Cofra

To
B. Castricum

From
J.W. Vink

Copy
H. de Bruijn
G. van Goor
W. Dijkkamp

Second Reader
J.W. Dijkstra

Date
23 Februari 2016

Reference
15-0282-E-M-01-JVIN-rev1

Page

MEMO

Plan van aanpak vacuüm consolidatie proef Markermeerdijk

INLEIDING

Onderhavige memo omschrijft de werkmethode van geplande vacuüm consolidatie proef t.b.v. het dijkversterkingsproject Markermeerdijk project Hoorn - Amsterdam. De proef omschrijft de werkmethode van de installatie, de vereiste veld- en labproeven voor en na consolidatie om het behaalde resultaat te toetsen en een eerste indicatieve berekening om zetting en sterkte toename te voorspellen. Figuur 1 geeft een indicatie van de geplande proeflocatie, de exacte bepaling van de locatie van de proef zal in een later stadium plaatsvinden. Doel van de proef is om middels vacuüm consolidatie een (schuif) sterkte toename in de ondergrond te realiseren en aan te tonen.



Figuur 1 – Indicatie geplande proeflocatie

GEBRUIKTE DOCUMENTEN

De volgende documenten zijn gebruikt bij het opstellen van het werkplan:

[A] Rapportage Geotechnisch Veldwerk Betreffende Versterking Markeermeerdijk Hoorn – Amsterdam Traject: Schardam, Opdrachtnummer: 1214-0007-010, van Fugro Geoservices B.V., d.d. 24-10-2014

[B] Rapportage Laboratoriumonderzoek betreffende Versterking Markermeerdijk Hoorn – Amsterdam – Dijksten op Veen II, Ijkveld: Floriskoog. Opdrachtnummer: 1214-0007-010, van Fugro Geoservices B.V., d.d. 03-10-2014

[C] Geotechnisch Lengteprofiel: 1214-0007-010 PROFIEL DIJK20-22 A&BI-T 4 van 4.pdf

[D] Geotechnisch Lengteprofiel: 1214-0007-010 PROFIEL DIJK20-22 KR&W-VL 3 van 4.pdf

[E] Geotechnisch Lengteprofiel: 1214-0007-010 PROFIEL DIJK20-22 KR&W-VL 4 van 4.pdf

[F] Rapport betreffende Geotechnisch en Miliekundig Onderzoek Gemaak Schardam, Opdrachtnr: 1211-0082-001/R01, van Fugro Geoservices B.V., juli/augustus 2013.

[G] Benodigd lab onderzoek voor vacuümconsolidatie, van Deltares met kenmerk 1220719-000-GEO-0006 van 5 februari 2016.

[H] Bespreking Vacuümconsolidatieproef 5-11-2015

[I] Dieptestelling van de verschillende sensoren: Voorstel dieptestelling WSMs en HMB-datapunten.pdf

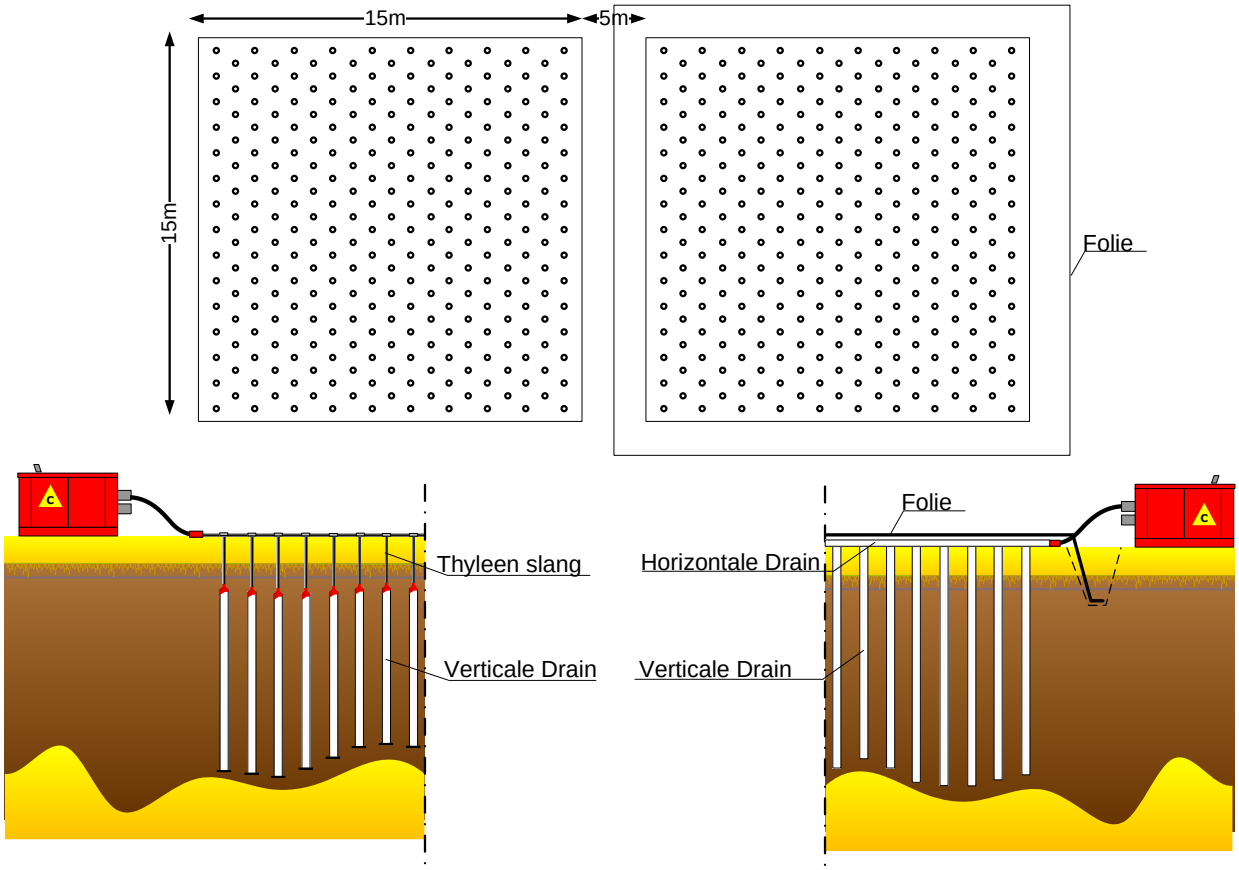
DOEL VAN DE PROEF

Het doel van de proef is om middels vacuüm consolidatie een blijvende (schuif) sterkte toename in de ondergrond te realiseren en aan te tonen. De toename in schuifsterkte dient te worden aangetoond middels (sterkte) proeven zowel in het veld als in het lab. Het realiseren en aantonen van een sterkte toename in de ondergrond is onderdeel een van het uiteindelijke hoofddoel van het dijkversterkingsproject; het vergroten van de macrostabiliteit van het dijklichaam. De sterkte toename heeft als gevolg dat bijvoorbeeld binnen bermen lager kunnen blijven en onder afschot worden gelegd, dit beperkt het grondverzet.

Daarnaast is het doel van de proef om inzichtelijk te krijgen wat de omgevingsbeïnvloeding is bij toepassing van de systemen. Hierbij ligt de focus op horizontale vervormingen en beïnvloeding van de waterstand buiten het veld.

