10
4.1. Discussie	10
4.2. Aanbevelingen	10
BIJLAGEN	12

BIJLAGEN

	<u>Nr.</u>
- Situatiekening bermfiltratieproeven	1
- Resultaten grond- en laboratoriumonderzoek	2
- Interpretatiemethode uit NEN-EN-ISO 22282-5:2012	3
- Uitwerking – bepaling doorlatendheid	4

1. INLEIDING

Doel van de berminfiltratieproef is om de doorlatendheid van de kleideklaag op de buitenberm van de dijk te bepalen. Hiertoe zijn in fase 1 (september 2014) enkele infiltratieproeven met de Infiltratiebakken uitgevoerd. Op basis van de proefresultaten van destijds zijn zeer hoge doorlatendheden berekend (> 5 m/dag) die niet lijken te rijmen met de kleiige deklaag die is aangetroffen. De infiltratiebak is destijds ca. 10 cm diep, direct op het maaiveld geïnstalleerd. Het vermoeden is dat er sprake was van een grote zijdelingse afstroom van water door de goed doorwortelde top laag van de deklaag. Deze situatie is schematisch weergegeven in onderstaand figuur.



Figuur 1: De ideale situatie (links) en de waarschijnlijke situatie zoals opgetreden (rechts)

Op basis van de aanbevelingen uit het eerste onderzoek is de berminfiltratieproef opnieuw uitgevoerd met de volgende wijzigingen ten aanzien van de proefuitvoering (zie aanbevelingen in de rapportage met kenmerk: 1212-0075-004.R01):

- Infiltratiebakken dieper in de grond installeren, door de doorwortelde top laag en een aanzienlijk stuk in de kleilaag. Als de bakken bijvoorbeeld 10 cm in de onverstoorde kleilaag worden aangebracht wordt in ieder geval de verticale infiltratiesnelheid van dat deel gemeten;
- Toplaag afgraven en infiltratiebakken direct op de onverstoorde kleilaag installeren.

Cruciaal voor het slagen van de proef is een nauwkeurige installatie van de infiltratiebak op de deklaag van de dijk. In deze fase is er voor gekozen om alleen de buitenbak (1 x 1 m) te gebruiken. Doordat de bak nu direct in de kleilaag is geïnstalleerd is de doorlatendheid van de grondmoot omsloten door de buitenbak direct gemeten.

1.1. Projectbeschrijving

De werkzaamheden zijn uitgevoerd als onderdeel van het project LiveDijk XL Noorderzijlvest. De Ommelanderzeedijk en de Lauwersmeerdijk worden sinds 2012 over 14 kilometer real-time gemeten met een sensor-monitoringssysteem.

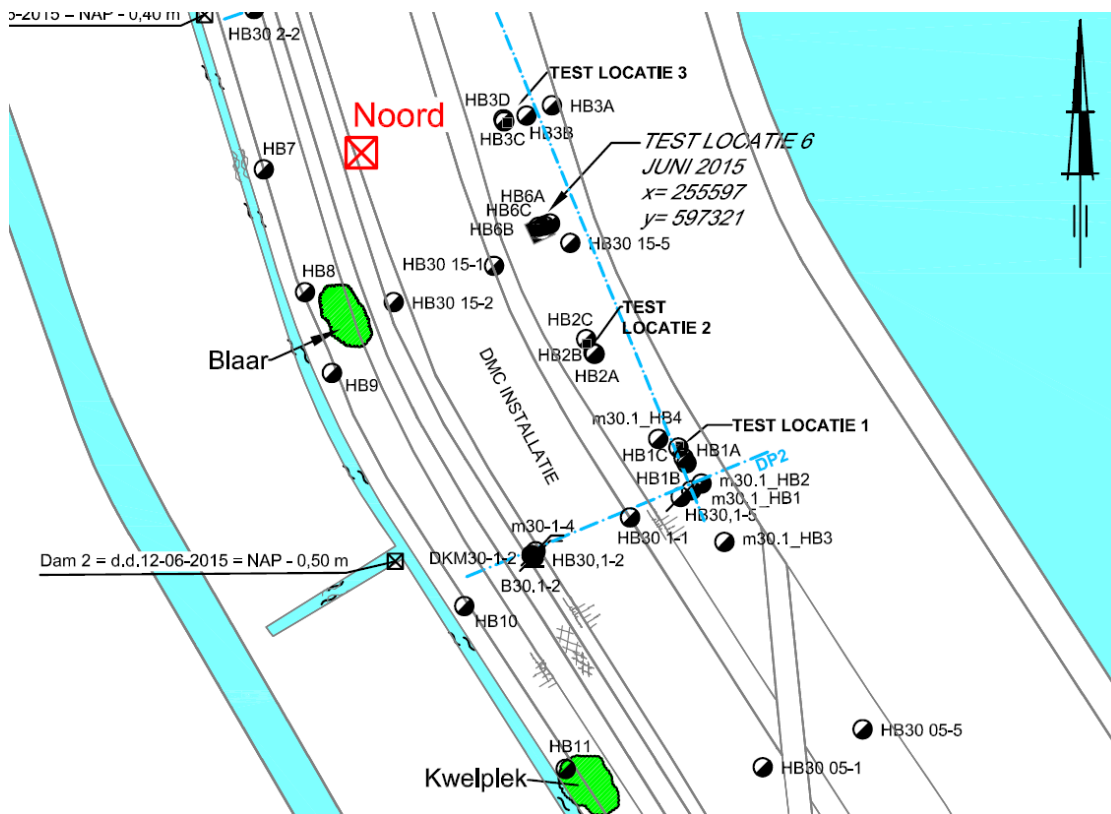
Voor een meer gedetailleerde beschrijving van het project en de achtergronden van de berminfiltratieproeven wordt verwezen naar de rapportage van de voorafgaande fase (kenmerk: 1212-0075-004.R01).

1.2. Locatiebeschrijving

Het doel van de berminfiltratieproef is om inzicht te krijgen in de doorlatendheid van de deklaag op het buitentalud van de Ommelanderzeedijk.

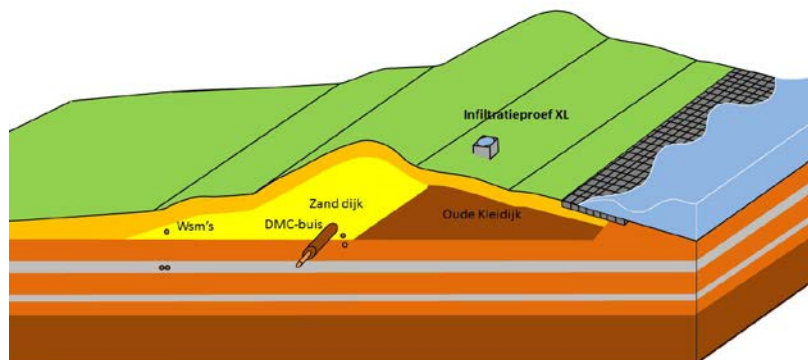
Daartoe zijn de infiltratieproeven uitgevoerd op het buitentalud van de dijk, op het traject waar de DMC-systeem is geïnstalleerd. In deze fase zijn meerdere proeven uitgevoerd op één proeflocatie. De proeven zijn uitgevoerd op 10, 11 en 12 juni 2015.

In de figuur 2 is de proeflocatie aangegeven ("Testlocatie 6 Juni 2015") tezamen met het beschikbare grondonderzoek en de eerdere testlocaties van september 2014 ("Testlocatie 1-3"). In het figuur zijn ook de 'blaar- en kwelpleklocatie' weergegeven zoals waargenomen tijdens de belastingproef met het DMC-systeem. Een volledige situatietekening is opgenomen in bijlage 1.



Figuur 2: Proeflocatie bermfiltratieproef juni 2015

In figuur 3 is de proefopstelling op het buitentalud van de dijk schematisch weergegeven.



Figuur 3: Schematische weergave situatie en proefopstelling

2. INFILTRATIEPROEF-XL

In dit hoofdstuk volgt een korte beschrijving van de proefopstelling en de gehanteerde uitvoeringswijze.

2.1. Proefopstelling Infiltratieproef-XL

Een algemene beschrijving van de Infiltratieproef XL is opgenomen in de eerste rapportage met kenmerk: 1212-0075-004.R01.

De proeven van juni 2015 zijn uitgevoerd door enkel gebruik te maken van de buitenbak (1 x 1m) die in de kleideklaag is ingegraven. In dit project is gekozen voor een Falling Head infiltratieproef. Dit houdt in dat de infiltratiebak wordt gevuld met water waarna dit water onder vrij verval in de bodem infiltreert en het waterniveau in de bak gedurende de proeven zal afnemen.

Het verloop van de waterstand in de infiltratiebak is zowel handmatig als door drukopnemers (dataloggers) geregistreerd. Er is gemeten met een tweetal dataloggers waarvan één als back-up diende. De gemeten drukken zijn gecorrigeerd met de meetwaarden van een derde drukopnemer die lokaal de luchtdruk meet (barometer).

2.2. Uitvoering Infiltratieproef-XL juni 2015

In deze fase zijn de infiltratieproeven uitgevoerd door de infiltratiebak in de kleideklaag in te graven. Hiertoe is doormiddel van twee handboringen allereerst geverifieerd of de geplande proeflocatie zich bovenop de deklaag van de dijk bevindt. De resultaten van de handboringen (HB6A en HB6B), die onder en boven de geplande locatie zijn uitgevoerd, zijn opgenomen in bijlage 2 en samengevat in onderstaande tabel. Op basis van deze resultaten is de deklaagdikte op de proeflocatie vastgesteld op ca. 1,2 m.

Tabel 1: Resultaten handboringen op proeflocatie

Handboring	Hoogteligging maaiveld [m NAP]	Deklaagdikte [m]	Samenstelling deklaag
HB6A	5,6	1,3	Klei, matig siltig
HB6B	5,9	1,1	Klei, sterk tot matig siltig

Op verschillende dieptes zijn ongeroerde monsters gestoken in deze handboringen om in het laboratorium het in-situ volumegewicht en watergehalte van de deklaag te bepalen, dus voor uitvoering van de proef. Deze resultaten zijn eveneens opgenomen in bijlage 2.