PLAN VAN AANPAK

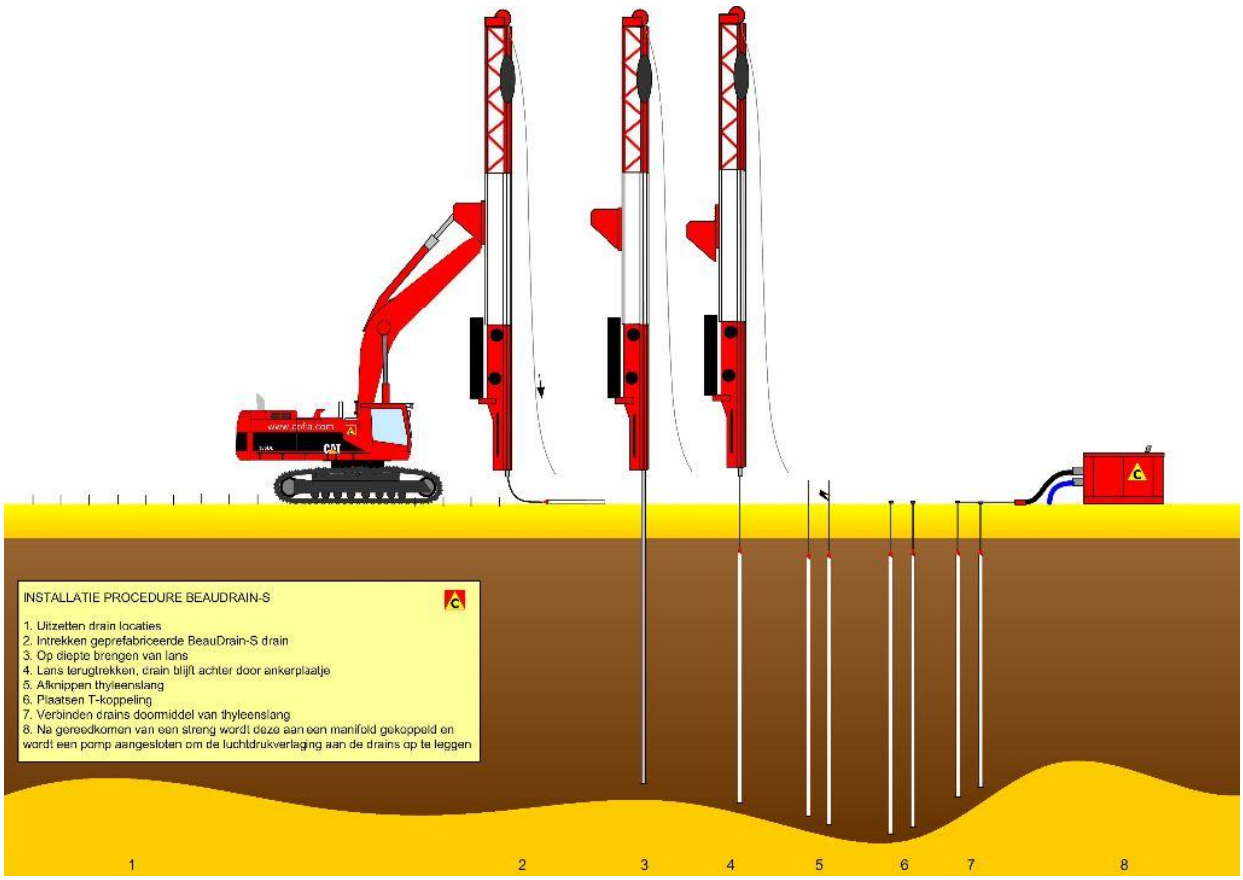
Dit hoofdstuk omschrijft een plan van aanpak voor de vacuümproef. Het is voorzien om twee vacuüm technieken toe te passen in twee afzonderlijke proefvakken. Een proefvak wordt uitgevoerd met de vacuüm consolidatie techniek Beaudrain-S en een proefvak wordt uitgevoerd met traditionele verticale drains verbonden aan horizontale drains, afgedekt met een folie. De proefvakken zijn ieder 15mx15m en hebben een onderlinge minimale afstand van 5m. Het is voorzien om een driehoek stramien toe te passen voor de verticale drainage in beide proefvakken. Zie Figuur 2 voor een illustratie. De proefvakken zullen afzonderlijk worden toegelicht alsmede de monitoring voor, tijdens en na de consolidatieproef. De consolidatietijd/pomptijd is voorzien op 9wk obv [H].



Figuur 2 – Illustratie Lay-out Proefvakken

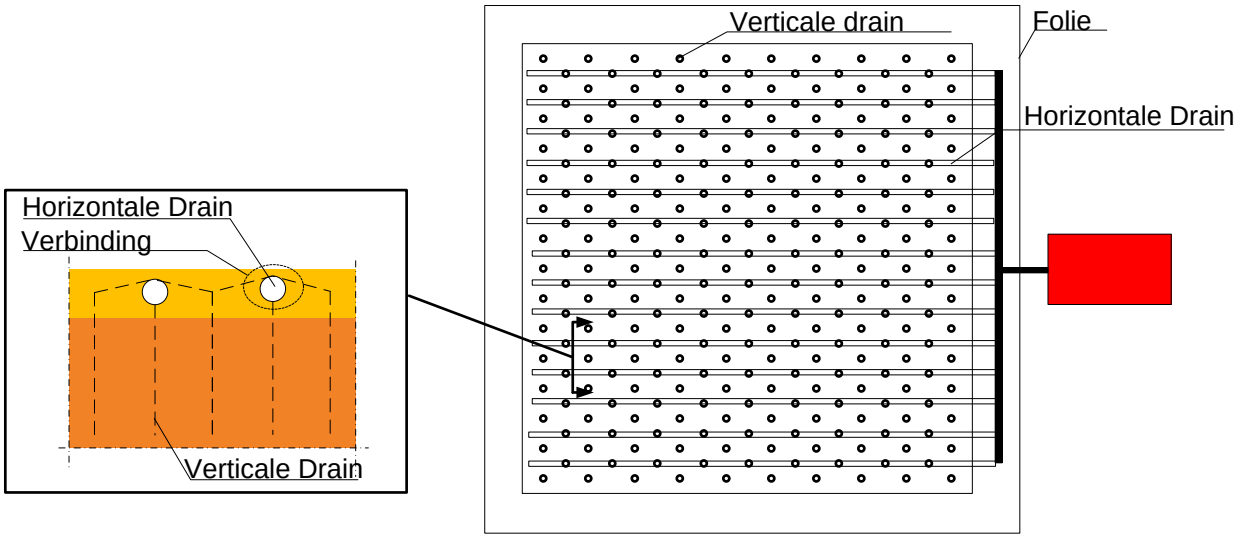
Installatie procedure Proefvak 1 – Beaudrain-S
In het eerste proefvak zal beaudrain-S toegepast worden. Het BeauDrain-S systeem is afgeleid van het reguliere BeauDrain systeem met als voordeel dat het gebruik kan maken van de reguliere drainage stitchers. Een BeauDrain-S drain is een geprefabriceerd drain bestaande uit een MebraDrain MD88H verticale drain gekoppeld aan een vooraf vastgestelde lengte thyleenslang. De thyleenslang wordt toegepast over de dikte van de werkvloer en, afhankelijk van de grondwaterstand, een halve meter doorgetrokken in de afsluitende klei- of veenlaag. Door gebruik te maken van de thyleenslang in de doorlatende lagen en lagen met geen volledige verzadiging wordt de verticale drainage alleen toegepast in de samendrukbare en afsluitende lagen. Hierdoor kan een onderdruk op de drain worden gezet. De onderdruk in de drain vertaalt zich als een equivalente (fictieve) bovenbelasting op het maaiveld.

Na installatie steken alleen de thyleen slangen boven het installatie platform uit. Na het op maat afknippen van de slangen worden de BeauDrain-S drains doormiddel van koppelingen met elkaar verbonden tot strengen. Deze strengen worden aan de rand van het veld via een manifold en verzamelslang met een vacuümpomp verbonden. Zie ook figuur 3 voor een illustratie van de installatie procedure.



Figuur 3 – Installatie Procedure Beaudrain-S

Proefvak 2 – Verticale en horizontale drainage met folie
Voor het tweede proefvak is voorzien om traditionele verticale drains aan te installeren vanaf een werkvloer van zand met een standaard drainage stitcher (de dikte van de werkvloer afhankelijk van kraanstabiliteit). De verticale drains zullen in het slappe lagenpakket aangebracht worden, echter de bovenzijde van drain zal boven de werkvloer uitsteken en worden verbonden met een horizontale verzameldrain. De verzameldrains zullen op hun beurt weer op een hoofddrain worden aangesloten die verbonden is met de vacuümpomp. Zie ook Figuur 4 voor een illustratie. Vervolgens zal de drain worden afgedekt met een laag zand waarna een folie over het zand zal worden aangebracht. De folie dient rondom het gebied te worden ingegraven tot onder de heersende grondwaterstand (zoals eerder weergegeven in figuur 2).



Figuur 4 – Opstelling proefvak met folie afdekking

Veld- en Laboratorium onderzoek voor aanvang proef
Voor de consolidatieproef zullen verschillende veldproeven worden uitgevoerd voor en na het uitvoeren van de vacuüm consolidatie proef. Deltares geeft in [G] een advies over het benodigde labonderzoek voor de proef. Het rapport gaat echter uit van een enkel proefvak van 20mx20m. Daarnaast wordt in het rapport aangegeven om ook tussentijds te bemonsteren, dit is ons inziens onnodig zou de vacuüm proef kunnen verstoren. Met name voor het folie vak is het overigens niet uitvoerbaar.

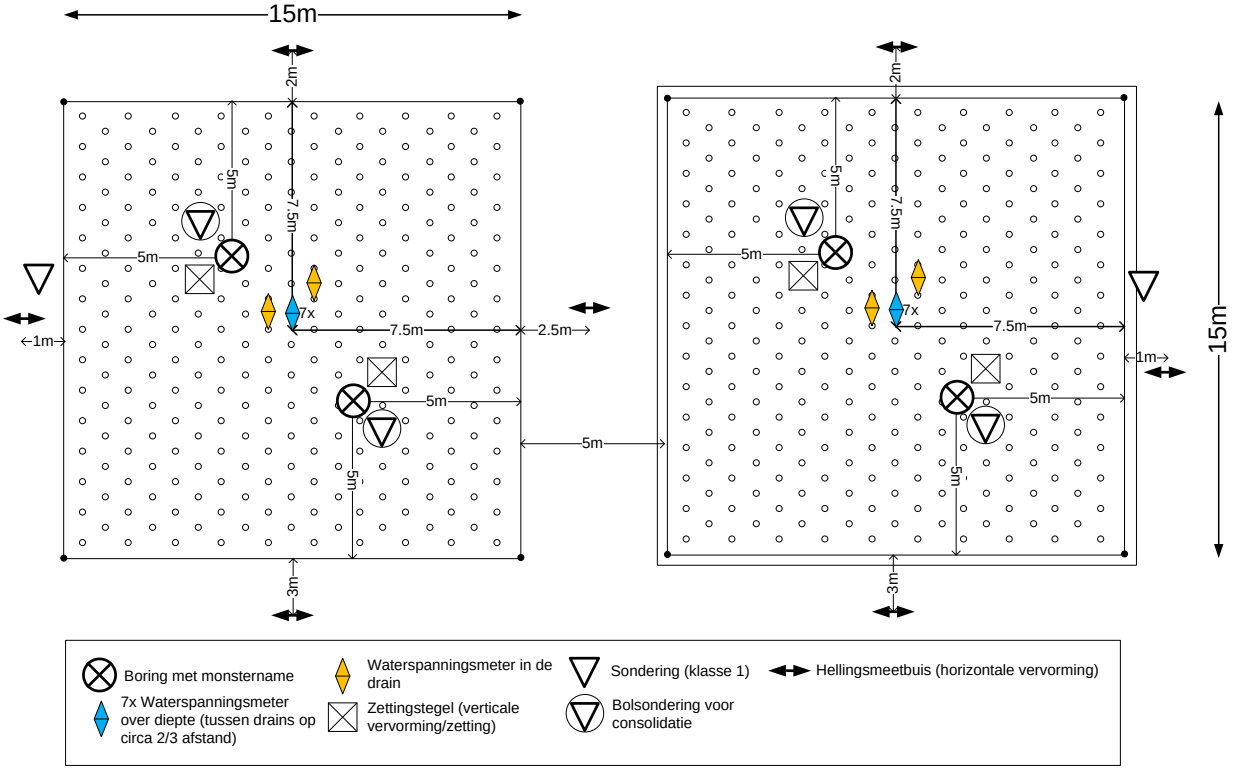
Hieronder volgt een tegenvoorstel wat betreft het veldonderzoek, dit zal nog afgestemd moeten worden met het de hoeveelheid voorgeschreven labonderzoek in [G].

Voorafgaand aan het inrichten van het proefvak wordt voorgesteld om **per proefvak** 2 bolconus sonderingen uit te voeren en 2 boringen met continue grote diameter monstername. Daarnaast wordt naast ieder proefvak een klasse 1 sondering genomen.

Voor de plaatsing van de werkvloer wordt geadviseerd om **per proefvak** 2 zakbaken te plaatsen (deze zullen tijdens de installatie tijdelijk verwijderd worden en herplaatst worden met uit en in meting). De zakbaken kunnen ook vervangen worden door zettingstegels indien deze beschikbaar zijn. Daarnaast wordt geadviseerd om per proefvak waterspanningsmeters te plaatsen in de grondlagen (7 stuks per proefvak). De water spanningssensoren dienen voor installatie van de drains geïnstalleerd te worden (bij voorkeur tussen de drains op 2/3 afstand). Voor een indicatie van de installatiediepte zie [I]. De exacte dieptestelling van de WSM-sensoren en de datapunten van de inclinometers dient bepaald te worden aan de hand van de klasse 1 sonderingen en mechanische boringen. Ook worden er per proefvak in de drains waterspanningsmeters geplaatst om de onderdruk in de drain te meten (2 per proefvak).

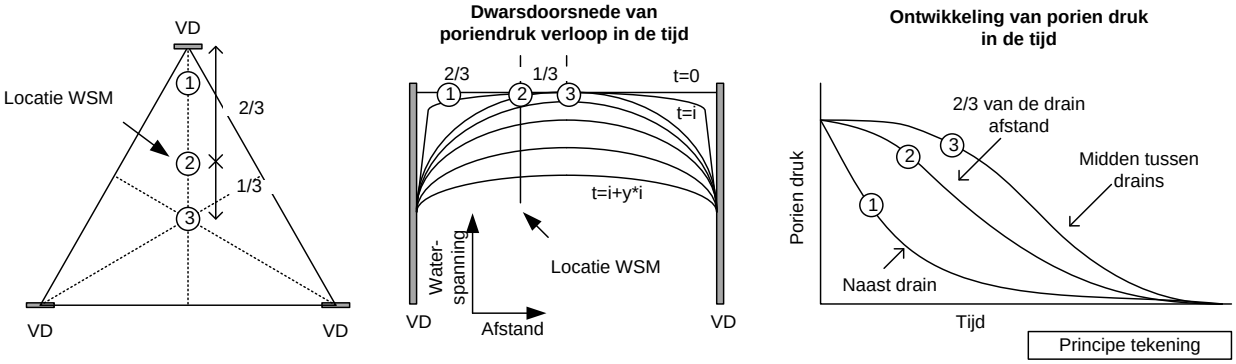
Om de omgevingsbeïnvloeding te bepalen wordt geadviseerd een 3 tal hellingmeetbuizen te installeren **per proefvak**, een op 1m uit de rand van het veld, een op 2m uit de rand van het veld en een op 3m uit de rand van het veld (allen rondom het proefvak). Ook dient een hellingmeter tussen de twee proefvakken in geplaatst te worden. Voor het proefvak met de folie zal rekening gehouden moeten worden met de ingegraven folie aan de randen van het veld.

Figuur 5 geeft een visueel overzicht van bovenstaande.



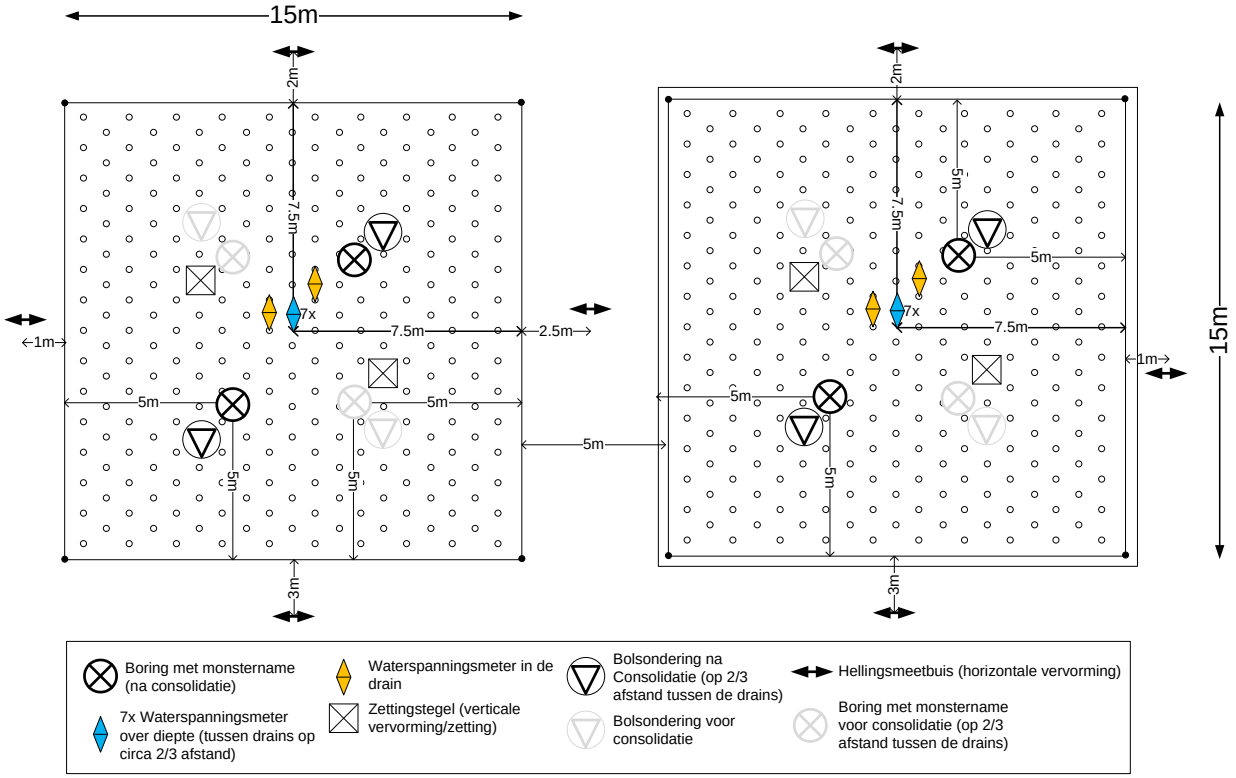
Figuur 5 – Overzicht veldonderzoek voor uitvoering proef

De locatie van de waterspanningsmeters zijn zowel in de drain (om de onderdruk zuiver te kunnen meten) alsmede tussen de drains. De waterspanning in de ondergrond zal reageren op de onderdruk in de drains. De waterspanningsmeters geplaatst tussen de drains zullen naar verwachting trager reageren op de verlaagde waterdruk in de drains. Gedurende de consolidatieperiode, en in mindere mate ook na de consolidatieperiode, is de ondergrond nabij de drain het meest geconsolideerd en naar het midden toe minder geconsolideerd. Om een optimaal gemiddelde te meten is het raadzaam om de waterspanningsmeters op 2/3 afstand te plaatsen van de drain, zie ook Figuur 6. De locatie van de monstername na consolidatie heeft naar verwachting grote invloed op de resultaten van de ongedraineerde schuifsterkte na consolidatie (zie volgende paragraaf).