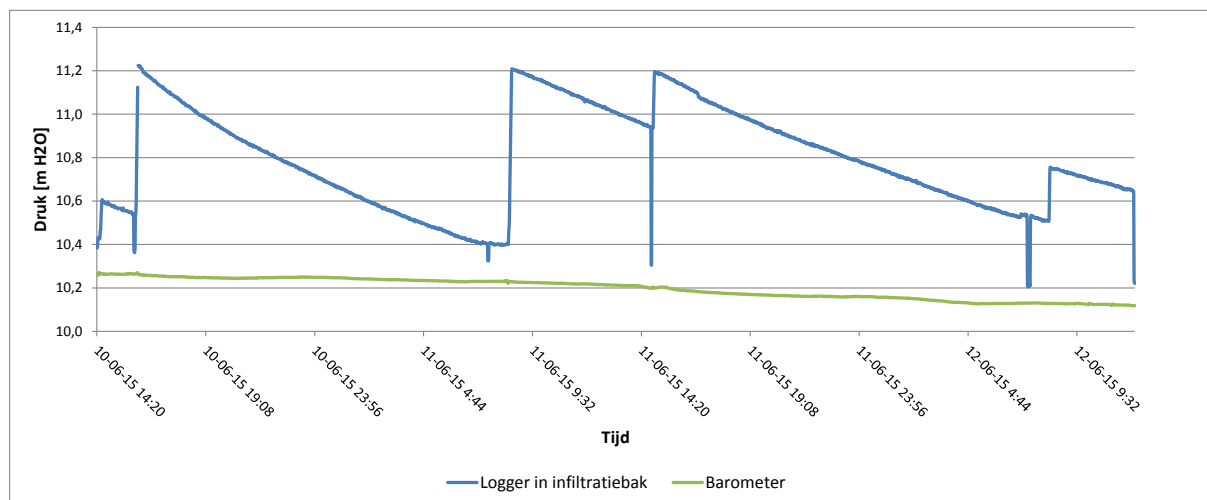
Om de infiltratiebak in te graven is de goed doorwortelde toplaag machinaal afgegraven en apart gelegd. Vervolgens is de deklaag 0,5 m afgegraven. Doordat op deze diepte veel regenwormen waren aangetroffen is de deklaag nog 0,2 m afgegraven tot een niveau van MV -0,7 m. Op dit niveau is de infiltratiebak ca. 10 cm in de deklaag gedrukt door middel van een kraantje en het kloppen met een grote hamer. Dieper installeren bleek niet mogelijk zonder schade aan de proefopstelling te veroorzaken. De grond aan de binnenkant van de infiltratiebak is vervolgens opgeruwd om het gladstrijken door de kraan teniet te doen.

Om eventuele lekkages te voorkomen is vervolgens een laag zwelklei aan de buitenzijde van de bak aangebracht. Door toevoeging van water en het aanstampen van de zwelklei is de grond rondom de buitenzijde van de bak afgedicht (zie figuur 4).



Figuur 4: Linksonder: doorsnede van de deels afgegraven deklaag; rechtsboven: installatie van de infiltratiebak; linksonder: opgeruwde bodem in de infiltratiebak; rechtsonder: bak volledig gevuld: start 2^o proef

In totaal zijn er een vijftal infiltratieproeven uitgevoerd op de testlocatie. De meetreeksen van de drukopnemer(s) in de infiltratiebak en de barometer over de drie testdagen zijn weergegeven in figuur 5.



Figuur 5: Meetreeksen drukopnemers

Het verschil tussen de atmosferische druk geregistreerd door de logger en de barometer bedraagt ongeveer 0,1 m waterkolom, oftewel 1 kPa. Dit is te wijten aan de nauwkeurigheid van de opnemers. Overigens heeft dit geen effect op de resultaten, daar de relatieve drukverandering wordt gebruikt om de doorlatendheid mee te bepalen.

In onderstaande tabel een overzicht van de verschillende proeven.

Tabel 2: Overzicht infiltratieproeven juni 2015

Test	Start [datum] [tijd uu:mm]	Stop [datum] [tijd uu:mm]	Proefduur [uu:mm]	Opmerking
1	10-6-2015 14:34	10-6-2015 15:53	01:19	Ca. 0,2 m water in bak
2	10-6-2015 16:00	11-6-2015 7:10	15:10	Nachttest: bak volledig gevuld
3	11-6-2015 8:44	11-6-2015 14:39	05:55	Dag-test: bak volledig gevuld
4	11-6-2015 15:00	12-6-2015 7:00	16:00	Nachttest: bak volledig gevuld
5	12-6-2015 8:24	12-6-2015 12:00	03:36	Dag-test: bak voor de helft gevuld (ca. 0,5 m)

Tijdens de eerste test is de bak tot ca. 0,2 m met water gevuld. Dit om de deklaag te verzadigen en een eerste controle uit te voeren op eventuele lekkages. Tijdens het uitvoeren van deze test zijn geen lekkages waargenomen.

Bij test 2, 3, en 4 is de bak volledig gevuld waarbij de waterstand in de bak ca. 0,8 – 0,9 m bedroeg. Test 2 en 4 zijn uitgevoerd gedurende de nacht waardoor de meetreeksen langer zijn. Bij de laatste test, nummer 5, is de bak tot de helft gevuld, tot ca. 0,5 m.

Na afloop van de tweede test, na de eerste nacht, was nagenoeg al het water uit de infiltratiebak in de bodem geïnfiltreerd. Er waren geen indicaties dat er lekkages waren opgetreden langs de rand van de bak. Op de bodem van de infiltratiebak waren echter wel wormgaatjes aangetroffen (zie figuur 6). Dit leidt tot de veronderstelling dat bioturbatie, ook op een testdiepte van MV -0,7 m, een rol kan spelen. Dergelijke bioturbatie (wormen die gaatjes maken) verhoogt de porositeit van de bodem en daarmee de doorlatendheid. Er is niet voor gekozen om de infiltratiebak dieper te installeren omdat deze wormen nou eenmaal aanwezig lijken te zijn in deze deklaag.



Figuur 6: Vermoedelijke wormgaatjes in de deklaag op MV -0,7 m

Na deze constatering is de infiltratiebak wederom volledig gevuld voor test 3. Uit voorzorg is extra grond aangebracht op de laag zwelklei rondom de buitenzijde van de bak, dit om eventuele lekkages te voorkomen. Gedurende de dag was de waterstand ca. 25 cm gedaald. Aan het eind van de dag is de bak wederom gevuld voor test 4 gedurende de nacht.

De volgende ochtend was het waterniveau gezakt tot ca. 0,3 m boven maaiveld. Dit in tegenstelling tot de proef van de vorige nacht (test 2) waarbij al het water in de bodem was geïnfilteerd. Daarnaast duurde test 4 ca. 1 uur langer dan test 2. Het verschil kan worden verklaard door de toenemende verzadiging van de bodem waardoor het water minder snel de bodem infiltreert (afnemende infiltratiecapaciteit).

Tijdens het uitvoeren van de laatste test, test 5, daalde de waterstand in de binnenbak met ca. 0,1 m gedurende ongeveer 3,5 uur. Na deze test is er een handboring in de infiltratiebak uitgevoerd (zie , enerzijds ter controle van de deklaagdikte en anderzijds om ongeroerde monsters te steken van de deklaag ter bepaling van het volumegewicht en watergehalte van de grond na afloop van de infiltratieproeven. De boorstaat van deze handboring (HB6C) en de laboratoriumresultaten (bepaling volumegewicht en watergehalte) zijn opgenomen in bijlage 2. Uit de boorstaat volgt dat de deklaag lokaal inderdaad 1,2 m dik is. De deklaag onder de infiltratiebak is 0,5 m dik, terwijl de bak op 0,7 m beneden maaiveld is geïnstalleerd.



Figuur 7: Handboring in de infiltratiebak (HB6C)

Na afloop van deze laatste handelingen volgde de demobilisatie (zie figuur 7). De infiltratiebak is machinaal uit de deklaag getrokken waarna er een laag zwelklei op de bodem van de ontgraving is aangebracht. Door het toevoegen van water en door de zwelklei aan te stampen is een afdichtende laag gerealiseerd. De uitgegraven kleigrond is vervolgens laagsgewijs teruggebracht, ingewaterd en aangedrukt. Als laatste stap is de toplaag met de graszoden teruggeplaatst, ingereden en ingewaterd. Op deze wijze is de deklaag hersteld.



Figuur 8: Demobilisatie van de proefopstelling en het aanhelen van de deklaag

In het kader van de belastingproef met het DMC-systeem zijn aan de binnenteen van de dijk een zestal handboringen uitgevoerd (HB7 – HB12). Deze handboringen zijn eveneens uitgevoerd met het steken van ongeroerde en geroerde monsters. Op de locaties waar destijds de 'blaar' en een kwellocatie zijn vastgesteld is de korrelverdeling van de zandlaag direct onder de deklaag bepaald. De boorstaten van deze zes handboringen en de zeeffrommes zijn opgenomen in bijlage 2.

3. ANALYSE

3.1. Interpretatiemethode proefresultaten

Om de doorlatendheid van de deklaag te bepalen op basis van de meetreeksen van de infiltratieproeven is gebruik gemaakt van de interpretatiemethode zoals opgenomen in de NEN-EN-ISO 22282-5: Geotechnical investigation and testing – Geohydraulic testing, Part 5: Infiltration tests. De normtekst dateert uit 2012 en is daarmee de meest recente.

De uitwerkingsmethode zoals beschreven in deze norm is opgenomen in bijlage 3. In de formule wordt de tijd gerelateerd aan de gemeten waterstand in de infiltratiebak (binnenbak) en wordt rekening gehouden met de verzadigingsgraad van de ondergrond.

3.2. Uitwerking

In bijlage 3 is de formule en normtekst opgenomen waarin de parameters zijn beschreven die input vormen voor de uitwerking. Op basis van het uitgevoerde laboratoriumonderzoek, de afmetingen van de proefopstelling en de meetresultaten van de proeven zijn deze parameters bepaald.

Op de proeflocatie zijn, voor het uitvoeren van de testen, ongeroerde grondmonsters gestoken. Van deze monsters is het nat en droog volumegewicht bepaald. Op basis van deze gegevens is het initiële en verzadigde watergehalte bepaald ($\Delta\theta = \theta_s - \theta_i$). Dit is gedaan door van de deklaag de gemiddelde waarden van het volumegewicht te nemen.

$$Y_{\text{nat, gemiddeld (HB6A/B)}} = 18,1 \text{ kN/m}^3$$

$$Y_{\text{droog, gemiddeld (HB6A/B)}} = 13,6 \text{ kN/m}^3$$

De parameters S_s en S_l zijn voor iedere proef hetzelfde en gelijk aan elkaar, namelijk $1,0 \text{ m}^2$, oftewel het oppervlak van de infiltratiebak. H_0 (waterstand bij start test) wordt bepaald aan de hand van de meetreeksen. De zuigkracht in de bodem is verwaarloosd, hetgeen leidt tot een geringe overschatting van de doorlatendheid (zie ook normtekst). Door in de formule de k -waarde te variëren is een best-fit met de meetdata verkregen.

Omdat de het volume gewicht van de grond is bepaald voor het uitvoeren van de testen, zijn deze waarden in principe alleen voor de eerste proef op een bepaalde testlocatie te gebruiken. Tijdens het uitvoeren van opeenvolgende testen op dezelfde locatie zal de verzadigingsgraad van de bodem immers toe zijn genomen door het infiltrerende water van een voorgaande test. Bij een volledige verzadigde bodem zal het verschil tussen het initiële en verzadigde watergehalte de nul naderen. In de uitwerkingsformule betekent dit dat er een lineair verband wordt gevonden tussen de doorlatendheid (k) en de daling van de waterstand in de infiltratiebak over de tijd. Daarom zijn voor de testen 2 t/m 5 ook raaklijnen bepaald aan de meetreeksen op basis waarvan de doorlatendheid eveneens is berekend. Het toepassen van de uitwerkingsmethode conform de NEN leidt in deze gevallen tot een (geringe) over- of onderschatting van de doorlatendheid afhankelijk van de werkelijke verzadigingsgraad van de bodem.

In deze fase zijn een vijftal infiltratieproeven op één proeflocatie uitgevoerd. De uitwerking van deze proeven is opgenomen in bijlage 4, de resultaten zijn samengevat in onderstaande tabel.

Tabel 3: Resultaten uitwerking (k-bepaling)

Test	k-waarde berekend volgens norm (op basis van initieel watergehalte) [m/dag]	k-waarde berekend volgens raaklijn [m/dag]
1	0,9	-
2	1,3	1,0
3	0,7	1,0
4	0,8	0,8
5	0,5	0,7
GEM:	0,8	0,9

De resultaten op basis van de uitwerkingsmethode volgens de NEN-norm en op basis van de raaklijn aan de meetreeksen ontlopen elkaar niet veel. De doorlatendheid van de deklaag is bepaald binnen een range van 0,5 – 1,3 m/dag. Gemiddelde waarden: 0,8 – 0,9 m/dag.

4. DISCUSSIE EN AANBEVELINGEN

Onderstaande discussie en aanbevelingen zijn in concept opgesteld en dienen ter bespreking met de projectgroep.

De Infiltratieproeven-XL zijn uitgevoerd op het buitentalud van de Ommelanderzeedijk. Het uiteindelijke doel is om op basis van deze proeven een inschatting te kunnen maken van de hoeveelheid water dat, tijdens maatgevend hoogwater, door de deklaag kan stromen en daarmee bijdraagt tot een verhoging van de freatische lijn in de dijk.

Op basis van de proefuitvoeringen en de analyses zoals gepresenteerd in het voorgaande hoofdstuk zijn onderstaande discussiepunten en aanbevelingen opgesteld.

4.1. Discussie

De resultaten van de infiltratieproeven die in juni 2015 zijn uitgevoerd sluiten beter aan bij de verwachtingen ten aanzien van de doorlatendheid van een kleideklaag.

Op basis van de proeven die in september 2014 zijn uitgevoerd, zijn zeer hoge doorlatendheden berekend (zie rapportage met kenmerk: 1212-007-004.R01 en aanvullende memo 1212-0075-004.M02). De berekende doorlatendheden varieerden tussen de 5 en 10 m/dag op basis van een eenvoudige formule voor de uitwerking van falling head testen en tussen de 6,1 en 36,1 m/dag op basis van de uitwerking volgens de NEN-norm. De infiltratiebak(ken) zijn destijds in de toplaag van de deklaag geïnstalleerd. Een grote radiale grondwaterstroming heeft naar alle waarschijnlijkheid gezorgd voor een hoge bepaling van de doorlatendheid.

Door de infiltratiebak in te graven in de deklaag, is dit probleem verholpen. De infiltratiebak is daartoe 0,7 m ingegraven in de deklaag. Op basis van de resultaten zoals beschreven in voorliggend rapport, is de doorlatendheid van de deklaag berekend op gemiddeld 0,8 – 0,9 m/dag. De doorlatendheid is bepaald met een range van 0,5 tot 1,3 m/dag.

Ook deze waarden zijn hoog te noemen in vergelijking met literatuurwaarden die, zelfs voor zandige klei, een range geven van ca. 0,001 tot 0,00001 m/dag. Verstoring van de deklaag door structuur- en scheurvorming kan er toe leiden dat hogere doorlatendheden worden gevonden. Daarnaast zijn gaatjes op het maaiveld binnen de infiltratiebak waargenomen, vermoedelijk door wormen. Dergelijke bioturbatie leidt ook tot een hogere doorlatendheid van de bodem.

4.2. Aanbevelingen

Proefuitvoering

Ten aanzien van de proefuitvoering is de aanbeveling zoals opgenomen in de eerste rapportage van de infiltratieproeven (kenmerk: 1212-0075-004.R01) overgenomen door de deklaag deels af te graven en de infiltratiebak direct in de kleideklaag te installeren.

De overige aanbevolen alternatieven ten aanzien van de proefuitvoering blijven geldig:

- Infiltratiebakken dieper in de grond installeren, door de doorwortelde toplaag en een aanzienlijk stuk in de kleilaag. Als de bakken bijvoorbeeld 10 cm in de onverstoorde kleilaag worden aangebracht wordt in ieder geval de verticale infiltratiesnelheid van dat deel gemeten;

- Radiale grondwaterstroming volledig uitsluiten door het installeren van planken/bakken door de gehele deklaag;
- De proef verder op te schalen naar een XXL-variant waarbij radiale grondwaterstroming alleen langs de randen van de proefopstelling een effect hebben. Bij een dergelijke proefopstelling direct op de toplaag zullen de benodigde afmetingen van de proefopstelling fors zijn. Over het ontwerp van deze proef dient dan ook goed nagedacht te worden. Ook kan een 3D modelstudie helpen de omvang van een goede proefopstelling te bepalen.

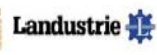
De haalbaarheid van bovengenoemde aanbevelingen dient per locatie beoordeeld te worden.

Nader onderzoek

Zoals gesteld in de eerste rapportage is het effect van zout water op de bepaalde doorlatendheden onzeker. Bij de proeven is gebruik gemaakt van zoet water. Zout water heeft een hogere dichtheid en viscositeit heeft dan zoetwater. Ook kan zout invloed hebben op de oriëntatie van de kleimineralen in de deklaag, wat naar verwachting tot een lagere doorlatendheidsbepaling zou leiden (Deltares (2014); memo Eindbevindingen infiltratieproefXL, kenmerk: 1209434-004-GEO-0004). Om de invloed van zout water te onderzoeken zouden er, mogelijk in aanvulling op literatuuronderzoek, testen met zout water kunnen worden uitgevoerd.