Figuur 4 – Ontwikkeling van poriendruk

Veld- en laboratorium onderzoek en Labonderzoek na uitvoering proef
Voor het bepalen van de sterkte na vacuüm consolidatie worden wederom dezelfde hoeveelheid monsters genomen op vergelijkbare diepte om deze te beproeven in het lab, zie ook [G]. De boringen na de proef dienen op een afstand van minimaal 1m ten opzichte van de initiële vorige boringen te worden genomen, zie Figuur 5. Echter het is raadzaam om de boringen op 2/3 afstand tussen de drains uit te voeren om tot een goede gemiddelde waarde te komen van parameters, zoals hierboven aangegeven voor de waterspanningsmeter (Figuur 4).



Figuur 5 – Locaties veldproeven na uitvoering proef

ZETTINGSBEREKENING EN STERKTE TOENAME

In onderhavig hoofdstuk zullen de te verwachten zettingen gepresenteerd worden tgv de vacuüm consolidatie techniek. Ook zal er een indicatie worden gegeven van sterkte toename in de ondergrond,.

Uitgangspunten

De volgende uitgangspunten zijn aangehouden in de berekeningen:

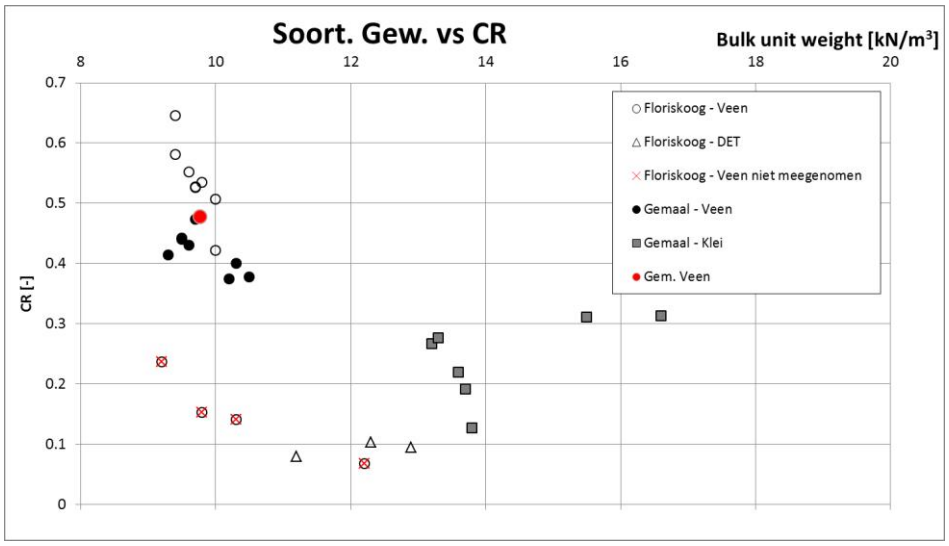
- Beschikbare consolidatietijd (zonder ophogen) aangehouden op 9wkn op basis van [H];
- Beaudrain-S drainage stramien van 1.0m hart op hart (driehoekstramien) aangenomen;
- Zettingsberekening met een Beaudrain-S onderdruk van 40KPa en 60KPa gedurende de consolidatieperiode.
- Huidige maaiveld niveau aangehouden op gemiddeld NAP -0.75m op basis van B06 in [F];
- Grondwaterstand aangehouden op NAP -1.50m op basis van [F];
- Ontwerpniveau aangehouden op huidig maaiveld niveau (NAP -0.75m);
- Bodemopbouw overeenkomstig B06/DKM18 uit [F];
- Verticale drainage doorkruist geen watervoerende (zand) lagen en installatiediepte blijft hier dus boven (installatiediepte in geval van B06 – NAP -9.35m)
- Geen permanente belasting aangehouden;

Model

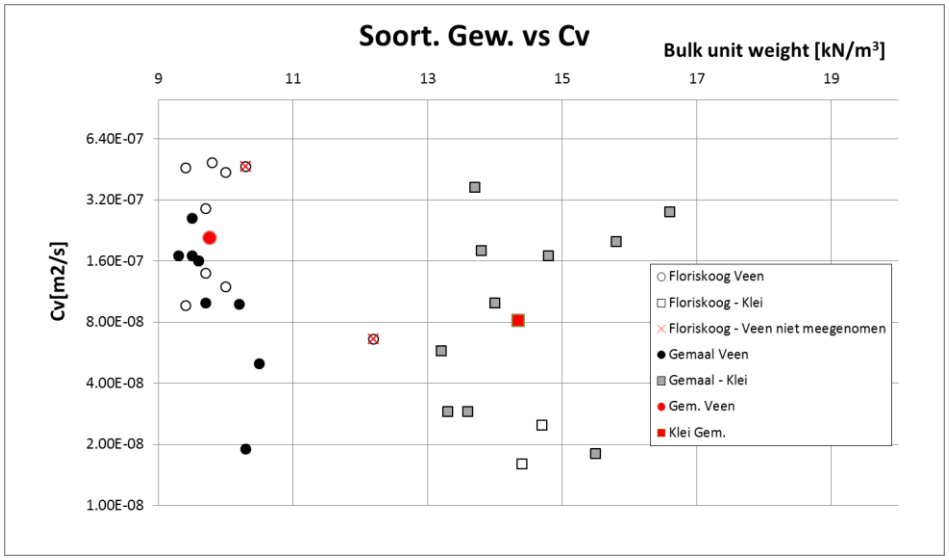
De zettingsberekeningen zijn uitgevoerd met een gevalideerd zettingsmodel op basis van de Bjerrum isotache methode. Dit model wordt, door Cofra, gebruikt op projecten in Nederland en is in vergelijking met het traditionele Koppejan-model beter in staat om de invloed van voorbelasting op restzettingen te modelleren

Grondopbouw en parameters

Op basis van [A], [B] en [F] zijn de zettingsparameters afgeleid voor de zettingsgevoelige grondlagen. De afgeleide CR, Cv zijn weergegeven in Figuur 6 en 7 respectievelijk.



Figuur 6 – Soortelijk gewicht vs CR



Figuur 7 – Soortelijk gewicht vs Cv

Een samenvatting van de aangehouden parameters zijn weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1 – Aangehouden Grondopbouw B6/DKM18 met afgeleide en aangenomen Grondparameters

Grondsoort [-]	**BK laag [m NAP]**	**Ysat [kN/m3]**	**CR [-]**	**CR/RR [-]**	**CR/Calpha [-]**	**POP** [KPa]**	**CV [m2/sec]**
Toplaag, Klei siltig*	-0.75	14.3	0.25	5.4	16.1	10**	$8.17*10^{-8}$
Hollandveen*	-1.40	9.8	0.48	6.9	12.2	5***	$2.09*10^{-7}$
Klei, siltig*	-3.35	14.3	0.25	5.4	16.1	10**	$8.17*10^{-8}$
Zand**	-10.35	19.0	0.03	6	45	10	--
Hydrobia klei*	-12.75	15.8*	0.24*	7**	15**	10	$1.10*10^{-7}$
Pleistoceen Zand**	-17.0	20.0	0.01	7	50	10	--

* Afgeleid uit labonderzoek [B] en [G];

** Aangenomen o.b.v. ervaringsgetallen en een database met hierin een correlatie tussen het soortelijk gewicht en de zettingsparameters;

*** De POP is vastgesteld o.b.v. de grensspanning uit het labonderzoek verminderd met de effectieve spanning welke is ingeschat o.b.v. een maaiveldniveau van NA+ -0.75m, een GWS van NAP -1.5m en soortelijk gewicht van 9.8 kN/m3 voor veen en een gemiddelde soortelijk gewicht van 14.0 kN/m^3 voor overige grondlagen. Voor Veen is afwijkende POP aangehouden van 5.0 KPa i.p.v. de aangetroffen 2.6KPa.

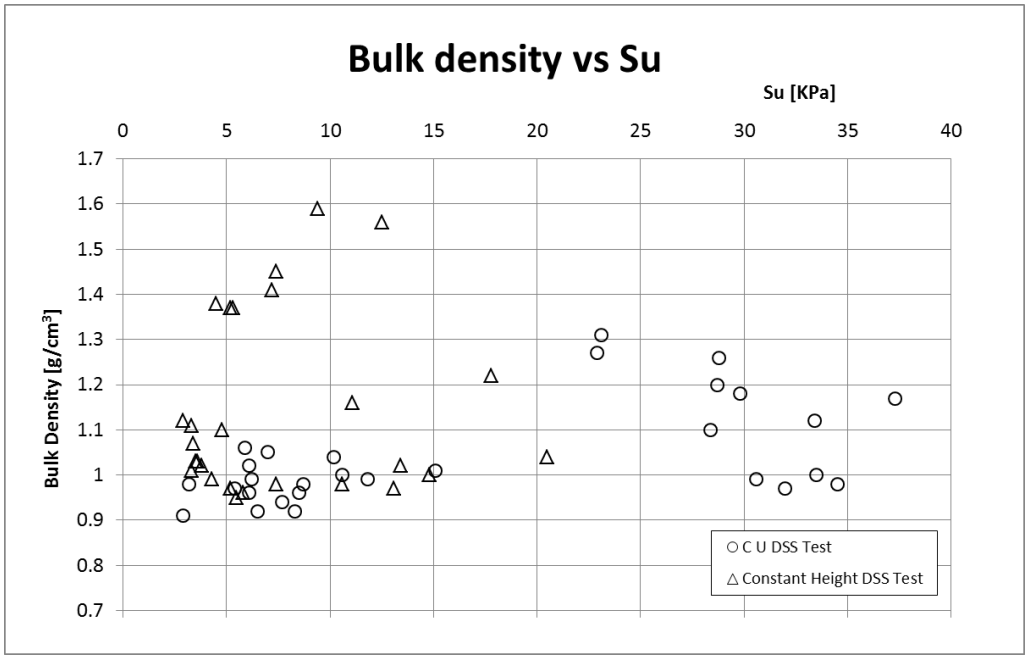
Resultaten zettingsberekening
Tabel 2 presenteert een samenvatting van de resultaten van de zettingsberekeningen met het grondprofiel van Tabel 1 zonder maatregelen. In Bijlage I zijn uitgebreide HED_SET berekeningsresultaten opgenomen. Tabel 3 presenteert een samenvatting van de resultaten van de zettingsberekeningen met maatregelen. In de tabel zijn verschillende opties gepresenteerd. In Bijlage II zijn uitgebreide HED_SET berekeningsresultaten opgenomen.

Tabel 2- Resultaten zettingsberekeningen zonder maatregelen

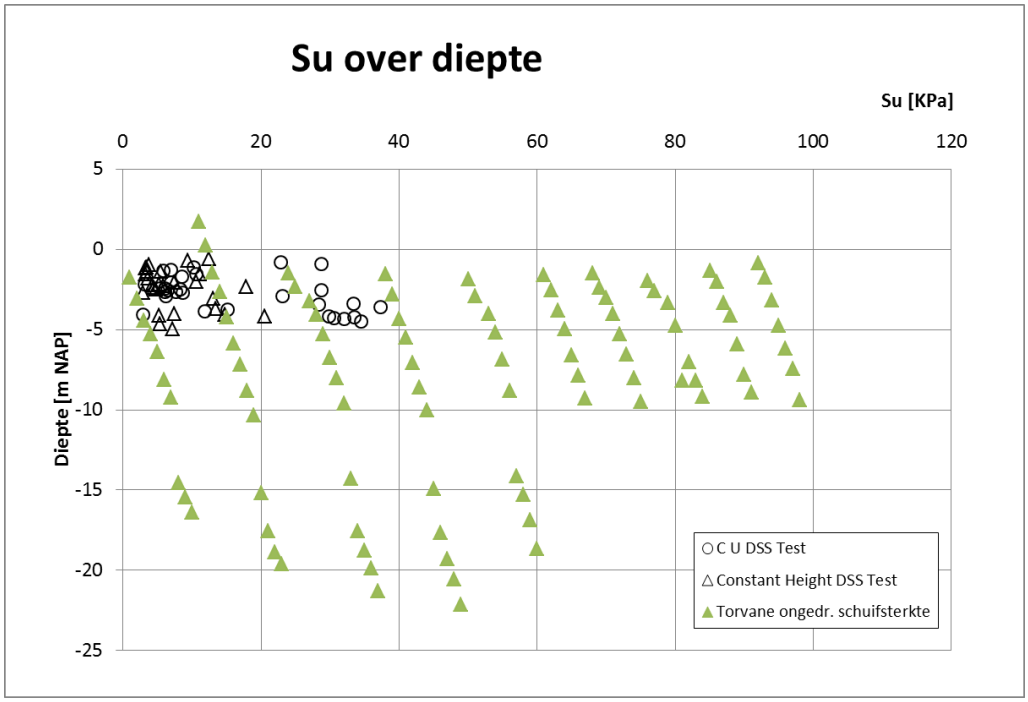
Optie [-]	Cons. Tijd [wk]	Onderdruk Beaudrain-S [KPa]	Zetting gedurende cons. Periode (zettingscomp.) [m]	Verticaal drainage stramien (driehoek) [m hoh]
1a	9	40	1.63	1.0
1b	9	60	1.86	1.0

Inschatting sterkte toename

Uit het naastgelegen gronderzoek zijn ook initiële sterktes van grondlagen, zie figuur 8 en figuur 9. De torvane proeven die een hoge sterkte tonen zijn genomen in of naast het dijklichaam. De DSS proeven die hoge waarden vertonen zijn eveneens afkomstig uit monsters van boringen die in of nabij het dijklichaam zijn genomen.



Figuur 8 – Bulk density vs Peak shear Strength



Figuur 9 – Bulk density vs Peak shear Strength

Op basis van de zetting is een indicatie van de ongedraineerde sterkte (Su) na vacuüm voor drietal lagen gegeven. Hierbij is gebruik gemaakt van de volgende correlatie (Shansep methode) tussen verticale effectieve spanning, de Su en OCR:

$$\frac{Su}{\sigma_v} = 0.22 \qquad \text{1a. (initiële situatie voor vacuüm consolidatie)}$$

$$\frac{Su}{\sigma_v} = 0.22 \cdot (OCR)^{0.8} \qquad \text{2b. (na vacuüm consolidatie)}$$

De volgende berekeningstappen zijn uitgevoerd ter bepaling van de su:
- Op basis van de berekende zetting is per laag een poriëngehalte reductie afgeleid
- Op basis van de poriën gehalte reductie is een nieuwe bulk density afgeleid
- Met een nieuwe bulk density is een nieuwe effectieve spanning afgeleid
- Vervolgens is de OCR berekend onder invloed van de vacuüm druk en het consolidatie percentage

Tabel 3 en 4 geven de indicatieve resultaten voor een Su toename voor 40 en 60 KPa respectievelijk. Voor bepaling van de initiële Su is niet het grondonderzoek gebruikt maar tevens bovengenoemde relatie (1). De berekening is zuiver ter indicatie van de procentuele toename van de Su.

Tabel 3 – Indicatie sterkte toename Su bij onderdruk 40KPa

Grondlaag [-]	**Su voor cons* [Kpa]**	**Bulk Density na cons. [Kpa]**	**OCR na cons. [-]**	**Su na cons [Kpa]**	**dSu [Kpa]**	**Procentuele toename Su [%]**
Klei, zwak siltig tot siltig	1.03	14.96	8.96	6.18	5.16	603
Veen	2.21	10.64	4.55	8.06	5.85	364
Klei, zwak siltig tot siltig	6.75	14.69	2.58	11.49	6.24	219
* hiervoor is niet de aangetroffen Su uit grondonderzoek gebruikt maar is tevens de bovengenoemde relatie toegepast						

Tabel 4 – Indicatie sterkte toename Su bij onderdruk 60KPa

Grondlaag [-]	**Su voor cons [Kpa]**	**Bulk Density na cons. [Kpa]**	**OCR na cons. [-]**	**Su na cons [Kpa]**	**dSu [Kpa]**	**Procentuele toename Su [%]**
Klei, zwak siltig tot siltig	1.03	15.06	12.86	8.31	7.28	810
Veen	2.21	10.66	6.31	10.50	8.29	475
Klei, zwak siltig tot siltig	6.75	14.70	3.19	14.80	8.05	228
* hiervoor is niet de aangetroffen Su uit grondonderzoek gebruikt maar is tevens de bovengenoemde relatie toegepast						

CONCLUSIE

Een plan van aanpak is gepresenteerd voor de twee vacuüm technieken alsmede het voorgestelde veldonderzoek voor en na de proef. Het door Deltares voorgestelde labonderzoek dient te worden afgestemd op het door Cofra voorgestelde veldonderzoek, met name ten aanzien van de hoeveelheid boringen in relatie tot de gewenste hoeveelheid monsters.

Op basis van beschikbaar grond en labonderzoek van het gemaal en uit het nabijgelegen gebied “Floriskoog” zijn zettingsparameters afgeleid. Met deze parameters is een zettingsberekening gemaakt waaruit blijkt dat gedurende de consolidatieperiode van 9wkn circa 1.6 tot 1.8m zetting kan worden verwacht afhankelijk van de te behalen onderdruk (40 of 60KPa). Ook is een indicatie gegeven van de te behalen schuifsterktetoename.