Bepaling freatische lijn tijdens maatgevende omstandigheden

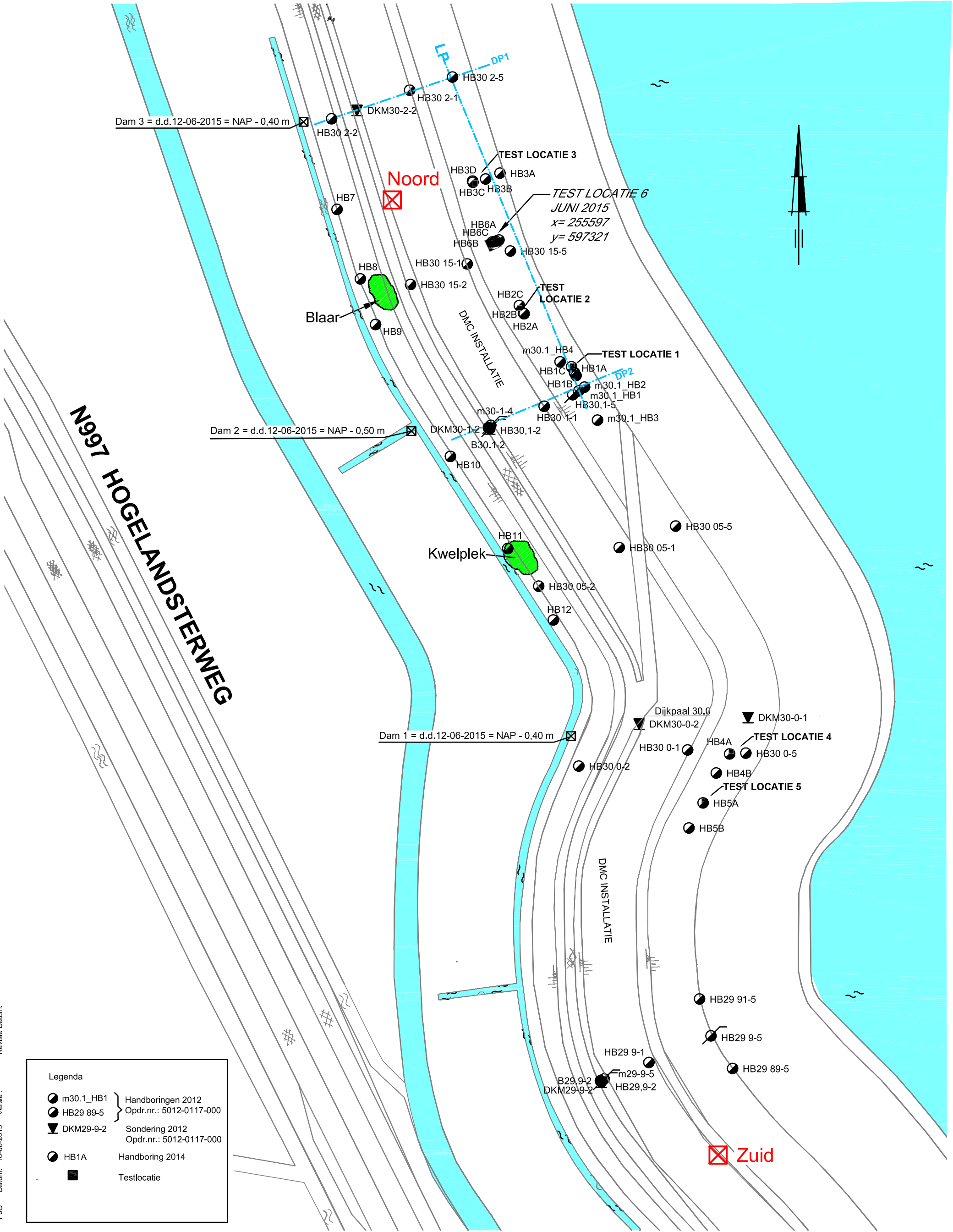
De aanbeveling zoals opgenomen in het eerste rapport (kenmerk: 1212-0075-004.R01) worden overgenomen met de toevoeging dat het effect op het freatisch vlak ook modelmatig kan worden onderzocht door middel van een stromingsmodel.



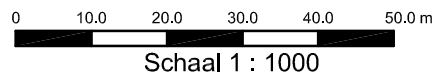
BIJLAGEN



Bijlage 1: Situatietekening bermfiltratieproeven



Legenda	
● m30.1_HB1	Handboringen 2012 Opdr.nr.: 5012-0117-000
● HB29 89-5	
▼ DKM29-9-2	Sondering 2012 Opdr.nr.: 5012-0117-000
● HB1A	Handboring 2014
■	Testlocatie



P:\121212-0075-005\21_Uitvoering_terreinonderzoek\10_Basisgegevens\1212-0075-005-1.dwg
 Get.: P.JG Datum: 18-06-2015 Versie:

Wijziging A	18-06-2015	HB6A t/m HB12	PJG
-------------	------------	---------------	-----

SITUATIE
 INFILTRATIEPROEF LOCATIE 6
 LIVEDIJK XL OMMELANDERZEEDIJK FASE 2B DELFZIJL

Opdr. : 1212-0075-005
 Bijl. : 1A



Bijlage 2: Resultaten grond- en laboratoriumonderzoek

RAPPORTAGE LABORATORIUMONDERZOEK

Project	LiveDijkXL OZD fase 2b	Opdrachtnummer	1212-0075-005
Opdrachtgever	Stichting IJkdijk	Datum rapport	23-06-2015
Contactpersoon	de heer W. Zomer	Ontvangst monsters	11-06-2015
Monstername	Uitgevoerd door Afdeling Grondonderzoek; d.d 10-06-2015		
Dit rapport bevat de resultaten van het in-situ- en/of laboratoriumonderzoek dat ten behoeve van bovengenoemd project is uitgevoerd. Het onderzoek is uitgevoerd door Fugro GeoServices B.V. Laboratorium voor Infra- en Geotechniek te Arnhem. Eventueel uitbesteed onderzoek is duidelijk als zodanig gekenmerkt.			

INHOUDSOPGAVE	Pagina
Voorblad onderzoeksrapport	1
Boorstaat	2 t/m 6
Laboratoriumstaat	7
Korrelverdelingsdiagram	8
Verklaring parameters uit korrelverdeling	9
Monsteroverzicht	10

OPMERKINGEN:

Tenzij anders aangegeven hebben verwijzingen naar RAW proefnummers betrekking op de Standaard RAW Bepalingen 2010.

De met "Q" gemerkte verrichtingen zijn geaccrediteerd door RvA.

De reproduceerbaarheid van de metingen en / of proeven voldoet aan de gestelde waarde in de desbetreffende norm of in het proefvoorschrift. Gegevens over de meetonzekerheid zijn op aanvraag verkrijgbaar.

1212-0075-005.B03.doc

Wanneer u naar aanleiding van de resultaten van dit rapport nog vragen heeft verzoeken wij u contact op te nemen met ondergetekende.

Wij vertrouwen erop u hiermee van dienst te zijn geweest en uw opdracht naar wens te hebben uitgevoerd.

Fugro GeoServices B.V.
Laboratorium voor Infra- en Geotechniek

S. O'Hagan
Lab Manager



Boring: HB6A

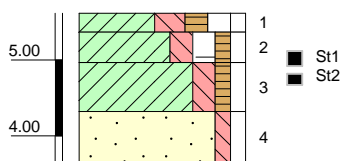
Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Laboratorium classificatie

Bodembeschrijving volgens NEN 5104

Pagina 1 van 1



5.62 tot 5.37	Klei, sterk siltig, matig humeus, resten wortels bruin
5.37 tot 4.97	Klei, matig siltig, zwak humeus, roest, resten wortels bruin
4.97 tot 4.32	Klei, matig siltig, zwak humeus, roest grijs
4.32 tot 3.62	Zand, matig fijn, zwak siltig, brokken klei, licht grijs

Algemene opmerking:

X: 255598.4

Y: 597322.7

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 5.62

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorloeistof:

Datum boring: 10-06-2015

Boormeester: jbd

Datum laboratorium classificatie: 19-06-2015

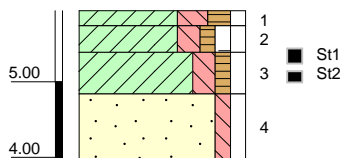
Geclassificeerd door: mlb

Boring: HB6B

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



5.94 tot 5.74	Klei, sterk siltig, matig humeus, wortels bruin
5.74 tot 5.39	Klei, matig siltig, zwak humeus, sporen wortels grijs
5.39 tot 4.84	Klei, matig siltig, zwak humeus, roest grijs-bruin
4.84 tot 3.94	Zand, matig fijn, zwak siltig, resten klei, licht grijs

Algemene opmerking:

X: 255596.5

Y: 597322.1

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 5.94

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorloeistof:

Datum boring: 10-06-2015

Boormeester: jbd

Datum laboratorium classificatie: 19-06-2015

Geclassificeerd door: mlb

BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

Fugro GeoServices B.V.

LiveDijk XL Ommelanderzeedijk fase 2b Delfzijl

1212-0075-005

Boring: HB6C

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Laboratorium classificatie

Bodembeschrijving volgens NEN 5104

Pagina 1 van 1



5.12 tot 4.62 Klei, zwak siltig, zwak humeus grijs

Algemene opmerking:

X: 255597.4

Y: 597322.4

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 5.12

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum boring: 10-06-2015

Boormeester: jbd

Datum laboratorium classificatie: 19-06-2015

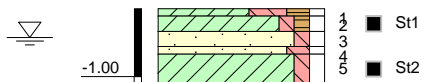
Geclassificeerd door: mlb

Boring: HB7

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



-0.10 tot -0.20 Klei, uiterst siltig, matig humeus, resten planten bruin

-0.20 tot -0.40 Klei, zwak siltig, zwak humeus, donker grijs

-0.40 tot -0.60 Zand, matig fijn, zwak siltig grijs

-0.60 tot -0.70 Zand, matig fijn, matig siltig, lenzen klei grijs

-0.70 tot -1.10 Klei, zwak siltig grijs

Algemene opmerking:

X: 255551.6

Y: 597331.5

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP): -0.48

MV (m tov NAP): -0.10

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum boring: 10-06-2015

Boormeester: jmn

Datum laboratorium classificatie: 19-06-2015

Geclassificeerd door: mlb

BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

Fugro GeoServices B.V.

LiveDijk XL Ommelanderzeedijk fase 2b Delfzijl

1212-0075-005

Boring: HB8

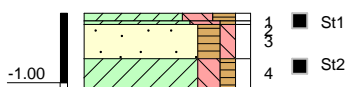
Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Laboratorium classificatie

Pagina 1 van 1

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



-0.08 tot -0.18	Klei, sterk siltig, matig humeus, resten planten, wortels bruin
-0.18 tot -0.23	Klei, sterk siltig, zwak humeus, resten zand grijs
-0.23 tot -0.68	Zand, zeer fijn, zwak siltig, matig humeus grijs
-0.68 tot -1.08	Klei, matig siltig, zwak humeus, insluitingen zand, donker grijs

Algemene opmerking:

X: 255558.3

Y: 597311.5

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

MV (m tov NAP): -0.08

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorloeistof:

Datum boring: 10-06-2015

Boormeester: jmn

Datum laboratorium classificatie: 19-06-2015

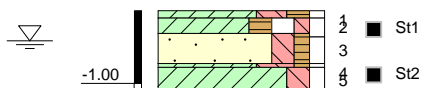
Geclassificeerd door: mlb

Boring: HB9

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



-0.05 tot -0.15	Klei, sterk siltig, matig humeus, wortels, resten planten bruin
-0.15 tot -0.35	Klei, zwak siltig, matig humeus, resten wortels, donker grijs
-0.35 tot -0.75	Zand, matig fijn, matig siltig, zwak humeus, resten klei grijs
-0.75 tot -0.80	Klei, uiterst siltig, zwak humeus grijs
-0.80 tot -1.15	Klei, matig siltig, lenzen zand grijs

Algemene opmerking:

X: 255562.7

Y: 597298.3

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP): -0.45

MV (m tov NAP): -0.05

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorloeistof:

Datum boring: 10-06-2015

Boormeester: jmn

Datum laboratorium classificatie: 19-06-2015

Geclassificeerd door: mlb

BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

Fugro GeoServices B.V.