APPENDIX 1 – RESULTATEN HED SET ZETTINGSBEREKENINGEN

3	Project: **Markermeerdijken**	**Profile: Gemaal - B6**	Method: **Isotach (see Yin & Graham 1989), linear or natural strain, including submerging**	**VERSION:** 5-nov-14	print 9-Feb-16 14:47

Densities Construction Materials				Design	Handover	Net	Surface	Ground			Soil Replacement		**MODEL**	**VERTICAL DRAINS**		**bottom of PVD is drainage boundary**							
Water	Road Bed	Sand_aw	Sand_uw	Level	Level	Fill	Level	Water			Level	Uplift (*)	Strain	**Drain**	Ds	d	Smear Zone		Depth	Beaudrain	Drain	Vacuum	Dcalc	mu
kN/m3	kN/m3	kN/m3	kN/m3	m RD	m RD	m	m RD	m RD			m RD	safety	Type	**Type**	m	m	ds/d	kh/ks	m RD	top (m RD)	Grid	Applied	m	
9.81	#N/A	17.6	19.3	-0.75	-0.75	0.00	-0.75	-1.50			-0.75	#N/A	**LINEAR**	**BD-S**	1.00	0.062	1.0	1.0	-9.4	-0.75	Triang	40	1.05	2.09

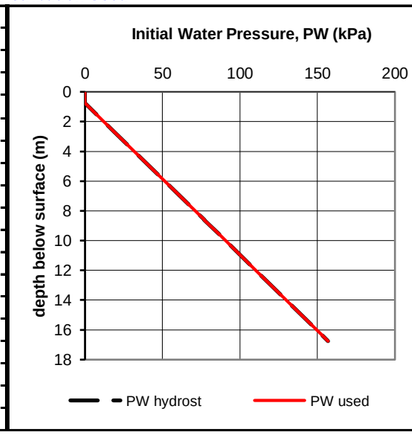
OPLEVER ONDER MAAIVELD ?? *=dry excavation **BEAUDRAIN APPLIED**

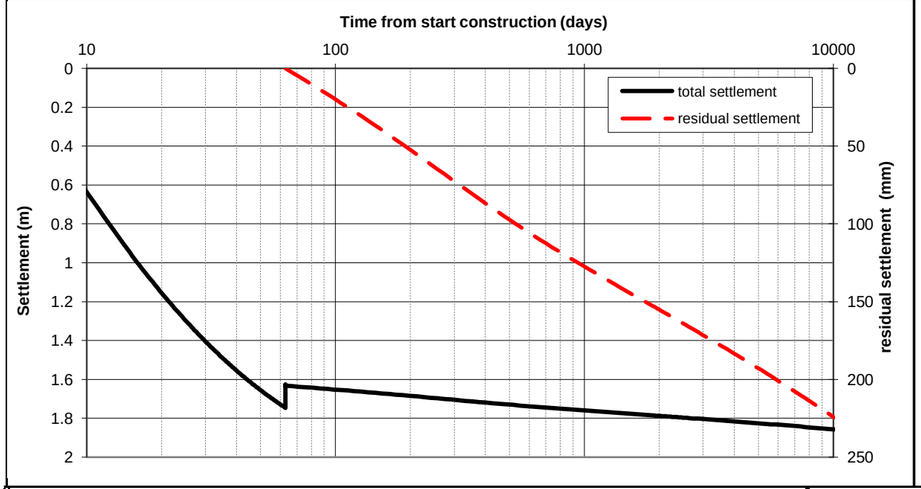
SOIL LAYERS					Piezometric Level		Insitu Dens	Original Profile		Incl. Soil Replacement		COMPRESSIBILITY			PRE-CONSOLIDATION STRESS (kPa)					CONSOLIDATION			
Nr.	Code	Description	Top (m RD)	Bot (m RD)	hydrostatic	used	kN/m3	Thick (m)	Po' (kPa)	Thick (m)	Po' (kPa)	CR/RR	CR	CR/Ca	Type	Min	POP	OCR	P_c Used	RF_Cv*	Cv_theor	Ch/Cv	dPe
1	2	Klei, zwak siltig tot siltig	-0.75	-1.40	-1.40	-1.40	14.34	0.65	4.7	0.65	4.7	5.4	0.249	16.1	POP	#N/A	8	#N/A	13	1.00	8.2E-08	1.0	0.30
2	1	Veen	-1.40	-1.50	-1.50	-1.50	9.80	0.10	9.8	0.10	9.8	6.9	0.480	12.2	POP	#N/A	5	#N/A	15	1.00	2.1E-07	1.0	0.30
3	1	Veen	-1.50	-3.35	-1.50	-1.50	9.80	1.85	10.3	1.85	10.3	6.9	0.480	12.2	POP	#N/A	5	#N/A	15	1.00	2.1E-07	1.0	0.30
4	2	Klei, zwak siltig tot siltig	-3.35	-9.35	-1.50	-1.50	14.34	6.00	23.9	6.00	23.9	5.4	0.249	16.1	POP	#N/A	8	#N/A	32	1.00	8.2E-08	1.0	0.30
5	50	Drain sand	-9.35	-9.36	-1.50	-1.50	19.00	0.01	37.5	0.01	37.5	8.0	0.022	50.0	OCR	#N/A	#N/A	113	150	1.00	1.0E-04	0.0	0.30
6	2	Klei, zwak siltig tot siltig	-9.36	-10.35	-1.50	-1.50	14.34	0.99	39.8	0.99	39.8	5.4	0.249	16.1	POP	#N/A	8	#N/A	48	1.00	8.2E-08	0.0	0.30
7	6	Zand	-10.35	-12.75	-1.50	-1.50	19.00	2.40	53.1	2.40	53.1	6.0	0.030	45.0	POP	#N/A	10	#N/A	63	1.00	1.0E-04	0.0	0.30
8	3	Hydrobia klei	-12.75	-17.00	-1.50	-1.50	15.80	4.25	76.8	4.25	76.8	7.0	0.200	15.0	POP	#N/A	10	#N/A	87	1.00	1.1E-07	0.0	0.30
9	7	Zand (pleistoceen)	-17.00	-17.50	-1.50	-1.50	20.00	0.50	92.1	0.50	92.1	6.0	0.010	50.0	POP	#N/A	10	#N/A	102	1.00	1.0E-04	0.0	0.30
10	7	Zand (pleistoceen)	-17.50	-17.50	-1.50	-1.50	20.00	0.00	94.6	0.00	94.6	6.0	0.010	50.0	POP	#N/A	10	#N/A	105	1.00	1.0E-04	0.0	0.30
11	7	Zand (pleistoceen)	-17.50	-17.50	-1.50	-1.50	20.00	0.00	94.6	0.00	94.6	6.0	0.010	50.0	POP	#N/A	10	#N/A	105	1.00	1.0E-04	0.0	0.30
12	7	Zand (pleistoceen)	-17.50	-17.50	-1.50	-1.50	20.00	0.00	94.6	0.00	94.6	6.0	0.010	50.0	POP	#N/A	10	#N/A	105	1.00	1.0E-04	0.0	0.30
13	7	Zand (pleistoceen)	-17.50	-17.50	-1.50	-1.50	20.00	0.00	94.6	0.00	94.6	6.0	0.010	50.0	POP	#N/A	10	#N/A	105	1.00	1.0E-04	0.0	0.30
14	7	Zand (pleistoceen)	-17.50	-17.50	-1.50	-1.50	20.00	0.00	94.6	0.00	94.6	6.0	0.010	50.0	POP	#N/A	10	#N/A	105	1.00	1.0E-04	0.0	0.30
15	7	Zand (pleistoceen)	-17.50	-17.50	-1.50	-1.50	20.00	0.00	94.6	0.00	94.6	6.0	0.010	50.0	POP	#N/A	10	#N/A	105	1.00	1.0E-04	0.0	0.30
16	7	Zand (pleistoceen)	-17.50	-17.50	-1.50	-1.50	20.00	0.00	94.6	0.00	94.6	6.0	0.010	50.0	POP	#N/A	10	#N/A	105	1.00	1.0E-04	0.0	0.30
17	7	Zand (pleistoceen)	-17.50	-17.50	-1.50	-1.50	20.00	0.00	94.6	0.00	94.6	6.0	0.010	50.0	POP	#N/A	10	#N/A	105	1.00	1.0E-04	0.0	0.30
18	7	Zand (pleistoceen)	-17.50	-17.50	-1.50	-1.50	20.00	0.00	94.6	0.00	94.6	6.0	0.010	50.0	POP	#N/A	10	#N/A	105	1.00	1.0E-04	0.0	0.30
Totaal								16.75		16.75	*8.2 m not drained*									* = RF_cv = reduction factor Cv			

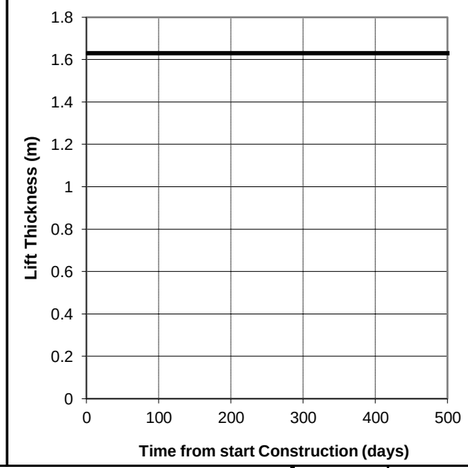
LIFT SCHED **surface lower than origir** Level Correction for permanent Load: 0.00 **No Stress Distribution Used**

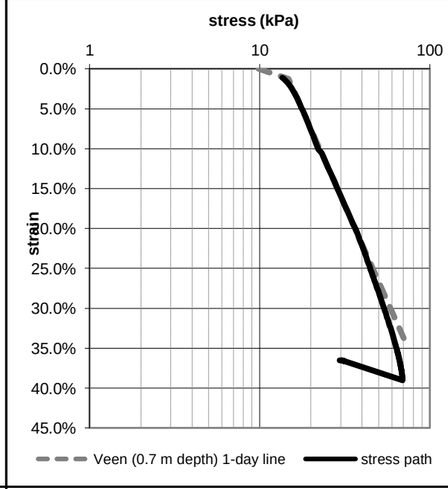
	Lift	Thick (m) per lift	V-Drains (Y/N)	Vacuum kPa	Thick (m) total	Time (days) wait	Start	cal days	Z(start) m	Level m NAP	Surplus m	Residual mm	Load, dP (kPa) dP_start	dP_end
Lift 1	1	1.63	Y	0	1.63	7	1-mei-16	0	0.07	0.81			28.7	28.7
	2	0.00	Y	40	1.63	7	8-mei-16	7	0.38	0.50			68.7	67.7
	3	0.00	Y	40	1.63	7	15-mei-16	14	0.90	-0.02			67.5	65.3
	4	0.00	Y	40	1.63	7	22-mei-16	21	1.19	-0.31			65.1	63.8
	5	0.00	Y	40	1.63	7	29-mei-16	28	1.36	-0.48			63.7	62.8
	6	0.00	Y	40	1.63	7	5-jun-16	35	1.49	-0.61			62.7	62.0
	7	0.00	Y	40	1.63	7	12-jun-16	42	1.58	-0.70			62.0	61.4
	8	0.00	Y	40	1.63	7	19-jun-16	49	1.65	-0.77			61.4	61.0
	9	0.00	Y	40	1.63	7	26-jun-16	56	1.70	-0.82			61.0	60.6
end of construction	10	0.00	Y	40	1.63	0	3-jul-16	63	1.75	-0.87	-0.12		60.6	60.6
Remove surcharge	11	0.00	Y	0	1.63	0	3-jul-16	63	1.63	-0.75	0.00	5	20.6	21.5
Apply Live Load	12	0.00	Y	0	1.63	0	3-jul-16	63	1.63	-0.75	0.00	0	21.5	21.5
Handover	13	0.00			1.63	365	3-jul-16	63	1.63	-0.75	0.00	0	P'_max:	49
Handover + 1.0 yr	13				1.63	1460	3-jul-17	428	1.72	-0.84	-0.09	-90	P'_final:	22
Handover + 5.0 yr	13				1.63	730	2-jul-21	1888	1.79	-0.91	-0.16	-153	OCR:	2.29
Handover + 7.0 yr	13				1.63	7445	2-jul-23	2618	1.80	-0.92	-0.17	-166	Zet Ratio	#N/A
Handover + 27.4 yr	13				1.63		19-nov-43	10063	1.86	-0.98	-0.23	-224		

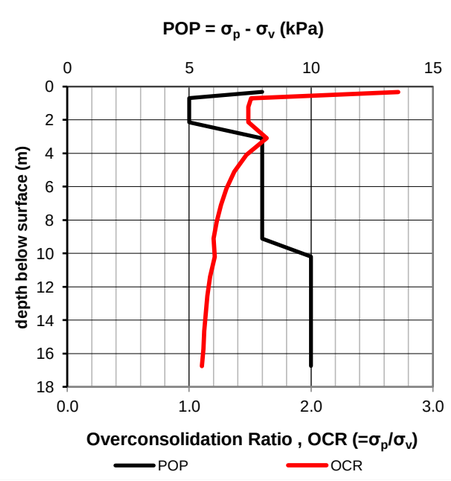
Total Primary Settlement			
dPmax =	21.5	m	%
1. Klei, zwak siltig tot siltig		0.064	9.87%
2. Veen		0.017	16.88%
3. Veen		0.305	16.48%
4. Klei, zwak siltig tot siltig		0.278	4.64%
6. Klei, zwak siltig tot siltig		0.030	3.04%
7. Zand		0.000	0.00%
8. Hydrobia klei		0.006	0.26%
9. Zand (pleistoceen)		0.053	1.25%
10. Zand (pleistoceen)		0.000	0.00%
11. Zand (pleistoceen)		0.000	0.00%
12. Zand (pleistoceen)		0.000	0.00%
13. Zand (pleistoceen)		0.000	0.00%
14. Zand (pleistoceen)		0.000	0.00%
15. Zand (pleistoceen)		0.000	0.00%
16. Zand (pleistoceen)		0.000	0.00%
17. Zand (pleistoceen)		0.000	0.00%
TOTAL		0.754	











Fit Factors							Cv (m2/s)				Geo	Settlem
Settlement Plate	Cv	dPelast	RR	CR	CA	POP	drainage	theor	Asaoka	Ratio	Profiel	Correction
#N/A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2	#N/A	#N/A	1.00	#N/A	#N/A

Layer 2

3	Project: **Markermeerdijken**			**Profile: Gemaal - B6**			Method: **Isotach (see Yin & Graham 1989), linear or natural strain, including submerging**								**VERSION:** 5-nov-14			print 9-Feb-16 14:59			
Densities Construction Materials				Design	Handover	Net	Surface	Ground			Soil Replacement		**MODEL**	**VERTICAL DRAINS**		**bottom of PVD is drainage boundary**						
Water	Road Bed	Sand_aw	Sand_uw	Level	Level	Fill	Level	Water			Level	Uplift (*)	Strain	**Drain**	Ds	d	Smear Zone		Depth	Beaudrain	Drain	Vacuum	Dcalc	mu
kN/m3	kN/m3	kN/m3	kN/m3	m RD	m RD	m	m RD	m RD			m RD	safety	Type	**Type**	m	m	ds/d	kh/ks	m RD	top (m RD)	Grid	Applied	m	
9.81	#N/A	17.6	19.3	-0.75	-0.75	0.00	-0.75	-1.50			-0.75	#N/A	**LINEAR**	**BD-S**	1.00	0.062	1.0	1.0	-9.4	-0.75	Triang	60	1.05	2.09

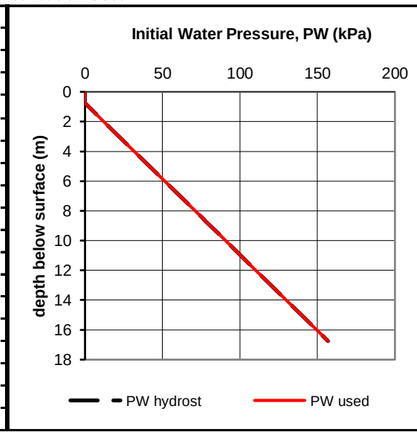
OPLEVER ONDER MAAIVELD ?? *=dry excavation **BEAUDRAIN APPLIED**