LiveDijk XL Ommelanderzeedijk fase 2b Delfzijl

1212-0075-005

Boring: HB10

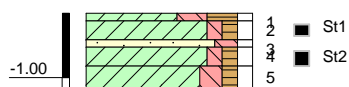
Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Laboratorium classificatie

Bodembeschrijving volgens NEN 5104

Pagina 1 van 1



-0.15 tot -0.25	Klei, sterk siltig, sterk humeus, wortels bruin
-0.25 tot -0.50	Klei, zwak siltig, zwak humeus, roest, lenzen zand, roest grijs
-0.50 tot -0.60	Zand, matig fijn, matig siltig, resten klei grijs
-0.60 tot -0.85	Klei, zwak siltig, zwak humeus grijs
-0.85 tot -1.15	Klei, matig siltig, zwak humeus grijs

Algemene opmerking:

X: 255584.4

Y: 597260.2

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

MV (m tov NAP): -0.15

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorloeistof:

Datum boring: 10-06-2015

Boormeester: jmn

Datum laboratorium classificatie: 19-06-2015

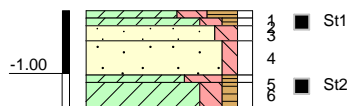
Geclassificeerd door: mlb

Boring: HB11

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



-0.17 tot -0.27	Klei, sterk siltig, sterk humeus, wortels bruin
-0.27 tot -0.37	Klei, matig siltig, zwak humeus, roest, laagjes zand grijs-bruin
-0.37 tot -0.57	Zand, matig fijn, matig siltig, brokken klei grijs
-0.57 tot -1.02	Zand, uiterst fijn, zwak siltig, resten klei grijs
-1.02 tot -1.12	Klei, uiterst siltig, zwak humeus, roest grijs
-1.12 tot -1.47	Klei, matig siltig, zwak humeus, insluitingen zand, roest grijs

Algemene opmerking:

X: 255600.9

Y: 597233.6

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

MV (m tov NAP): -0.17

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorloeistof:

Datum boring: 10-06-2015

Boormeester: jmn

Datum laboratorium classificatie: 19-06-2015

Geclassificeerd door: mlb

BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

Fugro GeoServices B.V.

LiveDijk XL Ommelanderzeedijk fase 2b Delfzijl

1212-0075-005

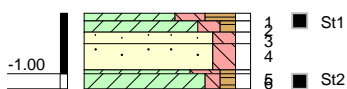
Boring: HB12
Laboratorium classificatie

Pagina 1 van 1

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



-0.20 tot -0.30	Klei, sterk siltig, sterk humeus, wortels bruin
-0.30 tot -0.45	Klei, matig siltig, zwak humeus, insluitingen zand grijs
-0.45 tot -0.60	Zand, matig fijn, matig siltig, resten klei grijs-bruin
-0.60 tot -0.95	Zand, matig fijn, matig siltig bruin-grijs
-0.95 tot -1.00	Klei, sterk siltig, zwak humeus, resten zand grijs
-1.00 tot -1.20	Klei, zwak siltig, zwak humeus grijs

Algemene opmerking:

X: 255614.1

Y: 597213.0

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP):

MV (m tov NAP): -0.20

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorloeistof:

Datum boring: 10-06-2015

Boormeester: jmn

Datum laboratorium classificatie: 19-06-2015

Geclassificeerd door: mlb

ONDERZOEKSRAPPORT

Project	LiveDijkXL OZD fase 2b		
Opdrachtgever	Stichting IJkdijk	Opdrachtnummer	1212-0075-005
Contactpersoon	Dhr W. Zomer	Datum rapport	23-06-2015
Monsternaam	Uitgevoerd door FGSRV	Datum ontvangst	11-06-2015

VOLUME GEWICHT - WATERGEHALTE EN ONGEDRAINEERDE SCHUIFSTERKTE (Uitgevoerd conform eigen methode)

Boring nummer	Monster nummer	Diepte t.o.v. NAP (m)	Volume gewicht nat (γ)	Volume gewicht droog (γ)	Water-gehalte w (%)	Poriën volume n (%)	Verzadigingsgraad S (%)	Ongedr. Schuifsterkte	
			(kN/m ³)	(kN/m ³)				f _{undr} (kPa)	T.V. [Q] P.P.
HB6A	St1	5.02	17.6	12.9	36.3	50.4	94.6	-	-
HB6A	St2	4.77	18.2	13.6	33.7	47.6	98.5	-	-
HB6B	St1	5.34	18.6	14.2	30.5	45.2	97.9	-	-
HB6B	St2	5.09	18.0	13.5	33.7	48.2	95.8	-	-
HB6C	St1	4.92	17.3	12.2	41.7	52.9	98.3	-	-
								-	-
								-	-
								-	-
								-	-
								-	-
								-	-
								-	-
								-	-
								-	-
								-	-
								-	-
								-	-
								-	-
								-	-
								-	-
								-	-
								-	-
								-	-
								-	-
								-	-

OPMERKINGEN

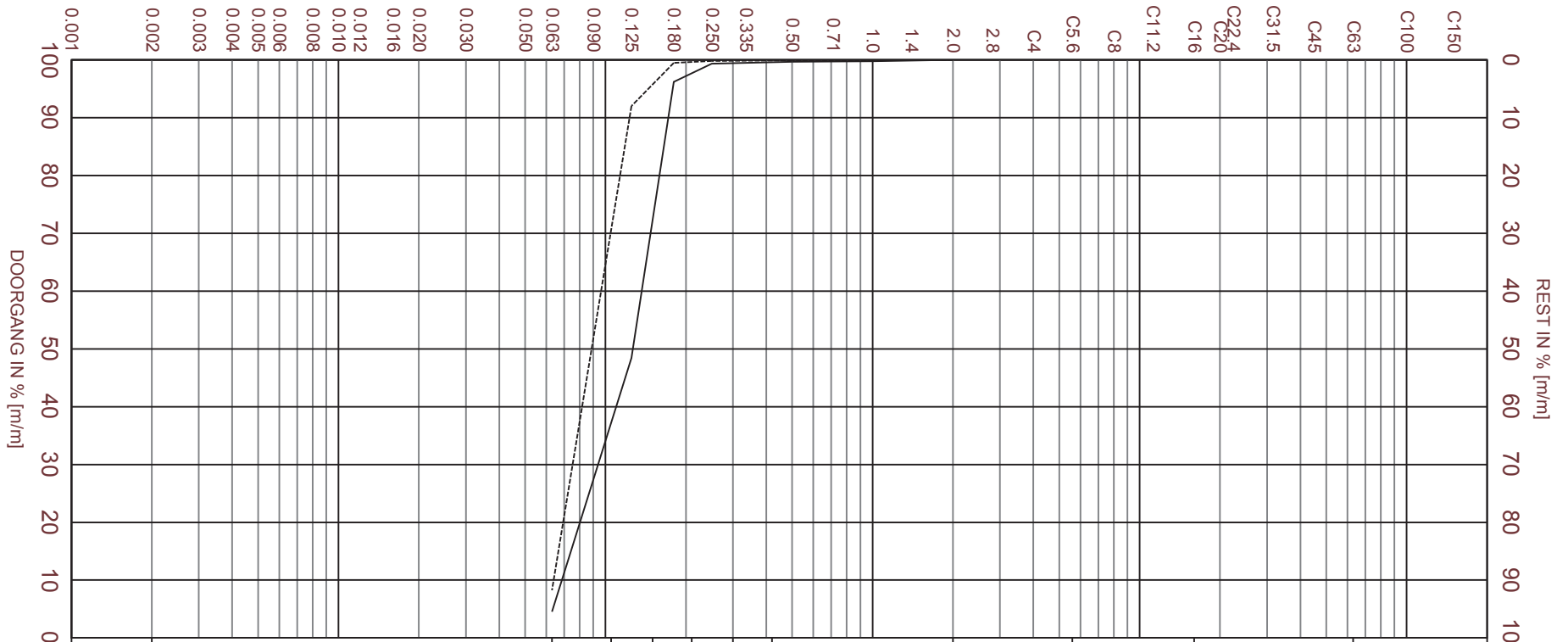
De met "Q" gemerkte verrichtingen zijn erkend door RvA.

Voor de berekening van het poriënvolume is een waarde voor de volumieke massa van vaste gronddelen aangehouden van 2650 kg/m³

T.V.: Bepaald d.m.v pocket torvane
P.P.: Bepaald d.m.v pocket penetrometer

Opgesteld door: AWG	Gecontroleerd: pyv	Opdracht nr.: 1212-0075-005
---------------------	--------------------	-----------------------------

Zeven conform ISO 3310-1 en 3310-2



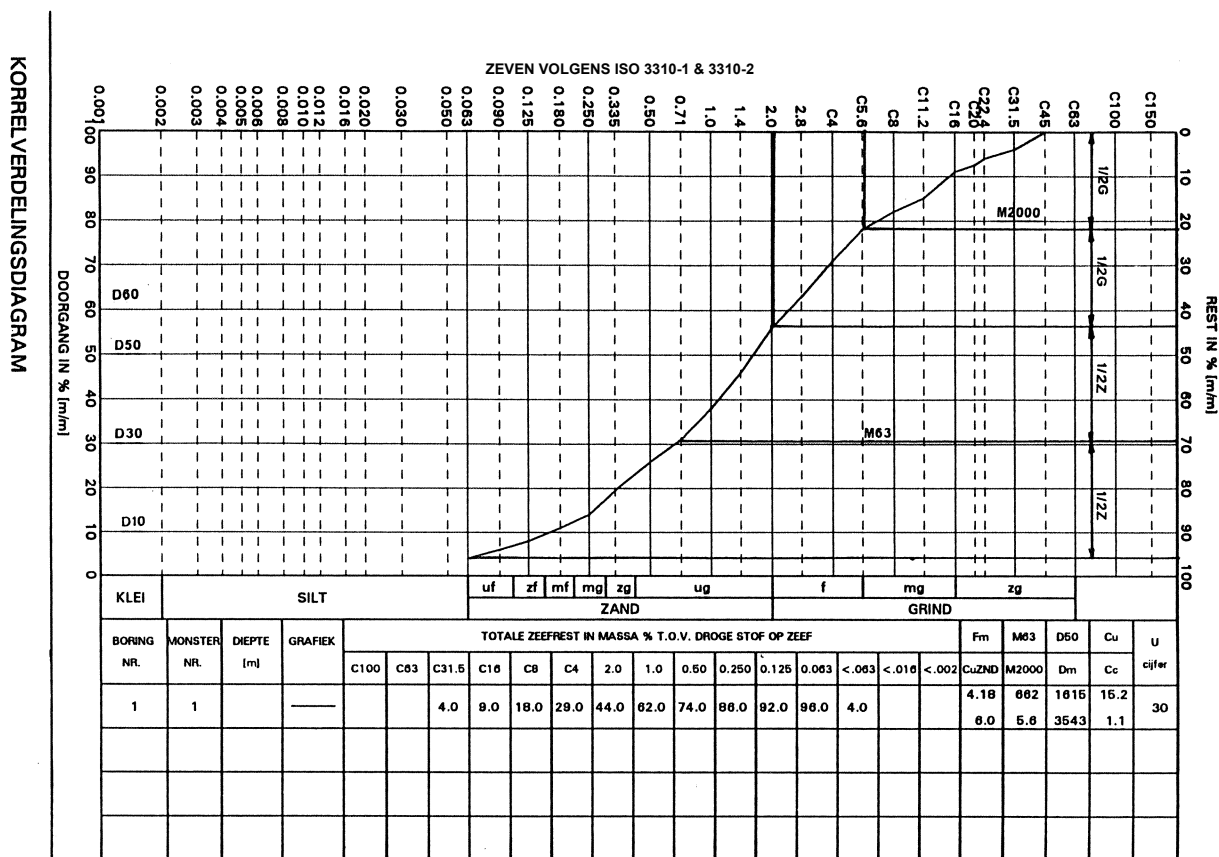
BORING NR	MONSTER NR	DIEPTE [m]	GRAFIEK	TOTALE ZEEFREST IN MASSA % T.O.V. DROGE STOF OP ZEEF																	U cijfer		
				KLEI			SILT					ZAND					GRIND						
				uf	zf	mf	mg	zg	ug			f	mg		zg	Fm	M63	D50	Cu	U			
				C100	C63	C31.5	C16	C8	C4	2.0	1.0	0.50	0.250	0.125	0.063	<.063	<.020	<.002	CuZND	M2000	Dm	Cc	
HB8	3	-0.23 -0.68	——								0.2	0.4	0.7	51.6	95.5	4.5		0.53 1.9	129 --	127 121	2.0 0.9	88	
HB11	4	-0.57 -1.02	-----								0.1	0.2	8.0	91.8	8.2			0.08 1.5	92 --	89 91	1.5 0.9	111	

Opm.: Diepte is in meters tov. N.A.P.

KORRELVERDELINGSDIAGRAM
LivedijkXL OZD fase 2b

Opdr. 1212-0075-005

VERKLARING PARAMETERS UIT KORRELVERDELING



- Fm (fijnheidsgetal) : som van de massapercentages op de zeven: C63, C31.5, C16, C8, C4, 2mm, 1mm, 500 µm, 250 µm en 125 µm, gedeeld door 100.
- M63 (zandmediaan) : gemiddelde korrelgrootte van de zandfractie in µm, waarbij 63 µm staat voor de ondergrens en 2 mm voor de bovengrens.
- M2000 (grindmediaan) : gemiddelde korrelgrootte van de grindfractie in mm, waarbij 2mm staat voor de ondergrens en 63 mm voor de bovengrens.
- D50 : de gemiddelde korrelgrootte van al het materiaal in µm.
- Dm : de som van de zeefdoorgang in µm, per massapercentage in stappen van 10 (10 t/m 90%), gedeeld door 9.
- Cu (gelijkmatigheids coëfficiënt) : D60/D10 is het quotiënt van de afmetingen van de denkbeeldige zeefopeningen, waardoor 60% en 10% van al het materiaal doorgaat.
- CuZND (gelijkmatigheids coëfficiënt van materiaal >63 µm / < 2 mm) : D60/D10 is het quotiënt van de afmetingen van de denkbeeldige zeefopeningen, waardoor 60% en 10% van het materiaal tussen 63 µm en 2mm doorgaat.
- Cc (krommingscoëfficiënt) : $[D_{30}^2 / (D_{60} \times D_{10})]$ is het quotiënt van het kwadraat van de denkbeeldige zeefopeningen, waardoor 30% van al het materiaal doorgaat en het product van de denkbeeldige zeefopeningen, waardoor 60% en 10% van al het materiaal doorgaat.
- U-cijfer : specifiek oppervlak zandfractie, berekend als:

$$\frac{\sum_{n=1}^n (m_n \times u_n) + (m_2 \times u_2) \dots (m_n \times u_n)}{\text{massa zandfractie}}$$

waarin: $m_1, m_2, \text{etc.} = \text{massa subfractie}$
 $u_1, u_2, \text{etc.} = \text{specifiek oppervlak subfractie}$

MONSTEROVERZICHT			S: M05
ALGEMEEN			
Project	LiveDijkXL OZD fase 2b	Opdrachtnummer	1212-0075-005
Opdrachtgever	Stichting Ikdijk	Datum rapport	23-06-2015
te	Leek	Vervaldatum	23-08-2015
Contactpersoon	de heer W. Zomer	Datum ontvangst monsters	11-06-2015
MONSTEROVERZICHT			
Volgnummer	Type materiaal/omschrijving	Aantal/ Hoeveelheid	Monsternummer(s)
1	Geroerd monster	4x 4x 1x 5x 4x 5x 5x 6x 6x	HB6A : 1 t/m 4 HB6B : 1 t/m 4 HB6C : 1 HB7 : 1 t/m 5 HB8 : 1 t/m 4 HB9 : 1 t/m 5 HB10 : 1 t/m 5 HB11 : 1 t/m 6 HB12 : 1 t/m 6

Bovenstaand is een overzicht gegeven van de monsters, die in het kader van onderhavig onderzoek zijn onderzocht en zich thans nog bevinden in het Laboratorium voor Infra- en Geotechniek. Met "vervaldatum" is de datum aangegeven waarna de monsters, bij geen tegenbericht uwerzijds, uit de monsteropslag zullen worden verwijderd en vernietigd. Wanneer u (een deel van) bovengenoemde monsters na de vervaldatum (eventueel onder geconditioneerde omstandigheden) tegen betaling wenst te laten bewaren, verzoeken wij u dit formulier uiterlijk 1 week vóór de vervaldatum aan ons te retourneren.

Ondergetekende verzoekt de monsters te bewaren tot:		
Datum	Naam	Handtekening

Opgesteld door: PVV	Gecontroleerd: PVV
---------------------	--------------------



Bijlage 3: Interpretatiemethode uit NEN-EN-ISO 22282-5:2012

C.2 Variable head procedure

Equation C.8 relates time to measured hydraulic head and takes into account the variation of the hydraulic gradient over time:

$$t = \left(\frac{S_s}{S_1} \right)^2 \frac{h_0 - h(t)}{k \left(\frac{S_s}{S_1} - \Delta\theta \right)} + \left(\frac{S_s}{S_1} \right)^2 \frac{\Delta\theta(\psi_f - h_0)}{k \left(\frac{S_s}{S_1} - \Delta\theta \right)^2} \ln \left[\frac{\left(\frac{S_s}{S_1} - \Delta\theta \right) [h_0 - h(t)]}{\Delta\theta (h_0 - \psi_f)} + 1 \right] \quad (C.8)$$

where

- t is the time at which a ponded water level $h(t)$ is measured;
- S_s is the section of the tube in which the water level varies;
- S_1 is the section of the base of the infiltrometer;
- h_0 is the ponded water level at the start of the test;
- k is the saturated field permeability coefficient (hydraulic conductivity);
- ψ_f is the suction at the infiltration front;
- $\Delta\theta$ is the difference between saturated volumetric water content and initial volumetric water content of the tested soil.

When the suction at the infiltration front (ψ_f) is neglected, there will be a slight overestimation of k .

Interpretation requires prior determination of $\Delta\theta$, i.e. the difference between the saturated soil volumetric water content (θ_s) and the initial soil volumetric water content (θ_i):

$$\Delta\theta = \theta_s - \theta_i \quad (C.9)$$

Initial soil volumetric water content (θ_i) is obtained from a measurement of the initial gravimetric water content (w_i) and of the soil dry mass density ρ_d :

$$\theta_i = w_i \times \frac{\rho_d}{\rho_w} \quad (C.10)$$

The following two methods can be used to determine the saturated volumetric water content. Application of both methods for the purpose of applying Equation C.8 provides an indication of the uncertainty with respect to the determination of the permeability coefficient.

- a) θ_s can be obtained from

$$\theta_s = 1 - \frac{\rho_d}{\rho_s} \quad (C.11)$$

where ρ_s is the particle density (a value of 2,65 g/cm³ can be typically assumed).