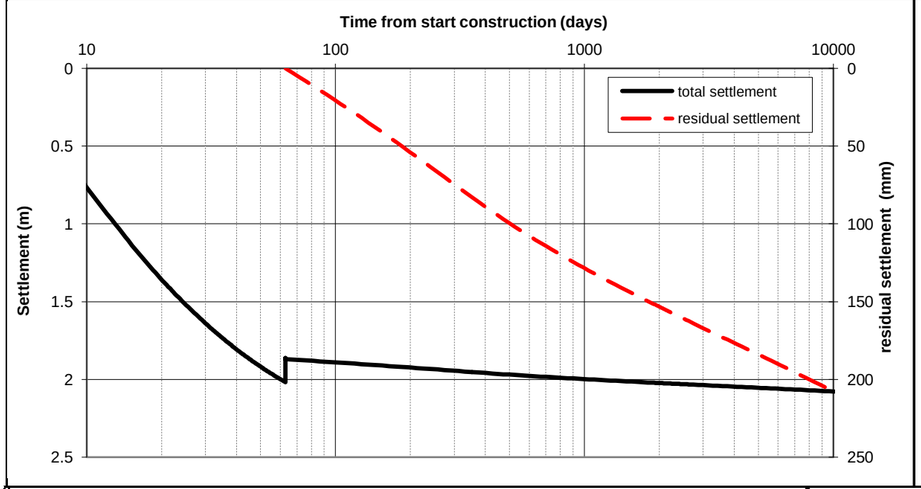
SOIL LAYERS					Piezometric Level		Insitu Dens	Original Profile		Incl. Soil Replacement		COMPRESSIBILITY			PRE-CONSOLIDATION STRESS (kPa)					CONSOLIDATION			
Nr.	Code	Description	Top (m RD)	Bot (m RD)	hydrostatic	used	kN/m3	Thick (m)	Po' (kPa)	Thick (m)	Po' (kPa)	CR/RR	CR	CR/Ca	Type	Min	POP	OCR	P_c Used	RF_Cv*	Cv_theor	Ch/Cv	dPe
1	2	Klei, zwak siltig tot siltig	-0.75	-1.40	-1.40	-1.40	14.34	0.65	4.7	0.65	4.7	5.4	0.249	16.1	POP	#N/A	8	#N/A	13	1.00	8.2E-08	1.0	0.30
2	1	Veen	-1.40	-1.50	-1.50	-1.50	9.80	0.10	9.8	0.10	9.8	6.9	0.480	12.2	POP	#N/A	5	#N/A	15	1.00	2.1E-07	1.0	0.30
3	1	Veen	-1.50	-3.35	-1.50	-1.50	9.80	1.85	10.3	1.85	10.3	6.9	0.480	12.2	POP	#N/A	5	#N/A	15	1.00	2.1E-07	1.0	0.30
4	2	Klei, zwak siltig tot siltig	-3.35	-9.35	-1.50	-1.50	14.34	6.00	23.9	6.00	23.9	5.4	0.249	16.1	POP	#N/A	8	#N/A	32	1.00	8.2E-08	1.0	0.30
5	50	Drain sand	-9.35	-9.36	-1.50	-1.50	19.00	0.01	37.5	0.01	37.5	8.0	0.022	50.0	OCR	#N/A	#N/A	113	150	1.00	1.0E-04	0.0	0.30
6	2	Klei, zwak siltig tot siltig	-9.36	-10.35	-1.50	-1.50	14.34	0.99	39.8	0.99	39.8	5.4	0.249	16.1	POP	#N/A	8	#N/A	48	1.00	8.2E-08	0.0	0.30
7	6	Zand	-10.35	-12.75	-1.50	-1.50	19.00	2.40	53.1	2.40	53.1	6.0	0.030	45.0	POP	#N/A	10	#N/A	63	1.00	1.0E-04	0.0	0.30
8	3	Hydrobia klei	-12.75	-17.00	-1.50	-1.50	15.80	4.25	76.8	4.25	76.8	7.0	0.200	15.0	POP	#N/A	10	#N/A	87	1.00	1.1E-07	0.0	0.30
9	7	Zand (pleistoceen)	-17.00	-17.50	-1.50	-1.50	20.00	0.50	92.1	0.50	92.1	6.0	0.010	50.0	POP	#N/A	10	#N/A	102	1.00	1.0E-04	0.0	0.30
10	7	Zand (pleistoceen)	-17.50	-17.50	-1.50	-1.50	20.00	0.00	94.6	0.00	94.6	6.0	0.010	50.0	POP	#N/A	10	#N/A	105	1.00	1.0E-04	0.0	0.30
11	7	Zand (pleistoceen)	-17.50	-17.50	-1.50	-1.50	20.00	0.00	94.6	0.00	94.6	6.0	0.010	50.0	POP	#N/A	10	#N/A	105	1.00	1.0E-04	0.0	0.30
12	7	Zand (pleistoceen)	-17.50	-17.50	-1.50	-1.50	20.00	0.00	94.6	0.00	94.6	6.0	0.010	50.0	POP	#N/A	10	#N/A	105	1.00	1.0E-04	0.0	0.30
13	7	Zand (pleistoceen)	-17.50	-17.50	-1.50	-1.50	20.00	0.00	94.6	0.00	94.6	6.0	0.010	50.0	POP	#N/A	10	#N/A	105	1.00	1.0E-04	0.0	0.30
14	7	Zand (pleistoceen)	-17.50	-17.50	-1.50	-1.50	20.00	0.00	94.6	0.00	94.6	6.0	0.010	50.0	POP	#N/A	10	#N/A	105	1.00	1.0E-04	0.0	0.30
15	7	Zand (pleistoceen)	-17.50	-17.50	-1.50	-1.50	20.00	0.00	94.6	0.00	94.6	6.0	0.010	50.0	POP	#N/A	10	#N/A	105	1.00	1.0E-04	0.0	0.30
16	7	Zand (pleistoceen)	-17.50	-17.50	-1.50	-1.50	20.00	0.00	94.6	0.00	94.6	6.0	0.010	50.0	POP	#N/A	10	#N/A	105	1.00	1.0E-04	0.0	0.30
17	7	Zand (pleistoceen)	-17.50	-17.50	-1.50	-1.50	20.00	0.00	94.6	0.00	94.6	6.0	0.010	50.0	POP	#N/A	10	#N/A	105	1.00	1.0E-04	0.0	0.30
18	7	Zand (pleistoceen)	-17.50	-17.50	-1.50	-1.50	20.00	0.00	94.6	0.00	94.6	6.0	0.010	50.0	POP	#N/A	10	#N/A	105	1.00	1.0E-04	0.0	0.30
Totaal								16.75		16.75	*8.2 m not drained*									* = RF_cv = reduction factor Cv			

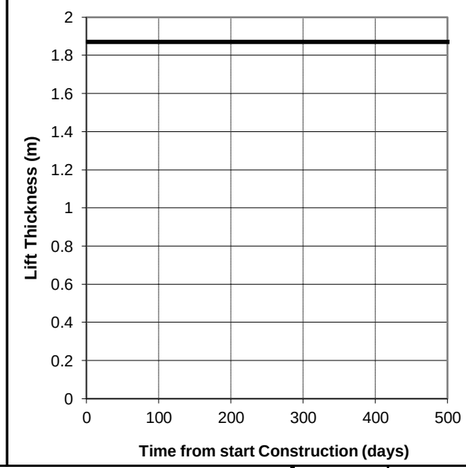
LIFT SCHED **surface lower than origir** Level Correction for permanent Load: 0.00 **No Stress Distribution Used**

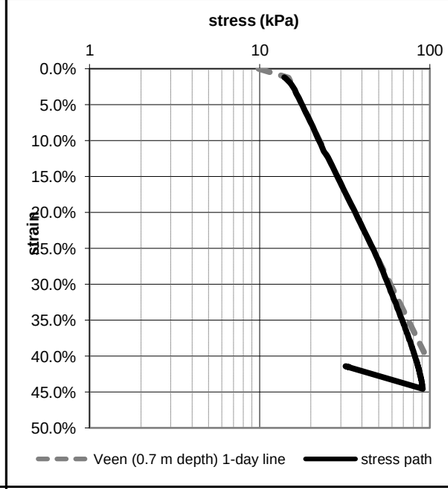
	Lift	Thick (m) per lift	V-Drains (Y/N)	Vacuum kPa	Thick (m) total	Time (days) wait	Start	cal days	Z(start) m	Level m NAP	Surplus m	Residual mm	Load, dP (kPa) dP_start	dP_end
Lift 1	1	1.87	Y	0	1.87	7	1-mei-16	0	0.08	1.04			32.9	32.9
	2	0.00	Y	60	1.87	7	8-mei-16	7	0.42	0.70			92.9	90.6
	3	0.00	Y	60	1.87	7	15-mei-16	14	1.06	0.06			90.4	87.8
	4	0.00	Y	60	1.87	7	22-mei-16	21	1.39	-0.27			87.7	86.1
	5	0.00	Y	60	1.87	7	29-mei-16	28	1.59	-0.47			86.1	85.0
	6	0.00	Y	60	1.87	7	5-jun-16	35	1.73	-0.61			84.9	84.2
	7	0.00	Y	60	1.87	7	12-jun-16	42	1.83	-0.71			84.1	83.5
	8	0.00	Y	60	1.87	7	19-jun-16	49	1.91	-0.79			83.5	83.0
	9	0.00	Y	60	1.87	7	26-jun-16	56	1.97	-0.85			83.0	82.6
end of construction	10	0.00	Y	60	1.87	0	3-jul-16	63	2.02	-0.90	-0.15		82.6	82.6
Remove surcharge	11	0.00	Y	0	1.87	0	3-jul-16	63	1.86	-0.74	0.01	7	22.6	23.8
Apply Live Load	12	0.00	Y	0	1.87	0	3-jul-16	63	1.87	-0.75	0.00	0	23.8	23.8
Handover	13	0.00			1.87	365	3-jul-16	63	1.87	-0.75	0.00	0	P'_max:	67
Handover + 1.0 yr	13				1.87	1460	3-jul-17	428	1.96	-0.84	-0.09	-92	P'_final:	24
Handover + 5.0 yr	13				1.87	730	2-jul-21	1888	2.02	-0.90	-0.15	-151	OCR:	2.81
Handover + 7.0 yr	13				1.87	7445	2-jul-23	2618	2.03	-0.91	-0.16	-162	Zet Ratio	#N/A
Handover + 27.4 yr	13				1.87		19-nov-43	10063	2.08	-0.96	-0.21	-208		

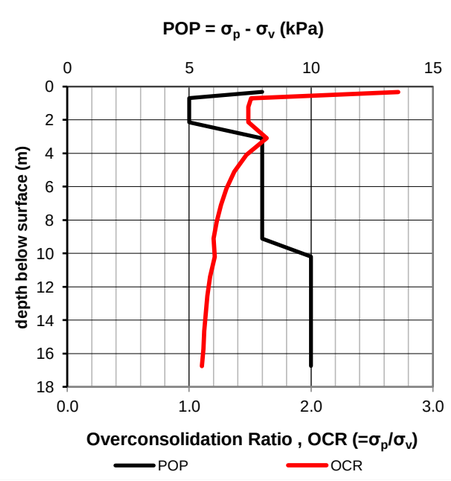
Total Primary Settlement			
dPmax =	23.8	m	%
1. Klei, zwak siltig tot siltig		0.070	10.79%
2. Veen		0.018	18.35%
3. Veen		0.332	17.93%
4. Klei, zwak siltig tot siltig		0.311	5.19%
6. Klei, zwak siltig tot siltig		0.034	3.43%
7. Zand		0.000	0.00%
8. Hydrobia klei		0.007	0.30%
9. Zand (pleistoceen)		0.062	1.45%
10. Zand (pleistoceen)		0.000	0.00%
11. Zand (pleistoceen)		0.000	0.00%
12. Zand (pleistoceen)		0.000	0.00%
13. Zand (pleistoceen)		0.000	0.00%
14. Zand (pleistoceen)		0.000	0.00%
15. Zand (pleistoceen)		0.000	0.00%
16. Zand (pleistoceen)		0.000	0.00%
17. Zand (pleistoceen)		0.000	0.00%
TOTAL		0.835	











Fit Factors							Cv (m2/s)				Geo	Settlem
Settlement Plate	Cv	dPelast	RR	CR	CA	POP	drainage	theor	Asaoka	Ratio	Profiel	Correction
#N/A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2	#N/A	#N/A	1.00	#N/A	#N/A

Layer 2