- b) θ_s can be obtained from the depth of the infiltration front (Z_w) measured after testing, knowing the volume of water (V) infiltrated over the entire duration of the test:

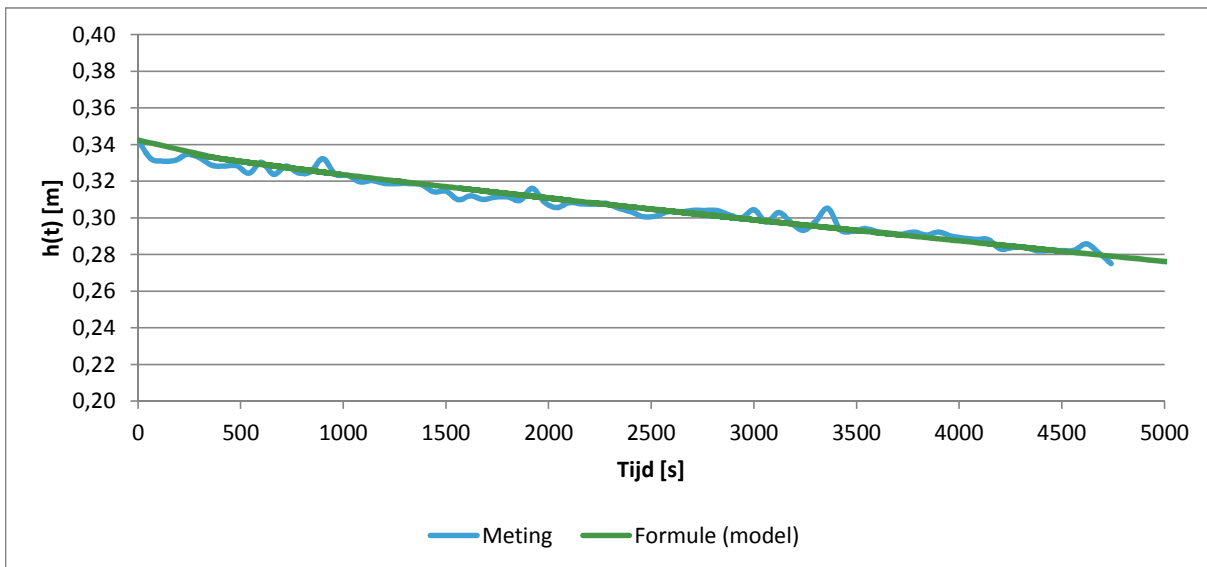
$$\theta_s = \frac{V}{Z_w A} \quad (C.12)$$

Knowing $\Delta\theta$, the permeability coefficient k is varied in Equation C.8 until a satisfactory match is obtained between measured and calculated values of hydraulic head.



Bijlage 4: Uitwerking – bepaling doorlatendheid

Uitwerking infiltratieproef op basis van NEN-EN-ISO 22282-5:2012
Geotechnical investigation and testing - Geohydraulic testing



Formule:

$$t = \left(\frac{S_s}{S_l}\right)^2 * \frac{h_0 - h(t)}{k * (S_s - \Delta\theta)} + \left(\frac{S_s}{S_l}\right)^2 * \frac{\Delta\theta * (\psi_f - h_0)}{k * \left(\frac{S_s}{S_l} - \Delta\theta\right)^2} * \ln\left[\frac{\left(\frac{S_s}{S_l} - \Delta\theta\right) * [h_0 - h(t)]}{\Delta\theta * (h_0 - \psi_f)} + 1\right]$$

met:

$$\Delta\theta = \theta_s - \theta_i$$

$$\theta_s = 1 - \frac{\rho_d}{\rho_s} \quad \psi_f = -\frac{1}{2 * b * \alpha^x}$$

$$\theta_i = w_i * \frac{\rho_d}{\rho_w}$$

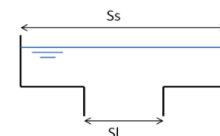
Uitwerking:

Grondeigenschappen

γ_{nat}	18,1 kN/m ³	n	47,7%
γ_{droog}	13,6 kN/m ³	w	33,1%
		S	96,2%

Parameters

S_s	1 m ²	θ_s	0,4769 [-]
S_l	1 m ²	θ_i	0,4587 [-]
H_0	0,34 m	$\Delta\theta$	0,0181 [-]
ψ_f	0 m		*

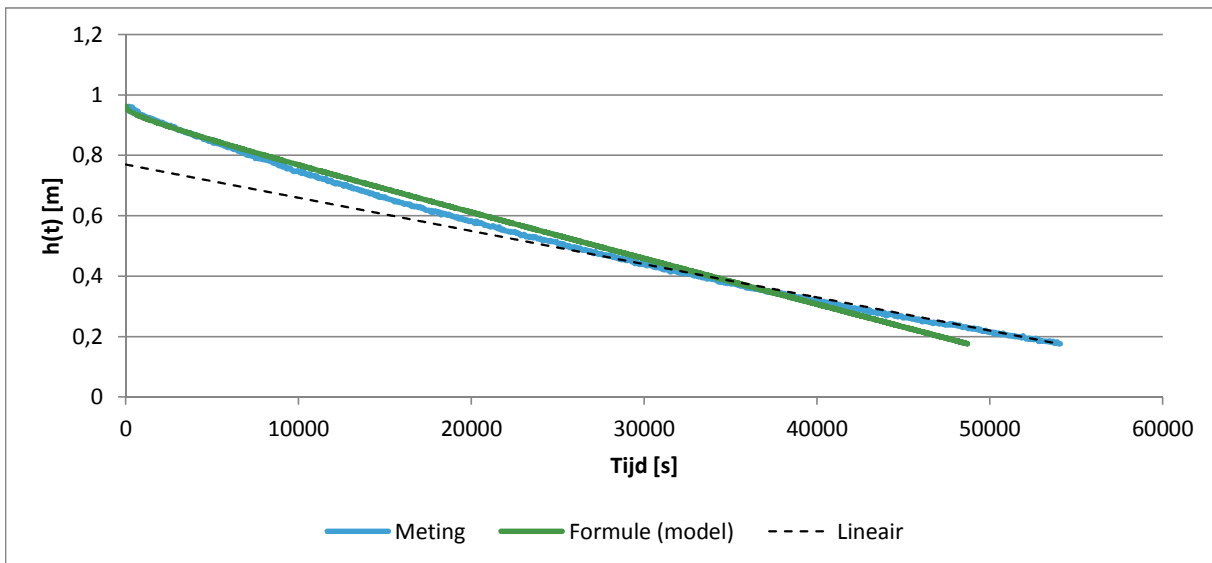


* Wanneer de zuigkracht (ψ_f) verwaarloosd wordt, resulteert dit in een geringe overschatting van de doorlatendheid

Resultaat op basis van fit aan meetreeks

k: 0,9 m/d

Uitwerking infiltratieproef op basis van NEN-EN-ISO 22282-5:2012
Geotechnical investigation and testing - Geohydraulic testing



Formule:

$$t = \left(\frac{S_s}{S_l}\right)^2 * \frac{h_0 - h(t)}{k * (S_s - \Delta\theta)} + \left(\frac{S_s}{S_l}\right)^2 * \frac{\Delta\theta * (\psi_f - h_0)}{k * \left(\frac{S_s}{S_l} - \Delta\theta\right)^2} * \ln\left[\frac{\left(\frac{S_s}{S_l} - \Delta\theta\right) * [h_0 - h(t)]}{\Delta\theta * (h_0 - \psi_f)} + 1\right]$$

met:

$$\Delta\theta = \theta_s - \theta_i$$

$$\theta_s = 1 - \frac{\rho_d}{\rho_s} \quad \psi_f = -\frac{1}{2 * b * \alpha^x}$$

$$\theta_i = w_i * \frac{\rho_d}{\rho_w}$$

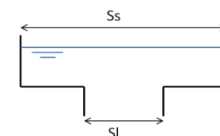
Uitwerking:

Grondeigenschappen

γ_{nat}	18,1 kN/m ³	n	47,7%
γ_{droog}	13,6 kN/m ³	w	33,1%
		S	96,2%

Parameters

S_s	1 m ²	θ_s	0,4769 [-]
S_l	1 m ²	θ_i	0,4587 [-]
H_0	0,96 m	$\Delta\theta$	0,0181 [-]
ψ_f	0 m	*	

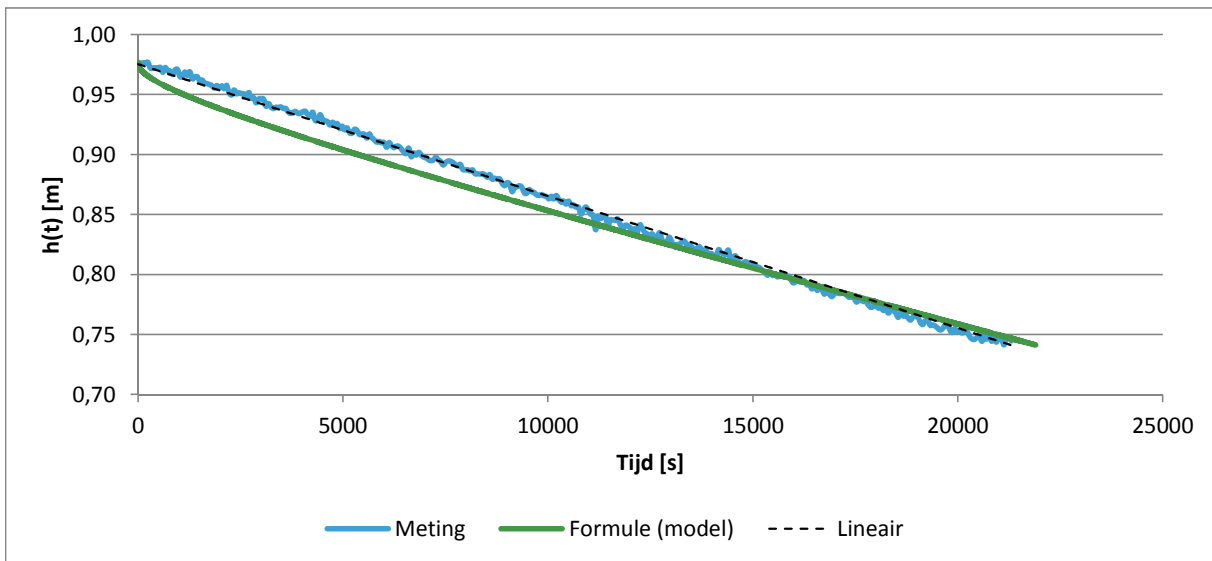


* Wanneer de zuigkracht (ψ_f) verwaarloosd wordt, resulteert dit in een geringe overschatting van de doorlatendheid

Resultaat op basis van fit aan meetreeks

k: 1,3 m/d
k(lineair): 1,0 m/d

Uitwerking infiltratieproef op basis van NEN-EN-ISO 22282-5:2012
Geotechnical investigation and testing - Geohydraulic testing



Formule:

$$t = \left(\frac{S_s}{S_l}\right)^2 * \frac{h_0 - h(t)}{k * (S_s - \Delta\theta)} + \left(\frac{S_s}{S_l}\right)^2 * \frac{\Delta\theta * (\psi_f - h_0)}{k * \left(\frac{S_s}{S_l} - \Delta\theta\right)^2} * \ln\left[\frac{\left(\frac{S_s}{S_l} - \Delta\theta\right) * [h_0 - h(t)]}{\Delta\theta * (h_0 - \psi_f)} + 1\right]$$

met:

$$\Delta\theta = \theta_s - \theta_i$$

$$\theta_s = 1 - \frac{\rho_d}{\rho_s} \quad \psi_f = -\frac{1}{2 * b * \alpha^x}$$

$$\theta_i = w_i * \frac{\rho_d}{\rho_w}$$

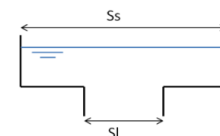
Uitwerking:

Grondeigenschappen

γ_{nat}	18,1 kN/m ³	n	47,7%
γ_{droog}	13,6 kN/m ³	w	33,1%
		S	96,2%

Parameters

S_s	1 m ²	θ_s	0,4769 [-]
S_l	1 m ²	θ_i	0,4587 [-]
H_0	0,98 m	$\Delta\theta$	0,0181 [-]
ψ_f	0 m		

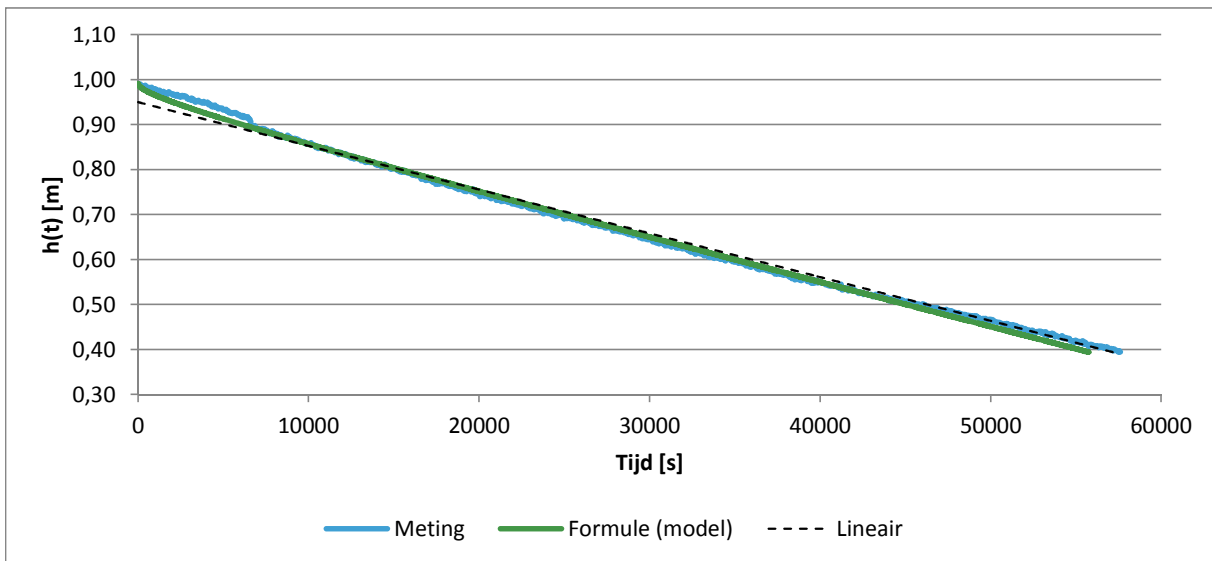


* Wanneer de zuigkracht (ψ_f) verwaarloosd wordt, resulteert dit in een geringe overschatting van de doorlatendheid

Resultaat op basis van fit aan meetreeks

k: 0,7 m/d
k(lineair): 1,0 m/d

Uitwerking infiltratieproef op basis van NEN-EN-ISO 22282-5:2012
Geotechnical investigation and testing - Geohydraulic testing



Formule:

$$t = \left(\frac{S_s}{S_l}\right)^2 * \frac{h_0 - h(t)}{k * (S_s - \Delta\theta)} + \left(\frac{S_s}{S_l}\right)^2 * \frac{\Delta\theta * (\psi_f - h_0)}{k * \left(\frac{S_s}{S_l} - \Delta\theta\right)^2} * \ln\left[\frac{\left(\frac{S_s}{S_l} - \Delta\theta\right) * [h_0 - h(t)]}{\Delta\theta * (h_0 - \psi_f)} + 1\right]$$

met:

$$\Delta\theta = \theta_s - \theta_i$$

$$\theta_s = 1 - \frac{\rho_d}{\rho_s} \quad \psi_f = -\frac{1}{2 * b * \alpha^x}$$

$$\theta_i = w_i * \frac{\rho_d}{\rho_w}$$

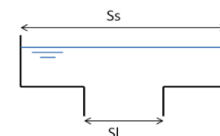
Uitwerking:

Grondeigenschappen

γ_{nat}	18,1 kN/m ³	n	47,7%
γ_{droog}	13,6 kN/m ³	w	33,1%
		S	96,2%

Parameters

S_s	1 m ²	θ_s	0,4769 [-]
S_l	1 m ²	θ_i	0,4587 [-]
H_0	0,99 m	$\Delta\theta$	0,0181 [-]
ψ_f	0 m	*	

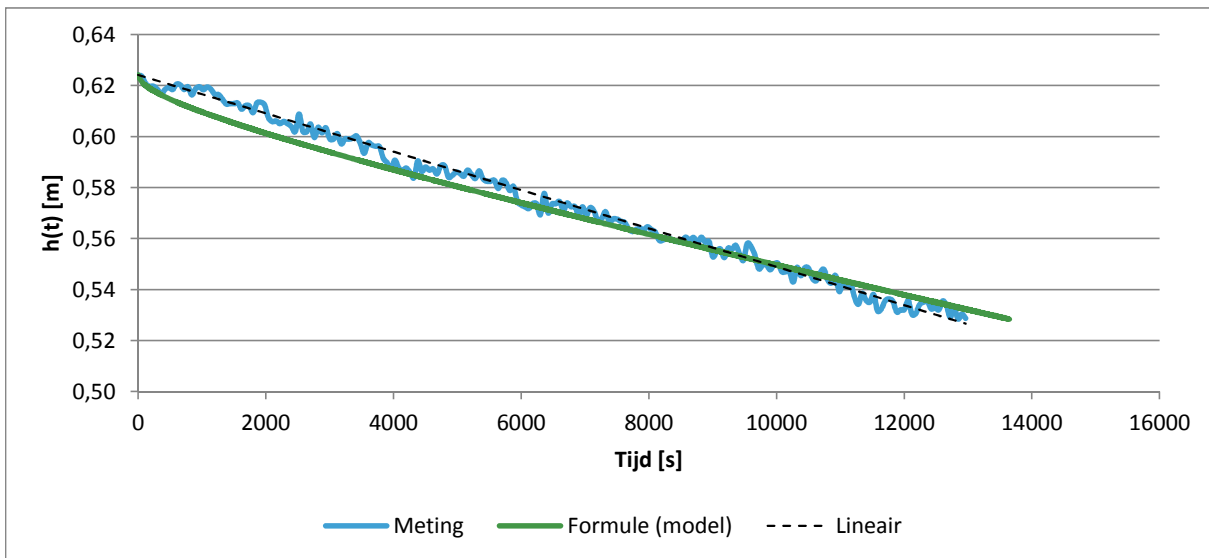


* Wanneer de zuigkracht (ψ_f) verwaarloosd wordt, resulteert dit in een geringe overschatting van de doorlatendheid

Resultaat op basis van fit aan meetreeks

k: 0,8 m/d
k(lineair): 0,8 m/d

Uitwerking infiltratieproef op basis van NEN-EN-ISO 22282-5:2012
Geotechnical investigation and testing - Geohydraulic testing



Formule:

$$t = \left(\frac{S_s}{S_l}\right)^2 * \frac{h_0 - h(t)}{k * (S_s - \Delta\theta)} + \left(\frac{S_s}{S_l}\right)^2 * \frac{\Delta\theta * (\psi_f - h_0)}{k * \left(\frac{S_s}{S_l} - \Delta\theta\right)^2} * \ln\left[\frac{\left(\frac{S_s}{S_l} - \Delta\theta\right) * [h_0 - h(t)]}{\Delta\theta * (h_0 - \psi_f)} + 1\right]$$

met:

$$\Delta\theta = \theta_s - \theta_i$$

$$\theta_s = 1 - \frac{\rho_d}{\rho_s} \qquad \psi_f = -\frac{1}{2 * b * \alpha^x}$$

$$\theta_i = w_i * \frac{\rho_d}{\rho_w}$$

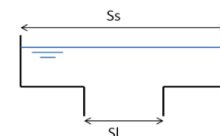
Uitwerking:

Grondeigenschappen

γ_{nat}	18,1 kN/m ³	n	47,7%
γ_{droog}	13,6 kN/m ³	w	33,1%
		S	96,2%

Parameters

S_s	1 m ²	θ_s	0,4769 [-]
S_l	1 m ²	θ_i	0,4587 [-]
H_0	0,62 m	$\Delta\theta$	0,0181 [-]
ψ_f	0 m	*	



* Wanneer de zuigkracht (ψ_f) verwaarloosd wordt, resulteert dit in een geringe overschatting van de doorlatendheid

Resultaat op basis van fit aan meetreeks

k: 0,5 m/d
k(lineair): 0,7 m/d